2014 교통물류연구사업

11-B552989-000063-01

도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발

최종보고서

2018. 6. 29.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국교통연구원
협동연구기관 / 포항공과대학교 산학협력단
연세대학교 원주산학협력단
공동연구기관 / ㈜ 두성특장차
㈜ 허즈앤티
㈜ FMS 코리아
한국건설생활환경시험 연구원
위탁연구기관 / 한국과학기술원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술 개발’(연구개발 기간 : 2014. 6. ~ 2018. 06.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 06. 29.

주관연구기관명 :	한국교통연구원	(대표자)	오 재 학
협동연구기관명 :	포항공과대학교 산학협력단	(대표자)	정 완 균
	연세대학교 원주산학협력단	(대표자)	신 태 민
공동연구기관명 :	㈜두성특장차	(대표자)	조 성 묵
	㈜허즈앤티	(대표자)	김 진 열
	㈜FMS 코리아	(대표자)	최 동 호
	한국건설생활환경 시험연구원	(대표자)	김 경 식
위탁연구기관명 :	한국과학기술원	(대표자)	강 성 모

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17TLRP-B07
7326-04</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">2014.06.30~
2018.06.29</td><td>단계구분</td><td>연구단</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">노 홍 승</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 18명
내부: 18명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td colspan="2">정부:423,000천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계:423,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 70명
내부: 70명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td colspan="2">정부: 6,084,000천원
기업: 1,781,107천원
정부 외: 천원
계: 7,865,107천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">한국교통연구원
포항공과대학교 산학협력단
연세대학교 원주산학협력단
한국건설생활시험환경연구원</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">㈜두성특장차
㈜허즈앤티
㈜FMS 코리아</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">-</td><td>상대국
연구기관명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">한국과학기술원</td><td>연구책임자</td><td colspan="2">장인권</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서 면수</td><td>450</td></tr>
</table>

< 국문요약문 >

연구개발 목표	▪ (1세부)고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 개발 - 평판트레일러(12m/3축 차중 5.4톤) 기술 개발 : 600kg 경량화 및 판매가 10%이내 인상 - 벌크트레일러(차중 4.6톤, 32㎥) 기술 개발 : 200kg 경량화, 판매가 10%이내 인상 - Stub Axle방식 적재용량 2.9㎥ 확장 좌우독립축 트레일러 기술 개발 : 200kg 경량화 - (AS/IS) 콤비트레일러(13m/2축, 차중 3.7톤) 기술 개발 : 200kg 경량화, 판매가 10%이내 인상 (TO/BE) 덤프트레일러(2축, 차중 4.5톤) 기술 개발 : 1,000kg 경량화, 판매가 10%이내 인상 ▪ (2세부)화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 개발 - Trailer side skirt 개발 : 연비 3% 개선 - Boat tail 개발 : 횡풍 측력 12% 개선, 연비 4% 개선 - Gap fairing 개발 : 횡풍 측력 5% 개선, 연비 2% 개선 - Vortex generator : 횡풍 측력 2% 개선 ▪ (3세부)운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 개발 - 접이식 경량 롤 컨테이너 기술 개발 : 접철율 75% 이상, 자체중량 40kg이하, 적재중량 500kg 이상 - 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 기술 개발 : 접철율 70% 이상, 자체중량 40kg이하, 적재중량 250kg 이상, 돌리팔레트 적재중량 700kg 이상 - (AS/IS 1) 진열과 운송 겸용 단열용기 기술 개발 : PCM 축냉시간 5시간 이내, PCM 잠열량(-27℃) 최소 250KJ/kg, 잠열량(+4℃) 최소 160KJ/kg, (AS/IS 2) 유닛로드 멀티용기 기술 개발 : 자체중량 200kg이하, 적재중량 최대 1500kg, 단열성능 0.005W/mK 이하, 2~8℃ 8시간 유지(at 30℃) (TO/BE) 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 기술개발 : 접철율 50%, 자체중량 160kg이하, 적재중량 600kg 이상, 2~8℃ 8시간 유지(at 30℃), PCM 잠열량(0℃) 최소 300KJ/kg, 잠열량(+5℃) 최소 180KJ/kg
연구개발 내용	▪ (1세부)고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 개발 - 경량 평판트레일러 기술 연료저감 효과분석을 위한 테스트베드 구축, 검증, 실용화 - 경량 벌크트레일러 기술설계, 시제품 제작, 주행 연비절감 효과분석을 위한 테스트베드 구축 및 검증, 실용화 - 경량 콤비트레일러 기술 현황·시장성 분석 및 기술대안 검토 - 적재용량 확장형 트레일러 기술 현황·시장성 분석 및 기술대안 검토 ▪ (2세부)화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 개발 - Side Skirt 공기역학적 성능평가, 테스트베드 구축, 검증, 실용화 - Boat tail 공기역학적 성능평가, 테스트베드 구축, 검증, 실용화 - Gap fairing 조사분석 및 설계 ▪ (3세부)운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 개발 - 접이식 경량 롤 컨테이너 기술 특허출원, 테스트 베드 구축 및 검증, 실용화 - 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 기술 특허출원, 테스트 베드 구축 및 검증, 실용화
연구개발 성과	▪ (1세부) 차주의 입장에서 유류비 절감, 운송능력 증대로 인한 계약 성사가능성 상승, 과적과태료 부과가능성 감소, 운송중량 기준 만차운행하는 차주에게 경량화된 차중만큼 추가적인 적재수입 발생 ▪ (2세부) 차주의 입장에서 차량연비 개선으로 유류비를 감소시켜 차주 수익 증가와 에너지소모 저감 외에 운행 안정성이 증가 ▪ (3세부) 운송과정 중 제품 손상을 최소화하고, 일회용 포장재 사용을 억제하며, 진열가능 제품 가치제고 및 물류비 저감 가능
활용계획 및 기대효과	▪ (활용계획) 기술의 실제 수요자는 개별차주(개인)들이고, 기술공급자들 또한 영세한 중소업체들이므로 정부가 기술개발에 선투자한 뒤 관련기술 보급을 확대하는 지원정책과 병행함이 바람직 ▪ (기대효과) 세부과제별로 다음의 새로운 업종 및 고용창출 기대 - (1세부) 향후 경량탑차 등 다양한 형태의 화물차 관련 경량화 후속연구도 가능하며, 향후 트레일러를 비롯한 상용차 부품의 글로벌 플랫폼 제정 움직임이 점차 늘어날 전망이므로 국제경쟁력 있는 특장차모듈제조업과 특장차모듈조립업 등 신사업 창출이 가능할 것임 - (2세부) 수요자 중심의 R&D 연구와 사후조치를 통해 제품화 이후에도 사업을 확장하는 방안과 추후 개발되는 장비에 대한 검인증이나 표준매뉴얼을 제작 · 배포할 수 있는 전문기관 창출이 가능할 것임 - (3세부) 온도관리에 민감한 화물 수출입 전문 콜드체인 서비스업과 적재효율에 민감한 롤 컨테이너 전문 풀링 회사의 창출도 가능할 것임

핵심어	도로화물운송	경량트레일러	공기저항감소	온도유지 운송용기	물류기술

〈 SUMMARY 〉

Purpose	▪ (Core Project 1) Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity - Lightweight flatbed trailer(12m /3axle / 5.4t of vehicle weight) technology development: 600kg of weight reduction and sale price increase within 10% - Lightweight bulk-cement trailer(32㎥ / 4.6t of vehicle weight) technology development: 200kg of weight reduction and sale price increase within 10% - Cargo trailer with expanded loading capacity using stub-axle : 200kg of weight reduction and 2.9 ㎥ expansion of load capacity - (AS/IS) Lightweight double container trailer (13m/2axle, 3.7t of vehicle weight) technology development: 200kg of weight reduction and sale price increase within 10% - (TO/BE) Lightweight dump-trailer (2axle, 4.5t of vehicle weight) technology development: 1,000kg of weight reduction and sale price increase within 10% ▪ (Core Project 2) Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer - Trailer side skirt development: 3% improvement of fuel efficiency - Boat tail development: 12% reduction of side force, 4% improvement of fuel efficiency - Gap fairing development: 5% reduction of side force, 2% improvement of fuel efficiency - Vortex generator development: 2% reduction of side force ▪ (Core Project 3) Technology for self-powered, energy-efficient transport container - Foldable lightweight roll container development: minimum 75% of folding rate, maximum 40kg of tare weight, minimum 500kg of load weight - Foldable lightweight dolly/rack combined container development: minimum 70% of folding rate, maximum 40kg of tare weight, minimum 250kg of load weight, minimum 700kg load weight of dolly pallet - (AS/IS 1) Display/transport combined heat insulation container development: Maximum 5 hours of cool thermal storage time of PCM, Minimum 250KJ/kg of latent heat of PCM(-27℃), Minimum 160KJ/kg of latent heat of PCM(+4℃), 95% of latent heat keeping during 1,000cycle (AS/IS 2) Unit-load multipurpose container development : maximum 200kg of tare weight, minimum 1,500kg of load weight, Maximum 0.005W/mK of heat insulation, Maximum 8 hours of latent heat of 2~8℃(at 30℃) (TO/BE) Foldable module type lightweight hot/cold storage container : minimum 50% of folding rate, maximum 160kg of tare weight, minimum 600kg of load weight, Maximum 8 hours of latent heat of 2~8℃(at 30℃), Minimum 300KJ/kg of latent heat of PCM(0℃), Minimum 180KJ/kg of latent heat of PCM(+5℃)
Contents	▪ (Core Project 1) Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity - Test-bed construction, testing and commercialization for the lightweight flatbed trailer fuel efficiency analysis - Technical design, prototype making, test-bed construction, testing and commercialization for the lightweight bulk-cement trailer fuel efficiency analysis - Review about technique situation, marketability and technique alternative of the lightweight double container trailer - Review about technique situation, marketability and technique alternative of the cargo trailer with expanded loading capacity using stub-axle ▪ (Core Project 2) Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer - Aerodynamic drag reduction test, prototype making, test-bed construction, testing and commercialization for the side skirt - Aerodynamic drag reduction test, prototype making, test-bed construction, testing and commercialization for the boat tail - Analysis and design of the gap fairing ▪ (Core Project 3) Technology for self-powered, energy-efficient transport container - Patent application, test-bed construction, testing and commercialization for the foldable lightweight roll container development - Patent application, test-bed construction, testing and commercialization for the foldable lightweight dolly/rack combined container development
Development results	▪ (Core Project 1) Fuel cost saving for the driver, rising of contract accomplishment due to transport capacity enlargement, decreasing of overloading penalty, additional transport income as much as lightened weight ▪ (Core Project 2) Increase of driver's income, energy saving and increase of driving stability ▪ (Core Project 3) Minimization of product damage during transport, inhibit the use of disposable packaging, increase the value of display available products and saving the logistics costs

Expected Contribution	▪ (Application) Support policies is desirable for the government to expand the technology after the pre-investment by government due to actual consumers of the technology are individual truck owners and technical providers are poor small and midium size companies ▪ (Expected Contribution) New industries and employment are expected as follows; - (Core Project 1) Future Lightweight cargo trailers also available, such as various types of vans weight-related follow-up studies, and so will increase gradually establish a global platform and the movement of commercial vehicle parts. creation of world class trailer modules manufacturing, and assembly companies also can be created - (Core Project 2) Expansion of business after the commercialization through the consumer oriented R&D research and following action, and authentication and verification institutions that can produce and distribute standard manuals also can be created - (Core Project 3) cold chain service provider specializing in temperature sensitive ex/import cargo, and roll container pooling company specializing in loading efficiency can be created

Keywords	Road Freight Transport	Lightweight Cargo Trailers	Aerodynamic Drag Reduction	Temperature Maintaining Transport Container	Logistics Technology

CONTENTS

Chapter 1. Outline of Research ····· 1
Verse 1. Background and Goal of Research ····· 1
Verse 2. Importance of Research and Need for Government Support ····· 4
Verse 3. Contents and Range of Research ····· 12
Verse 4. Process and Strategies of Research ····· 33

Chapter 2. Current Technology Development in Korea and Abroad ····· 47
Verse 1. Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity ····· 47
Verse 2. Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer ···86
Verse 3. Technology for self-powered, energy-efficient transport container ····· 89

Chapter 3. Research Contents and performances ····· 109
Verse 1. Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity ····· 109
Verse 2. Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer ·248
Verse 3. Technology for self-powered, energy-efficient transport container ····· 310

Chapter 4. Research Contents and performances ····· 383
Verse 1. Degree of Target Attainment ····· 383
Verse 2. Research Achievement Goals and Achievements ····· 398
Verse 3. Contribution to Relevant Fields ····· 401

Chapter 5. Utilization of R&D Performance ····· 407
Verse 1. Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity ····· 407
Verse 2. Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer ·412
Verse 3. Technology for self-powered, energy-efficient transport container ····· 414

Chapter 6. Information on overseas technology obtained in the period or reasearch ····· 419
Verse 1. Technology for Lightweight trailer with improved loading capacity ····· 419
Verse 2. Aerodynamic drag and turbulence reduction technology for cargo truck and trailer ·424
Verse 3. Technology for self-powered, energy-efficient transport container ····· 430

Chapter 7. Security Grades of R&D Performance ····· 439

Chapter 8. Performance of Security Measures in the Laboratory et al. while Performing R&D Project ····· 443

Chapter 9. Typical Performance Results of R&D Project ····· 447

Chapter 10. References ····· 451

〈 목 차 〉

제1장. 연구개발의 개요 ····· 1
제1절. 연구의 배경 및 목적 ····· 1
제2절. 연구개발의 중요성 및 정부지원 필요성 ····· 4
제3절. 연구개발 범위 ····· 12
제4절. 연구추진체계 및 전략 ····· 33

제2장. 국내외 기술 개발 현황 ····· 47
제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 ····· 47
제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 ····· 86
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 ····· 89

제3장. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 109
제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 ····· 109
제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 ····· 248
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 ····· 310

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 383
제1절. 성과점검기준표 ····· 383
제2절. 연구성과 목표 및 달성도 ····· 398
제3절. 관련 분야 기여도 ····· 401

제5장. 연구개발성과의 활용계획 ····· 407
제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 ····· 407
제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 ····· 412
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 ····· 414

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 419
제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 ····· 419
제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 ····· 424
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 ····· 430

제7장. 연구개발성과의 보안등급 ····· 439

제8장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 443

제9장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 447

제10장. 참고 문헌 ····· 451

[별권 1] 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 개발 최종보고서
[별권 2] 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 개발 최종보고서
[별권 3] 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 개발 최종보고서

〈 표 목 차 〉

<표 1-1> 국가물류기본계획(2016-2025)의 추진전략 및 추진과제 ·····9

<표 2-1> 기존 소재를 대체할 수 있는 경량신소재별 경량화 효과 ·····54
<표 2-2> 고강도강판의 분류 ·····57
<표 2-3> 경량 신소재의 특장점 비교 ·····61
<표 2-4> 국외 부품 생산업체 ·····85
<표 2-5> 공기저항 저감기술 유사 연구 ·····86
<표 2-6> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술개발수준 ·····88
<표 2-7> 유통물품의 품목별 적용기준(일반적) ·····97

<표 3-1> 경량평판트레일러 설계요구사항 ·····109
<표 3-2> 경량벌크트레일러 설계요구사항 ·····110
<표 3-3> ATOS80소재의 물성치 ·····111
<표 3-4> 주요 고강도소재 사용대안 물성 비교 ·····112
<표 3-5> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과 ·····113
<표 3-6> 사이드레일부 기존 및 개선대안 설계 ·····114
<표 3-7> 사이드가드부 기존 및 개선대안 설계 ·····114
<표 3-8> 목재박스부 기존 및 개선대안 설계 ·····115
<표 3-9> 서스펜션부 기존 및 개선대안 설계 ·····115
<표 3-10> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과 ·····117
<표 3-11> 메인빔부 기존 및 개선대안 설계 ·····117
<표 3-12> 상판부 기존 및 개선대안 설계 ·····118
<표 3-13> 크로스멤버부 기존 및 개선대안 설계 (수량감소) ·····118
<표 3-14> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과 ·····119
<표 3-15> 크로스멤버부 기존 및 개선대안 설계 (타공) ·····120
<표 3-16> 메인빔부 기존 및 개선대안 설계 ·····120
<표 3-17> 엔드플레이트부 기존 및 개선대안 설계 ·····120
<표 3-18> 평판트레일러 부분별 중량 비교표 ·····121
<표 3-19> 처짐량 측정 결과 (좌우평균) ·····126
<표 3-20> 응력 측정 결과 ·····128
<표 3-21> 안전율 (안전계수 2) ·····128
<표 3-22> 평판부 TEST 대안별 하중시험결과 ·····131
<표 3-23> WHVC 모드 연비 개선 효과 ·····135
<표 3-24> 구간별 연비 개선 효과 ·····135
<표 3-25> 시나리오 설정내역 ·····146
<표 3-26> 시나리오별 기대효과 분석결과 ·····147
<표 3-27> 경제성 분석을 위한 대안 및 시나리오 설정 ·····147
<표 3-28> 시나리오별 경제성 분석 결과(경량 2축 평판트레일러) ·····148
<표 3-29> 시나리오별 경제성 분석 결과(경량 3축 평판트레일러) ·····148

<표 3-30> 단계별 마케팅 전략 ·····149
<표 3-31> 해외 트레일러 시장 지역별 시장여건 ·····150
<표 3-32> 수출지원기관별 지원제도 활용 ·····151
<표 3-33> 최종목표 실현 가능성 요약 ·····154
<표 3-34> 경량벌크트레일러 설계요구사항 ·····159
<표 3-35> 경량콤비트레일러 설계요구사항 ·····160
<표 3-36> 적재용량 확장형 트레일러 설계요구사항 ·····160
<표 3-37> 탱크호퍼 기존 및 개선대안 설계 ·····165
<표 3-38> Body structure 기존 및 개선대안 설계 ·····165
<표 3-39> 벌크탱크 기존 및 개선대안 설계 ·····165
<표 3-40> Vent line hose 기존 및 개선대안 ·····166
<표 3-41> 리어 프레임 기존 및 개선대안 설계 ·····166
<표 3-42> 프론트 프레임 기존 및 개선대안 설계 ·····167
<표 3-43> 벌크탱크 기존 및 개선대안 설계 ·····167
<표 3-44> 탱크앵글(탱크내부) 기존 및 개선대안 설계 ·····168
<표 3-45> 인터널링(탱크내부) 기존 및 개선대안 설계 ·····168
<표 3-46> 개발된 경량 벌크트레일러 제원 및 기존제품과의 비교 ·····169
<표 3-47> 부위별 1차 응력측정 결과 ·····172
<표 3-48> 부위별 2차 응력측정 결과 ·····173
<표 3-49> 벌크트레일러 구매시 고려하는 중요 요인에 대한 중요도(5점 만점 기준) ·····179
<표 3-50> 신규 경량 2축 벌크트레일러에 대한 구매의향 조사 결과 ·····180
<표 3-51> 신규 경량 2축 벌크트레일러 수요의 가격탄력성 분석 결과 ·····180
<표 3-52> 콤비트레일러 구매시 고려하는 중요 요인에 대한 중요도(5점 만점 기준) ·····181
<표 3-53> 신규 경량 2축 콤비트레일러에 대한 구매의향 조사 결과 ·····182
<표 3-54> 경량 콤비트레일러 수요의 가격탄력성 분석 결과 ·····182
<표 3-55> 경량 벌크트레일러 구매 가능 수요 ·····186
<표 3-56> 시나리오 설정내역 ·····187
<표 3-57> 시나리오별 기대효과 분석결과 ·····188
<표 3-58> 경량 벌크트레일러 개발에 따른 장래 예측 및 전환대수 산정 결과 ·····188
<표 3-59> 편익 추정결과 ·····189
<표 3-60> 대안별 비용추정 결과(정부출연금) ·····189
<표 3-61> 경제성 분석 종합 결과 ·····190
<표 3-62> 화물자동차 등록 통계의 차종 유형 구분 개선 방안 ·····193
<표 3-63> 적재용량 확장형 트레일러 및 경량 덤프트레일러 설계요구사항 ·····196
<표 3-64> 모델링 적용 소재 물성치 ·····200
<표 3-65> 응력 측정값(20회 반복 측정값의 평균, 보정값) ·····213
<표 3-66> 센서류 및 데이터 수집장치 ·····221
<표 3-67> 생성된 Z, Y 축 블록내구모드 ·····223
<표 3-68> 다축 내구시험 블록 내구모드 ·····228
<표 3-69> 시나리오 설정내역 ·····242
<표 3-70> 시나리오별 기대효과 분석결과 ·····243

<표 3-71> 적재함 트레일러 장래 예측 및 전환대수 산정 결과 ·····244
<표 3-72> 편익 추정결과 ·····245
<표 3-73> 대안별 비용추정 결과(정부출연금) ·····245
<표 3-74> 경제성 분석 종합 결과 ·····245
<표 3-75> 구매의향 민감도 분석 결과 ·····246
<표 3-76> 모델별 격자의 셀 개수 ·····253
<표 3-77> 15톤 화물차의 사이드 스커트의 유무에 따른 항력계수 비교 ·····257
<표 3-78> 40ft 화물차의 사이드 스커트의 유무에 따른 항력계수 비교 ·····258
<표 3-79> 사이드 스커트를 부착한 15 톤 화물차 모델의 공기저항 계수 개선량 ·····259
<표 3-80> 사이드 스커트를 부착한 40ft 화물차 모델의 공기저항 계수 개선량 ·····260
<표 3-81> TEST BED 현황 ·····268
<표 3-82> 보트 테일의 유무에 따른 항력계수 비교 ·····272
<표 3-83> 보트 테일의 유무에 따른 항력계수 비교 ·····273
<표 3-84> 화물차 종류별 최소 항력계수를 갖는 기존 보트 테일 모델 ·····275
<표 3-85> G 보트 테일 모델을 장착한 15톤 화물차의 항력계수 및 항력계수 감소율 ·····275
<표 3-86> G + B 보트 테일 모델을 장착한 15톤 화물차의 항력계수 및 항력계수 감소율 ·····275
<표 3-87> Vortex generator 형상과 크기에 따른 항력계수(CD) 및 항력계수 저감 효과(%) ·····285
<표 3-88> Vortex generator 형상 및 개수에 따른 항력계수(CD) 및 항력 저감 효과(%) ·····286
<표 3-89> Vortex generator 형상 및 설치 위치변화에 따른 항력계수(CD) 및 항력계수 저감 효과(%) ···288
<표 3-90> 시험결과 ·····298
<표 3-91> 제작 시제품 ·····299
<표 3-92> PG 실차시험 연비결과 ·····301
<표 3-93> PG실차시험 배출가스결과 ·····301
<표 3-94> 연비시험 목표대비 성과 ·····301
<표 3-95> 차대동력계 시험결과 ·····302
<표 3-96> 차대동력 시험을 통한 연비저감 목표대비 시험결과 ·····302
<표 3-97> 원단위 효과분석 시나리오 ·····303
<표 3-98> 사회적 비용편익 분석 시나리오 ·····305
<표 3-99> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 경제성 분석 결과 ·····313
<표 3-100> 온도조절 항공화물 컨테이너의 경제성 분석 결과 ·····315
<표 3-101> 접이식 경량 롤 컨테이너 제1차 테스트베드 결과 ·····321
<표 3-102> 접이식 경량 롤 컨테이너 실용화 기술 선정 및 정의 ·····325
<표 3-103> 접이식 경량 롤 컨테이너의 실용화 강화를 위해 선택된 개발 기술 ·····326
<표 3-104> 접이식 경량 롤 컨테이너 실용화를 위한 핵심 개발 기술 요약 ·····327
<표 3-105> 접이식 경량 롤 컨테이너 기존 대비 성능 비교 ·····330
<표 3-106> 접이식 경량 롤 컨테이너 비용, 수입항목 설정 ·····333
<표 3-107> 접이식 경량 롤 컨테이너 사업성 분석결과 ·····334
<표 3-108> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 제1차 테스트베드 결과 ·····340
<표 3-109> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 실용화 기술 선정 및 정의 ·····344
<표 3-110> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 실용화 강화를 위해 선택된 개발 기술 ·····345
<표 3-111> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 실용화를 위한 핵심 개발 기술 요약 ·····346

<표 3-112> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 기존 대비 성능 비교 ·····349
<표 3-113> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 비용, 수입항목 설정 ·····350
<표 3-114> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 개발을 위한 핵심 개발 기술 요약 ·····354
<표 3-115> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 제원 ·····361
<표 3-116> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 보완설계 ·····366
<표 3-117> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 시제품 제원 ·····367
<표 3-118> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 2차 보완설계 ·····370
<표 3-119> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 2차 시제품 제원 ·····371
<표 3-120> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이넝 비용, 수입항목 설정 ·····378

<표 6-1> 관련 키워드 논문 검색 결과 ·····419
<표 6-2> 국내/외 논문 주제 현황 ·····420
<표 6-3> 국내/외 대표 논문 현황 ·····423
<표 6-4> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 관련 키워드 논문 검색 결과 ····424
<표 6-5> 유효특허 선별기준 ·····427
<표 6-6> 도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술의 유효특허 선별 결과 ·····428
<표 6-7> 경쟁자 landscape ·····428
<표 6-8> 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AC)의 유효특허 선별 결과 ·····429
<표 6-9> Temperature Control 키워드 국내외 논문 현황 ·····432
<표 6-10> Temperature Control 키워드 국내외 대표 논문 ·····433
<표 6-11> General Management 키워드 국내외 논문 현황 ·····433
<표 6-12> General Management 키워드 국내외 대표 논문 ·····434

〈 그 림 목 차 〉

<그림 1-1> 국가물류기본계획(2016-2025) 비전, 목표 및 추진전략 ·····10
<그림 1-2> 도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발 개념도 ····14
<그림 1-3> 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술개발의 비전 및 목표 ····15
<그림 1-4> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술개발의 비전 및 목표 20
<그림 1-5> 연구 개발의 비전 및 연구목표 ·····23

<그림 2-1> European emission standards (EURO) ·····48
<그림 2-2> 파워 트레인 ·····48
<그림 2-3> 공기 저항 저감 기술 예 ·····49
<그림 2-4> 경량 소재(알루미늄) 적용 예 ·····49
<그림 2-5> 경량 구조 설계 예 ·····50
<그림 2-6> 유한요소해석 통한 트레일러 구조 강성 평가 예 ·····50
<그림 2-7> 가변형 트레일러; 벌크 트레일러(좌), 평판 트레일러(우) ·····51
<그림 2-8> 세계 100대 부품 업체 국가별 점유율 ·····52
<그림 2-9> 합성 소재 제조 프로세스 ·····55
<그림 2-10> 샌드위치판넬 사용 모형 ·····55
<그림 2-11> 알루미늄 첨가에 따른 강판의 비중 변화 ·····59
<그림 2-12> 샌드위치 강판의 구조 ·····59
<그림 2-13> 트레일러 구조 경량화의 사례 ·····62
<그림 2-14> Honda Fit의 각 차체 부분별 경량화 사례 ·····62
<그림 2-15> Roll 성형기술을 이용한 두성특장차社의 벌크 트레일러 제작사례 ·····63
<그림 2-16> 위상최적화를 통한 부품 설계 개념도 ·····64
<그림 2-17> 섀시 트레일러의 상용 프로그램을 이용한 응력 집중 부위 해석 ·····65
<그림 2-18> 평판트레일러 타공을 통한 경량화 사례 ·····65
<그림 2-19> 평판 트레일러의 크로스 멤버 수 감소 ·····66
<그림 2-20> 상용프로그램을 이용한 벌크 트레일러의 응력 집중 부위 해석 ·····66
<그림 2-21> 섀시 트레일러의 경량화 및 다목적 탈부착 기술 ·····67
<그림 2-22> 탈부착을 통한 운송 장비 경량화 및 운송효율 향상 사례(Cassette system) ·····68
<그림 2-23> 탈부착을 통한 운송 장비 경량화 및 운송효율 향상사례(Fontaine Evolution) ·····69
<그림 2-24> 세미 트레일러의 티핑기술 적용사례 ·····70
<그림 2-25> 세미 트레일러의 적재편의 향상기술 적용사례 ·····70
<그림 2-26> 세미 트레일러의 트레일러 운행 안정성 향상 기술적용사례 ·····71
<그림 2-27> 기타 트레일러 편의사양 기술 적용사례 ·····72
<그림 2-28> 미국 Fontaine Trailer Company의 경량 트레일러 ·····74
<그림 2-29> LeciTrailer社의 파형 강재를 이용한 경량 트레일러 ·····74
<그림 2-30> SSAB社 고장력강을 이용한 다양한 경량 트레일러 ·····75
<그림 2-31> Samson Agro社의 고강도강판을 이용한 경량화 제품 ·····75
<그림 2-32> Tremac社의 다양한 경량 트레일러 ·····76

<그림 2-33> Wielton社의 경량 적재함 ····76
<그림 2-34> EPL Composite Solutions社의 특수 플라스틱 소재를 이용한 경량 트레일러 ····77
<그림 2-35> Marx Drop and Go Flatbeds社의 트랙터에 부착된 접이식 평판 샤시 ····77
<그림 2-36> 경량 소재 및 구조 개선을 통한 경량화 트레일러 예시 ····78
<그림 2-37> 폴리우레탄 경량 트레일러 바디 ····78
<그림 2-38> emons cargo社의 2win trailer 개념 ····79
<그림 2-39> ㈜두성특장차의 트레일러 장비 ····79
<그림 2-40> ㈜두성특장차社의 구조해석 및 성능시험을 위한 시뮬레이션 예시 ····80
<그림 2-41> ㈜동우특장차의 경량 트레일러 및 샤시 ····81
<그림 2-42> ㈜한국특장차의 트레일러 ····81
<그림 2-43> 다임폴라특장㈜社의 알루미늄 LNG 탱크 ····81
<그림 2-44> 한국차체(주)社의 하이브리드 복합경량소재를 이용한 고효율 냉동 VAN ····82
<그림 2-45> 한국차체(주)社의 경량 복합소재를 적용한 5톤 가변축 어퍼바디 ····82
<그림 2-46> 다임러오토모티브社의 보조축을 이용한 경량화 트레일러 제품 ····83
<그림 2-47> ICP社의 알루미늄 경량 평판 트레일러 제품 ····83
<그림 2-48> 라잇노어社 알루미늄 평판 트레일러 ····84
<그림 2-49> 이스트社 알루미늄 상판 ····84
<그림 2-50> 기술적 요인에 따른 물류 패키징 특징 분석 ····89
<그림 2-51> 저온유통시스템용 PCM 모듈 ····97
<그림 2-52> 축냉식 냉동탑차 시스템의 1 cycle/day 운전모드 ····98
<그림 2-53> 자연대류형 축냉식 냉동탑차 ····98
<그림 2-54> 강제대류형 축냉식 냉동탑차 ····99
<그림 2-55> 수동형 CRB 시스템 ····99
<그림 2-56> 능동형 CRB 시스템 ····99
<그림 2-57> CRB 시스템의 운용 컨셉트 ····100
<그림 2-58> 트레일러의 공간 분할을 통한 다양한 온도영역 확보 기술 ····101
<그림 2-59> Envirotainer社의 RKN ····101
<그림 2-60> SLC Shelf Trolleys ····102
<그림 2-61> Box Pallet Trolleys ····102
<그림 2-62> SLC Platform Dolly ····102
<그림 2-63> Insulated Roll의 매장 내 unloading process ····102
<그림 2-64> Insulated Container의 운송 ····102
<그림 2-65> 축냉식 냉동탑차 ····103
<그림 2-66> 선반 부착형 롤테이너(탈착가능) ····104
<그림 2-67> 접이식 메쉬 컨테이너 ····104
<그림 2-68> 접이식 메쉬 컨테이너의 접이방법 ····104

<그림 3-1> 경량소재 ····112
<그림 3-2> 평판트레일러 경량소재 적용설계 파트(사이드레일, 목재박스, 서스펜션) ····113
<그림 3-3> 평판트레일러 구조변경 경량화 설계 파트(메인빔, 상판, 크로스멤버) ····116
<그림 3-4> 평판트레일러 타공 설계 파트(크로스멤버, 메인빔, 엔드플레이트) ····119

<그림 3-5> 3D 상세설계 - 사이드레일, 크로스멤버 ·····121
<그림 3-6> 3D 상세설계 - 메인빔, 엔드플레이트 ·····122
<그림 3-7> 3D 상세설계 - 메인빔 ·····122
<그림 3-8> 3D 상세설계 - 프레임 ·····122
<그림 3-9> 구조해석 수행 ·····123
<그림 3-10> 최초 설계안 구조해석 결과 ·····123
<그림 3-11> 최초 설계안 구조해석 결과 (확대) ·····124
<그림 3-12> 개선 1안 구조해석 결과 ·····124
<그림 3-13> 개선 2안 구조해석 결과 ·····125
<그림 3-14> 개선 3안 구조해석 결과 ·····125
<그림 3-15> 개선 4안(최종 대안) 구조해석 결과 ·····125
<그림 3-16> 처짐량 측정 부위 ·····126
<그림 3-17> 기존품 및 개발품의 처짐량 비교 ·····127
<그림 3-18> 응력 측정 부위 (홀수 운전석 측면, 짝수 조수석 측면) ·····127
<그림 3-19> TEST 1안: 기존 26mm 목재 ·····129
<그림 3-20> TEST 2안: 목재 16mm + EX메탈 ·····129
<그림 3-21> TEST 3안: 목재 22mm + SUS T2 CAP ·····129
<그림 3-22> TEST 4안: 목재 22mm + SUS T1.5 CAP] ·····130
<그림 3-23> 경량평판트레일러 통합설계(사면도) ·····131
<그림 3-24> 경량평판트레일러 시작품 ·····132
<그림 3-25> 도로주행을 위한 구비서류 발급 ·····133
<그림 3-26> 경량평판트레일러 유지보수 매뉴얼 ·····133
<그림 3-27> 구매 주체별 평판 프레일러 구매 결정 요인 선호도 ·····137
<그림 3-28> 경량화 평판트레일러 제품의 포지셔닝맵 ·····138
<그림 3-29> 개발기술 홍보를 위한 전시행사 참가 ·····143
<그림 3-30> 효율적인 연구성과 홍보를 위한 브로슈어, 동영상 및 시작품 모형 제작 ·····144
<그림 3-31> 기술실시계약 체결 ·····144
<그림 3-32> 사업성 및 경제성 분석 수행과정 ·····145
<그림 3-33> 해외시장 진출 유형 결정의 고려사항 ·····149
<그림 3-34> 경량벌크트레일러 탱크부 기초 설계 ·····160
<그림 3-35> 경량벌크트레일러 프론트&리어 프레임 부 기초 설계 ·····161
<그림 3-36> 3D 상세설계 ·····162
<그림 3-37> Front frame 위상최적설계 결과 ·····163
<그림 3-38> Front frame 응력분포 해석 ·····163
<그림 3-39> Center frame 위상최적설계 결과 ·····163
<그림 3-40> Center frame 응력분포 해석 ·····163
<그림 3-41> Rear frame 위상최적설계 결과 ·····164
<그림 3-42> Rear frame 응력분포 해석 ·····164
<그림 3-43> 경량 벌크트레일러 통합설계(사면도) ·····169
<그림 3-44> 경량벌크트레일러 시작품 제작 ·····169
<그림 3-45> 경량 벌크트레일러 유지보수 매뉴얼 ·····170

<그림 3-46> 경량벌크트레일러 응력테스트 운행구간 ·····172
<그림 3-47> 1차 측정 부위 및 2차 측정 선정부위 ·····172
<그림 3-48> 2차 응력측정부위 ·····173
<그림 3-49> CH003부위 연속 응력값 변화 ·····173
<그림 3-50> 영차운행 Testbed 운행기록지 양식 ·····176
<그림 3-51> 1차 운행 테스트 조사 결과 ·····177
<그림 3-52> 2차 운행 테스트 조사 결과 ·····177
<그림 3-53> 기술실시계약 체결 ·····185
<그림 3-54> 다양한 기타트레일러 유형 ·····191
<그림 3-55> Stub axle 및 완충장치 부 기초설계(부품 구성도) ·····197
<그림 3-56> 적재공간 확충 차체 기초설계 ·····198
<그림 3-57> Stub axle 3D 기초 설계 (액슬바디 및 완충장치부 포함) ·····199
<그림 3-58> 불필요부위 제거 및 설계공간 설정 ·····200
<그림 3-59> 하중경계조건 추정 ·····200
<그림 3-60> 위상최적설계 적용 운전조건 ·····201
<그림 3-61> 하중조건 적용 시 문제발생부위 및 암서포트 구조변경 ·····202
<그림 3-62> 설계 모델 응력분포분석 결과 ·····202
<그림 3-63> 질량 유지조건 별 위상최적설계 및 응력분포 ·····203
<그림 3-64> 액슬프레임바디 설계 ·····204
<그림 3-65> 완충장치 & 제동장치 설계 ·····204
<그림 3-66> 적재부 하부공간구조 설계 ·····205
<그림 3-67> 액슬서스펜션 하우징 설계 ·····206
<그림 3-68> 차체구조 설계 ·····206
<그림 3-69> 가변형 상판 및 지지구조 설계 ·····207
<그림 3-70> 높낮이 조절용 구동부 설계 ·····207
<그림 3-71> Stub axle 및 완충장치 부 통합설계 (2D) ·····208
<그림 3-72> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 통합설계 (2D) ·····208
<그림 3-73> Stub axle 및 완충장치 부 통합설계(3D) ·····209
<그림 3-74> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 통합설계 (3D) ·····209
<그림 3-75> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고트레일러 시작품 제작 ·····210
<그림 3-76> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 유지보수매뉴얼 ·····211
<그림 3-77> Stub axle 안전성 시험 응력측정부위, 지그제작도면 및 시험수행 ·····213
<그림 3-78> 응력 그래프 ·····213
<그림 3-79> 경량덤프트레일러 메인빔 부 기초 설계 ·····214
<그림 3-80> 경량덤프트레일러 적재함 부 기초 설계 ·····215
<그림 3-81> 경량덤프트레일러 기초 설계 (전체) ·····215
<그림 3-82> 구조강도 시험평가 결과(육안 및 응력 검토) ·····216
<그림 3-83> 정강도 해석 수행 결과 ·····217
<그림 3-84> 피로내구 해석 결과 ·····218
<그림 3-85> 다축 및 단축 하중적용 결과 ·····219
<그림 3-86> 내구시험 프로세스 ·····220

<그림 3-87> 횡, 수직축 캘리브레이션 시험 수행사진 ·····220
<그림 3-88> 댐퍼 특성 시험을 통한 스트레인게이지 캘리브레이션 시험 ·····220
<그림 3-89> 트레일러 RLDA 시험 차량 ·····221
<그림 3-90> RLDA 시험 결과 데이터 ·····222
<그림 3-91> 블록 내구모드 개발 프로세스 ·····223
<그림 3-92> 초기 설계 개선안 및 취약부 분석 ·····223
<그림 3-93> 위상 최적화 모델링 기법 ·····224
<그림 3-94> 위상최적화를 통한 Stub Axle 시제품 설계개선 ·····224
<그림 3-95> 최종 주물설계 도면 ·····225
<그림 3-96> 최종설계모델 구조안정성 검증 해석 ·····225
<그림 3-97> Load Case 적용 내구해석평가 프로세스 ·····226
<그림 3-98> 내구해석결과 ·····226
<그림 3-99> 내구시험을 위한 지그 설계 및 제작 ·····227
<그림 3-100> 정강도 시험 결과 ·····227
<그림 3-101> 다축 내구시험 세팅 ·····228
<그림 3-102> 현상액 도포 및 주요부위 점검 ·····228
<그림 3-103> 차체 장착부 해석 환경(DAFUL) ·····229
<그림 3-104> 장착부 강도 해석 결과 ·····230
<그림 3-105> 전차량 동역학 해석모델 및 해석결과 비교검증 ·····231
<그림 3-106> 전복 안정성 해석 결과 ·····232
<그림 3-107> 선회 안정성 해석평가 결과 ·····232
<그림 3-108> 영차운행 Testbed 운행기록지 양식 ·····234
<그림 3-109> 테스트베드 운행(1차) 결과 및 운행 구간 ·····235
<그림 3-110> 적재용량 향상 다용도 트레일러 제품의 포지셔닝맵 ·····237
<그림 3-111> 연구성과 논문 게재 ·····239
<그림 3-112> 개발기술 홍보를 위한 전시행사 참가 ·····239
<그림 3-113> 연구성과 홍보를 위한 시제품 모형 제작 ·····240
<그림 3-114> 연구성과 홍보를 위한 브로셔 제작 ·····240
<그림 3-115> 기술실시계약 체결 ·····241
<그림 3-116> Yaw angle 조절을 위한 turn table 개략도 ·····250
<그림 3-117> 실험 대상 화물차 모델 및 사양 ·····251
<그림 3-118> 수치해석 풍동과 경계조건의 예시 (15ton 화물차량) ·····253
<그림 3-119> Surrogate Management Framework의 알고리즘 ·····253
<그림 3-120> 표준형 및 플랩 사이드 스커트의 항력 감소 효과 ·····254
<그림 3-121> 표준형 및 플랩 사이드 스커트의 항력 감소 효과 ·····255
<그림 3-122> 기본 모델의 시간 평균 압력장 ·····256
<그림 3-123> 플랩(angled flap) 사이드 스커트 부착 모델의 시간 평균 압력장 ·····256
<그림 3-124> 기본 모델의 시간 평균 압력장 ·····257
<그림 3-125> 플랩(angled flap) 사이드 스커트 부착 모델의 시간 평균 압력장 ·····257
<그림 3-126> Yaw angle에 따른 15톤 화물차량에 작용하는 (a)항력 및 (b)항력계수의 변화 ·····261
<그림 3-127> Yaw angle에 따른 15톤 화물차량에 작용하는 (a)측력 및 (b)횡풍 측력계수의 변화 ·····261

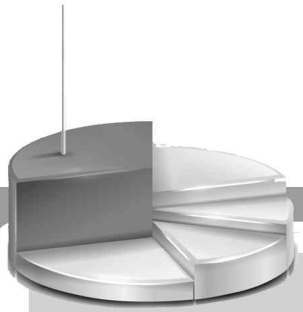
<그림 3-128> Yaw angle에 따른 40ft 트레일러에 작용하는 (a)항력 및 (b)항력계수의 변화 ·····262
<그림 3-129> Yaw angle에 따른 40ft 트레일러에 작용하는 측력(左) 및 횡풍 측력계수의 변화(右) ·····263
<그림 3-130> Yaw angle Φ=10° 조건에서 사이드 스커트 미부착 15톤 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 부착한 15톤 화물차의 와류구조(b) 비교 ·····264
<그림 3-131> Yaw angle Φ=10° 조건에서 사이드 스커트 미부착 15톤 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 부착한 15톤 화물차의 난류운동에너지(b) 비교 ·····264
<그림 3-132> Yaw angle Φ=10° 조건에서 사이드 스커트 미장착한 40ft 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 장착한 40ft 화물차의 와류구조(b) 비교 ·····265
<그림 3-133> Yaw angle Φ=10° 조건에서 사이드 스커트 미장착한 40ft 화물차의 난류운동에너지(a) 및 사이드 스커트 장착한 40ft 화물차의 난류운동에너지(b) 비교 ·····265
<그림 3-134> 15톤 화물차에 장착한 사이드 스커트 각도에 대한 모식도(a) 및 15톤 화물차의 최적화 결과(b) ···266
<그림 3-135> 40ft 화물차에 장착한 사이드 스커트 각도에 대한 모식도(a) 와 40ft 화물차의 SMF 최적화 분석 결과(b) ···267
<그림 3-136> 보트 테일의 항력 감소 효과 ·····269
<그림 3-137> LIAD(Lower Inclined Air Deflector) 설치로 인한 항력감소 효과 ·····270
<그림 3-138> 보트 테일의 항력 감소 효과 ·····271
<그림 3-139> 기본 모델의 시간 평균 압력장 ·····271
<그림 3-140> 보트 테일 부착 모델의 시간 평균 압력장 ·····272
<그림 3-141> 기본 모델의 시간 평균 압력장 ·····273
<그림 3-142> 보트 테일 부착 모델의 시간 평균 압력장 ·····273
<그림 3-143> 보트 테일 G + B 모델에 대한 길이와 각도의 정의 ·····274
<그림 3-144> 40ft SCANIA 화물차 모델에 부착한 gap fairing의 길이와 각도변화에 따른 항력계수(CD)와 항력계수 저감 효과 ·····276
<그림 3-145> 40ft TRAGO 화물차에 부착한 gap fairing의 길이와 각도변화에 따른 항력계수(CD)와 항력계수 저감 효과 ·····277
<그림 3-146> (a) 40ft 화물차 운전석(cab) 상부에 장착하는 aero cab fairing (ACF) 도면, (b) 트랙터와 트레일러 사이 공간에 장착하는 gap extender 형상, (c) 40ft 화물차에 ACF 및 gap extender를 포함한 extended aero cab fairing (EACF)을 장착한 형상 ·····278
<그림 3-147> Yaw angle에 따른 40ft TRAGO 화물차의 항력계수(CD) 및 항력 저감 효과 변화 ·····279
<그림 3-148> Yaw angle에 따른 40ft TRAGO 화물차 모델의 횡풍 측력계수(CS) 및 측력계수 저감효과 ·279
<그림 3-149> (a) 40ft 화물차에 장착한 gap fairing 길이와 각도에 대한 모식도 및 (b) Surrogate Management Framework(SMF) 최적화 결과 ·····280
<그림 3-150> Gap fairing을 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····280
<그림 3-151> Gap fairing을 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····281
<그림 3-152> Gap fairing을 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류운동에너지 (z-평면, z=2.0) ·····281
<그림 3-153> Gap fairing을 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류운동에너지 (z-평면, z=2.0) ·····281
<그림 3-154> Gap fairing 부착 유무에 따른 40ft 화물차에 가해지는 시간에 따른 측력변화 ·····282
<그림 3-155> Gap fairing 부착 여부에 따른 40ft 화물차에 가해지는 측력 fluctuation의 RMS 값 비교 ····282

<그림 3-156> Vortex generator의 형상. (좌측부터 하프델타, 위시본, 직사각형) ·····283
<그림 3-157> 난류 경계층 두께 수치해석 결과 ·····284
<그림 3-158> Vortex modifier의 형상 및 설계 변수 ·····284
<그림 3-159> Yaw angle 변화에 따른 15ton 화물차 모델의 항력계수(CD) 및 항력계수 저감효과 ·····288
<그림 3-160> Yaw angle에 따른 15ton 모델의 측력계수(CS) 및 횡풍 측력계수 저감효과 ·····289
<그림 3-161> 15ton 화물차에 장착한 vortex generator 개수와 높이에 대한 모식도 및 Surrogate Management Framework(SMF) 최적화 결과 ·····290
<그림 3-162> Vortex modifier 부착하지 않은 15ton 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····290
<그림 3-163> Vortex modifier 부착하고 15ton 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····290
<그림 3-164> Vortex modifier 부착하지 않 (좌) 및 부착하고(우) 15ton 화물차의 컨테이너 위쪽 평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장(z-평면, z=3.1) ·····291
<그림 3-165> Vortex modifier 부착 전, 후 15ton 화물차에 가해지는 시간에 따른 측력 변화 ·····292
<그림 3-166> Vortex modifier 부착 전, 후 15ton 화물차에 가해지는 측력 변동성분의 RMS 값 비교 ··292
<그림 3-167> 40ft 화물차 모델에 trailer full aero. package를 부착한 모델 ·····294
<그림 3-168> 풍속 변화에 따른 40ft 화물차의 항력(FD) 및 항력계수(CD)의 변화 ·····295
<그림 3-169> Trailer full aero. package를 장착한 40ft TRAGO 화물차의 yaw angle에 따른 항력계수(CD) 및 항력계수 저감 효과 ·····295
<그림 3-170> Trailer full aero. package를 장착한 40ft 화물차의 yaw angle에 따른 횡풍 측력계수(CS) 및 횡풍 측력계수 저감 효과 ·····296
<그림 3-171> Trailer full aero. package가 부착되지 않은 40ft 화물차 기본 모델의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····296
<그림 3-172> Trailer full aero. package를 장착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0) ·····297
<그림 3-173> Trailer full aero. package를 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류 운동에너지 (z-평면, z=2.0) ·····297
<그림 3-174> Trailer full aero. package를 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류 운동에너지 (z-평면, z=2.0) ·····297
<그림 3-175> Trailer full aero. package 부착 여부에 따른 40ft 화물차에 가해지는 측력 fluctuation의 RMS 값 비교 ·····298
<그림 3-176> Gap fairing 길이 최적화 ·····300
<그림 3-177> Gap fairing 각도(5°) 최적화 ·····300
<그림 3-178> 한국형스마트웨이 프로그램 개념도 ·····307
<그림 3-179> 본 기술개발 과제에 대한 S.W.O.T.분석 결과 ·····308
<그림 3-180> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 구조 해석 결과 ·····310
<그림 3-181> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 상세 설계서 ·····311
<그림 3-182> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 PILOT 시제품 ·····311
<그림 3-183> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절장치 및 PCM 장치 ·····312
<그림 3-184> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치의 잠열량 및 축냉시간 측적 결과 ·····312
<그림 3-185> 국내 항공기 기술표준품 인증절차 ·····314

<그림 3-186> 온도조절 항공화물 컨테이너 기초 설계 2D 도면 ·····315
<그림 3-187> 온도조절 항공화물 컨테이너 기초 설계 3D 도면 ·····315
<그림 3-188> 접이식 경량 롤 컨테이너 구조해석 결과 ·····317
<그림 3-189> 접이식 경량 롤 컨테이너 상세 설계 ·····317
<그림 3-190> 접이식 경량 롤 컨테이너 시제품 정면 사진 ·····318
<그림 3-191> 접이식 경량 롤 컨테이너 통합성능테스트 결과 ·····318
<그림 3-192> 접이식 경량 롤 컨테이너 KCL 성능검증 결과(시험성적서 등) ·····319
<그림 3-193> 접이식 경량 롤 컨테이너 테스트베드 프로세스 ·····320
<그림 3-194> 접이식 경량 롤 컨테이너 1차년도 시제품 ·····320
<그림 3-195> 접이식 경량 롤 컨테이너 제2차 테스트베드 현장사진 ·····321
<그림 3-196> 접이식 경량 롤 컨테이너 제3차 테스트베드 현장사진 ·····322
<그림 3-197> 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 전반적인 만족도 ·····324
<그림 3-198> 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 대체 의사 ·····325
<그림 3-199> 접이식 경량 롤 컨테이너 최종설계 ·····328
<그림 3-200> 접이식 경량 롤 컨테이너 완제품 사진 ·····329
<그림 3-201> 접이식 경량 롤 컨테이너 구조해석 결과 ·····330
<그림 3-202> 접이식 경량 롤 컨테이너 특허 출원서 ·····334
<그림 3-203> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 구조해석 결과 ·····336
<그림 3-204> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 상세 설계 ·····336
<그림 3-205> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 PILOT 시제품 ·····337
<그림 3-206> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 KCL 성능검증(시험성적서 등) ·····338
<그림 3-207> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 테스트베드 프로세스 ·····339
<그림 3-208> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 1차년도 시제품 ·····339
<그림 3-209> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 제2차 테스트베드 현장사진 ·····340
<그림 3-210> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대한 전반적인 만족도 ·····343
<그림 3-211> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 최종설계 ·····347
<그림 3-212> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 완제품 사진 ·····348
<그림 3-213> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 구조해석 결과 ·····348
<그림 3-214> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 특허 출원서 ·····351
<그림 3-215> 신규용기 구매 시 필요 중요 요인(중복선택) ·····353
<그림 3-216> 접이 구조 컨셉 도면 ·····355
<그림 3-217> 2중 실링 구조 기초 설계 ·····355
<그림 3-218> 2중 실링 구조 상세 설계 ·····356
<그림 3-219> 운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 설계 ·····357
<그림 3-220> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 본체의 응력분포 ·····359
<그림 3-221> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 무게중심 구조 해석 ·····359
<그림 3-222> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 내부온도 변화 전체 ·····360
<그림 3-223> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 내부온도 변화 전체 ·····361
<그림 3-224> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 성능검증 시험장면 ·····362
<그림 3-225> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 온도유지 시험장면 및 측정 그래프 363
<그림 3-226> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 3D 도면 ·····364

<그림 3-227> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 테스트베드 물류 파트별 주요 점검 사항 ····364
<그림 3-228> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 테스트베드 수행 현장 ·····365
<그림 3-229> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 Vibration(Random) 진동 중 볼트 풀림 모습 ···368
<그림 3-230> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 시제품 온도유지 측정 그래프 ·····369
<그림 3-231> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 최종 설계 도면 ·····374
<그림 3-232> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 SWOT분석 ·····375
<그림 3-233> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 포지셔닝 맵 ·····375
<그림 3-234> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 비즈니스 모델 ·····376
<그림 3-235> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 특허 출원 문서 ·····379

<그림 6-1> 연도별 국내외 논문 발행 건수 및 비중 ·····420
<그림 6-2> 분야별 국내외 논문 발행 건수 및 비중 ·····421
<그림 6-3> 분야별 국내외 논문 발행 건수 추이 ·····421
<그림 6-4> 실험에 사용된 class 8 vehicle 및 부착된 항력감소 장치 ·····426
<그림 6-5> 운행 중 공기저항 감소기술의 시대별 점유증가율 분석 ·····430
<그림 6-6> 국내외 키워드별 논문 발행 현황 ·····431
<그림 6-7> 국내외 키워드별 논문 발행 현황 ·····432



제1장 연구개발의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구개발의 중요성 및 정부지원 필요성

제3절 연구개발 범위

제4절 연구추진체계 및 전략

제1장. 연구개발의 개요

제1절. 연구의 배경 및 목적

1. 연구 추진 배경

○ 중동 및 미국의 비롯한 세계 원유시장의 과잉공급 현상이 지속되면서 국제유가는 최근 약세를 거듭하고 있음. 하지만 운송 과정상 발생하는 물류비용 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것이 유류비라는 점에는 변동이 없어 각국의 물류기술 개발방향은 신재생에너지나 수소 등 친환경에너지 사용이나 전기 및 하이브리드 에너지 이용 화물차 기술과 경량화로 연비 저감, 운행횟수 감소가 가능한 환경오염 저감기술에 집중되고 있음

- 화물자동차 운행에 따른 공기오염과 소음, 진동의 증가는 도심지역 거주민의 생활에 불편과 삶의 질을 저하 시키는 원인이 되고 있음
  · '13년도 기준 오염물질 배출원 중 도로이동오염원으로 인한 배출량 비중이 22.6%로 가장 높으며, 도로이동오염원 중 화물차가 배출하는 대기오염물질은 38.4%로 가장 많은 비중을 차지하고 있음
- 특히, 상대적으로 고출력을 필요로 하는 화물차 엔진을 전기모터로 대체하는 전기화물자동차 기술개발이나 하이브리드 화물차 개발에 상대적으로 많은 연구개발비가 소요되어 운송장비의 경량화, 연비 개선 및 운송 효율화, 공회전 방지를 위한 무동력(보조 동력) 사용 등을 통한 연료비용 절감에 꾸준한 관심이 집중되고 있음

○ 우리나라도 언제 닥칠지 모르는 고유가시대에 대비하고 2020년 BAU 대비 30%, 2030년 BAU대비 37%(국제시장 11%)로 확정된 국가온실가스 감축 목표의 달성을 위해서라도 국내 수송분담율의 76.0%(톤-km 기준, 2014년 기준)를 차지하고 있는 화물자동차의 운송 유류비를 감축하는 것이 가장 시급한 현안임

- 최근의 국제유가 약세 현상은 중장기적으로는 신재생에너지나 수소 등 친환경에너지 사용이나 친환경 운송수단으로의 전환이 불가피할 것으로 사료되나 일시에 모든 화물자동차의 수송수단 전환이 불가능하므로 중단기적으로는 화물자동차 특성을 감안한 화물 운송 유류비를 절감하는 기술개발이 필요함

○ 최근 급증하는 화물 수송수요에 대응하기 위해 화물운송시장의 처리능력 증대에 대한 사회적 요구사항이 증가하고 있으며, 이는 타 운송수단 대비 유연성 확보가 용이한 도로운송 분야에 대한 연구개발 투자로 이어지고 있음

- 이를 위한 대안으로 HCVs(고용량 차량)는 도로운송수단을 대형화하여 물동량 처리능력을 향상시킴으로 운행횟수 절감을 통한 온실가스 배출량을 감축하는데 목적이 있음
- 미국 및 EU를 포함한 선진국의 경우, 최근 대형차량의 도로운행을 위한 법·제도 완화 및 그 파급효과에 대한 연구를 진행 중이며, 실제 '기가라이너(Gigaliner)[1)]'로 통칭되는 초장축 멀티 트레일러 및 6축 이상의 다축 트레일러 등 대형운송수단이 등장함

1) 트랙터 및 트레일러를 포함한 총 길이가 총 25.25m(83ft)이상인 멀티트레일러를 지칭

온실가스 감축기술



2. 연구 추진 목적

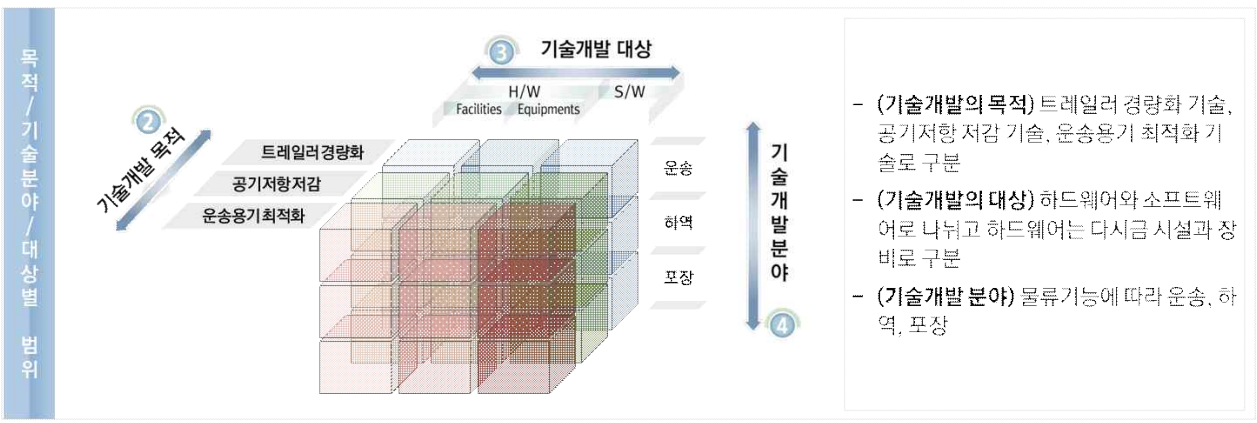
○ 도로화물 운송 시 연료사용량을 절감하기 위하여 친환경 운송장비에 대한 기술개발 타당성을 검토하고 국내 실정에 맞는 새로운 국산기술 개발과 해외 선진기술을 국산화하기 위한 기술개발을 목적으로 함

- 원가대비 높은 가격에 수입되는 도로운송 연비개선 장비 및 기술 국산화 기술을 확보하고, 5년 내 해외진출이 가능한 기술경쟁력 달성
- 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 10% 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술을 통해 화물자동차 적재효율을 높이거나 차량의 중량을 기술적으로 감소시켜 운송 중 에너지 소비를 저감하는 국산화기술 확보
- 화물차 운행 중 10% 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술을 통해 화물자동차의 차량운행 중 공기저항을 감소시켜 에너지소비를 감소시켜 온실가스 감축목표 달성에 기여하는 국산화 기술 확보
- 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술을 통하여 화물자동차 운송활동과 직간접적으로 관련된 운송용기를 개량하고 에너지를 저감하는 국산화 기술 및 해외시장 진출 기반 확보


글로벌 시장을 선도하는
연료비 감축 도로운송 장비기술의 확보
1단계
조사분석 및 설계
2단계
모듈 개발 및 시제품 제작
3단계
테스트베드구축및검증·실용화
국내외 기술 동향 및 수요·시장성 조사 및 실용화 전략
핵심개발기술 개발방향 정립 및 제품 성과목표치 검토
핵심개발기술 상세 설계
핵심개발 기술의모듈개발
세부과제별 핵심요소기술의 통합/연계 및 시제품 개발
운영 매뉴얼 등 기타 연관 산출물 제작
시스템 안정화를 위한 테스트 및 보완/시스템 검증
핵심개발기술의 현장 적용성 평가 및 기술 인증·시연
비즈니스 모델 구축 및 전략 수립 및 법·제도 방안 검토
1세부
알루미늄 소재 경량 트레일러에 비해 절반 수준의 가격에 인장강도는 3배 강한 경량트레일러를 제작하는 World Best 기술 구현
2세부
자동차 생산대국이면서도 등한 시 해 온 화물차 부문 연료소모를 단기간 내 절감하기 위해 해외에서 효과가 입증된 공기저항 감소장비부터 국내 특성에 맞게 적용하는 기술개발
3세부
환적작업을 최소화 하고 운송과정 효율화를 위한 냉장·냉동 및 일반화물을 함께 운송할 수 있는 첨단 운송용기 개발로 포장용기 산업 발전
경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술
공기저항 및 공기와류 저감장치 기술
에너지·적재 고효율 운송용기 기술
도로화물 운송 효율화 기술 개발
물류운송장비 성능, 작업환경 개선
고효율화 및 물류 프로세스 개선
물류비용 최소화 및 효율 증대

□ 연구 및 기술개발 범위


R&D 영역
① 국토교통R&D 10대 연구사업 영역
건설기술연구사업
물관리연구사업
플랜트연구사업
도시건축연구사업
건설교통기술촉진연구사업
건설교통기술 지역특성화사업
건설교통연구기획사업
교통물류연구사업
철도기술연구사업
항공기술연구사업
연구/시간/유형 범위
⑤ 연구적 범위
• (1세부) 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술
• (2세부) 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술
• (3세부) 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술
⑥ 시간적 범위
• 총연구개발기간 : 2014.6~2018.5
• 1차년도 연구개발기간 : 2014.6~2015.3
⑦ 단계/유형적 범위
• 1단계 : 조사분석 및 설계
• 2단계 : 모듈개발 및 시제품 제작
• 3단계 : 테스트베드 구축 및 검증, 실용화


목적/기술분야/대상별 범위
③ 기술개발 대상
H/W
S/W
Facilities
Equipments
② 기술개발 목적
트레일러 경량화
공기저항저감
운송용기최적화
운송
하역
포장
기술개발분야
④
- (기술개발의 목적) 트레일러 경량화 기술, 공기저항 저감 기술, 운송용기 최적화 기술로 구분
- (기술개발의 대상) 하드웨어와 소프트웨어로 나뉘고 하드웨어는 다시금 시설과 장비로 구분
- (기술개발 분야) 물류기능에 따라 운송, 하역, 포장

제2절. 연구개발의 중요성 및 정부지원 필요성

1. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

○ (1세부)지금까지 부분적인 컨테이너 트레일러 샤시 경량화 시도는 있었으나 경량구조 설계와 그에 적합한 소재를 적용하는 복합적인 차량경량화 시도는 없었음

- 따라서 기술 개발성공으로 전국의 1만 대에 달하는 컨테이너 트레일러 샤시 무게를 1톤만 저감한다고 가정해도 연간 30만 톤(300일 운행 가정 시)의 화물을 현행과 동일한 유류비로 더 운송할 수 있으며, 그로 인해 절감되는 유류비만큼 컨테이너 트레일러 운전기사에게 수입이 증진되는 효과가 발생할 수 있음
- 여기에 컨테이너와 핫코일 같은 중량물 운송 등 특성이 다른 두 가지 운송업무에 모두 사용하기 위해 가벼운 싱글샤시 대신 평판샤시를 채용하고 있는 경우가 많은데, 1~2톤에 달하는 평판을 탈부착할 수 있도록 설계할 경우 간단한 조작만으로 추가적인 차량하중 저감효과도 기대할 수 있음

○ (2세부)국외의 경우 화물차 공기저항 감소장치에 대한 개발 및 인증, 홍보, 지원 등을 적극적으로 추진 중에 있지만 국내에서는 관련 기술에 대한 전무한 실정이며 시중에 판매되고 있는 국산 Cab Roof Fairing, Side Skirts 등은 차량 최적화 검증 없이 모양만 흉내 낸 경우가 많아 실효성에 의문이 제기되고 있음

- 미국 EPA는 Smartway기술 프로그램을 통해 화물차 공기저항 감소장치에 대한 실험을 통해 효과를 검증하고 해당 개발업체에 인증을 부여함으로써 제품의 개발 및 홍보, 판매에 직접적인 지원을 하고 있음[2)]
- 현재도 화물차 운전석 상부에 공기저항을 줄이기 위해 Cab Roof Fairing을 설치하거나 트레일러 옆면에 에어스포일러(Side Skirts)를 부착한 차량을 쉽게 찾아볼 수 있으며 그 밖에도 트레일러와 트랙터 사이의 간극을 메워 공기저항을 줄여주는 Trailer Gap Reducers 기술, 트레일러 하부공간의 바퀴에 작용되는 공기저항을 줄여주는 Trailer Under Skirts 기술, 트레일러 후면에 접이식 판을 달아 후면 공기와류를 줄여주는 Trailer Boat Tails 기술 등 화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 다양한 기술이 개발 중에 있음
- 최근 미국의 캘리포니아주가 대형화물차의 공기저항 저감장치 부착을 의무화하기 시작하는 등 세계 각국에서 대형화물차의 공기저항 저감정책이 점차 확산되는 추세이므로 개발된 기술의 단기적 시장성이 밝다고 할 수 있음

○ (3세부)기존에 다양한 형태와 규격의 재활용 포장용기가 개발되고는 있으나 아직 화물차 적재함 규격에 대응한 운송용기가 본격적으로 개발되어 있지 않아 용기의 차량 적재 시 빈 공간이 발생하는 경우가 많아 적재효율을 떨어뜨리고 또한 빈 공간으로 인해 적재된 화물이 쏠리거나 쓰러지는 경우가 많이 발생하고 있음

2) 미국 환경보호국 웹사이트, http://www.epa.gov/

- 본 과제에서는 화물차 적재함 규격에 정합하는 내충격 경량 용기소재를 활용한 친환경 운송용기를 개발하여 적재효율을 높이고, 용기끼리 고정하거나 차량내부와 결합하여 고정할 수 있는 장치를 통해 적재된 화물이 쏠리거나 쓰러짐을 방지하고 적재편의도 향상시키고자 함

- 또한 기존의 롤 컨테이너는 접이가 불가능하여 회수 시 많은 공간을 필요로 하였으나, 본 과제에서 목표로 하는 개발제품은 화물을 비운 후에는 접을 수 있어 회수 시 빈 용기의 적재효율(접철율 70% 이상)을 향상시키고, 기존의 스테인리스 계열의 소재를 사용한 롤 컨테이너와 다르게 알루미늄합금을 사용한 롤 컨테이너 개발을 통하여 기존 대비 약 30% 경량화하여 연료 저감 효과를 기대함

나. 경제·산업적 측면

○ 경량트레일러 국내시장만 한 해 900억~1,200억 원, 연간 1만 대에 달하는 냉장/냉동차 시장이 1,200~3,000억 원, 연간 130~170억 원에 달하는 국내 트레일러 공기저항 보조 장비 시장과 연간 36억 원 규모의 국내 트랙터 공기저항 보조 장비 시장 등이 존재함

- 관련 기술을 연구개발하지 않고 해외로부터 도입한다면 해마다 2,000억~4,000억 원의 도로운송부문 장비 경량화 및 연비개선 기술장비를 수입해야 하고 장비가격 부담으로 인하여 도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선이 적시에 이루어지지 못할 경우 향후 유가급등 시 도로운송부문의 경쟁력이 급격히 약화되는 상황이 초래할 수 있음

○ 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술은 비교적 빠른 시간 안에 개발 및 국산화가 가능하며 개발 완료 후 시장적용도 곧장 가능 할 것으로 판단되고 투자대비 효과도 클 것으로 판단됨

○ 에너지 목표관리제 등 정부환경시책 추진으로 물류기업의 부담이 증가함에 따라 운송을 효율화 시키고 연비를 개선시킬 수 있는 기술이 개발 및 보급 될 경우 물류기업의 부담이 경감될 수 있을 것으로 기대됨

- 「저탄소 녹색성장 기본법」 제42조, 제43조, 제44조, 제45조, 제46조에서는 에너지 목표관리제에 대한 내용을 언급하고 있음

  · 기후변화대응 및 에너지 목표관리, 온실가스 감축 조기행동 촉진, 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 등의 보고, 온실가스 종합정보관리 체계 구축, 총량제한 배출권 거래제 도입 등

- 국가 온실가스 배출량의 약 70%를 산업부문, 건물/교통, 폐기물 등에서 온실가스 및 에너지를 관리해야 하며, 교통부문에서는 운송업체 보유 이동 배출원(차량, 항공기, 선박 등)과 건물을 대상으로 하며, 이 중 온실가스 배출량 및 에너지 소비량이 기준 이상인 업체 또는 사업장은 관리업체로 지정되어 관리 받게 됨

  · 관리업체로 지정이 되면 감축목표 이행계획을 수립하여 관장기관(교통부문은 국토교통부)에 제출해야 하고 이행실적을 관장기관에 보고해야 함

· 이행실적 보고 시 온실가스 및 에너지 소비량에 대한 명세서를 작성한 후 검증결과와 함께 관장기관에 제출해야하며 이는 공개를 원칙으로 함

· 이행실적 미흡 시 개선명령을 받을 수 있으며 향후 이행계획 수립 시 반영해야 함

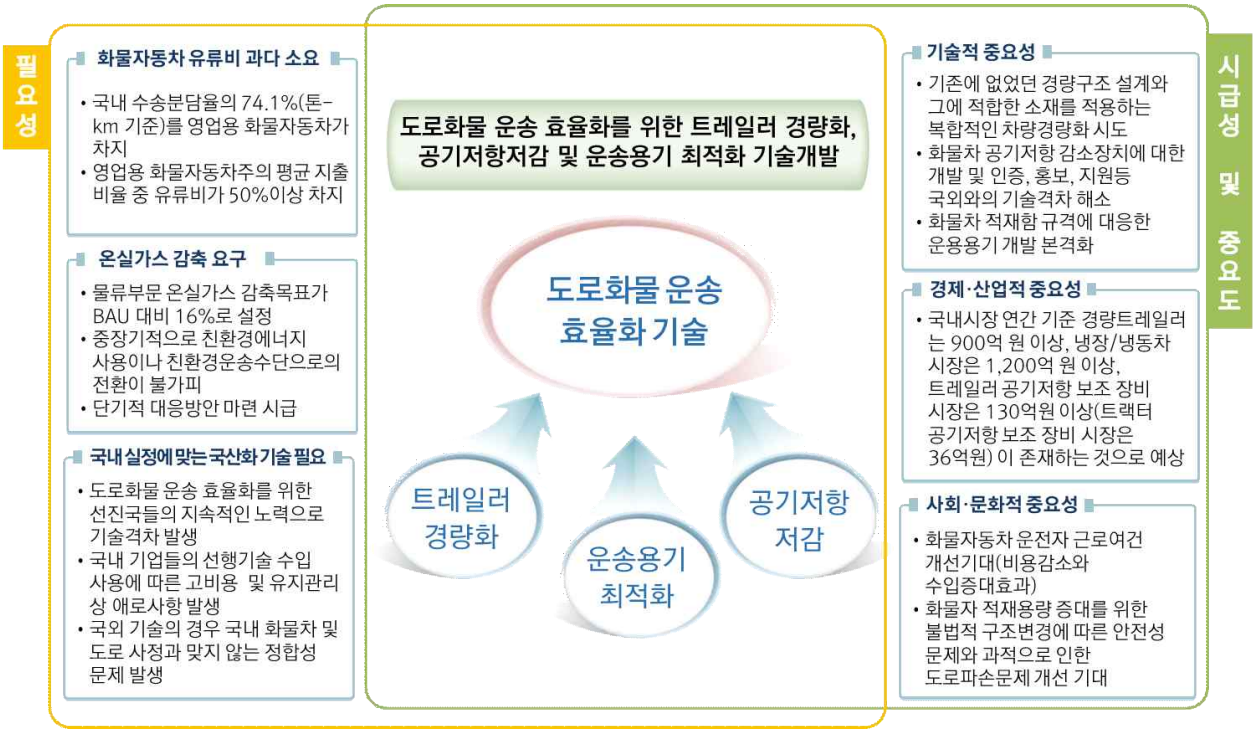
다. 사회·문화적 측면

○ 화물자동차운전자의 운송거부 사태가 지속적으로 발생하고 있는 상황에서 도로화물운송을 효율화하고 연비 향상을 목적으로 하는 본 과제의 대상기술이 성공적으로 개발되고 보급된다면 화물차주의 순수입 증대효과를 유발하여 화물차주 근로여건 개선에 도움이 될 수 있음

- 2002년 10월 '화물운송 특수고용직 노동자연대(화물연대)'가 출범한 이후 2003년 5월 총파업으로 물류대란이 발생하였고 이후 총파업, 부분파업 등의 형태로 지속적인 운송거부 사태가 발생하여 막대한 경제적, 사회적 피해가 발생하고 있음
- 2004년 화물자동차운송법 개정, 유류비 지원 등의 정책이 시행되었으나 세계적인 경기불황과 과잉공급 등의 문제로 인해 2006년, 2008년, 2009년, 2010년, 2012년, 2013년 지속적으로 운송거부사태가 발생하고 있음
  · 2009년 여수 국가 산업단지 컨테이너 화물연대의 운송거부로 광양항을 통한 중국항 수출에 차질이 발생함
  · 2010년 운송료 10% 인상, 교섭권 인정 등을 요구한 대산석유화학단지 화물연대 충남지부 서부지회의 운송거부가 30일 이상 지속되어 물류 차질이 발생함
  · 2012년 운임요금 30%인상과 산재보험 전면 적용등을 요구하며 부산항과 광양항 등에서 화물연대 조합원 1만2천여명이 운송거부함

○ 화물차 적재용량을 늘리기 위해 불법적으로 구조를 변경하여 안전성 문제와 과적으로 인한 도로 파손 문제가 제기되고 있는데 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술을 개발하여 보급함으로써 안전성을 유지하면서 적재용량 증대효과를 기대할 수 있음

- 화물차의 과적운행은 차량의 불법구조변경을 동반하며 도로 노면을 요철처럼 변형시키며 저속운행으로 고속도로 기능을 저하시킴
  · 경남지역 고속도로에서 단속된 과적 화물차는 2008년 7,492대, 2009년 7,473대, 2010년 7,062대이며 단속을 피해 심야에 운행하는 차량 등 단속되지 않은 차량까지 포함하면 훨씬 많을 것으로 도로공사는 추정하고 있음
- 도로파손의 주범인 과적 화물차로 인해 도로 보수비용뿐만 아니라 단속비용 등 사회적 비용이 발생함
  · 2011년 2월 인천시는 과적 화물차 단속을 위해 2년 임기로 8명의 명예과적단속원을 위촉하여 현장 단속, 운수종사자 계도, 홍보활동 등을 시행하도록 함
  · 2010년 11월 제주도는 감귤 수확철 과적차량이 많아짐에 따라 감귤 수확 시기에 맞춰 고정식 과적단속을 이동식으로 전환하고 야간시간대와 공휴일에도 단속을 확대 시행하였음



2. 정부지원 필요성

가. 정부주도 R&D 추진 필요성

○ 주요 경쟁국 대비 높은 물류비 비중(특히 도로운송 부문)이 국내 제조업 국제 가격 경쟁력 저하요인으로 작용하고 있으므로 중장기적 관점에서 물류비 중 수송비를 획기적으로 절감하는 기술 확보가 필요함

- 정부가 설정한 국가온실가스 감축목표 2020 BAU대비 30%, 교통부문 33~37%, 물류부문 16% 감축목표 달성을 위해서는 기업물류비 증가에 지대한 영향을 끼치는 온실가스와 에너지 절감을 도모하면서 급격한 유가상승에 대비한 비용 효과적 기술개발 필요

- 정부는 철도중심의 화물수송체계 구축을 위해 노력하고는 있으나, 철도·연안해운의 수송 분담률은 오히려 점차 낮아지는 추세이므로 단·중기적으로는 화물차량 운전자 근로여건 개선에 지대한 영향을 끼치는 도로운송부문의 연비개선에 집중할 필요

○ 중소기업이 개발에 참여할 수밖에 없는 화물차 경량화 및 연비개선 기술 업계의 여건상 민간차원의 기술개발과 마케팅 한계로 인하여 인증제도, 보조금 지원정책과 연계한 정부차원의 기술개발 지원과 보급정책과 연계가 필요함

- 매년 정부가 지급하는 국가전체 유가 보조금 규모가 1조 5천억 원에 달하는 대규모 시장임에도 실제 기술수요자는 개별차주(개인)들인 점에 유의필요

○ 다양한 제품을 무리하게 개발하려는 노력보다 국내 실정에 맞는 최적화 설계구현과 정부차원의 표준매뉴얼 등 보급정책 병행이 바람직함

- 미국, 영국, 캐나다 등은 국가차원에서 풍동실험 등 연비측정실험기술(SAEJ1321) 결과를 통해 차종 및 규격별 공기저항기술 가이드라인을 제공
- 국토교통부 민관 녹색물류 협의체와 연계한 에너지소비 저감기술 지원

○ 부처별 다양한 기술개발사업과의 융합과 연계로 물류운송기술 경쟁력 강화 및 중복투자 방지

-『자동차 튜닝부품 인증기준 및 성능평가 기술개발 과제(교통안전공단, '13.7 이후 수행 중)』 전체 예산 중 3억 원에 불과하므로 화물차 분야 튜닝기준은 본 과제에서 작성하여 연계할 필요가 있음

나. 정부지원 관련 법 및 제도

□ 「녹색성장 5개년 기본계획(2009-2013)」 및 「제4기 녹색성장위원회 운영계획」과의 부합성

○ 녹색성장 국가전략은 「저탄소녹색성장기본법」(2009.11.28 시행) 제9조에 의해 수립되며, 이러한 저탄소녹색성장기본법을 실천하기 위한 '녹색성장 5개년 기본계획'은 저탄소 녹색성장 관련 최상위 국정 계획으로서의 성격을 띠고 있음

- 특히 「저탄소녹색성장기본법」내에 포함된 5개년 단위의 상세 실행계획인 '녹색성장 5개년 기본계획'은 2009~2013년까지의 세부과제 및 실행방안을 제시하고 있으며, 녹색성장과 관련하여 다음과 같은 사항을 거론하고 있음
  · 녹색기술·녹색산업 및 녹색경제체제의 구현
  · 기후변화대응, 에너지 및 지속가능발전 정책
  · 녹색생활, 녹색국토, 저탄소 교통체계
  · 저탄소 녹색성장 관련 국제협상 및 국제협력
  · 재원조달, 조세·금융, 인력양성, 교육·홍보 등
- '녹색성장 5개년 기본계획'에서는 '기후변화 적응 및 에너지 자립(①효율적 온실가스 감축, ②탈석유·에너지자립강화, ③기후변화 적응역량 강화)', '新성장동력 창출(④녹색기술개발 및 성장동력화, ⑤산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, ⑥산업구조의 고도화, ⑦녹색경제 기반 조성)', '삶의 질 개선과 국가위상 강화(⑧녹색국토·교통의 조성, ⑨생활의 녹색혁명, ⑩세계적인 녹색성장 모범국가 구현)'의 3대 추진전략과 10대 정책방향을 제시하여 추진하였음

○ 2013년 10월 구성된 제 4기 녹색성장위원회에서는 '과학기술과 ICT를 활용한 녹색성장을 통해 창의와 융합으로 새로운 시장과 일자리를 창출하려는 창조경제를 구현', '글로벌 녹색성장 리더로서 온실가스감축 목표 등 국제적 약속의 성실한 이행을 통한 대외신인도 유지', '성장뿐만 아니라 환경 및 사회적 형평성도 고려한 포용적 녹색성장 추진'을 기본 골자로 「2차 녹색성장 5개년('14-'18) 계획」을 수립하고자 함

○ 본 연구를 통하여 추진하고자하는 도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항 저감 및 운송용기 최적화 기술개발은 화석연료의 이용을 저감시키고 연비절감이 가능하여 대기 중 온실가스의 배출을 억제를 목표로 함

- 따라서 본 연구는 저탄소 녹색성장 관련 최상위 국정 계획이라고 할 수 있는 녹색성장 5개년 기본계획 3대 추진전략의 취지에 정확히 부합하는 기술개발 과제라고 할 수 있음

□ 「국가물류기본계획 수정계획(2011-2020)」과의 부합성

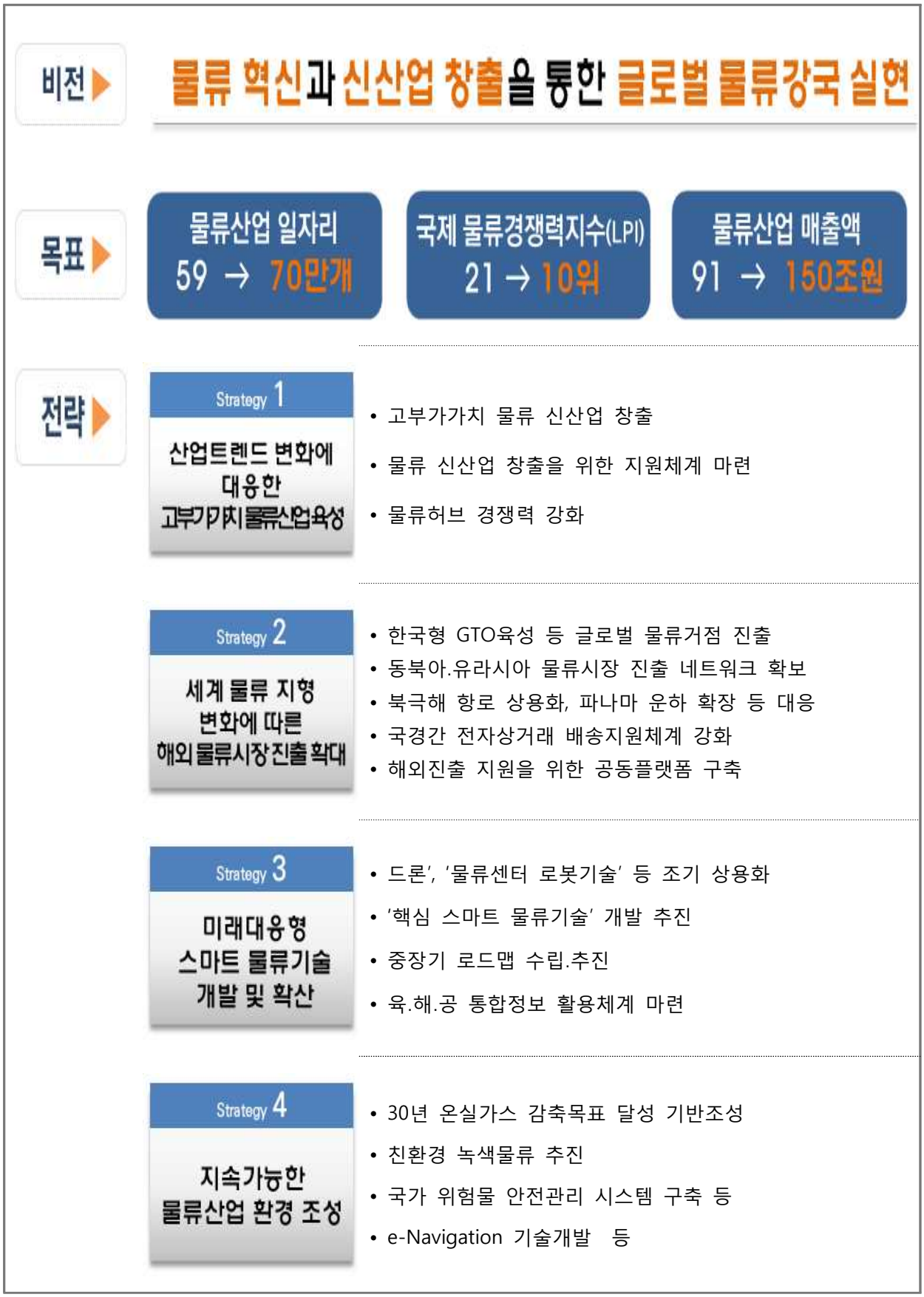
○ 「국가물류기본계획(2016-2025)」은 물류혁신과 신산업 창출을 통한 글로벌 물류강국 실현을 비전으로 물류산업 일자리 70만개 확보, 국제 물류경쟁력 지수(LPI) 10위로 도약, 물류산업 매출액 150조원을 목표로 정하였으며, 이를 달성하기 위하여 다음과 같은 4대 추진전략을 수립함

- 산업트렌트 변화에 대응한 고부가가치 물류산업 육성
- 세계물류 지형 변화에 따른 해외물류시장 진출 확대
- 미래대응형 스마트 물류기술 개발 및 확산
- 지속가능한 물류산업 환경 조성

○ 본 연구는 '지속 가능한 물류산업 환경 조성'의 추진전략 내 '30년 온실가스 감축 목표 달성 기반 조성, 친환ㄱ여 녹색물류 추진'이라는 추진과제로 명시되어 있음

<표 1-1> 국가물류기본계획(2016-2025)의 추진전략 및 추진과제

추진전략	추진과제
산업트렌트 변화와 대응한 고부가가치 물류산업 육성	▪ 고부가가치 물류 신산업 창출 ▪ 물류 신산업 창출을 위한 지원체계 마련 ▪ 물류허브 경쟁력 강화
세계 물류지형 변화에 따른 해외물류시장 진출 확대	▪ 한국형 GTO육성 등 글로벌 물류거점 진출 ▪ 동북아・유라시아 물류시장 진출 네트워크 확보 ▪ 북극해 항로 상용화, 파나마 운하 확장 등 대응 ▪ 국경간 전자상거래 배송지원체계 강화, 해외진출 지원을 위한 공동플랫폼 구축
미래 대응형 스마트 물류기술 개발 및 확산	▪ 드론', '물류센터 로봇기술' 등 조기 상용화 ▪ 핵심 스마트 물류기술' 개발 추진, 중장기 로드맵 수립・추진 ▪ 육・해・공 통합정보 활용체계 마련
지속 가능한 물류산업 환경 조성	▪ 30년 온실가스 감축목표 달성 기반조성, 친환경 녹색물류 추진, 국가 위험물 안전관리 시스템 구축 등, e-Navigation 기술개발 등



<그림 1-1> 국가물류기본계획(2016-2025) 비전, 목표 및 추진전략

□ 「제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011-2020)」과의 부합성

○ 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획은 「지속가능 교통물류 발전법」제7조, 「저탄소 녹색성장 기본법」 제53조에 근거하여 수립되었으며, 2020년 교통부문 온실가스 배출량을 배출전망치(BAU) 대비 34.3% 감축을 목표로 함

○ 교통수요 관리강화 및 교통운영 효율화, 대중교통 인프라 확충 및 서비스 개선, 저탄소 녹색물류체계 구축, 친환경 교통물류 기술개발 등을 추진전략으로 설정함

- 교통물류거점 연계교통망 구축
- 탄소배출 저감형 물류체계 구축
- 녹색교통수단으로 전환(Modal Shift) 촉진
- 철도 화물 수송능력 증대 및 연안해운 활성화 지원
- 친환경 화물운송수단 및 시설·장비 개발 등

○ 본 연구를 통하여 추진하고자 하는 도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항 저감 및 운송용기 최적화 기술개발은 운송수단의 친환경화를 목표로 하여 2020년 교통물류부문의 온실가스 및 에너지 저감에 기여할 수 있어 국가 온실가스 배출량 감축 취지에 정확히 부합하는 기술개발 과제라고 할 수 있음

제3절. 연구개발 범위

1. 연구단 최종목표

도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발 최종목표

▪ 도로화물 운송 시 연료사용량을 절감하기 위하여 친환경 운송장비에 대한 기술개발 타당성을 검토하고 국내 실정에 맞는 새로운 국산기술 개발과 해외 선진기술을 국산화하기 위한 기술개발을 목적으로 함

- 원가대비 높은 가격에 수입되는 도로운송 연비개선 장비 및 기술 국산화 기술을 확보하고, 5년 내 해외진출이 가능한 기술경쟁력 달성
- 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 10% 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술을 통해 화물자동차 적재효율을 높이거나 차량의 중량을 기술적으로 감소시켜 운송 중 에너지 소비를 저감하는 국산화기술 확보
- 화물차 운행 중 10% 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술을 통해 화물자동차의 차량운행 중 공기저항을 감소시켜 에너지소비를 감소시킴으로써 온실가스 감축목표 달성에 기여하는 국산화 기술 확보
- 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술을 통하여 화물자동차 운송활동과 직간접적으로 관련된 운송용기를 개량하고 에너지를 저감하는 국산화 기술 및 해외시장 진출 기반 확보

□ **비전 및 목표 설정**

○ **(비전 및 목표)**“도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발”과제는 ‘글로벌 시장을 선도하는 연료비 감축 도로운송 장비기술의 확보’를 비전으로 삼고 화물차 연비 및 에너지 소비를 20% 절감(물류비용 25조 원 절감)하는 것을 목표로 함

- 이러한 목표는 화물차 연비를 15% 개선하여 화물차주의 유류비 지출액을 감소시키고 물류부문 온실가스 배출 감축목표 3% 달성에 기여함

· 트레일러 경량화 기술을 적용했을 경우 차량 유류비 절감 효과와 경량화 에 따른 적재용량 증대로 추가수입이 발생가능 하므로 화물차주 유류비 지출액 15% 감소를 세부 목표로 정함

· 미국 환경 보호국(EPA)의 스마트웨이 검증 기술 등 국내외 공기저항 감소 기술(Aerodynamics), 공회전 방지 기술(Idling Reduction) 등 세부 장비를 화물차량에 적용한 경우, 주행 시 트랙터 및 트레일러의 공기저항 마찰력을 감소시켜 화물차 1대 당 약 10%~25% 정도의 연료가 절감되는 것으로 나타남에 따라 본 과제의 세부기술들을 통해 화물차 연비 및 에너지 소비를 15% 저감 시키는 것으로 목표치를 설정함

· 운송용기 최적화 기술을 도입할 경우 비효율적인 차량 공회전을 줄이고 화물차 운송횟수 저감 등 운영 효율화를 도모할 수 있을 것으로 기대하여 온실가스 감축 3% 기여를 목표치로 정함



○ **(추진방향)** 기술개발 추진방향은 물류효율화, 친환경 기술개발, 경량화, 기후변화 대응 측면에서 현재(As-Is)와 미래(To-Be)의 모습을 보여주고 글로벌 물류기술 시장 선도기술 개발, 환경부하 감축, 연비향상, 물류공동화를 위한 세부 개발전략을 수립함

- 물류 프로세스 상의 기업별 개별적 운송구조 보다 공동화를 추구하여 화물차량 운행횟수를 감소시킬 수 있는 기술개발을 추진함
- 물류과정상 낭비되고 있는 일회용 포장 용기 및 소재 등을 개선하여 재활용/재사용이 가능하도록 기술을 개발함
- 기존에 안전성 및 내구성에 집중하여 과도하게 중량소재가 사용되어 비효율이 발생했던 요소를 찾아내어 경량소재로 개선함으로써 연비를 개선할 수 있는 기술개발을 추진함

- 고유가, 기후변화 협약 등의 급증하는 환경문제에 대응하기 위하여 저탄소 고효율 에너지 소비 운송장비를 개발함

○ **(중점분야)**“도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술”의 중점분야는 경량화 기술, 공기저항 감소기술, 연비 개선 기술, 기타 관련 기술 등으로 구분하여 개발을 추진함

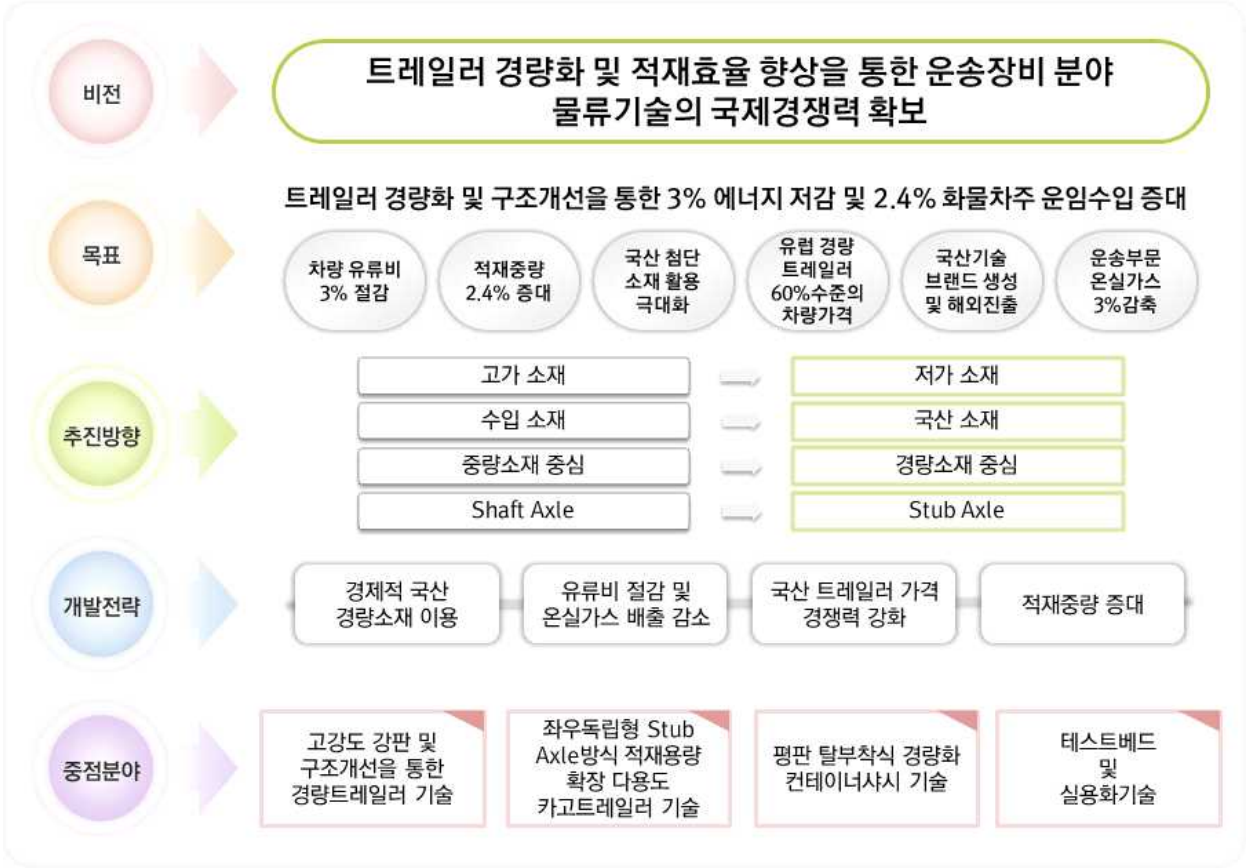


<그림 1-2> 도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술개발 개념도

2. 세부별 연구 목표

가. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

□ 비전 및 연구목표



<그림 1-3> 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술개발의 비전 및 목표

○ **(비전 및 목표)**“고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술”과제는 ‘트레일러 경량화 및 적재효율 향상을 통한 운송장비 분야 물류기술의 국제경쟁력 확보’를 비전으로 삼고 트레일러 경량화 및 구조개선을 통한 3% 에너지 저감 및 2.4% 화물차주 운임수입 증대를 목표로 함

- 이러한 목표 달성을 위해서 차량 유류비 3% 절감, 적재중량 2.4% 증대, 국산 첨단 소재 활용 극대화, 유럽 경량트레일러 60% 수준의 가격, 국산기술 브랜드 생성 및 해외진출, 운송부문 온실가스 감축 3% 감축을 세부 목표를 설정함

○ **(추진방향)** 가격 경쟁력 확보, 국산화, 경량화, 적재용량 증대 측면에서 현재(As-Is)와 미래(To-Be)를 비교한 추진방향을 설정하고, 경제적 국산 경량소재 이용, 유류비 절감 및 온실가스 배출 감소, 국산 트레일러 가격 경쟁력 강화, 적재중량 증대를 세부 개발 전략으로 함

- 동일 강도 조건하에서 고가 소재보다 저가 소재를 적용하여 화물차량 적재공간의 단가를 감소시킬 수 있는 기술개발을 추진함

- 외산 소재의 수입을 지양하고 글로벌 경쟁력을 강화할 수 있는 소재 국산화 기술개발을 추진함
- 화물운송 연비개선 및 적재중량 증대를 위한 운송장비 적용 소재 경량화를 목표로 기술을 개발함
- 화물 적재 공간 확보를 위한 Stub-Axle 적용 기술 개발을 목표로 함

○ **(중점분야)**“고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술”의 중점분야는 고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술, 좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술, 평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술, 테스트 베드 및 실용화 기술 등으로 구분함

<table>
<tr><th rowspan="2">중점분야</th><th colspan="2">연구목표</th></tr>
<tr><th>정량적
연구목표</th><th>세부 연구목표</th></tr>
<tr><td>고강도 강판 및
구조개선을 통한
경량트레일러 기술</td><td>차중 6톤
평판트레일러
600㎏ 이상
경량화</td><td>▪ 평판트레일러 제작에 사용되는 강판소재에 고강도 강판을 적용함으로써 트레일러 차체를 경량화
▪ 평판트레일러 적재부 상판에 사용되는 목재두께를 줄이는 설계를 적용하거나(40㎏), 목재를 대체할 수 있는 대체가능 소재를 탐색하고 적용
▪ 평판트레일러 차체 구조해석을 통해 구조강도 유지에 필수적인 부분을 제외한 불필요한 부위 제거를 통해 차량을 경량화
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>트레일러 총중량</td><td>10% 경량화</td><td>현재 12㎥/3축/
차중 6톤 기준</td></tr>
<tr><td>평판트레일러 차량가격</td><td>인상폭 10%미만</td><td>기존차량 판매가
약 4.5천만 원</td></tr>
<tr><td>적재능력</td><td>최대적재능력 25,600㎏ 이상</td><td>현재 최대적재능력
25,000㎏</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>고강도 강판 및
구조개선을 통한
경량트레일러 기술</td><td>차중 4.8톤
벌크트레일러
200㎏ 이상
경량화</td><td>▪ 벌크트레일러 적재함에 사용되는 강판소재의 형상변경(Shell Plate Grooving)을 통해 강판의 두께를 얇게 하면서도 강도를 현재 수준으로 유지
▪ 강판소재의 형상변경을 통해 차체 강도를 강화함으로써 차체를 경량화
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>트레일러 총중량</td><td>차중 4.6톤
(200㎏ 이상 경량화)</td><td>차중 4.8톤
벌크트레일러기준</td></tr>
<tr><td>벌크트레일러 차량가격</td><td>인상폭 10%미만</td><td>기존차량 판매가
약 4천만 원</td></tr>
<tr><td>적재능력</td><td>현재수준</td><td>현재 32㎥ 기준</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>좌우독립형
Stub Axle방식
적재용량
확장 다용도
카고트레일러
기술</td><td>25톤 적재
카고트레일러
2.9㎥ 공간
창출</td><td>▪ 주행장치공간을 제거하기 위해 좌우 독립형 Stub Axle을 개발하고, 공간 최소화를 위한 제동장치 설치기술과 좌, 우 독립형 완충장치 설계를 통해 기존 적재함 하부의 공간까지를 적재함으로 활용함으로써 대용량, 다용도로 활용 가능한 카고 트레일러 기술개발
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>총 적재공간
(LxHxW)</td><td>창출공간=2.9㎥
(2500x900x1300)</td><td>12㎥/2축,
25톤 적재
카고트레일러기준</td></tr>
<tr><td>트레일러 총중량</td><td>차체중량 700㎏ (10%)
경량화</td><td>차중 7톤</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>테스트베드 및
실용화기술</td><td>시장성 분석
및 실용화
추진</td><td>▪ 시제품 제작 및 화물적재운송 실증시험 시행
▪ 구체적인 수요기업 테스트베드 선정 및 배송에 투입 운영
▪ 연구성과 및 기술 홍보, 기술 이전 추진
▪ 비즈니스모델 구축 및 실용화 전략 수립</td></tr>
</table>

□ **고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술**

○ 경량 평판 트레일러

- 평판트레일러 제작에 사용되는 강판소재에 고강도 강판을 적용하고 경량화 설계를 함으로써 트레일러 차체 중량을 감소시켜 공차 운행 시 에너지 저감과 경량화 중량만큼 화물 추가적재가 가능한 경량 평판 트레일러를 개발하는 것을 목표로 함
  - · 차중 6톤 기준 트레일러 총중량 10% 이상 경량화
  - · 차량판매가 인상폭 10% 이내
  - · 최대 적재능력 25,600㎏ 이상 확보(현재 25,000㎏ 기준)
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  - · 경량소재 샤시 적용 기술
  - · 경량소재 휠 적용 기술
  - · 경량소재 에어탱크 적용 기술
  - · 메인프레임 폭 감소 설계 기술
  - · 메인프레임 유선형 형상 설계 기술
  - · 액슬&서스펜션 경량화 설계 기술
  - · 평판목재두께 변경 기술
  - · 크로스멤버 수량조절 및 불필요한 부위 제거(펀칭) 기술
  - · 메인프레임 불필요한 부위 제거(펀칭) 기술

○ 경량 벌크트레일러

- 벌크트레일러 적재함에 사용되는 강판소재의 형상변경(Shell Plate Grooving)을 통해 강판의 두께를 얇게 하면서도 강도를 현재 수준으로 유지하여 차체 중량을 감소시켜 운행 시 에너지 저감이 가능 한 벌크트레일러를 개발하는 것을 목표로 함
  - · 차중 4.8톤 기준 트레일러 총중량 200㎏ 경량화
  - · 차량판매가 인상폭 10% 이내
  - · 현 적재능력 유지
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  - · 경량소재 샤시 적용 기술
  - · 경량소재 휠 적용 기술
  - · 경량소재 에어탱크 적용 기술
  - · 리어&프론트 프레임 설계변경 기술
  - · 호퍼캡 사이즈 축소 설계 기술
  - · 액슬&서스펜션 경량화 설계 기술
  - · 소재형상 변형기술(그루빙)

□ **좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 카고트레일러 기술 개발**

○ 좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 카고트레일러

- 주행장치공간을 제거하기 위해 좌우 독립형 Stub Axle을 개발하고, 공간 최소화를 위한 제동장치 설치기술과 좌, 우 독립형 완충장치 설계를 통해 기존 적재함 하부의 공간까지를 적재함으로 활용함으로써 대용량, 다용도로 활용 가능한 카고 트레일러를 개발하는 것을 목표로 함
  - · 2.9㎥ 이상 공간 창출(12m/2축 25톤 적재 카고트레일러 기준)
  - · 차체중량 700㎏ 이상 경량화(차중 7톤 기준)
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  - · 좌우 독립형 차축 고정기술
  - · 좌우 독립형 완충장치 설계 및 제작기술
  - · 제동장치 설계 및 제작기술
  - · 가변형 적재함분할 설비 설계기술 상세 설계

□ **평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술수요조사 및 운영방안 연구**

○ 평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시(기술수요조사)

- 샤시/상판 탈부착및 고정이 가능한 평판트레일러 개발에 대한 기술수요를 조사하고 개발 시 시장성 및 운영방안을 도출하여 개발 타당성을 분석하는 것을 목표로 함
- 이를 실현하기 위해 다음의 세부 분석을 수행함
  - · 국내외 기술동향 조사
  - · 관련기업 현황 분석
  - · 관련 정책 및 국정과제 검토
  - · 관련 법제도 검토
  - · 시장동향 및 수요자 조사
  - · 설계 조건 및 요구 분석
  - · 시장성 조사 및 실용화 전략 수립
  - · 해외 진출 전략 수립
  - · 적용 대상 화물시장 분석 및 적용 가능성 검토
  - · 시장성 분석

나. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

□ **비전 및 연구목표**

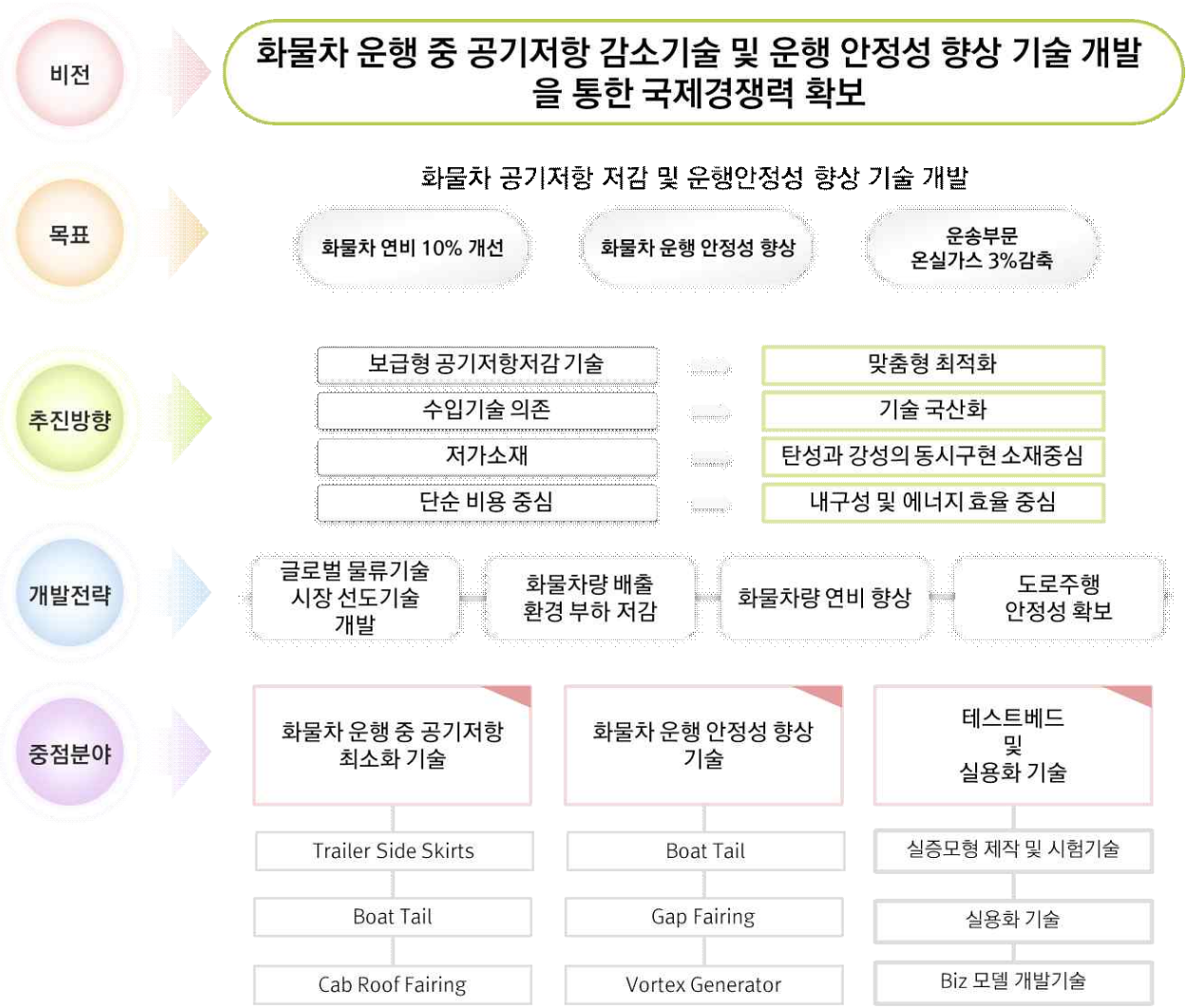
○ “**(비전 및 목표)**“화물차 운행 중 연료소모율 저감을 위한 공기저항 감소기술 및 운행 안정성 향상을 위한 기술 개발” 과제는 ‘화물차 운행 중 공기저항 감소기술 및 운행 안정성 향상 기술 개발을 통한 국제경쟁력 확보’를 비전으로 삼고 화물차 10%

의 연비 개선 및 15%의 횡풍측력계수 저감을 목표로 함

- 이러한 목표 달성을 위해서 Side skirt, Boat tail, Cab roof fairing, Gap fairing 및 Vortex generator의 형상을 개발한 후 최적화하여 복합적인 효과를 통해 10%의 연비 개선 및 15%의 횡풍측력계수 저감을 이루고 국산기술 브랜드 생성 및 해외진출, 운송부문 온실가스 감축이 가능할 것으로 기대

○ **(추진방향)** 기술 경쟁력 확보, 국산화, 차량 안정성 확보, 에너지 절감의 측면에서 기존 기술 수준과 비교한 추진방향을 설정하고, 연비 증가, 횡풍측력계수 저감, 고탄성/고강도 소재 선정, 국산 기술 브랜드 창출, 온실가스 감축을 세부 개발 전략으로 함

- 연료 소모율 저감 장치를 적용하여 화물 차량의 연비를 증가시킬 수 있는 기술개발을 추진함
- 횡풍측력계수를 저감함으로써 와류로 인한 차량의 주행 안정성을 증가시킬 수 있는 기술개발을 추진함
- 주행 중 발생되는 강한 풍력을 견딜 수 있는 고탄성/고강도 소재 선정을 추진함
- 외산 브랜드의 수입을 지양하고 글로벌 경쟁력을 강화할 수 있는 공기저항 및 공기와류 저감장치의 국산화 기술 개발을 추진함
- 소비되는 연료의 절감을 통하여 이산화탄소 배출 감소를 추진함



<그림 1-4> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술개발의 비전 및 목표

○ **(중점분야)**“화물차 운행 중 연료소모율 저감을 위한 공기저항 감소기술 및 운행 안정성 향상을 위한 기술 개발”의 중점분야는 Side skirt, Boat tail, Cab roof fairing, Gap fairing 및 Vortex generator 등의 최적화와 설치 기술 및 국산화에 관심을 두고 있음

<table>
<tr><th rowspan="2">중점분야</th><th colspan="2">연구목표</th></tr>
<tr><th>정량적
연구목표</th><th>세부 연구목표</th></tr>
<tr><td>화물차
운행시
연료소모율
저감을 위한
공기저항감소
기술</td><td>화물차 90㎞/h
운행시 연료
소모율 10% 이상
저감을 위한
공기저항 기술
개발</td><td>▪ 공기저항을 감소시키고 온실가스 감축 효과를 얻기 위한 화물차량의 에너지 소비 저감 기술 개발
▪ 트레일러의 측면, 하부, 후단 등에 부착물을 장착하거나 기존차량의 외부 장착물의 구조를 변경하여 최적의 공기저항 감소 기술 도출
<table><tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr><tr><td>Cab roof fairing 공기저항 저감</td><td>Flat-type shield 대비 4% 연료소모 저감</td><td>SAE J 1321 시험 기준*</td></tr><tr><td>Trailer side skirts 공기저항 저감</td><td>3% 연료소모 저감</td><td>〃</td></tr><tr><td>Boat tail 공기저항 저감</td><td>4% 연료소모 저감</td><td>〃</td></tr></table>* SAE J 1321 : 미국 환경청(EPA) 스마트웨이 파트너쉽 공기저항 저감기술 실차시험방법</td></tr>
<tr><td>화물차 운행
안정성
향상을 위한
공기와류
저감기술</td><td>화물차 운행
안정성 향상을
위한
횡풍측력계수
15% 저감기술
개발</td><td>▪ 화물자동차의 운행 안정성을 향상시키기 위하여 횡풍의 영향을 유체역학적 관점에서 분석
▪ 운행 중인 화물 차량에서 발생하는 공기 와류 저감 기술 개발
▪ 트럭과 컨테이너 사이의 간격을 최적화함으로써 차량 안정성 향상 및 와류 저감
▪ 컨테이너 상부와 측면부에 vortex generator를 부착하여 와류 및 공력소음을 저감시키기 위한 최적 조건 도출
<table><tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr><tr><td>Boat tail 의
횡풍에 의한 측력 저감</td><td>측력 계수(side force coefficient) 12% 저감</td><td>SAE J 1252 시험 기준*</td></tr><tr><td>Gap fairing 의
횡풍에 의한 측력 저감</td><td>측력 계수(side force coefficient) 5% 저감</td><td>〃</td></tr><tr><td>Vortex generator 의
횡풍에 의한 측력 저감</td><td>측력 계수(side force coefficient) 2% 저감</td><td>〃</td></tr></table>* SAE J 1252 : 미국 환경청(EPA) 스마트웨이 파트너쉽 공기저항 저감기술 풍동시험방법</td></tr>
<tr><td>테스트베드
및
실용화기술</td><td>시장성 분석 및
실용화 추진</td><td>▪ 시제품 제작 및 화물연료 저감 실증시험 시행
▪ 수요기업 테스트베드 선정 및 배송에 투입 운영
▪ 연구성과 및 기술 홍보, 기술 이전 추진</td></tr>
</table>

□ 화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항감소 기술

○ “화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항감소 기술”은 화물차 90㎞/h 운행시 연료 소모율 10% 이상 저감을 위한 공기저항 기술개발을 목표로 함

- “화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항감소 기술” 개발을 위하여 다음의 세부연구 목표를 설정하였음

  · Cab roof fairing은 미국 SAE J 1321 시험기준 flat-type shield 대비 4% 연료소모 저감

  · Trailer side skirt는 미국 SAE J 1321 시험기준 3% 연료소모 저감

- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  · Cab roof fairing 유동장 분석 기술
  · Cab roof fairing 형상 최적화 기술
  · Cab roof fairing 실용화 기술
  · Trailer side skirt 유동장 분석 기술
  · Trailer side skirt 형상 최적화 기술
  · Trailer side skirt 실용화 기술

□ **화물차 운행 안정성 향상을 위한 공기와류 저감기술**

○ “화물차 운행 안정성 향상을 위한 공기와류 저감기술”은 화물차 90㎞/h 운행 시 안정성 향상을 위한 와류 저감과 횡풍측력계수 15% 저감 기술 개발을 목표로 함

- “화물차 운행 안정성 향상을 위한 공기와류 저감기술” 개발을 위하여 다음의 세부 연구 목표를 설정하였음
  · 운행 안정성 향상 장치의 미국 SAE J 1252 시험기준 측력계수 15% 저감
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  · Gap fairing 유동장 분석 기술
  · Gap fairing 실용화 기술
  · Boat tail 유동장 분석 기술
  · Boat tail 형상 최적화 기술
  · Boat tail 실용화 기술
  · Vortex generator 유동장 분석 기술
  · Vortex generator 최적화 기술

다. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

□ **비전 및 연구목표**

○ (비전 및 목표)“운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술”과제는 ‘무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술 개발을 통한 에너지 저감 및 물류 경쟁력 향상’을 비전으로 삼고 운송용기 기술 개발을 통해 5.6% 유류비 절감 및 회수율 200% 이상 향상하여 물류 경쟁력 향상 및 해외시장 진출 기반 확보를 목표로 함

- 이러한 목표 달성을 위해서 유류비 5.6% 절감, World Best 기술 및 장비 국산화(최고기술 대비 80% 수준), 회수율 200% 이상 향상, 온실가스 5% 감소를 세부 목표를 설정함

○ (추진방향) 공동화, 재활용/재사용, 경량화, 에너지 효율 증대 측면에서 현재(As-Is)와 미래(To-Be)를 비교한 추진방향을 설정하고 물류시설/장비 연비 향상, 글로벌 물류기술시장 선도기술 개발, 물류시설/장비의 배출 환경부하 저감, 물류 공동화를 세부 개발 전략으로 함

- 동일 강도 조건하에서 경량 소재를 적용하여 화물차 연비 개선 및 작업자의 핸들링이 용이한 기술개발을 추진함
- World first 기술의 국산화를 통해 글로벌 물류기술시장의 선도기술을 개발함
- 포장용기에 단열소재를 적용하고, PCM 잠열량 및 내구성 향상을 통한 물류시설/장비 환경부하 저감 기술개발을 추진함
- 다양한 수요처에 적용 가능한 범용 용기 개발에 따른 물류장비 풀링 확대 관점에서의 기술개발을 목표로 함



<그림 1-5> 연구 개발의 비전 및 연구목표

○ (중점분야)"운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술"의 중점분야는 운송용기 경량화 기술, 일관운송 단열용기 기술, 에너지 저감 온도조절 기술, 적재효율향상 접이 기술 등으로 구분함

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">중점분야</th><th colspan="2">연구목표</th></tr>
<tr><th>정량적
연구목표</th><th>세부 연구목표</th></tr>
<tr><td rowspan="2">회수용기
적재효율
향상을
위한
화물차
탈부착용
경량소재
접이식
롤 랙
컨테이너
기술</td><td>접이식
경량 롤
컨테이너</td><td>절첩률
75% 이상</td><td>▪ 경량(두랄루민) 용기 소재 사용으로 인한 연비 개선 효과
▪ 화물차 적재함 규격에 정합한 운송 용기 개발로 인한 적재효율 증가 및 공간으로 인해 운송 중 발생되는 상품 훼손 및 파손 감소
▪ 빈 용기 회수시 접어서 수거 가능으로 적재효율 70% 이상 증가
▪ 최종 시제품 목표 사양(필요시 상향 조정하여 제시)
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>절첩율</td><td>최대 75%</td><td>-</td></tr>
<tr><td>자체중량</td><td>25kg 이하</td><td>알루미늄 합금계열</td></tr>
<tr><td>적재중량</td><td>최대 500kg</td><td>최적화 구조 설계</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>접이식
경량
돌리 랙
컨테이너</td><td>절첩률
70% 이상</td><td>▪ 물류표준 규격에 정합한 용기 사용과 경량 용기 소재 사용
▪ 내충격 경량 용기소재를 활용하여 자체 중량 감소
▪ 화물차 적재함 규격에 정합한 운송 용기 개발로 인한 적재효율 증가 및 공간으로 인해 운송 중 발생되는 상품 훼손 및 파손 감소
▪ 빈 용기 회수시 접어서 수거 가능으로 적재효율 70% 이상 증가
▪ 최종 시제품 목표 사양(필요시 상향 조정하여 제시)
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>절첩율</td><td>최대 70%</td><td>-</td></tr>
<tr><td>자체중량</td><td>40kg 이하</td><td>알루미늄 합금계열
돌리파렛트 포함</td></tr>
<tr><td>적재중량</td><td>최대 250kg</td><td>최적화 구조 설계</td></tr>
<tr><td>돌리 파렛트 적재중량</td><td>최대 700kg</td><td>-</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">접이식
모듈형
경량
온/냉장
겸용
컨테이너
기술</td><td>접이식
모듈형
경량
온/냉장
겸용
컨테이너</td><td>접철율
50% 이상</td><td>▪ 운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 설계 및 경량 용기 소재 사용으로 물류효율성 실현
▪ 접이식 기술(네스팅 구조)을 적용하여 회수물류효율성을 50% 이상 증가 시켜 에너지 효율 증가 및 물류비용 절감
▪ 용기 자체적으로 적정온도를 유지할 수 있어 2~10℃ 대상 화물의 8시간 이상 신선도 유지로 품질과 안전성 향상
▪ 최종 시제품 목표 사양(필요시 상향 조정하여 제시)
<table>
<tr><th>질적목표(측정방법)</th><th>목표치</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>절첩율</td><td>50% 이상</td><td rowspan="4">접이식 모듈형 경량 온/냉장
겸용 컨테이너</td></tr>
<tr><td>자체중량</td><td>160kg 이하</td></tr>
<tr><td>적재중량</td><td>600kg 이상</td></tr>
<tr><td>온도유지</td><td>2~10℃ 8시간 이상</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="2">테스트베드 및
실용화 기술</td><td>시장성
분석 및
실용화
추진</td><td>▪ 현장 적용성 검증을 위한 실증시험 시행
▪ 구체적인 수요기업 테스트베드 선정 및 배송에 투입 운영
▪ 연구성과 및 기술 홍보
▪ 비즈니스모델 구축 및 실용화 전략 수립</td></tr>
</table>

□ **회수용기 적재효율 향상을 위한 화물차 탈부착용 경량소재 접이식 롤 랙 컨테이너 기술**

○ 접이식 경량 롤 컨테이너

- 기존 롤 컨테이너와 강도 및 내구성은 유사하나 경량이며 물류센터의 도크 및 화물차 적재함 사이즈에 정합되고 접이가 가능하여 회수 시 적재율 향상에 따른 에너지 절감이 가능한 접이식 경량 롤 컨테이너의 개발을 목표로 함
  · 접철율 최대 75%
  · 자체중량 25㎏ 이하
  · 적재중량 최대 500㎏
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  · 회수 시 적재율 향상을 위한 롤 컨테이너 프레임 접이 기술
  · 접합(힌지) 기술
  · 경량 소재 프레임 적용 기술
  · 경량 소재 바닥 적용 기술
  · 표면 및 부식 강화를 위한 표면처리 기술
  · 차량용 적재함에 정합한 롤 컨테이너 치수 설계 기술
  · 물류센터 도크에 정합한 롤 컨테이너 치수 설계 기술

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너

- 운송과 보관 및 진열이 가능하게 개발하여 물류 및 진열 프로세스를 합리화시킴으로써 물류비를 절감할 수 있고, 접이를 가능하게 하여 회수 시 적재효율을 향상시킴으로써 에너지를 절감할 수 있는 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 개발을 목표로 함
  · 접철율 최대 70%
  · 자체중량 40㎏ 이하
  · 적재중량 최대 250㎏
  · 돌리 파렛트 적재중량 최대 700㎏
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  · 회수 시 적재율 향상을 위한 랙 컨테이너 접이 기술
  · 접합(힌지) 기술
  · 경량 소재 랙 컨테이너 적용 기술
  · 경량 소재 돌리 파렛트 바닥 적용 기술
  · 차량용 적재함에 정합한 치수 설계 기술
  · T11과 T12에 정합한 치수 설계 기술
  · 적층 구조를 위한 결합 기술
  · 지게차 사용이 가능한 돌리 파렛트 구조 설계 기술
  · 표면 및 부식 강화를 위한 표면처리 기술

□ **접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 기술**

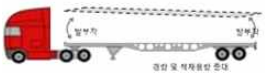
○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너

- 국내 물류환경에 적합한 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너기술을 세계 최초로 개발하고, 개발된 컨테이너가 기능적 목표인 회수물류효율 50% 및 에너지비용 10% 절감을 목표로 함
  - · 자체중량 160㎏ 이하
  - · 적재중량 최대 600㎏
  - · 접철율 50% 이상
  - · 냉장유지 2-10℃ 8시간 이내(at 30℃)
  - · PCM 잠열량(0℃) 최소 300kJ/㎏
  - · PCM 잠열량(+5℃) 최소 180kJ/㎏
  - · PCM 내구성 1,000 cycle, 95% 유지
- 이를 실현시키기 위한 세부 기술은 다음과 같음
  - · 용기 단열성능 향상 기술
  - · 용기 온도조절 장치기술
  - · PCM 잠열량 향상기술
  - · PCM 내구성 향상기술
  - · 내구성 향상을 위한 소재 형상 기술
  - · 경량 소재 선정 및 적용 기술
  - · 차량용 적재함에 정합한 치수 설계 기술

3. 연구대상 및 범위

가. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

□ 분야별 정의

중점분야		기술정의
고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술		**고강도 강판소재 및 구조개선을 통한 경량 평판트레일러(FBT[3]) 기술** 경량소재와 경량화 설계를 적용하여 기존 차중 6톤에 달하는 3축 평판트레일러의 차중을 600㎏ 이상 경량화 하는 기술
		**고강도 강판소재 형상 변경을 통한 경량 벌크시멘트 트레일러(BCT[4]) 기술** 경량소재, 경량화설계 및 소재형상 변경기술을 적용하여 기존 차중 4.8톤에 달하는 2축 벌크시멘트트레일러 차중을 200㎏ 이상 경량화 하는 기술
좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술		**좌우독립형 Stub Axle방식을 적용한 적재용량 확장 다용도 카고트레일러(CargoTrailer[5]) 기술** 좌우독립형 Stub Axle을 차체에 부착하는 기술을 적용하여 적재공간을 확장(2.9㎥)하고 2단 적재나 키 높은 화물적재 등 다용도 적재가 가능한 25톤 카고트레일러(Cargo Trailer) 기술
평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술		**평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술 기술수요조사 및 운영방안 기획** 평판트레일러의 상판을 탈부착할 수 있게 설계함으로써 불필요한 차중을 경량화하는 컨테이너샤시 기술의 수요를 조사하고 운영방안을 기획하는 기술
테스트베드 및 실용화기술		**테스트베드 구축, 시장성 분석 및 실용화 전략** 본 연구를 통해 개발한 다양한 기술을 적용하여 경량트레일러 시제품을 제작하고 개발품 시장성 분석과 실용화를 위한 전략을 수립하는 기술

□ 분야별 연구대상 및 내용범위

○ 1세부 과제는 고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술, 좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술, 평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술인 3개의 중점분야로 구분하여 연구를 수행함

3) Flat bed trailer
4) Bulk-cement trailer
5) Cargo cargo trailer와 Enclosed cargo trailer 등 포함

중점분야	연구범위	
	대상	내용 범위
고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술	차체 소재	▪ 경량소재 선정 및 적용 - 샤시에 적합한 경량소재 선정 및 적용 - 휠에 적합한 경량소재 선정 및 적용 - 에어탱크에 적합한 경량소재 선정 및 적용
	차체 구조	▪ 경량화 구조 설계 및 제작 - 메인프레임 폭 감소 설계 및 제작 - 유선형 메인프레임 설계 및 제작 - 액슬&서스펜션 경량화 설계 및 제작 - 평판목재두께 감소 설계 및 제작 - 크로스멤버 수량 조절 및 펀칭 설계 및 제작 - 리어&프론트 프레임 설계 변경 및 제작 - 호퍼캡 사이즈 축소 및 제작 - 액슬&서스펜션 경량화 설계 및 제작 ▪ 불필요한 부위 제거를 통한 경량화 - 메인프레임 불필요한 부위 제거
	소재 형상	▪ 소재형상변경을 통한 강도 강화기술 - 소재 형상변경(그루빙)을 통한 컨테이너 강도 강화
	테스트 베드 및 실용화	▪ 테스트베드 구축 및 운영 - 적용 기업 및 대상, 규모, 일정 선정 - 테스트베드 운영 계획 수립 및 문제점 검토 - 결과 분석 및 기대 효과 측정 ▪ 시장성 분석 및 실용화 전략수립 - 고객 세분화 - Value 및 Value Chain 결정, 경제성 분석 및 Biz모델 구축
좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술	차축	▪ 좌우 독립형 차축 고정기술 - Axle shaft 고정 구조물 최적화 설계 및 제작 기술
	완충장치	▪ 좌우 독립형 완충장치 설계 및 제작기술 - 공간 최적화를 위한 완충 Airbag 선정 및 설계 기술 - 가변형 차축을 위한 Lifting Bag 선정 및 설계 기술
	제동장치	▪ 제동장치 설계 및 제작기술 - 제동장치 설계 및 제작 기술
	가변형 적재함	▪ 가변형 적재함분할 설비 설계기술 상세 설계 - 적재함 분할 판넬 설계 및 제작기술 - 판넬 연결 및 접철구조 설계 및 제작 기술
	테스트 베드 및 실용화	▪ 테스트베드 구축 및 운영 - 적용 기업 및 대상, 규모, 일정 선정 - 테스트베드 운영 계획 수립 및 문제점 검토 - 결과 분석 및 기대 효과 측정 ▪ 시장성 분석 및 실용화 전략수립 - 고객 세분화 - Value 및 Value Chain 결정 - 경제성 분석 및 Biz모델 구축
평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술	기술수요 조사	▪ 기술현황분석 - 국내외 기술동향 조사 - 관련기업 현황 분석 - 관련 정책 및 국정과제 검토 - 관련 법제도 검토 ▪ 기술수요조사 - 시장동향 및 수요자 조사 - 설계 조건 및 요구 분석 - 시장성 조사 및 실용화 전략 수립, 해외 진출 전략 수립 ▪ 시장성 분석 및 운영방안 도출 - 적용 대상 화물시장 분석 및 적용 가능성 검토 - 경제적 타당성 및 시장성 분석

나. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

□ 분야별 정의

중점분야		기술정의
Trailer side skirt (TRL 8)		트레일러의 바퀴 사이의 공간에 공기저항을 줄이는 스커트 형상의 구조물을 설치하여 차량 하부에서 발생하는 공기저항 손실을 줄이는 기술
Boat tail (TRL 8)		트레일러 후단부에 부착하는 구조물로써 유동박리(flow separation)에 기인하여 발생하는 와류와 공기저항을 감소시키는 기술
Gap fairing (TRL 8)		트렉터와 트레일러 사이의 gap을 조절함으로써 차량의 운행 안정성을 향상시키고 와류를 저감시키는 기술
Vortex generator (TRL 7)		트레일러 상부와 측면부에 와류 발생장치를 부착하여 와류 및 공력 소음을 저감하는 기술
Trailer aero. full package (TRL 8)		트레일러 전체에 side skirt, boat tail, gap fairing를 하부, 후단부, 전면부에 부착하여 공기저항 및 와류를 저감시키는 기술

□ 분야별 연구대상 및 내용범위

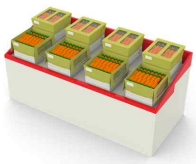
○ “화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항 감소기술” 과제의 연구대상은 Side skirt, Boat tail 및 Cab roof fairing 등으로 각각의 경우에 대하여 풍동실험과 수치해석을 통해 최적의 시제품을 제작하는데 그 목적이 있음

중점분야	연구범위	
	대상	내용 범위
화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항감소 기술	소재	▪ 소재 선정 및 적용 - Side skirt에 적합한 소재 선정 및 적용 - Boat tail에 적합한 소재 선정 및 적용 - Cab roof fairing에 적합한 경량소재 선정 및 적용

중점분야	연구범위	
	대상	내용 범위
화물차 운행시 연료소모율 저감을 위한 공기저항감소 기술	구조 설계	▪ 역설계를 통한 3D 모델링 ▪ 구조 설계 및 제작 - Side skirt 설계 및 제작 - Boat tail 설계 및 제작 - Cab roof fairing 설계 및 제작
	실험모형 검증	▪ 풍동실험을 통한 실험모델 검증 - Side skirt 풍동실험 - Boat tail 풍동실험 - Cab roof fairing 풍동실험 ▪ 수치해석을 통한 실험결과 검증 - Side skirt 수치해석 - Boat tail 수치해석 - Cab roof fairing 수치해석 ▪ 국내 실정에 맞는 최적화 - Side skirt 최적화 - Boat tail 최적화 - Cab roof fairing 최적화
	시제품 제작 및 현장시험	▪ 소재 선정 및 적용 - Boat tail에 적한한 소재 선정 및 적용 - Gap fairing에 적합한 소재 선정 및 적용 - Vortex generator에 적합한 경량소재 선정 및 적용
화물차 운행 안정성 향상을 위한 공기와류 저감기술	소재	▪ 역설계를 통한 3D 모델링 ▪ 구조 설계 및 제작 - Boat tail 설계 및 제작 - Gap fairing 설계 및 제작 - Vortex generator 설계 및 제작
	구조 설계	▪ 풍동실험을 통한 실험모델 검증 - Boat tail 풍동실험, Gap fairing 풍동실험, Vortex generator 풍동실험 ▪ 수치해석을 통한 실험결과 검증 - Boat tail 수치해석 - Gap fairing 수치해석 - Vortex generator 수치해석 ▪ 국내 실정에 맞는 최적화 - Boat tail 최적화 - Gap fairing 최적화 - Vortex generator 최적화
	실험모형 검증	▪ 풍동실험을 통한 실험모델 검증 - Boat tail 풍동실험 - Gap fairing 풍동실험 - Vortex generator 풍동실험 ▪ 수치해석을 통한 실험모델 검증 - Boat tail 풍동실험 - Gap fairing풍동실험 - Vortex generator 풍동실험 ▪ 국내 실정에 맞는 최적화 - Boat tail 최적화, Gap fairing 최적화, Vortex generator 최적화
	시제품 제작 및 현장시험	▪ 맞춤형 시제품 제작 - Boat tail시제품 제작 - Gap fairing 시제품 제작 ▪ 설치 기술 개발 ▪ 실차 현장시험 - 적용 기업 및 대상, 규모, 일정 선정 - 테스트베드 운영 계획 수립 및 문제점 검토

다. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

□ 분야별 정의

중점분야		기술정의
회수용기 적재효율 향상을 위한 화물차 탈부착용 경량소재 접이식 롤 랙 컨테이너 기술		**접이식 경량 롤 컨테이너** 기존 롤 컨테이너와 강도 및 내구성은 유사하나 화물차 적재함 사이즈에 정합하며 경량화 및 접이가 가능한 롤 컨테이너를 개발하여 회수 시 경량과 적재효율 향상으로 에너지 저감이 가능한 기술
		**접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너** 운송과 보관 및 진열이 가능한 경량화 및 접이가 가능한 돌리 랙 겸용 컨테이너를 개발하여 회수 시 경량과 적재효율 향상으로 에너지 저감이 가능한 기술
접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 기술		**접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너** 접이식 기술을 적용하여 회수물류효율 50% 증가 및 에너지 사용 10% 감축하는 접이식 모듈형 경량 온/냉장 컨테이너 기술
테스트베드 및 실용화기술		**테스트베드 구축, 시장성 분석 및 실용화 전략** 연구·개발된 기술 성능의 정확도와 신뢰도를 검증 및 분석하는 기술

□ 분야별 연구대상 및 내용범위

○ 본 과제는 회수용기 적재효율 향상을 위한 화물차 탈부착용 경량소재 접이식 롤 랙 컨테이너 기술, 진열/운송 겸용 및 산지-소비지 일관운송용 규격포장용기 기술을 중심으로 연구를 수행함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너와 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너로 구성된 회수용기 적재효율 향상을 위한 화물차 탈부착용 경량소재 접이식 롤 랙 컨테이너 기술은 다음과 같은 연구 범위로 구성됨

- 접이식 경량 롤 컨테이너의 실용성 확대를 위해 접이 안전성 확보 기술, 캐스터 충격 완화 및 탈부착 기술, 프레임 내구성 강화 기술로 이루어짐
- 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 실용성 확대를 다용도 진열 강화 기술, 캐스터 충격 완화 기술, 프레임 내구성 강화 기술로 이루어짐

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 기술은 아래와 같은 연구 범위로 구성됨

- 접이식 컨테이너 구조 기술, 열교(Heat Bridge) 최소화를 위한 2중 실링 구조 기술, 운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 설계 기술로 이루어짐

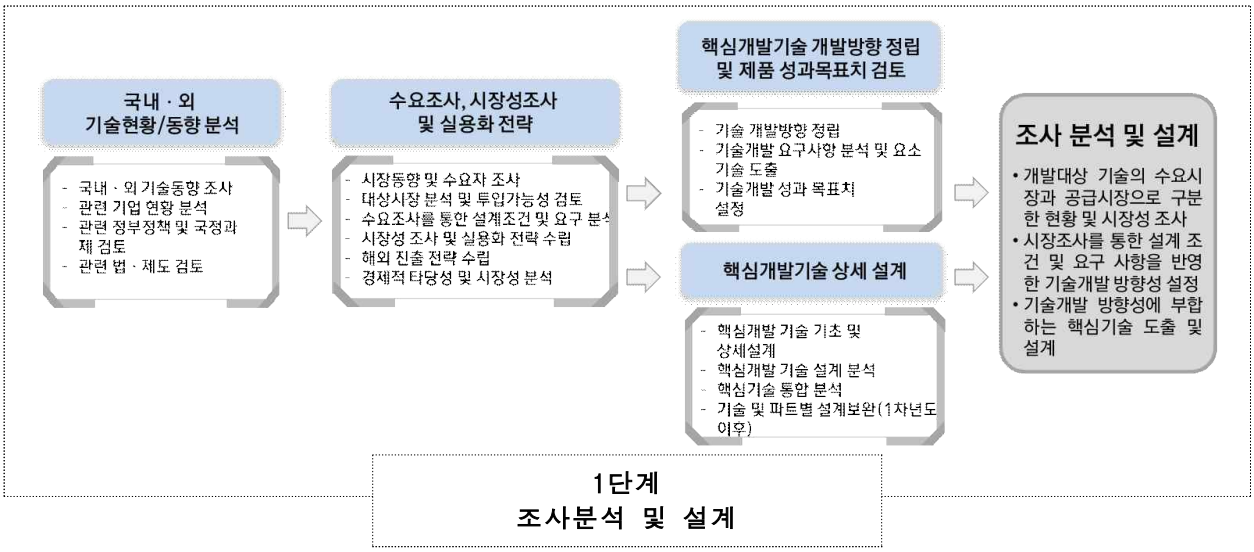
중점분야	연구범위		
	대상		내용 범위
회수용기 적재효율 향상을 위한 화물차 탈부착용 경량소재 접이식 롤 랙 컨테이너 기술	접이식 경량 돌리 랙 컨테이너	랙 컨테이너 구조	▪ 최적화 구조 설계 - 회수시 적재율 향상을 위한 랙 컨테이너 접이 설계 - 접합 기술 설계 ▪ 고강도 경량소재 선정 및 적용 - 프레임에 적합한 경량소재 선정 및 적용
		랙 컨테이너 소재	▪ 경량소재 선정 및 적용 - 랙 컨테이너에 적합한 경량 소재 선정 및 적용 - 돌리 파렛트 바닥에 적합한 경량 소재 선정 및 적용
		랙 컨테이너 치수	▪ 운송/보관 및 진열 호환성 및 취급성 개선 및 적용 - 차량용 적재함에 정합한 치수 설계 - T11과 T12에 정합한 치수 설계 - 결합 기술을 이용한 적층 구조 설계 - 돌리 파렛트에 스키드를 설계 - 아노다이징 (표면처리기술) 적용
		테스트 베드 및 실용화	▪ 테스트베드 구축 및 운영 - 적용 대상 업체 선정 및 테스트 일정 수립 - 테스트베드 세부 운영 계획 수립 및 문제점 검토 - 테스트베드 운영 - 결과분석 및 기대효과 측정 ▪ 시장성 분석 및 실용화 전략수립 - 고객 세분화 분석 - Value 및 Value Chain 결정, 연계 DB 구축 - 경제성 분석 및 Biz 모델 구축
접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 기술	진열과 운송 겸용 단열 용기	온도조절 장치	▪ 온도조절장치 개발 및 적용 - 용기 단열성능 향상을 위한 소재 선정 및 적용 - 냉장 온도를 유지할 수 있는 온도조절 장치 개발 및 적용
		PCM 장치	▪ PCM 장치 개발 및 적용 - PCM 잠열량 향상을 위한 소재 선정 및 적용 - PCM 내구성 향상을 위한 소재 선정 및 적용 - PCM 패널 구조 설계 및 제작
		진열과 운송 겸용 단열 용기 치수	▪ 진열 및 운송 효율 향상을 위한 기술 설계 및 적용 - 결합 기술을 이용한 적층 구조 설계 - 스크래치 방지(내구성 강화)를 위한 표면 부식 처리 - 경량 소재 선정 및 적용 - 차량용 적재함에 정합한 진열과 단열 겸용 운송 용기 치수 설계
		테스트 베드 및 실용화	▪ 테스트베드 구축 및 운영 - 적용 대상 업체 선정 및 테스트 일정 수립 - 테스트베드 세부 운영 계획 수립 및 문제점 검토 - 테스트베드 운영 - 결과분석 및 기대효과 측정 ▪ 시장성 분석 및 실용화 전략수립 - 고객 세분화 분석 - Value 및 Value Chain 결정, 연계 DB 구축 - 경제성 분석 및 Biz 모델 구축

제4절. 연구추진체계 및 전략

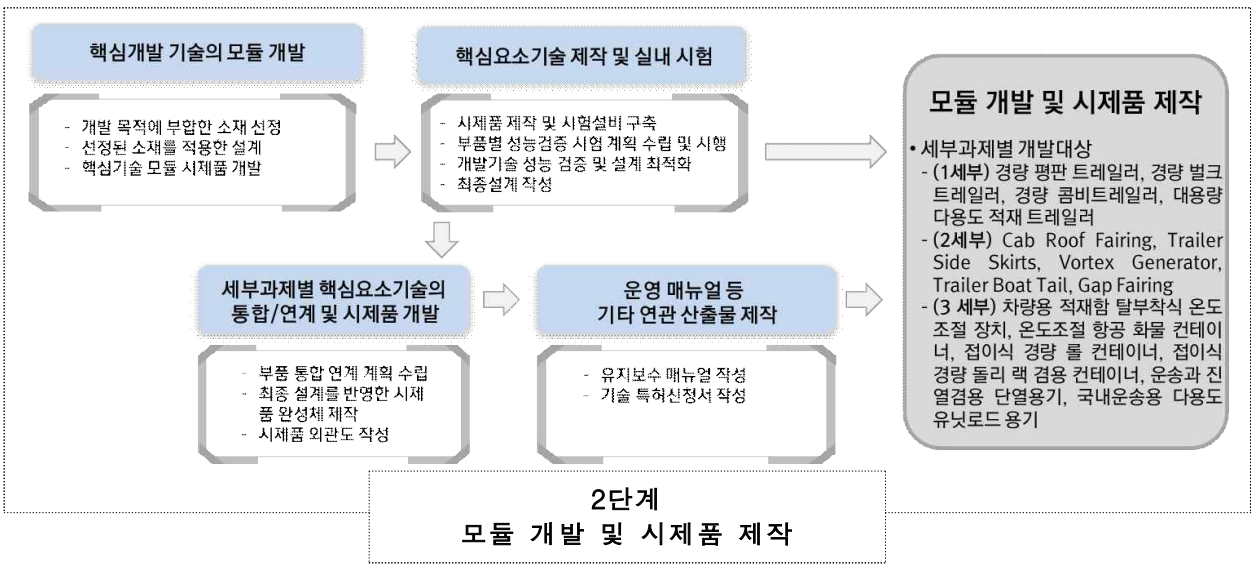
1. 단계별 연구목표

○ 연구개발의 최종목표를 달성하기 위하여 세 단계의 단계별 연구개발목표를 설정함

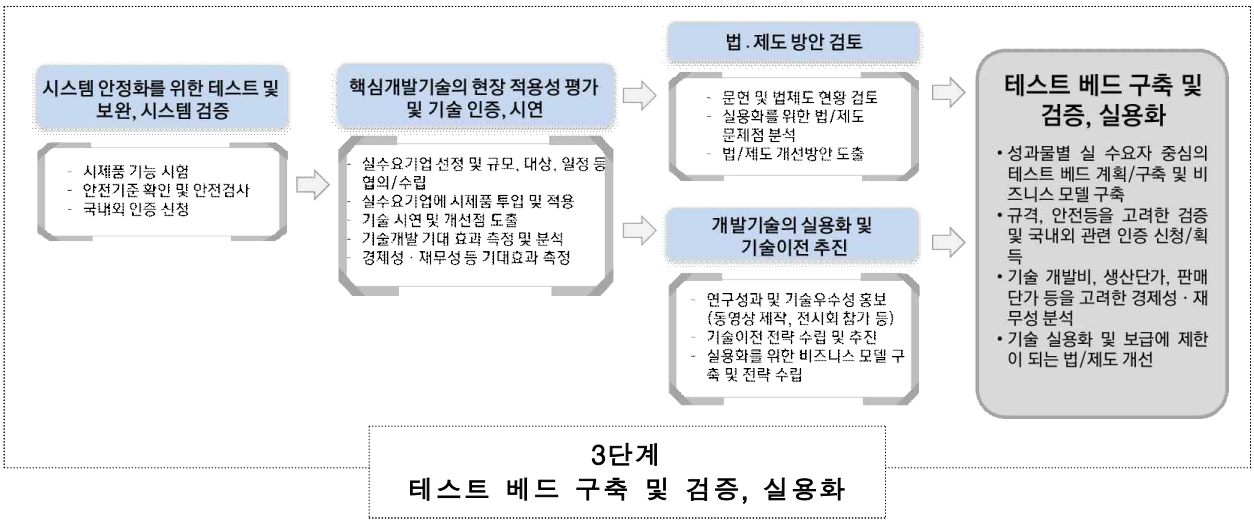
- (**조사 분석 및 설계**) 1단계에서는 장래 물류기술예측, 국내 화물운송체계 현황 조사 및 분석, 정책/시장/기술 동향 분석, 기술 수요 및 시장성 조사·분석을 실시하고 핵심 기술의 개발방향을 정립하여 핵심 기술들에 대한 상세 설계를 실시하는 것을 목표로 함



- (**모듈 개발 및 시제품 제작**) 2단계에서는 도출된 핵심개발기술을 모듈별로 제작 개발하고, 실내시험을 통해 개발 기술들에 대한 성능을 검증하며, 이러한 요소기술들을 통합하여 최종 산출물의 시제품 제작 및 유지보수 매뉴얼과 같은 연관 산출물을 제작하는 것을 목표로 함

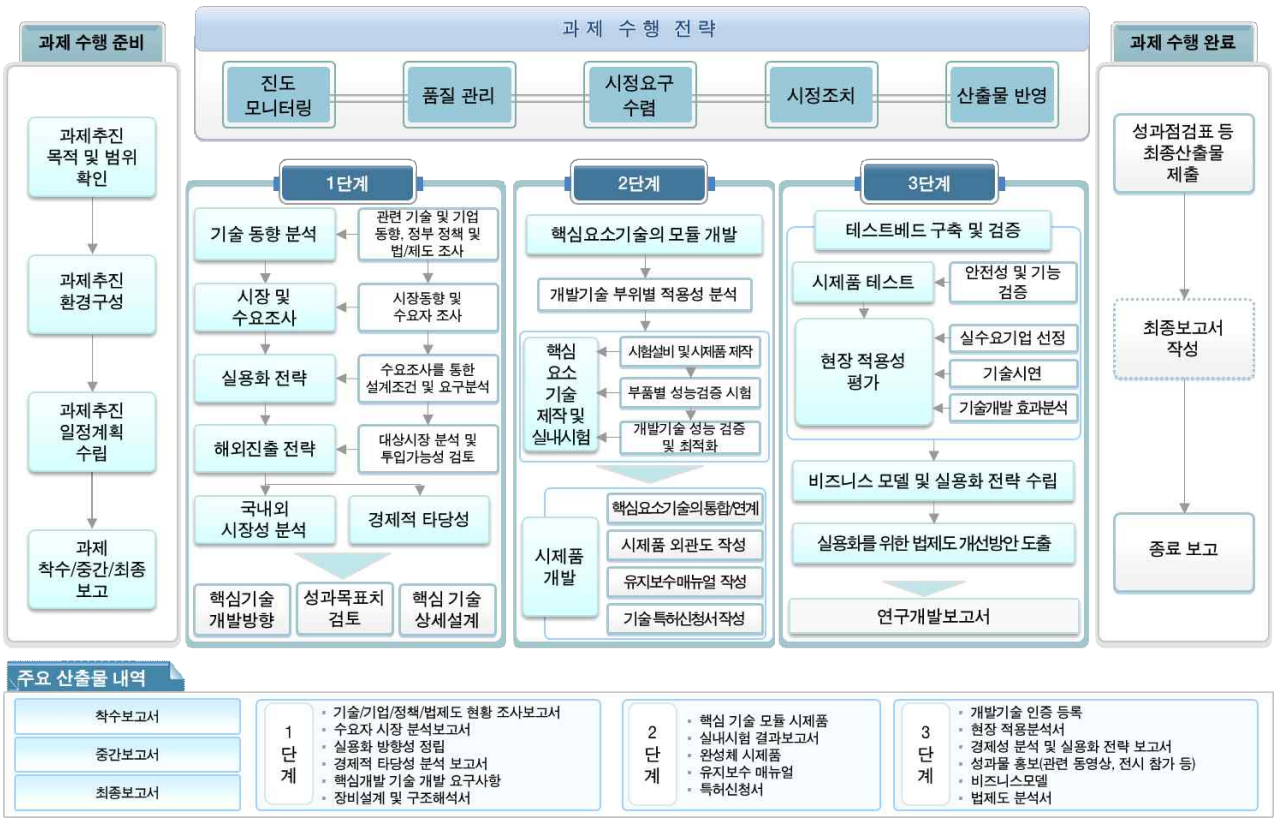


- (**테스트 베드 구축 및 검증, 실용화**) 3단계에서는 개발된 산출물의 사용을 전제한 테스트 및 보완 과정을 통해 시스템을 안정화하고, 실제 현장에 투입하여 현장 적용성 평가 및 기술인증을 추진하며 개발 기술의 우수성을 바탕으로 홍보 등을 통해 기술 실용화 및 기술이전을 추진하는 것을 목표로 하며 이를 위한 제반 법·제도의 개선방안도 함께 검토함



□ 세부추진전략

○ 본 과제의 추진은 크게 과제수행 준비단계, 과제수행 추진단계, 과제수행 완료단계로 구분할 수 있음



- **과제수행 준비단계**에서는 RFP를 바탕으로 과제를 추진하는 목적과 과제의 범위를 명확히 정의하고 과제추진에 적합한 제반환경을 조성하며 체계적인 과제추진을 위한 일정계획을 수립함
- **과제수행 추진단계**는 다시 조사분석 및 설계 단계, 모듈 개발 및 시제품 제작 단계, 테스트 베드 구축 및 검증·실용화 단계로 구분함
  · 조사분석 및 설계 단계에서는 국내외 정책·시장·기술 동향 등 기술개발 동향과 국내화물운송체계 등 현황 분석을 통해 수요 및 시장성을 파악하고, 핵심개발기술에 대한 방향성 수립 및 성과목표를 설정하고 기술별 상세 설계를 수행함
  · 모듈개발 및 시제품 제작 단계에서는 핵심개발 기술별로 모듈을 개발하고, 제작 및 실내 시험을 통해 성능을 검증한 후 핵심요소기술들의 통합 및 연계를 통해 시제품 및 관련 매뉴얼 등을 개발함
  · 테스트 베드 구축 및 검증·실용화 단계에서는 시스템 안정화를 위한 시제품 테스트 및 보완, 현장 적용성 평가 및 기술인증 등을 통해 테스트베드를 대상으로 기술 적용 및 시연을 추진하고 그 효과를 분석하며 개발기술의 실용화 및 기술이전을 추진 할 예정이며 이를 위한 법·제도검토도 함께 수행함
- **과제수행 완료단계**에서는 개발된 핵심기술 및 시제품을 중심으로 경제적 타당성 분석 및 설계·구조해석, 시험 및 현장 적용 결과들에 대한 내용을 보고서로 포함하여 최종 산출물을 제시하며, 개발 기술을 활용하여 실용화 및 사업화가 가능한 비즈니스 모델을 제시하고 기술이전을 위한 홍보행사도 개최함

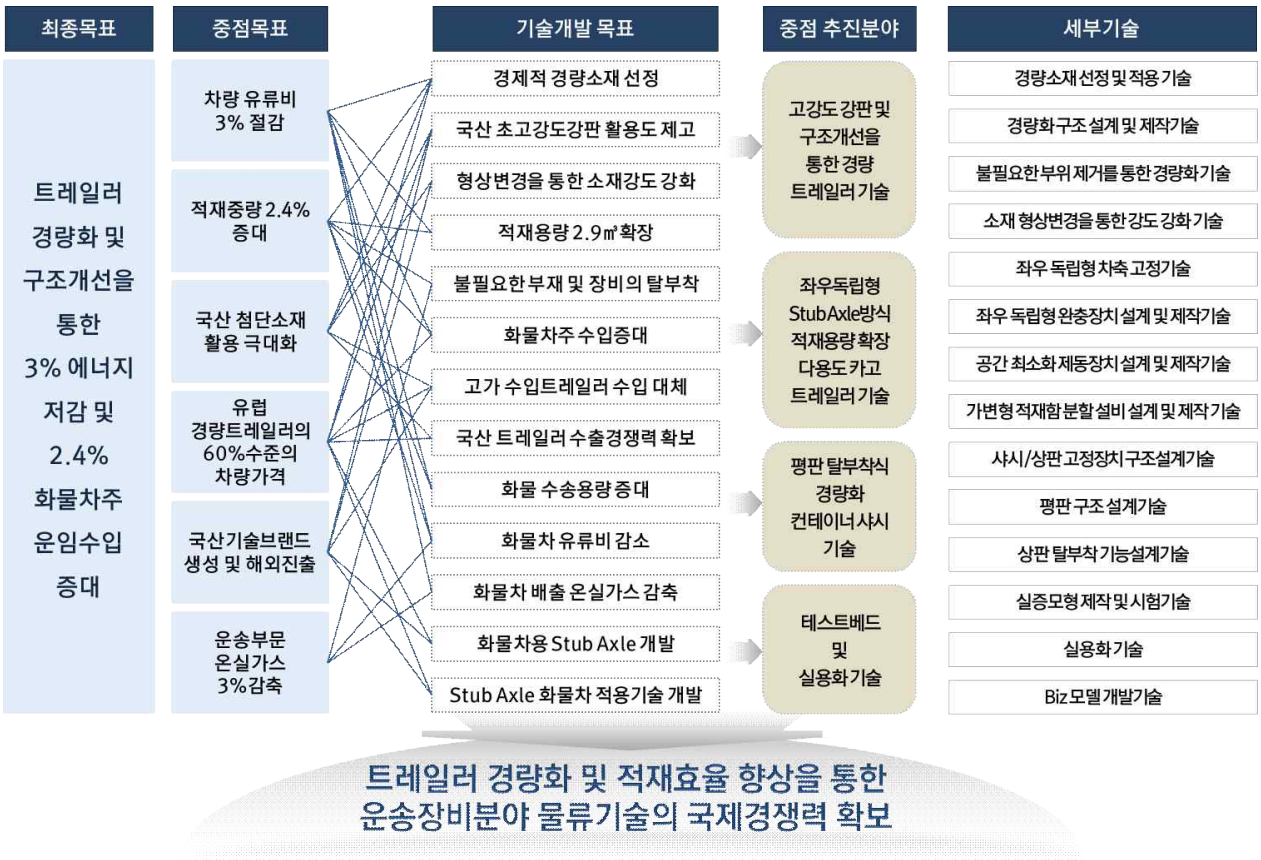
○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제를 구축하여 과제 수행 중 수시로 의견을 수렴하고 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영하여 최종연구성과를 현장에 적용함

○ 관련 분야의 전문가로 구성된 기술운영위원회를 구성하여 각종 유사 선진시스템 및 적용사례를 파악하고 전문가 의견을 수렴하여 과제 성공률을 제고함

○ 과제 수행 과정에서 전문기관과의 지속적인 의사소통을 통해 진도와 연구내용에 대한 관리를 수행하며 시정요구사항에 대해서는 적절한 조치를 통해 산출물에 반영함

2. 최종목표의 성격 및 설정근거

가. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술



○ 본 과제의 최종목표는 “트레일러 경량화 및 구조개선을 통한 3% 에너지 저감 및 2.4% 화물차주 운임수입 증대”로 설정

- 중장기적으로는 친환경에너지 사용이나 친환경 운송수단으로의 전환이 불가피할 것으로 보이나 일시에 모든 화물자동차의 수송수단 전환이 불가능하므로 중·단기적으로는 화물자동차의 유류비를 절감하는 기술개발부터 시급히 착수할 필요

  · 선진국들은 가장 직접적이고 즉각적으로 교통 분야 온실가스 배출을 줄일 수 있는 방법이 대형 화물차 연비개선이라고 인식하고 있으며, 대형 트럭 연비개선의 핵심목표는 차량경량화와 적재용량 향상으로 정의

  · 미국 차량기술국(Vehicle Technologies Office)은 차종별 연료 소모량 중 대형 트럭이 차지하는 비율이 약 15%에 달한다고 발표

  · 컨테이너 운반트레일러의 경우 전체 트렉터와 트레일러를 합한 전체 차량중량(10~15t) 중 30~40%에 해당되어 트레일러 경량화는 대형트럭 경량화의 핵심 요건

- 최근 전 세계적으로도 운송장비를 경량화하고 운송을 효율화함으로써 연비를 개선하고, 공회전을 방지하기 위한 물류비용 절감방안에 관심 집중

· 물류산업의 환경부하 저감정책이 일본, 독일 등을 중심으로 수립되고 있으며, 유럽의 경우 지역적 특성을 반영하여 국제협력을 통해 유럽 단일시장을 완성하고 네트워크를 연장하여 운송장비를 경량화하고 운송을 효율화함으로써 연비를 개선하고, 공회전을 방지하기 위한 물류비용 절감방안에 관심 집중

- 전체 대기오염물질 배출량 중에서도 화물차가 차지하는 비중은 11.1% 수준으로 매우 높은 수준이므로 지구온난화와 석유 의존에 대한 관심들에 대해 언급하는 방법으로 자동차와 경트럭의 연료 효율성을 위해 자동차를 재설계하는 등 혁신적 기술개발에 주력

· 오염물질 배출원 중 도로이동오염원으로 인한 비중이 30.5%로 가장 높고, 도로이동오염원 중에서도 화물차가 배출하는 대기오염물질이 36.4%로 가장 많은 비중을 차지

· 국토교통부도 녹색기술을 향상시키고 온실가스 감축목표를 조기에 달성하기 위한 시스템 차원의 사업구조 재편을 실시하여 국토해양 R&D 발전전략을 수립하고 2011년 국토해양 R&D 특성에 맞도록 녹색기술 투자비율 59%(3,649억 원)까지 확대할 예정

○ 최종목표 달성을 위한 중점목표는 6가지로 설정

- 차량 유류비 3% 절감, 적재중량 2.4% 증대, 국산 첨단소재 활용 극대화, 유럽 경량트레일러의 60%수준의 차량가격, 국산기술브랜드 생성 및 해외진출, 운송부문 온실가스 3%감축 등

- 물류비용을 저감하고, 물류부문 국가온실가스를 감축하기 위해서는 화물자동차의 운송유류비를 감축하는 방안이 가장 시급하고 현실적인 대안

· 국가물류비의 GDP 대비 비중은 2001년부터 2010년까지 11~13%대를 유지하고 있으나 미국과 일본의 8~10% 수준에 비하면 여전히 높은 수준

· 2010년 기능별 국내 국가물류비 중 수송비 비중은 73.2%에 달하고 있고, 화물자동차가 국내 전체 수송수단별 분담율의 74.1%를 차지하고 있어 전체 국가물류비 중 화물자동차의 수송비 비중은 54.2%에 달하는 절대적인 비중을 차지

· 서유럽지역에서 유류비는 전체 트럭지출 항목의 30%를 차지하는데 비해, 국내는 일반화물차주 지출항목의 51.6%를 유류비가 차지하고 있어 국내 화물차의 유류비 부담이 유럽지역에 비해 172% 높은 실정

· 고유가시대에 대비하고 BAU 대비 16%로 확정된 물류부문 국가온실가스 감축목표의 달성 차원에서도 화물자동차의 운송유류비를 감축하는 방안이 가장 확실하고 현실적인 대안

- 도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술에 대한 최고기술보유국은 독일과 미국이 각각 가장 높은 것으로 조사되었으며 국내 관련기술 수준은 최고수준 대비 약 41~60% 수준으로 평가

· 최고 기술을 보유하고 있는 국가는 독일과 미국으로 분석되었으며 특히 고강도 강재를 적용한 트레일러 경량화 기술이 뛰어난 것으로 평가

· 독일과 미국의 최고기술보유 수준이 높게 나타난 것은 두 국가 모두 세계적인 자동차 생산 기술 보유국으로서 화물자동차 연비 개선 기술에도 꾸준한 투자를 해왔기 때문으로 판단

· 우리나라 기술수준이 선진국 대비 낮은 수준으로 평가된 것은 국가적인 관심을 가지고 기업의 적극적인 투자와 기술개발이 지속된 승용차 부분과 달리 화물자동차 부문에 대한 관심이 부족했던 현실이 반영된 결과

- 국내 관련기술의 성숙도는 일부 기술만 태동기에 해당되고 대부분 성장기에 접어들었다고 평가되었으며, 세부기술 자체가 첨단기술로 이루어진 것이 아니므로 빠른 시일 내에 적절한 투자만 이루어진다면 상대적으로 빠른 기간 안에 실현될 수 있을 것으로 분석

· 소재개발 부분을 제외하고는 기존 제품을 경량화 하는 기술적 개선분야 과제이므로 비교적 기술적 진입장벽이 높지 않다고 판단되므로 소재개발 등 타 분야의 우수 연구 성과와의 긴밀한 연계가 적기에만 이루어지고, 지속적인 연구개발(R&D) 투자만 이루어진다면 단기간(2-3년)안에 핵심(Key)기술로 발전할 수 있는 가능성 높음

· 최근 유류비 급등으로 인한 물류산업 수익성 악화가 사회적 이슈로 대두되고 있고, 이를 해결하기 위한 정부의 노력(국토부 화물자동차 유가보조금 제도 등)이 지속되고 있는 시점이므로 본 기술개발이 빠른 시간 안에 실현된다면 사회적 문제개선에도 많은 기여가 가능할 것으로 판단

○ 중점목표들은 13개에 달하는 구체적 기술개발 목표달성을 통해 자연스럽게 도달가능

- 경제적 경량소재 선정, 국산 초고강도강판 활용도 제고, 형상변경을 통한 소재강도 강화, 적재용량 2.9㎥확장, 불필요한 부재 및 장비의 탈부착, 화물차주 수입증대, 고가 수입트레일러 수입 대체, 국산 트레일러 수출경쟁력 확보, 화물 수송용량 증대, 화물차 유류비 감소, 화물차 배출 온실가스 감축, 화물차용 Stub-Axle 개발, Stub-Axle 화물차 적용기술 개발 등

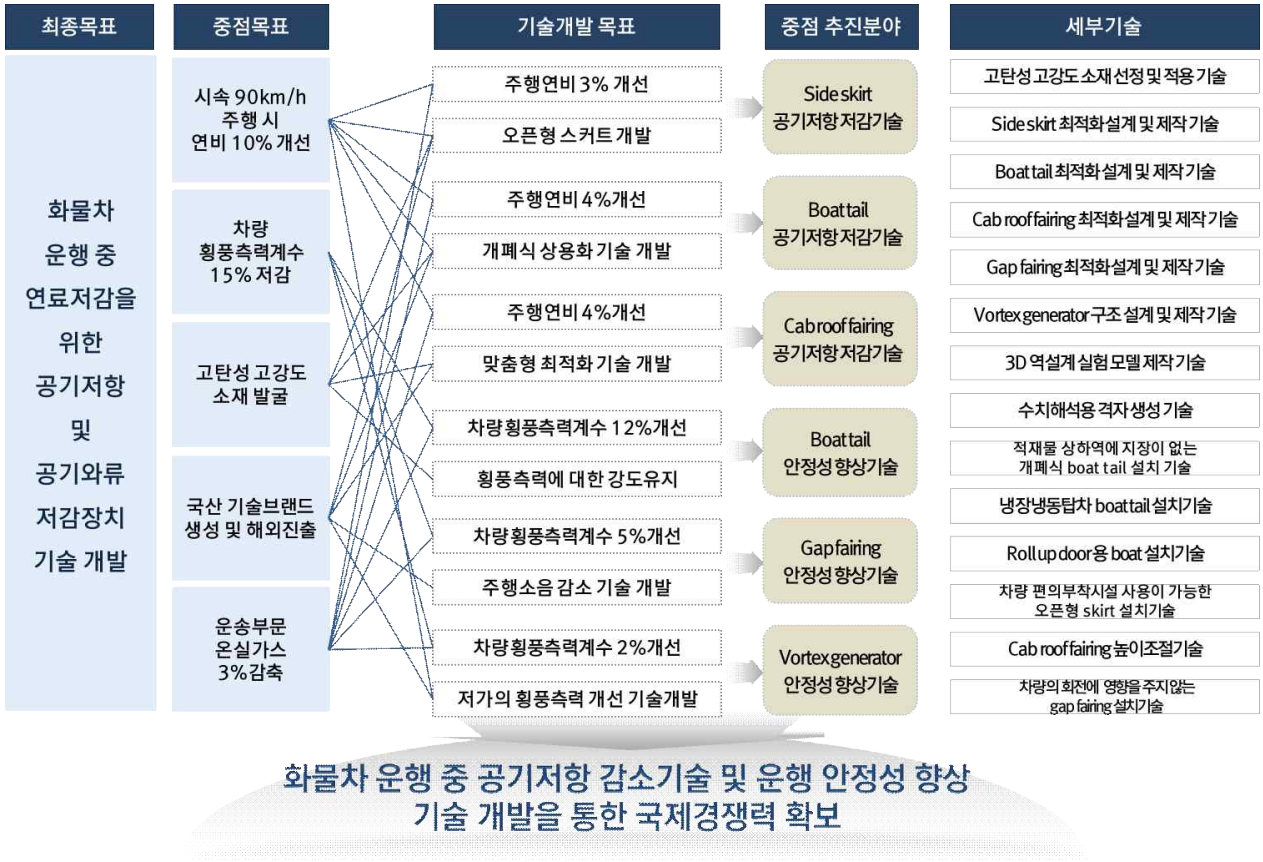
○ 13개에 달하는 구체적 기술개발 목표들은 크게 4개의 중점 추진분야로 구분 가능

- '고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술', ' 좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술', '평판 탈부착식 경량화컨테이너 샤시 기술', '테스트베드 및 실용화 기술' 등

○ 본 연구에서 4개의 중점 추진분야에 걸쳐 개발이 필요한 세부기술은 총 14개 기술군으로 구분가능

- 경량소재 선정 및 적용 기술, 경량화 구조 설계 및 제작기술, 불필요한 부위 제거를 통한 경량화 기술, 소재 형상변경을 통한 강도 강화 기술, 좌우 독립형 차축 고정기술, 좌우 독립형 완충장치 설계 및 제작기술, 제동장치 설계 및 제작기술, 가변형 적재함 분할 설비 설계 및 제작 기술, 샤시/상판 고정장치 구조설계기술, 평판 구조설계기술, 상판 탈부착 기능설계기술, 실증모형 제작 및 시험기술, 실용화 기술, Biz 모델 개발기술 등

나. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술



○ 차량 주행에 따른 공기저항으로 인한 연료 소비의 증가와 차체 주변에 생성되는 와류로 인하여 주행 안정성에 영향을 줌

- 간선 주행 중인 차량의 공기저항으로 인해 소모되는 연료의 비중은 엔진과 같은 구동부의 손실을 제외하고 가장 높은 21%를 차지[6)]
- 차량의 속도가 빨라질수록 공기저항, 특히 형상 항력으로 인한 연료 소비가 증가되며, 차량의 속도가 60㎞/h가 되면 급격하게 공기저항의 크기가 상승하며, 100㎞/h가 되면 지면 마찰력의 2배 이상의 공기저항 생성. 즉 엔진 구동력의 60% 이상이 공기저항으로 인하여 손실
- 트랙터와 트레일러의 사이 공간과 차량 후미에 생성되는 강한 와류는 차량 측면에 횡력을 발생시켜 차량의 주행 안정성과 소음에 영향을 줌

○ 관련 기술의 주요 선진국들을 중심으로 최근 10년간 연구와 개발이 진행되었음

- 미국, 독일, 캐나다, 영국 등 정부를 중심으로 하여 트랙터와 트레일러에 장착할 수 있는 공기저항 및 공기와류 저감 장치 개발 프로젝트가 수행 중임

6) M.J. Bradleyet et al(2009) "Setting the Stage for Regulation of Heavy-Duty Vehicle Fuel Economy & GHG Emissions: Issues and Opportunities", International Council on Clean Transportation, 2009, pp1-69

- (미국) 2020년까지 온실가스 배출을 15% 감축시키기 위하여 에너지부(DOE)와 환경부(EPA)에서는 연료비용 절감에 가장 효과적인 도로화물운송 연비개선기술에 R&D 기술개발 투자

- (미국) 2004년도에 시작된 SmartWay Transport Partnership Program을 통하여 인증된 기술을 활용하는 수요업체에게 DERA(Defence Evaluation and Research Agency)재원으로 지원 중

  · 공기저항 및 주행저항 감소 기술, 엔진 및 동력전달 시스템 최적화 기술, 공회전 방지 기술 등

- (캐나다) 2011년 국가연구위에서는 3년간 교통국 ecoTECHNOLOGY for Vehicles program의 지원을 받아 공기저항 감소기술 최적 설계 및 장비개발, 주행실험을 통한 효과분석 연구를 수행

  · 해당 기술 적용 시, 약 10%의 연료 소모 절감 효과 검증

- (영국) 영국 교통성(DfT)에서는 공기저항, 차량관리 등 연비개선 주요 기술과 운송장비의 연료절감효과를 연구하여 “Fuel Management Guide”를 제시하고 이를 화물운송업계에 보급

  · Gap fairing, side skirt, Boat tail 등, 해당 기술을 적용 시, 약 10% CO_2 배출량 감소 효과 검증

○ 단기간에 연료절감 및 운행 안정성효과를 기대할 수 있고 미국이 선도하면서 최근 들어 세계적 관심도 집중

- 90년대 이후 특허출원이 시작되었으나 '06년 이후 미국을 중심으로 급격한 증가세 ⇒ 美 오바마 정부의 신재생에너지정책의 영향으로 판단됨

- PFAFF RAIMUND社(美)가 보유한 특허 5개 모두가 2010년 이후 출원된 기술

- Trailer side skirt, trailer gap fairing, trailer boat tail과 관련된 핵심특허 모두가 US특허와 인용관계

- 국내 실정에 맞는 관련 기술개발과 지식재산권 확보를 위해 신속하고 체계적인 정부 지원 필요

○ 학술 논문 역시 최근 10년 동안 공기역학(aerodynamics)과 항력 감소(drag reduction) 와 관련된 주제의 논문 발표가 폭발적으로 증가하였으며, 2008년도에 가장 많은 학술 연구가 수행됨. 특히 해외의 경우 항력 감소와 화물차 공력 분석에 관한 실질적 연구가 국내 대비 많이 수행되고 있음. 따라서 본 과제는 학술적 그리고 산업적 시급성을 내포하고 있음

□ 목표 설정의 타당성

○ 선진국에서 진행 중인 프로젝트와 성능 평가 방법, 그리고 국내의 도로 환경에 따라 저감 목표치를 설정

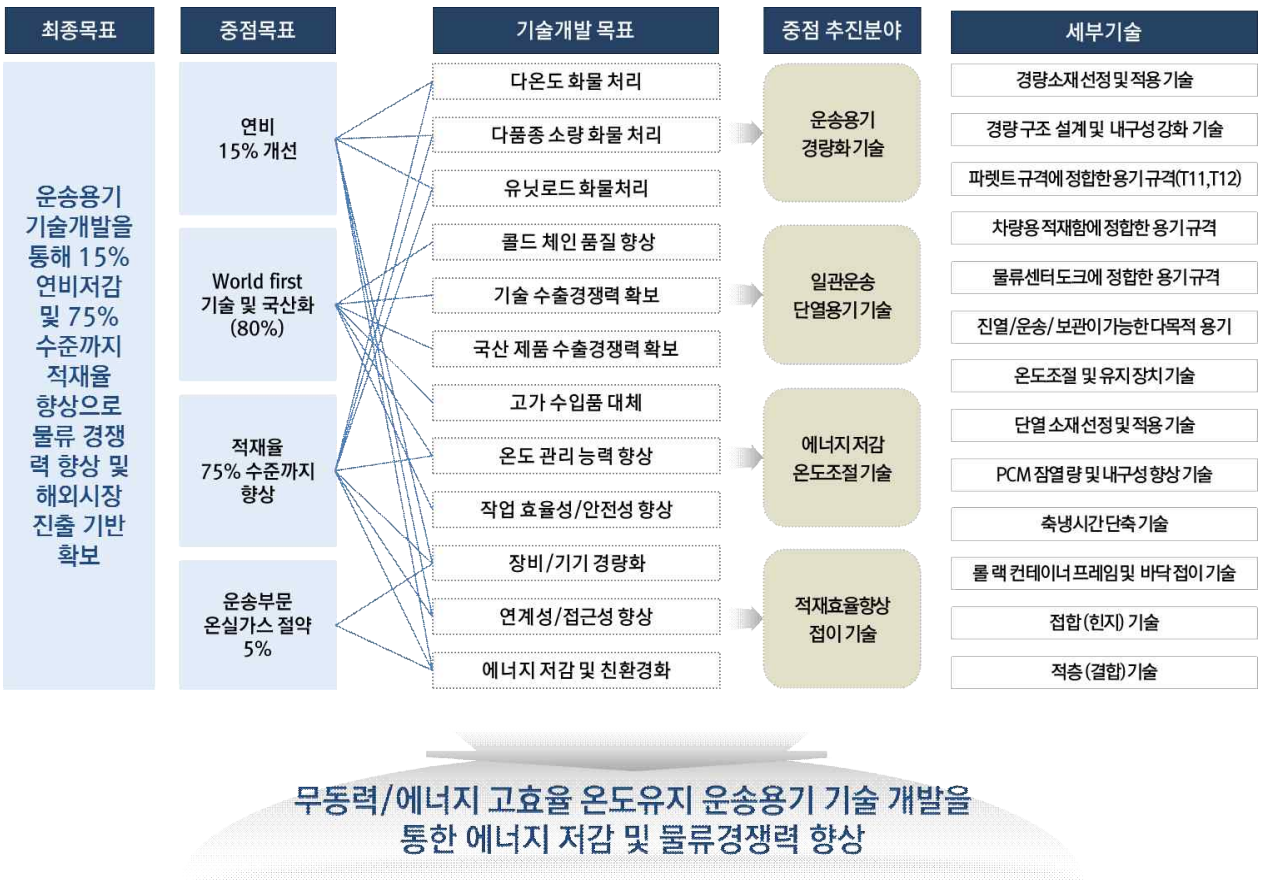
- 설정된 목표치는 미국 환경청(EPA)에서 수행중인 SmartWay 파트너쉽 공기저항 저감기술 실차시험방법(SAE J 1321)을 통하여 목표치를 정량적으로 평가할 수 있음

- (미국) SmartWay 프로그램과 연료 저감 비교

장치	SmartWay 프로그램	과제 목표
Cab roof fairing	5%	4%
Gap fairing	2%	5% (횡력 감소)
Trailer side skirt	7%	3%
Trailer Boat tails	5%	4%
Vortex generator	비장착	2% (횡력 감소)

- 국내에서 제한 속도가 90㎞/h임을 고려하여 차량의 주행 속도를 90㎞/h로 선정하였음
- 차량 속도가 빨라질수록 지수함수에 비례한 공기 저항증가로 연료 소모가 크므로, 미국에서 측정된 감소율 보다는 목표치를 낮게 설정함
- 국내 차량 하부의 구조적 문제(연료 탱크, 공기압축탱크 등)로 trailer side skirt 설치 각도의 한계와 낮은 차량 주행 속도에 기인한 유동특성의 차이로 인해 trailer side skirt 장치의 연료 저감 효율목표를 낮추어 설정함

다. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술



○ 본 과제의 최종 목표는 “운송용기 기술 개발을 통해 15% 연비저감 및 75% 수준까지 적재율 향상으로 물류 경쟁력 향상 및 해외시장 진출 기반 확보”로 설정

- 일부 선진국(미국, 독일, 일본 등)에서 독점적으로 개발 중인 운송용기 기술에 즉각적인 연비저감 효과를 나타낼 수 있는 기술개발을 통해 글로벌 물류경쟁력 향상을 도모함

- 국내 급증하는 신선제품(채소, 과일, 수산물, 축산물 등) 유통 시 요구되는 기술로 연간 약 35만 톤의 잠재 이용수요 및 수요업체의 지속적인 개발요구를 바탕으로 내수 시장에서 탄탄한 기반을 확보하여 해외시장 진출을 선도함

○ 최종목표 달성을 위한 중점목표는 4가지로 설정

- 차량 연비 15% 개선, World first 기술 국산화(최고기술 대비 80% 수준), 적재율 75% 수준까지 향상, 운송부문 온실가스 5% 감소 등

- “운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술”에 대한 최고기술보유국은 성과물별로 미국, 독일, 스웨덴, 일본 등 다양한 국가에서 최고기술수준을 보유하고 있는 것으로 조사되었으며 국내 관련기술 수준은 최고수준 대비 약 40~80% 수준으로 평가

  · 미국은 온도조절 항공 화물 컨테이너, 진열과 운송 겸용 단열용기(PCM 관점) 관련 기술이 뛰어난 것으로 평가되었고, 온도조절 항공 화물 컨테이너는 기술의 독점으로 미국뿐 아니라 스웨덴역시 최고기술 보유국으로 평가됨

  · 독일의 경우 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치기술, 접이식 경량 롤 컨테이너, 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 관련 기술이 뛰어난 것으로 조사되었고, 이는 금속 컨테이너 재질 및 접이 방법에서 우수기술을 보유한 것으로 분석됨

  · 일본의 경우 유닛로드 멀티용기 관련 기술에서 최고 기술을 보유하고 있는 것으로 평가되었고, 이는 일본 리테일시장에서 진열 용기의 도킹 관점 기술을 일본이 선도해 왔기 때문으로 분석됨

  · 우리나라 기술수준이 선진국 대비 낮은 수준으로 평가된 것은 물류장비 경량화 및 회수 효율화에 따른 연비개선효과에 대한 과소평가가 반영된 결과임

- 국내 관련기술의 성숙도는 온도조절 항공 화물 컨테이너 기술만 태동기에 해당되고 대부분 성장기에 접어들었다고 평가되었으며, 세부기술 자체가 첨단기술로 이루어진 것이 아니므로 타 기술집약형 첨단 산업에 비해 빠른 기간 안에 실현될 수 있을 것으로 분석

  · 기존 제품을 경량화, 접이방법을 개선하는 기술적 개선, 국외 장비기술의 국산화 분야의 과제로 비교적 기술적 진입장벽이 높지 않다고 판단됨

  · 특허분석 결과 전 기술에 걸쳐 지적재산권 장벽이 낮고 지속적인 연구개발(R&D) 투자만 이루어진다면 핵심(Key)기술로 발전할 수 있는 가능성 높은 분야로 보임

○ 4가지의 중점목표는 12개의 기술개발목표를 통해 달성 가능함

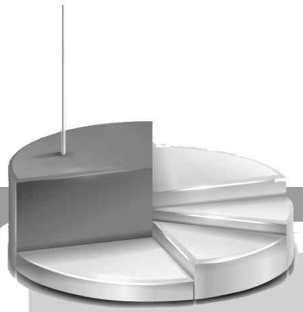
- 다온도 화물 처리, 다품종 소량 화물 처리, 유닛로드 화물처리, 콜드 체인 품질 향상, 기술 수출경쟁력 확보, 국산 제품 수출경쟁력 확보, 고가 수입품 대체, 온도 관리 능력 향상, 작업 효율성/안전성 향상, 장비/기기 경량화, 연계성/접근성 향상, 에너지 저감 및 친환경화 등

○ 12개의 구체적 기술개발 목표들은 아래와 같이 4개의 중점 추진분야로 구분 가능

- ‘운송용기 경량화 기술’, ‘일관운송 단열용기 기술’, ‘에너지 저감 온도조절 기술’, ‘적재효율향상 접이 기술’ 등

○ 본 연구에서 4개의 중점 추진분야에 걸쳐 개발이 필요한 세부기술은 아래와 같이 총 13개의 세부 기술로 구분가능

- 경량소재 선정 및 적용 기술, 경량 구조 설계 및 내구성 강화 기술, 파렛트 규격에 정합한 용기 규격(T11, T12), 차량용 적재함에 정합한 용기 규격, 물류센터 도크에 정합한 용기 규격, 진열/운송/ 보관이 가능한 다목적 용기, 온도조절 및 유지 장치 기술, 단열 소재 선정 및 적용 기술, PCM 잠열 량 및 내구성 향상 기술, 축냉시간 단축 기술, 롤 랙 컨테이너 프레임 및 바닥 접이 기술, 접합(힌지) 기술, 적층(결합) 기술 등



제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

제2절 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

제3절 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

제2장. 국내외 기술 개발 현황

제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

1. 트레일러 기술개발 동향

가. 트레일러 개발방향

(1) 연비개선

□ **연비 개선의 필요성**

○ 화물 자동차의 연비 개선은 차주의 유류비 감소를 통한 민생 경제 개선을 가능케 함과 동시에, 국가적 차원의 물류비 감소를 실현시키므로 트레일러 개발 시 고려되어야 하는 중요한 인자임

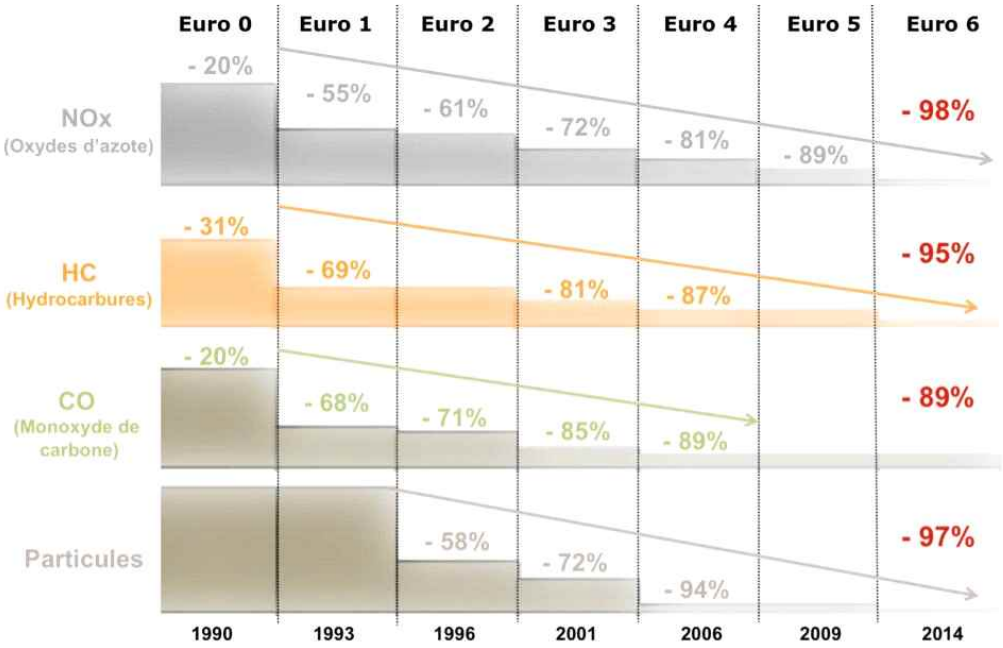
- 연비 개선의 중요성의 예로 2012년 수송비는 국가물류비의 71%를 차지하며, 유류비는 차주 지출액의 50% 차지하는 것으로 보고됨[7)]

- 지구 기후변화에 대응하고자 전 세계적으로 각종 배출가스 및 연비에 대한 규제를 강화하고 있어, 연비 개선은 트레일러 개발 시 필수 고려 인자임

  · EURO6는 유럽연합이 정한 경유차의 규제로 2013에 도입되어 2014년부터 적용되고 있음

- 따라서 경제적 측면에서의 비용 감소뿐만 아니라 세계의 환경 규제에 대응하기 위해, 트레일러 개발 시 연비 개선은 매우 중요한 고려 인자임. 일반적으로 연비는 크게 파워트레인, 차량 소재, 차량 구조의 개선을 통해 가능함

7) 허성호, “고강도 강판적용 및 구조개선을 통한경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술개발”, 『월간교통』, 제12호, 2014, p13



자료: Norbert Dentressangle 홈페이지
(http://www.norbert-dentressangle.co.uk/content/view/full/15343)

<그림 2-1> European emission standards (EURO)

□ 파워트레인[8] 연비개선

○ 파워트레인은 차량의 동력 전달부로서 힘과 연비를 좌우하는 장치임

- 현재 엔진의 다운사이징, 터보 엔진의 도입, 인공지능 자동변속기, 변속기 단수 증가 등으로 고성능, 고연비를 만족시키려 노력이 이루어지고 있음하고 있음

○ 하지만 트레일러는 무동력 차량으로 동력의 연비 개선이 아닌 경량소재 활용, 구조개선을 통한 경량화, 공기저항 감소 등으로 연비개선을 하여야 함



자료: 엔하위키 미러
(https://mirror.enha.kr/wiki/%ED%8C%8C%EC%9B%8C%ED%8A%B8%EB%A0%88%EC%9D%B8)

<그림 2-2> 파워 트레인

8) 동력장치에서 생산한 동력을 실제로 구동하는 바퀴까지 전달하는 과정에서 연결 되는 모든 기관

□ 공기 저항 저감을 통한 연비개선

○ 공기저항계수는 차가 공기 속을 달릴 때의 저항력을 계산한 수치를 말함

- 일반적으로 트레일러 차량은 넓은 공기 접촉 면적으로 인해 높은 공기저항계수를 가지지만, 공기저항계수를 10% 낮추면, 2% 정도 연비 상승효과가 있다고 보고됨



자료: Fleet News Daily (http://fleetnewsdaily.com/tag/atdynamics/)

<그림 2-3> 공기 저항 저감 기술 예

□ 경량화 소재 적용을 통한 연비개선

○ 트레일러 차량 소재 경량화를 통해 연비 개선이 가능함

- 예로 트레일러를 구성하고 있는 기존의 소재(강철 및 주철)를 탄소섬유, 알루미늄 등으로 대체할 경우 기존 대비 30~70%의 중량감소 효과를 얻을 수 있음



자료: ICP홈페이지(http://www.icptrailer.com/icp_sub_S_R2.html)

<그림 2-4> 경량 소재(알루미늄) 적용 예

□ 트레일러 구조개선을 통한 연비개선

○ 트레일러의 구조 개선은 연비 개선의 중요한 방법 중 하나로서 앞서 설명한 소재변경과 밀접한 관련이 있음

- 각 소재의 특성을 바탕으로, 전체 구조의 강성 및 강도를 향상 및 유지시키면서 경량 설계를 통해 트레일러의 중량을 감소시킬 수 있음



자료: Altair 홈페이지(http://www.altair.com)

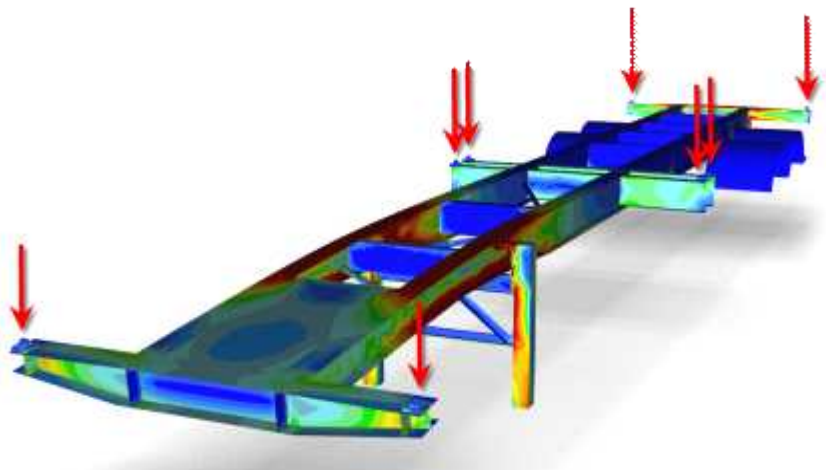
<그림 2-5> 경량 구조 설계 예

(2) 안전성(Safety)과 안정성(Stability)

□ **트레일러 구조 강성**

○ 트레일러 구조의 안정성은 안전한 물류운송의 기본이 되므로 매우 중요함. 일반적으로 트레일러는 화물과 다양한 도로 여건에 의해 다양한 충격을 받음으로서 자체 안정성 평가는 필수적임

- 특히 새로운 개발(신소재 적용, 경량 설계)은 기존 트레일러와 다른 기계적 거동을 가지므로, 안정성을 위해 다양한 평가가 필요함. 일반적으로 트레일러의 응력, 처짐량, 비틀림 강성 등을 평가하고, 설계의 타당성을 검증하기 위해 내구실험이 동반됨



자료: Green Storm Soilution 홈페이지(http://www.greenstorm.com.au/fea_why.html)

<그림 2-6> 유한요소해석 통한 트레일러 구조 강성 평가 예

□ 트레일러 전복 방지

○ 트레일러 차량은 화물로 인해 무게 중심이 일반 차량에 비해 높아 전복(Rollover)될 가능성이 큼. 미국의 경우, 매년 15,000건의 전복 사고가 발생되고 있음[9]. 전복 사고는 일반적으로 화물차 운전자 뿐만 아니라 주위 운전자들에게도 매우 치명적임

- 따라서 트레일러 개발 시 전복 사고를 미리 예측할 수 있는 롤안정성제어 장치(Roll Stability Control), 능동조향시스템(Active Front Steer), 자동차안정성 제어시스템(Electronic Stability Control) 등이 충분히 고려되어야 함

(3) 다목적성(Multi purpose)

○ 다목적 트레일러는 기존 특정 화물에 적합한 트레일러에 대비 유동적인 활용이 가능하여 물류비 저감을 통한 경쟁력을 확보에 도움을 줄 수 있음

- 일반적으로 트레일러는 특정 화물의 운송에 적합하도록 설계되어 있어, 다양한 화물을 운송하기 위해서는 다수의 트레일러가 필요하며 미사용 트레일러는 별도의 장소에 보관하는 문제점이 있음

○ 이러한 맥락에서 싱글샤시 트레일러에 비해 다양한 화물을 적재할 수 있는 평판트레일러에 대한 선호도가 높지만 아직 안전성이나 효율성 측면에서 여러 한계가 지적되고 있기 때문에 다종의 화물을 운송할 수 있는 다목적 트레일러의 개발이 요구됨

- 다목적 트레일러의 예로 트레일러의 구조를 가변형으로 제작하여 필요에 따라 벌크 트레일러와 평판트레일러로 활용가능한 제품이 있음



자료: JME Trailers 홈페이지(http://www.jmetrailers.co.za/superlink.php)

<그림 2-7> 가변형 트레일러; 벌크 트레일러(좌), 평판 트레일러(우)

(4) 부품의 국산화

○ 국내의 열악한 부품 산업으로 인해 트레일러를 구성하는 부품들은 대부분 해외 수입에 의존하고 있는 실정으로서 세계 부품 시장의 한국 부품 점유율은 2.2%로 매우 낮음

9) UNIVERSITY OF MICHIGAN TRANSPORTATION RESEARCH INSTITUTE, *Rollover of Heavy Commercial Vehicles*, 2000, Vol. 31, No. 4. p. 1

- 높은 해외 의존도에 대한 인식을 가지고 있으나, 일반적으로 부품 기술력은 단기간의 확보가 어려울 뿐만 아니라 개발실패에 대한 위험부담 등으로 국내 업체들은 적극적인 부품국산화 개발을 기피하고 있음
- 하지만, 부품의 높은 해외 의존도는 트레일러의 생산 단가 및 정비 유지비 상승을 초래하여 경제적 손실을 야기함. 따라서 장기적인 계획 및 정책에 근거한 능동적인 부품 국산화가 수행될 필요가 있음



자료: 한국자동차공업협동조합, 세계 100대 자동차부품업체 명단(2006년도 OEM 납품실적 기준), 2007

<그림 2-8> 세계 100대 부품 업체 국가별 점유율

나. 경량 신소재 적용기술 분야 동향

○ 최근 안전 성능 강화와 연비 개선을 위해 주요 자동차 업체들이 탄소섬유와 알루미늄 및 마그네슘합금 등 신소재를 활용하는 빈도가 잦아지고 있음

- 독일 BMW社는 국내 시장에 브랜드 최초의 상용 전기차이자 완전 충전 상태에서 최고 132km까지 주행할 수 있는 순수 전기차인 ′i3′ 모델을 공식 출시
  · 배터리가 무거운 전기차의 경량화를 위해 BMW社는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)으로 차체를 구성하여 동급의 1시리즈 컴팩트카와 비교해 무게가 170kg 가볍고, 드라이브 모듈에도 대부분 알루미늄을 적용해 공차 중량은 1300kg에 불과하지만, 64km/h 속도의 전면 충격에도 탑승자의 안전을 보장하도록 설계
- 탄소섬유는 철보다 무게가 60% 가량 가볍고 강도는 10배 이상 높은 신소재로 주목을 받고 있으나 가격이 철보다 몇 배로 비싸다는 단점이 있지만, 최근 항공 및 풍력 발전 부문에서 축적된 대량 생산시설과 연구개발로 가격이 점차 낮아지는 추세
- 미국 제너럴모터스(GM) 역시 오는 2015년까지 주요 핵심 부품에 탄소섬유를 사용한 상용 모델을 출품할 계획을 세웠으며 일본 토요타와 독일 다임러 역시 비슷한 프로젝트를 추진 중

○ 세계 각국의 트레일러를 비롯한 자동차 업체들이 최근 안전 성능 강화와 연비 개선을 위해 주요 자동차 업체들이 탄소섬유와 알루미늄 및 마그네슘합금 등 신소재를 활용하는 빈도가 잦아지면서 국내 철강 업계도 자동차 시장의 안전 강화 및 경량화 추세에 대응하기 위해 분주함

- 현대차가 최근 출시한 LF쏘나타의 초고장력강판 사용비율은 51% 수준으로 21% 비중이었던 YF 쏘나타와 비교해 29kg 경량화 되었음

○ 국내 제철회사 중 POSCO측은 상용차나 건설장비에 많이 사용되는 ATOS강 기술개발에 국내 최고기술력을 갖고 있으나 상대적으로 수요가 낮고 생산수율이 다소 떨어지는 ATOS강보다는 시장이 넓은 TWIP강 쪽에 최근 많은 관심을 보이고 있고, 현대제철은 최근 ATOS강 계열의 기술개발에 많은 관심을 보이는 중

- 포스코는 최근 상용차나 건설장비에 많이 사용되는 ATOS강 외에도 차세대 자동차용 초내부식성 스테인레스강(TWIP강)을 통해 시장에 대응 중

  · WIP강은 무게를 낮추면서도 강도는 높이는 차세대 강으로 철에 망간(Mn), 알루미늄(Al) 등을 섞어 만든 강판으로 일반 자동차강판보다 3~4배 강하고 무게는 30%정도 가벼운 것이 특징

  · TWIP강은 형상이 복잡한 자동차 부품을 쉽게 가공할 수 있고 부품 두께가 얇아도 강도가 충분하기 때문에 연비향상을 위한 차량 경량화는 물론, 차량 충돌 시 안전성을 향상시킬 수 있는 강점이 있어 현재 포스코의 TWIP강은 이탈리아 피아트사의 '뉴 판다' 범퍼 등의 소재로 사용 중

- 현대제철은 최근 탄소배출권 등의 환경규제강화와 연비 규제와 충돌안전규정 강화에 대응하기 위해 적은 중량으로도 고강도의 힘을 견딜 수 있는 초고장력 강판의 성능 향상을 위한 노력을 배가 중이며 앞으로도 고성형 초고강도강판과 사이드아우터용 고강도강판, Al-Si 도금 핫스탬핑 소재 등 지속적인 강종 개발에 주력할 계획

○ 트레일러 경량화를 위해서도 최근 선진국에서는 탄소섬유, 마그네슘, 알루미늄, 유리섬유 강화 플라스틱, 티타늄 및 니켈 합금, 고강도강판, 강인강 등 다양한 신소재의 사용을 꾸준히 시도하고 있음

- 강도 및 강성, 중량, 가공용이성 등 각 소재가 지닌 고유특성을 고려하고 경제성까지도 고려하여 트레일러 부품 및 부위별로 최적의 소재를 탐색하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있음

- 또한 트레일러의 안전성을 확보하기 위해 각 소재의 특성을 감안하여 일정 강성과 강도를 유지하기 위한 구조개선 기술도 함께 개발 중임

○ 보편적으로는 고강도강판과 알루미늄이 경량 트레일러 양산을 위해 사용되고 있으며, 특히 알루미늄은 중량이 가볍고 가공성, 충돌에너지 흡수 등이 우수해 미국, 유럽에서 철강소재 대용으로 많이 사용됨

- 알루미늄 트레일러의 무게는 4000~5000kg정도로 스틸 평판 트레일러의 무게를 1,000~2,000kg 정도 경량화 할 수 있음

<표 2-1> 기존 소재를 대체할 수 있는 경량신소재별 경량화 효과

경량 소재	대체 대상 소재	중량 감소 효과 (%)
탄소섬유	강철	50 ~ 70
마그네슘	강철, 주철	30 ~ 70
알루미늄	강철, 주철	30 ~ 60
유리섬유 강화 플라스틱	강철	25 ~ 35
티타늄 및 니켈 합금	강철	10 ~ 30
고강도강판	연강, 탄소강	10 ~ 30

자료 : VEHICLE TECHNOLOGIES OFFICE, 'WORKSHOP REPORT: Trucks and Heavy-Duty Vehicles Technical Requirements and Gaps for Lightweight and Propulsion Materials', 2013.02.

(1) 탄소 섬유

○ 탄소 섬유는 현재 엔지니어링 관련 재료들의 물성을 뛰어 넘는 다양한 특성을 가지고 있음

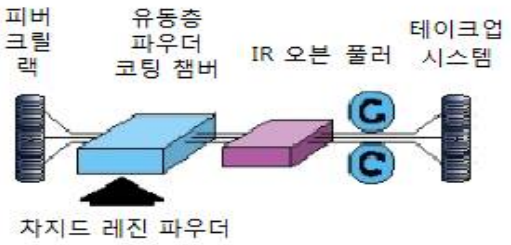
- 에폭시나 폴리에스터와 같은 적절한 중합체와 결합될 경우 무게에 비해 매우 높은 강도를 지니는 물적 특성을 가지고 있기 때문에 철과 비교해서 60% 이상 무게를 줄여 에너지 효율성을 극대화할 수 있는 차세대 신소재로 각광받고 있음

○ 탄소섬유 및 탄소섬유화합물은 하지만 아직도 기술개발이 계속 진행 중이며 지금까지 개발된 탄소섬유 및 탄소섬유화합물들은 다음과 같은 한계점을 안고 있고 있는 것으로 알려짐

- 탄소섬유 및 탄소섬유화합물로 제작하는 부품디자인 및 제조와 관련된 지식 축적이 되어 있지 않아 시제품 제작에 많은 비용과 에너지가 소모
- 현재까지는 탄소섬유와 호환되는 열가소성 및 열경화성 수지 등 소재가 매우 제한적임
- 탄소섬유 및 탄소섬유화합물의 제조단가가 상대적으로 높고 대량생산 시스템도 매우 부족
- 충격 이후에 탄소섬유화합물의 파손된 원인을 알 수 있기 위해서는 수치 해석적 모델링에 필요한 소프트웨어 등이 개발되어야 하는데 아직 이 부분 기술이 취약
- 탄소섬유화합물은 재활용 및 재사용이 어려움

○ 최근에 개발된 탄소섬유 및 탄소섬유화합물 관련 소재로는 탄소섬유열가소성수지(CFRTPs)를 들 수 있는데, 이 소재는 고분자합성섬유 등을 활용하여 기존 철강 및 알루미늄 소재를 적극 대체하고 있음

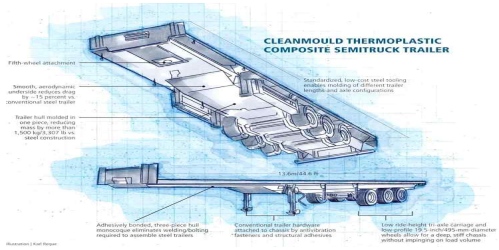
- 기존 철제 및 목제에 비해 강성, 강도 및 경량화 측면에서 우수
- 소재 특성상 2차 정밀가공이 용이한 장점이 있어 고객의 요청에 따라 다양한 제품 성형이 가능하여 트레일러 판지, 바닥재 및 스카프 밴드(scuff band) 등의 경량화에 기존 소재를 빠르게 대체하고 있음



[탄소섬유열가소성수지(CFRTPs)의 제조 절차로 탄소섬유와 수지 파우더와의 합성 이후, 열처리 및 압연 과정을 통해 최종 제품이 완성됨]

자료 : Machine Design

<그림 2-9> 합성 소재 제조 프로세스



[트레일러 바닥에 강화된 샌드위치판넬을 사용해 무게 경감 및 강성 강화 효과를 거둘 수 있음]

자료 : Composites World

<그림 2-10> 샌드위치판넬 사용 모형

○ 무거운 목재 바닥재를 대체 용도로는 샌드위치패널 성형에 열가소성 판지가 허니콤 또는 폼 코어 등과 함께 사용되고 있으며 최근에는 철제보다 가벼운 유리강화 옥시실록산 세라믹 수지가 개발되어 극초 경량 샌드위치 판넬 제조도 가능해질 전망임

- 동 소재는 자외선 차단 및 비인화성 등의 특징을 가지고 있으며 고강도 충격에도 견딜 수 있는 견고한 내구성을 확보한 것으로 평가

○ 트레일러 지붕소재(roofing system)도 PP/글래스 테이프(PP/glass tape) 처리 절차를 거친 열가소성 특수막 수지가 유리섬유를 대체 중임

- 유리섬유에 비해 훨씬 가볍고 높은 내구성을 지니고 유리섬유의 단점인 균열과 변색이 전혀 없어 유지 측면에서도 경제적

○ 이러한 신소재들은 다양한 규격과 디자인을 토대로 완성차 업체 및 튜닝업체의 트레일러 제작기간 단축, 세그먼트별 제품 다양화 등에 사용됨

(2) 마그네슘

○ 마그네슘은 밀도가 매우 높으면서도 강성이 높아 차량 무게를 60% 까지도 줄일 수 있는 특성을 가지고 있음

- '25년까지는 현재 알루미늄과 유사한 수준의 마그네슘 합금이 제조될 예정이고 '50년까지는 탄소섬유와 비슷한 수준의 대량생산 수준까지 도달할 전망

○ 현재 시점에서 마그네슘이 지닌 한계점은

- 마그네슘 생산에 엄청난 에너지가 소모되며, 생산 과정에서 환경오염 역시 심각하여 미국 내에서도 마그네슘 합금을 생산할 수 있는 시설은 단 한군데뿐임

- 부식에 매우 약한 특성을 가지고 있기 때문에 마그네슘의 부식 특성에 대한 이해가 요구되고, 이종 금속 접촉 부식[10](Galvanic Corrosion)을 피할 수 있는 기술 개발이 필요

- 강성이 상대적으로 약하기 때문에 적절한 강성을 확보할 수 있는 기술이 필요하며, 마그네슘과 철강, 기타 플라스틱 소재와 결합될 수 있는 기술이 요구

10) 서로 다른 금속이 접촉하여 한쪽 금속의 산화를 촉진시킴으로써 일어나는 부식임

- 현재의 모델링 프로그램들은 철강이나 알루미늄의 물적 특성에 맞춰져 있기 때문에 마그네슘의 물적 특성을 감안한 프로그램이 부족한 실정이며, 마그네슘 합금의 특성을 감안하여 초소형, 중형 및 대형 축척 모델링이 기술이 요구

(3) 알루미늄

○ 알루미늄 합금은 주조과정을 통해 다양한 형태의 부품을 만들 수 있고 비용이 저렴하기 때문에 주로 파워트레인 등에 적용 가능한 것으로 판단되며 디자인 개발을 통해 기존 화물트럭 중량을 40%까지 감량할 수 있을 것으로 예상

- '25년까지 알루미늄 소재를 이용한 다양한 주조제품 생산가능 전망
- '50년까지 물적 특성이 강화되면서도 다양한 일체형 부품으로 생산된 알루미늄 제품출시와 더불어 100% 재활용이 가능해질 전망

○ 현재 시점에서 알루미늄 소재가 갖는 한계점은

- 현재로써는 다양한 소재와 결합될 수 있는 기술력이 부족하기 때문에 알루미늄 구조를 적용하기 위한 다양한 금속과 플라스틱 및 화합물들과의 결합 기술 확보가 요구되고 있음
- 모델링과 시뮬레이션 및 디자인 관련 소프트웨어가 부족하고 알루미늄 제품의 제조 및 성능 평가를 위한 컴퓨터 소프트웨어가 부족한 실정임
- 고성능의 합금을 주조할 수 있는 기술이 부족한 실정이며 고온에서도 금속 피로가 발생하지 않는 합금 기술을 확보하기 위해 노력하고 있음
- 현재까지 다양한 알루미늄 부품들이 개발되어 있지만, 차량 특성을 반영하는 알루미늄 합금의 개발이 필요한 상황임

(4) 유리섬유 강화 플라스틱

○ 유리섬유 강화 플라스틱 소재는 차량 무게를 줄이는데 있어서는 탄소섬유 소재와 비교해 효과가 크지는 않지만 저비용, 다양한 적용 가능성 때문에 현재보다 더 광범위하게 적용 가능한 것으로 판단

- 현재도 유리섬유 강화 플라스틱은 운전석 캐빈(cabin)이나 차체 구조에서 광범위하게 사용
- 유리섬유 강화 플라스틱 소재는 차량 무게를 줄이는데 있어서는 탄소섬유 소재와 비교해 효과가 크지는 않지만 저비용, 다양한 적용 가능성 때문에 현재보다 더 광범위하게 적용될 것으로 기대
- 적용범위가 확대됨에 따라 '25년까지 트럭 중량의 30%, '50년까지 트럭 중량의 50%까지 줄일 수 있는 소재로 기대

○ 현재 시점에서 유리섬유 강화 플라스틱이 가진 한계점은

- 소재의 신뢰도가 낮고, 유리섬유와 플라스틱을 다양하게 결합시키는 기술이 부족하여 물적 특성을 개선하고 내구성을 제고하기 위한 노력이 필요
- 모델링과 시뮬레이션 및 디자인 관련 소프트웨어가 부족하기 때문에 제조 및 성능 평가를 위한 컴퓨터 소프트웨어 개발이 요구
- 유리섬유 강화 플라스틱의 물적특성과 관련된 데이터베이스와 디자인 노하우가 별로 축적되어 있지 않으며 저비용 생산기술 및 대량생산 기술이 아직 확보되지 않았음

(5) 티타늄 및 니켈 합금

○ 티타늄은 고온에서도 내식성이 우수한 특성 때문에 파워트레인이나 고온에 노출되는 부품에서 널리 사용될 것으로 기대

- '25년까지 생산 비용은 크게 낮아질 전망

○ 현재 시점에서 유리섬유 강화 플라스틱이 가진 한계점은

- 제조 기술 및 관련 인프라, 대량 생산 기술 부족
- 부품의 제조 및 마감을 위한 기술이 극히 제한적
- 내열 성능이 미흡하고 물적 특성을 파악하기 위한 데이터가 부족
- 낮은 가격으로 대량 생산하기 위한 원료가 부족

(6) 고강도강판

○ 초기 트럭 등에 사용된 강판은 생산 기술의 한계로 무른 성질의 연질 강판이 주류였으나, 이후 철강 기술의 발전을 바탕으로 트럭의 안전성 및 경량화를 위한 다양한 강판이 적용 중

○ 초고장력강판은 60kg-120kg급의 외부하중을 견딜 수 있는 인장강도를 가진 강판으로 강한 힘을 견딜 수 있어 최근 상용차를 비롯한 자동차 경량화의 핵심 철강재로 주목받고 있음

<표 2-2> 고강도강판의 분류

구분	기준 (MPa)
일반(연질) 강판 (Mild Steel)	270 이하
고강도 강판 (High Strength Steel)	270 ~700
첨단 고강도 강판 (Advanced High Strength Steel)	700 이상
초고강도 강판 (Ultra High Strength Steel)	1,000 이상(1G)

자료 : 세계철강협회, http://www.worldsteel.org/

○ 고강도강판은 다른 소재에 비해 가격이 저렴하고 강도와 강성이 뛰어난 장점을 가지고 있음

- 내구성 및 외관성이 좋고 안정성이 높음
- 알루미늄 가격의 40%정도인 저렴한 가격으로 경량화를 위한 가격경쟁에서 유리한 위치를 선점할 수 있음
- 강도와 강성이 뛰어나 때문에 대형 트럭 경량화에 적합한 재료로 여겨지고 있음
  · 미국의 철강업체들은 초경량 철강 차체 개발을 위한 ULSAB(The Ultra light Steel Auto Body) 프로젝트를 추진하였으며 초고강도 강판을 적용해 기존 강판 무게 대비 36%의 경량화를 달성함 [11)]

○ 열연 고강도강의 주요 용도 중 하나는 중장비 산업 부문으로서, 중장비는 크게 운송 중장비 부문과 건설 중장비 부문으로 구분할 수 있음

- 운송 중장비 (Heavy equipment for Transportation)부문에서는 트럭, 특장차, 그리고 트레일러의 프레임 용도로 많이 사용됨
- 건설 중장비 (Heavy equipment for Construction) 부문에서는 굴삭기, 크레인, 콘크리트 펌프 트럭 등에 사용되는 붐/암 (Boom/Arm) 및 프레임 용도가 대표적임

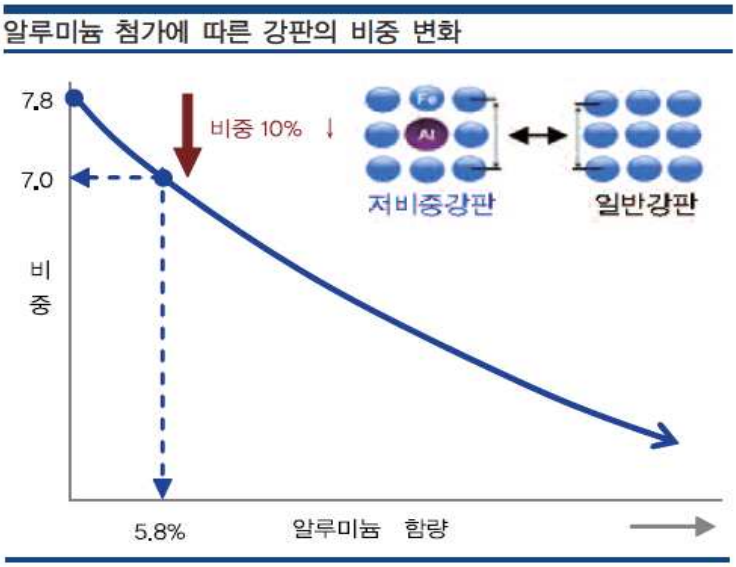
○ 현재 시점에서 고강도강판은 다음의 한계점을 갖고 있음

- 고강도강판의 강도와 강성이 높아질수록 가공성이 떨어지며, 용접성이 떨어져 수명이 저하되므로 가공 및 후처리, 모델링 및 시뮬레이션 관련 기술 개발이 요구
- 다양한 규격의 고강력강판을 생산하기 위해서는 재료인 열연재 단계부터 냉연재 가공에 이르기까지 다양한 가공기술이 요구

○ 저비용 고강도강판소재 기술 연구는 다음과 같이 진행되고 있음

- 현재의 고강도 강판은 지금보다 비중이 10%이상 낮아져야 알루미늄과 중량 경쟁이 가능하며 이를 위해 철 보다 가벼운 알루미늄 등의 경량 원소를 5~10%정도 첨가하여 비중을 낮추려는 연구가 활발히 진행 중임[12)]
- 독일의 막스 플랑크 연구소와 독일의 철강 회사인 티센크룹(ThyssenKrupp)는 최근 알루미늄을 첨가한 고강도 강판 개발에 성공하였음

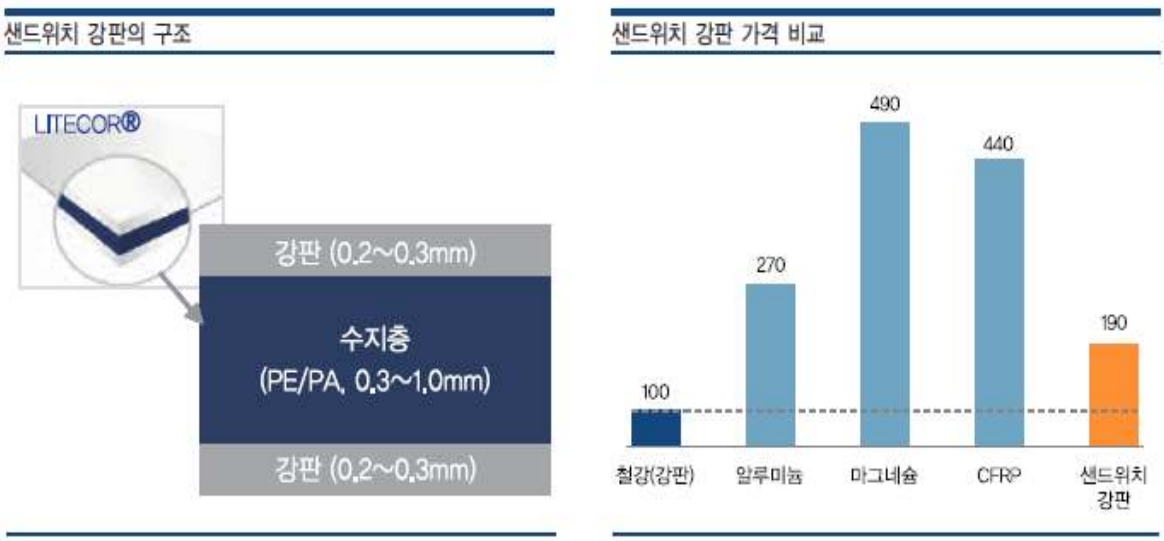
11) 한국자동차산업연구소, 『자동차용 강판의 고강도·경량화』, 2013, p. 7.
12) 한국자동차산업연구소, 『자동차용 강판의 고강도·경량화』, 2013, p. 6~8.



자료: 한국자동차산업연구소,『자동차용 강판의 고강도·경량화』, 2013, p. 7.

<그림 2-11> 알루미늄 첨가에 따른 강판의 비중 변화

- 또한, 최근 티센크룹(ThyssenKrupp)은 경량화 및 표면 강성 향상을 위해 강판사이에 수지 층을 넣은 다층구조의 샌드위치 강판을 개발하였음
- 부품 적용 시 20%경량화가 가능하며 두께 증가로 인해 강성 역시 5%정도 증가함. 또한 가격적인 측면에서 알루미늄에 비해 30%이상 저렴함



자료: 자동차공학회학술지, 자동차용 강판의 고강도·경량화

<그림 2-12> 샌드위치 강판의 구조

(7) 경량 신소재 검토 시사점

○ 중량화물을 운송해야하는 트레일러 특성상 최근 선진 각국에서는 차체 경량화를 위해서 기존 강재 외 탄소섬유, 마그네슘, 알루미늄, 유리섬유 강화 플라스틱, 티타늄 및 니켈 합금, 고강도강판, 강인강 등 다양한 신소재 사용을 꾸준히 시도하고 있음

- 그러나 현재까지는 트레일러의 주된 구성요소라고 할 수 있는 차체에는 알루미늄 외에는 철강재의 강도 및 강성, 중량, 가공용이성 등을 대체할 수 있는 경량신소재가 뚜렷이 나타나지 않고 있음

- 다양한 신소재가 지닌 고유특성을 고려하고 경제성까지도 고려하여 트레일러 차체는 철강재를 이용하면서 일부 부품 및 부위별로 최적의 소재를 적용하는 수준에 그치고 있음

- 부품 및 부위별로 다양한 소재가 적용되면서 트레일러의 안전성을 확보하기 위해 각 소재의 특성을 감안하여 일정 강성과 강도를 유지하기 위한 구조개선 기술은 비교적 활발히 개발 중임

○ 다만, 철강소재 대용으로 트레일러 차체부분에 새롭게 적용되고 있는 신소재 중에는 중량이 가볍고 가공성, 충돌에너지 흡수 등이 우수한 알루미늄 소재가 미국, 유럽을 중심으로 경량 트레일러 생산에 적용되고 점유율을 점차 늘여가고 있으나 소재가 기존 철강재 대비 3배 가까이 높은 가격대이어서 단 시간내 철강재 트레일러를 대체하기에는 한계가 있었음

- 알루미늄 트레일러의 무게는 4000~5000kg정도로 스틸 평판 트레일러의 무게를 1,000~2,000kg 정도 경량화 할 수 있는 것으로 알려져 있음

○ 최근 60kg-120kg급의 외부하중을 견딜 수 있는 인장강도를 가진 초고장력강판의 개발로 인해 상용차를 비롯한 자동차 경량화의 핵심 철강재로 부상하면서 고가로 소재로 주춤하던 경량 트레일러 기술개발 속도가 배가될 것으로 전망

- 초고장력강판은 60kg-120kg급의 외부하중을 견딜 수 있는 인장강도를 가진 강판으로 강한 힘을 견딜 수 있어 최근 상용차를 비롯한 자동차 경량화의 핵심 철강재로 주목받고 있음

○ 포스코는 2015년부터 자체 개발한 자동차 구조용 강판(Steel for Automobile Structure) ATOS 100을 양산 판매할 계획이었으나 일부 후물재 생산에 차질이 생겨 다소 생산일정이 지연되고 있으나 조만간 생산이 본 궤도에 오르면 이를 통해, 경량화뿐만 아니라 가격 경쟁력 까지 확보할 수 있을 것이라 기대

- 본래 자동차 구조용으로 개발된 ATOS 강종의 경우 이미 1990년대부터 양산화되어 왔고, ATOS55, ATOS60의 경우에는 부분적으로 동등한 인장강도 등급에서 항복강도 하한이 상대적으로 낮은 EN 10149-2 규격[13]과 상이한 재질 기준이 존재하였으나 본 R&D 기술개발에 적용된 ATOS100 고강도강판의 경우 항복강도 900MPa, 인장강도 980MPa를 가지는 EN 10149-2 규격에 부합하는 초고강도 강종에 해당됨

- SSAB社(스웨덴)의 Domex900, RUUKKI社(독일) Optim900QC, JFE社(일본) NanoHiten980, NSSMC社(일본) Welten950RE 등이 POSCO社 ATOS100의 경쟁강재에 해당됨

13) 열연 고강도강 규격 중에서 EN 10249-2 "Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming" 은 냉간성형용 고항복강도 구조용강에 관한 규격으로서, 항복강도를 강도 등급 기준으로 하여 YS 315MPa 부터 YS 960MPa 까지의 강재 규격이 규정되어 있으며, ATOS100의 경우 S900MC급 강종으로 분류될 수 있음

○ 현존하는 가장 강도가 높은 강재는 SSAB사의 Domex1200이나, 열연 Direct Quenching 공정으로 제조되는 제품으로서는 RUUKKI사의 Optim1100QC, 그리고 ATOS120[14]이 YS 1100MPa 급으로 가장 강도가 높음

- 역시 열연 Direct Quenching으로 제조되기도 하는 일부 내마모강 제품의 경우 강도 수준이 고강도강 제품들보다 한층 높아서, POSCO의 PHH450B (HB450급, TS 1500MPa급), RUUKKI의 RAEX500 (HB500급, TS 1600MPa급, 3.0~6.5mm) 등이 열연 Final 상태로 높은 강도와 경도를 확보하여 제조되고 있음

<표 2-3> 경량 신소재의 특장점 비교

구분	탄소섬유	마그네슘	알루미늄	유리섬유/ 강화 플라스틱	티타늄/ 니켈합금	고강도 강판
경량화 효과(%)	50~70	30~70	30~60	25~35	10~30	10~30
가공용이성	매우 낮음	낮음	높음	높음	낮음	높음
내구성	높음	낮음	높음	낮음	높음	높음
경제성	매우 낮음	낮음	낮음	낮음	높음	높음
대량생산 가능성	높음	낮음	높음	낮음	낮음	높음
재활용/재사용성	매우 낮음	낮음	높음	낮음	높음	높음
비 고	일부 부품개발에 활용가능	에너지가 많이 들고 환경문제가 심각	타 소재와 결합하기 곤란	소재에 대한 신뢰도가 낮고 물적 특성개선 노력필요	원료부족	여타 신소재에 비해 적용성 우수

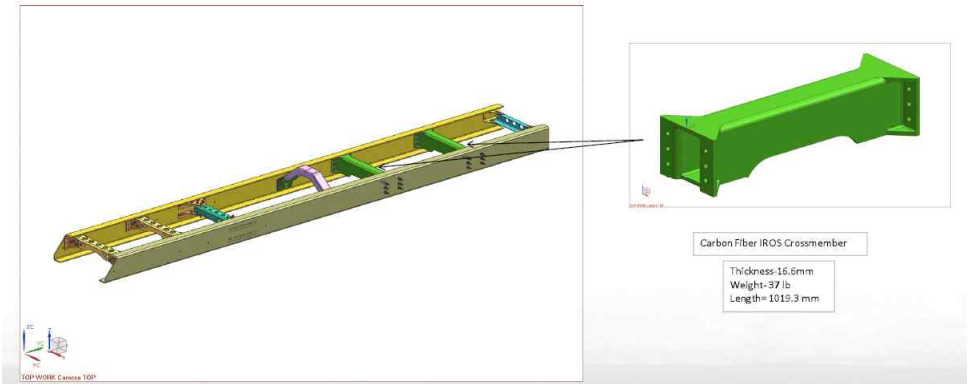
다. 구조 개선기술 분야 동향

(1) 구조개선 기술분야의 개요

○ 트레일러 경량화에서 소재의 선택만큼 중요하게 여겨지는 것이 차체구조의 합리화이며, 하중을 분산하는 골격과 각부재의 결합방법을 연구하여 트레일러의 강성을 높이면서도 경량화 할 수 있는 다양한 디자인들이 개발 중

- 트레일러 프레임 설계는 적용 소재의 특성을 감안하여 다양하게 설계 및 적용되어야 할 필요

14) 현재 POSCO에서는 ATOS120기술은 개발을 완료했다고 발표하였으나 상용화까지는 4-5년 이상이 시일이 소요될 것으로 전망됨



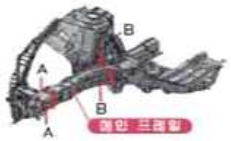
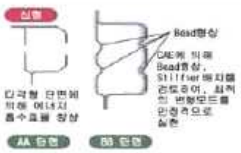
자료 : US DOE, http://www.energy.gov/

<그림 2-13> 트레일러 구조 경량화의 사례

○ 상용차 사례 중 Honda의 Fit 구조가 대표적인데, 해당 사례는 재료 전환에 의존하지 않고 구조 개선을 통해 차량 경량화 목표를 실현한 대표적인 사례로 알려져 있음

○ 경량화된 구조를 만들기 위해서는 강도와 강성 상 중요한 부분에 판 두께 확대와 보강부재 설치가 요구되는데, 추가 보강방법과 그에 따른 중량 증가를 최소한으로 억제하기 위한 보강재 설계 및 적용연구가 주요 내용임

- 유리섬유 등 수지제 보강재를 공급하는 대표적인 기업으로는 미국 L&L Products社를 들 수 있음

경량기술	그림	효과
하중 분산구조 프레임 적용		5.9kg 감소
Pillar 단면형상 다각화		3kg 감소
Floor Cross Member 형상 U자형으로 변경하고 대각선으로 조합		2.2kg 감소
스티어링 빔 파이프 2중 확관성형		1.3kg 감소
차체 전체적으로 고장력 강판 사용비율 14% 증대	-	5.3kg 감소

자료 : 자동차 경량화 기술, Automotive Technology, 2008.05.

<그림 2-14> Honda Fit의 각 차체 부분별 경량화 사례

○ 고강도강판 등 강도가 높아 성형이 용이하지 않아 재료를 사용할 수 없을 때 소재의 강도를 높이기 위한 방법으로 다양한 단면형상 다각화 기술도 적용되고 있음

- 단면형상 다각화는 부재에 주름이나 특정 모양을 만듦으로써 부재의 강도를 높이는 방법인데, 대표적인 방법 중의 하나가 Roll 성형기술임



<그림 2-15> Roll 성형기술을 이용한 두성특장차社의 벌크 트레일러 제작사례

(2) 위상 최적화(topology optimization)의 개념

○ 최적설계란 특정 제품이나 시스템이 가능한 한 최고의 성능을 발휘할 수 있도록 설계하는 작업을 총칭하여 이르는 용어임

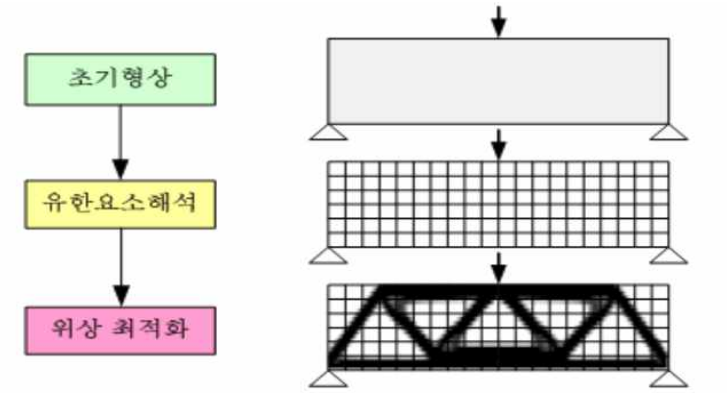
- 단, 여기서 “최적”이란 용어는 제품이나 시스템의 가격 및 외형 치수와 같은 제약적인 조건 등을 모두 고려하여 발휘할 수 있는 최고의 성능을 의미함[15)]

○ 최적설계는 구조부의 치수를 최적화하는 치수 최적설계(size optimization), 물체의 형상을 최적화하는 형상 최적설계(shape optimization), 그리고 물체의 위상을 최적화하는 위상 최적설계(topology optimization)로 구분할 수 있음

- 위상 최적설계는 제품이나 시스템의 개념설계 단계에서 그 구조를 최적으로 설계하기 위한 것인 반면, 치수/형상 최적설계는 이미 개발된 제품이나 시스템의 구조를향상시키는 경우에 활용됨

- 예를 들어, 시공하고자 하는 현수교의 골격을 어떠한 형태로 할 것인가는 위상 최적설계에 해당되고, 골격이 결정된 다음 각 구성 부품의 상세한 치수나 모양을 선정하는 것은 치수/형상 최적설계 범주에 해당됨

15) MIDAS NFX, “http://www.nfx.co.kr/techpaper/keyword_view.asp?idx=224”, (2015. 2. 22)



자료 : MIDAS NFX, “http://www.nfx.co.kr/techpaper/keyword_view.asp?idx=224”, (2015. 2. 22)

<그림 2-16> 위상최적화를 통한 부품 설계 개념도

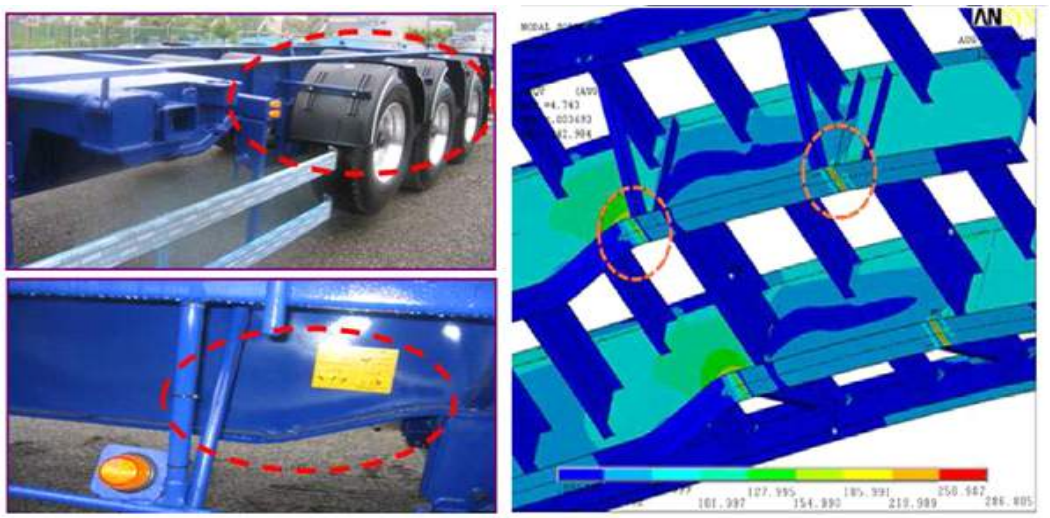
(3) 평판 트레일러의 위상 최적화

○ 경량 평판 트레일러 기술은 평판 트레일러의 중량을 감소시켜 운송 효율성을 증가시키는 기술임

- 응력 집중 완화 기술 및 웹 두께 축소 기술

· 파손은 대부분 응력집중 부위에서 발생되므로, 메인 프레임 형상을 유선형으로 설계함으로써 응력집중을 없애고 복원력을 향상시키는 기술 개발이 활발히 진행 중임

· 소재가 불필요하게 보강된 웹이나 사이드 레일 두께를 축소하여 경량화를 달성하려는 연구 또한 활발히 진행되고 있음



자료 : 김진곤 외, 『다구찌 기법을 이용한 대형 평판 트레일러 하부프레임 경량설계』, 대한기계학회 논문집A, 2010, p. 3.

<그림 2-17> 섀시 트레일러의 상용 프로그램을 이용한 응력 집중 부위 해석

- 메인 웹 및 사이드 레일 타공 기술

· 프레임의 강도에는 영향을 주지 않고, 무게를 경량화 할 수 있는 경량 홀을 적용하는 기술에 대한 연구가 이루어지고 있음

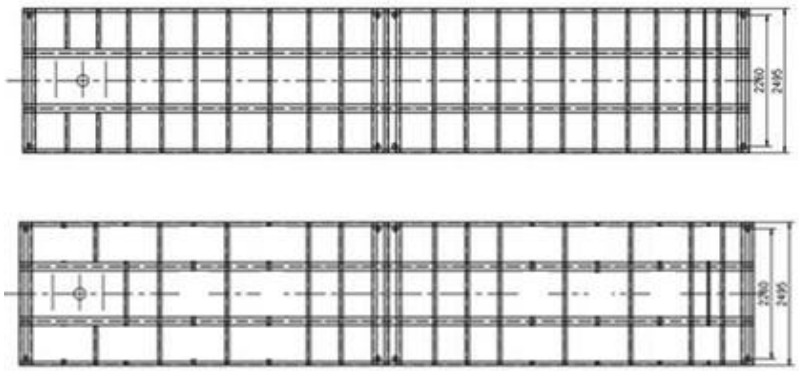


[KRONE社 경량트레일러] [KOGEL社 경량트레일러]

<그림 2-18> 평판트레일러 타공을 통한 경량화 사례

- 크로스 멤버 구조 변경 기술

· 강도를 유지하면서 불필요한 크로스 멤버 수를 감소하거나 메인 플랜지 형상을 변경하여 중량을 감소시키고 있음.



자료: TONGYA Flatbed semi-trailer company

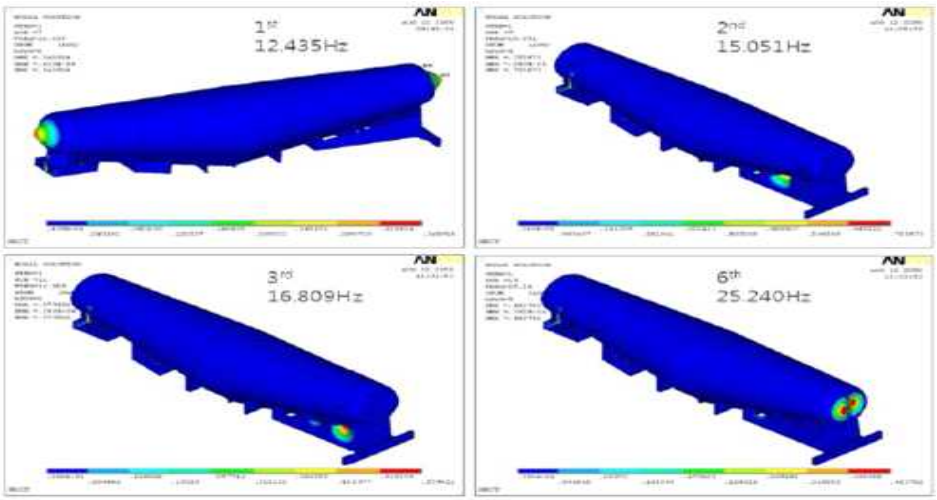
<그림 2-19> 평판 트레일러의 크로스 멤버 수 감소

(4) 벌크 트레일러의 위상 최적화

○ 경량 벌크 트레일러 기술은 벌크 트레일러의 중량을 감소시켜 운송 효율성을 증가시키는 기술임

- 벌크 용기의 응력 집중 완화 기술

· 파손은 대부분 응력집중 부위에서 발생되므로, 메인 프레임 형상을 유선형 설계함으로서 응력집중을 없애고 복원력을 향상시키는 기술 개발이 활발히 진행 중



자료: 김진곤 외,『벌크 시멘트 트레일러의 정동적 유한요소 해석』, 대한기계학회논문집 A, 2012, p. 3.

<그림 2-20> 상용프로그램을 이용한 벌크 트레일러의 응력 집중 부위 해석

- 프레임 설계 변경 기술

· 벌크 트레일러의 프레임은 수하물에 의한 하중을 대부분 지지하기 때문에 충분히 강한 강도를 유지하면서 경량화 된 구조를 갖는 것이 중요함

라. 다목적 트레일러 기술 분야 동향

(1) 다목적 트레일러 기술분야의 개요

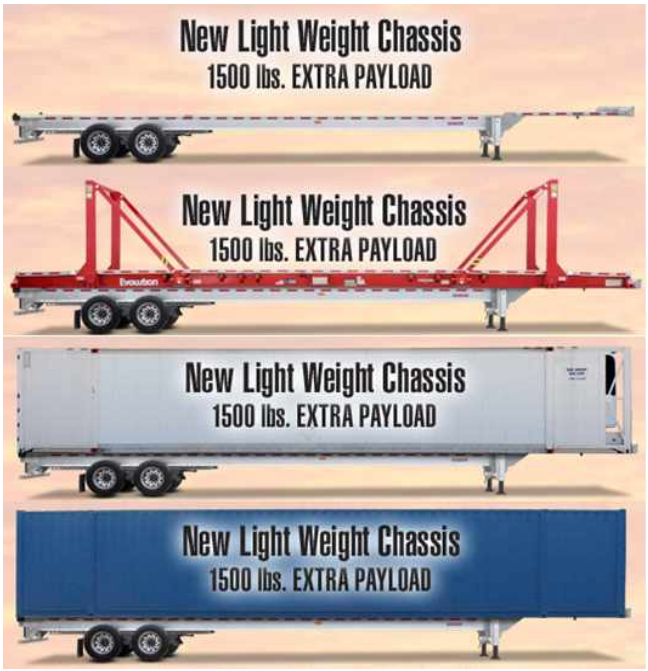
○ 다목적 트레일러는 두 가지 이상의 목적으로 동시에 사용될 수 있는 트레일러로서 평판등을 탈부착하여 트레일러의 중량을 직접적으로 감소시키는 효과 또는 다목적 활용으로 공차 운행을 감소시켜 전반적인 사용 효율을 높이는 효과를 갖고 있음

- 평판 트레일러에 운송용기를 탈부착하거나, 평판 전체 또는 일부를 탈부착 및 변형하여 운송대상 화물의 특성에 맞게 변형이 가능한 특징이 있음

(2) 운송용기의 다목적 탈부착으로 인한 트레일러 경량화 및 운송효율 향상

○ 기존의 평판 트레일러는 화물을 하역한 후에도 차체 무게가 무겁다는 단점이 있지만, 운송용기의 다목적 탈부착을 통한 경량화로 해결이 가능함

- 최근 미국 트레일러 전문 업체 Fortaine은 Evolution Flat Deck을 개발하여, 여러 용도에 맞는 운송용기를 탈부착함으로서 트레일러를 경량화할 뿐 아니라 다양한 목적으로 활용하고 있음

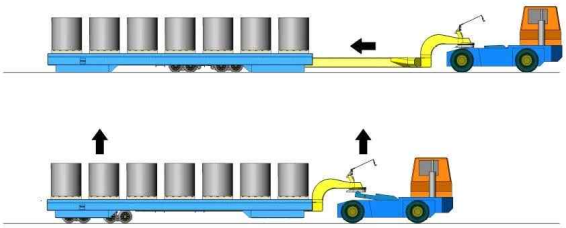


자료: Fortaine Trailer Corporation, http://www.fontainetrailer.com, (2015, 02, 18)

<그림 2-21> 섀시 트레일러의 경량화 및 다목적 탈부착 기술

○ 트레일러의 적재함부를 교환이 가능하도록 설계할 경우 운송 화물의 특성에 따라 적합한 상판을 사용할 수 있어 공차율 감소, 안전도 증가 등의 효과를 기대할 수 있음

- 핀란드 물류장비 전문기업인 TTS 그룹의 TTSLIFTEC社는 로우베드트레일러에 화물에 따른 전용상판을 적재하여 운송이 가능한 Cassette system을 개발하여 판매하고 있음



[TTSLIFTEC社 Cassette system 개념도]



[Cassette system 사용 사례]



[코일전용 Cassette system 상판]



[Cassette system 평판 상판]

자료: http://ttsliftec.com/

<그림 2-22> 탈부착을 통한 운송 장비 경량화 및 운송효율 향상 사례(Cassette system)

○ 평판 트레일러는 장거리 운송 시 운전자의 피로감 상승으로 인해 물품이 24시간 이동하는 것이 불가능하지만, 운송용기를 탈부착 하여 철로로 전환 수송을 할 경우 24시간 운송이 가능함

- 2006년 미국에서 1,430개 기업체들을 대상으로 실시한 연구에 따르면 평균적으로 11.5%의 직접적인 물류비용을 절감하였으며 약 3일의 배송시간 단축을 경험한 것으로 집계되었음[16)]

16) 국토교통부, 『도로화물 운송 효율화를 위한 트레일러 경량화, 공기저항저감 및 운송용기 최적화 기술 기획보고서』, 2013, p. 187.



<그림 2-23> 탈부착을 통한 운송 장비 경량화 및 운송효율 향상사례(Fontaine Evolution)

(3) 적재함 개선으로 인한 적재 및 하역작업 효율 향상

○ 최근 세미 트레일러의 하역작업상 편의성을 제고하기 위하여 적재함을 기울여 한꺼번에 적재물을 쏟아내는 티핑 트레일러의 개발이 늘어나고 있음

- 티핑 트레일러는 적재함을 유압실린더(엑추에이터)를 이용하여 길이방향으로 적재함을 들거나 옆쪽으로 기울이는 형태로 개발되는 것이 일반적임. 이러한 티핑기술은 덤프트럭 등 이미 보편화된 기술임
- 티핑 트레일러 기술은 주로 벌크 트레일러에 적용되어 곡물, 주정, 폐기물 등의 하역 편의성 향상을 주로 이용됨. 사이드 티핑 트레일러(side tipping trailer) 기술의 경우에는 철근이나 강판, 쇠파이프 등 중량물을 한꺼번에 하역하는데 주로 사용하고 있음
- 포르투갈에서는 컨테이너 크레인이나 리치스테커 등 하역장비 없이 차량에 장착된 유압장치로 컨테이너를 상하역하기 위하여 트레일러 차축을 앞으로 이동시켜 적재함 뒤쪽 바닥이 바닥에 닿도록 하는 특색 있는 티핑 방식을 채택한 경우도 있음



tipping trailer 기술



side tipping trailer 기술



Selfload Containers 기술
(포르투갈)

자료 : https://www.youtube.com/watch?v=Q2uEpi2TPLc

<그림 2-24> 세미 트레일러의 티핑기술 적용사례

○ 또한, 평판 트레일러에 적재된 화물의 낙하방지를 위해 적재함 모양의 접이식 벽(wall) 을 설치하는 월 트레일러도 해외에서는 널리 사용되고 있으며, 최근에는 카고 트레일러의 적재함 문을 날개처럼 펼치는 윙바디 트레일러도 이미 보편적으로 널리 사용되고 있음



월(wall) 트레일러



윙바디 트레일러

<그림 2-25> 세미 트레일러의 적재편의 향상기술 적용사례

(4) 트레일러 차체 운행 안전성 향상 및 편의 개선

○ 중량물을 높은 차체에 적재했을 경우 회전 시 무게중심이 바깥으로 쏠려 전복될 수 있는 위험이 있으므로 차체 높이를 낮추고 회전반경을 줄일 목적으로 거위의 목처럼 생겼다고 해서 붙여진 구스넥(Gooseneck) 혹은 드롭덱(Dropdeck) 이라 불리는 설계 기술로 세계 각국에서 보편적으로 적용되고 있음

- 이러한 구스넥 혹은 드롭덱 기술은 급정차 시 관성에 의해 적재물이 트럭 쪽으로 급격히 쏠리는 위험으로부터 운전자를 보호하기 위한 목적으로도 널리 사용됨



구스넥(Gooseneck) 평판 트레일러



드롭덱(Dropdeck) 평판 트레일러

○ 최근 초정밀 전자부품의 도로 운송시 파손을 최소화하기 위하여 무진동 트레일러가 이용되기도 하고 적재물의 무게 치우침에 의해 발생하는 축중 편차를 최소화하기 위해 차축에 고루 하중을 분포시켜주는 워킹빔 서스펜션(walking-beam suspension)이 채용된 워킹빔 트레일러가 국산화되기도 하였음

○ 적재물 길이 따라 트레일러 차체 길이를 조절할 수 있도록 함으로써 연비 향상과 운행 안정성에도 도움을 주기 위한 슬라이드 트레일러 기술도 국산화되었음



무진동 트레일러 기술



워킹 빔 트레일러 기술



슬라이드 트레일러 기술

<그림 2-26> 세미 트레일러의 트레일러 운행 안정성 향상 기술적용사례

○ 트레일러에 새로운 경량신소재를 적용하거나 구조를 개선하는 기술 외에 최근 트레일러 기술 분야에 두드러진 특징은 편의사양을 다양하게 개발하고 있다는 점임

- 전면 벽에 부착된 회전손잡이를 이용하여 트레일러 옆면 커튼이나 천정 전체를 접었다 펼 수 있도록 하는 장치가 적용되고 있음
- 가변적으로 탈부착 가능한 측면 기둥과 적재함 바닥을 이용하여 33개 파렛트를 추가 적재할 수 있는 2층 데크를 활용하는 기술과 지게차를 이용하여 적재함 바닥면을 손쉽게 높이 조절할 수 있는 적재바닥 높이 가변기술도 적용되고 있음
- 탈부착식으로 적재함형 카고 트레일러 바닥을 설계하고 바닥면을 들어내었을 때에는 코일을 안정적으로 적재 할 수 있게 하는 다목적 바닥설계 기술도 적용됨
- 하역작업 시 천정높이를 가변적으로 조절할 수 있게 함으로써 천정에 화물이 부딪히는 현상을 줄여 하역편의성과 안전성을 도모하는 기술도 적용되고 있음
- 화물고박용 끈을 운전자 혼자 간편하게 체결하기 위해 커튼레일에 고박끈을 거치시켜 한 방향에서 잡아당기기만 하면 끈을 손쉽게 고정할 수 있는 장치나 바닥에 롤러를 달아서 지게차 없이도 파렛트 적재를 용이하게 하는 등의 편의사양이 다양하게 개발되어 있음
- 길이가 긴 트레일러의 회전반경을 좁게 하기 위하여 트레일러 뒷바퀴도 트럭조향방향에 따라 함께 돌아가는 트윈 스티어링(twin steering) 기술도 개발되었음



2층 데크 설비



트윈스티어링 기술



슬라이딩 루프기술





적재함 천정높이 조절기술



적재함 측면기둥
간편 고정기술



코일 적재 가변 바닥설비



적재바닥 높이 가변기술



선재 적재안전성 향상을
위한 Multi Fix 시스템



고박 끈 간편체결을 위한
Multi Strap 시스템



파렛트 롤러 기술

<그림 2-27> 기타 트레일러 편의사양 기술 적용사례

마. 시사점

○ 자동차 연비향상을 위해 소재를 개선하여 차량을 경량화하려는 추세는 모든 차종에 걸쳐 나타나고 있으며, 트레일러 관련 업계도 예외가 아님

- 알루미늄 평판 트레일러 가격은 2축 기준 대체로 강재를 사용한 기존 트레일러 제품 보다 2,000만원 가까이 비쌈에도 불구하고 화물을 더 싣고 연비를 향상시킨다는 이유로 국내에 '알루미늄(AL) 트레일러'가 완제품 및 반제품 형태로 수입되거나 판매되는 경우가 미미하지만 꾸준히 발생하고 있음

- 이러한 현상은 강재(steel)로 만든 트레일러의 경우 '알루미늄(AL) 트레일러'만큼의 차중 경량화만 달성할 수만 있다면 2,000만원 가까운 판매가 상승요인이 있어도 시장성이 있다는 의미로 해석할 수 있음. 왜냐하면 강재(steel)로 만든 트레일러의 경우 알루미늄 트레일러에 비해 유지보수 측면에서 용이하기 때문임

○ 자동차 연비향상을 위해 소재를 개선하는 기술 외에도 경량화된 구조를 만들기 위한 구조개선 노력이 다양하게 이루어지고는 있으나 대부분 유한요소기술해석 기법을 통한 부분적 개선 수준의 노력들일 뿐 궁극적인 최적화설계 수준까지 시도하지는 못하고 있는 수준임

- 추후 새로운 소재가 결정되고 특정 소재에 적합한 최적화 설계를 통해 강도와 강성상 다양한 부품의 두께 결정이 이루어지고 불필요한 부재를 줄이거나 생략하는 설계도 추가되어야 할 것으로 사료됨

○ 화물에 따라 적재함을 탈부착 또는 변경하여 다목적으로 활용할 수 있는 트레일러 기술에 대한 개발 및 연구가 진행되고 있으며 일부 제품이 시장에 소개되고 있음

- 공차운행을 줄이고 적재화물의 안전성을 높이는 측면에서 기술개발을 검토할 필요성이 있으며 적재함의 탈부착 또는 변형이 쉽게 가능하도록 검토되어야 함

○ 기타 트레일러 편의사양은 자동차 연비향상에 직접 기여하지는 않지만 개발된 기술의 상용화 과정에서 시장성을 높이는데 중요한 기술이며, 트레일러의 안전하고 편리한 운송작업과 운전자 작업환경을 개선하는데 중요한 비중을 차지하는 기술이므로 본 연구단 기술개발 과정에 중요한 요인으로 고려해야 할 필요성 있음

2. 선도기업(제조) 동향

가. 국외 주요 제조업체 동향

(1) Fontaine Trailer社

○ 미국 Fontaine Trailer社는 다양한 종류의 트레일러 및 군용장비, 부품 등을 생산하는 트레일러 전문업체

- Fontaine社의 경량 트레일러는 강철과 알루미늄 소재로 제작되며 타 제품에 비해 가벼워 적재효율이 높고 부식내구성도 뛰어나 연료를 최대 3% h68

- 절감할 수 있어 경제적이며 타이어 수명도 최대 30% 연장시킨다고 알려짐

- 운영비용이 낮고 규격화된 제품으로 혁신적이며 사용하기 쉽게 디자인되었음(미국 특허-7591953, 7568754)

○ Fontaine Trailer社에서 생산 중인 경량 트레일러는 총 7종(Flatbed 2종, Tridem 1종, Hybrid Flatbed 1종, Hybrid Dropdeck 1종, Hybrid Tridem 1종, Hybrid Tridem dropdeck 1종)이며, 4ft당 집중하중은 약 23~27톤(52,000~60,000lbs) 수준임



자료 : Fontaine Trailer Company, http://www.fontainetrailer.com

<그림 2-28> 미국 Fontaine Trailer Company의 경량 트레일러

(2) LeciTrailer社

○ 스페인의 대표적 특장차 제조업체인 LeciTrailer社에서는 첨단 고강도 강재와 새로운 설계기술을 이용하여 다양한 경량 트레일러를 생산 중

- LeciTrailer社는 스웨덴 철강회사인 SSAB社의 첨단 고강도 강재와 특수한 설계 디자인을 이용하여 경량 트레일러를 제조
- LeciTrailer社는 트레일러를 경량화하기 위하여 고강도 강재를 파형으로 제작하고, 여러 개의 메인 샤시맴버, 크로스 맴버를 제거함으로써 보다 가볍고 견고한 트레일러를 제조
- 기존 트레일러에 비해 약 15% 가벼워 약 1톤의 적재 용량이 향상됨



자료 : LeciTrailer, http://www.lecitrailer.com/

<그림 2-29> LeciTrailer社의 파형 강재를 이용한 경량 트레일러

(3) SSAB SWEDISH STEEL社

○ SSAB社는 130년이 된 스웨덴의 철강회사로 고품질 고장력강 전문 생산업체

- SSAB社의 고장력강의 특징은 작은 오차범위, 탁월한 용접성, 가공성 및 성형성을 들 수 있으며, 경량화를 위한 트레일러, 적재함, 샤시 등 다양한 분야에서 폭넓게 사용되고 있음



자료 : SSAB, http://www.ssab.com/

<그림 2-30> SSAB社 고장력강을 이용한 다양한 경량 트레일러

○ 해당 업체는 국내·외 특장차 회사들과 협력하여 고장력강을 이용한 다양한 경량 트레일러 개발에 함께 참여

- SSAB社는 국내 트럭 및 트레일러 제작업체와 물류업체 관계자들을 초정하여 고품질 고장력강으로 제작된 다양한 각종 신제품들의 개발 및 적용 현황과 그에 따른 시장 트렌드, 고장력강의 설계, 가공성 및 접합성을 주제로 각 전문가들을 초청하여 활발한 설명회도 개최

(4) Samson Agro社

○ Samson Agro社는 65년 넘게 농기계, 특히 비료 살포기를 개발하고 제조해온 회사로 슬러리 탱커의 새시와 바퀴 축과 같은 비료 살포기의 모든 고장력 부분에 고강도 강판을 이용한 경량화 제품을 개발



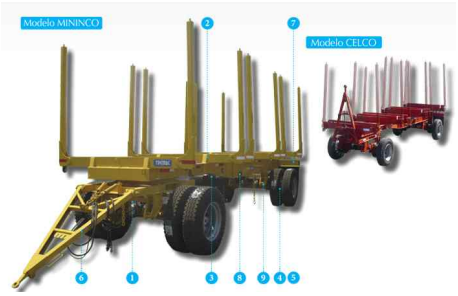
자료 : Samson Agro, http://www.samson-agro.com/forside

<그림 2-31> Samson Agro社의 고강도강판을 이용한 경량화 제품

(5) Tremac社

○ Tremac社는 주로 임업 및 광업용 장비를 제조하는 칠레기업으로, 고장력강을 이용한 다양한 경량화 트레일러 및 장비를 생산

- Tremac社의 목제용 트레일러의 경우 트레일러의 새시에서 스트럿까지 모든 부품을 고장력강을 이용하여 기존 트레일러보다 약 20%의 중량을 줄여 약 800kg의 목재를 더 적재할 수 있다고 알려져 있음



Tremac社의 목재 운반용 경량 트레일러



Tremac社의 다양한 경량 트레일러

자료 : Tremac, http://www.tremac.cl/

<그림 2-32> Tremac社의 다양한 경량 트레일러

(6) Wielton社

○ Wielton社는 폴란드 최대 트레일러 및 트럭 적재함 제조 회사로 1997년부터 고강도 강재를 이용한 다양한 경량 트레일러 및 적재함을 개발 및 제조



자료 : Wielton, http://wielton.com.pl/

<그림 2-33> Wielton社의 경량 적재함

(7) EPL Composite Solutions社

○ EPL Composite Solutions社 다양한 복합소재를 개발하는 영국 회사로, 2010년 특수 플라스틱 소재를 이용한 트레일러 개발에 성공

- EU로부터 연구 개발비를 지원받아 개발된 해당 트레일러는 기존 철재 소재 트레일러보다 약 1,200kg 가벼우며, 약 15%의 연료소모 절감 가능
- 해당 특수 플라스틱 소재에 공기역학 설계도 포함된다면 최고 20%의 연료소모 절감 효과가 기대
- 현재 제동 시스템, 고속 방지턱 테스트, 비포장 도로 테스트 등 진행 중



자료 : http://www.youris.com/Mobility/EcoVehicles/The_Plastic_Trailer.kl

<그림 2-34> EPL Composite Solutions社의 특수 플라스틱 소재를 이용한 경량 트레일러

(8) Marx Drop and Go Flatbeds社

○ Marx Drop and Go Flatbeds社의 접이식 평판 샤시는 트랙터에 트레일러를 연결하지 않고 트랙터 자체에 접이식 평판을 부착하여 사용하는 형태



자료 : Marx Drop and Go Flatbeds, http://marxdropandgo.com

<그림 2-35> Marx Drop and Go Flatbeds社의 트랙터에 부착된 접이식 평판 샤시

(9) KANN社, CIF Industries社

○ KANN社, CIF Industries社 등은 고강도·경량소재사용과 구조변경을 통해 트레일러 중량은 줄이고 적재용량을 늘리는 기술의 상용화에 주력

- 알루미늄, 특수 합금 등 신소재를 이용하고, 섀시 구조 변경
- 연료소모 3% 절감, 타이어 수명 30% 연장, 내구성 증가



KANN社의 알루미늄 벌크 트레일러



CIF Industries社의 알루미늄과 강철을 이용한 트레일러

자료 : KANN, http://www.kannmfg.com/
CIF Industries, http://www.cifindustriesinc.com/

<그림 2-36> 경량 소재 및 구조 개선을 통한 경량화 트레일러 예시

(10) Cowan Systems LLC社

○ 미국 볼티모어의 운송업체인 코완 시스템스(Cowan Systems LLC)社는 1,400대의 트랙터와 2,600대의 트레일러의 100% 경량화를 추진

- 트레일러 무게 1만 3,000파운드 감량, 트레일러당 4,000~5,000파운드(10%)의 화물을 더 적재하는 성과
- 광폭 타이어나 슈퍼 싱글(Super Single) 타이어를 활용하여 타이어 수를 8개에서 4개로 줄여 트레일러의 중량은 물론 도로마찰을 줄여 연료 절감
- 안전성 확보문제는 철제 휠을 알루미늄 휠로 교체하고 타이어에는 첨단 진단기기인 압력감시 시스템을 부착하여 해결



자료 : Cowan Systems LLC, http://www.cowansystems.com/

<그림 2-37> 폴리우레탄 경량 트레일러 바디

(11) emons cargo社

○ Stub Axle을 이용하여 트레일러 총 중량을 감소시키고 구조를 개선함으로써 트레일러 내 화물을 2단 적재하거나 효율적 상하차를 위한 트레일러의 구조를 개선하는 연구 또한 활발하게 진행 중

- 대표적인 2단 적재 트레일러로는 emons cargo社의 2win trailer 등이 있음





자료 : emons cargo, http://www.2win.eu/

<그림 2-38> emons cargo社의 2win trailer 개념

나. 국내 주요 제조업체 동향

(1) ㈜두성특장차社

○ ㈜두성특장차社는 액상/분말 수송, 초저온/고압가스 수송, 화학 수송, 건설차량, 특수차량, 장치 등 다양한 특장차를 개발·제작하는 업체

○ 주로 운송차량(벌크, 액상, 평판 트레일러, 컨테이너 샤시 등)과 철도차량(고속 소화물화차) 개발한 경험 보유

- 고장력강판을 사용하여 타제품보다 1톤 이상 경량화 시킨 평판 트레일러, 로우베드 트레일러, 윙바디 트레일러, 코일 트레일러 등 상용화 경험



벌크트레일러(탄산칼슘)



40ft컨테이너 평판트레일러



가변형 평판트레일러

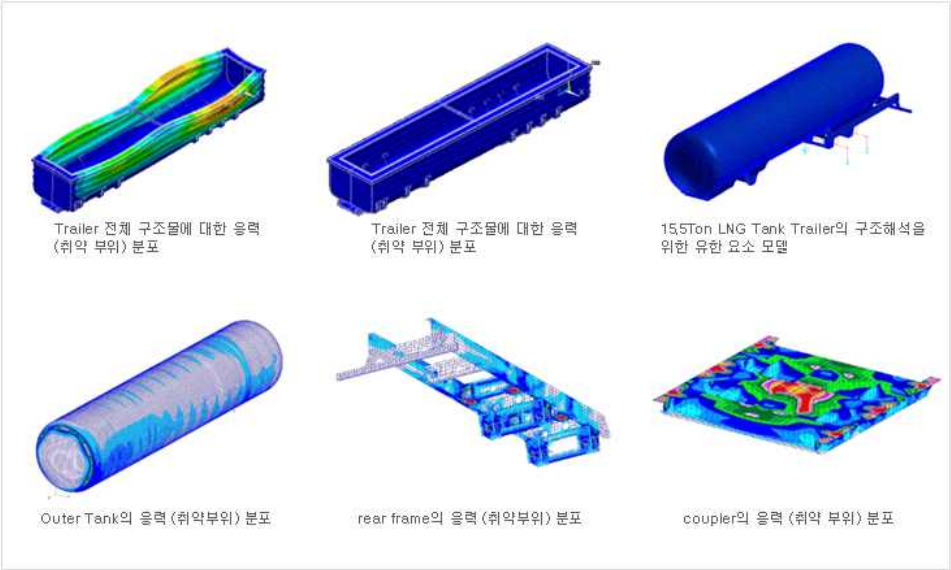


덤프트레일러(골재)

자료 : 두성특장차, http://doosungmc.com

<그림 2-39> ㈜두성특장차의 트레일러 장비

○ ㈜두성특장차社는 자체연구소를 통하여 3D설계, 신뢰성 검토(구조해석), 성능시험(시뮬레이션), 초도품 제작, 필드 테스트 등 기술을 보유



자료 : 두성특장차, http://doosungmc.com

<그림 2-40> ㈜두성특장차社의 구조해석 및 성능시험을 위한 시뮬레이션 예시

(2) 동우특장차㈜

○ 동우특장차㈜는 주로 트레일러 및 샤시를 생산하는 특장차 제작 업체

- 평판트레일러는 고장력 철판을 적용해 뛰어난 복원력과 경량화(차량중량: 5,680~6,250kg 수준)되어 타 차종에 비해 우수한 연비를 보임
- 구즈넥 컨테이너 샤시는 고장력 철판과 일체형 프레임을 적용하여 차량중량 5,070kg으로 최고의 연비를 자랑하며 타이어 수명을 140% 연장
- 동우특장차㈜의 생산제품 중에서 특허출원한 철판운송용 트레일러는 차량중량이 10,025㎏이며, 익스텐션 지지대가 구비된 장폭트레일러(Side Tipping Trailer with extension stopper)로 적재물의 넓이에 따라 지지대에 길이를 조절할 수 있어 최대 5.5넓이의 철판까지 운송 가능하고 기존 고정식 지지대의 단점이 보완되어, 지지대를 분리하여 일반 적재물도 운송이 가능
- 에어실린더를 이용한 자동 록킹장치는 적재물의 중량과 관계없이 4개의 유압실린더가 일정하게 작동하는 동조시스템을 적용하여 기존제품의 수동 록킹방법을 자동실린더 록킹장치로 개선함으로써 상판을 리프팅하며 고정하는 작업과정에서의 편의성 및 안정성 향상이 특징


철판운송트레일러


구즈넥 컨테이너 샤시


3축 평판트레일러

자료 : 동우특장차, http://www.dongwoomotor.com

<그림 2-41> ㈜동우특장차의 경량 트레일러 및 샤시

(3) 한국특장차㈜

○ 한국특장차㈜는 트레일러와 샤시만을 전문적으로 생산하는 업체로써 평판, 롤, 로우베드, 판유리 운송용, 냉동 밴, 덤프, 윙바디, 곡물 벌크, 시멘트 벌크, 우드칩 벌크, 카본 벌크, PTA 벌크 트레일러와 구즈넥 컨테이너 샤시, 콤비네이션 컨테이너 샤시, 콤비네이션 구즈넥 컨테이너 샤시, 스트레이트 샤시, 야드샤시 등을 생산


3축 평판트레일러(리프팅/경량)


콤비네이션 컨테이너 샤시

자료 : 한국특장차, http://www.kortrailer.com

<그림 2-42> ㈜한국특장차의 트레일러

(4) 다임폴라특장㈜社

○ 다임폴라특장㈜社는 국내최초로 알루미늄 탱크로리 및 트레일러의 국산화에 성공하여 차량운반용 특장차로 국내시장의 약 70%를 점유

- 알루미늄 탱크로리, 트레일러 및 특장차를 생산하였으며 현재는 석유제품, 화학제품, 분말, 액화가스 운반용 특장차류 및 저장탱크를 전문으로 제조



자료 : 다임폴라특장, http://www.dalim.co.kr/

<그림 2-43> 다임폴라특장㈜社의 알루미늄 LNG 탱크

(5) 한국차체(주)社

○ 한국차체(주)社는 전북 완주산업단지에 소재하고 있는 회사로, 현대상용차 전주공장에 일반트럭 적재함 및 전착도장과 타이어 조림품을 납품

○ 2012년 전주기계탄소기술원 등과 공동으로 하이브리드 복합경량 소재를 이용하여 고효율 냉동 차량과 5톤 가변축 어퍼바디를 개발하는데 성공

- 기존 내구성을 위하여 주로 철재소재를 많이 사용하던 냉동 차량의 소재를 알루미늄 등으로 교체하고, 알루미늄 소재 사용에 따른 내구성 저하 문제를 해결하기 위하여 볼트체움 결합 방식 등 다양한 설계 방법 개발로 경량화되고 효율이 높은 냉동 차량 개발에 성공

- 기존 냉동 차량에 비해 중량은 34% 경량화, 연비와 냉효율 역시 각각 20%와 30% 향상

- 5톤 가변축 어퍼바디는 기존 철재 적재함을 경량 복합소재로 교체하여 2,800㎏에 달하는 철재적재함 중량을 약 25%인 2,100㎏으로 감량



자료 : 한국차체, http://www.hankookbody.co.kr/

<그림 2-44> 한국차체(주)社의 하이브리드 복합경량소재를 이용한 고효율 냉동 VAN



자료 : 한국차체, http://www.hankookbody.co.kr/

<그림 2-45> 한국차체(주)社의 경량 복합소재를 적용한 5톤 가변축 어퍼바디

(6) 다임러오토모티브社

○ 다임러의 국내 법인인 다임러오토모티브한국은 국내 규정과 실정에 맞는 트럭과 트레일러를 개발하여 출시

- 2009년에 출시한 '뉴 악트로스 A1'은 유럽형 4X2 트랙터 바퀴의 1축과 2축 사이에 작은 보조축을 부착한 6X2 모델로 작은 차체에도 축당 10톤의 국내 적재 하중 규정을 만족시키고, 약 500㎏의 경량화 효과를 달성





자료 : 상용차신문, http://www.sangyongcha.co.kr

<그림 2-46> 다임러오토모티브社의 보조축을 이용한 경량화 트레일러 제품

(7) ICP社

○ ㈜ICP社는 충남 송악 산업단지에 소재하고 있는 회사로, 경량 알루미늄 평판 트레일러 및 초경량 덤프트레일러, 컨테이너 샤시 등을 개발

○ 2005년 알루미늄 소재를 적용한 경량 평판 트레일러 개발에 최초 성공한 이후 지속적인 연구개발을 거쳐 2013년 1월 알루미늄 평판에 대한 특허를 출원

- 적재중량 증가를 위해 차체 소재를 알루미늄으로 교체하여 스틸소재 구형 평판트레일러 대비 차중 2톤 감량 성공

- ECAS 시스템 장착으로 트레일러 회전반경 감소, 공차 운행시 1축 자동리프팅, 에어탱크 가동시간 감소, 축 바운스 감소를 달성하여 연비를 절감

- 미끄럼 방지를 위한 상판가공(Anti-slip)을 통해 작업 안전성 부여

- 알루미늄 소재 적용을 통한 차체 부식 방지



[ICP 알루미늄 2축 경량 평판 트레일러]



[미끄럼 방지를 위한 상판가공]

자료 : ICP, http://www.icptrailer.com/index.html

<그림 2-47> ICP社의 알루미늄 경량 평판 트레일러 제품

다. 해외제품 수입대행 업체

○ 성일인터내셔날은 미국 라잇노어(Reitnouer)사가 개발한 알루미늄 평판을 완제품으로 들여와 2014년 8월부터 전국 순회 전시회를 통해 소개하고 있음



자료: : http://www.sangyongcha.co.kr/news/articleView.html?idxno=2184

<그림 2-48> 라잇노어社 알루미늄 평판 트레일러

○ 천지인터내셔날은 미국 이스트(EAST) 알루미늄 상판을 반제품으로 수입하여 시범 조립생산 후 2014년 초부터 판매하고 있음



자료 : http://www.chjitrucks.com/product/view.php?cat_no=2&idx=6&offset=&sNum=1

<그림 2-49> 이스트社 알루미늄 상판

라. 주요 부품업체 동향

○ 국내 트레일러의 대부분의 부품은 해외에 의존도가 상당히 높으며 국내 프레임 제작 업체로는 포스코 등이 존재함

○ 국외의 트레일러 부품관련 산업은 국내에 비해 상당히 발전되어 있고 시장규모 또한 크므로 부품 연구 인프라의 규모 또한 크고 체계화 되어있음

- 미국, 유럽, 일본의 주요 부품 생산업체는 다음과 같음

<표 2-4> 국외 부품 생산업체

국가	회사명
미국	FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC
	Wabash National, L.P.
	MAC TRAILER MANUFACTURING, INC.
	EAST MANUFACTURING CORPORATION
	Norco Industries, Inc.
	FAC Frank Abels Consulting amp; Technology GmbH
	DEERE amp (deere & company)
유럽(독일)	JOST-WERKE GMBH
	WESTFALIA - Automotive GmbH
	WABCO GmbH
	DaimerlerChrysler AG
	Haldex Brake Products GmbH
	KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH
	Kögel Trailer GmbH amp; Co. KG
일본	NIPPON TREX CO LTD
	NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA LTD
	NIPPON FRUEHAUF CO LTD
	ISUZU MOTORS LTD
	TOKYU CAR CORP

마. 시사점

○ 최근 각국에서는 화물차 연비개선과 도로포장에 대한 예산투자 경감을 위하여 화물차 경량화에 총력을 기울이고 있으며, 고강도 철재나 복합소재를 이용하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있음

○ 경량화 트레일러는 기존 트레일러에 비해 다소 비용이 높아져 가격 경쟁력 이 떨어지는 것이 문제

- 트레일러 경량화 자체는 다양한 기술로 극복 가능하지만 차량은 가볍게 하면서 소비자들에게 과중한 가격인상 부담을 주지 않는 것이 어려운 점

○ 일부 운송업체들은 비용 측면에서 기존 트레일러보다 낮을 수 없는 경량트레일러가 초기에는 다소 불리하지만 장기적으로는 오히려 유리하다고 판단하여 경량 트레일러 도입을 서두르고 있음

- 경량화 트레일러는 경량화 된 무게만큼 더 많은 화물을 운송할 수 있어 장기적으로 더 큰 수입 창출 가능하고

- 통상의 트랙터에 비해 교체주기가 길어 제품수명 전체로 볼 때 투자수익률이 오히려 높을 수 있음

제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

1. 국가 연구개발사업 동향

○ 중소기업청과 지식경제부에서 시행한 2개의 유사연구가 진행됨

<표 2-5> 공기저항 저감기술 유사 연구

부처명	사업명	과제명	비 고
중소 기업청	산학연공동기술개발	최적화기법에 따른 탑차용 초저 공기저항계수를 갖는 Air Spoiler 개발	▪ 공기역학적 특성을 교려한 최적화된 air spoiler 개발 ▪ 가벼운 소재를 이용한 초경량의 air spoiler 개발
지식 경제부	그린카 등 수송시스템 산업원천 기술개발	능동형 VTMS 융합제어기술	▪ 능동형의 전방 air flap과 후류 제어 기술(synthetic jet, wake blowing) 개발 ▪ 저공력 차량용 차체 형상 설계 및 모델링 기술 개발

2. 관련 기술 현황 및 동향

가. 국내 기술 현황

- 국내의 연구들을 종합 해 볼 때, 트럭의 공기 저항 저감을 위해 수치해석적으로 접근하고 있는 논문의 수가 매우 적고, 기 진행된 수치해석적 연구의 경우도 정량적인 결과들이 도출되어 있지만, 실제 실험결과와의 비교 분석 및 검증이 이루어지지 않은 경우가 대다수이기 때문에, 정성적인 분석 외에, 정확한 값을 도출하는데 난점이 있음
- 임의로 선택된 형상을 통해 수치해석이 많이 진행되었지만, 해석 결과와 물리적인 접근에 의한 최적화된 형상에 대한 연구가 부족
- 실험적 연구 관점에서 보았을 때, 국내에서는 실험적 연구가 거의 이루어지지 않았으며, 이루어진 실험 또한 유동 가시화 실험으로 정량적인 연구는 전무. 따라서 현재까지 이루어진 수치해석적 연구는 실험적으로 검증 되지 않은 연구 결과임

나. 국외 기술 현황

- National Research Council of Canada(NRC)에서 진행한 사업으로 9m X 9m 풍동에서 실제 모델로 항력저감장치들의 효과를 실험을 통해 밝힘. 여러가지 항력저감장치들의 항력과 연간 연료소비 감소량에 대해 실제 운행을 기반으로 실험적 결과 도출
- 국외의 트럭의 수치 해석에 관한 연구들을 종합해 보면, 거의 대부분 실험 결과가 있는 GTS, GCM 및 Ahmed body 형상을 이용하여 계산을 수행한 것을 알 수 있음

- RANS의 여러 난류 모델을 이용해 트럭의 주위의 유동을 계산한 결과를 실험과 비교, 분석하는 경향이 있으며, 난류를 계산하는데 LES나 DES등을 도입하려는 시도가 많아지고 있는 추세임
- 트럭에서의 공기 저항 감소 기구의 효과를 알아보기 위해 가장 구체적인 형상인 GCM을 정렬격자계로 구성하고, LES로 해석한 내용은 아직까지 없음. 이것은 그리드 작성의 난해함과 계산시간의 부담으로 인한 것으로 생각됨
- 국외의 트럭의 실험적 연구들을 종합했을 때, NRC에서 진행한 프로그램이 가장 대표적이며, 실차 모델을 이용하여 공기저항 저감장치를 부착한 후 항력 및 연간 연료 소비 감소량에 대해 조사하여 실험적 데이터를 구축함
- 갭 페어링, 보트 테일, 스커트, 언더바디 페어링 등 매우 다양한 항력 감소장치들의 효과를 실험적으로 확인하였으나, 차종 및 운행환경에 따른 영향을 많이 받기 때문에 이 실험결과를 그대로 고려하기엔 무리가 있음

다. 국내외 기술 동향

○ 본 주제와 관련이 있는 논문은 149개로 최종 집계됨. “Aerodynamics”로 검색된 관련 논문이 87건으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 “Drag reduction”(52건)과 “Resistance reduction”(5건)으로 그 뒤를 잇는 추세임

○ 국내와 국외를 포함하여 공기저항 저감장치 기술 관련 연구 논문 발표가 1976년도부터 시작되어 현재까지 꾸준히 발행되어 왔고, 공기역학 관련 논문이 평균적으로 매년 30% 이상을 차지하고 있으며 항력감소 관련 논문이 그 다음으로 높은 비중을 차지하고 있음

- 국내의 경우 2000년대 이전까지 항력 감소 관련 논문이 주를 이루고 그 이후 공기저항 감소 관련 연구가 진행되어 오다가 2006년 이후 현재까지는 공기저항 저감장치 기술 관련 논문이 발행되지 않고 있음
- 국외는 국내와 다르게 현재까지 꾸준히 항력 감소 관련 논문이 발표되고 있으며, 그 다음으로 공기저항 관련 논문이 주를 이룸

○ 국내의 연구 주제로는 항력감소 기술과 공기역학 기술에 관한 논문이 가장 많으며 항력에 대한 연구는 최근 들어 주춤해지는 반면, 국외에서는 항력 감소에 관한 내용이 가장 많음. 전반적으로 화물차 공기역학 및 공기저항 저감장치 기술 개발은 국내보다 국외에서 연구가 더 활발히 진행되고 있음

○ 국내외 기간별 논문 발표는 국내의 경우 가장 최근 10년 기간인 2001년부터 2010년까지의 논문의 양이 가장 많음을 확인할 수 있으며, 국외도 2001년부터 2010년 사이의 기간에 가장 많은 연구가 이루어졌음

- 1980년대 이전부터 최근까지의 연구 동향을 보았을 때, 2000년대 이후로 공기저항 저감기술에 대한 관심이 높아지고 있음

○ 키워드별로 살펴보았을 때 항력 감소(52건)가 가장 관심이 많았던 연구 주제였고 다음으로 공기저항(5건) 순임

- 국외와 국내의 경우에도 전체적인 논문 동향과 동일하게 연구가 진행되었으나, 국외와 국내의 논문 건수의 차이로 보아 국외 연구가 국내보다 더 활발한 것으로 파악됨

○ 2001년부터 최근까지 국외 연구가 가장 활발한 시기이나 이와 다르게 국내에서는 2000년도 이후 본 연구과 관련된 분야의 논문이 줄어들고 있는 추세임

3. 국내외 관련 기술 수준 및 특허 동향

가. 국내 기술개발 수준 분석

○ 화물차량의 공기저항 및 공기와류 저감장치의 기술은 최고수준 대비 21~40% 수준으로 분석되며, 해당기술의 최고수준은 미국이 보유

- 미국은 외부충격 및 온도변화에 강한 열가소성 합성플라스틱을 사용함

○ 국내 기술수준 및 기술 난이도를 고려할 때 이 분야 국내기술은 태동기(embryonic)로 평가되며 기술 실현은 2015년 이후에나 가능할 것으로 예측됨

<표 2-6> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술개발수준

항목	기술개발수준						
국내기술수준	0%~20%	21%~40%	41%~60%	61%~80%	81%~100%		
		○					
최고기술보유국 및 최고기술수준	한국	미국	일본	영국	프랑스	독일	기타 (기입)
		○				○	
국내기술성숙도	태동(Embryonic)	성장(Pacing)	핵심(Key)	기반(Base)			
	○						
국내기술실현 예측시기	실현 예측시기 : 2015 년 이후						

나. 국외 기술개발 수준 분석

○ 세계적으로 해당 기술의 최고기술 보유국은 미국으로 파악됨

- 미국의 기술기준이 높게 나타난 것은 80년대부터 체계적인 개발과 지속적인 투자를 통해 완성도를 높이고, 고유가와 미국 정부의 온실가스 감축 의지 등과 같은 외부적인 요인으로 인하여 시장이 급속히 성장하였기 때문으로 파악됨

○ 해당 기술은 국내에서 연구된 사례가 거의 없으나, 국제적인 시류변화에 따라 조만간 핵심기술로 발전할 수 있는 장래성이 있는 것으로 판단됨

- 이 분야는 기술적 장벽이 비교적 높지 않을 것으로 판단되며, 단기적인 집중투자를 통해 핵심 기술의 개발이 가능한 분야로 판단됨

○ 해당기술은 본 연구 과제의 진행에 따라 빠르면 2015년부터 순차적으로 실현 가능할 것으로 판단됨

제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

1. 주요 기술 동향

가. 물류 패키징 기술 동향

○ 국내 패키징 산업에서 패키징 생산 및 제조업체는 크게 아래와 같이 분류할 수 있음

- 패키징재 생산기업
  · 패키징 재료 생산 및 가공에 필요한 소재를 공급하는 원재료 공급기업과 그 원재료를 패키징에 적용할 수 있는 소재로 생산 및 가공하는 원재료 가공생산기업으로 구성
- 패키징 제품 생산 및 가공기업
  · 패키징 재료 및 부자재를 제조 및 가공하여 패키징 용기로 성형하여 패키징 제품을 만드는 기업
- 패키징 관련 기계제조 기업
  · 패키징 재료 제조 및 가공을 가능하게 하는 기계를 만드는 기업

○ 패키징 기술 동향에서는 과제의 성격에 맞게 물류 패키징 기기를 중심으로 기술함

○ 물류 패키징의 대표적인 장비는 박스, 파렛트, 컨테이너로 분류할 수 있으며 구성하는 재료, 구조, 시스템 및 용도에 따라 다양하게 분류됨

○ 물류 패키징의 기술적 요인에 따른 특징은 아래와 같이 나타낼 수 있음

Technological Drivers	Supply Chain	Packaging
Mobility	- Traceability, information Technology - Implementing RFID	-Portion pack, Value pack -Digital printing, RFID, utility
Bio-industry	-Green logistics -New rules and compliancy	-Quality, safety, cleanness -ethical packaging. Bio-packaging -Recycling and reutilization issues
Personal/modular design	-Urbanized and customized supply chain -Deriving value chain	-Universal design, identity -uniqueness, smart packaging
New materials	-Identification and labeling -New rules and compliancy -Redesign supply chains	-Bio-, nano-, functional packaging -Recycling and reutilization issues
Intelligent and Active devices	-Identification and labeling Traceability, information Technology -Implementing RFID -New supply chain (or redesign)	-Universal design -Smart (Diagnostic) packaging -Nano-, functional packaging

자료 : 스마트물류 국가 국제 표준화 전략 로드맵 보고서

<그림 2-50> 기술적 요인에 따른 물류 패키징 특징 분석

○ 최근 바이오산업에 적용 가능한 Quality, Safety Packaging기술 및 Intelligent and Active devices 관점에서의 Smart, Functional Packaging기술이 주목받고 있음

○ 물류 패키징의 대표적인 장비(박스, 파렛트, 컨테이너 등)에 위에서 제시한 주목받는 기술을 적용 가능함

나. 신선물류 포장 기술 동향 및 시장현황

○ 신선택배 물류의 가장 중요한 목표는 제품의 변패를 방지하는 것으로, 위해요소중점관리(Hazard analysis and critical control point(HACCP))를 위한 물류기술로써, 선진국들은 신선 농축산물이나 수산물, 냉장·냉동식품 및 의약품 등에 다양하게 적용하고 있음

- 최근 신선 농축산물 및 의약품 등의 품질과 안전에 대한 소비자들의 인식이 높아지고 신선택배물류를 요구하는 제품이 증가함에 따라 제품의 온도상태를 보장하기 위한 포장용기, 제품온도이력을 추적할 수 있는 장치, 적절한 냉장/냉동창고 및 수송수단, 정보교환 등의 다양한 기술과 관리기법에 대한 필요성이 높아지고 있음
- 신선택배 물류 기술는 신선물류 프로세스 (생산 및 수확-포장-보관-운송-수출 또는 국내 소비자)를 수행하기 위한 포장분야·상/하역분야·운송분야·감시 및 제어분야·운영분야를 의미함
- 그 중에서도 신선 택배 화물의 포장분야 기술들은 주로 수동형 포장(passive packaging)[17]을 통한 효율적인 신선도 유지, 보관, 운송 등을 위한 소재개발. 냉매개발, 용기개발 등에 관련된 기술을 의미함

(1) 신선물류 포장 기술

(가) 포장방식

포장방식	기술내용	비고
EPS Molded Container + Ice pack (PCM)	일반적인 단열상자로 사용되는 EPS 몰드 상자로 내부에 제품과 아이스팩 혹은 PCM 물질을 함께 포장하여 냉장/냉동을 유지하는 기술이며, 식품, 축산물, 의약품 등 포장재로 주로 사용됨	
Expanded polypropylene container (EPP) + Ice pack (PCM)	일반적인 단열상자로 사용되는 발포폴리프로필렌을 사용한 상자로 내부에 제품과 아이스팩 혹은 PCM 물질을 함께 포장하여 냉장/냉동을 유지하는 기술이며, 일반적으로 EPS 보다 강도가 강하며 의약품 혹은 화학약품 포장에 주로 사용됨	

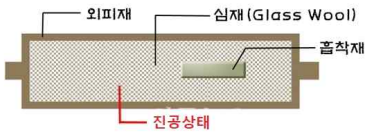
17) 수동형 포장(Passive packaging) : 소규모, 단거리 운송을 위한 포장시스템으로 일회용 포장이 주를 이루며 일부 단기간 내에는 재사용이 가능하고 별도의 에너지 공급이 필수적이지 않으며 소량화물 적재로 인한 정밀한 온도관리에 유리한 포장방식 (반의어-능동형 포장(Active packaging))

Aircell + Corrugated Fiberboard Box + Ice pack (PCM)	플라스틱 비닐에 공기를 삽입하여 포켓 형태를 만들고 내부에 아이스팩 혹은 PCM을 같이 포장하여 냉장/냉동을 유지하는 기술이며, 농산물 혹은 파손되기 쉬운 유리병 등의 포장에 사용됨	
Foamed polyethylene Molded (EPE) Container + Corrugated Fiberboard Box + PCM	일반적으로 완충재료로 사용되는 발포폴리에틸렌으로 상자를 만들고 내부에 제품을 포장하고 외부에 종이상자로 추가 포장하여 냉장/냉동 혹은 제품의 파손을 감소시키는 기술이며, 계란 혹은 파손되기 쉬운 제품의 포장에 주로 사용되고 있는 방식임	

(나) 인디케이터

- 신선도 인디케이터란, 식품의 품질변화 과정에서 발생하는 대사물질을 감지하여, 이를 소비자에게 시각적으로 전달하는 기술임
- 인디케이터에는 신선 농·축산품의 신선도 확인을 위한 비가역적 변화 인지의 경우, 색변화형과 전개 확산형 인디케이터가 주로 사용되고 있음
- 시간 온도인디케이터는 제품의 노출시간과 온도의 축척된 정보를 나타내주는 스마트 라벨이며, 냉동/냉장식품의 제조부터 소비까지 보관 온도 및 노출 시간을 감시하고 부적절한 경우 경고표시를 나타내는 것임
- 현재 국산화 제품은 일부 개발되어 사용하고 있으나 활성화 되지 않고 있으며 택배 포장과 같이 개봉하지 않고 외부에서 확인하는 적용한 사례는 없는 것으로 확인됨
- 택배 포장 유통과정의 온도변화 및 노출시간을 표시하는 시간온도 인디케이터의 부착은 제품 품질 유지와 더불어 홍보 및 소비자 만족도에 긍정적 영향을 줄 수 있음

(다) 단열포장기술

단열 포장 기술	기술내용	비고
Ice Pack	일반 아이스 팩의 경우 냉매제로 젤 형태의 저점도 고분자를 사용하여 약 2 ~ 3시간정도의 냉장효과를 볼 수 있다. 고성능 아이스 팩의 경우 고흡수성 수지를 활용하여 대략 4 ~ 5시간동안 온도를 유지할 수 있다.	
PCM	PCM은 Phase Change Material의 약자로 상변화물질을 뜻하며 잠열재, 축열재, 축냉재, 열조절성 물질을 말한다. 상변화물질은 상변화과정을 통하여 많은 양의 열에너지를 축적하거나 저장된 열에너지를 방출. 특정 온도 대역에서 일정 시간동안 온도를 유지하는 능력이 우수하여 냉매제로 많이 사용하고 있다.	
진공 단열재	외피재가 복사열을 반사시키며, 진공 및 심재(흄드실리카, 유리섬유)에 의해 전도와 대류를 억제시켜 열전달 차단하고 온도를 유지하여 의약품 포장용기, 건축단열재로 많이 사용하고 있다. 	

(2) 택배 안전운송 솔루션

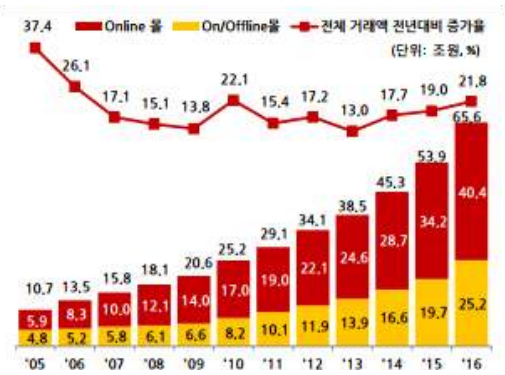
- 현재 국내에서는 안전운송솔루션에 대한 구체적인 규격을 보유하고 있지 않으며, 일부 기업에서 자체 데이터를 수집하여 품질관리에 활용하고 있음.
- 이에 국내 유통환경에 맞지 않는 해외표준(American Standard Testing Methods. ASTM) 및 기관 (International Safe Transit Association, ISTA) 등에 의존하고 있으며, 국내에 맞는 규격은 현재 부재한 상황임

(3) 신선식품(농·축산품)의 택배시장현황

○ 1인 가구 및 소가족 형태의 사회구조 변화와 인터넷, TV 등 전자매체의 발달에 따라 다양한 제품군의 온라인 전자상거래가 활성화되고 있으며, 이에 따fms 상품을 전달하는 운송화물의 물동량이 뚜렷한 증가세에 있음

○ 통계청 자료에 따르면, 국내 전자상거래 시장규모는 2005년 10.7조원에서 2016년 65.6조원으로 5배 이상 규모로 성장하였으며, 그 중 2016년 상품군별 거래액 기준에서는 '식품' 상품군이 45.5%의 비율을 차지하고 있음.

- 이와 같이 신선식품에 대한 시장규모가 증가하는 주요요인은 다음과 같음
- 1인 가구, 맞벌이가구 등 소규모의 가족형태 증가
- 식품에 대한 사회적 이슈(축산물 이력표시, 계란파동 등)로, 소비자의 식품에 대한 온라인 직거래의 친환경성 및 생산지 신뢰성의 관심도 증가
- 전자 매체 발달에 따른 음식 관련 미디어 콘텐츠 확대
- 택배 운송의 신속성 및 정확성의 증가(유통업체의 당일 배송 서비스 증가)
- 또한 전자상거래가 활성화됨에 따라 축산품 (우육, 돈육, 계란 등)의 산지 직거래 배송의 유통구조 개선으로 가격인하 효과와 함께 소비자 선호도가 변화되고 있음

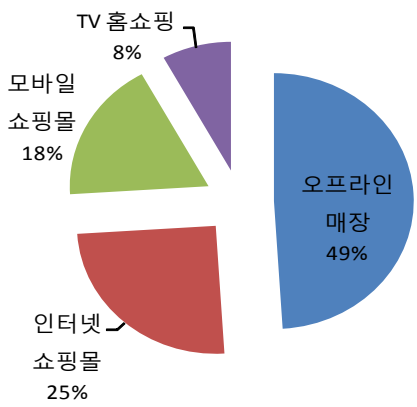




(가) 농수축산물 온라인 시장규모

○ 구매 채널별

- 농수축산물을 구매하는 채널로는 오프라인 매장이 48.8%, 인터넷 쇼핑몰 24.6%, 모바일 쇼핑몰 18.1%, TV홈쇼핑 7.6%순으로 나타났으며 전년 대비 모바일 쇼핑만 소폭 증가세로 나타남[18)]



18) DMC 미디어 자료 (2016년 6월 기준)

○ 상품군별 온라인 시장 규모

- 온라인 쇼핑의 상품군별 거래액 조사결과, 농축수산물은(2조원)은 전체 상품군중 11위로 조사 되었으며 (2017년 12월 기준) 매년 20%이상 증가하는 것으로 나타남
- 2017년도 12월 기준 통계청 자료에 따르면, 상품군별 모바일 거래액 조사결과 농축수산물분야는 지속적인 증가세에 있으며, 전자 매체의 보급이 확대됨에 따라 구매형태가 다양화 되고 있음이 확인됨

상품군별	2014년	2015년	2016년	2017년
컴퓨터및주변기기	3,413,900	3,543,024	3,986,277	4,473,789
가전·전자·통신기기	4,962,096	5,879,891	7,169,564	8,912,268
소프트웨어	58,431	50,226	58,618	55,531
서적	1,280,404	1,151,194	1,340,630	1,451,286
사무·문구	470,926	452,859	471,375	542,011
음반·비디오·악기	162,549	168,804	205,055	246,107
의류·패션및관련상품	7,346,479	8,451,959	10,231,631	12,039,146
스포츠·레저용품	1,899,092	2,093,674	2,520,542	2,799,851
화장품	2,668,957	3,519,393	5,171,316	6,269,494
아동·유아용품	2,226,539	2,711,416	2,941,056	3,005,186
음·식료품	3,610,886	5,242,800	7,067,759	9,753,111
농축수산물	**1,170,952**	**1,434,162**	**1,730,741**	**2,036,137**
생활·자동차용품	5,175,481	6,670,648	8,328,392	9,759,950
꽃	43,719	31,620	38,969	52,734
여행및예약서비스	8,382,610	9,788,410	11,288,325	12,961,445
각종서비스	960,393	1,157,224	1,349,226	1,551,345
기 타	1,469,073	1,708,317	1,717,566	2,317,944
합계	45,302,487	54,055,621	65,617,042	78,227,335

○ TV 홈쇼핑

- 온라인 쇼핑과는 다른 유통경로인 홈쇼핑의 경우 소비자를 대상으로 방송 편성의 비율을 조사한 결과 2016년 기준 가공식품, 신선식품, 건강식품이 전체 23.%를 차지고 있으며 이는 인터넷, 모바일의 온라인 쇼핑몰과 다르게 많은 부분을 차지하는 것으로 확인됨

○ 전자상거래

- 온라인을 활용하여 생산자와 소비자의 직거래 방식의 시장
- 대표적으로 포스몰(Pos-mall)로 한국농수산식품유통공사(aT)에서 운영하고 있으며 최근 확대되는 추세

(나) 택배 시장 현황

○ 택배 매출 및 물동량

- 2006년 이후 택배 물량은 매년 증가하고 있는 추세이며, 2016년 기준 4조 8000억원의 매출이 발생하였음
- 2016년 택배 물동량 기준으로, 연간 20억 상자를 초과하였으며, 지속적인 증가 추이가 보이므로, 추후 매출량의 증가가 기대됨



○ 식품 택배 시장 현황

- 식품 택배 시장은 2016년 기준 매년 2조원 이상 규모로 지속적으로 증가하고 있으며, 음식료품과 농축수산물의 판매량이 주요 대상임을 확인할 수 있음

(다) 신선 택배 포장 현황

- 농산물의 경우, 종이 및 판지를 중심으로 포장되고 있으며, 축산물 및 수산물의 경우 포장으로 EPS를 주로 사용하고 있음
- 최근 계란의 경우, 닭진드기 현상 및 살충제 계란 등의 식품파동과 유관되어 계란의 유통 및 안전에 대한 신뢰성 확보가 중요해졌으며, 소비자들은 안전성이 확보된 농가와의 직거래를 통한 계란의 구입량이 증가하고 있음
- 농가 직거래 현상이 증가함에 따라 계란의 택배 포장으로 종이 이외에 EPS를 사용하고 있는 추세이며 위생과 파손을 고려한 포장 형태도 개발이 진행 중임

(4) 온라인 직거래 배송업체

(가) 직거래 배송 업체 시장 현황

○ 기존 음식 배달 전문몰인 요기요, 배달통, 푸드 플라이를 주축으로 식재료 배달 전문몰인 마켓컬리, 배민프레시, 마트플라이, 농산물 직거래 전문몰인 언니네 텃밭, 올프레쉬, 무릉외갓집과 굿이츠 등의 사이트에서 전국 각지 맛 집 음식, 특산품, 간편 조리식품인 쿠킹박스, 집 반찬, 식재료 등을 유통 하고 있음

○ 음식 배달 전문점을 주축으로 시간과 장소에 구애받지 않고, 소비자가 원하는 시간에 저렴한 가격으로 상품을 구입할 수 있는 장점을 내세워 농산물 판매를 강화

□ 굿이츠

○ 굿이츠는 요리 전문 크리에이터와 협업하는 푸드 플랫폼으로 국내 식품위생 법상 개인이 조리시설을 허가 받기 쉽지 않은 점에 착안하여 요리 전문 1인 크리에이터들의 아이디어 레시피를 발굴하여 이를 상품화하여 유통함

□ 배민 프레시

○ 음식배달 전문 기업인 배달의 민족에서는‘16년부터 ‘배민프레시’브랜드를 통하여 농축산물 배송을 전문적으로 취급 중

○ 정기 반찬, 집 밥 배송 서비스에 주력하고 있으며 전체 주문의 60% 이상을 반찬이 차지

○ 지속적으로 농축산물 배송을 강화하고 있는 추세임

○ 이밖에도 여성 생산자 회원들이 직접 수확한 농산물만을 취급하는 ‘언니네 텃밭’, 과일 직거래 전문몰 ‘올프레쉬’, 제주도 무릉2리 마을 사람들이 직접 수확하여 직거래하는 ‘무릉외갓집’등이 인기를 끌고 있음

다. 콜드체인 기술 동향[19)]

○ 최근에는 정확한 온도유지에 의한 유통품의 품질보장 차원은 물론 대기오염 및 이산화탄소 배출 저감, 가파르게 급등하고 있는 고유가에 대한 대책으로 이미 미국, 유럽 및 일본 등의 주요 선진국에서는 PCM(Phase Change Material : 잠열재)을 이용한 축냉식 저온유통시스템(Cold Chain System)을 수·배송분야에 적용하여 활용을 확대하고 있는 추세임

○ 축냉식 저온유통시스템의 핵심기술요소로는 축냉재(PCM)개발/선정 및 축냉모듈기술로 구분됨

○ PCM개발/선정의 경우 저온유통시스템은 생산지에서 소비지까지 적절한 온도로 지속적으로 유지하는 것이 중요하며, PCM을 이용한 냉장/냉동 이송 시스템에 적용할 경우 적정한 상변화온도는 축냉시스템의 방법에 따라 사용온도(고내온도)보다 5~1

19) 백종현, 잠열재를 이용한 스마트 냉장/냉동 이송 시스템 개발

0℃정도 낮게 선정되어야 함

○ 또한 일반적으로 저온 PCM은 두 가지 이상의 혼합 또는 화합물질로 실용화되기 위해서는 다음과 같은 조건들을 만족해야 함

- 사용온도에 적합한 온도 및 잠열량/기타 열적물성이 우수한 용액
- 과냉각(Super Cooling) 현상이 적고 장기간의 상변화 과정에서 변형이 없는 물질
- 가격이 저렴하고 독성이 적으며, 부식성이 적고 화학적으로 안정된 물질

○ 유통과정 시 품목별 보관온도와 이에 대응하는 저온잠열재의 적정한 상변화 온도 선정 예는 아래와 같음

<표 2-7> 유통물품의 품목별 적용기준(일반적)

운송물품	아이스크림	냉동식품	생선 어패류	아채류	과실류	육류	유제품	제과류
보관온도(℃)	-25~-20	-18~-10	0~+3	0~+15	+1~+16	+2~+7	+2~+10	+3~+22
PCM 상변화 온도(℃)	-32~-25	-25~-15	-5~0	-5~+10	-3~+10	-3~+0	-3~+0	-3~+15

○ 축냉모듈은 축냉판 또는 냉각판과 같은 축냉모듈이 일반적으로 사용되고 있음

○ 이는 두께가 수㎝이고 폭 길이가 수십㎝~수m 범위의 크기로 용기 외부는 0.5~2㎜ 정도의 얇은 금속재질을 사용하며, 내부는 냉매배관을 설치한 구조가 가장 일반적임

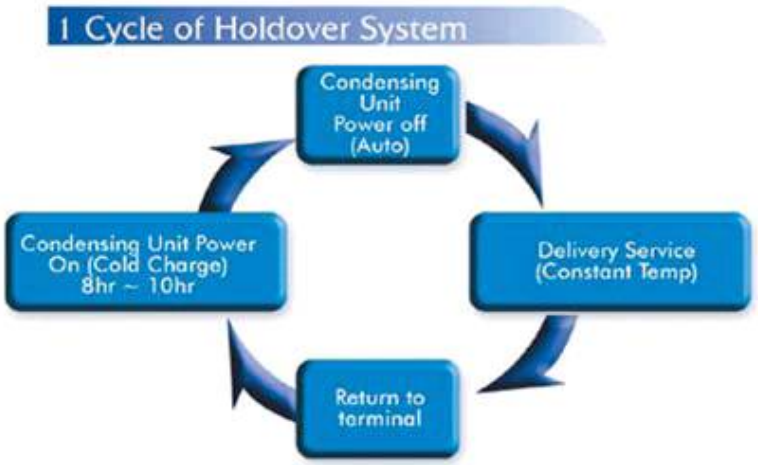
○ 하지만 기존의 축냉모듈은 금속용기를 사용함으로 인해 발생되는 과도한 하중, PCM과의 부식성 및 상변화시 발생되는 부피변화(모듈내부의 압력변화)에 따른 모듈의 변형 또는 파손에 대한 고질적인 문제점을 가지고 있음



<그림 2-51> 저온유통시스템용 PCM 모듈

○ 축냉식 저온유통시스템 기술에는 크게 축냉식냉동탑차와 차량형 타입과 이동식 냉동박스(Cold Roll Box, 이하 CBR)와 같은 Box형 타입으로 구분할 수 있음

○ 축냉식 냉동탑차 기술의 경우 심야전기로 탑차 내부에 설치된 PCM 모듈에 냉열을 축적하고 주간에는 냉동기를 가동하지 않고 저온상태로 온도를 유지시키는 기술임



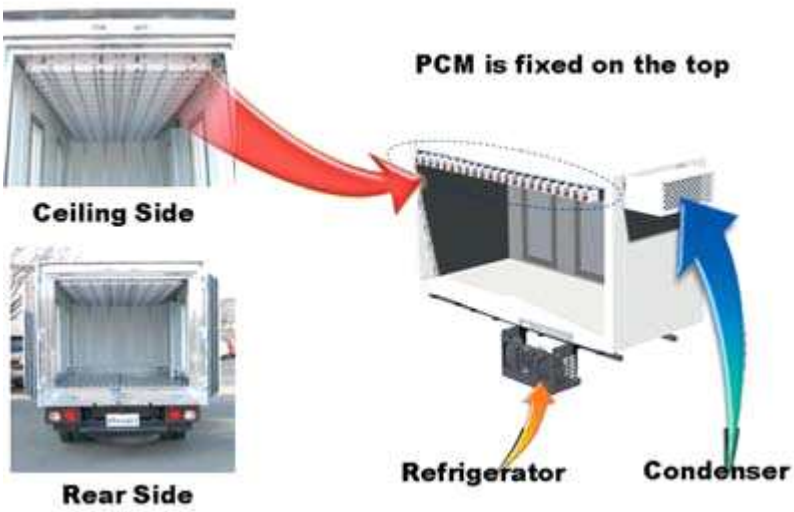
<그림 2-52> 축냉식 냉동탑차 시스템의 1 cycle/day 운전모드

○ 축냉식 냉동탑차는 아래와 같은 특징을 가지고 있음

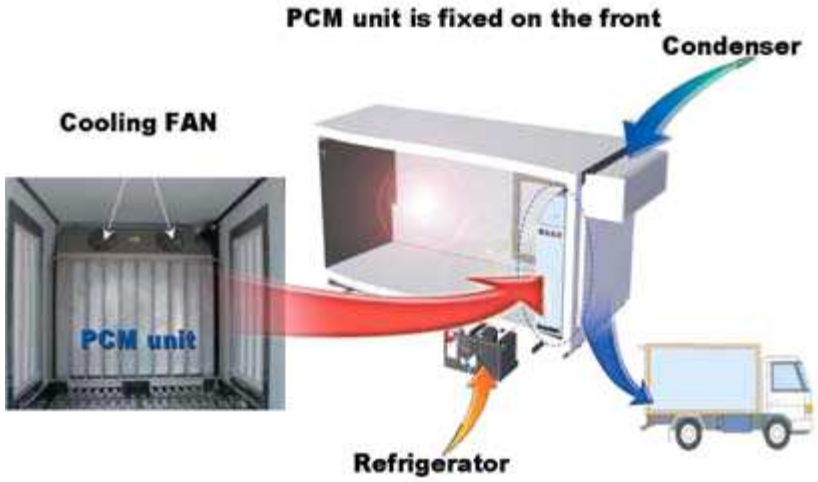
- 높은 고내 습도 유지(제품의 신선도) 및 심야시간대 전기사용(연료비 절감)
- 이산화탄소 배출 및 대기오염 저감
- 무소음, 반영구적 수명
- 도어개폐 시 신속한 온도 복귀

○ 축냉식 냉동탑차의 경우 아래와 같이 자연대류형과 강제대류형으로 구분할 수 있음

- 강제대류형의 경우 PCM Unit에 축냉모듈을 설치하여 팬으로 공기를 순환하여 온도를 유지할 수 있음



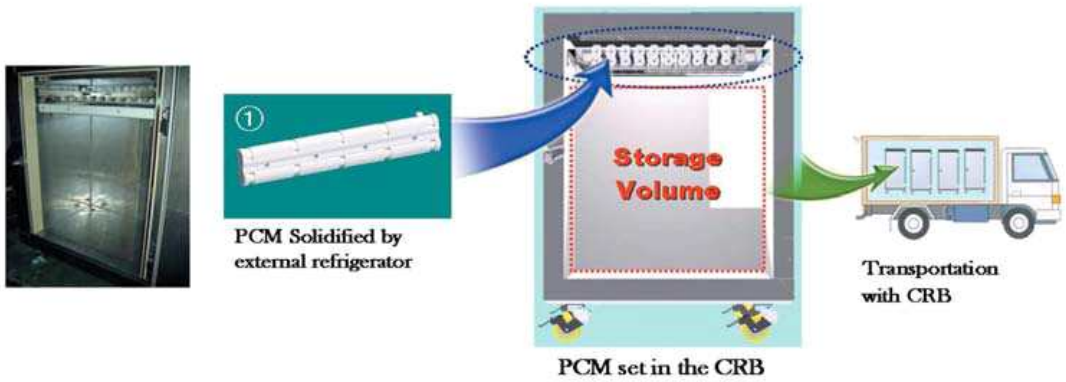
<그림 2-53> 자연대류형 축냉식 냉동탑차



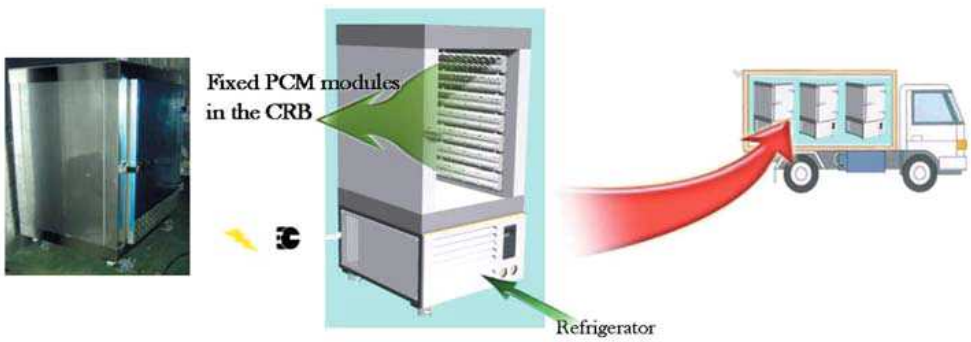
<그림 2-54> 강제대류형 축냉식 냉동탑차

○ CRB의 경우 한 대의 일반차량에 다른 온도로 저장되는 물품을 효율적으로 배송할 수 있으며, 운영비의 감소와 소비자에게 고품질의 서비스가 가능함

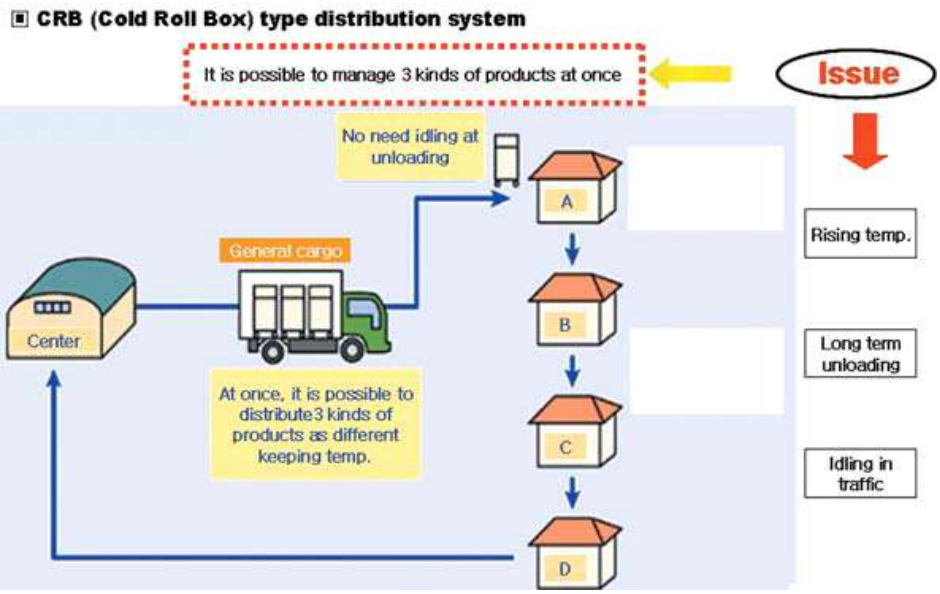
○ CRB는 축냉재를 단열처리된 박스 내에 충진하여 배송시간 동안 일정한 온도로 유지하는 수동형과 내부에 냉동유닛이 추가되어 장기간 대기 시에도 사용가능한 능동형으로 구분됨



<그림 2-55> 수동형 CRB 시스템



<그림 2-56> 능동형 CRB 시스템



<그림 2-57> CRB 시스템의 운용 컨셉트

2. 선도기업(제조) 동향

가. 해외 유수 제조업체 동향

(1) Nature Fridge社

○ 우크라이나 회사인 Nature Fridge社는 다양한 종류의 Cold-Top 차량을 제조하는 기업임

- 트럭과 트레일러 모두 제조하고 있으며 다양한 온도(-30~20℃)를 적용가능 하고, 공간을 분할하는 형태로 동시에 두 가지 이상 온도를 적용 가능함



<그림 2-58> 트레일러의 공간 분할을 통한 다양한 온도영역 확보 기술

(2) Envirotainer社

○ Envirotainer社는 Active container 개발과 생산 및 대여를 주요 사업영역으로 가지는 기업으로, 개발과 생산은 스웨덴의 스톡홀름과 웁살라에서 이루어지고 렌트 및 판매는 전 세계에서 이루어지고 있음

○ Active container는 Compressor cooling, Electric heating, dry ice를 이용하여 온도관리가 가능한 컨테이너임

- 대한항공은 온도 조절 특수 ULD 제조업체인 Envirotainer사로부터 자체 온도 조절이 가능한 특수 컨테이너를 임차해 서비스 신뢰도를 높임



<그림 2-59> Envirotainer社의 RKN

(3) LKE Group社

○ 독일 회사인 LKE社는 물류장비 솔루션을 제공하고 있으며 롤테이너, 파렛트 트럭, 컨테이너, 돌리 플렛폼 등을 제조하는 기업임

- 특히 특수 기능성 롤테이너에 많은 라인업을 확보하고 있는 기업임



<그림 2-60> SLC Shelf Trolleys



<그림 2-61> Box Pallet Trolleys



<그림 2-62> SLC Platform Dolly

(4) OLIVO社

○ 프랑스 회사인 OLIVO社는 대형 물류운영조직을 위하여 당사는 사이버시스템®이라 부르는 반자동 극저온 냉각 프로세스를 제공하고 있음

- Roll 캐비닛 상단에 위치한 사이버시스템® 탱크에 드라이아이스 소요량을 계산하여 직접 주입하며, 이 극저온 프로세스는 각각의 운영 조건을 감안하여 드라이아이스의 양을 자동조절 및 주입하는 드라이아이스 주입 스테이션을 포함하고 있음
- 사이버시스템®은 24시간 이상 냉장 및/또는 냉동상태를 유지하는 2가지 냉각 시스템을 제공하고 있음



<그림 2-63> Insulated Roll의 매장 내 unloading process



<그림 2-64> Insulated Container의 운송

나. 국내 주요 제조업체 동향

(1) 이에스티社

○ ㈜이에스티는 대량의 에너지 흡수, 저장, 방출이 가능한 PCM을 개발하여, PCM물질을 이용한 축냉탑차 등을 판매하는 기업임

○ 주요 제품으로는 축냉식 냉동탑차가 있음

- 축냉식 냉동탑차는 적재함의 온도유지를 위해 적절한 잠열재(PCM)를 축냉판 또는 특정형태의 용기에 봉입한 축냉시스템을 장착하여, 야간전기로 냉열을 축적하고 주간에는 별도의 구동원 없이 저온상태로 고내 온도를 유지시키는 축냉식 냉동탑차시스템임

- 해당 기술은 주엔진 구동방식에 비해 잠재열 및 축냉판 자체 무게에 의한 하중 부담이 단점임

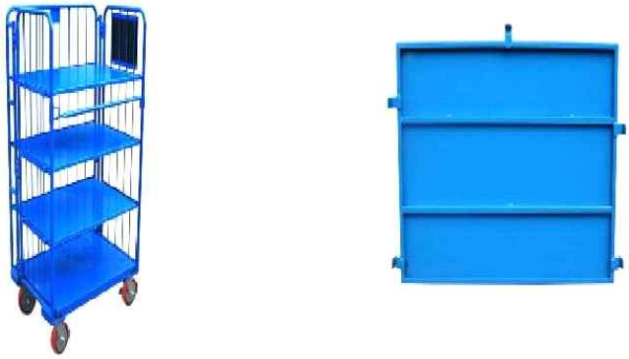
- 추가적으로 PCM을 이용한 냉장냉동설비를 바탕으로 국내 판매를 하고 있으며, 인도네시아 등에 수출중인 것으로 나타남



<그림 2-65> 축냉식 냉동탑차

(2) 코메테크社

○ 코메테크社는 메쉬파렛트, 파레트컨테이너, 철재파렛트, 롤테이너, 스태킹랙 등을 생산하는 업체로 일부 제품은 일본에 수출하고 있는 회사임



<그림 2-66> 선반 부착형 롤테이너(탈착가능)

(3) 영림목재社

○ 영림목재社는 물류사업부를 두고 (접이식)메쉬 컨테이너, 일회용 액상 컨테이너, 다단식 박스, 벌크컨테이너 등 물류관련 장비 포장용기를 생산 판매하고 있는 회사임

- 유사 제품 생산 기업으로 엔피씨와 골드라인파렛텍 등이 있으며, 이들은 파렛트/컨테이너 제조업체임



<그림 2-67> 접이식 메쉬 컨테이너



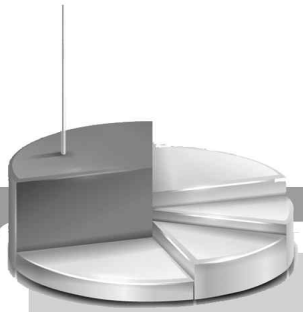
<그림 2-68> 접이식 메쉬 컨테이너의 접이방법

3. 시사점

○ 다양한 국가에서 화물의 온도조절 기술이 대두되고 있는 실정이며, 물류운송장비에는 접이식, 탈착기능 등의 기능성이 추가되어 개발되는 경향이 나타나고 있음

○ 특히 온도조절기능이 들어간 화물 컨테이너의 경우 화물의 특성(요구하는 온도 범위, 화물의 크기 등)과 노출되는 물류 환경, 운송수단(항공운송, 육상운송, intermodal 등)에 따라 다양한 기능성이 부여됨

- 국산화 기술의 경우 제품 판매 단가를 낮추는 방법으로 접근하므로 장기적으로 유리하다고 판단됨
- 드라이아이스가 적용된 제품의 경우 PCM의 적용으로 세밀한 온도조절이 가능하므로 새로운 부가가치 창출이 기대됨



제3장 연구 수행 내용 및 성과

제1절 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

제2절 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기 와류 저감장치 기술

제3절 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

1. 경량 평판트레일러 기술 개발

가. 모듈개발 및 시제품 제작

(1) 설계요구사항 분석

□ **설계요구사항 분석**

○ 평판 및 벌크트레일러가 기존과 동일하게 사용될 수 있도록 유사한 강도를 가지면서 차체중량이 감소된 경량 평판 및 벌크트레일러를 개발하고자 함

- 평판트레일러의 경량화 목표는 현 6톤 대비 600kg 감량, 벌크트레일러의 경량화 목표는 현 4.8톤 대비 200kg 감량임
- 경량화 달성 시 공차운행 연료소비량이 저감될 뿐 아니라 화물 적재 시 적재가능 중량이 증가하여 단위 횟수 운행 시 운반 가능 중량이 증가하는 효과를 기대할 수 있음
  · 이로부터 온실가스 감축 및 화주 수입증대가 가능하여 사회적으로 기여가 가능함
- 트레일러별로 중량 감소가 가능한 공법 및 부위가 각기 달라 연구목표에 따라 다음과 같이 각각 설계요구사항을 설정함

<표 3-1> 경량평판트레일러 설계요구사항

구분	설계 요구사항
고강도 철판	저가고강도 소재선정
고강도 철판 사용 가능 부분 선정	메인빔(플랜지, 웹), 사이드레일 적용
메인빔 플랜지 폭	140mm → 110mm
메인빔 플랜지 두께	12mm → 10mm
메인빔 웹 타공 설계	기존강도 유지
메인빔 웹 두께	4.5mm → 4mm
평판목재 두께	28mm → 26mm
크로스멤버	22개 → 20개
사이드레일 두께	4.5mm → 4mm
강도 확보에 따른 경량소재(알루미늄) 적용	액슬&서스펜션, 휠, 에어탱크 적용
생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10%이내 상승

<표 3-2> 경량벌크트레일러 설계요구사항

구분	설계 요구사항
고강도 철판	저가고강도 소재선정
벌크탱크강판 그루빙	그루빙 적용으로 두께 감소 (2.2~2.8mm → 1.9mm~2.6mm)
리어&프론트 프레임 단면높이 축소	290㎜ → 280㎜,
호퍼캡사이즈 축소	Φ824 → Φ678
강도 확보에 따른 경량소재(알루미늄) 적용	액슬&서스펜션, 휠, 에어탱크 적용
생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10%이내 상승

□ **트레일러 설계강도 설정**

○ 트레일러의 설계시 안전성 확보를 위해 필요로 하는 요소들로는 처짐량, 인장강도, 안전율 등이 있음

- 처짐량은 최초위치에서 화물을 적재하였을 때 프레임의 휨 정도를 의미하며, 트레일러 운행 시 상하 진동운동이 발생하는 정도에 영향을 주어 주행성 등에 영향을 주고 이는 피로수명을 단축시켜 빔 수명에 영향을 주므로 최소로 할 필요가 있음
- 항복, 인장강도는 재료의 고유 성질로서 소재의 변형 또는 파단을 일으키는 수치이고 차량의 적재량을 결정하는데 영향을 주는 요소이며 이 값이 높을수록 동일한 하중을 적은 소재를 사용하여 버틸 수 있음
- 안전계수는 설계 시 적용해야하는 최소한의 안전율로써 트레일러 설계 시 2~2.5로 설정하며 도로주행용 차량은 안전계수 2를 적용하고 있음
- 안전율은 안전계수에 의해 결정된 차체 강도와 항복, 인장강도의 비율로 계산될 수 있으며 차체 변형 방지를 위해 탄성한계를 고려하여 차량 설계 시에는 항복안전율 1.3이상, 인장안전율 1.6이상을 모두 만족하는 수치로 설정

(2) 소재 선정

□ **현 소재 특성 분석**

○ 현재 국내 트레일러 제작에 주로 쓰이고 있는 원자재는 철강소재로서 저렴한 가격과 적절한 강도로 인해 두루 사용되고 있음

- 트레일러 생산자마다 각기 다른 회사의 철강 소재를 사용하고 있으며 국내에서는 주로 POSCO사의 SPFH590, ATOS60, ATOS80 등을 많이 쓰고 있는 것으로 알려져 있으며 일부 일본제 소재인 HITEN950, HITEN980, WELTEN950 등도 고려하고 있는 것으로 알려짐
- 두성특장차社의 기 출시 경량 평판트레일러경우에는 포항제철에서 생산되는 ATOS80 소재를 사용 중
  · ATOS80 소재의 경우 인장강도 780MPa 이상, 항복점 700MPa 이상, 연신율 14%(2.5~6.3mm), 9%(6.33~12.7mm)이상의 특성을 갖고 있음

<표 3-3> ATOS80소재의 물성치

기호	인장시험				
	인장 강도 (MPa)	항복점 (MPa)	연신율(%), 적용두께(mm) *압연방향		
			5호 시편, 2.5~5.0	5호 시편, 5.0~6.3	1A호 시편, 6.3~12.7
ATOS80	780이상	700이상	14이상	14이상	9이상

□ 신규소재 선정

○ 연구목표인 600kg 경량화(12m/3축)를 실현하기 위해서는 차체 Frame을 기준으로 약 20%의 중량 감소가 필요한 것으로 분석

- 모든 파트를 소재대체하는 것은 아니며 부분에 따라 경량화 가능성을 고려하여 ATOS80, ATOS100, STS(스테인리스), A6N01(알루미늄) 등을 혼합하여 사용

○ 단면적 대비 강도 비교로 차체 Frame 중량의 20% 감소를 위해서는 기존보다 25% 이상 향상된 강도의 철강소재가 필요

- 이는 인장강도 975Mpa 이상, 항복점 875MPa 이상을 만족하는 수준이며 연신율은 현 소재와 유사한 수준 이상이 요구됨

○ 현재 사용이 가능할 것으로 예상되는 고강도 소재들로는 ATOS100, WELTEN950E, HITEN980S, BW450이 있으며 각각의 특성을 비교 분석하여 최적의 소재를 도출

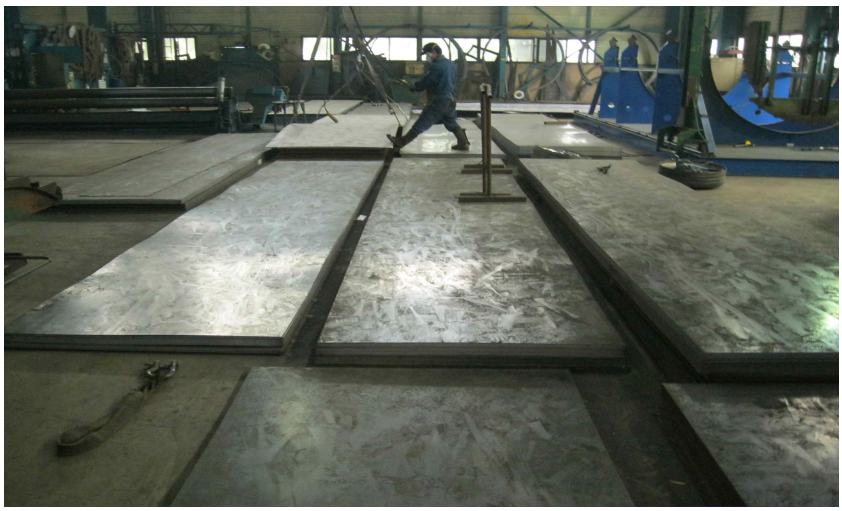
- ATOS100은 국내 POSCO社에서 개발되어 일부 양산되고 있는 소재로 가격이 저렴하고 국산 소재인 장점이 있음
- WELTEN950E는 일본제 소재로 인장강도는 좋으나 항복점이 타 소재에 비해 약간 낮은 단점이 있으며 가격이 비쌈
- HITEN980S는 일본제 소재로 인장강도와 항복점이 ATOS100과 비교적 유사하나 가격이 비쌈
- BW450은 중국 BAOSTEEL社 제품으로 인장강도와 항복점이 좋으나 연신율이 낮아 가공성이 좋지 않음

○ 국산소재이면서 저렴한 가격이며 조건에 부합하는 강도를 갖고 있는 ATOS100 소재를 사용하여 경량트레일러를 설계 및 제작하도록 선정함

- 현재 양산을 계획으로 발주 접수 및 생산중에 있어, 설계는 ATOS100 소재를 기준으로 시행하되 시작품 제작에서는 ATOS100 4mm 소재와 함께 ATOS100 8mm소재와 유사한 강도의 소재인 HITEN980S를 우선 사용
- 소재의 유사한 물성치로 인해 동일한 규격으로 소재만 바꾸어 제작하여도 문제가 없는 것으로 분석하고 있으며, 추후 발주된 소재가 수급되면 ATOS100소재로 제작 예정

<표 3-4> 주요 고강도소재 사용대안 물성 비교

기호	인장시험					가격 (원/kg)	비고
	인장 강도 (MPa)	항복점 (MPa)	연신율(%) (적용두께(mm)) *압연방향				
ATOS80	780 이상	700 이상	14이상 (2.5～5.0)	14이상 (5.0～6.3)	9이상 (6.3～12.7)	1080	현재 사용중
ATOS100	1074	964	12 (4)			1,250	국산, 현재 4mm소재 양산, 8mm소재 양산 예정
WELTEN950E	966～984	934～947	19～22 (8)			2,300	일본제
HITEN980S	954～961	996～1006	18～20 (8)			1,960	일본제
BW450	1300	1100	7 (3～12)			1,150	중국제, 스웨덴SSAB사 HARDOX450 대체품



<그림 3-1> 경량소재

(3) 경량 평판트레일러[20] 설계 및 제작

(가) 기초 설계

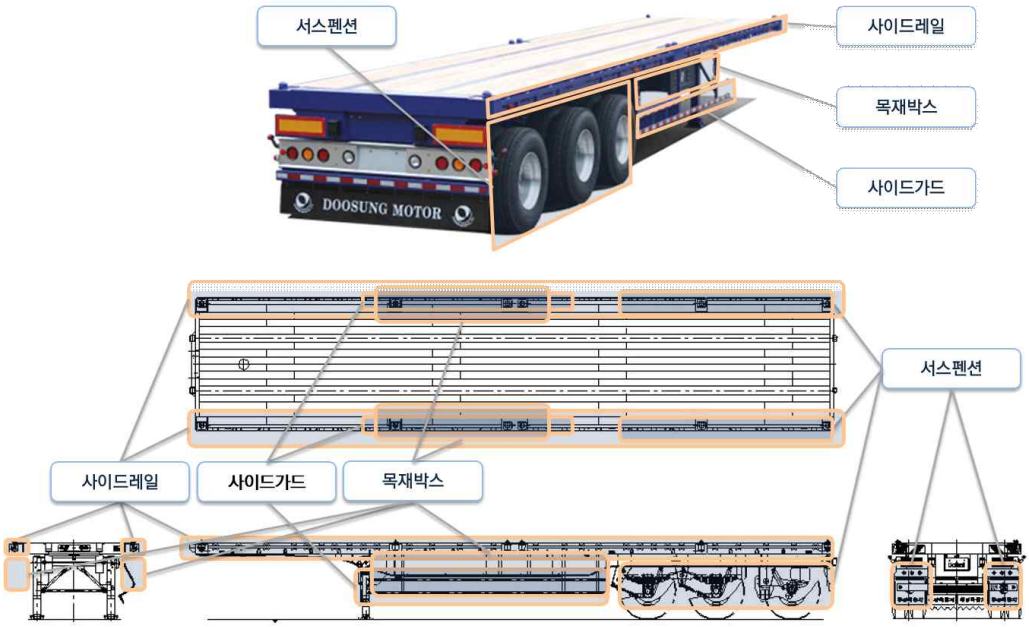
□ **경량소재 적용 설계**

○ 경량소재 적용 설계는 설계의 큰 변경 없이 기존소재보다 가벼운 소재를 대체 도입하여 트레일러의 경량화 효과를 기대할 수 있음

- 소재의 변경으로 인해 기존의 방법으로 파트의 조립 및 부착 등이 어려운 경우가 발생할 수 있어 일부 설계변경으로 이를 개선

20) 경량평판트레일러 최신기술(6톤) 대비 기술개발

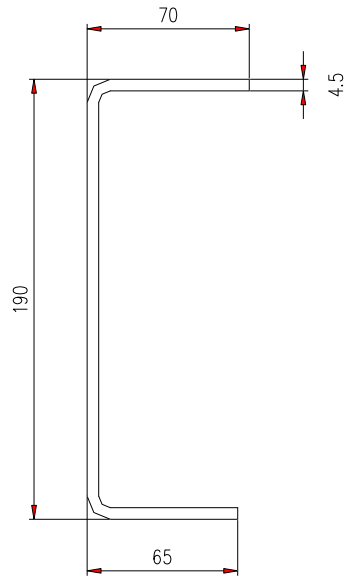
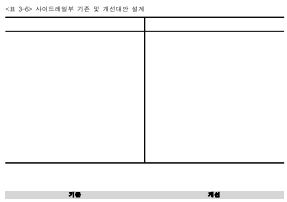
적용파트	정의	설계방향
사이드레일	▪ 트레일러 적재부 측면을 구성하여 차량 외형을 구성하면서 차체의 손상을 방지하기 위한 역할을 하는 파트	▪ ATOS100의 고강도 소재를 적용함으로 인해 기존 ATOS80 사용시 보다 두께는 감소하면서 강도를 유지/향상 시킬 수 있는 설계
목재박스	▪ 트레일러 측면부에 장착되어 차량 및 화물의 고임목, 화물 고정용 라싱스트랩, 방수포 등 화물 적재에 필요한 다양한 용품들을 싣고 다니는 일종의 적재함	▪ 기존 철 소재에서 경량화 된 알루미늄 소재를 활용하여 무게를 저감하면서 강도는 유지할 수 있도록 설계
사이드가드	▪ 트레일러 측면에서 트랙터와 트레일러 타이어 사이의 공간에 설치되어 차량의 충돌로부터 트레일러 차체를 보호하는 부위	▪ 경량 소재(알루미늄)를 사용하여 경량화 설계
서스펜션	▪ 체와 타이어 액슬을 연결하는 부위로 도로에서 오는 충격을 흡수해 화물 및 차량에 영향을 최소화 하는 파트	▪ 복합소재(Fiberglass&Epoxy) 스프링을 사용하여 기존의 스틸소재의 서스펜션에 비해 무게는 감소시키면서 주행성을 향상시킬 수 있도록 설계 적용



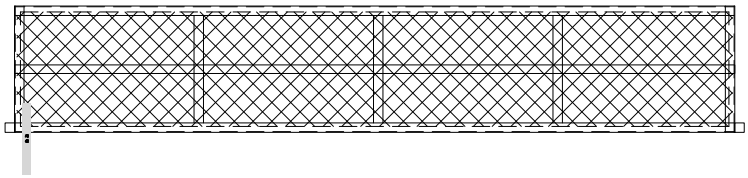
<그림 3-2> 평판트레일러 경량소재 적용설계 파트(사이드레일, 목재박스, 서스펜션)

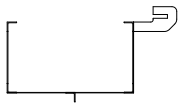
<표 3-5> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과

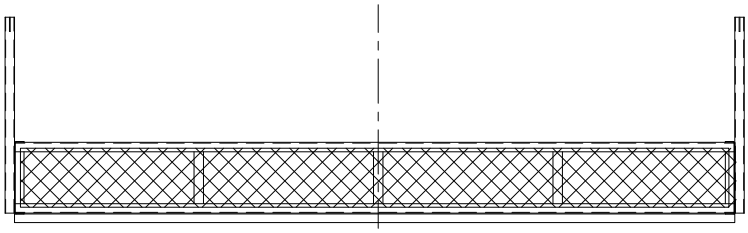
구분	성과목표	최종 성과
고강도 철판	저가고강도 소재선정	저가고강도 소재사용
사이드레일 두께	4.5mm→4mm	4.5mm→4mm
강도 확보에 따른 경량소재(알루미늄) 적용	액슬&서스펜션, 휠, 에어탱크	목재박스, 사이드가드, 서스펜션(복합소재)

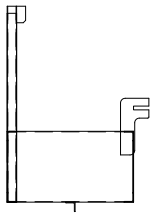
기존	개선
	

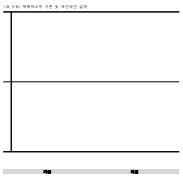
기존















<그림 3-3> 평판트레일러 구조변경 경량화 설계 파트(메인빔, 상판, 크로스멤버)

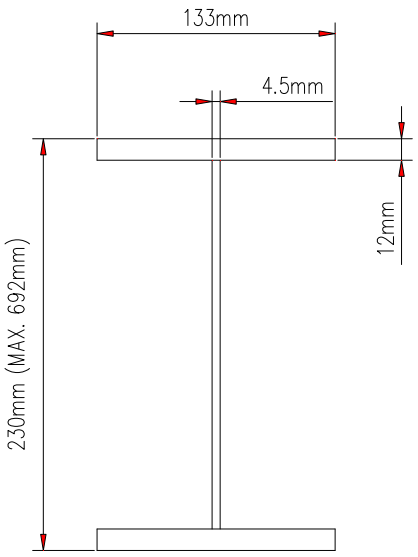
적용파트	정의	설계방향
메인빔	▪ 차량의 중심 구조물로 적재물의 하중의 대부분을 지지하여 차량 형태를 구성할 수 있도록 하는 부위	▪ 높은강도의 소재를 사용하여 두께를 감소하여도 기존의 강도를 유지 및 향상시키면서 처짐량 등을 향상시키는 구조로 설계
상판	▪ 평판트레일러의 상단에 화물이 적재되어 실리는 부분으로 평평한 마루형태의 구조	▪ 목재의 두께를 감소시키고 보완재를 함께 배치하여 상판의 강도를 유지하면서 중량을 줄이는 구조로 설계
크로스멤버	▪ 차량의 폭 방향으로 일정간격으로 배열되어 상판구조물과 사이드레일을 지지하는 부위	▪ 배열 간격을 조정하여 최소의 수량으로 상판에 대한 지지력을 유지할 수 있도록 설계

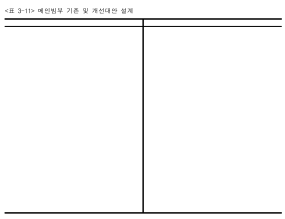
<표 3-10> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과

구분	성과목표	최종 성과
고강도 철판	저가고강도 소재선정	저가고강도 소재사용
고강도 철판 사용 가능 부분 선정	메인빔(플랜지, 웹), 사이드레일	메인빔(플랜지, 웹)
메인빔 플랜지 폭	140mm→110mm	133mm→110mm[1)]
메인빔 플랜지 두께	12mm→10mm	12mm→8mm[2)]
메인빔 웹 두께	4.5mm→4mm	4.5mm→4mm
평판목재 두께	28mm→26mm	26mm→22mm[3)]
크로스멤버	22개→20개	20개→18개[4)]
생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10%이내 상승	생산부품 단순화로 가격상승 억제

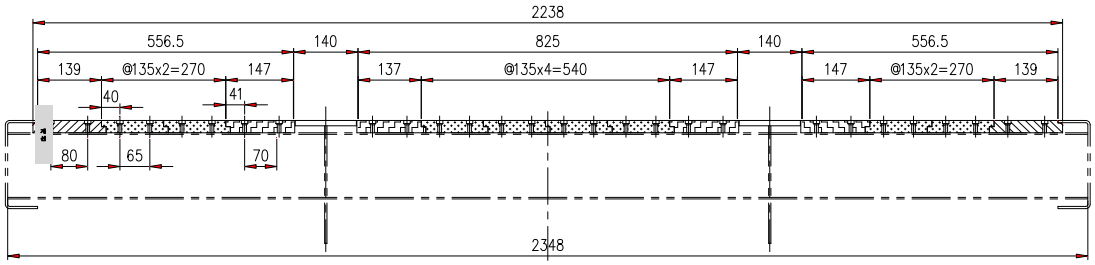
주 : 1) 제작사 최신기술(133mm) 대비 23mm 감소
2) 2mm 추가 감소
3) 제작사 최신기술(26mm) 적용 성공 및 2mm 추가 감소
4) 제작사 최신기술(20개) 적용 성공 및 2개 추가 감소

기존	개선



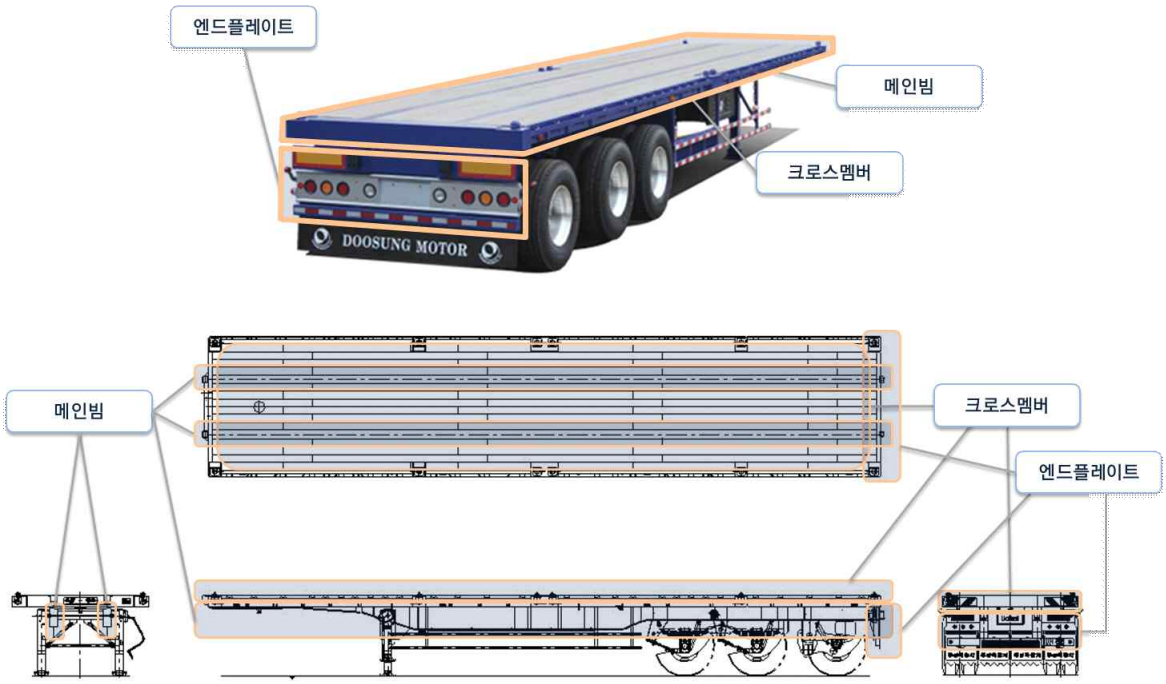


기존


2238
556.5
140
825
140
556.5
139
@135x2=270
147
137
@135x4=540
147
147
@135x2=270
139
40
41
80
65
70
2348





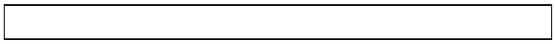
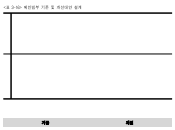


<그림 3-4> 평판트레일러 타공 설계 파트(크로스멤버, 메인빔, 엔드플레이트)

적용파트	정의	설계방향
크로스멤버	▪ 크로스멤버는 차량의 폭방향으로 일정간격으로 배열되어 상판구조물과 사이드레일을 지지하는 부위임	▪ 상부 구조를 지지하는데 영향이 없는 범위 내에서 구멍을 뚫는 홀가공(타공)을 하여 중량을 감소하도록 설계
메인빔	▪ 메인빔은 차량의 중심 구조물로 적재물의 하중의 대부분을 지지하여 차량 형태를 구성할 수 있도록 하는 부위임	▪ 메인빔에 가해지는 하중 강도에 영향이 없거나 응력이 집중되는 부위를 제거하여 중량을 감소하도록 설계
엔드플레이트	▪ 엔드플레이트는 평판 후방부에 부착하여 외관 및 후방 안전성을 확보하는 부위임	▪ 외형을 유지하면서 최대한 많은 홀을 가공할 수 있도록 설계

<표 3-14> 연구성과목표 도달 기여 항목 및 최종 성과

구분	성과목표	최종 성과
고강도 철판	저가고강도 소재선정	저가고강도 소재사용
고강도 철판 사용 가능 부분 선정	메인빔(플랜지, 웹), 사이드레일	크로스멤버, 메인빔(플랜지, 웹)
메인빔 웹 타공 설계	기존강도 유지	메인빔 웹, 크로스멤버, 엔드플레이트 타공 설계 및 기존강도 유지

기존	개선
	
	

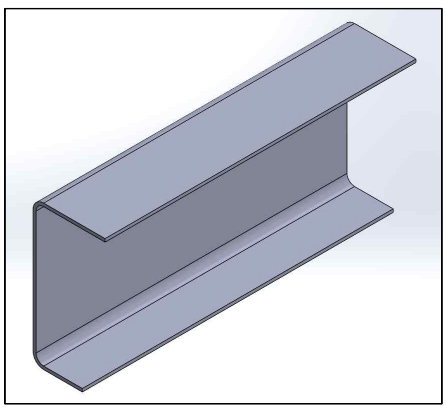
<표 3-18> 평판트레일러 부분별 중량 비교표

No.	품 명		기존품 중량				개발품 중량				감소 효과 (kg)
			SPEC	수량	단중 (kg)	중량 (kg)	SPEC	수량	단중 (kg)	중량 (kg)	
1	Main beam	Upper Flange	t12xW133x12070	2	151	302	t8xW110x12070	2	83	166	136
2		Bottom Flange	t12xW133x12155	2	152	304	t8xW110x11915	2	82	164	140
3		Web	T4.5xW680	2	195	390	t4xW800	2	195	390	0
4	Side rail		T4.5x70/190/65 x12210	2	132	264	T4x95/190/60 x12210	2	126	252	12
5	Cross Member	Wide	ㄷ75/150/50xt3.2	8	16	128	ㄷ75/120/50xt3.2 (경량홀Φ70 11ea 적용)	8	13	104	24
6		Normal	ㄷ50/150/50xt3.2	12	14	168	ㄷ50/120/50xt3.2 (경량홀Φ70 11ea 적용)	10	11	110	58
7		End	35/70/190/70*2360	2	29	58	50/70/190/70*2360	2	26	52	6
8	Floor	Wood	t28xW159xL12070	14	37	518	t22*W150*L12070	10	32	320	198
9		Stainless		-	-	0	t1.5*W150*L12070	9	21.3	192	-192
10	Wood Box		Steel	1	94	94	Aluminum	2	64	128	-34
11	Guard		Steel	1	110	110	Aluminum	1	80	80	30
12	Air tank		Steel	2	24	48	Aluminum	2	13	26	22
13	Wheel&Tire		Steel	12	100	1200	Aluminum	12	80	960	240
14	Suspension		Steel	4	46	184	Composite material	4	16	64	120
15	Twist Lock		Steel	4	15	60	-	0	0	0	60
16	Rear End		t3.5*295/50*2358	1	21	21	t3.2*404/50*2358	1	21	21	0
합계			차량중량 : 5,980kg			3,849	차량중량 : 5,160kg			3,029	820

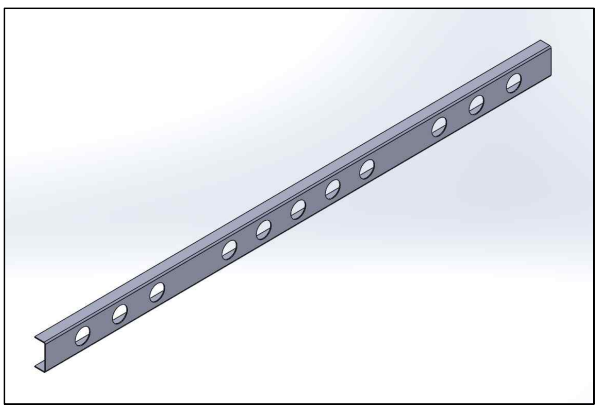
(나) 상세 설계

□ 3D 상세설계

○ 기초 설계를 바탕으로 주요 파트별로 3D 상세설계를 수행하며, 이를 종합하여 경량 평판트레일러의 상세 설계를 수행함

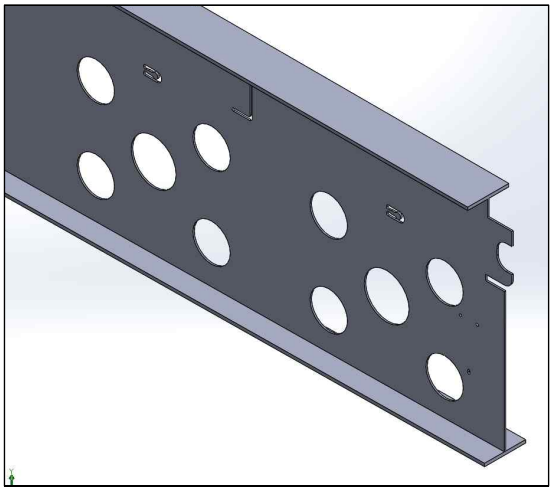


[사이드레일]

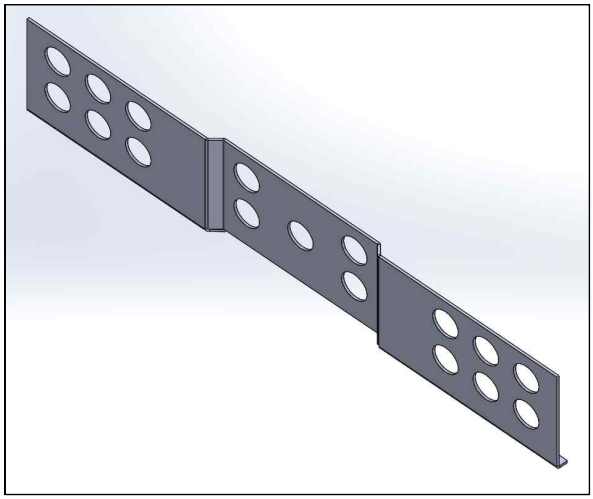


[크로스멤버]

<그림 3-5> 3D 상세설계 - 사이드레일, 크로스멤버

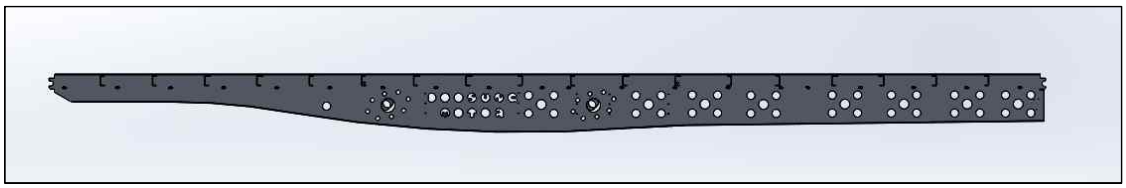


[메인빔 웹 및 플렌지]



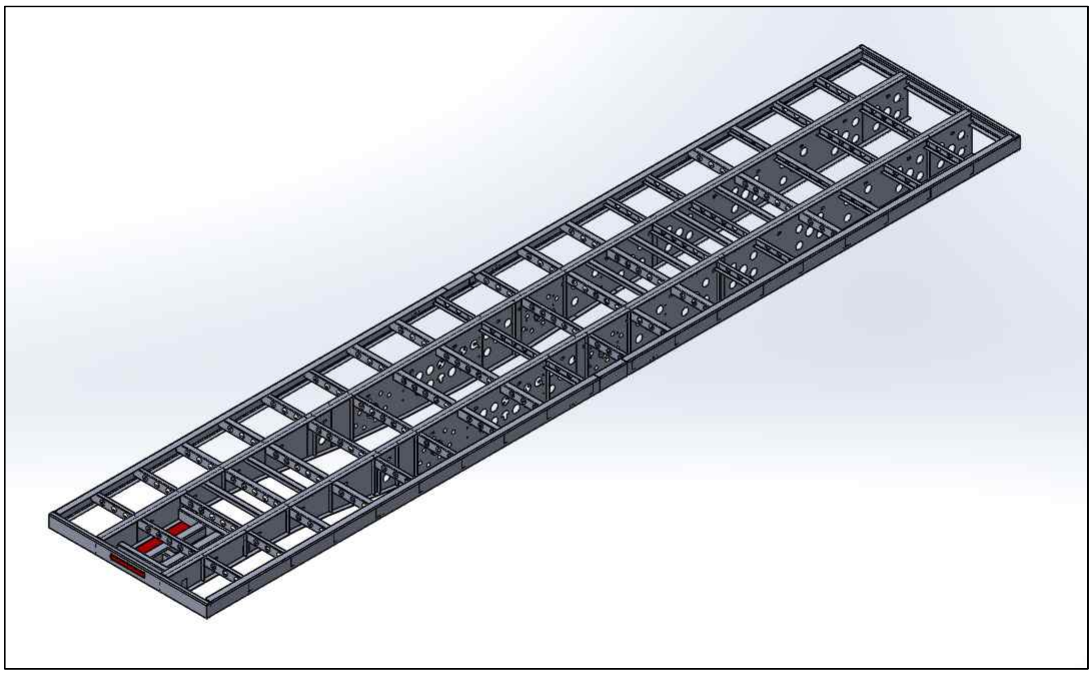
[엔드플레이트]

<그림 3-6> 3D 상세설계 - 메인빔, 엔드플레이트



[메인빔 웹 펀칭]

<그림 3-7> 3D 상세설계 - 메인빔



[프레임]

<그림 3-8> 3D 상세설계 - 프레임

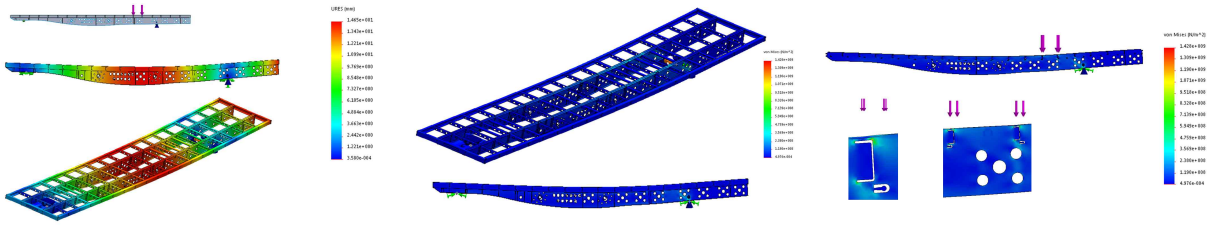
□ 구조해석 및 결과 분석

○ 경량 평판트레일러 설계안에 복합적인 하중이 가해질 때의 안전성 및 강도를 확인하기 위하여 구조해석을 수행

- 해석프로그램은 Solidworks Simulations Professional 2014를 사용하였으며 선형 정적해석으로 수행하였음

○ 구조해석 수행 및 결과

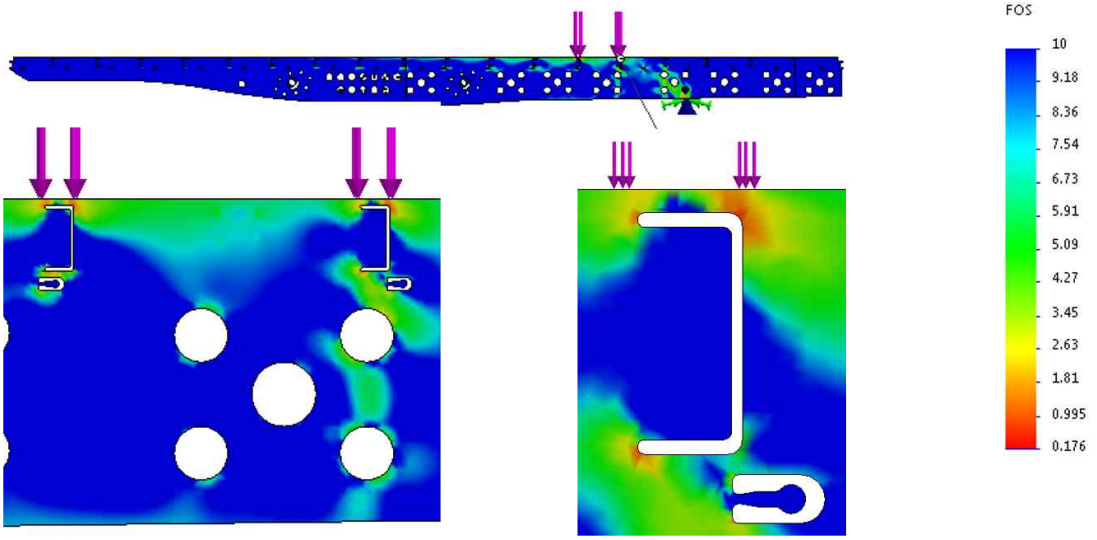
- ATOS100, ATOS80, WELTEN950 등의 물성치와 고정조건 등을 입력하고 설계안에 대한 구조해석을 수행



<그림 3-9> 구조해석 수행

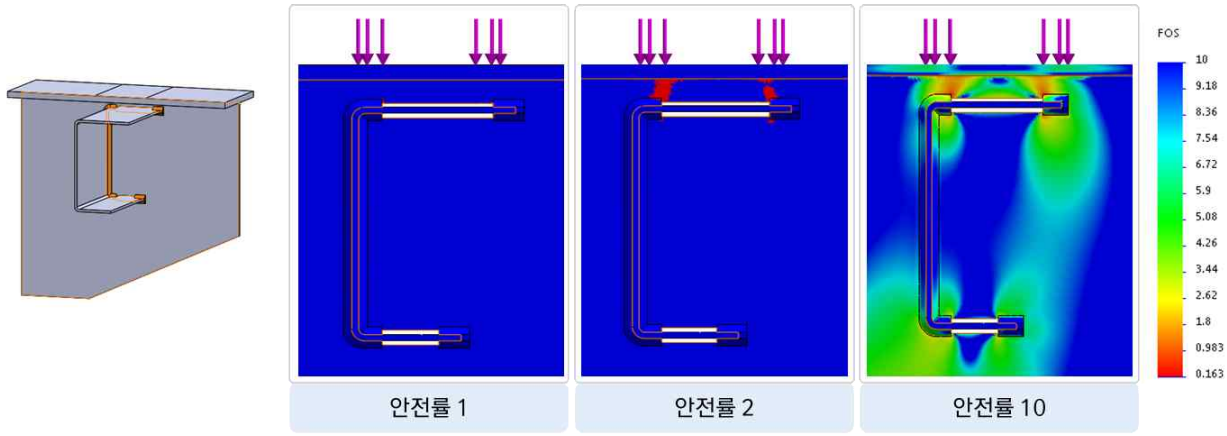
- 구조해석 수행 결과 최초 설계안에 안전율 2를 기준으로 메인빔과 크로스멤버 교차부에 하중이 집중될 경우 취약할 수 있음을 확인

· 메인빔과 크로스멤버 교차부에 대한 정밀 검토 및 설계 개선 필요



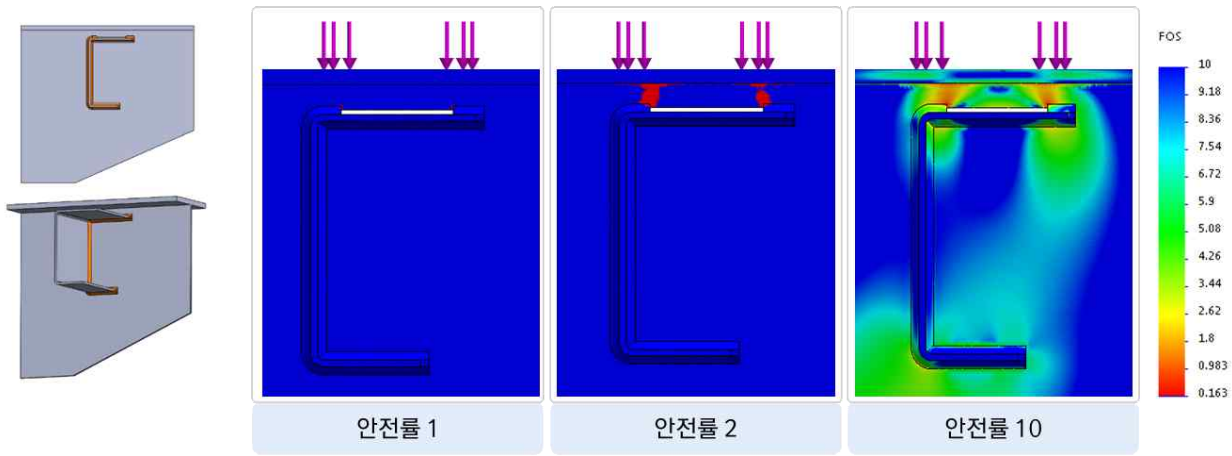
<그림 3-10> 최초 설계안 구조해석 결과

- 메인빔과 크로스멤버 교차부 정밀 검토 결과 집중응력부위에서 안전율 1 이하 지점이 있어 사용이 불가함을 확인하였으며 이를 보완할 수 있는 개선 1안을 제시 및 추가 검토



<그림 3-11> 최초 설계안 구조해석 결과 (확대)

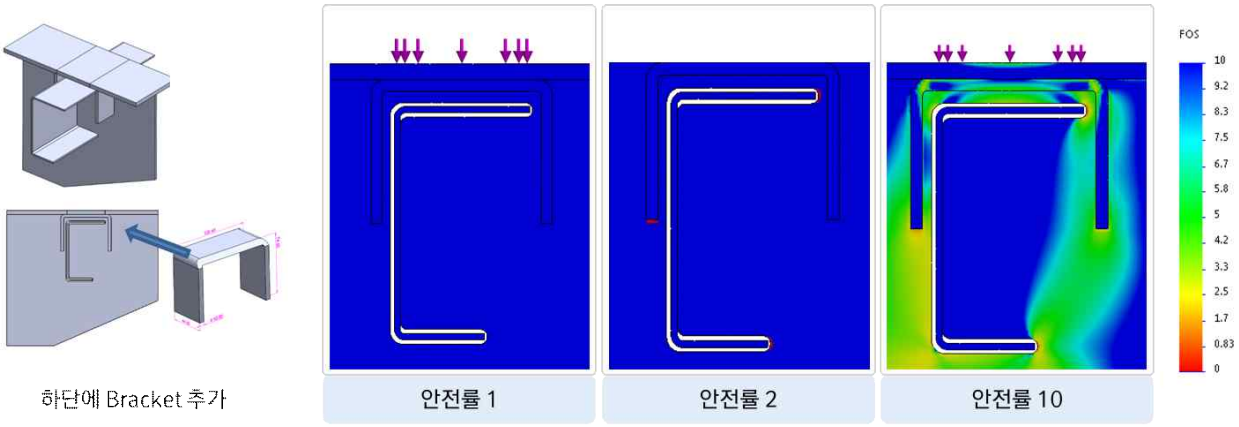
- 개선 1안으로 크로스멤버 교차부 중 하부 상하면과 상부 하면을 추가 용접하는 대안을 검토한 결과 안전율 1에는 만족하나 안전율 2 기준으로 사용이 불가함을 확인하였으며 이를 극복할 수 있는 개선 2안을 제시 및 추가 검토



<그림 3-12> 개선 1안 구조해석 결과

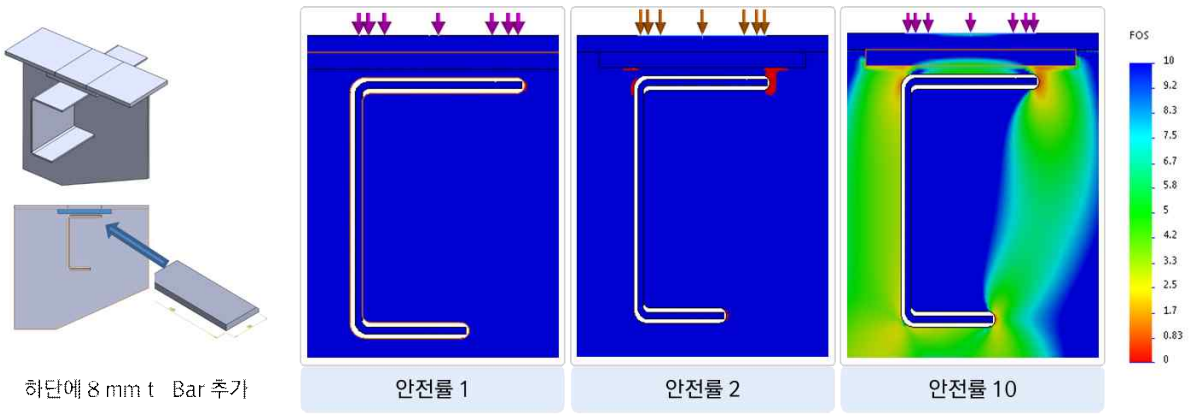
- 개선 2안으로 교차부 일부 용접하고 메인빔 플렌지부 하단에 Bracket을 추가하는 대안을 검토한 결과 안전율 1은 만족하고, 안전율 2에서는 일부 취약구간이 발생하지만 사용이 가능한 수준으로 분석되었으며 대부분 위치에서 안전율 3 이상이 확보됨을 확인

  · Bracket 추가 용접 시 현장 작업의 효율성이 떨어짐으로 인해 수용할 수 없는 대안으로 판단되며, 이를 극복할 수 있는 개선 3안을 제안 및 추가 검토



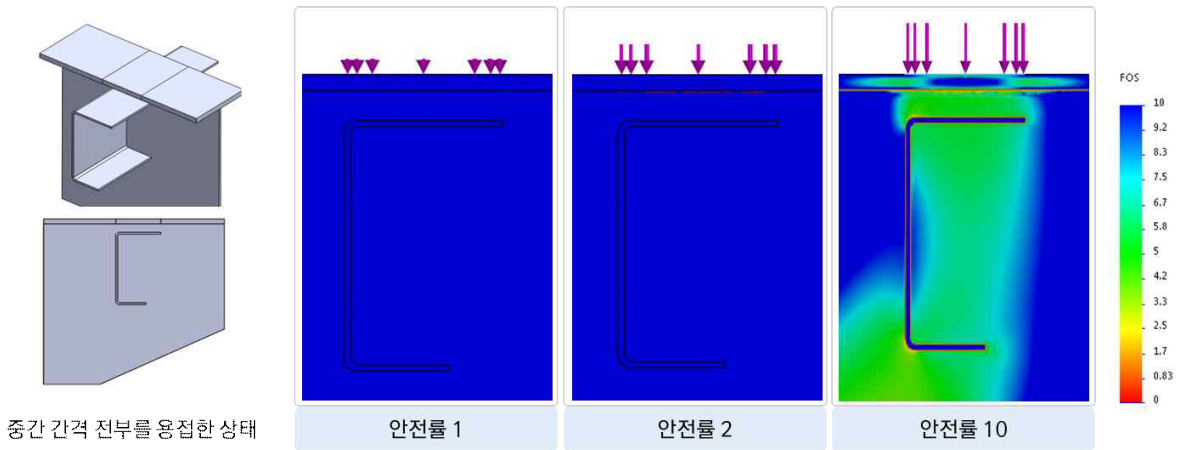
<그림 3-13> 개선 2안 구조해석 결과

- 개선 3안으로 교차부 일부 용접하고 메인빔 플렌지부 하단에 8mm두께의 bar를 추가하는 방안을 검토한 결과 안전율 2 이상에서 취약구간이 발생하여 사용이 불가능함을 확인하였으며, 이를 극복하기 위한 개선 4안을 추가 검토



<그림 3-14> 개선 3안 구조해석 결과

- 개선 4안으로 교차부 전체를 용접하는 방안을 검토한 결과 전 구간에서 안전율 4 이상이 확보됨을 확인하였으며 이를 최종 대안으로 선정하여 설계 및 제작 진행



<그림 3-15> 개선 4안(최종 대안) 구조해석 결과

(다) 통합 설계 및 시제품 제작

□ **프레임 제작 및 시험**

○ 경량화된 프레임의 처짐량 및 취약부 강도 측정(응력 및 안전율)을 통하여 설계의 적합성을 확인

- 하중조건으로 다음의 세 가지 하중을 설정하여 측정하였으며 조건 2(27.6 톤)에서 안전한 강도가 확보되면 사용이 가능한 것으로 판단

  · 조건 1: 코일과 같은 집중하중 화물이 적재될 경우 일반적인 적재 운행조건 상에서 최대 20 ton의 하중이 걸리는 것으로 예상

  · 조건 2: 법에서 규정하는 차량 총중량(40 톤)을 만족하는 최대 수준의 화물 중량이 한 지점에 집중된다고 가정하였을 경우(비정상적 극한조건) 27.6 ton의 하중이 걸리는 것으로 예상

  · 조건 3: 차량 총중량에 측정오차 10%를 반영한 최대수준의 화물 중량이 한 지점에 집중된다고 가정하였을 경우 30 톤의 하중이 걸리는 것으로 예상 (현실적으로 발생할 가능성이 거의 없는 경우이지만 파단발생까지 확인해 보는 의미에서 값을 설정하여 시험 수행)

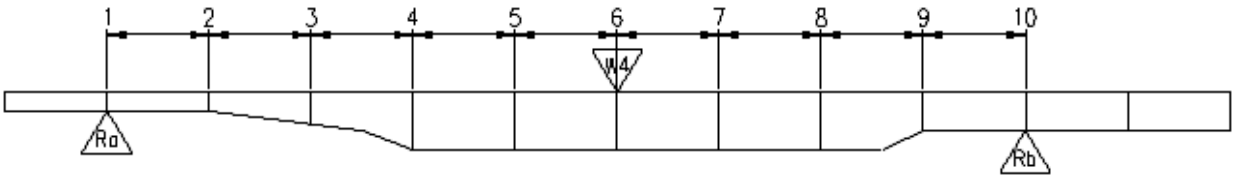
○ 처짐량 측정 결과

- 처짐량 측정 결과 집중하중 시 실린더 압력별로 최대 24.8~48.2mm 의 처짐량이 발생하는 것으로 분석

  · 조건 1(20 톤)에서 최대 24mm, 조건 2(27.6 톤)에서 최대 41mm, 조건 3(30 톤)에서 파단은 발생하지 않고 43mm 까지 처짐량이 발생함을 관측

- 기존 차량의 처짐량과 비교한 결과 8, 9 지점을 제외하고는 처짐량이 모두 개선된 것으로 나타남

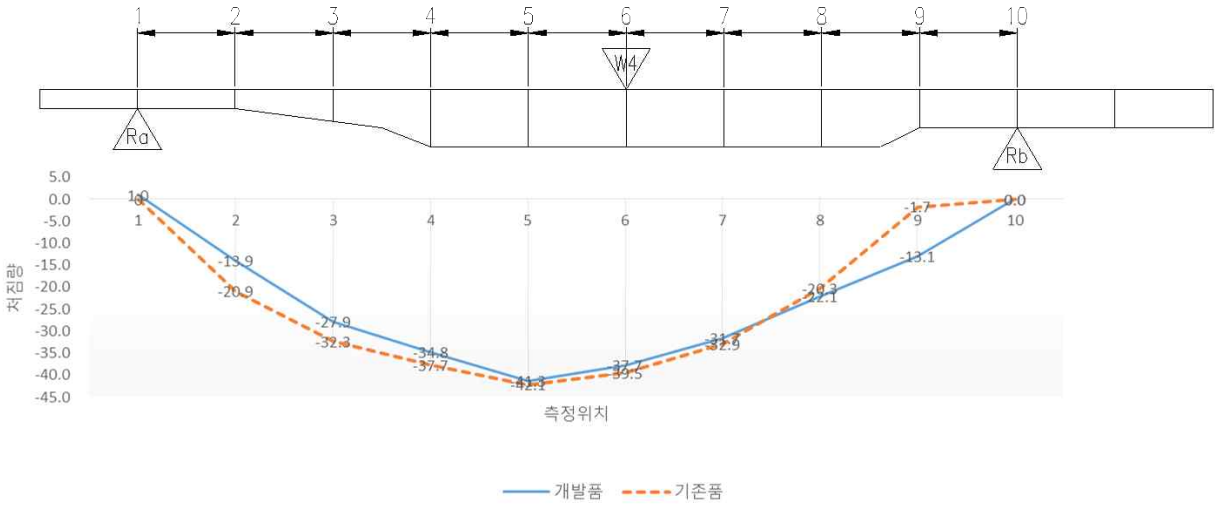
  · 8, 9 지점의 경우 설계 변경으로 기존과 형상이 일부 바뀜으로 인해 처짐량이 늘어난 것으로 분석되며, 트레일러 안전에 크게 영향을 미치지 않는 부위이고 그 값도 안전에 영향을 미치지 않는 수준으로 문제가 되지 않는 것으로 분석



<그림 3-16> 처짐량 측정 부위

<표 3-19> 처짐량 측정 결과 (좌우평균)

실린더압력 kg/㎠	하중 ton	측정위치									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	-1	-3	3	-4	-2	-4	-3	-2	0
130	20	3	-7	-18	-22	-24	-23	-21	-19	-9	0
180	27.6	1	-14	-28	-35	-41	-38	-32	-22	-13	0
195	30	-1	-15	-29	-37	-43	-40	-33	-24	-14	0
0	0	0	-1	-5	-3	-5	-5	-4	-3	-2	0



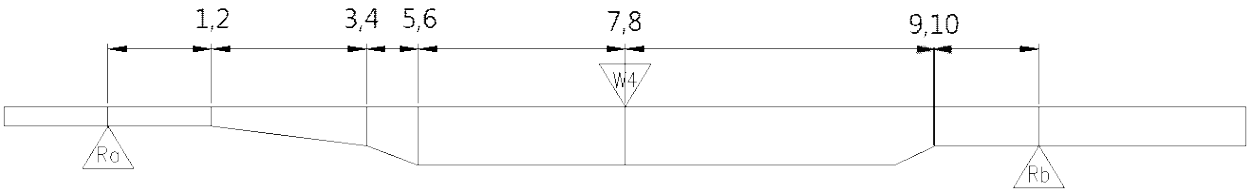
<그림 3-17> 기존품 및 개발품의 처짐량 비교

○ 응력 측정 결과 및 안전율

- 응력 측정 결과 실린더 압력별로 최대 16.0kg/㎟ ~ 29.9kg/㎟의 응력을 갖는 것으로 측정

  · 일반 적재 운행 조건(20 톤)에서 최대 16.0kg/㎟, 비정상적 극한조건(27.6 톤)에서 최대 27.1kg/㎟, 파단 확인을 위한 조건(30 톤)에서는 29.9kg/㎟ 까지 응력을 갖는 것으로 나타남

- 소재강도를 적용하여 안전율을 계산한 결과 인장안전율은 최소 1.8 이상, 항복안전율 최소 1.6 이상으로 나타나 안전을 위한 최소 기준인 인장안전율 1.6 이상, 항복안전율 1.3 이상을 만족하여 안전에 문제가 없는 것으로 분석하였음



<그림 3-18> 응력 측정 부위 (홀수 운전석 측면, 짝수 조수석 측면)

<표 3-20> 응력 측정 결과

실린더압력 kg/㎠	하중 ton	측정값(보정)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130	20	3.2	2.9	12.3	11.3	16.0	14.0	12.9	14.3	10.4	10.0
180	27.6	5.2	4.9	20.9	19.5	27.1	24.2	21.6	24.8	17.3	17.4
195	30	5.8	5.4	23.1	21.5	29.9	26.7	23.7	27.5	19.1	19.2
0	0	0.1	0.2	0.9	1.2	0.4	0.9	0.7	1.6	0.4	1.6

<표 3-21> 안전율 (안전계수 2)

측정부위	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
인장안전율(평균) (안전>1.6)	8.6	9.3	2.2	2.3	1.7	1.9	2.1	1.8	2.6	2.6
	(8.9)		(2.2)		(1.8)		(2.0)		(2.6)	
항복안전율(평균) (안전>1.3)	7.8	8.3	1.9	2.1	1.5	1.7	1.9	1.6	2.4	2.3
	(8.0)		(1.9)		(1.6)		(1.8)		(2.3)	

○ 메인빔에 대한 처짐량 및 응력을 측정하여 분석한 결과 중요 지점에 대해 기존제품보다 처짐량이 개선되었으며 안전율도 안전기준 이내에 들어와 사용에 문제가 없음을 확인하였음

- 이로부터 설계안과 같이 트레일러 제작 시 사용하는 데 안전의 문제는 발생하지 않을 것으로 예상

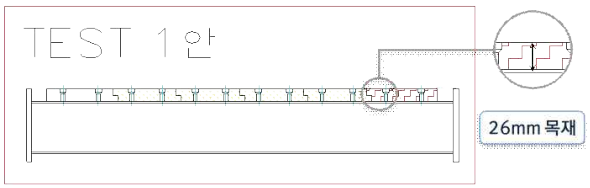
□ 평판부 제작 및 시험

○ 기존안과 경량화된 상판부 개선안 및 추가 비교대안을 고려하여 시험용 부품 제작 및 강도시험을 수행하고 개선안 설계의 적합성을 확인

- 시험은 '기존 평판 설계안'과 본 연구에서 도출한 '경량화 개선안', 그리고 그보다 더 경량화가 가능할 것으로 생각되는 '추가 비교대안 1', 경량화 개선안의 강도가 예상보다 부족할 경우를 대비하여 더 강한 구조의 '추가 비교대안 2'를 함께 시험함

- 다음의 네 가지 TEST 안을 설정하여 시험

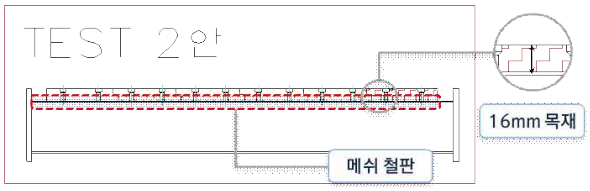
· TEST 1안 (기존안) : 목재 26t





<그림 3-19> TEST 1안: 기존 26mm 목재

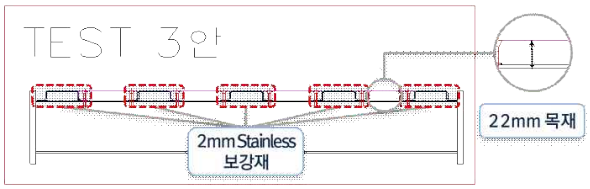
· TEST 2안 (추가 비교대안 1) : 목재 16t + 메쉬철판 t2.3 (목재 W125 x 3085L, 메쉬철판_도면참조)





<그림 3-20> TEST 2안: 목재 16mm + EX메탈

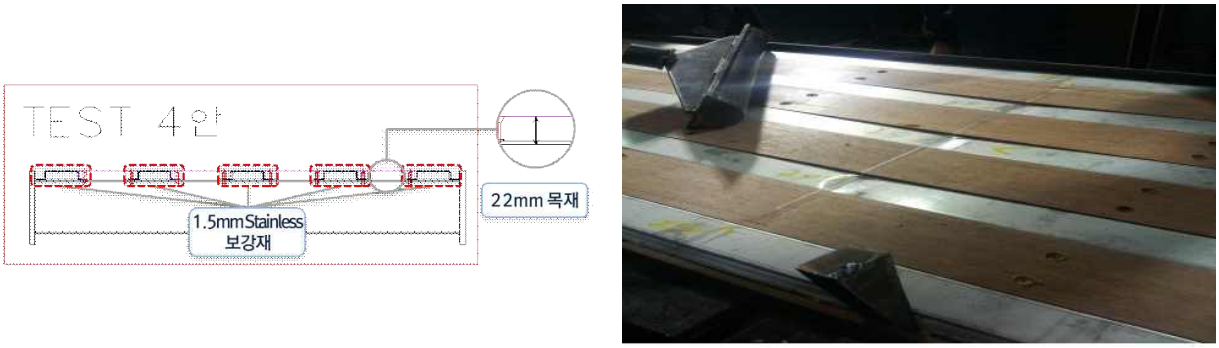
· TEST 3안 (추가 비교대안 2) : 목재 22t + SUS 2t CAP (목재 W125 x 3085L, SUS CAP_도면참조)





<그림 3-21> TEST 3안: 목재 22mm + SUS T2 CAP

· TEST 4안 (경량화 개선안) : 목재 22t + SUS 1.5t CAP (목재 W125 x 3085L, SUS CAP_도면참조)



<그림 3-22> TEST 4안: 목재 22mm + SUS T1.5 CAP]

○ 실린더 압력/하중 설정

- 프레임 시험(가.)에서와 마찬가지로 극한의 조건인 30 톤을 최대 값으로 가정하여 시험하되 실린더 누르기부의 규격을 고려하여 최대 10톤을 설정
  · 상판 폭길이 1,960mm, 실린더 누르기부 폭길이 675mm 일 때,
  · 30톤 × (675/1960) ≒ 10톤
  · 구조적으로 평판트레일러의 상판은 메인빔, 크로스멤버와 함께 하중을 지지하여 적재 화물의 중량이 전부 상판에만 걸릴 수는 없으며, 본 시험은 비현실적인 극한의 상황까지 설정하여 실험해 봄
- 최대 10톤까지 2톤씩 증가해 가며 실험을 수행

○ 실험 결과 TEST 3안(경량화 추가대안 2)과 TEST 4안(개선안)이 파단이 발생하지 않아 안전 강도를 만족함과 동시에 TEST 1안(기존안)보다 경량화가 가능한 것으로 나타남

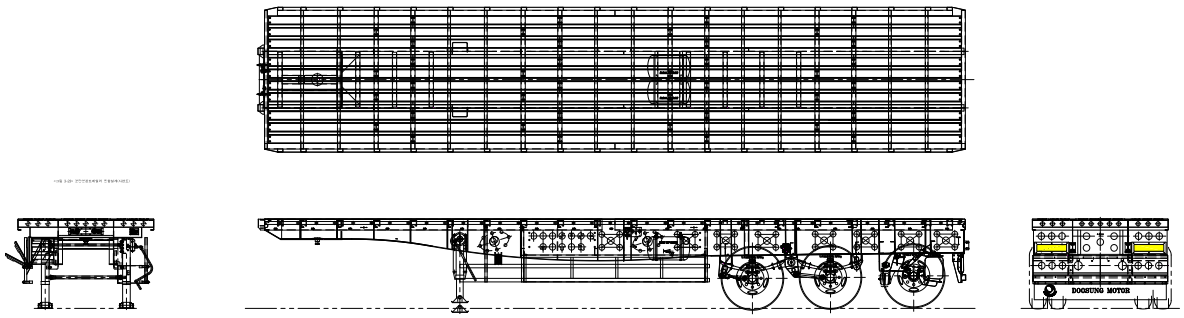
- 두 가지 안 중 기존안보다 약 56kg 수준 경량화가 가능한 TEST 4안(경량화 개선안)을 최종 설계안으로 선정
  · 처짐량과 변위량 발생은 TEST 3이나 4안 모두 발생하지만 안전과 강도에 크게 관계 없는 수준으로 분석됨
  · TEST 2안(경량화 추가대안 1)의 경우 추가적인 경량화는 가능하나 파단강도가 낮아 적용이 어려울 것으로 분석

<표 3-22> 평판부 TEST 대안별 하중시험결과

항목	기본값		2톤 하중 압력값(14k)		4톤 하중 압력값(28k)		6톤 하중 압력값(42k)		8톤 하중 압력값(56k)		10톤 하중 압력값(70k)		비 고
	처짐향	변위량	처짐량	변위량	처짐량	변위량	처짐량	변위량	처짐량	변위량	처짐량	변위량	
TEST 1안	-	20.5	-	21.0	-	23.0	-	26.0	-	29.0	-	32.0	12.5t (85k) 파단
				+0.5		+2.5		+5.5		+8.5		+11.5	
TEST 2안	-	27.5	-	29.0	-	33.0	28.0	46.0	-	-	-	-	7t (48k) 파단
				+1.5		+5.5		+18.5					
TEST 3안	-	26.0	26.0	26.5	26.0	28.5	26.0	32.0	27.0	36	30.0	42.0	10t (56k) 파단
			0	+0.5	0	+2.5	0	+6.0	+1.0	+10.0	+4.0	+16.0	
TEST 4안	-	26.5	26.5	27.0	26.5	28.5	26.5	32.0	28.5	37	38.0	43.5	10t (56k) 파단
			0	+0.5	0	+2.0	0	+5.5	+2.0	+10.5	+11.5	+17.0	

(라) 핵심기술의 통합/연계 및 시제품 개발

○ 앞서 설계된 각 모듈을 종합하여 경량트레일러 최종안에 대한 통합 설계를 진행



○ 설계안에 따라 다음과 같이 시작품을 제작



[정면]



[측면]



[상부]



[하부]





[타공부]

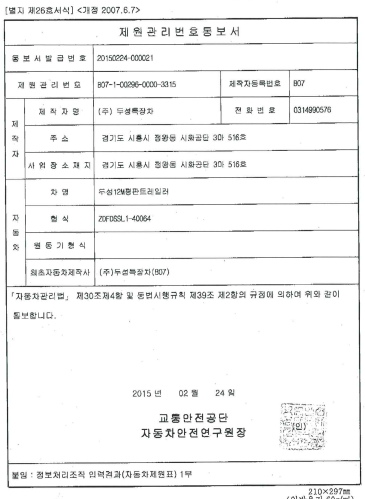
<그림 3-24> 경량평판트레일러 시작품

○ 시제품이 도로주행을 통해 안전성을 입증하고 주행성능을 실제 테스트하기 위해서는 차량등록절차를 거쳐 차량번호판을 교부받아 주행이 가능하도록 하는 절차가 필요함

- 교통안전공단 산하 자동차안전연구원에 기술검토서 제출 및 제원의 적합성심사(서류심사) 후 '최초안전검사'를 신청
- 실사를 통해 적합성심사 당시 제출된 제원과의 차이점을 시험하는 최초안전검사를 받아 자동차제원표를 발급
- 발급된 자동차제원표를 토대로 차량제조사가 차량제작증을 발급하였으며 차량제작증에 기재된 차대번호를 차량에 타각하여 교통안전공단에 등록 완료

· 차대번호 : KN9CNEZTZFKB07005

- 발급된 차량번호판 차량 부착 및 도로주행 준비



제원관리번호통보서

통보서발급번호	20150224-000021		
제원관리번호	807-1-00296-0000-3315	제작자등록번호	807
제작자	제작자명 (주)두성특장차	전화번호	0314990576
	주소 경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3마 516호		
	사업장소재지 경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3마 516호		
자동차	차명 두성12M평판트레일러		
	형식 ZDFDSSL1-40064		
	원동기형식		
	최초자동차제작사 (주)두성특장차(807)		

「자동차관리법」 제30조제4항 및 동법시행규칙 제39조 제2항의 규정에 의하여 위와 같이 통보합니다.

2015 년 02 월 24 일

교통안전공단
자동차안전연구원장

(인)

210×297㎜ (일반용지 60g/㎡)

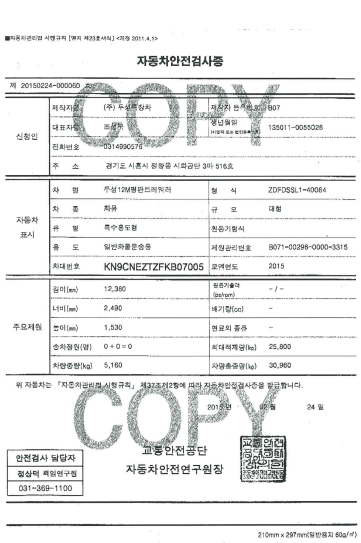


자동차 제원표

807-1-00296-0000-3315

1	제작자명 (원제작자명)	(주)두성특장차 (주)두성특장차		제작자등록번호 (제작국가명)		807 (대한민국)	
2	차명	두성12M평판트레일러		6	종별	화물	
3	형식	ZDFDSSL1-40064		7	유형	특수용도형-피견인	
4	차대(차체)형상	피견인형		8	구분	대형	
5	승차정원 (명)	0 + 0 = 0		9	용도	일반화물운송용	
10	차량중량 (kg)	5,160 (0)	원동기	형식			
11	최대적재량 (kg)	25,800 ( )		17	최고출력(ps/rpm)	/	
12	차량총중량 (kg)	30,960 ( )			기통수 / 총배기량(cc)	/	
13	차체 제원 (mm)	길이	12,380 ( )		사용연료		
		너비	2,490 ( )	18	연료소비율(km/ℓ)		
		높이	1,530 ( )	19	축간거리(mm)	8,940	
14	최대 내측 치수 (mm)	길이	12,210 ( )	20	윤거거리 (mm)	전	0
		너비	2,370 ( )			후	1,840
		높이	( )	21	최대 휠셋트(mm)	3,095 ( )	
15	공차시 하중분포 (Kg)	전	좌측	660 ( )	22	변속기종류(단수)	변속기 없음 (0 / 0)
			우측	( )	23	타이어형식	전
		후	좌측	2,250 ( )			후
			우측	2,250 ( )	24	휠 형식	전
			우측	( )			후
16	적차시 하중분포 (Kg)	전	좌측	11,930 ( )	27	축별설계 허용하중 (Kg)	전	좌측	
			우측	( )				우측	
		후	좌측	6,415 ( )			후	좌측	10,000
			우측	6,415 ( )				중측	10,000
			우측	6,200 ( )				우측	10,000
25	최대번호(1~8자리)	KN9CNEZT		26	모델연도	2015	
28	선택사양	◇사용 트랙터 : 대우트럭더(GL37M) ◇드럭터 연결 시 중량량 : 3만 900kg ◇드럭터 연결 시 휠베이 : 1축 370mm ◇선택사양 : 1. 런기장치 형식(후축, 3S) : 유압 밸로우즈 공기 스프링					

1. 점검내용지수, 하대중량등은 허제량이 없는 경우에 한정합니다.
2. 속류자동차의 경우 측별설계허용하중은 기재하지 아니합니다.
3. 시험결과 중간가 한기기 결정되면 경우 원동기의 종 "형식"은 "고정점검기 형식"을, "최고출력(ps/rpm)"은 "고정점검기 최고출력(ps/rpm)"을, "배기량(cc)"은 "고정점검기 총배기량(cc)"을 "수동축중치 검사전압(볼트(V)/시간(분))"은 "수동축중치 검사전압(볼트(V)/시간(분))"을, "연료소비율(km/ℓ)"은 "연료소비율(km/ℓ)"을 "연료소비율(km/ℓ)"로 각각 변경합니다.
4. 시험결과의 중량구 수소는 고정점검기준치의 경우 원동기의 종 "형식"은 "고정점검기 형식"을, "최고출력(ps/rpm)"은 "고정점검기 최고출력(ps/rpm)"을, "배기량(cc)"은 "고정점검기 총배기량(cc)"을 "연료소비율(km/ℓ)"은 "연료소비율(km/ℓ)"을 "연료소비율(km/ℓ)"로 각각 변경합니다.



자동차안전검사증

신청인	제작자명	(주) 두성특장차	제작자 등록번호 807
	대표자명	조경희	생년월일 135011-0055026
	전화번호	0314990576	
	주소	경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3마 516호	
자동차 표시	차명	두성12M평판트레일러	형식 ZDFDSSL1-40064
	차종	화물	규모 대형
	유형	특수용도형	원동기형식
	용도	일반화물운송용	제작관리번호 807-1-00296-0000-3315
	차대번호	KN9CNEZTZFKB07005	연식년도 2015
주요제원	길이(mm)	12,380	원동기출력 (ps/rpm) -/-
	너비(mm)	2,490	배기량(cc) -
	높이(mm)	1,530	연료의 종류 -
	승차정원(명)	0+0=0	최대적재량(kg) 25,800
	차량중량(kg)	5,160	차량총중량(kg) 30,960

위 자동차는 「자동차관리법 시행규칙」 제72조제2항에 따라 자동차안전검사증을 발급합니다.

2015년 02월 24일

교통안전공단
자동차안전연구원장

안전검사 담당자
정상덕 책임연구원
031-369-1100

210mm x 297mm(일반용지 60g/㎡)

[제원관리번호통보서] [자동차제원표] [자동차안전검사증]

<그림 3-25> 도로주행을 위한 구비서류 발급

(마) 운영매뉴얼 제작

○ 개발차량의 효과적인 관리 및 유지보수가 가능하도록 유지보수매뉴얼을 작성하여 함께 제공



<그림 3-26> 경량평판트레일러 유지보수 매뉴얼

나. 테스트베드 구축 및 운영

(1) 연료저감 효과 분석 테스트베드 구축 및 운영

(가) 수행의 목적 및 운영방법

○ 본 연구의 테스트 베드는 같은 환경에서 주행한 기존 트레일러와 연구 성과물인 경량 평판트레일러의 연료소비량을 조사하여 유류소비절감 효과를 비교 분석하는 데에 목적이 있음

○ 테스트베드 운행 대상 : 3축 평판트레일러 개발 차량(시작품) 및 기존 차량

○ 테스트베드 운행 구간 및 조건: 남안산IC～당진IC 구간이며 야간운행으로 교통혼잡 최소화 및 화물차 규정속도 준수를 조건으로 함

○ 테스트베드 운행 횟수 : 준비를 위한 사전운행을 제외하고 개발 차량 및 기존 차량을 각각 왕복 16회 운행하여 평균값을 활용

(나) 테스트 베드 시행 결과

○ 테스트베드 운행 결과 특이상황을 제외한 일반적인 고속도로 위주 운행에 대해 기존 차량 공차운행의 경우 평균 4.33 km/ℓ, 개발 차량의 경우 평균 4.48 km/ℓ의 연비를 보여 약 2.7%의 연비개선효과가 있는 것으로 분석됨

(다) 다이나모테스트 결과

□ **시험 개요**

○ 본 연구는 국토교통과학기술진흥원에서 수행하고 있는 교통물류연구사업의 일환으로 국내 화물운송시장 환경에 적합하고 미래 시장성에 기반한 도로화물 연료사용량 및 온실가스 감축 국산 화물운송장비 기술 개발을 목표로 함

- 본 연구는 코스트다운테스트 및 다이나모테스트 수행을 통해 본 사업 성과물인 개발(경량) 평판트레일러 및 기존 평판트레일러를 각각 체결한 상태의 트랙터 연비 측정 및 상호 비교하여 연비개선 효과를 검증함

□ **연비 측정 결과**

○ WHVC 모드 연비 개선 효과 결과, 기존 및 개발차량의 Coast down 측정값으로 산출된 각각의 주행저항을 대형차대동력계로 WHVC 모드 주행 결과, 공차 개선율은 3.14%를 나타내며, 적차 연비 개선율은 2.18%임

○ 1차년도 수행한 실차주행 테스트 운행결과, 공차기준 다이나모테스트 연비측정 결과가 3.14%로 실차주행테스트 연비측정 결과 2.7%에 비해 연비 개선율이 좋게 분석됨

<표 3-23> WHVC 모드 연비 개선 효과

구분	기존 차량		개선 차량		개선율	
	CVW(km/L)	GVW(km/L)	CVW(km/L)	GVW(km/L)	CVW(%)	GVW(%)
1st	3.3012	1.9284	3.4016	1.9709	3.04	2.20
2nd	3.3012	1.9591	3.4083	2.0012	3.24	2.15
평균	3.3012	1.9438	3.4050	1.9861	3.14	2.18

○ WHVC 모드 구간별 연비 개선효과 분석결과, Urban 구간에서 1, 2회차 평균 4.50%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 Rural이 3.12%, Motorway이 1.81%로 가장 낮게 분석됨

- 또한 각 구간별 공차일 때 연비가 적차 상태의 연비보다 더 크게 나타남

<표 3-24> 구간별 연비 개선 효과

구분		기존 차량		개선 차량		개선율	
		CVW (km/L)	GVW (km/L)	CVW (km/L)	GVW (km/L)	CVW (%)	GVW (%)
Phase1 (Urban)	1st	2.2086	1.2347	2.31	1.2607	4.59%	2.11%
	2nd	2.2189	1.2788	2.3169	1.3276	4.42%	3.82%
	평균	2.2138	1.2568	2.3135	1.2942	4.50%	2.98%
Phase2 (Rural)	1st	3.5744	1.8504	3.6803	1.9195	2.96%	3.73%
	2nd	3.5566	1.878	3.673	1.9192	3.27%	2.19%
	평균	3.5655	1.8642	3.6767	1.9194	3.12%	2.96%
Phase3 (Motorway)	1st	4.3608	2.9412	4.4256	2.9491	1.49%	0.27%
	2nd	4.3462	2.924	4.4394	2.9331	2.14%	0.31%
	평균	4.3535	2.9326	4.4325	2.9411	1.81%	0.29%

(2) 성능평가 테스트베드 구축 및 운영

○ 본 연구의 성과물인 경량 평판트레일러의 직접적인 목표인 중량 저감으로부터 파생되는 여러 제반효과(안전도, 운행여건 등)들을 기존 차량과 비교 분석하는 데에 목적이 있음

○ 테스트베드 운행 대상 : 3축 평판트레일러 개발 차량(시작품)

○ 테스트베드 운행 구간 및 대상 화물[21)]

구분	구간 및 운행 횟수	화물
1차	울산 → 안양 (380km) 편도 7회 운행	설탕(포대)
2차	울산 → 천안 (317km) 편도 2회 운행	설탕(포대)
3차	당진 → 울산 (374km) 편도 12회 운행	철판 & 코일 & 철근

21) 화주 요청에 의해 일정이 결정되는 화물운송시장 구조 상 테스트베드 운행 스케줄은 상황에 따라 일부 변동 가능

다. 경제성 분석 및 실용화 전략

(1) 경량 평판 트레일러 시장성 확보방안

(가) 구매 선호도 및 개발품 구매의향 조사결과

○ 고강도 강판적용 및 구조 개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 연구개발 성과품 중 경량 평판트레일러와 탈부착식 평판트레일러 시장성확보 및 개발 타당성 분석, 실용화 전략 수립을 위하여 운송사업자[22](이하 운송업체) 구매담당자 및 화물자동차 차주(지입(위·수탁)차주 및 직영/개인운수사업자를 포함, 이하 차주)를 대상으로 경량 및 탈부착식 트레일러 개발에 따른 구매의향 등을 조사하였음

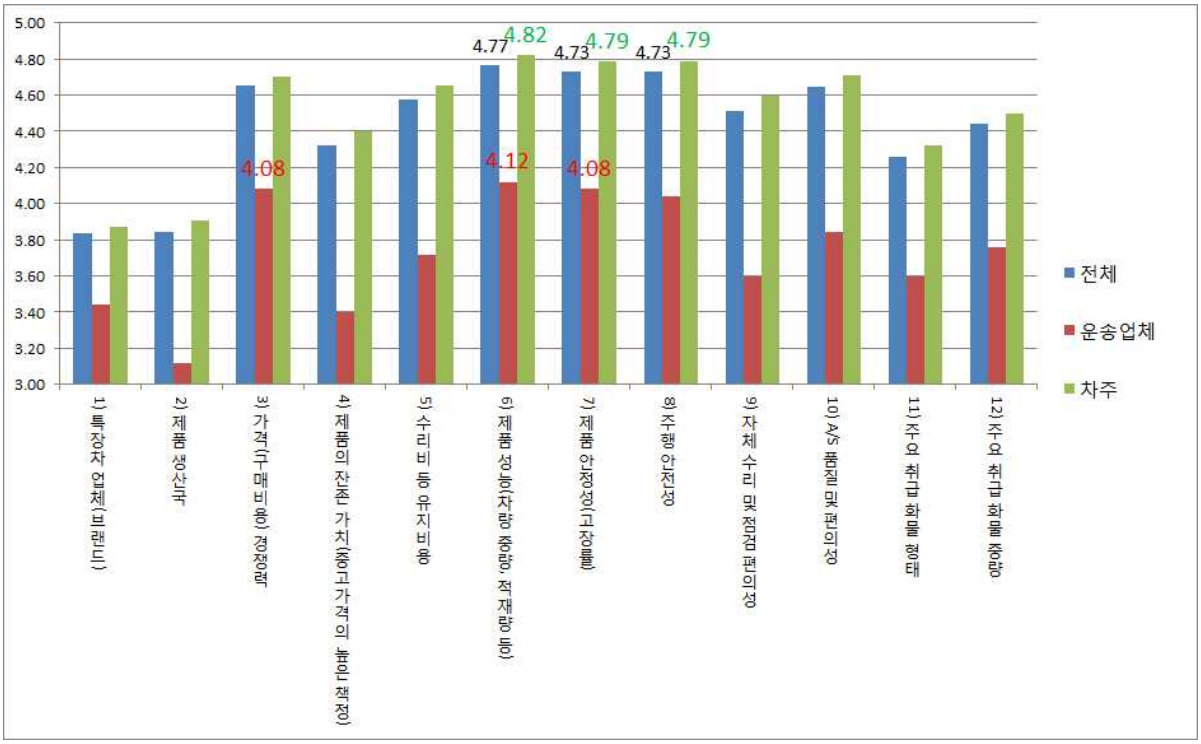
- 기존 평판트레일러 구매정보, 기존 평판트레일러 운행특성 및 개선 요구사항, 평판트레일러 구매시 중요 요인, 경량 및 탈부착식 평판트레일러 구매의향을 조사함

○ 구매선호도 조사결과, 평판트레일러 구매시 고려하는 주요 요인으로는 제품성능(차량 중량, 적재량 등)'(4.77점)에 대한 중요도가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 '제품 안정성(고장률)', '주행 안전성'(각각 4.73점)으로 '성능 및 안전성'에 대한 중요도가 높게 평가되었음

- 본 설문조사 설계시 제품선택시 구매비용에 대한 요인을 가장 중요시 여길 것으로 판단하였으나 최근 구매자들은 제품의 성능과 안정성을 중요시 여기는 것으로 조사되었음

  · 이는 본 연구인 경량화물 개발시 성능적 측면과 안정성, 내구성을 확보하여야 함을 의미하여 더불어 기존 제품보다 가격경쟁력만이 아닌 성능(경량화) 향상에 초점을 맞춘 개발이 시기 적절함을 보여주고 있음

22) 화물자동차 운수사업법(시행 2015.7.7)제3조3항에 의해 국토교통부장관으로부터 화물자동차 운송사업의 허가를 받은 자



<그림 3-27> 구매 주체별 평판 프레일러 구매 결정 요인 선호도

○ 개발품에 대한 구매의향 조사결과, 신규 경량 2축 평판트레일러가 기존 차중 대비 250kg 감량(판매가 3,700만원)일 경우 구매할 의향은 19.1%, 기존 차중 대비 500kg 감량(판매가 3,850만원)일 경우 구매할 의향은 25.3%, 기존 차중 대비 750kg 감량(판매가 4,000만원)일 경우 구매할 의향은 31.86%로 나타남

- 평판트레일러 차주 및 운송업체 구매 담당자들은 트레일러 차중이 일정무게로 감량할수록 제품가격이 일정하게 증가함에도 불구하고 구매의향이 더 높은 것으로 분석됨

○ 개발품에 대한 구매의향 조사결과, 신규 경량 3축 평판트레일러가 기존 차중 대비 300kg 감량(판매가 4,400만원)일 경우 구매할 의향은 12.1%, 기존 차중 대비 600kg 감량(판매가 4,500만원)일 경우 구매할 의향은 22.8%, 기존 차중 대비 900kg 감량(판매가 4,700만원)일 경우 구매할 의향은 28.41%로 나타남

- 경량 3축 평판트레일러 차주 및 운송업체 구매 담당자들은 트레일러 차중이 감량할수록 구매의향이 많은 것으로 분석되었음

- 신규 경량 3축 평판트레일러의 가격 탄력성 분석결과, 차중 감량에 상관없이 가격 탄력적인 것으로 나타남

(나) 경량 평판트레일러 시장성 확보 전략

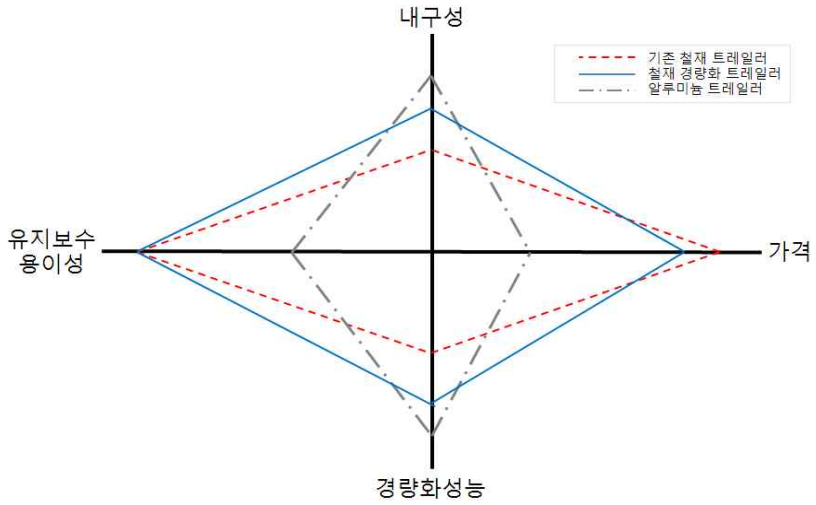
□ **시장의 세분화**

○ 평판 트레일러 시장은 소유주체에 따라 차주와 운송업체로, 축수에 따라 2축 평판트레일러 시장과 3축 평판트레일러 시장으로 세분화 할 수 있음

- 경량화 기대수준이 상대적으로 높고, 가격탄력성이 상대적으로 낮으면서 신차구매율이 상대적으로 높은 12m 3축 트레일러시장을 1순위로 하고, 경량화 기대수준이 상대적으로 낮고, 가격탄력성이 상대적으로 높으며, 신차구매율이 상대적으로 낮은 12m 2축 트레일러시장을 2순위 목표 시장으로 하는 것이 바람직
- 본 연구는 3축 평판트레일러에 대해 900kg 이상의 경량화를 1순위 시행하고 향후 실용화 부분에 있어 2축 평판트레일러 경량화를 추진함

□ 제품의 포지셔닝(Positioning)

○ 철재 경량화 평판트레일러의 경우 알루미늄 소재의 평판트레일러에 비해 그리 뒤처지지 않는 제품성능(차체중량, 적재량 등), 제품 내구성, 안전성을 지니면서도 유지보수 용이성과 가격적인 측면에서 확실한 강점을 보임



<그림 3-28> 경량화 평판트레일러 제품의 포지셔닝맵

□ 제품(product) 전략

○ 시장성 조사결과를 통해 평판트레일러 구매 시 고려하는 주요 요인으로 제품성능(차량 중량, 적재량 등)'(4.77점), '제품 안정성(고장률)', '주행 안전성'(각각 4.73점) 순으로 '성능 및 안전성'에 대한 중요도가 상대적으로 높게 평가된 만큼 가격경쟁력 보다 성능(경량화) 향상 효과를 뚜렷이 보여줄 수 있도록 제품을 개발해야 함

○ 특히, 평판트레일러 차량의 경량화는 구조적으로 이루어지겠으나 차체가 튼튼해야 한다(강직성)는 부문의 요구가 많았으므로 중량물을 실었을 때 허리 쪽 차체의 처짐이 기존 트레일러에 비해 현저히 향상될 수 있게 제품을 설계할 필요

○ 품질 및 성능부문에 있어 경량화에 대한 요구 외에 소음에 대한 개선요구가 많이 발견되므로 평판트레일러의 현가장치나 화물 고박장치 부분에서 발생할 수 있는 소음 등을 최소화하는 편의사양 개발이 필요

○ 중량물 운송 시 과적단속에 민감한 운전자 특성을 감안할 때 축 중량 분산이 중요한 사안이므로 차축에 고루 하중을 분포시켜주는 워킹빔 서스펜션(walking-beam suspension)의 채용을 고려할 필요가 있고, 하역 편의성과 안정성, 안전성 등을 고루 향상시켜 줄 수 있는 슬라이드 장치, 티핑 장치 등 각종 편의사양 선택의 폭을 넓히는 노력도 중요

□ 유통경로(place) 전략

○ 중소기업이 대부분인 국내 특장차 시장의 특성상 신차 구매의 비중이 높음에도 전국에 걸쳐 트레일러를 전시하고 판매하는 공간을 확보하기는 곤란한 실정

- 차량 내에서 장시간 운전하고 대기해야 하는 화물차 운전자들의 특성 상 직접 차량에 탑승하고 운전을 해보는 시승경험을 고객들에게 제공하는 것은 중요

○ 따라서 평판 트레일러 운전자들이 많이 집결하고 정차하는 화물차 휴게소나 주요 물류거점 인근에 이동식 전시 및 판매 매장을 운영하여 일정기간 시승경험도 제공하고 판매상담도 수행하는 이동식 대면 판매 전략을 구사하는 것이 바람직함

○ 시장성 조사과정에서 애로사항으로 많이 지적하는 트레일러 A/S 지점 수의 확대와 더불어 A/S 지점에서 신제품도 전시하고 일정기간 시승경험도 제공하며 판매상담도 수행하는 판매방식도 유효함

□ 판매가격(price) 전략

○ 시장성 조사결과 축 수나 소유주체나 차중 감량정도에 상관없이 가격 탄력적인 것으로 나타나 고가(high price)정책을 구사하기는 어려울 것으로 판단됨

- 축 수와는 상관없이 경량화 평판트레일러는 수요가 가격 탄력적이기 때문에 가격을 낮추면 낮출수록 판매수요는 늘어날 것으로 판단됨
- 단, 경량 3축 평판트레일러는 경량 2축 평판트레일러 보다 가격 탄력성 수치가 상대적으로 작게 분석되었기 때문에 경량 3축 평판트레일러는 차체 강도강화나 안전성 향상을 위한 장치의 보강, 도장의 고급화를 기본 옵션으로 채택하는 것이 바람직함
- 경량 2축 평판트레일러는 다양한 편의사양을 옵션으로 제시하되 제품자체는 옵션을 최대한 억제한 저렴한 가격을 제시하는 것이 바람직함

□ 판매촉진(promotion)전략

○ 2축과 3축을 막론하고 조만간 차량교체 가능성이 높은 2000년 이전 트레일러 소유자를 상대로 집중적인 제품설명 및 판촉활동을 전개하는 것이 당연하겠지만 잠재고객으로 볼 수 있는 2000년-2005년 구매자를 대상으로는 중고차보다 신차 구매율이 상대적으로 높은 3축 트레일러 소유자를 주요 타깃으로 삼는 잠재시장 고객공략 전략 수립도 바람직함

- 동료 화물차 운전자들의 평가나 입소문이 차량구매에 끼치는 적지 않으므로 운전자들이 많이 모이는 곳에 불특정 운전자들을 상대로 한 제품 이미지 마케팅전략도 유효할 것으로 판단됨

(2) 경량 평판트레일러 실용화 전략 수립

(가) 시장성 확보 및 실용화 전략

① 사업화 모형 수립(BM) 배경

○ 평판트레일러는 상대적으로 축간거리가 길고 화물적재부 길이가 13m로 축중 분산에 유리(최대 6축)하여 도로파손 위험 감소 가능

- 주요 품목 운송실적 추이만 보아도 철강, 석탄, 양회, 컨테이너 등 대량화물 물동량의 증가속도는 도로전체 증가율을 크게 상회

○ 물류기술의 국산화 및 글로벌 선도 가능성을 가진 기술개발

- 물류산업의 기계화 및 자동화를 통해 고도화되면서 시설·장비에 대한 상대적 의존도도 점차 높아질 수밖에 없으며, 21세기에는 특히 에너지 효율적이며 환경 친화적인 물류기술 개발이 요구

- 국가에 의한 선도적인 물류기술 투자가 선행되어야 물류분야의 핵심기술 및 운영시스템의 국산화가 이루어질 수 있고, 이를 통해 수입대체 효과를 거둘 수 있으며 나아가 국산 물류시설·장비의 수출을 통한 새로운 산업파급효과까지도 기대

○ 물류 효율성 제고를 위한 장비 간의 정합성 제고 기술개발

- 물류비 절감을 위해 현장에서는 각종 장비와 최신 기술이 적용되고 있으나 상호 정합성이 충족되지 못하여 작업의 비효율이 초래되는 경우가 빈번하게 발생하고 있어 물류관련 시설·장비와 최신 기술 간의 정합성 제고를 위한 물류기술개발이 필요함

- 특히 새로운 물류관련 시설·장비의 개발 및 기술국산화와 이를 통한 물류경쟁력의 확보는 우리나라 산업경제 발전에도 매우 중요한 기여를 할 것으로 기대

② 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁요인

□ **사업화 모형의 목표**

○ 고강도 강판을 이용한 철재 경량화 평판트레일러와 기존 철재 평판트레일러 그리고 경쟁제품이라 할 수 있는 알루미늄 소재의 평판트레일러를 내구성, 가격, 경량화성능, 유지보수 용이성 관점에서 비교하면 다음과 같음

- 철재 경량화 평판트레일러의 경우 알루미늄 소재의 평판트레일러에 비해 그리 뒤처지지 않는 제품성능(차체중량, 적재량 등), 제품 내구성, 안전성을 지니면서도 유지보수 용이성과 가격적인 측면에서 확실한 강점을 보임

□ **핵심 경쟁 요인 : 제품(product) +판매가격(price)전략**

○ 기존 평판트레일 제품을 개량하고 새로운 경량평판트레일러를 개발하는 것이니만큼 시장성 조사결과를 토대로 고객의 요구사항이 제품 설계 및 반영단계에 철저히 반영될 필요

- 시장성 조사결과를 통해 평판트레일러 구매 시 고려하는 주요 요인으로 제품성능(차량 중량, 적재량 등)'(4.77점), '제품 안정성(고장률)', '주행 안전성'(각각 4.73점) 순으로 '성능 및 안전성'에 대한 중요도가 상대적으로 높게 평가된 만큼 가격경쟁력보다 성능(경량화) 향상 효과를 뚜렷이 보여줄 수 있도록 제품을 개발해야 함

○ 품질 및 성능부문에 있어 소음에 대한 개선요구가 많이 발견되므로 평판트레일러의 현가장치나 화물 고박장치 부분에서 발생할 수 있는 소음을 최소화하는 편의사양 개발이 필요

○ 경쟁 제품인 알루미늄 소재 평판트레일러에 비해 '내구성' 항목에서 도장 부식에 대한 애로사항이 특히 많이 발견되었으므로 차체 도장의 고급화와 배선 처리의 기밀성, 에어호스의 고급화 등을 통해 내구성을 향상시키는 다양한 노력이 중요

○ 중량물 운송 시 과적단속에 민감한 운전자 특성을 감안할 때 축 중량 분산이 중요한 사안이므로 차축에 고루 하중을 분포시켜주는 워킹빔 서스펜션(walking-beam suspension)의 채용을 고려할 필요가 있고, 하역 편의성과 안정성, 안전성 등을 고루 향상시켜 줄 수 있는 슬라이드 장치, 티핑 장치 등 각종 편의사양 선택의 폭을 넓히는 노력도 중요

○ 고객에게 적정한 가격수준이고 생산자와 판매업자에게도 적정이익이 보장되는 가격수준을 찾는 것이 판매가격 전략

③ 목표 시장 구조

□ **경쟁 기업 현황**

○ 최근 각국에서는 화물차 연비개선과 도로포장에 대한 예산투자 경감을 위하여 화물차 경량화에 총력을 기울이고 있으며, 고강도 철재나 복합소재를 이용하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있음

○ 경량화 트레일러는 기존 트레일러에 비해 다소 비용이 높아져 가격경쟁력 떨어지는 것이 문제

- 트레일러 경량화 자체는 다양한 기술로 극복 가능하지만 차량은 가볍게 하면서 소비자들에게 과중한 가격인상 부담을 주지 않는 것이 어려운 점

○ 일부 운송업체들은 비용 측면에서 기존 트레일러보다 낮을 수 없는 경량트레일러가 초기에는 다소 불리하지만 장기적으로는 오히려 유리하다고 판단하여 경량 트레일러 도입을 서두르고 있음

- 경량화 트레일러는 경량화 된 무게만큼 더 많은 화물을 운송할 수 있어 장기적으로 더 큰 수입 창출 가능하고, 통상의 트랙터에 비해 교체주기가 길어 제품수명 전체로 볼 때 투자수익률이 높을 수 있음

□ 시장 진입 장벽

○ 경량 트레일러 제작에 소요되는 고강도 강재가 순수 국산 기술로 조달가능하고 경량 트레일러 제작기술을 모두 국내기술로 개발 가능하기 때문에 본 기술개발 과정에 해외업체 및 연구기관과의 공동연구 필요성은 상대적으로 작다고 판단됨

- 그러나 본 기술개발이 성공을 거두고 국내기술의 해외진출을 도모하기 위해서는 해외업체와의 기술교류나 연구기관과의 공동연구가 필요할 경우가 발생할 수 있다고 판단됨

○ 단기적으로는 국내 특장차업체 중 일부 업체의 경우 동남아 등지에 현지법인을 운영하고 있어 현지 특장차업체와의 협력을 통해 해당 국가 특성에 맞는 특장차 모델을 개발하고 양산할 가능성도 열려 있음

- 본 기술개발이 성공을 거둔 뒤 국내기술의 안정적인 해외진출을 도모하기 위해서는 장기적으로 국내 상용차 브랜드와 협력하여 본 기술이 국제 플랫폼으로 인정받는 노력도 병행 필요

- 유수의 세계 상용차업계가 참여하여 발표한 'Global CV Vision 2020'에 따르면 현재 58개에 달하는 상용차 개별 플랫폼이 2020년까지는 57개로 줄어들 전망이고, 현재 24개에 달하는 글로벌 플랫폼은 2018년까지 29개까지 표준화가 늘어날 전망

④ 수익 확보 전략

□ 주요 고객군과 시장세분화

○ 평판 트레일러 시장은 소유주체에 따라 차주와 운송업체로, 축수에 따라 2축 평판트레일러 시장과 3축 평판트레일러 시장으로 세분화 할 수 있음

○ 주요 고객군, 혹은 목표시장의 선정(Targeting)은 본 연구에서 추구하는 평판트레일러의 경량화 기대수준과 제품 가격탄력성을 고려하여 설정하는 것이 바람직함

○ 2축과 3축을 막론하고 조만간 차량교체 가능성이 높은 2000년 이전 트레일러 소유자를 상대로 집중적인 제품설명 및 판촉활동을 전개하는 것이 당연하겠지만 잠재고객으로 볼 수 있는 2000년-2005년 구매자를 대상으로는 중고차보다 신차 구매율이 상대적으로 높은 3축 트레일러 소유자를 주요 타겟으로 삼는 잠재시장 고객공략 전략 수립도 바람직

- 동료 화물차 운전자들의 평가나 입소문이 차량구매에 끼치는 적지 않으므로 운전자들이 많이 모이는 곳에 불특정 운전자들을 상대로 제품 이미지 마케팅하는 것도 유효할 것임

□ 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출방안

○ 중소기업이 대부분인 국내 특장차 시장의 특성상 신차 구매의 비중이 높음에도 전국에 걸쳐 트레일러를 전시하고 판매하는 공간을 확보하기는 곤란한 실정

- 차량 내에서 장시간 운전하고 대기해야 하는 화물차 운전자들의 특성 상 직접 차량에 탑승하고 운전을 해보는 시승경험을 고객들에게 제공하는 것은 중요

○ 따라서 평판 트레일러 운전자들이 많이 집결하고 정차하는 화물차 휴게소나 주요 물류거점 인근에 이동식 전시 및 판매 매장을 운영하여 일정기간 시승경험도 제공하고 판매상담도 수행하는 이동식 대면 판매 전략을 구사하는 것이 바람직함

○ 시장성 조사과정에서 애로사항으로 많이 지적하는 트레일러 A/S 지점 수의 확대와 더불어 A/S 지점에서 신제품도 전시하고 일정기간 시승경험도 제공하며 판매상담도 수행하는 판매방식도 유효함

(나) 개발기술의 실용화를 위한 홍보

□ **경량 평판트레일러 연구성과 및 기술우수성 홍보**

○ 본 연구는 논문게재, 전시행사 참가, 브로셔 배포 등을 통해 경량 평판트레일러 기술을 홍보함

- 경량 평판트레일러 개발 관련 논문게재(교통연구 제22권 제2호) 및 2015년도 한국로지스틱스학회 춘계학술발표 대회(2015.5.29.)에서 발표함
- 2015 국토교통기술대전('15.06), 2015 물류기업 청년 채용박람회('15.09), 제25회 서울세계도로대회('15.11)에 참가하여 연구 성과를 전시·홍보하고 내용이 담긴 브로셔를 배포함



<그림 3-29> 개발기술 홍보를 위한 전시행사 참가



<그림 3-30> 효율적인 연구성과 홍보를 위한 브로슈어, 동영상 및 시작품 모형 제작

□ **경량 평판트레일러 기술실용화 및 시장보급 확대 추진**

○ 실수요자 대상 평판트레일러 시장 보급을 위해 설문응답을 통한 시장성조사 및 실수요자 대상 보완사항 검토 등 시장진입 가능성 제고를 위한 고객 니즈 파악 및 설계를 보완함

- 관련 특장차 제조업체(국도특장차, 강변특장차 등), 운수업체(평창물류, 유성티엔에스, 전차연통운 등) 및 차주 등을 방문하여 개발기술과 제품에 대한 설명회를 개최함

○ 한국교통연구원과 ㈜두성특장차는 국가 R&D를 통해 개발된 경쟁력 있는 기술의 시장보급 확대와 그에 따른 사회·경제적 이익 증대 실현을 위한 기관 간 기술이전을 실시함



<그림 3-31> 기술실시계약 체결

- 그러나 본 기술개발이 성공을 거두고 국내기술의 해외진출을 도모하기 위해서는 해외업체와의 기술교류나 연구기관과의 공동연구 필요성이 발생할 수 있다고 판단됨

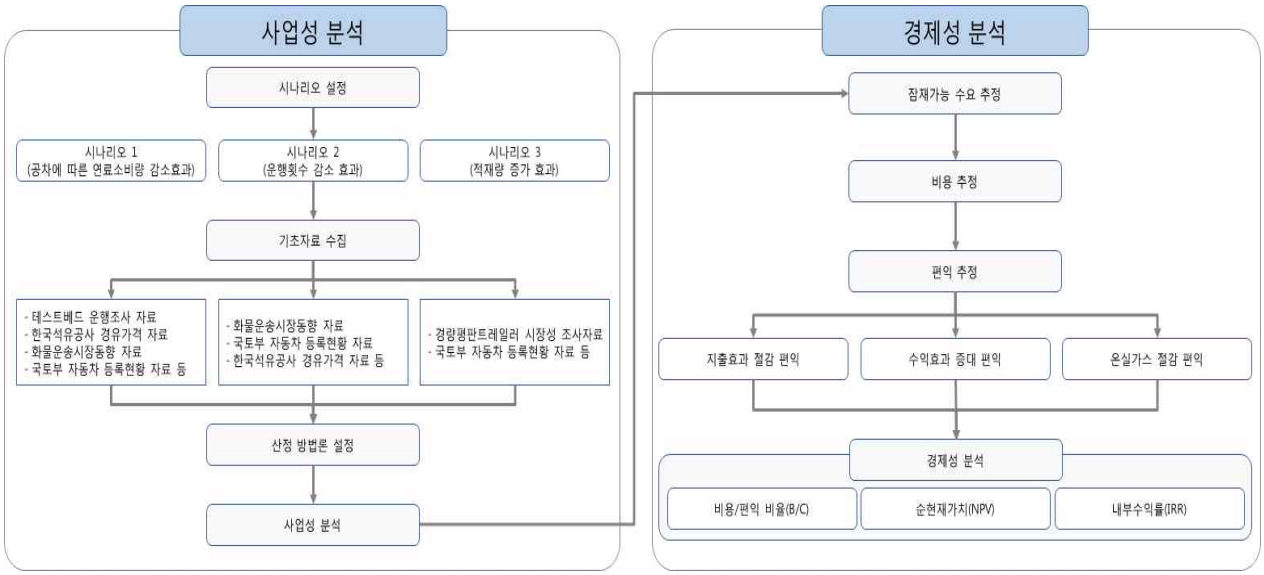
- 본 기술개발이 성공을 거둔 뒤 국내기술의 안정적인 해외진출을 도모하기 위해서는 장기적으로 국내 상용차 브랜드와 협력하여 본 기술이 국제 표준플랫폼으로 인정받는 노력도 병행할 필요가 있음

(3) 경제적 타당성 분석 결과

(가) 개요

○ “도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술” 개발을 통해 운송횟수 감소 및 적재량 증가에 대한 경제적 기대효과를 분석함

○ 본 연구는 경제적 기대효과 분석을 위해 세 가지의 시나리오 설정하였으며, 그에 따른 기초자료를 수집함. 또한 시나리오별 기대효과 산정방법론을 설정하고, 평판트레일러 1대당 기대효과를 분석함



<그림 3-32> 사업성 및 경제성 분석 수행과정

(나) 사업성 분석

○ 사업성 분석은 차주가 경량평판트레일러를 구매 시 소요되는 추가비용 지출분과 경제적인 이득분을 비교하여, 사업적인 측면에서 경량평판트레일러에 대한 투자가 타당한지 검토할 것임

- 이를 위해 경량화로 인한 공차운행시 연료소비량 감소, 적재량 증가 및 운행횟수 감소에 의한 수입증대 및 지출 감소 효과를 도출하여 가격인상분에 대한 투자비용 회수 가능성을 분석함

□ 시나리오 설정

<표 3-25> 시나리오 설정내역

구분			분석내용	필요자료
시나리오 1	지출 효과	공차운행에 따른 연료소비량 감소 효과	-공차운행시, 평판트레일러 경량화에 따른 유류비 절감 효과	-월평균 적재일수, 일평균 공차운행거리, 평균연비, 경유가격 등
시나리오 2		운행횟수 감소 효과	-총물동량이 동일할 경우, 운행횟수 감소에 따른 유류비, 통행료, 주차비, 숙박비, 수리비, 타이어 마모비 절감 효과	-월평균 취급물동량, 평균적재 가능용량, 평균적재 비율, 월평균 운행횟수, 유류비, 타이어 마모비 등 지출액 등
시나리오 3	수입 효과	적재량 증가 효과	-총물동량 증가에 따른 수입(매출액) 증가 효과	-평균적재가능용량, 월평균 운행횟수, 적재비율, 월평균 운송수입(매출액) 등

□ 사업성 분석 결과

○ 본 연구는 경량 평판트레일러 1대에 대해 공차와 영차의 기대효과를 분석함. 공차에 대한 기대효과는 시나리오 1을 의미하며, 시나리오 2와 3은 영차에 대한 기대효과를 나타냄

- 시나리오 1과 2를 합산한 기대효과는 공차에 대한 유류비용 절감효과와 시나리오 2는 영차에 대한 유류비, 통행료, 주차비, 숙박비, 수리비, 타이어 마모비용 절감효과 나타낸 것임
- 시나리오 1과 3을 합산한 기대효과는 공차에 대한 유류비용 절감효과와 영차에 대한 수입증가 효과를 나타낸 것임

○ 경량평판트레일러 1대당 연간 총 지출 감소액은 290만원/년으로 분석됨

- 경량화로 인한 1대당 연간 운송수입 대비 지출비용 비율은 75.28%에서 2.43% 감소한 72.85%로 분석됨

○ 공차에 대한 유류비용 절감효과와 영차에 대한 수입증가 효과는 총 574만원/년으로 분석됨

- 평판트레일러 차주의 연간 운송수입은 11,988만원/년에서 4.79% 증가하는 효과가 있는 것으로 분석됨

○ 기존 3축 트레일러의 평균 구매비용은 4,100만원, 본 연구 개발품인 경량 3축 평판트레일러 구매비용을 4,700만원으로 가정했을 때 경량화로 인해 600만원의 추가비용이 발생됨

- 경량화로 인한 1대당 연간 총지출비용 측면에서는 600만원을 회복하는데 걸리는 기간은 약 2년이며, 평균 교체기간(15.4년)을 고려할 경우, 회복기간 2년을 제외한 약 13.4년 간 3,899만원을 절약할 것으로 기대함

- 공차에 대한 유류비용 절감효과와 영차에 대한 수입증가 효과측면에서는 약 1년이면 600만원을 회복할 수 있으며, 평균 교체기간(15.4년)을 고려할 경우, 회복기간 1년을 제외한 약 14.4년 간 8,265만원의 추가수입이 생길 것으로 기대함

<표 3-26> 시나리오별 기대효과 분석결과

(단위 : 원/년)

구분		공차	영차	총기대효과
시나리오 1+2	지출절감 효과	160,781	2,749,090	2,909,871
시나리오 1+3	수익증대 효과		5,579,412	5,740,193

(다) 경제성 분석

□ **개요**

○ 본 연구는 경제성 분석을 위해 기준년도는 2015년으로 설정하였으며, 경량 평판트레일러 기술 개발을 통해 구매 비용은 잠재수요에 대해 2015년에 모두 구매한다고 가정하고, 세부적인 전제조건은 다음과 같음

- 기준년도 : 평가의 시작년도(2015년도)
- 구매년도: 2015년
- 분석기간 : 5년(2015년~2019년도)
- 사회적 할인율: 5.5% 적용

<표 3-27> 경제성 분석을 위한 대안 및 시나리오 설정

구분		지출효과 편익		수익증대 편익		온실가스 절감 편익	
		공차	영차	공차	영차	공차	영차
대안 1 (250kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×
대안 2 (500kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×
대안 3 (750kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×
대안 4 (300kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×
대안 5 (600kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×
대안 6 (900kg 절감)	시나리오 1	○	○	×	×	○	○
	시나리오 2	○	×	×	○	○	×

□ **경제성 분석 결과**

○ 모든 대안 및 시나리오에 대한 경제성 분석결과, 모든 시나리오에 대해 B/C가 1.0이상으로 경제적 타당성을 확보하는 것으로 나타났으며, 경량 2축 및 3축 평판트레일러별로 살펴보면, 대안 1(250kg 절감)과 대안 4(300kg 절감) 했을 때 가장 경제성이 있는 것으로 나타남

- 지출효과를 대변하는 시나리오 1보다는 수익증대 효과 시나리오가 더 경제성이 있는 것으로 분석됨

<표 3-28> 시나리오별 경제성 분석 결과(경량 2축 평판트레일러)

(단위: 백만원)

구분	경량2축					
	대안 1 (250kg 절감)		대안 2 (500kg 절감)		대안 3 (750kg 절감)	
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 1	시나리오 2
할인편익	11,510	21,545	11,510	21,545	11,510	21,545
할인비용	1,666	1,666	2,916	2,916	4,166	4,166
B/C	6.91	12.93	3.95	7.39	2.76	5.17
NPV	9,844	19,878	8,594	18,629	7,345	17,379
IRR	-	-	707.66%	-	154.87%	-

<표 3-29> 시나리오별 경제성 분석 결과(경량 3축 평판트레일러)

(단위: 백만원)

구분	경량 3축					
	대안 4 (300kg 절감)		대안 5 (600kg 절감)		대안 6 (900kg 절감)	
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 1	시나리오 2
할인편익	11,510	21,545	11,510	21,545	11,510	21,545
할인비용	2,499	2,499	3,332	3,332	4,999	4,999
B/C	4.61	8.62	3.45	6.47	2.30	4.31
NPV	9,011	19,045	8,178	18,212	6,512	16,546
IRR	-	-	327.62%	-	97.71%	2,209.44%

(4) 해외진출 및 실용화 전략

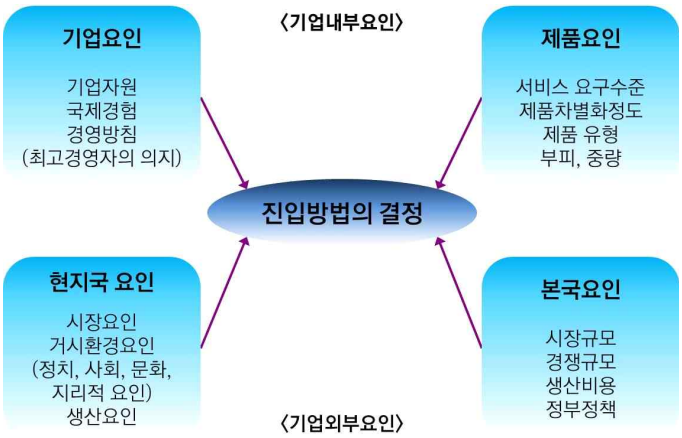
(가) 해외시장 진출 전략

□ **해외시장 진출 유형**

○ 기업의 해외진출 유형은 크게 수출, 계약, 해외직접투자(FDI)와 해외간접투자(전략적 제휴 등)로 구분할 수 있음

- 수출은 생산요소들이 자국 내에서 전부 결합되어 제품(부품, 반제품, 완제품)의 형태로 국경을 넘어 판매되는 것을 말함
- 계약에 따른 진출 방법은 라이센싱(Licensing), 프랜차이징(Franchising), 계약생산(Contract Manufacturing), 경영관리계약(Management Contract), 턴키운영(Turn-key Operations) 등이 있음
- 해외직접투자는 자본이동과 함께 생산, 경영기술의 이전 또는 인력의 진출 등을 수반하여, 해외에서 경영지배 또는 통제권을 행사함으로 직접사업을 수행하기 위해 투자하는 것을 뜻함
- 해외간접투자는 경영참가 없이 단순히 이자, 배당 또는 시세차익 등 투자 과실의 획득만을 목적으로 하는 것을 말함

□ 해외시장 진출 유형 결정 고려사항



자료: 무역개론, 박형래 외, 청람출판사, 2014

<그림 3-33> 해외시장 진출 유형 결정의 고려사항

□ 해외 마케팅 방법

<표 3-30> 단계별 마케팅 전략

단계	항목	내용
계획수립	맞춤형 시장조사	▪ 유망시장 경제/산업/시장 조사 ▪ 바이어 찾기 ▪ KOMPASS Buyer List 검색
제품 홍보 기반 구축	제품 홍보 자료 준비	▪ 외국어 홈페이지 구축 ▪ e-카다로그, 종이 카다로그 제작
제품 홍보 실시	온라인 마케팅 실시	▪ B2B Market Place 활용 ▪ 검색엔진마케팅(SEM)실시
	론칭 홍보, 광고	▪ 전문 인쇄매체 기사화, 광고개제 ▪ 전략 지역 딜러, 사업자 초청 설명회
접점 기회 확대	전시회, 상담회 참가	▪ 국내 전시회, 수출상담회 ▪ 해외 전시회
	KOTRA 무역관 활용	▪ 카다로그 비치 ▪ 인콰이어리 대응 ▪ 현지 출장, 바이어 상담 지원 ▪ 열린 무역관 활용
역량강화	판로개척 심화	▪ 지사화 사업 참여 ▪ 수출 인큐베이터 사업 검토 ▪ 무역 사절단 참여
	프로젝트 연계	▪ Kotra 해외프로젝트 수주협의회 참여 ▪ 일반물자 정부간 교역 지원사업 참여 ▪ 국제기구 조달 선도기업 육성사업 차명 ▪ 정상외교 활용사업 참여
사업 다양화	기술이전, KD사업	▪ TLA (Technical License Agreement) ▪ JVA (Joint Venture Agreement)

자료 : KOTRA, 「온라인 마케팅 가이드」, 2014.10

(나) 해외진출 대상국가 선정을 위한 현지국 요인 분석

<표 3-31> 해외 트레일러 시장 지역별 시장여건

구분	국가	시장 여건
동남아시아	싱가포르	▪ 대규모 복합 리조트 개발에 소요되는 자재, 철강류 이동수단 수요 증가 ▪ 말레이시아-싱가포르 접경지역인 이스칸다르 인프라 개발 활발 ▪ 인프라 투자 운용을 위해 첨단 금융 타운 조성
	베트남	▪ 베트남의 사회기반시설 확충 계획 구체화 ▪ Formosa Steel Project와 같은 대규모 운송 프로젝트로 인해 해상운송이 신장될 것으로 예상
	라오스	▪ 개발도상국이나 최근 약 8% 대의 높은 경제성장률을 유지하며 경제성장과 더불어 건물 증축, 도로 건설 등 각종 제반시설 구축 활발 ▪ 낙후된 운송 인프라 개선 추진 중 ▪ 주변국으로의 해상연결로 구축을 위한 건설사업도 활기
	태국	▪ 주변국과의 연결이 용이한 전략적 거점으로서 ASEAN 물류 허브지역화를 위한 투자 진행 중 ▪ 2015년 태국 인프라 개발 계획 추진(Thailand's Infrastructure Investment Plan(2015～2022), New National Water Management Projects(2015-2024) 등)
	인도네시아	▪ 국가개발계획부(Bappenas)는 해운관련 시설 정비 등 물류개선에 중점을 둔 2015～ 2019년까지의 '중기 국가개발계획'을 작성, 인프라시설 정비에 약 U$5,200억 투자 예정 ▪ 국가 기본산업에 대한 막대한 투자로 이를 추진키 위한 물류 수요가 급증할 것으로 예상됨 ▪ 총 2,168km의 트란스 수마트라 철도 개발을 준비 등
	필리핀	▪ 필리핀은 2014년까지 3년 동안 매년 7%대의 경제성장을 하지만 태풍의 영향으로 인프라 구축 및 재건이 늦어지고 있음에 따라 필리핀 정부는 인프라스트럭처 확보를 위한 지원 정책을 마련 ▪ 2015년 출범될 아세안 경제공동체와 필리핀의 APEC 개최에 따라 필리핀은 낙후된 인프라스트럭처 환경을 최대한 발전시키기 위해 투자를 하고 있으며 지속적으로 건설산업이 활성화될 것으로 보임
	미얀마	▪ 천연가스 생산량 및 투자 증가를 기본 원동력으로 경제성장이 가속화될 것으로 전망돼 올해 성장은 8.25%로 예상되며(당초 7.75% 전망), 향후 수년간도 평균 8.25% 성장 전망 ▪ 티크 수송용 운송장비, 차량 도입 필요성 증대
중동·아프리카	카타르	▪ 물류 인프라 수요 증대 및 이를 추진키 위한 자재, 기계장비 운송수단에 대한 투자가 활발해질 것으로 예상 ▪ 2022년 카타르 월드컵 개최로 최소 5개의 신설 경기장을 포함하여 8개의 경기장을 건설함에 따라 불도저, 앵글 도저, 굴착기 대한 즉각적인 수요가 늘어날 것으로 예상됨 ▪ 지하철 및 장거리 철도 건설 등 대규모 토목 공사 증대 예상
	오만	▪ 무스카트 및 살랄라 국제공항, 살랄라 항만 확장, 무스카트-UAE 도로증설 등의 프로젝트에 철강제품 수송 필요성 증대로 평판 트레일러 이용 수요 증대 예상
	사우디아라비아	▪ 사우디 건설산업, Post Oil시대를 대비한 산업 다변화 정책 시행으로 활성화 ▪ 인프라, 교통 및 운송 체계 개선 투자 활발 예상(인프라, 교통 및 운송에 총 U$178억을 책정(전년 대비2.5% 증가))
	알제리	▪ 시멘트 관련 산업에 알제리 정부 우선 투자, 지원 계획 ▪ 석유·가스 파이프 라인 건설용 자재 운송장비 수요 증대(석유 파이프라인(Oleoduc) 15개, 가스 파이프라인(gazoduc) 11개 및 석유 전용

구분	국가	시장 여건
		항구 3개 구축 계획)
중남미 지역	브라질	▪ 철강산업 회복으로 제철소 건설 추진 ▪ 포스코와 동국제강이 브라질 광산업체 Vale 사와 합작으로 브라질 북동부 지역에 CSP 제철소를 건설 중에 있으며 대우인터내셔널은 3900만불을 투자하여 연간 15만톤 규모의 자동차 강판을 가공할 수 있는 POSCO-BSPC 준공식을 상파울루 주 수자노 시에서 개최
	칠레	▪ 2014년 하반기 들어 건설 중인 발전소 프로젝트 대폭 증가 ▪ 태양열, 부동산 프로젝트에 소요되는 운송기기 수요도 증가 예상 ▪ 총 13개 항만 및 터미널 구축 프로젝트 진행으로 물동량 소화를 위한 운송장비 수요 증대 예상
	파나마	▪ 약 52억 달러의 비용이 들 것으로 예상되는 파나마 운하 확장공사 등 높은 해외투자 매력도와 대형 프로젝트 사업 진행으로 경제 성장 기대 ▪ 콜론시 재개발 프로젝트 등을 포함한 5,000채의 주택건설, 상하수도 설비, 보건·교육·문화·체육시설 구축 등이 진행
	파라과이	▪ 2014년 인프라 사업, 역대 최대 규모 발주 ▪ 대규모 인프라 국제입찰을 일성건설이 수주하고 2014. 5월에는 KOTRA가 진행한 '글로벌 프로젝트 플라자(GPP)'에 라몬 히메네스 가오나 MOPC 장관이 참석하면서 한국 기업의 파라과이 공공조달 시장 진출 본격적 증가
	콜롬비아	▪ 공공 서비스 수준을 개선하기 위해 2014~2018년 국가 개발계획을 발표 ▪ 콜롬비아 국가 인프라청(ANI), 역사상 가장 큰 대규모 인프라 건설(일명 제4세대 도로 양허사업) 본격 추진 발표

(다) 중소기업 해외 진출시 지원제도

<표 3-32> 수출지원기관별 지원제도 활용

기관	지원 내용
중소기업청	▪ 해외규격인증 획득지원사업 ▪ 중소기업 수출역량 강화사업 ▪ 수출유망중소기업 지원
중소기업진흥공단	▪ 수출금융사업 ▪ 글로벌바이어 구매알선 지원 ▪ 온라인 수출지원 사업 ▪ 지역 중소기업 수출마케팅 ▪ 수출인큐베이터 입주지원
한국무역협회	▪ 발명진흥회 공동 해외특허 출원비용 지원 ▪ 무역기금 융자 ▪ 중소기업 플러스(Plus) 보험 ▪ 법무부 수출법률 자문서비스 ▪ FTA 활용 종합컨설팅 및 종합실무교육 ▪ 영문 MINISITE 제작 지원 ▪ 해외전시회 참가 지원 ▪ 전문무역상사 활용 매치 ▪ 온라인 비즈니스 매칭 서비스
한국무역보험공사	▪ 수출첫걸음 희망 보험 ▪ 해외바이어 신용정보 제공서비스 ▪ 수출신용보증
한국수출입은행	▪ 수출촉진자금 대출 ▪ 수출성장자금 대출 ▪ 수출이행자금 대출 ▪ 환위험관리 서비스
중소기업중앙회	▪ 중소기업무역촉진단 파견 지원

(라) 시사점 및 제언

○ 세계 트레일러 시장에서 한국 제품의 현재적 위상

- 세계의 트레일러 시장은 자동차 산업과 물류 산업의 발전, 수준에 따라 북미지역과 서유럽 지역으로 양분되어 있음
- 근래 경기회복과 물류 인프라 신설, 재정비에 힘입어 이들 지역에서의 제조사들은 양적 생산과 함께 물류 효율화, 친환경 규제를 반영한 경량화된 신제품을 지속 출시
  · 반면, 우리나라는 자국 시장규모의 협소로 인해 트레일러 산업 자체가 발전하지 못하였고 해외시장과의 교역도 극히 미미하여 수입은 U$6백만, 수출은 U$10백만 수준임
- 따라서, 한국제품의 세계시장내 현재적 위상은 “형성되어 있지 않음”으로 보아야 하며 이것이 미래적 위상 설정에 가장 큰 장애가 될 것으로 예상

○ 신제품을 효과적으로 해외시장에 알리는 것이 관건

- 평판 트레일러의 경량화는 알루미늄 소재 적용으로 이미 글로벌 제품표준이 정해진 상황에서 알루미늄 소재가 안고 있는 문제점을 극복한 특수스틸 적용 초경량 제품을 개발했다는 소식을 산업계 및 시장에 효과적으로 알리는 것이 우선되어야 함
- 이는 통상 해외마케팅 초기에 이루어지는 제품홍보의 일환으로 진행되나 대상의 범위와 수단의 종류에 따라 막대한 비용과 시간 투자가 수반됨
- 제품홍보를 생략 또는 크게 줄이고 바로 마케팅 전략을 실행하기 위해서는 전통적인 오프라인 마케팅보다는 온라인 마케팅에 주력하는 것이 당연시 됨

○ 우리 제품을 둘러싼 환경에 최적화된 마케팅 전략을 검토

- 경쟁우위 전략을 펼치기에는 비용, 시간 투자의 문제가 여전하기에 마땅치 않은 상황에서는 우리 제품력, 영업력, 자금동원력 즉 주어진 마케팅 환경에 최적화된 전략이 무엇인지를 검토하는 것이 바람직
- 선진국 또는 다양한 시장을 겨냥한 마케팅 전략이 과잉품질, 과잉 마케팅비용 지출이라는 문제를 유발함도 고려해야 함

○ 전략적 목표시장 선정을 위한 “시장조사” 실시

- KOTRA에서 진행하는 맞춤형 시장조사를 아래 지역/국가를 대상으로 실시
  · 동남아시아 지역 : 싱가포르, 베트남, 태국, 인도네시아, 필리핀(5개국)
  · 중동.아프리카 지역 : 카타르, 오만, 사우디아라비아, 알제리(4개국)
  · 중남미 지역 : 브라질, 칠레, 파나마, 콜롬비아(4개국)

○ 시장조사 결과를 반영하여 후속 “바이어 찾기” 실시

- 시장조사 결과 조사불가 및 시장 미형성 국가를 제외한 국가를 대상으로 “바이어 찾기” 실시

- 바이어 타입은 트레일러를 유통하는 현지 실력있는 딜러 또는 에이전트
- 바이어 찾기 리포트에는 바이어들의 최근 3년간 거래 기록을 포함토록 함

○ 1단계 전략으로서 마케팅 인프라 구축에 집중

- 온라인 마케팅에 대비한 다국어 홈페이지, 다국어 전자 카다로그 제작
- 바이어 Data base를 활용한 제품/회사 홍보 실시
- 시장조사를 실시한 국가를 대상으로 해외규격인증 취득 여부 검토

○ 2, 3단계 마케팅 전략은 1단계 실행 평가시 수정, 보완

- 시장진출 시점인 2단계부터는 온라인 e-마켓플레이스 활동도 본격화되어야 하나 1단계 진행 중에 중간 점검 필요
- “한 우물 파기” 오류에서 벗어날 수 있는 지속적인 마케팅 전략 개발
- 프로젝트 연계, 컨소시엄 참여, KD 사업 추진 등은 별도 팀을 구성하여 세밀히 검토, 준비하는 전략이 필요

(5) 최종목표 실현 가능성

○ 본 1세부의 최종목표는 트레일러 경량화 및 구조개선을 통한 3% 에너지 저감 및 2.4% 화물차주 운임수입 증대임

- 세부 목표로 유류비 3% 절감, 적재중량 2.4% 증대, 국산 첨단소재 활용 극대화, 유럽 대비 90%수준의 가격수준 달성, 국산기술브랜드 생성 및 해외진출, 온실가스 3%감축 등을 설정한 바 있음
- 1차년도 연구결과 국산 첨단소재(ATOS100)를 활용하여 기존 6.5톤 평판 트레일러 대비 최대 1,350kg 경량화를 달성하여 당초 목표를 125%p 초과달성
- 유류비 절감효과 및 온실가스 감축효과는 공차(일평균 69km 주행 : 2.65%) 운행, 영차(일평균 268km 주행 : 5.14%)운행을 거리비율로 가중 평균한 값이 4.63%로 당초 목표를 1.63%p 초과달성 하였음
- 미국 및 유럽의 알루미늄 평판트레일러의 경우 5300만원 전후의 가격으로 판매됨에 반해 금번 기술개발로 신규 경량 2축 평판트레일러를 통해 기존 트레일러 대비 250kg 감량 시 3,700만원(유럽대비 69.81%)로 공급이 가능할 전망이어서 유럽 대비 90%대수준의 가격수준을 달성하였음
- 국산기술브랜드 생성 및 해외진출 가능성은 기존 알루미늄 평판트레일러 가격의 60-70% 수준으로 알루미늄 평판트레일러와 150kg 가량밖에 차이나지 않는 수준을 달성했기 때문에 조만간 새로운 건설수요가 늘어날 것으로 예상되나 자국의 평판트레일러 제작경험이 없는 동남아 지역 등에 대한 진출전망이 높다고 판단됨

<표 3-33> 최종목표 실현 가능성 요약

최종목표	내용	달성 여부
유류비 및 온실가스 3%감축	▪ 공차시(일평균 69km 주행) : 2.65% ▪ 영차시(일평균 268km 주행) : 5.14% ▪ 거리비율을 고려 가중평균 : 4.63% 로 1.63%p 초과달성	가능
적재중량 2.4% 증대	▪ 기존 6.5톤 평판트레일러 트레일러 적재중량을 25톤으로 가정하면 ▪ 2.4%는 600kg에 해당되나 본 연구로 달성한 경량화 수준은 1,350kg으로 125%p 초과 달성	가능
국산 첨단소재 활용 극대화	▪ 인장강도 975Mpa 이상, 항복점 875MPa 이상을 만족하고 연신율은 현 소재와 유사한 수준 이상을 충족할 수 있는 고강도 소재들로는 ATOS100, WELTEN950E, HITEN980S, BW450 등이 있음 ▪ 국산 POSCO에서 개발한 ATOS100 소재를 박물재(4mm이내)에서 활용하였고, 후물재(8mm 이상) 소재는 출시가 다소 지연되고 있으나 소재가 공급되는 즉시 적용할 수 있는 기술은 개발완료	가능
유럽 대비 90%수준의 가격	▪ 미국 및 유럽의 알루미늄 평판트레일러의 경우 5,300만원 전후의 가격으로 판매됨에 반해 금번 기술개발로 신규 경량 2축 평판트레일러 500kg감량 시 3,850만원 수준의 가격에 공급이 가능할 전망	가능
국산기술 브랜드 생성 및 해외진출	▪ 국산기술브랜드 생성 및 해외진출 가능성은 기존 알루미늄 평판트레일러 가격의 60-70% 수준으로 알루미늄 평판트레일러와 150kg 가량밖에 차이나지 않는 수준 ▪ 새로운 건설수요가 늘어날 것으로 예상되나 자국의 평판트레일러 제작경험이 없는 동남아, 중동, 중남미 지역 등에 대한 틈새시장 진출전망 높음	가능

(6) 법제도 방안 검토

(가) 국내외 트레일러 관련 법제도 현황

① 국내 주요 법제도 현황 및 이슈

○ 자동차 유형 구분에 관한 사항과 트레일러에 해당하는 '피견인자동차'에 대한 법률적 정의는 현행 자동차관리법(법률 제13486호, 2015.8.11.일부개정, 2016.2.12.시행)의 제2조, 3조에 그리고 자동차 구조 및 장치에 적용할 안전기준과 자동차 및 자동차의 부품 또는 장치의 안전 및 성능에 관한 시험에 적용할 기준 및 방법 등은 동법 제29조에 명시되어 있음. 자동차 관리법 정의는 다음과 같음

- "자동차"란 원동기에 의하여 육상에서 이동할 목적으로 제작한 용구 또는 이에 견인되어 육상을 이동할 목적으로 제작한 용구(이하 "피견인자동차"라 한다)를 말한다
- 자동차 종류 중 화물자동차는 화물을 운송하기에 적합한 화물적재공간을 갖추고, 화물적재공간의 총적재화물의 무게가 운전자를 제외한 승객이 승차공간에 모두 탑승했을 때의 승객의 무게보다 많은 자동차를 일컬음

○ 현행 자동차관리법 시행규칙(국토교통부령 제284호, 2016.2.11.일부개정, 2016.2.12.시행) 제2조와 <별표 1>에 따라 화물차의 유형이 구분됨

② 주요국 법제도 현황

□ 미국

○ 미국은 차량 폭 및 길이, 중량을 제한하고 있으며, 중앙정부(U.S Department of Transportation) 산하의 독립기구인 Federal Highway Administration에서 미국 육상교통효율화법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, 이하 ISTEA)에 의거하여 상용 화물트럭의 크기에 관한 규정을 적용하고 있음

- 각 주별로 화물자동차 최대 폭과 차량길이를 제한하고 있는데, 차량 폭의 최대 허용치는 하와이주(2.74m, 108 inches)를 제외하고 대부분 2.6m(102 inches) 이내이며, 연결차량 길이의 최대 허용치도 사우스다코타주(21.3m)를 제외하고는 대부분 20m 이하로 제한하고 있음

- 미국 Federal Highway Administration에서는 ISTEA에 의거 고속도로 운행의 최대 중량을 일반적으로 80,000 pounds(약 36.3톤)로 제한하고 있는데, 총 중량에 대한 규제뿐만 아니라 화물차량의 축수와 축간거리에 따른 운행 제한기준을 다르게 적용하고 있음

  · 이러한 원칙하에 각 주별로 화물자동차 중량 관련 운행제한 기준이 다소 상이한데, 축하중 운행제한 기준은 단일축일 경우 8.2~10.2톤이고 총 중량톤 운행제한 기준은 31.8~38.8톤으로 설정되어 있음

□ EU

○ 유럽연합 지역에서 가장 보편적인 트렉터-트레일러 유형은 2축 트렉터와 3축 트레일러로 구형된 형태로 연결차량의 최대 허용길이는 18.75m, 폭은 2.55m, 높이는 4.0m로 제한하고 있음

- 축하중 최대치는 단일축 기준으로 구동축은 11.5톤, 일반축은 10.0톤을 적용하고 있으며, 2개 축(탠덤축)일 때는 축간거리가 1.8m 이상인 경우에만 20톤을, 그 이하는 16~18톤을 적용함

- 3개축 이상일 경우, 축간거리가 1.3m 이하일 때는 21톤 1.3m를 초과하는 경우에는 24톤까지 허용하는데, 이처럼 총중량과 축중량에 축간거리 개념을 적용하여 화물자동차가 도로에 주는 부하를 관리하고 있음

□ 일본

- 우리나라와 인접한 일본의 경우, 가장 보편적인 트렉터-트레일러 유형은 2축 트렉터와 2축 트레일러로 구성된 형태로 연결차량의 최대 허용길이는 18.0m, 폭은 2.5m, 높이는 3.8m로 제한함

- 축하중 최대치는 단일축 기준으로 윤하중은 5.0톤, 일반축은 10.0톤을 적용하고 있으며, 2개 축(탠덤축)일 때는 축간거리가 1.8m 미만인 경우에는 18톤, 축간거리가 1.8m 이상이면서 개별 축하중이 9.5톤 이하일 경우에는 19톤을 적용함

- 특별 5개 차종에 대해 도로유형(고속, 지정, 기타)에 따라 특별 허가기준을 제시하

고 있는데, 일본 역시 축간거리에 따라 총중량의 기준을 다르게 함으로써 화물자동차가 도로에 주는 부하를 관리하고 있으며, 최대 허용 총중량도 36.0톤을 초과하지 못하게 하고 있음

□ **호주/캐나다**

○ 영연방 국가인 호주, 캐나다의 경우, 화물차별로 축의 기능, 구성, 차륜구성, 최원축거 수준 등에 따라 매우 세밀한 운행제한 기준을 정립하고 있으며, 연결차량에 대한 특별 기준과 도로 및 차량 유형에 따라서도 차별적인 운행제한 기준을 설정하고 있음

(나) 국내 기술보급 및 해외진출을 위한 제도적 애로사항 분석

① 국내 트레일러 기술보급 관련 애로사항 조사

□ **일률적인 총중량 및 축중량 단속 기준**

○ 우리나라에서 트레일러 관련 시장의 성장이 제약되는 근본적인 원인은 국가 경제나 물류(물동량) 규모에 비해 트레일러 운송수단에 대한 수요가 적기 때문임. 관련 업계 전문가 인터뷰, 보도자료 및 문헌 등을 검토한 결과, 트레일러 시장 확대의 가장 큰 제약 요인은 도로 운송시장에 적용되는 화물자동차 축중량 관련 규제(도로법) 때문인 것으로 판단됨

○ 행 도로법상 국내 화물차 도로운행제한 규정은 단순히 최대 총중량 40톤과 최대 축하중 10톤이라는 상한 규정만 있고 국제 기준처럼 도로 사후관리 상의 최대 총중량과 최대 축하중의 전제 조건 및 세부 조항이 없음[23)]

- 국내 법적허용 최대 총중량은 40톤으로 외국과 거의 유사하지만 '차량길이', '축간거리' 같은 전제 조건이 규정되지 않아 결과적으로 짧은 길이(약 6m)의 화물차량이 최대 총중량 40톤으로 운행되는 실정임

○ 국내 축하중 최대 기준 역시 10톤으로 주요국과 유사하나 국내 법령에서는 축별 기능이나 구조에 따라 하중을 차등하는 세부 규정이 존재하지 않음

□ **자기인증제도**

○ 자동차(피견인자동차 포함) 제작시 적용되는 제조업체 자기인증 제도는 북미지역 일부 국가(미국, 캐나다)를 제외하고는 한국에서만 거의 유일하게 시행하는 제도로 원래는 다량의 자동차를 생산하는 업체에게 절차상의 간소화 혜택을 주겠다는 취지임

- 국내 자동차 제작이 강제인증에서 자기인증으로의 전환은 2003년에 시작하였으며, 이는 자동차 선 판매, 후 검사 방식을 도입한 것임

- 이 제도는 1998년 한미 자동차협정으로 인해 국내에 도입되었으며, 자동차 제작결함에 의해 일어난 안전사고에 대한 책임을 전적으로 제작사에 부여하는 동시에 자율성을 확대하는 제도로, 현행 자동차관리법 제30조에 명시되어 있음

23) 상용차신문 특별인터뷰기사 (2013.6.7.) http://www.sangyongcha.co.kr/news/articleView.html?idxno=28

○ 중대형 업체를 제외한 대부분의 국내 영세 트레일러 제조업체는 자기인증 요건을 갖추기 어렵기 때문에 제작하는 트레일러에 대해 대부분 기술검토 및 안전검사를 받아야하며 이는 결과적으로 과거 형식승인과 다름없는 부담으로 작용하고 있음

- 북미를 제외한 자기인증 제도를 운영하지 않는 대부분의 국가에 트레일러를 수출하기 위해서는 해당국에서 일일이 수출 트레일러에 대한 형식승인 절차를 밟아야 하므로 동 제도는 트레일러 수출에는 거의 도움이 되지 못하는 것으로 인식되고 있음. 반면 수입 트레일러의 경우 WMI code만 충족하면 국내에서 판매가 가능하므로 (인증되므로) 다량 생산이 가능한 중국 트레일러 업체가 국내 시장을 쉽게 진출하는 빌미를 제공한다는 우려도 상존함

○ 중앙정부에서 자동차(화물차)의 안전기준과 제작시 자기인증 정책을 담당하고 있는 부서는 국토교통부 '자동차운영과'인데, 동일한 부처(국토교통부)라도 화물차 제작 및 안전 기준과 실제 운행을 담당하는 부서와 상이하여 일관된 정책 조율이 다소 미흡한 것으로 판단됨

② 해외진출 희망 국내 트레일러 제조업체 대상 애로사항 조사

□ **국내외 도로운송 및 자동차 제작 법규 상이**

○ 국가별로 상이한 도로운송 및 자동차 제작 관련 법규로 인해 신규 수출시장 개척이 어려우며, 영세한 국내 트레일러 업계의 현실을 고려할 때 다양한 국가의 현지 법규 및 규제 동향을 세밀하게 파악하기 어려운 문제가 존재함

- 일례로, 국내에서는 관련 법령상 제작되는 차량 폭이 2.5m를 초과할 수 없으나 유럽의 경우 2.55m로 기준이 상이함. 관련 업계 전문가 인터뷰에 따르면, 일본, 사우디, 베트남 등도 국가별로 트레일러 형식승인 또는 제조허가 등에 대한 까다로운 규정이 있어 수출시 많은 어려움에 봉착한 경험이 있음

○ 국가별 관련 법령이나 차량 형식승인 규정이 다르기 때문에, 현지 시장에 사정에 밝은 현지 사무소(법인)나 수입상(딜러)과 긴밀한 사전 교감이 없는 경우 신규 수출시장을 개척하기 어려움

- 현재 대부분의 트레일러 수출은 해외 건설수주에 따른 국내 건설업체와의 동반 진출이 아니면 대부분 기존의 인적 네트워크를 통해 소규모로 이루어지는 실정임

- 상기 문제점 외에 현재 트레일러 해외시장(수출) 확대를 위해 업계차원의 제도적 요구사항은 별다른 것이 없는 것으로 조사되었음

- 기존의 관련 협회(한국자동차제작자협회)가 트레일러 제작업체의 이해를 제대로 관철시키지 못한다고 판단함에 따라 최근(2015년 2월) 별도의 협회(한국연결상용차산업협회)를 창설하여 홍보 및 대관 협상능력을 제고하려는 움직임을 보이고 있음

□ 관세 환급 제도의 혜택 축소

○ 우리나라에서 수출기업에 대한 대표적인 지원 제도의 하나로 관세청을 통한 '관세환급제도'를 시행하고 있음. 일반적으로 수출용 원재료에 대한 관세 등 환급에 관한 특례법(이하 관세환급특례법)에 의한 관세환급은 국내 수출물품에 대한 국제가격경쟁력을 제고시키기 위한 수출지원제도로서 수출용 원재료를 수입하는 때에 납부하였거나 납부할 관세 등을 관세법등에 불구하고 수출 등에 제공하였을 경우 수출자 또는 수출물품의 생산자에게 되돌려 주는 제도를 말함

- 수출기업의 관세 환급금 산출방법에는 개별환급제도와 간이정액환급제도가 있는데, 국내 트레일러 수출업체들은 대부분 간이정액환급률표에 의거한 간이정액환급제도를 활용하고 있음

○ 하지만 최근 개정된 관세환급 간이정액 환급기준에서 트레일러 물품의 환급률이 30% 정도 감소되어 관련 업계의 혜택이 크게 줄어들 전망인데, 2014년까지 트레일러 제품을 수출할 경우 수출금액(FOB 기준) 1만원당 100원 즉, 전체 수출액의 1% 수준에서 환급이 이루어졌으나(HS 871639 기준), 2015년에는 1만원당 70원 수준으로 대폭 감소하였음

○ 향후 트레일러 수출업체의 경쟁력 향상을 위해서는 트레일러 관련 수출품목의 간이정액환급률의 상향 조정이 필요할 것으로 판단됨

□ FTA

○ 한편, 글로벌 주요국과 우리나라와 FTA를 체결한 국가를 대상으로 트레일러 수출입시 적용 관세를 비교한 결과 국가별로 0-8% 내외의 관세가 부과되고 있으며, FTA 협정별로 원산지 결정기준과 적용세율을 매우 상이한 것으로 조사되었음

- 업계에서는 향후 FTA가 확대될 경우 수출 관세 인하에 따른 글로벌 시장 진출 기대보다는 국내 관세 폐지로 인한 수입 트레일러 시장 점유율 잠식을 우려하는 실정임

□ 산업통상자원부 무역·통상진흥 시책

○ 산업통상자원부에서는 매년 무역·통상진흥시책을 발표하고 있는데, 금번 연구에서는 2014년 분야별 시책에 대한 트레일러 업계의 평가와 함께 2015년 주요 기관별 시책의 적용 가능성을 검토하고자 함

- 2014년 분야별 시책을 기초로 트레일러 제조업계가 희망하는 해외시장 진출(수출) 지원 방안을 모니터링 한 결과, 해외시장 정보제공 및 시장조사, 그리고 물류분야 지원 이외에 특별한 요구사항은 없는 것으로 나타남

○ 국내 트레일러 제조업체의 해외진출 확대를 위해서는 먼저 관련 법규(도로법 등)를 개선하여 국내 트레일러 시장 규모를 확대하는 것이 선결되어야 하며, 관련 업계의 대형화를 유도하여 내수시장 점유율을 유지하는 동시에 글로벌 경쟁력을 갖추는 것이 필요하다고 판단됨

- 국내 트레일러 산업은 한-중 FTA 확대로 인한 국내 시장잠식을 우선적으로 방어해야 할 처지이며, 향후 해외시장 정보 획득, 현지화 촉진 그리고 물류 관련 지원책을 강화함으로써 역내(아시아 및 중동) 시장을 중심으로 적극적인 해외진출을 모색해야 할 것으로 판단됨

2. 경량 벌크트레일러 기술 개발

가. 모듈개발 및 시제품 제작

(1) 설계요구사항 분석

○ 벌크, 콤비, 적재함확장 트레일러가 기존과 동일한 화물의 운송이 가능하도록 기존과 유사한 강도를 가지면서 차체중량이 감소된 경량트레일러를 개발하고자 함

- 벌크트레일러의 경량화 목표는 공차중량 200kg 이상 감량 및 적재능력 32㎥ 이상 유지, 콤비트레일러의 경량화 목표는 공차중량 200kg 이상 감량 및 적재능력 200kg 이상 향상, 적재용량 확장형 트레일러의 경량화 목표는 축 사이 공간을 추가로 확보(약 2.9㎥)하고 축 제거로 인한 차체중량 200kg 경량화를 목표로 함
- 경량화 달성 시 공차운행 연료소비량이 저감될 뿐 아니라 화물 적재 시 적재가능 중량이 증가하여 단위 횟수 운행 시 운반 가능 중량이 증가하는 효과를 기대할 수 있으며, 경량화로 인한 도로 파손 감소, 과적운행 예방 등의 효과를 기대할 수 있음
  · 온실가스 감축 및 도로유지보수비용 감소, 화주 수입증대가 가능하여 사회적으로 기여를 기대
- 트레일러별로 중량 감소가 가능한 공법 및 부위가 각기 달라 연구목표에 따라 다음과 같이 각각 설계요구사항을 설정함

<표 3-34> 경량벌크트레일러 설계요구사항

구분	설계 요구사항
벌크탱크강판 그루빙	그루빙 적용으로 두께 감소 (2.2mm → 2.0mm)
프론트 프레임 폭 조정	폭 축소설계 (1,050mm → 1,000mm)
리어 프레임 길이 및 두께 조정	길이 축소설계 (3,202mm → 3,172mm) 두께 축소설계 (4mm → 3mm)
호퍼 소재 및 사이즈 변경	소재 변경 (철 → SUS) 호퍼간격 변경 (1,647 mm → 1,684mm)
Body structure (Front & rear cone support) 두께 조정	고강도 소재 적용으로 두께 감소 (ATOS60 3.5mm → ATOS80 3.2mm)
탱크내부 구조(internal ring & tank angle) 축소	internal ring 개수 감소 (7개 → 4개) tank angle 제거 설계 (1개 → 0개)
기타 부품 경량화 (Vent line hose)	스테인레스소재 → 고무소재
생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10%이내 상승

<표 3-35> 경량콤비트레일러 설계요구사항

구분	설계 요구사항
고강도 철판	저가고강도 소재선정
고강도 철판 사용 가능 부분 선정	메인빔(플랜지, 웹) 적용
메인빔 플랜지 폭	140mm → 110mm
메인빔 플랜지 두께	12mm → 10mm
메인빔 웹 타공 설계	기존강도 유지
메인빔 웹 두께	4.5mm → 4mm
강도 확보에 따른 경량소재(알루미늄) 적용	액슬&서스펜션, 휠, 에어탱크 적용
생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10%이내 상승

<표 3-36> 적재용량 확장형 트레일러 설계요구사항

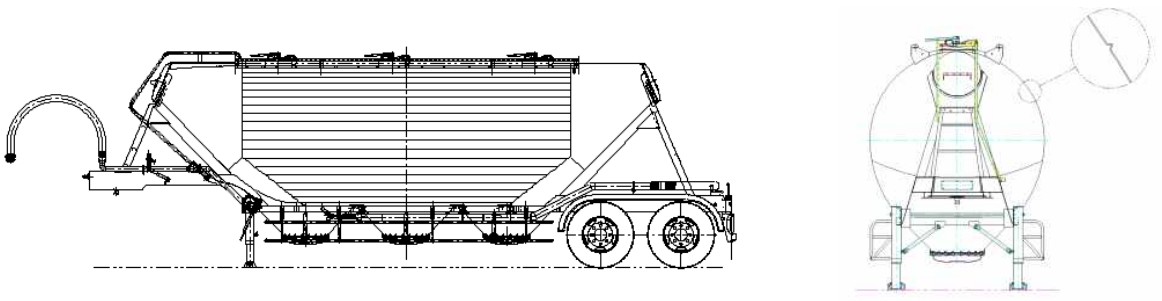
구분	설계 요구사항
Shaft axle 제거	좌우 독립형 축(stub axle) 설계
제동장치 설계	Stub axle 구조에 적합한 제동장치 설계
완충장치 설계	Stub axle 구조에 적합한 완충장치 설계
Axle 제거로 인한 추가 적재공간 확보	축 사이 공간 2.9 ㎥ 확보

(2) 경량 벌크트레일러 설계 및 제작

(가) 기초 설계

□ **벌크탱크부**

○ 벌크탱크부는 탱크강판의 그루빙 적용을 통해 소재 두께 감소와 소재 강도를 높이고, 이로부터 전체 탱크부 중량을 감소시키는 것을 목적으로 기초 설계를 수행

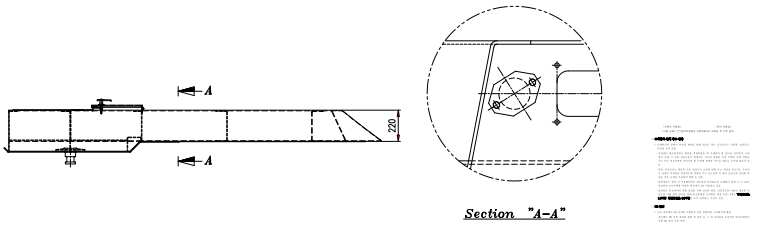


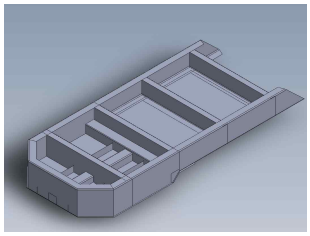
<그림 3-34> 경량벌크트레일러 탱크부 기초 설계

□ **프론트 & 리어 프레임부**

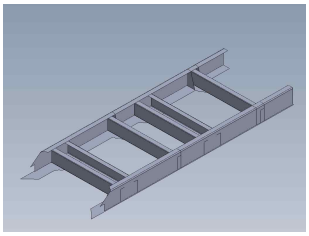
○ 프론트 & 리어프레임부는 소재 두께 및 프레임 규격을 조정하여 중량을 감소시키는 것으로 목적으로 기초 설계를 수행

- 프레임부에는 탱크의 무게가 5th wheel(프론트 프레임)과 바퀴(리어 프레임)에 걸리도록 지지하는 구조로, 걸리는 중량을 지지할 수 있는 강도로 설계하는 것이 핵심

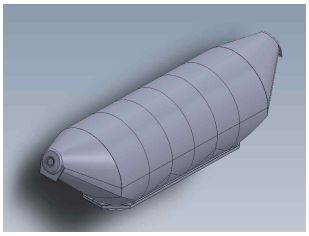




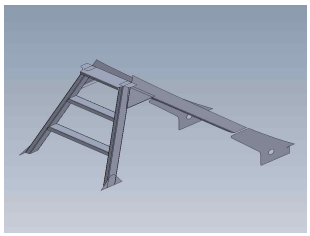
[프론트 프레임]



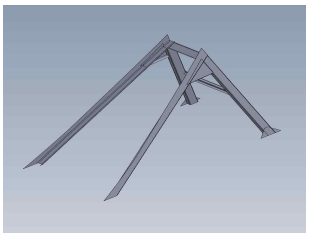
[리어 프레임]



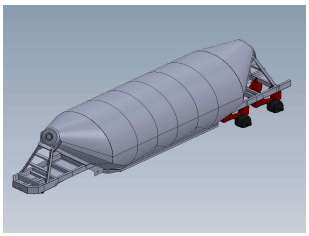
[탱크부]



[프론트 콘서포트]



[리어 콘서포트]



[벌크 트레일러]

<그림 3-36> 3D 상세설계

□ 위상최적설계

○ 위상최적설계는 주어진 설계공간에서 최적의 위상 및 구조를 도출하는 기법

- 제품 성능과 관련한 설계 변수 및 성능인자를 도출하고, 위상최적설계를 통해서 기존의 설계조건을 유지하면서 경량화 가능
- 분석수치에 기반하여 위상최적설계를 수행하여 기존에 생각하지 못한 설계 대안의 도출이나, 경험적으로 추정하고 있던 설계 특성에 대한 확인이 가능한 장점이 있음

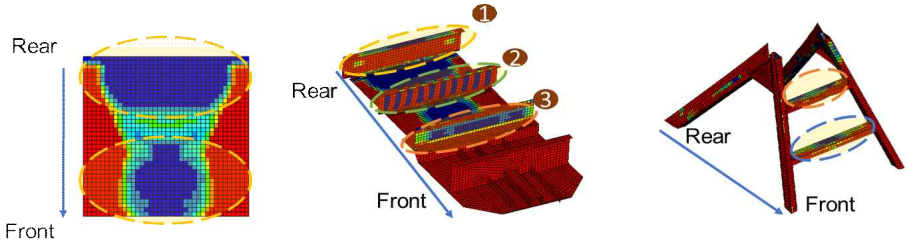
○ 앞서 제작한 3D 설계 모형을 바탕으로, 탱크 및 프레임부에 대한 위상최적설계를 수행하여 경량화 가능한 부위를 도출하고자 함

□ 위상최적설계 분석결과

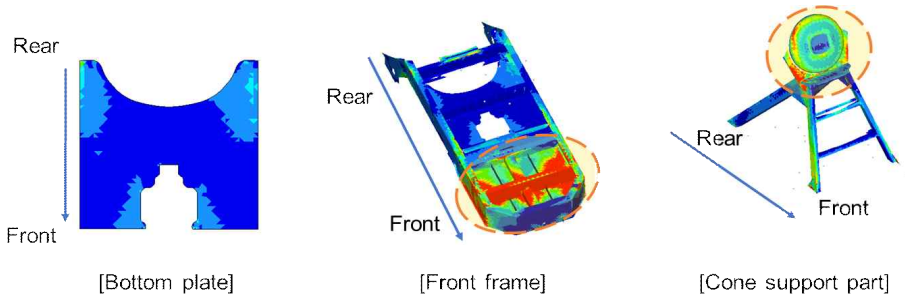
○ 분석은 Front frame, Center frame, Rear frame 의 3개 파트로 나누어 수행

○ Front Frame의 위상최적화 및 응력분포 분석

- Bottom plate는 rear 파트의 중앙 부분이 사라지는 결과가 도출되었으며 응력이 낮은 것으로 나타남
- Front frame은 은 5th wheel과 연결되는 파트에 stress가 큰 결과가 도출됨
- Cone support part는 중앙부분이 사라지는 결과가 도출되었으며 에서 tank support 부분에 응력이 큰 것으로 나타남



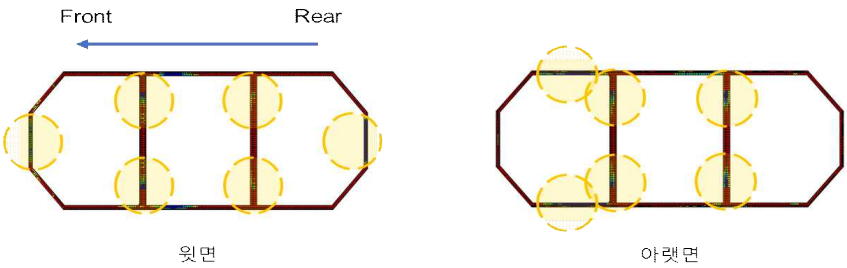
<그림 3-37> Front frame 위상최적설계 결과



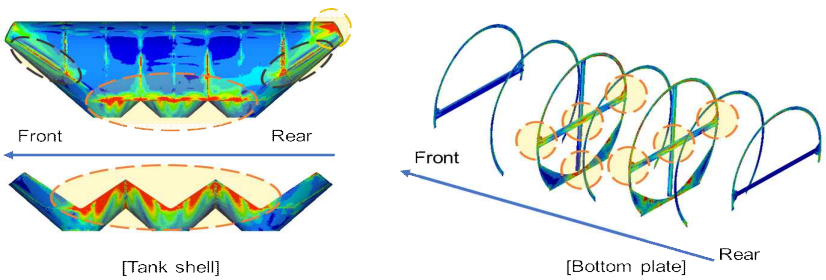
<그림 3-38> Front frame 응력분포 해석

○ Center frame의 위상최적화 및 응력분포 분석

- Mass usage에 따라 일부 부분이 사라지는 결과 도출
- Tank shell는 hopper와 tank shell이 맞닿는 부위와 vessel 부위에 응력이 큰 결과가 도출되었으며 cone과 cone이 맞닿는 부위(검은색선)에도 응력이 큰 결과 도출
- Tank shell을 지지해주는 파트는 tank support channel과 cross member 그리고 partition이 체결되는 부위의 응력이 큰 결과 도출



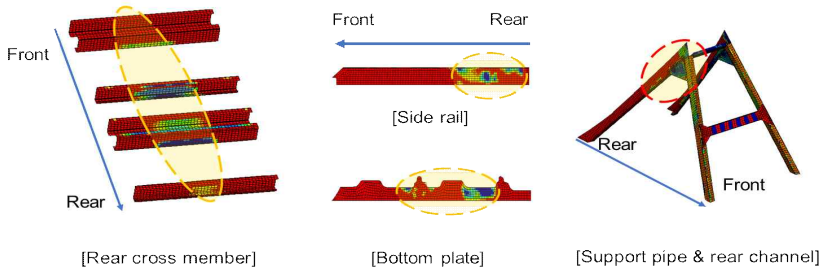
<그림 3-39> Center frame 위상최적설계 결과



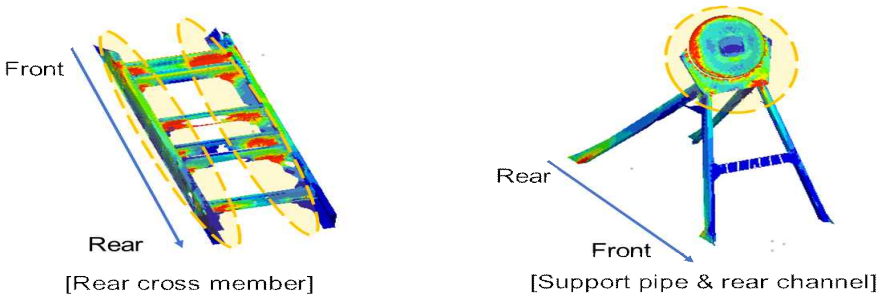
<그림 3-40> Center frame 응력분포 해석

○ Rear frame의 위상최적화 및 응력분포 분석

- Rear cross member는 중앙 아래쪽이 사라지는 결과 도출 및 하단 부 응력이 큰 것으로 분석
- Side rail과 bottom plate는 stress의 영향이 적은 끝 단이 사라지는 결과 도출
- Support pipe의 바깥쪽 상단 부분이 사라지는 결과가 도출
- Support pipe와 rear channel은 tank support와 vessel 부분의 응력 영향이 큰 결과가 도출



<그림 3-41> Rear frame 위상최적설계 결과



<그림 3-42> Rear frame 응력분포 해석

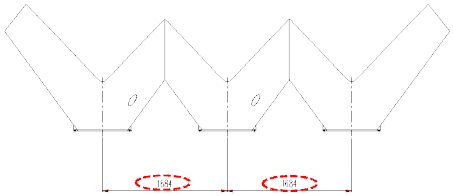
(나) 상세 설계

□ **고강도강, 스테인레스 등 경량소재를 적용한 중량감소 설계**

○ 호퍼는 탱크 내 화물(Fly ash)이 효과적으로 전량 배출 될 수 있도록 화물을 배출호스쪽으로 모아주는 부위로 스테인레스 소재를 적용함으로 인해 두께 감소 및 길이를 조정

- 기존 철소재를 스테인레스 소재로 적용함에 따라 재료 두께가 2.2mm에서 2.0mm로 0.2mm 감소
- 호퍼 간격을 1,647mm에서 1,684mm로 조절하여 적재용량 증가
- 기존 부식방지를 위해 수행하던 내부 도장을 스테인레스 소재를 적용함으로써 생략할 수 있으며 페인트무게 경량화 가능

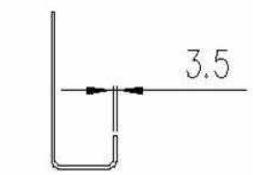
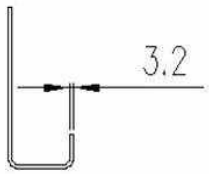
<표 3-37> 탱크호퍼 기존 및 개선대안 설계

기존	개선
	

○ Body structure (Front & rear cone support)는 탱크부의 전 후면 뾰족한 부위(Cone)가 고정 및 화물 중량을 버틸 수 있도록 Front & rear frame과 연결되어 지지해 주는 부위로 기존 ATOS60 대비 고강도인 ATOS80 소재를 적용함으로 인해 기존보다 크기를 줄이면서 강도를 유지/향상

- 기존과 같이 벌크탱크 cone을 지지할 수 있는 삼각 구조를 유지하되, 재질의 두께를 3.5mm에서 3.2mm로 축소설계
- Front cone support의 가로 구조에는 경량홀 가공을 하여 중량 감소

<표 3-38> Body structure 기존 및 개선대안 설계

기존	개선
	

○ 벌크탱크는 BCT 트레일러의 화물을 적재하는 공간으로 스테인레스 소재를 적용함으로 인해 기존에 수행하던 내부 도장을 생략

- 기존 부식방지를 위해 수행하던 내부 도장을 스테인레스 소재를 적용함으로써 생략 가능하며 이 때 도장으로 인해 증가하는 페인트무게 경량화가 가능할 뿐 아니라 내부 도장 작업공정이 생략되어 작업기간 및 작업의 용이성이 증가하는 효과가 있음

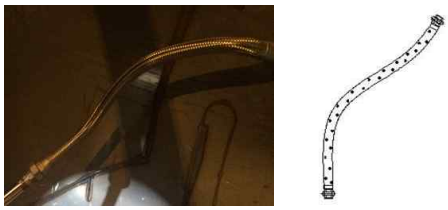
<표 3-39> 벌크탱크 기존 및 개선대안 설계

기존 (Steel)	개선 (SUS)
	

○ Vent line hose는 탱크 내 화물이 배출 될 수 있도록 탱크 내부에 공기압을 높이기 위하여 압축 공기를 집어넣어주는 부위로 기존 스테인레스 재질을 사용하던 vent line hose를 고무소재 hose를 사용하여 제작하여 경량화

- 탱크 내에 걸리는 공기압을 기존과 같이 버티면서 더 가벼운 고무소재를 활용하여 제작

<표 3-40> Vent line hose 기존 및 개선대안

기존 적용제품	개선 적용제품
	

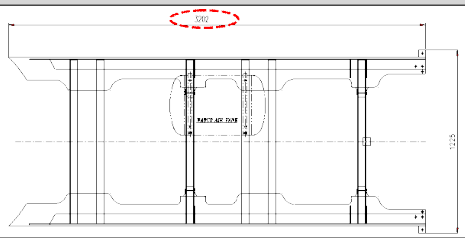
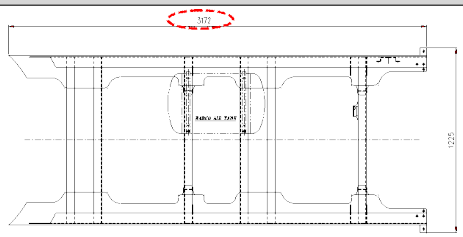
□ 과다설계 부위 등의 설계변경을 통한 중량 감소 설계

○ Front & rear frame는 기존과 동일한 소재로 기존 강도를 유지하는 수준으로 프레임의 폭, 길이, 소재 두께 등을 조절하고 과다설계부위에 대한 홀 가공으로 중량 감소 설계

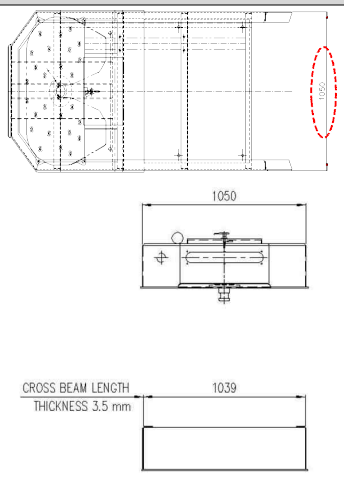
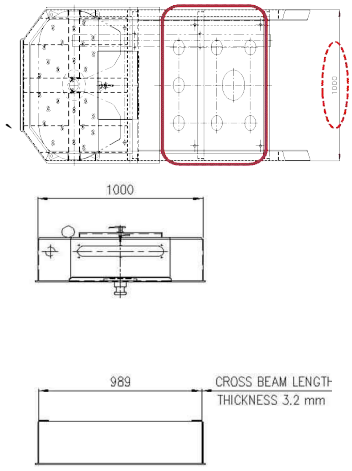
- 프론트 프레임의 경우 사이드레일 폭을 1,050mm에서 1,000mm로 50mm 감소 설계하고, Bottom plate에 대해 홀 가공

- 리어 프레임의 경우 사이드레일 길이를 3,202mm에서 3,172mm로 30mm 감소 설계하고 크로스빔 소재 두께를 4mm에서 3mm로 조정

<표 3-41> 리어 프레임 기존 및 개선대안 설계

기존	개선
	

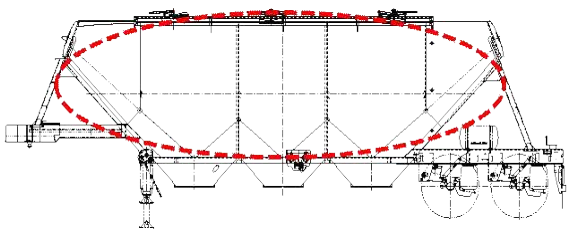
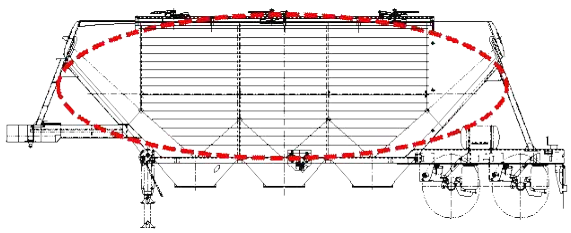
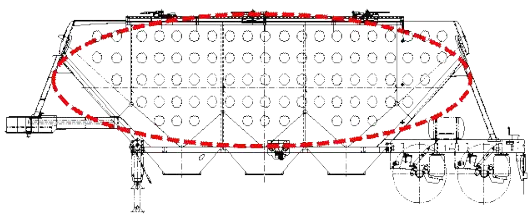
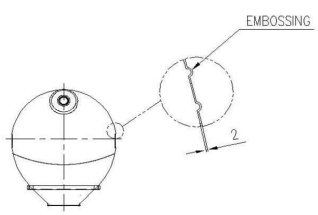
<표 3-42> 프론트 프레임 기존 및 개선대안 설계

기존	개선
	

○ 벌크탱크는 스테인레스 소재를 적용함과 동시에 Shell과 Cone 부위 재료 표면에 엠보싱 설계를 하여 소재 두께를 감소시키고 강도를 향상시킴

- 기존 2.2mm 두께에서 2.0mm두께로 0.2mm 감소하여 탱크 전체 중량 감소
  · 1차년도 도출된 수평방향 일자형태 그루빙보다 엠보싱형태의 그루빙의 강도확보가 더 용이한 것으로 확인되어 그루빙형태 수정하여 적용
- 기존 Steel 대신 스테인레스 소재를 사용하여 내부 도장작업을 생략하고, 이로부터 추가적인 중량 감소 가능
- Cone과 호퍼 결합부위에 기존 PAD를 제거하고 Edge를 적용한 용접을 통해 추가 중량 감소

<표 3-43> 벌크탱크 기존 및 개선대안 설계

기존	개선 1안
	
최종 개선안	
	

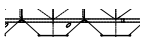
○ 탱크앵글은 동체 내부를 지지해 주는 구조로서 응력분포 확인을 통해 탱크앵글(Attached shell과 Cone angle)을 제거

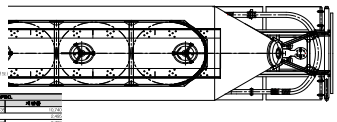
<표 3-44> 탱크앵글(탱크내부) 기존 및 개선대안 설계

기존	개선

○ 인터널링(탱크내부) 탱크 내부의 갈비뼈 역할을 하면서, 탱크가 내·외부 압력에 의해 변형되는 것을 방지하는 부위로, 응력이 많이 집중되지 않는 부위를 중심으로 인터널링을 감소시키고, 재질도 부식에 강한 SUS로 변경

- 기존 7개가 들어가던 벌크탱크 내부 인터널링을 4개로 감소하여 설계함으로 중량 감소
- 부식에 강한 SUS 소재로 변경하였으며, 폭을 기존 65mm→50mm로 15mm 감소하여 전체 중량 감소
  · 강도 유지를 위하여 두께는 4.5mm→5.0mm로 증가하였지만 폭이 감소하여 경량화 효과는 유지
- 제거부위는 위상최적설계에서 도출된 응력분포도를 바탕으로 선정

기존	개선
	



<그림 3-42> 경량 철재트레일러 동판설계사양도

<표 3-40> 개발된 경간 별크트럭용의 제원 및 기존제품과의 비교

종류		모델명	
		기존중	저중량
차축 제원	길이	2100	1740
(mm)	너비		2400
차대 내측 사각	높이	1000	1730
(mm)	너비	2100	2300
	높이		2180
최대적재하중(t)		7.0	8.0
제작 재료무게		1400	1,400
적재 차량무게		8400	9,400
제작 후 중량비		20%	15%

□ **저중량 제작**

○ 설계단계 재작 방중과 강저 시작방중 제작









- 169 -



[정면]



[측면]



[후면]

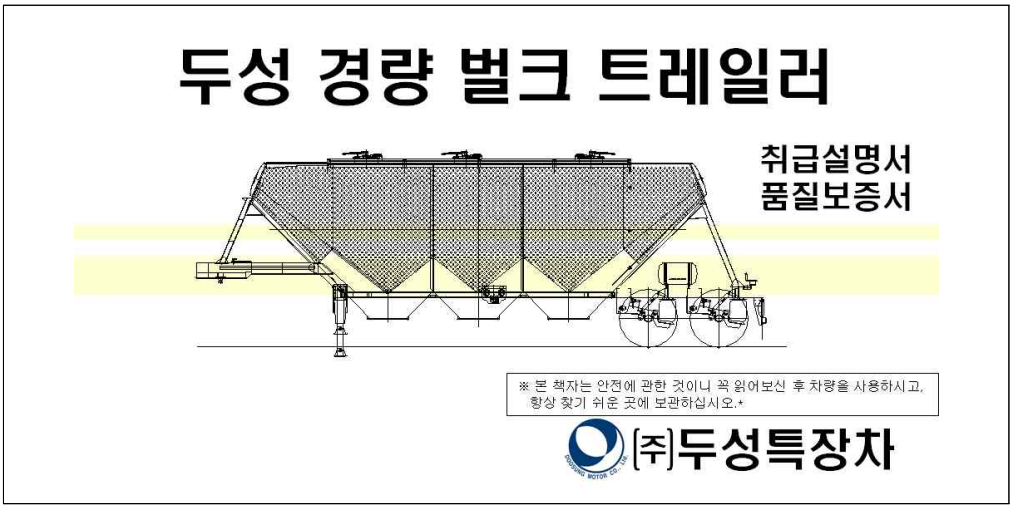


[탱크부 그루빙]

<그림 3-44> 경량벌크트레일러 시작품 제작

○ 경량벌크트레일러가 적절히 유지보수되어 오래 사용될 수 있도록 사용자가 참고할 수 있는 유지보수매뉴얼을 작성하여 판매와 함께 배포할 수 있도록 함

- 특히 안전하게 운영될 수 있는 방법에 대해 안내하고 적절히 유지보수할 수 있는 방법을 기재하여 제공



<그림 3-45> 경량 벌크트레일러 유지보수 매뉴얼

○ 시제품이 도로주행을 통해 안전성을 입증하고 주행성능을 실제 테스트하기 위해서는 차량등록절차를 거쳐 차량번호판을 교부받아 주행이 가능하도록 하는 절차가 필요함

- 교통안전공단 산하 자동차안전연구원에 기술검토서 제출 및 제원의 적합성심사(서류심사) 후 '최초안전검사'를 신청

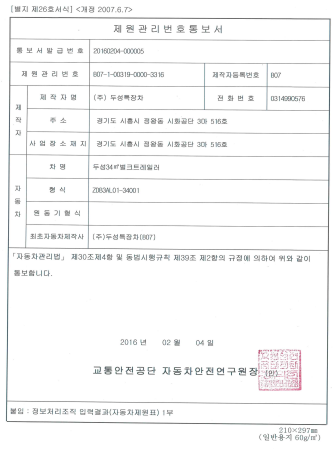
- 실사를 통해 적합성심사 당시 제출된 제원과의 차이점을 시험하는 최초안전검사를 받아 자동차제원표를 발급

- 발급된 자동차제원표를 토대로 차량제조사가 차량제작증을 발급하였으며 차량제작증에 기재된 차대번호를 차량에 타각하여 교통안전공단에 등록 완료

  · 제원관리번호 : B07-1-00319-0000-3316

  · 차대번호 : KN9BNCZTZGKB07047

- 발급된 차량번호판 차량 부착 및 도로주행 준비

경량벌크트레일러 제원관리번호통보서	경량벌크트레일러 자동차 제원표	경량벌크트레일러 자동차안전검사증
		

(라) 안정성 시험 및 결과

○ 본 테스트베드 운행은 개발한 경량벌크트레일러 차량의 주요 취약 예상부위의 강도를 측정하여 차량의 안전성을 확인하고 필요시 보강하는 것을 목적으로 주요 부위에 스트레인게이지(Strain gauge, 응력측정기)를 장착하여 실제 운행 환경에서 받는 힘을 부위별로 측정

- 취약 부위에 대해서만 보완설계를 수행할 수 있어 안전성 확보와 경량화를 위한 최적설계가 가능

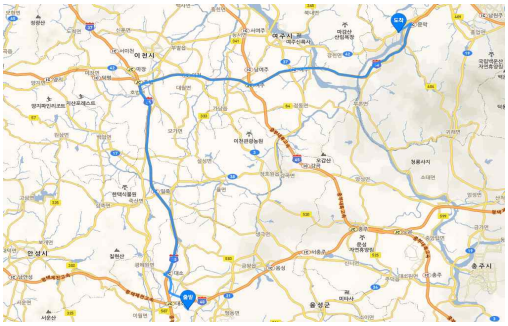
○ 본 테스트베드 운행은 개발 트레일러의 주요 취약부위를 파악하기 위한 1차 측정과, 취약부위에 대한 정확한 응력 측정을 위한 2차 측정으로 이루어짐

- 1차 측정에서는 전체적인 응력을 파악하기 위하여 총 19개 부위에 스트레인게이지를 장착

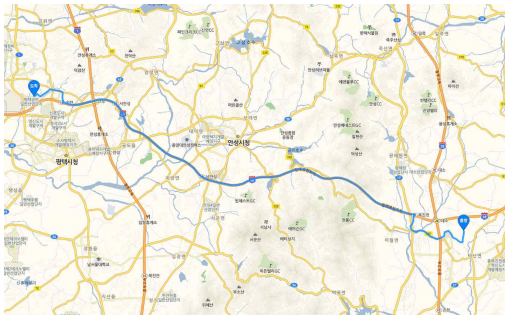
- 2차 측정에서는 1차 측정에서 상대적으로 응력이 많이 걸리는 것으로 나타난 부위를 중심으로 화물 상차, 화물 적재 운행, 화물 하차 등의 전 운행 주기에 대해 상세 측정을 수행

○ 본 테스트는 특정 구간을 선정하여 운행 할 필요성은 높지 않아, 개발차량 투입에 부담을 갖지 않는 상·하차지 및 운전자를 섭외하여 운행

- 1차 운행은 진천-문막 구간, 2차 운행은 진천-평택 구간으로 선정



<1차 운행구간(진천-문막)>



<2차 운행구간(진천-평택)>

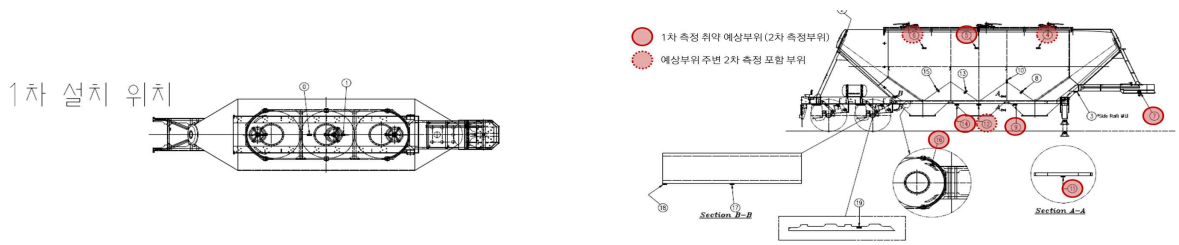
<그림 3-46> 경량벌크트레일러 응력테스트 운행구간

○ 본 테스트는 실제 운영 환경에서 수행되어야 하므로, 실험을 의식하여 특별히 조심하여 운행하거나 저속운행하지 않고 평소와 동일하게 운행하여 진행하도록 함

○ 1차 측정 결과 CH005, CH007, CH009, CH011, CH014, CH016 부위에서 상대적으로 높은 응력이 작용하는 것으로 파악되어, 해당 부위 및 그 주변 부위에 대하여 2차 측정을 수행

<표 3-47> 부위별 1차 응력측정 결과

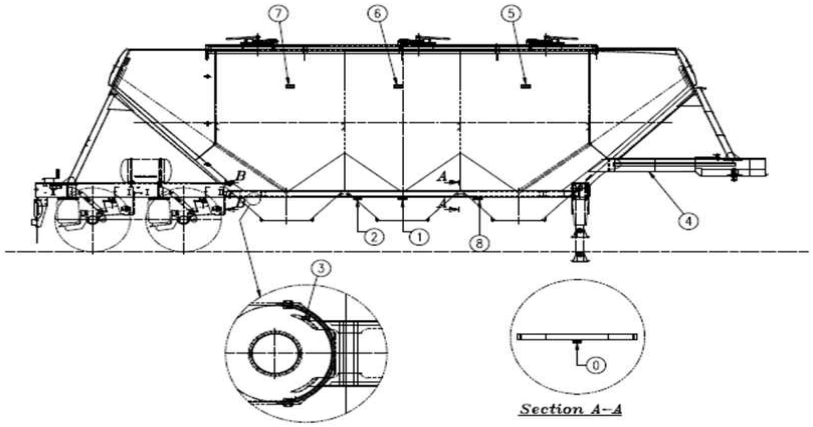
구분		CH000	CH001	CH002	CH003	CH004	CH005	CH006	CH007	CH008	CH009
상차시	MAX.	5.7	7.0	6.9	6.9	4.6	9.9	7.2	6.1	10.0	12.7
	MIN.	0.5	2.4	3.5	3.2	3.3	2.7	4.4	1.2	5.7	4.7
	AVG.	2.4	3.8	4.7	4.3	3.9	6.3	5.5	3.0	8.0	9.1
하차시	MAX.	7.4	12.7	7.5	12.5	4.6	16.2	12.2	15.4	10.9	15.7
	MIN.	0.0	2.3	3.5	2.9	2.1	7.9	3.3	0.8	2.7	7.2
	AVG.	4.9	9.7	6.3	9.8	3.4	12.9	9.6	11.4	9.1	12.9
적재 운행시	MAX.	4.5	6.1	8.9	6.8	4.1	20.8	6.9	3.4	10.5	15.5
	MIN.	-1.7	0.0	2.3	0.8	1.6	1.1	2.0	-1.4	6.2	10.1
	AVG.	0.5	2.1	4.7	3.0	2.8	10.3	3.7	0.5	8.3	12.3
구분		CH010	CH011	CH012	CH013	CH014	CH015	CH016	CH017	CH018	CH019
상차시	MAX.	5.3	7.6	9.9	6.5	11.9	8.9	9.9	7.0	7.7	4.7
	MIN.	2.7	3.5	4.8	2.6	4.7	5.2	4.4	3.0	2.7	-0.8
	AVG.	4.0	6.1	7.5	4.0	8.7	7.2	7.0	4.9	4.6	1.8
하차시	MAX.	2.5	18.1	8.7	12.5	16.3	13.2	34.9	13.7	7.6	7.4
	MIN.	-0.3	6.6	0.0	-0.3	7.6	6.5	8.6	5.1	2.5	0.3
	AVG.	0.8	14.6	2.4	8.5	13.4	10.9	27.8	10.8	5.8	4.6
적재 운행시	MAX.	4.1	7.6	11.7	4.4	14.3	10.2	11.5	10.2	10.1	2.3
	MIN.	1.3	5.8	8.0	0.7	9.4	6.3	4.7	3.8	-8.3	-1.4
	AVG.	2.3	6.4	9.5	2.3	11.5	7.9	8.7	5.9	2.7	0.4



<그림 3-47> 1차 측정 부위 및 2차 측정 선정부위

○ 2차 측정 결과 CH003부위(Rear frame - center frame 접합부)에 응력이 크게 집중되는 것으로 파악되었음

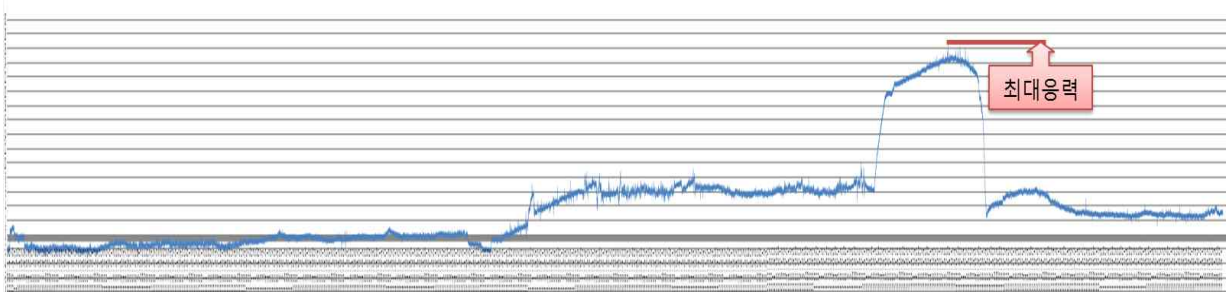
- 해당 부위는 구조 해석결과 및 기존 제작 경험으로부터 취약한 부위로 파악하고 있어 재료를 덧대어 강도를 보완하여 제작을 한 부위로, 안전상의 문제는 없는 것으로 분석됨
- 그 외 부위에서는 최대 응력이 재료별 인장강도 이하로 분석되어, 개발 차량의 안전성을 확인하였음



<그림 3-48> 2차 응력측정부위

<표 3-48> 부위별 2차 응력측정 결과

구분		CH000	CH001	CH002	CH003	CH004	CH005	CH006	CH007	CH008
상차시	MAX.	7.0	8.0	10.2	7.6	2.4	9.5	4.2	3.9	10.7
	MIN.	2.7	1.6	0.3	-0.6	-0.6	-1.2	0.1	-0.6	0.2
	AVG.	4.8	5.5	5.9	3.5	1.3	3.7	2.8	1.9	6.5
하차시	MAX.	16.3	7.8	13.3	26.6	3.4	10.3	10.8	14.6	12.9
	MIN.	5.1	-2.8	3.2	2.6	0.8	2.1	2.3	0.5	3.8
	AVG.	13.2	0.6	11.4	20.4	1.9	8.8	8.0	10.3	11.0
적재운행시	MAX.	7.1	9.9	12.1	10.0	2.8	15.5	4.2	2.3	13.3
	MIN.	4.0	4.9	6.1	3.6	-0.9	-5.5	0.7	-2.3	6.1
	AVG.	5.9	7.5	9.2	6.3	1.3	7.1	2.4	0.3	10.2



<그림 3-49> CH003부위 연속 응력값 변화

나. 테스트베드 구축 및 운영

(1) 연료저감 효과 분석 테스트베드 구축 및 운영

□ **수행 목적 및 운영계획 수립**

○ 본 연구의 테스트 베드는 같은 환경에서 주행한 기존 트레일러와 연구 성과물인 경량 벌크트레일러의 연료소비량을 조사하여 유류 소비절감 효과를 비교 분석하는 데에 목적이 있음

- 기존 벌크트레일러 대비 경량 벌크트레일러 연비개선 효과 검증을 위한 실차주행시험 수행하여 일반적인 고속주행 환경에서 기존 평판 트레일러와 경량 평판트레일러 간의 연료소비량을 비교하는데 있음

○ 테스트베드 운행은 연비효과의 측정 및 비교를 위해 개발된 2축 벌크트레일러 및 같은 생산자(두성특장차社)의 기존 2축 벌크트레일러를 대상으로 함

- 또한 동일한 실험조건 조성을 위하여 동일 사양의 트랙터 2대에 동일중량의 화물을 적재하여 동시에 운행함

  · 두성특장차社의 기존 벌크트레일러 제품의 순중량 5,040kg에 27,000kg을 적재하여 총중량 40,840kg으로 운행하였으며, 기존 차량보다 330kg 감량된 개발차량의 순중량 4,710kg에 동알중량 27,000kg을 적재하여 총중량 40,510kg으로 운행함

○ 운행 구간은 연비효과를 명확히 확인하기 위하여 가능한 교통흐름 환경이 일정하게 반복되어 교통상황이 예측가능하고 혼잡하지 않은 서부여IC～서세종IC 구간(약 55㎞)을 운행함

- 상행기준 부여백제휴게소～서세종 IC 회차～공주휴게소 구간(55.61km)
- 하행기준 공주휴게소～서세종 IC 회차～부여백제휴게소 구간(54.05km)

○ 차량의 동일한 실험조건 조성을 위하여 편도 6회 사전 주행을 수행하였으며, 개발차량 및 기존차량을 각각 편도 26회 운행하여 평균값을 활용함

- 테스트베드의 총 운행횟수는 편도기준 총 52회로, 1일 기준 4~6회 실차 주행시험을 수행함

□ **테스트베드 시행결과**

○ 본 테스트베드 운행은 정확한 연비측정 및 차량의 동일한 실험조건 조성을 위하여 사전 운행을 수행하였으며, 사전 운행결과, 기존 및 개발차량에 대해 차량의 동일한 실험조건 차이가 발생함에 따라 구형트레일러와 신형트레일러 간 주행저항 및 바퀴 구름성 보정 수행

- 신형트레일러 및 구형트레일러에 장착된 타이어 마모도를 감안한 타이어 교체
- 구형트레일러와 동일한 바퀴구름성을 확보하기 위해 신형트레일러의 구동축과 타이어 휠 연결 부위인 허브 유격을 5㎜로 조정

- 신형 및 구형트레일러의 ABS의 전력공급을 차단하여 시험주행간 작동되지 않도록 조치

○ 사전운행을 제외한 테스트베드 운행 결과, 일반적인 고속도로 위주 운행에 대해 기존 차량 만차 운행의 경우 평균 3.25 km/ℓ, 개발 차량의 경우 평균 3.35 km/ℓ의 연비를 보여 약 2.9%의 연비개선효과가 있는 것으로 분석됨

(2) 성능평가 테스트베드 구축 및 운영

(가) 수행의 목적

○ 본 연구의 성과물인 경량 벌크 트레일러의 직접적인 목표인 중량 저감으로부터 파생되는 여러 제반효을 기존 차량과 비교 분석하는 데에 목적이 있음

- 또한 구조해석 및 실내시험에서 안전하다고 판단된 변형량 등에 대해서도 실제 화물 적재 운행 시 안전도 확보 여부를 확인하고자 함

(나) 운영계획 수립

○ 테스트베드 운행 대상 : 2축 벌크 트레일러 개발 차량

- 운행의 대상은 효과의 측정 및 비교를 위해 기존에 유사한 벌크 트레일러를 운행하던 운전자를 대상으로 개발된 벌크 트레일러를 일정기간 운행해 보도록 함

  · 차량 자체의 개선점을 확인하기 위해 기존과 동일한 화물운송 행태(운송 화물, 운전 성향 등) 유지

- 시험자들은 개발차량의 중량감소분 (약 200kg)만큼 매 운행마다 추가로 화물 운송

○ 테스트베드 운행 조건 : 운전자별 기존과 동일한 운행조건 유지

- 본 테스트베드 운행은 차량의 경량화 개선으로 인한 다양한 정성적 효과를 분석하기 위한 것으로, 운전자의 경험에 의한 비교를 수행하기 위해 고정구간을 일정기간 이상 지속적으로 운행한 운전자를 대상으로 함

- 운전자의 운행행태 등도 동일하게 유지할 것을 요청

○ 테스트베드 운행 기간 : 운전자 요구에 따라 1~2주 제공

(다) 테스트 수행

○ 운전자로 하여금 개발 차량을 운행하도록 하면서 다음의 항목들에 대하여 체크

- 적재 기본사항 : 적재품, 적재량, 차량 총중량, 운행구간, 주행거리

- 적재시 차량 상태 : 변형량, 쏠림현상, 크랙발생 유무

- 적재 차량 주행 관련 사항 : (직선)주행 안정감, 코너주행 안정감(공차시, 영차시), 안전성(꿀렁거림, 떨림, 밀림), 체감연비, 소음, 내구성/유지보수 용이성

- 전반적인 만족도 및 기타 의견

○ 다음과 같은 운행기록지를 제공하여 운전자에게 작성하도록 요청

차량 운행 테스트 기록지

참고 사항

1. 변형량 : 화물 적재 전/후 Tank의 함몰 또는 수축 변형량 기재
2. 크랙 발생 유무 : 운행하중에 따른 크랙(균열) 발생 유무 기재
3. 주행 안정감 : 적재 전/후 전체적인 주행 안정감 기재
4. 코너 안정감 : 코너 회전 시 주행 안정감 기재 (공차/적차 구분)
5. 안전성 : 차량의 떨림, 밀림 현상 등에 대한 안전성 기재
6. 하화속도 : 적재품 하화 시 속도 측정

■ 적재 기본사항

적재품	비중	적재량	차량 총 중량	운행구간	주행거리

■ 적재시 차량 상태

구분	매우 큼	큼	보통	적음	없음
변형량	①	②	③	④	⑤
쏠림현상	①	②	③	④	⑤
크랙 발생 유무	(유)		(무)		

■ 적재 차량 주행 관련 사항

구분		매우 큼	큼	보통	적음	없음
주행안정감		①	②	③	④	⑤
코너주행 안정감	공차시	①	②	③	④	⑤
	적차시	①	②	③	④	⑤
안전성	떨림	①	②	③	④	⑤
	밀림	①	②	③	④	⑤
체감연비		①	②	③	④	⑤
소음		①	②	③	④	⑤
내구성/유지보수 용이성		①	②	③	④	⑤

■ 하화속도

적재품	콤프용량 (m^3)	콤프 RPM	사이로 높이 (m)	사이로 용량 (ton)	하화속도 (min)

■ 전반적인 만족도 및 기타의견

<그림 3-50> 영차운행 Testbed 운행기록지 양식

(라) 테스트 결과 및 시사점

□ **테스트 결과**

○ 테스트 결과는 운전자가 작성한 운행 기록지를 바탕으로 분석되었으며, 테스트는 1차(2016년 3월 1일~3월 8일)와 2차(2016년 3월 28일~4월 5일) 운행으로 구분하여 수행됨

○ 1차 테스트는 영월을 기점으로 시멘트를 적재하여 원주, 둔내 등 각 지역으로 운송

- 테스트 기간 중 평균 적재량은 26.8ton, 평균 차량 총 중량은 40.1ton으로 나타남
- 적재 시 트레일러의 변형량은 평균 3.5점으로 보통 이하수준으로 나타났으며, 쏠림현상의 경우 평균 5.0점으로 거의 발생하지 않은 것으로 나타남. 또한, 크랙의 발생도 1차 테스트 기간 내 발생하지 않음
- 1차 테스트 시 주행 중 차량의 상태는 직선 주행안정감, 코너 주행안정감(공차/적차), 안전성(떨림/밀림), 소음항목이 조사되었으며 체감연비와 내구성/유지보수 용이성 항목은 조사되지 않음
- 직선 및 코너 주행안정감, 안전성은 평균 5.0점으로 안정감 및 안전성이 우수한 수준으로 나타났으며, 소음의 경우 평균 5.0으로 보통 수준에 비해 소음이 없는 것으로 나타남
- 다만 시멘트의 상·하차 시 에어가 빠져있을 때 탱크의 변형(소음발생)이 일부 발생한다고 보고됨

○ 2차 테스트는 영월, 천안 등을 기점으로 주로 시멘트를 적재하여 원주, 제천 등 다수의 지역으로 운송

- 테스트 기간 중 평균 적재량은 28.1ton, 평균 차량 총 중량은 41.3ton으로 조사됨

- 적재 시 트레일러의 변형량은 평균 2.3점으로 일부 발생하는 것으로 나타났으며, 쏠림현상의 경우 평균 3.5점으로 보통 수준으로 나타남. 크랙 발생 유무는 1차 테스트와 마찬가지로 발생하지 않음
- 2차 테스트는 직선 주행안정감, 코너 주행안정감, 안전성, 체감연비, 소음, 내구성 및 유지보수 용이성이 조사됨
- 직선 주행안정감은 평균 3.8점으로 안정감이 다소 적은 것으로 나타났으며, 코너 주행안정감은 공차 시 평균 4.2점, 적차 시 평균 3.7점으로 비교적 안정감이 높은 것으로 나타남
- 안정성의 떨림 항목은 평균 4.1점으로 떨림이 적으며, 밀림 항목의 경우 평균 3.2점으로 보통수준으로 나타남
- 체감연비는 평균 3.1점으로 보통으로 조사됨
- 소음은 평균 5.0점으로 없는 것으로 나타났고, 내구성 및 유지보수 용이성은 평균 3.0점으로 보통 수준으로 조사됨
- 운전자의 기타의견으로 다음과 같이 4개의 의견이 보고됨
  · 탱크 중간 부위에서 적재물 상차 시 '쿵'하는 소리가 1회 나고 하차 완료 후 '쿵' 소리가 1회 남 - 탱크 내압에 의한 일시적인 탱크 휨으로 발생하는 것으로 판단되며 탱크 강도에는 영향 없는 것으로 분석
  · 상·하차 시 탱크 울림소리가 심하게 나며, 1번 캠퍼스 잔량이 더디게 빠짐



<그림 3-51> 1차 운행 테스트 조사 결과



<그림 3-52> 2차 운행 테스트 조사 결과

□ 시사점

○ 약 2주간의 운행테스트 조사 결과 화물 적재시 차량 상태 및 주행시 차량 안정감 등 성능 등 모든 항목에서 보통 이상의 우수한 결과를 보이는 것으로 나타남

- 시험자 모두 전반적으로 만족하는 의견을 나타냈으며 일부 추가 의견에 대해 검토한 결과, 일시적으로 외부 환경에 의해 발생하였거나 성능과 무관한 것으로 나타남

다. 경제성 분석 및 실용화 전략

(1) 벌크, 콤비 및 적재용량 확장 트레일러 시장성 분석

○ 본 조사는 고강도 강판적용 및 구조 개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 연구개발 성과품 중 경량 벌크/콤비트레일러와 적재용량 확장 다용도 트레일러 시장성확보 및 개발 타당성 분석, 실용화 전략 수립을 위하여 시행되었음

- 운송사업자[24](이하 운송업체) 구매담당자 및 화물자동차 차주(지입(위·수탁)차주 및 직영/개인운수사업자를 포함, 이하 차주)를 대상으로 경량 벌크/콤비트레일러와 적재용량 확장 다용도 트레일러 개발에 따른 구매의향 등을 파악하여 실용화 방안을 제시하는데 목적이 있음

○ 구매의향 및 구매조건 조사를 통해서 대상 시장규모를 추정하고 성과목표의 타당성을 검증함

- 경량 벌크트레일러의 구매의향 조사를 통해 구매비율을 도출함으로써 벌크트레일러 시장규모를 추정함
- 응답자가 제시한 잠재적인 구매조건과 기술개발 성과 목표 간의 비교를 통해서 성과목표 설정의 적절성 및 타당성을 검증함

○ 기존 벌크/콤비트레일러 운행현황과 트레일러 구매 시 중점 고려사항 등을 조사함으로써 개발기술의 실용화 전략을 수립함

- 향후 개발기술의 보급 및 판매에 대한 실용화 전략 및 홍보 등 마케팅 전략수립에 활용함

(가) 경량 벌크트레일러 시장성 조사 결과

□ 예상 교체시기 및 구매 의사결정 요인

○ 보유하고 있는 벌크트레일러의 예상 교체시기로는 ‘2027년~2031년’(33.3%), ‘2022년~2026년’, ‘2032년 이후’(각각 31.3%) 등으로 나타남

- 따라서 향후 본 연구의 산출물인 경량 벌크트레일러 판매 시장은 2022년 이후 교체가 예상되는 트레일러를 대상으로 하는 것이 적합함

○ 벌크트레일러 구매시 고려하는 주요 요인으로는 ‘구매비용’(4.73점)에 대한 중요도가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 ‘수리비 등 유지비용’(4.71점), ‘A/S 편의성′(4.67점), ‘제품 안정성’(4.62점)으로 ‘가격’에 대한 중요도가 높게 평가되었음

24) 화물자동차 운수사업법(시행 2015.7.7)제3조3항에 의해 국토교통부장관으로부터 화물자동차 운송사업의 허가를 받은 자

<표 3-49> 벌크트레일러 구매시 고려하는 중요 요인에 대한 중요도(5점 만점 기준)

주요 요인	중요도
브랜드	3.84
가격	4.48
운행성능	4.35
하역성능	4.13
유지관리	4.35
편의사양	4.10

□ **벌크트레일러 이용시 애로사항 및 개선 요구사항**

○ 벌크트레일러 이용시 애로사항(불편사항) 및 개선 요구사항을 가격, 품질 및 성능, 내구성, A/S 용이성, 편의성, 법・제도 등의 항목별로 살펴본 결과는 아래와 같음

- '가격' 항목에서 애로사항으로는 '가격이 비쌈'(90.7%), '중고판매시 가격이 급락함'(1.3%) 등, 개선 요구사항으로는 '가격인하 필요'(92.7%), '캐피탈 이자가 저렴하도록 조치해야 함'(1.3%) 등이 있음
- '품질 및 성능' 항목에서의 애로사항으로는 '차량 소음이 큼'(4.7%), '가격대비 품질이 떨어짐'(1.3%) 등, 개선 요구사항으로는 '전반적인 품질강화가 필요함'(2.7%), '소음이 적도록 개선해야 함'(2.0%) 등이 있음
- '내구성' 항목에서의 애로사항으로는 '부식이 잘 됨'(68.7%), '고장이 잦음'(21.3%) 등, 개선 요구사항으로는 '부식방지를 위한 도색강화 등이 필요함'(65.3%), '잔고장 방지를 위한 기술필요'(20.0%) 등이 있음
- 'A/S 용이성' 항목에서의 애로사항으로는 'A/S가 신속하지 않음'(56.0%), 'A/S 지점 거리가 멈'(24.7%) 등, 개선 요구사항으로는 '고장시 신속한 수리필요'(40.0%), 'A/S 센터 접근성이 우수해야 함'(39.3%) 등이 있음
- '편의성' 항목에서의 애로사항으로는 '맨홀 개폐가 불편함'(4.7%), '작업자가 오르내리기 힘듦'(4.0%) 등, 개선 요구사항으로는 '맨홀 자동 개폐되어야 함'(8.0%), '이물질이 없도록 잔량이 남지 않게 설계되어야 함'(1.3%) 등이 있음
- '법/제도' 항목에서의 애로사항으로는 '용량 제한이 현실을 반영하지 못함'(1.3%) 등, 개선 요구사항으로는 '용량제한 규정완화 필요'(1.3%) 등이 있음
- '안전성' 항목에서의 애로사항으로는 '작업자 낙하 위험이 있음'(30.7%) 등, 개선 요구사항으로는 '안전바 설치(탈착식/접이식) 필요'(16.0%), '미끄럼 방지 설치필요'(11.3%) 등이 있음

□ 구매의향 조사 결과

○ 신규 경량 2축 벌크트레일러가 기존 차중 대비 250kg 감량(판매가 4,740만원)일 경우 구매할 의향은 17.3%, 기존 차중 대비 500kg 감량(판매가 4,910만원)일 경우 구매할 의향은 14.0%, 기존 차중 대비 750kg 감량(판매가 5,100만원)일 경우 구매할 의향은 8.7%로 나타남

- 이러한 결과로 살펴볼 때 벌크트레일러 차주들은 구매비용을 중요시 생각하기 때문에 경량화 수준이 높아질수록 내구성이 약해질 것이라는 판단하여 유지비용이 더 들거라 판단하기 때문에 구매의향이 낮은 것으로 파악됨

  · 실제 조사과정에서 최근 출시된 벌크트레일러제품은 기존 제품보다 차중이 가벼우나, 탱크부위에서 탱크내압에 의한 이음새 부분의 트임이나 뒤틀림이 자주 발생하고 있다는 의견 반영

<표 3-50> 신규 경량 2축 벌크트레일러에 대한 구매의향 조사 결과

(단위 : 명, %)

구분	구매의향 있음		구매의향 없음		합계	
	응답자 수	비율	응답자 수	비율	응답자 수	비율
250kg 감량	26	17.3	124	82.7	150	100.00
500kg 감량	21	14.0	129	86.0	150	100.00
750kg 감량	13	8.7	137	91.3	150	100.00

□ 수요의 가격탄력성 분석 결과

○ 신규 경량 2축 벌크트레일러의 가격 탄력성 분석결과, 차중 250kg감량 및 500kg감량에서는 탄력성이 있는 것으로 나타났으나, 750kg감량에서는 탄력성이 없는 것으로 나타남

- 특히, 250kg감량시 3.3으로 가장 탄력적인 것으로 나타났으며, 750kg 감량시 0.7로 비탄력적인 것으로 분석됨

- 앞서 언급했듯이 구매비용 보다는 경량수준 증가시 발생할 수 있는 차량의 내구성 저하를 우려하는 벌크트레일러 차주의 의견이 반영되었기 때문에 차중 감량이 클수록 탄력성 수치가 작게 나타남

<표 3-51> 신규 경량 2축 벌크트레일러 수요의 가격탄력성 분석 결과

(단위 : %)

구분	수요 변화율	가격 변화율	탄력성
250kg감량	17.33%	5.33%	3.3
500kg감량	14.00%	9.11%	1.5
750kg감량	8.67%	13.33%	0.7

(나) 경량 콤비트레일러 시장성 조사 결과

□ 예상 교체시기 및 구매 의사결정 요인

○ 보유하고 있는 콤비트레일러의 예상 교체시기로는 '2032년 이후'(46.4%), '2022년~2026년'(33.0%) 등으로 나타남

- 따라서 향후 본 연구의 산출물인 경량 콤비트레일러 판매 시장은 2022년 이후 교체가 예상되는 차주 또는 운송업체의 보유 트레일러를 대상으로 하는 것이 적합함

○ 콤비트레일러 구매시 고려하는 주요 요인으로는 '구매비용'(4.84점)에 대한 중요도가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 '제품 안정성'(4.74점), '수리비 등 유지비용'(4.67점), 'A/S 편의성'(4.58점)으로 '가격'에 대한 중요도가 높게 평가되었음

<표 3-52> 콤비트레일러 구매시 고려하는 중요 요인에 대한 중요도(5점 만점 기준)

주요 요인	중요도
브랜드	3.82
가격	4.58
운행성능	4.57
유지관리	4.38
편의사양	4.24

□ 벌크트레일러 이용시 애로사항 및 개선 요구사항

○ 콤비트레일러 이용시 애로사항(불편사항) 및 개선 요구사항을 가격, 내구성, A/S 용이성, 편의성, 법·제도 등의 항목별로 살펴본 결과는 아래와 같음

- '가격' 항목에서 애로사항으로는 '가격이 비쌈'(78.4%), 개선 요구사항으로는 '가격인하 필요'(77.5%), '캐피탈 이자가 저렴하도록 조치해야 함'(1.0%)이 있음
- '내구성' 항목에서의 애로사항으로는 '부식이 잘 됨'(61.8%), '고장이 잦음'(11.8%) 등, 개선 요구사항으로는 '부식방지를 위한 도색강화 등이 필요함'(60.8%), '잔고장 방지를 위한 노력필요'(11.8%) 등이 있음
- 'A/S 용이성' 항목에서의 애로사항으로는 'A/S가 신속하지 않음'(35.3%), 'A/S 지점 거리가 멈'(22.5%) 등, 개선 요구사항으로는 'A/S센터 접근성이 우수해야 함'(27.5%), '고장시 신속한 수리필요'(24.5%) 등이 있음
- '편의성' 항목에서의 애로사항으로는 '작업자가 오르내리기 힘듦'(1.0%), '에어 호스 연결이 불편함(좌우구분 없음)'(1.0%) 등, 개선 요구사항으로는 '사다리 자동화가 필요함'(1.0%), '에어 호스연결이 편리해야 함(좌우구분 가능했으면)'(1.0%) 등이 있음
- '법/제도' 항목에서의 애로사항으로는 '용량 제한이 많음'(1.0%) 등, 개선 요구사항으로는 '용량제한 규정완화 필요'(1.0%) 등이 있음
- '안전성' 항목에서의 애로사항으로는 '컨테이너 탑재시 후방이 안보임'(1.0%) 등, 개선 요구사항으로는 '컨테이너 탑재 후 후방시야가 확보되도록 해야 함'(1.0%) 등이 있음

□ 구매의향 조사 결과

○ 신규 경량 2축 콤비트레일러가 기존 차중 대비 150㎏ 감량(판매가 2,170만원)일 경우 구매할 의향은 18.6%, 기존 차중 대비 300㎏ 감량(판매가 2,220만원)일 경우 구매할 의향은 19.6%, 기존 차중 대비 450㎏ 감량(판매가 2,270만원)일 경우 구매할 의향은 15.7%로 나타남

- 신규 경량 2축 구즈넥샤시 트레일러가 기존 차중 대비 150㎏ 감량(판매가 3,800만원)일 경우 구매할 의향은 9.8%, 기존 차중 대비 300㎏ 감량(판매가 3,900만원)일 경우 구매할 의향은 9.8%, 기존 차중 대비 450㎏ 감량(판매가 4,000만원)일 경우 구매할 의향은 6.9%로 나타남

<표 3-53> 신규 경량 2축 콤비트레일러에 대한 구매의향 조사 결과

(단위 : 명, %)

구분		구매의향 있음		구매의향 없음		합계	
		응답자수	비율	응답자수	비율	응답자수	비율
신규 경량 2축 콤비트레일러	150kg 감량	19	18.6	83	81.4	102	100.00
	300kg 감량	20	19.6	82	80.4	102	100.00
	450kg 감량	16	15.7	86	84.3	102	100.00
신규 경량 3축 구즈넥샤시(GNCC) 트레일러	150kg 감량	10	9.8	92	90.2	102	100.00
	300kg 감량	10	9.8	92	90.2	102	100.00
	450kg 감량	7	6.9	95	93.1	102	100.00

□ 수요의 가격탄력성 분석 결과

○ 경량 2축 콤비트레일러와 경량 3축 구즈넥샤시 트레일러 가격 탄력성 분석결과, 콤비트레일러는 차중 감량에 상관없이 비탄력적인 것으로 나타남

- 이러한 결과는 벌크와 마찬가지로 구매비용과 유지비용을 중요하게 생각하기 때문임

<표 3-54> 경량 콤비트레일러 수요의 가격탄력성 분석 결과

(단위 : %)

구분		수요 변화율	가격 변화율	탄력성
경량2축 콤비트레일러	150kg감량	18.63%	-51.78%	0.4
	300kg감량	19.61%	-50.67%	0.4
	450kg감량	15.69%	-49.56%	0.3
경량 3축 구즈넥샤시(GNCC) 트레일러	150kg감량	9.80%	-15.56%	0.6
	300kg감량	9.80%	-13.33%	0.7
	450kg감량	6.86%	-11.11%	0.6

(2) 경량벌크트레일러 실용화 전략 수립 및 홍보

(가) 경량벌크트레일러 실용화 전략 수립

□ 사업화 모형 수립(BM)배경

○ 통계분류의 모호성으로 인해 국내 벌크트레일러(BCT)의 정확한 대수는 파악할 수 없지만 관련 제조업계는 약 3,000~4,000대가 운행하고 있고 연평균 400여대가 생산되고 있는 것으로 추정

○ 건설경기 영향에 의해 크게 좌우되는 시멘트 출하량이 2016년 한 해 동안 10% 넘게 늘어나고, 74일간이나 지속된 철도파업의 영향으로 도로운송 분담이 상승하였으며, 강원도 동해안과 내륙지역을 잇는 동서축 도로망이 확충, 운임조건 개선으로 인해 신규운전자 공급 증가

- 철도파업의 영향으로 BCT수요가 도로운송으로 한꺼번에 몰리면서 도로운임이 급상승하는 현상을 빚으면서 연간 400대 남짓한 생산대수가 700대 가까이 늘어 생산량이 2016년 한 해에만도 75% 이상 증가되는 이상 현상 발생

□ **사업화 모형의 목표 및 핵심경쟁요인**

○ 고강도 강판을 이용한 신규 경량화 벌크트레일러와 기존 철재 벌크트레일러, 경쟁제품인 외국산 벌크트레일러를 하화속도, 가격, 용량, 경량화, 내구성 관점에서 비교한 결과, 신규 경량화 벌크시멘트 트레일러(BCT)의 경우 기존 BCT에 비해 가격인상요인 없이 용량, 경량화성능, 내구성, 하화속도 등을 높임으로써 제품경쟁력이 크게 향상된 것으로 나타남

- 특히 대체로 싱글호퍼 타입을 선호하는 외국산 BCT에 비해 가격경쟁력과 내구성을 제외한 다른 부분에서 고루 제품경쟁력을 지닌 것으로 파악됨

○ 시장성 조사결과 축 수나 소유주체나 차중 감량정도에 상관없이 가격 탄력적인 것으로 나타나 고가(high price)정책을 구사하기는 어려울 것으로 판단됨

- 축 수와는 상관없이 경량화 평판트레일러는 수요가 가격 탄력적이기 때문에 가격을 낮추면 낮출수록 판매수요는 늘어날 것으로 판단됨

- 차중 감량이 클수록 오히려 구매탄력성 수치는 작게 나타났으므로 무리한 차중 감량보다는 내구성을 높이고 A/S가 용이하게 만들지만 가격인상은 최대한 억제하려는 전략이 필요

□ **목표시장 구조**

○ 국내 시장조사 결과, 차주들이 보유하고 있는 대표 벌크트레일러 모델로는 '32㎥ 벌크트레일러'(52.0%), '28㎥ 벌크트레일러'(26.0%), '33.3㎥ 벌크트레일러'(10.7%) 순서

- 제조사별로 살펴보면, 두성특장차(86.0%)와 동우특장차(10.0%)의 점유율이 96.0%를 차지

○ 2022년 글로벌 중대형 트럭의 시장규모는 4.6백만 대에 이를 것으로 예상되며, 세계경기 침체에도 불구하고 BRIC 시장의 안정화와 Next 11, 아프리카 시장의 부상으로 글로벌 중대형 시장은 2022년까지 연평균 5.5% 성장할 것으로 예상됨

○ 최근 각국에서는 화물차 연비개선과 도로포장에 대한 예산투자 경감을 위하여 화물차 경량화에 총력을 기울이고 있으며, 고강도 철재나 복합소재를 이용하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있으나 가격경쟁력 저하 문제 대두

- 벌크트레일러의 경우 가격에 대한 민감도가 제품성능에 대한 민감도만큼 높아 무리한 경량화보다는 내구성을 높이되 용량을 높이고, 가격인상은 최대한 억제하려는 전략이 필요

○ 경량 트레일러 제작에 소요되는 고강도 강재가 순수 국산 기술로 조달가능하고 경량 트레일러 제작기술을 모두 국내기술로 개발 가능하기 때문에 본 기술개발 과정에 해외업체 및 연구기관과의 공동연구 필요성은 상대적으로 낮다고 판단됨

□ 수익 확보 전략

○ 중소기업이 대부분인 국내 특장차 시장의 특성상 신차 구매의 비중이 높음에도 전국에 걸쳐 트레일러를 전시하고 판매하는 공간을 확보하기는 곤란한 실정

- 차량 내에서 장시간 운전하고 대기해야 하는 화물차 운전자들의 특성 상 직접 차량에 탑승하고 운전을 해보는 시승경험을 고객들에게 제공하는 것은 중요

○ 시장성 조사과정에서 애로사항으로 많이 지적하는 트레일러 A/S 지점 수의 확대와 더불어 A/S 지점에서 신제품도 전시하고 일정기간 시승경험도 제공하며 판매상담도 수행하는 판매방식도 유효함

(나) 개발기술의 실용화를 위한 홍보

○ 논문게재, 전시행사 참가, 브로셔 배포 등을 통해 경량 벌크트레일러 기술과 경량 평판트레일러 기술을 홍보함 (2016 국토교통기술대전('16.05), 2017 국제물류산업전('17.04) 참가)

2016 국토교통기술대전 참가



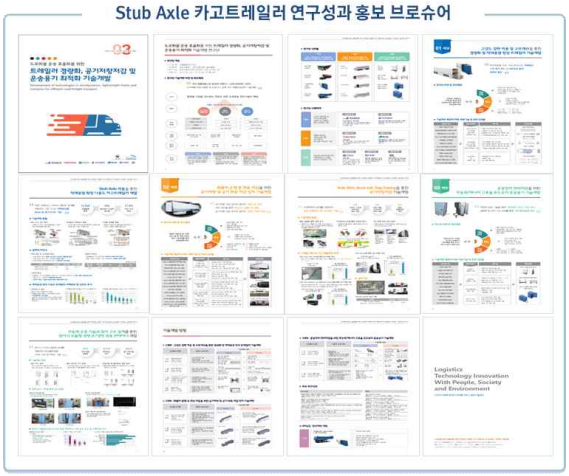
2017 국제물류산업전(KoreaMat) 참가



경량벌크트레일러 연구성과 홍보 브로슈어



Stub Axle 카고트레일러 연구성과 홍보 브로슈어



○ 실수요자 대상 벌크트레일러 시장 보급을 위해 설문응답을 통한 시장성조사 및 실수요자 대상 보완사항 검토 등 시장진입 가능성 제고를 위한 고객 니즈 파악 및 설계를 보완함

- 시멘트 제조업(쌍용양회, 한일 등), 운수업체(세종로직스, 동성화물, 신진레미콘, 원양화물, ㈜에스엔, 길튼개발, ㈜금륜, ㈜서진, 창영상운 등) 및 차주 등을 방문하여 개발기술과 제품에 대한 설명회를 개최함
- 차량 시운전을 희망하는 차주 10명을 대상으로 차주의 요청에 따라 1일~4일간 차량을 무료 대차하여 운행할 수 있는 테스트베드를 운영함
  · 테스트베드를 통해 경량 벌크트레일러 3대를 판매함

연번	기간	차주	운행지역 또는 주요 화주
1	16.05.23~27	김**	동해
2	16.07.11~15	송**	당진
3	16.07.25~29	박**	광양
4	16.08.22~24	이**	군산
5	16.09.01~06	위**	태화물류
6	16.10.17~21	변**	남양주
7	16.12.26~30	정**	동해
8	17.01.12~13	오**	당진~제천
9	17.01.13~14	허*	제천
10	17.01.18~20	서**	제천

○ 한국교통연구원과 ㈜두성특장차는 국가 R&D를 통해 개발된 경쟁력 있는 기술의 시장보급 확대와 그에 따른 사회·경제적 이익 증대 실현을 위한 기관간 기술이전을 실시함

- 경량 벌크트레일러(BCT) 연구개발결과로 획득한 관련 특허 1건 (출원번호:10-2016-0058930)에 대한 기술이전
- 기술실시 계약명 : 고강도 강판소재 및 구조개선을 통한 경량 벌크트레일러(BCT) 기술
- 계약일 : 2016.12.23


기 술 실 시 계 약 서

<그림 3-53> 기술실시계약 체결

(3) 경제적 타당성 분석

(가) 개요

○ 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술 개발을 통해 운송횟수 감소 및 적재량 증가에 대한 사업성 분석 및 적재량 증가에 따른 운행대수 감소에 따른 경제성 분석을 수행함

- 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비개선 기술의 사업성을 분석하기 위하여 연비개선에 따른 유류비 절감 효과를 분석하고, 화물자동차의 운행횟수 감소에 따른 지출 절감 효과와 적재량 증가에 따른 수입 증대 효과를 분석함
- 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술의 경제성을 분석하기 위하여 기존 벌크트레일러가 경량 벌크트레일러로 전환시 사회적 편익 및 비용을 통해 경제성 분석을 수행함

(나) 사업성 분석

□ **경량 벌크트레일러 잠재수요**

○ 본 연구는 벌크트레일러 예상교체 비율, 평판트레일러 구매의향 비율 자료를 활용하여 잠재수요를 산정함

- 벌크트레일러 수요는 국토교통부에서 제공하고 있는 화물자동차 등록대수 자료를 활용하여 적재함형 90%, 기타 트레일러는 20%를 시멘트 운송용으로 사용하는 것으로 가정[25]하여 산정함

○ 이에 경량 벌크트레일러 잠재수요는 추정된 벌크트레일러 대수(2,922대)와 경량벌크트레일러 시장성 조사 결과 중 예상교체시기 비율 및 구매의향 비율을 적용하여 10년 이내에는 158대, 15년 이내에는 168대가 구매가능 할 것으로 추정함

<표 3-55> 경량 벌크트레일러 구매 가능 수요

구분	BCT 피견인차 대수(대)	예상교체시기 비율(%)	구매의향 비율(%)	구매가능 수요(대)
10년 이내	2,922	31.3	17.3	158
15년 이내	2,922	33.3	17.3	168

□ **시나리오 설정**

○ 사업성 분석에서는 차주가 경량벌크트레일러를 구매 시 소요되는 추가비용 지출분과 경제적인 이득분을 비교하여, 사업적인 측면에서 경량벌크트레일러에 대한 각 차주의 투자가 타당한지 검토할 것임

25) 화물운송시장 수급분석을 통한 조기경보제 도입방안 연구(한국교통연구원, 2007)에 제시되어 있는 BCT 산정방법론을 적용

<표 3-56> 시나리오 설정내역

구분			분석내용	필요자료
시나리오 1	지출 효과	공차운행에 따른 연료소비량 감소 효과	▪ 공차운행시, 벌크트레일러 경량화에 따른 유류비 절감 효과	▪ 월평균 적재일수, 일평균 공차운행거리, 평균연비, 경유가격 등
시나리오 2		운행횟수 감소 효과	▪ 총물동량이 동일할 경우, 운행횟수 감소에 따른 유류비, 통행료, 주차비, 숙박비, 수리비, 타이어 마모비 절감 효과	▪ 월평균 취급물동량, 평균적재 가능용량, 평균적재 비율, 월평균 운행횟수, 유류비, 타이어 마모비 등 지출액 등
시나리오 3	수입 효과	적재량 증가 효과	▪ 총물동량 증가에 따른 수입(매출액)증가 효과	▪ 평균적재가능용량, 월평균 운행횟수, 적재비율, 월평균 운송수입(매출액) 등

□ **사업성 분석 방법 및 시나리오 설정**

○ 경량벌크트레일러 1대당 연간 총 지출 감소액은 143만원/년으로 분석됨

- 경량화로 인한 1대당 연간 운송수입 대비 지출비용 비율은 78.65%에서 0.92%p 감소한 77.73%로 분석됨

○ 공차에 대한 유류비용 절감효과와 영차에 대한 수입증가 효과는 총 210만원/년으로 분석됨

- 벌크트레일러 차주의 연간 운송수입은 15,516만원/년에서 1.36% 증가하는 효과가 있는 것으로 분석됨

○ 기존 벌크트레일러의 평균 구매비용은 4,560만원, 본 연구 개발품인 경량 벌크트레일러 구매비용을 4,740만원으로 가정했을 때 경량화로 인해 180만원의 추가비용이 발생됨

- 경량화로 인한 1대당 연간 총지출비용 측면에서는 180만원을 회복하는데 걸리는 기간은 약 1.26년이며, 평균 교체기간(14.4년)을 고려할 경우, 회복기간 1.26년을 제외한 약 13.14년 간 1,877만원을 절약할 것으로 기대함

- 공차에 대한 유류비용 절감효과와 영차에 대한 수입증가 효과측면에서는 약 0.86년이면 180만원을 회복할 수 있으며, 평균 교체기간(14.4년)을 고려할 경우, 회복기간 0.86년을 제외한 약 13.54년 간 2,848만원의 추가수입이 생길 것으로 기대함

○ 차주 입장에서는 추가비용 180만원에 대해 2년 이내에 회수가 가능하며, 이후10년 이상의 잔여기간동안 추가적인 효과가 발생하는 바, 사업적 관점에서 구매를 선택하는 것이 타당하다고 분석됨

<표 3-57> 시나리오별 기대효과 분석결과

구분		공차	영차	총기대효과
시나리오 1+2	지출절감 효과(원/년)	892,449	536,033	1,428,483
시나리오 1+3	수익증대 효과(원/년)		1,210,199	2,102,649

(다) 경제성 분석 결과

□ 벌크트레일러 장래 수요 예측

○ 본 연구는 경제성 분석을 위해 기존 벌크트레일러의 하중감량을 통해 화물을 추가로 적재하는 것이 가능하며, 동일 물동량에 대해 적은 트레일러 대수로 화물물동량 처리가 가능하다고 가정함

○ 본 연구는 경제성 분석을 위해 다음과 같이 가정하여 2020년, 2025년, 2030년의 벌크트레일러 대수 및 화물물동량을 예측함

- 2020년 벌크트레일러 대수는 2020년에 벌크트레일러 시장성 조사결과 중 2005년 이전 구매 연식 비율인 21.7%를 반영하여 기존 벌크트레일러의 20%가 전환한다고 가정하여 전환대수를 예측함

· 2025년 이후 전환대수는 두성특장차 점유율을 반영하여 기존 벌크트레일러의 80%가 개발트레일러로 전환된다고 가정함

- 벌크트레일러 전환대수 산정 결과, 2020년 9대/년, 2025년 41대/년, 2030년 46대/년으로 분석됨

<표 3-58> 경량 벌크트레일러 개발에 따른 장래 예측 및 전환대수 산정 결과

구분	2020년	2025년	2030년
기존 트레일러(대/년)	655	2,620	3,292
개발 트레일러(대/년)	646	2,579	3,246
전체물동량(톤/년)	11,342,049	50,854,594	52,029,054
전환 대수(대/년)	9	41	46

□ 편익 추정 결과

○ 본 과업에서는 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)」(KDI, 2008)을 적용하여 시간가치를 계산함. 또한 본 분석에서의 편익은 앞서 제시한 항목별로 목표년도에 따라 연간 편익을 산정한 결과는 다음과 같음

○ 편익추정 결과, 총 편익 중 해외수출에 따른 매출증대 효과 편익, 혼잡비용 절감편익, 운행비용 절감편익, 대기오염 절감편익, 도로유지관리비용 절감편익 순으로 나타남

<표 3-59> 편익 추정결과

(단위: 백만원/년)

구 분	운행비용 절감편익	통행시간 절감편익	교통사고 절감편익	대기오염 절감편익	소음절감 편익	혼잡비용 절감편익	도로유지 관리절감	해외수출 매출증대	합계
2020년	4.75	1.69	0.26	3.11	0.83	15.41	2.03	140	168
2025년	20.05	7.56	1.17	13.28	0.93	69.10	9.11	140	261
2030년	23.87	8.48	1.31	15.63	0.83	77.46	10.21	140	277

□ **비용 추정 결과**

○ 경량 벌크트레일러의 경제성 분석을 위한 사회적 비용은 연차별 벌크트레일러 개발 R&D 비용중 정부출연금 기준으로 산정하였으며, 경량 벌크트레일러 개발은 총 3차년도에 걸쳐 진행됨

<표 3-60> 대안별 비용추정 결과(정부출연금)

(단위: 백만원/년)

구분	2014년	2015년	2016년
벌크트레일러 경량화 기술 조사분석 및 설계	245	-	-
벌크트레일러 경량화 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	80	170	-
벌크트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	-	126	312
합계	326	196	312

□ **경제성 분석 결과**

○ 경제성 분석에 있어 편익과 비용 산정의 기준년도는 2013년, 사회적 할인율은 5.5%로 가정하였으며, 분석기간은 시제품 제작 기간 3년과 개발 완료 후 벌크트레일러 교체주기인 15년을 반영하여 총 18년으로 설정함

- 본 분석에서는 많은 가정을 통해 경제성 분석을 하여 제한적으로 해석되어야 할 것으로 판단됨. 또한 본 연구는 부가가치 편익으로 판단되는 해외매출증대 편익 미포함 시나리오와 포함 시나리오를 구분하여 분석함

○ 이러한 가정 하에 수행된 경제성 분석 결과, 해외매출증대 편익 미포함 시나리오는 B/C가 1.02, NPV 17.05백만 원, IRR 18.45%이며, 해외매출증대 편익 포함 시나리오는 B/C가 2.44, NPV 1,213.79백만 원, IRR 53.39%로 모두 경제적 타당성을 확보하는 것으로 분석됨

<표 3-61> 경제성 분석 종합 결과

구분	해외수출로 인한 매출액 증대 편익 미포함	해외수출로 인한 매출액 증대 편익포함
총 할인편익(백만원)	857	2,054
총 할인비용(백만원)	840	840
B/C	1.02	2.44
NPV (백만 원)	17.05	1,213.79
IRR(%)	18.45	53.39

(4) 법제도 방안 검토

(가) 벌크(기타)트레일러 관련 통계 문제점 및 개선방안

○ 현행 법령에서는 '자동차 차대번호 등의 운영에 관한 규정'및'자동차 등록규칙'등에서 분말형태의 (중량)화물운송에 특화된 벌크트레일러를 명확히 구분하는 근거를 마련하고 있음

○ 하지만 현행 국토교통부 '자동차등록현황' 통계에서는 벌크트레일러가 '화물자동차-화물특수용도형-피견인차-피견인차(기타)' 항목 안에 통합되어 상세한 정보 구득이 불가능

- 2010년 기준 우리나라 전체 등록 피견인 화물 트레일러(53,901대) 중 '기타' 트레일러(17,074대)가 차지하는 비중은 31.7%였으나, 2016년에는 41.2%에 달하고 있음

○ '기타'비중이 높을수록 관련 정책 수립에 필요한 정보가 부정확하다는 것을 의미하는데, 특히 피견인차 통계의 경우 관련 (물류/운송) 산업분야 정책 수립에 필요한 자가용, 영업용 통계가 부정확해지는 문제가 발생하고 있음

- 급변하는 트레일러 (화물 운송)시장에 부합하는 정책 수립에 큰 장애요인이 되고 있음

□ 다양한 기타트레일러 유형의 신규 시장 진입

○ 피견인 화물자동차 중 기타트레일러의 비중이 빠르게 증가하고 또한 트랙터로 대표되는 (대형 화물)견인용 화물차와 트레일러 성장 속도 간 격차가 이미 2000년대 중반부터 발생하고 있으며, 이 추세는 2010년대 이후 최근 더욱 가속화되었음

- 이는 기타트레일러 분야에 기존에 없던 새로운 유형의 트레일러들이 새롭게 많이 진입했기 때문인데, 관련 전문가 인터뷰 결과 2000년대 이후 요트/보트/제트스키/호

버크래프트 등의 수상레저, 바이크/자전거/ATV 같은 산악형 취미생활 그리고 캠핑족 확산 등으로 인해 레저 관련(소형)피견인 트레일러 시장이 급속히 성장한 것이 가장 큰 원인으로 분석되었음

- 레저 문화 확산과 관련된 기타트레일러 이외에도 최근에는 다양한 용도의 기타(특수)트레일러들이 많이 공급되고 있는데, 이들 트레일러는 대부분 소형차(승용차/승합차/SUV 등)에 의해 견인되는 것으로 영업용 보다는 개인이나 특정 기관에 속한 자가용/관용으로 등록되는 실정임



(소형)보트 운송용 트레일러



바이크/자전거 운송용 트레일러



다용도 박스 트레일러



특수 차량 이동 트레일러



위성신호 추적 안테나 트레일러



소방 장비 적재 탑트레일러

자료: 한국그린피아 카탈로그

<그림 3-54> 다양한 기타트레일러 유형

○ 최근 관련 면허취득(응시)자가 급증하는 추세이며, 또한 승용차보다 승합차/SUV 등의 판매가 상대적으로 증가하는 현상도 이와 연관된 것으로 이해할 수 있음

- 피견인차 총 중량이 750kg 초과 3,000kg이하인 피견인차를 운전할 수 있는 별도의 면허 제도를 시행(2016.7.28.)

○ 피견인차(기타)에 포함되는 차량 유형이 매우 다양해지고 있음에도 불구하고 아직 국토교통부의 화물자동차-화물특수형-피견인차 관련 통계는 과거 유형이 존속되고 있는 바, 피견인차 구분 및 관련 통계(제도)의 정비가 시급하게 이루어져야 할 것임

□ 트레일러 관련 현행 통계 구분의 한계 및 모호성

○ 트레일러(기타) 유형의 비중이 빠르게 증가하는 것하는 것은 기존의 트레일러 관련 통계(구분)가 변화하는 현실을 충분히 반영하지 못하기 때문임

- 현행 자동차등록 통계에서 구분하는 화물자동차 유형은 크게 일반형, 덤프형, 밴형, 특수용도형의 4개만 존재하며, 피견인형 화물자동차인 트레일러(피견인형)는 특수용도형 화물자동차의 하위 유형에 포함되어 있음

- 이로 인해 기타 유형의 트레일러(피견인형-기타)의 경우 차량의 형태나 피견인차 중량에 따른 추가적인 세부 유형 구분이 어려우며, 이는 전혀 다른 유형들의 트레일러들이 '기타' 유형에 집중되는 가장 큰 원인임

○ 또한 ‘기타’ 유형을 제외하고 현행 피견인차의 세부 유형은 적재함형, 저상형, 평판형, 콘테이너샤시 등으로만 구분되고 있는데, 적재함형을 제외한 나머지 유형들은 차량 상부에 별도의 화물적재 시설이 없기 때문에 외관만으로도 명확한 구별이 가능하나 적재함형은 피견인 차량 상부에 어떤 형태의 화물적재 시설을 설치한 트레일러를 의미하는 것인지 모호함

○ 국내·외 관련 통계의 불일치는 국내 트레일러 운송시장을 해외 사례와 비교하여 연구하거나 관련 정책을 수립하는데 큰 제약으로 작용하는데, 따라서 향후 해외 자료와 호환이 가능하도록 트레일러 차량의 세부 유형을 구분하여 관련 차량등록 통계가 구축될 필요가 있음

□ 화물자동차 등록 통계의 차종 유형 개선 방향

○ 첫째, 현행 화물자동차 하위 4개 유형(일반형, 덤프형, 밴형, 특수용도형)체계를 폐지하고 특수용도형의 하부 유형에 속해 있는 피견인형(트레일러)을 상위 유형으로 승격하여‘화물피견인형’으로 명명하고 화물자동차 하위 유형을 5개로 개편해야 함

○ 둘째, 피견인 화물자동차 중량에 따라‘화물피견인형’화물자동차를 (중)소형 피견인차(총중량 3.5톤 이하)와 대형 피견인차(총중량 3.5톤 초과)로 구분하여 등록, 관리할 필요가 있음

○ 셋째, 다양해지는 국내 트레일러 운송시장 수요를 반영하고 국내외 트레일러 관련 통계의 호환성 제고를 위해 기존 기타 및 적재함형 피견인차 유형을 보다 세분화 할 필요가 있음

- 대형 피견인차(총중량 3.5톤 초과)는 기존의 5개 유형(콘테이너 샤시, 평판형, 저상형, 적재함형, 기타형)에서 벗어나 보다 다양한 유형으로 구분해야 할 것임
- 현행 법령에서는 ‘자동차 차대번호 등의 운영에 관한 규정’ 및 ‘자동차 등록규칙’ 등에서 트레일러를 세부 형태까지 명확하게 구분할 수 있는 근거를 마련하고 있으며 모든 관련 정보는 이미 전산화되어 유관 기관(교통안전공단))에 축적되어 있으므로 추가적인 행정 노력을 최소화하면서도 관련 통계의 조정 및 통합이 가능할 것으로 판단됨

○ 이상과 같은 3가지 원칙을 적용하여 향후 국내 화물자동차 등록 통계의 차종 유형 개선 방안을 정리하면 다음 표와 같음

<표 3-62> 화물자동차 등록 통계의 차종 유형 구분 개선 방안

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
화물 자동차	화물일반형	화물픽업형	×
		화물카고형	화물카고형 1톤 이하
			화물카고형 3톤 이하
			화물카고형 5톤 미만
			화물카고형 8톤 미만
			화물카고형 10톤 미만
			화물카고형 12톤 미만
			화물카고형 12톤 이상
	화물덤프형	화물덤프형 1톤 이하	×
		화물덤프형 5톤 미만	×
		화물덤프형 12톤 미만	×
		화물덤프형 12톤 이상	×
	화물밴형	화물밴형 1톤 이하	×
		화물밴형 5톤 미만	×
		화물밴형 5톤 이상	×
	화물피견인형	피견인차 총중량 3.5톤 이하	피견인차(오픈형)
			피견인차(화물적재함형)
			피견인차(기타)
		피견인차 총중량 3.5톤 초과	피견인차(콘테이너샤시)
			피견인차(평판형)
			피견인차(저상형)
			피견인차(일반화물적재함형)
			피견인차(분말화물적재함형)
			피견인차(액체화물적재함형)
			피견인차(저온화물적재함형)
			피견인차(기타)
	화물 특수용도형	청소차	×
		노면청소차	×
		살수차	×
		소방차	×
		냉장, 냉동차	×
		곡물, 사료운반차	×
		유조차	×
		탱크로리	×
		화물특수용도형(기타)	×

(나) 벌크트레일러 운송시장의 문제점 및 제도적 개선방안

□ **영업용 번호판 신규 공급 제한에 따른 개별차주의 어려움**

○ 신규 영업용 번호판 공급제한으로 인해 트레일러 운송시장에 신규진입자는 차량(헤드/트랙터)를 구입하여 지입 형태로 운송사업자(법인)와 계약을 맺고 매월 지입료를 납부하는 실정

- 트레일러 중에서도 특수 장비가 설치된 벌크트레일러의 지입료 가격이 가장 높은 수준

○ 운송사업자(법인)가 소유한 영업용 트레일러를 임대하여 사용할 경우에는 헤드(트랙터) 지입료 이외에 별도로 트레일러지입용(일명 꼬리 지입료)를 납부해야 함

- 이때 지입료를 지불하는 트레일러의 경우 대부분의 운송회사는 개별 차주에게 타이어 교체 같은 최소한의 정비 서비스만을 제공해주고 브레이크 관련 부품(라이닝, 오일) 교체나 트레일러 파손 시 수리 비용 등은 개별 차주들이 부담하는 형태로 운영하고 있음

□ **화물 차고지 등록제도에 따른 벌크트레일러 시장의 자가용 불법 운행 증가**

○ 영업용 트레일러 번호판을 소유한 운송회사(법인)가 자신이 소유한 영업용 트레일러를 지입차주들에게 충분히 제공하지 못함에 따라 차주에게 영업용 트레일러를 개인적으로 구해오라고 강요(또는 방조)하고, 트레일러 추가 구입비용, 트레일러의 차고지 증명에 필요한 서류작업과 추가 비용을 운송회사가 부담하지 않고 이를 개별차주에게 전가시키고 있음 (트레일러 업계 전문가 대상 인터뷰조사 결과)

○ 하지만 자가용 트레일러 단속이 유명무실한 상황이고, 관련 세금도 영업용과 자가용이 동일하며 트레일러는 적재물배상보험 대상[26]이 아닌 사각지대로 방치되어 있어 화물운송업계에서는 실질적으로 영업용과 자가용 트레일러의 구분이 아무런 의미가 없는 것으로 인식

- 그 결과 국내 운송시장에 트레일러의 영업용과 자가용의 경계가 모호해지고, 점차 자가용 트레일러의 비중이 높아지고 있으며, 실제 운송시장에서도 자가용 트레일러로 (불법)화물운송이 이루어지는 사례를 쉽게 발견할 수 있음

□ **트레일러 소유 자가화에 따른 운송 효율성 저하**

○ 국내 트레일러 운송 시장의 특성으로 인해 대형 화물 운송을 위한 트레일러는 점차 (개별 지입차주) 트랙터와 거의 1:1 수준으로 매칭되어 운영되는 형태가 고착화되어 있음

- 트레일러 운송은 견인용 차량인 트랙터에 비해 트레일러의 수가 충분히 많은 경우에 운송 효율성이 제고될 수 있는 것이나, 현재는 트레일러의 장점을 발휘할 수 없는 여건

- 이는 트레일러 운송시장의 지입차주들이 특정(개별) 트레일러를 독점적으로 운영(소유)하는 자가화 현상이 가속화되기 때문인데, 운송회사에게 매월 꼬리(트레일러) 지입료를 납부해야 하거나 아니면 개인 부담으로 자신이 독점적으로 이용하는 트레일러를 구매한 경우 여러 대의 트레일러를 동시에 활용하는 것이 거의 불가능하기 때문임

- 또한 운송회사가 트레일러 관리를 소홀히 하고 있어 사고위험 증가 문제 발생

□ **유사 경쟁차종 불법 운송에 따른 트레일러 수요 확장성 제약**

○ 우드펠릿을 운송하는 시장에서 합법적인 벌크트레일러 이외에도 청소차를 개조한 진개덤프나 건설장비 덤프트럭이 활용되어 심각한 갈등을 초래한 사례가 있음

26) 2015년 차주 부담을 줄이기 위해 규제 완화차원의 개선

- 진개덤프는 비중이 1.5인 골재보다 낮은 비중 0.45의 폐기물 등을 싣기 위해 적재함을 크게 만든 차량으로, 과적문제 및 사고 발생 등이 우려되어 주요 화주인 화력발전소가 진개덤프 운송을 거부하자 벌크트레일러 운송사와 진개덤프 및 덤프트럭 운송회사들 간에 갈등 발생
- 유사 경쟁차종의 불법적인 시장진입에 따라 관련 트레일러 시장 확장의 제약요인으로 작용

□ **개선방안**

○ 자가용으로 등록된 트레일러의 영업용 운송행위를 엄격히 단속하는 제도적 보완이 필요할 것으로 판단

- 하지만 많은 업계 전문가들은 이것이 트레일러 운송시장의 근본적인 문제 해결책은 아니며 관련 단속 강화로 인해 추가되는 부담(차고지 증명 관련 각종 행정/서류 작업, 월정액 장기 주차비 등)은 현재 국내 화물운송시장 구조에서는 결국 운송회사(법인)이 아닌 개별차주에게 전가될 것으로 우려하고 있음

○ 건전한 화물운송시장 발전을 위해서는 보다 건전한 고용구조와 개별차주의 재산권 보호 장치가 장기적으로 마련되어야 함

○ 중장기적인 개선 방안으로는 특수화물에 특화된 (대형)화주들(시멘트 생산업체, 화력발전소, 곡물/사료 가공업체 등)이 자신들의 고유한 용도에 최적화된 벌크트레일러를 (자가용으로) 제작하여 전량 구매·관리하고 화물운송업체(및 소속 지입차주)는 트랙터를 활용한 운송서비스만 제공하는 방안 필요

- 또한 주요 벌크화물(시멘트, 우드펠릿, 플라이애쉬/슬래쉬, 곡물 등)에 특화된 트레일러를 대량 확보(구매)하여 관련 화주(또는 운송업체)에게 임대하고 전문적인 관리를 해주는 서비스 업종을 발굴하는 것도 대안이 될 것으로 판단됨
  · 만일 저렴한 수준에서 신뢰할 수 있는 전문 트레일러 임대 및 관리 서비스가 이루어질 수 있다면, 현재 개별차주의 트레일러 소유 자가화로 인해 과도하게 진행중인 트랙터와 트레일러의 1:1 매칭 현상이 완화될 것으로 전망되며, 나아가 국가 전체 차원에서 트레일러 운송 효율성이 크게 제고될 것으로 기대할 수 있음

○ 단기적으로는 벌크트레일러로 운송을 전환할 수 있는 화물들을 최대한 발굴하고 화물운송 및 상하역 과정에서 비산 먼지를 최소화 할 수 있는 벌크트레일러가 친환경, 고효율 운송수단이라는 인식을 확대시키는 동시에, 향후 기존 일반화물 운송을 벌크트레일러 운송으로 전환할 경우 친환경 운송 장려 보조금을 지원하는 방안도 검토할 필요가 있음

3. 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 개발

가. 모듈개발 및 시제품 제작

(1) 설계요구사항 분석

○ 적재용량 확장형 트레일러, 덤프트레일러가 기존과 동일한 화물의 운송이 가능하도록 기존과 유사한 강도를 가지면서 차체중량이 감소된 경량트레일러를 개발하고자 함

- 적재용량 확장형 트레일러의 경량화 목표는 축 사이 공간을 추가로 확보(약 2.9㎥) 및 차체중량 700kg 경량화, 덤프트레일러의 경량화 목표는 기존 약 5.5톤 중량의 트레일러 차중을 1,000kg 이상 경량화하고 적재능력을 17.6㎥(기존 약 17㎥) 이상으로 향상시키는 것임
- 경량화 달성 시 공차운행 연료소비량이 저감될 뿐 아니라 화물 적재 시 적재가능 중량이 증가하여 단위 횟수 운행 시 운반 가능 중량이 증가하는 효과를 기대할 수 있으며, 경량화로 인한 도로 파손 감소, 과적운행 예방 등의 효과를 기대할 수 있음
  · 온실가스 감축, 도로유지보수비용 및 사고비용 저감이 가능하여 사회적으로 기여가 가능함
- 트레일러별로 중량 감소가 가능한 공법 및 부위가 각기 달라 연구목표에 따라 다음과 같이 각각 설계요구사항을 설정함

<표 3-63> 적재용량 확장형 트레일러 및 경량 덤프트레일러 설계요구사항

구분		설계 요구사항
적재용량 확장형 트레일러	Stub axle 설계	트레일러 최대허용중량(31ton)을 지지하는 완충장치 및 Stub axle 설계
	Shaft axle 제거 및 적재공간 확충	축 사이 공간을 활용하여 2.9㎥ 이상의 적재공간을 추가로 확충
	적재함 분할설계	설계하중 15 ton을 지지하면서 자체 동력으로 상하이동이 가능하고 안정적 고정이 가능한 적재함 상판 설계
경량 덤프트레일러	고강도 철판	저가고강도 소재선정
	경량 구조 설계	경량 프레임 및 부속 구조 설계로 약 200kg 경량화
	고강도 소재 사용 및 강도 강화 설계	데크부 강도 강화 설계로 약 350kg 경량화
	최적화된 경량소재 적용	액슬&서스펜션, 휠, 에어탱크, 유압부 설계로 약 450kg 경량화
	생산비용	재료비 및 제조비 합계 기준 10% 이내 상승

(2) 적재용량 확장형 트레일러 설계 및 제작

(가) 기초 설계

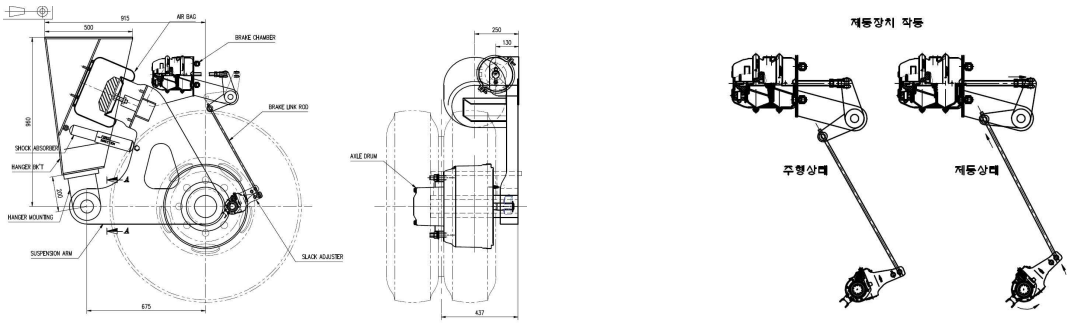
□ Stub Axle

○ Stub Axle의 바디부는 양 바퀴를 연결하는 Shaft 축 없이 축에 걸리는 하중을 지지하는 구조 및 규격을 결정하는 것이 목적임

- 축 하중이 서스펜션 암(Suspension arm)과 암서포트(Arm support)부분에 적절히 배분 되어 변형이 일어나지 않도록 강도를 확보하는 것이 핵심

○ Stub Axle의 완충장치부는 축 하중을 함께 지지하면서 순간 또는 지속적인 충격을 흡수하는 것이 목적임

- 축 하중을 Stub Axle의 바디부와 함께 적절히 배분하여 구조를 유지하고, 충격을 효과적으로 흡수하는 구조 및 강도를 갖는 것이 핵심임



<그림 3-55> Stub axle 및 완충장치 부 기초설계(부품 구성도)

□ 적재공간 확충 차체

○ 적재공간 확충 차체는 기존 Shaft axle을 Stub axle로 대체하면서 신규로 확장되는 축 사이 공간을 최대한 활용할 수 있는 구조로 만드는 것이 목적임

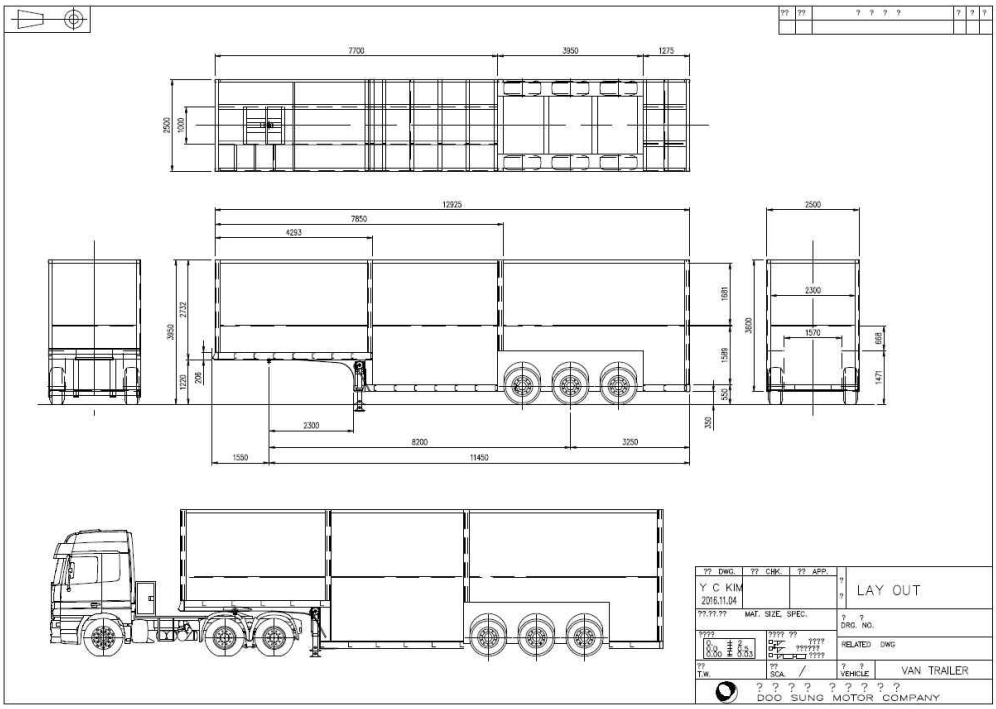
- 기존의 트레일러를 지지하는 메인 프레임을 제거하고, 이를 대신하여 적재함이 하부로 확장되면서 하중을 지지할 수 있는 하부공간 구조물을 설계하는 것이 핵심임

- 각각의 Stub Axle이 트레일러 차량 전체 하중을 적절히 배분하여 지지할 수 있도록, 액슬 부위를 상자 형태로 감싸는 액슬서스펜션 하우징 구조로 설계

○ 확장된 적재공간의 활용도를 최대화하기 위해 적재함 내에 상판을 삽입하여 필요에 따라 적재함을 분할하여 활용할 수 있도록 설계

- 적재함 상판은 상하 이동이 가능하도록 설계하여, 화물의 크기나 용도에 따라서 높낮이를 조절 할 수 있도록 설계하는 것이 필요

- 상부에 적재되는 화물의 하중을 지지할 수 있는 강도를 갖고 안정적으로 상판을 지지할 수 있는 구조로 설계하는 것이 중요 함



<그림 3-56> 적재공간 확충 차체 기초설계

□ 트레일러 설계 강도 설정

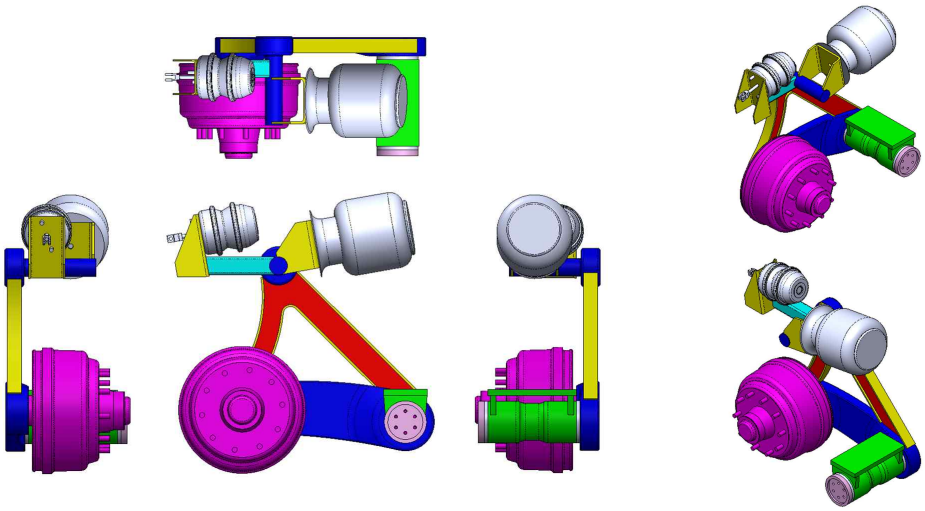
○ 트레일러 설계시 안전성 확보를 위해 필요로 하는 요소에는 처짐량, 인장강도, 안전율 등이 있음

- 처짐량은 최초위치에서 화물을 적재하였을 때 프레임의 휨 정도를 의미하며, 트레일러 운행 시 상하 진동운동이 발생하는 정도에 영향을 주어 주행성 등에 영향을 주고 이는 피로수명을 단축시켜 빔 수명에 영향을 주므로 최소화할 필요가 있음
- 항복, 인장강도는 재료의 고유 성질로서 소재의 변형 또는 파단을 일으키는 수치이고 차량의 적재량을 결정하는데 영향을 주는 요소이며 이 값이 높을수록 동일한 하중을 적은 소재를 사용하여 버틸 수 있음
- **안전계수**는 설계 시 적용해야하는 최소한의 안전율로써 트레일러 설계 시 통상적으로 2~2.5로 설정하며 도로주행용 차량은 **안전계수 2**를 적용하고 있음
- 안전율은 안전계수에 의해 결정된 차체 강도와 항복, 인장강도의 비율로 계산될 수 있으며 차체 변형 방지를 위해 탄성한계를 고려하여 차량 설계 시에는 **항복안전율 1.3이상, 인장안전율 1.6이상**을 모두 만족하는 수치로 설정

□ 3D 설계

○ 핵심 기술인 Stub axle에 대해 3D 설계를 수행하며 이를 구조해석 및 최적설계방안 도출에 활용

- 기초설계안에 기반하여 설계 초안을 설정하고, 3D 모델을 작성
- 이에 대한 응력분포분석을 수행하고, 위상최적설계기법을 적용하여 필요 강도를 만족하면서 최소화된 중량을 갖는 최적화된 설계 방향을 설정



<그림 3-57> Stub axle 3D 기초 설계 (액슬바디 및 완충장치부 포함)

□ 응력분포 분석

○ 응력분포 분석은 설계대로 부품이 제작 되어 실제 차량에 사용 되었을 때, 운행환경에서 받게 될 하중을 예상하여 부품의 강도를 확인하는 과정임

- 운행환경에서 받게 될 하중은 짐이 가득 실린 경우를 가정하며, 기울어지거나 둔턱을 넘는 등 가혹한 주행조건하에서 수직, 길이, 측면 의 3가지 방향의 복합 하중을 고려하여 설정함
- Stub axle 구조물에 적용될 수 있는 각기 다른 강도의 다양한 소재를 가정하여 분석을 수행함

□ 위상최적설계

○ 위상최적설계는 주어진 설계공간에서 최적의 위상 및 구조를 도출하는 기법

- 제품 성능과 관련한 설계 변수 및 성능인자를 도출하고, 위상최적설계를 통해서 하중조건을 만족하는 최적의 규격 도출 가능

○ 앞서 제작한 3D 설계 모형을 바탕으로, Stub axle에 대한 응력분포분석 및 위상최적설계를 수행하여 필요 강도를 만족하는 설계 방안을 도출하고자 함

□ 3D 모형의 유한요소모델링 (메쉬 생성)

○ 응력분포분석 및 위상최적설계 수행을 위하여 3D 설계의 유한요소모델링 작업 수행

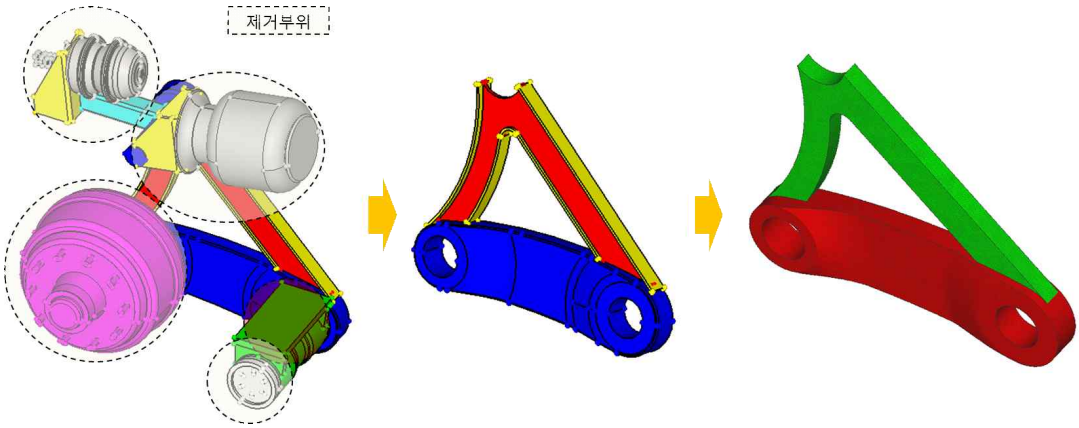
- 효과적인 유한요소 해석을 위해서 설계에 영향을 미치지 않으며 구조적 거동에 큰 영향을 미치지 않는 범위 내에서 3D모형을 단순화 함
- 유한요소모델링은 3절점 삼각형 쉘요소와 4절점 사각형 쉘요소로 구성되어 있으며, 총 8,337개의 쉘 요소를 사용(위상최적설계를 위해서는 597,980개 solid 요소 사용)
- 고정 부위에 대하여 다음과 같이 자유도를 설정하였음

· 베어링 연결부는 회전만 가능하며, 챔버 연결부는 접선 방향으로만 거동 가능하다고 가정

- 소재 종류는 총 6가지이며, 각 소재별 물성치는 다음과 같이 입력하였음

<표 3-64> 모델링 적용 소재 물성치

구분	Density (kg/m^3)	Young's modulus (Pa)	Poisson's ratio	Yield strength (Pa)
ATOS80	7850	2.07×10^{11}	0.30	7.00×10^{8}
S45C-H	7850	2.05×10^{11}	0.27	4.90×10^{8}
SCM440	7860	2.06×10^{11}	0.26	4.15×10^{8}
SM490A	7850	2.07×10^{11}	0.29	3.15×10^{8}
SS400	7860	2.07×10^{11}	0.26	2.75×10^{8}
SCW480	7800	2.06×10^{11}	0.27	2.75×10^{8}



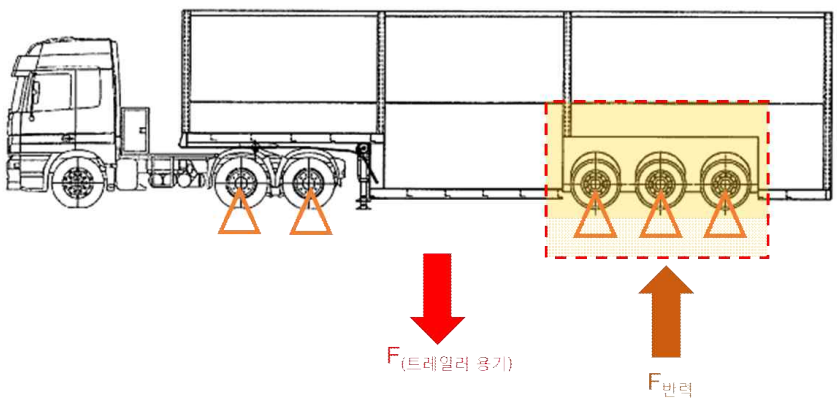
<그림 3-58> 불필요부위 제거 및 설계공간 설정

□ Load case 선정 하중조건 결정

○ 분석을 위한 최악 운행조건으로서 적재하중을 최대로 적재 한 경우를 가정하고, 이때 발생하는 압력을 근사화 하여 하중경계조건 추정

- 개별 바퀴에 경계조건을 부여하고 stub axle에 영향을 주는 반력을 계산

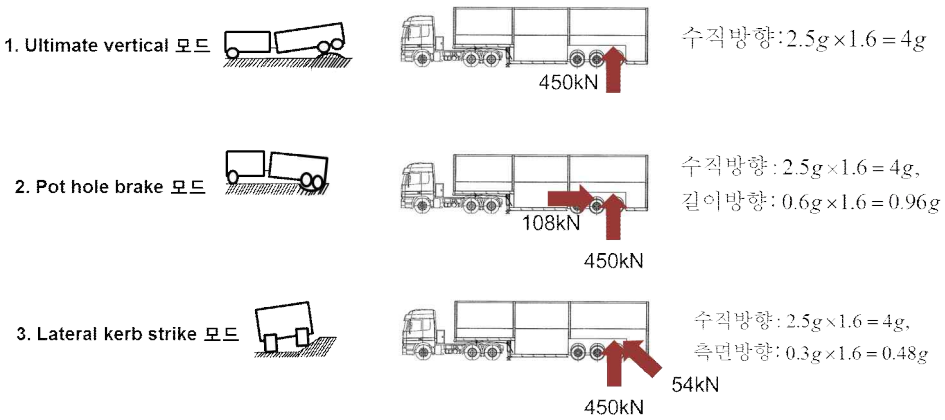
- 트레일러의 차체를 포함하여 최대 중량은 31 ton으로 가정



<그림 3-59> 하중경계조건 추정

○ 위상최적설계에서 부여할 하중 조건으로 주행 중 발생할 수 있는 최악의 운전조건 3가지[27]를 반영하였음

- Ultimate vertical 모드는 주행 중 둔턱을 만나 타이어가 공중에 들렸다가 땅에 떨어지는 상황으로 본 연구에서는 수직방향 가속도로 2.5g를 부여
- Pot hole brake 모드는 주행 중 움푹 패인 노면에서 급제동하는 상황으로 수직방향 가속도는 2.5g, 길이방향 가속도는 0.6g를 부여
- Lateral Kerb Strike 모드는 둔턱을 만나서 타이어의 측면이 둔턱에 올라타는 상황으로 수직방향 가속도는 2.5g, 길이방향 가속도는 0.3g를 부여



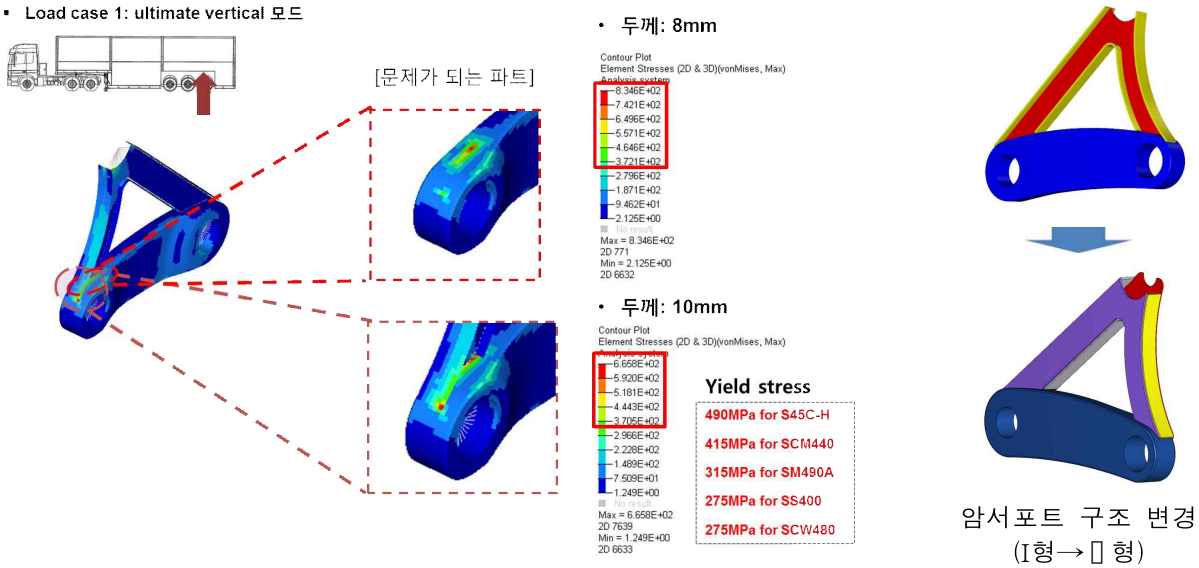
<그림 3-60> 위상최적설계 적용 운전조건

□ 응력분포 분석 및 설계 수정

○ 응력분포를 분석한 결과, Ultimate vertical 모드에서 일부 구조의 하중지지 문제 가능성을 발견

- 서스펜션암(액슬바디 하단)과 암서포트(액슬바디 상단) 부위의 접합부의 단면적이 적어 하중이 많이 집중되어, 용접 부위가 떨어지거나 파손될 수 있는 가능성을 발견하였음
- 이에 따라 기존에 'H' 자 형태로 설계한 암서포트 부위를 '□'자 형태로 수정하여 접합부 강도가 높아지도록 설계하였음

27) 최천, 배경일 (1996) 차량개발 초기의 샤시 단품 강도해석, 대한기계학회지, 36(9), 876-885

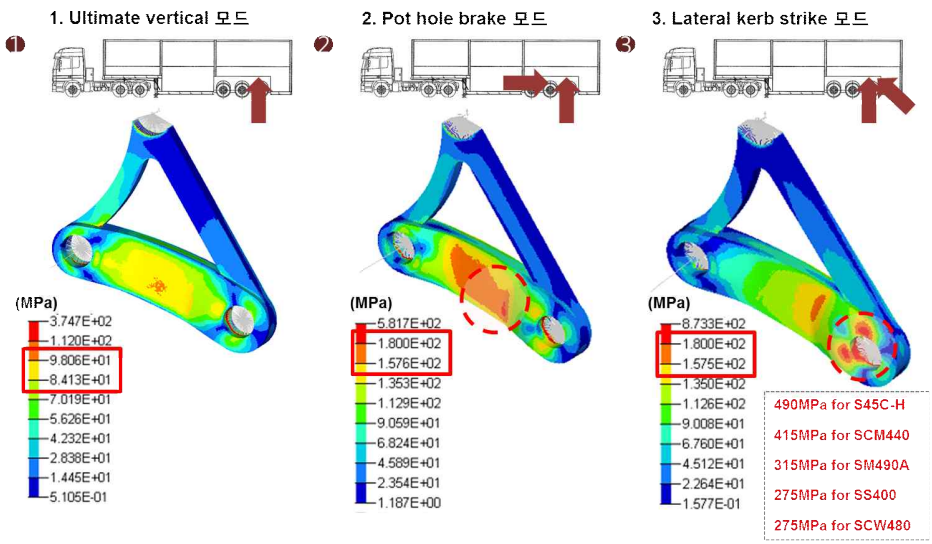


<그림 3-61> 하중조건 적용 시 문제발생부위 및 암서포트 구조변경

○ 개선 설계된 Stub axle 3D 모델에 대해 앞서 제시한 3가지 운전조건에 대한 응력분포를 분석한 결과, 적용한 6가지 소재 모두 하중 지지에 문제가 없는 것으로 분석됨

- Ultimate vertical 모드에서는 최대 98MPa 이하의 하중을 받는 것으로 분석되었으며 이는 적용 가능한 6가지 소재 모두 지지할 수 있는 수준(최소 275MPa 이상)의 하중임

- Pot hole brake 모드와 Lateral kerb strike 모드에서는 최대 180MPa 이하의 하중을 받는 것으로 분석되었으며 이는 적용 가능한 6가지 소재 모두 지지할 수 있는 수준(최소 275MPa 이상)의 하중임

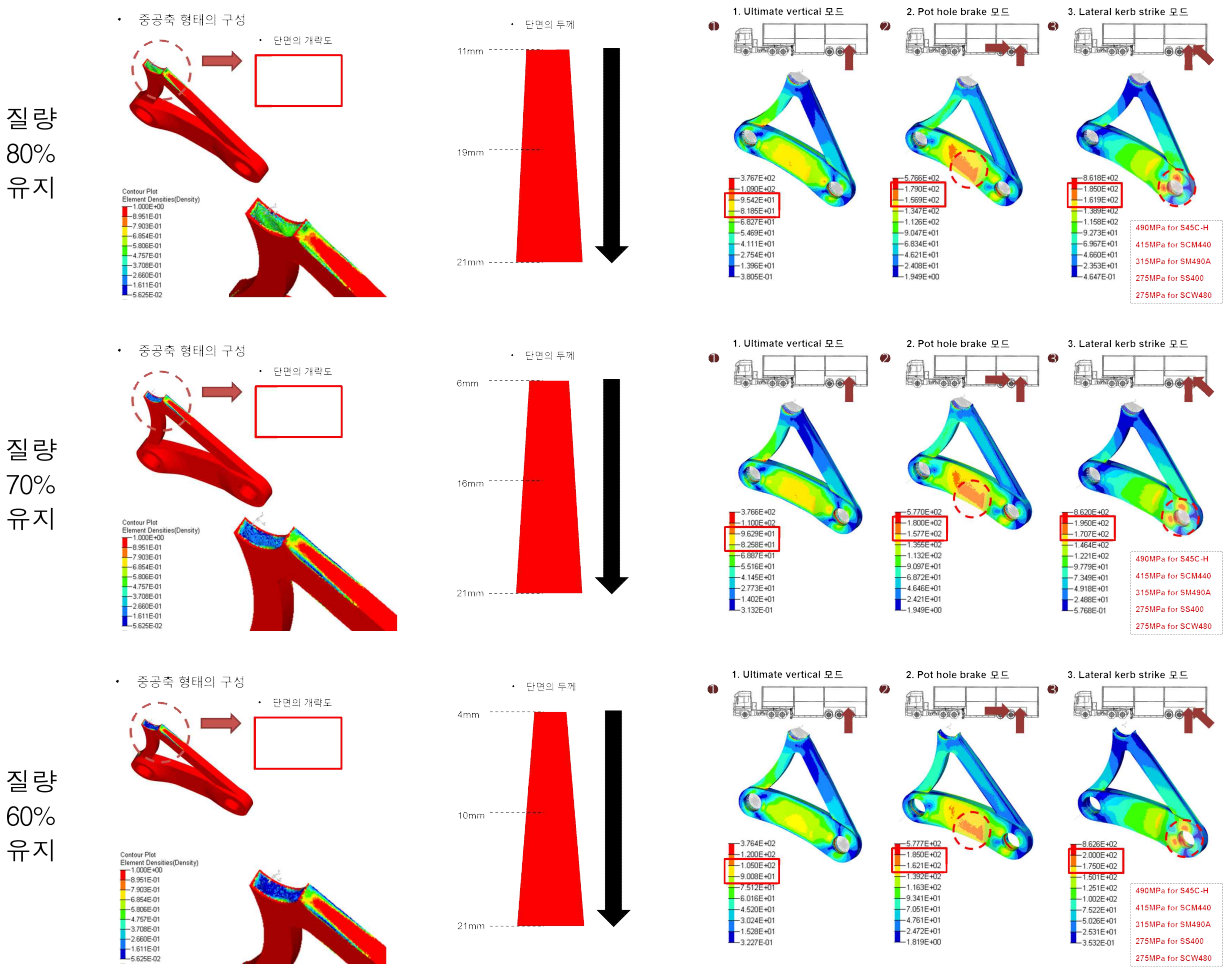


<그림 3-62> 설계 모델 응력분포분석 결과

□ **위상최적설계 분석결과**

○ 설계모델 대비 80%, 70%, 60%의 질량 유지조건으로 각각에 대한 형태 변화 및 응력분포를 분석함

- 80%의 경우 암서포트 단면의 상단 두께를 11mm까지 축소하여 제작이 가능한 것으로 분석되었으며 그 경우 하중 지지에도 문제가 없는 것으로 분석되었음
- 70%의 경우 암서포트 단면의 상단 두께를 6mm까지 축소하여 제작이 가능한 것으로 분석되었으며 그 경우 하중 지지에도 문제가 없는 것으로 분석되었음
- 60%의 경우 암서포트 단면의 상단 두께를 4mm까지 축소하여 제작이 가능한 것으로 분석되었으며 그 경우 하중 지지에도 문제가 없는 것으로 분석되었음
  - · 다만, 275MPa 강도의 SS400이나 SCW480 재질의 경우에는 최대 하중으로 걸리는 200MPa 대비 75MPa 정도 여유만 있기 때문에, 가능한 그 이상의 강도를 갖는 재질(SM490A, SCM440, S45C-H)로 제작 할 필요가 있음
- 이상의 위상최적설계 결과를 바탕으로 실제 제작을 위한 상세 설계를 수행



<그림 3-63> 질량 유지조건 별 위상최적설계 및 응력분포

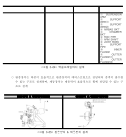
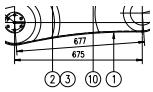
(나) 상세 설계

□ Stub axle 강도확보 설계

○ Stub axle 강도확보 설계는 기존의 shaft axle을 제거하고 차량허용중량을 지지할 수 있는 좌우독립형태의 Stub axle을 제작하기 위한 기술임

○ 액슬 프레임 바디는 고장력강판을 사용하여 하중을 효율적으로 지지하는 구조 및 규격으로 설계

- 하중을 지지할 수 있는 삼각형 구조로 설계하고, 암서포트 부위는 고장력 강판(ATOS80) 사용

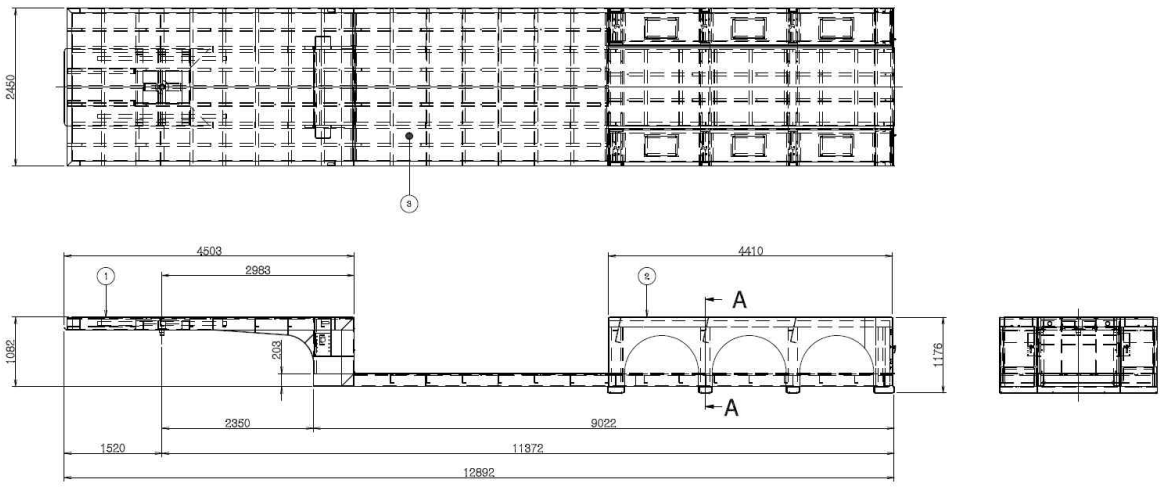
액슬프레임바디(전면)	액슬프레임바디(측면)	암샤프트(Arm shaft)	부위별 명칭
			

□ **트레일러 적재공간 확충 설계**

○ 트레일러 적재공간 확충설계는 기존의 shaft axle이 제거된 공간을 활용하여 적재공간을 최대화 할 수 있도록 적재함을 설계하는 기술임

○ 적재부 하부공간구조는 랜딩레그와 바퀴 사이의 공간, 바퀴 사이 액슬 제거로 창출된 공간을 적재공간으로 사용할 수 있도록 진출입 고려 및 공간확보 설계(최저지상고 최소화, 35cm)

적재부 하부공간구조

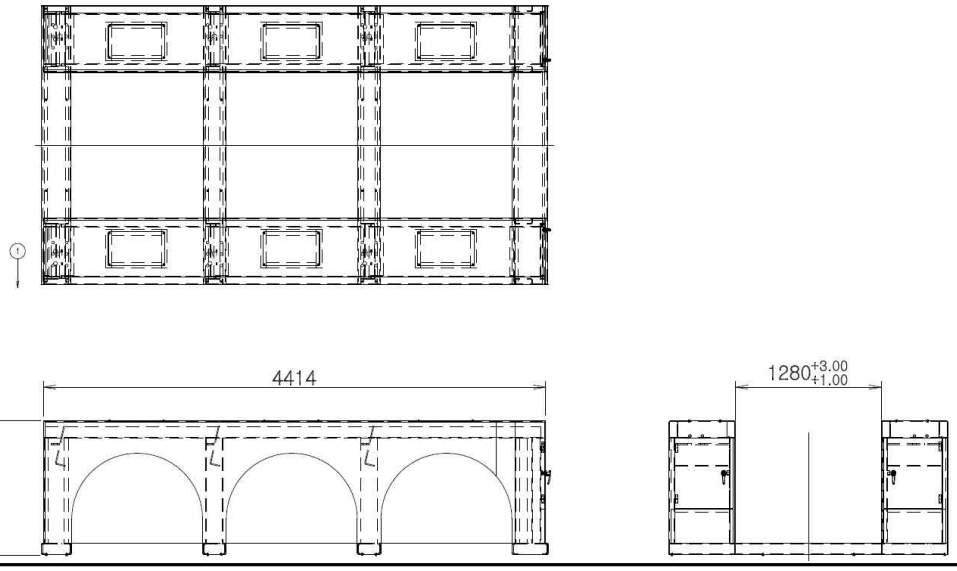


<그림 3-66> 적재부 하부공간구조 설계

○ 액슬서스펜션 하우징은 액슬서스펜션부(Stub axle 모듈)가 하우징을 통해 차체와 견고하게 고정될 수 있도록 설계

- 액슬서스펜션부에 걸리는 하중이 특정부위에 집중되지 않고 분산되어 구조적으로 안정성을 갖도록 설계

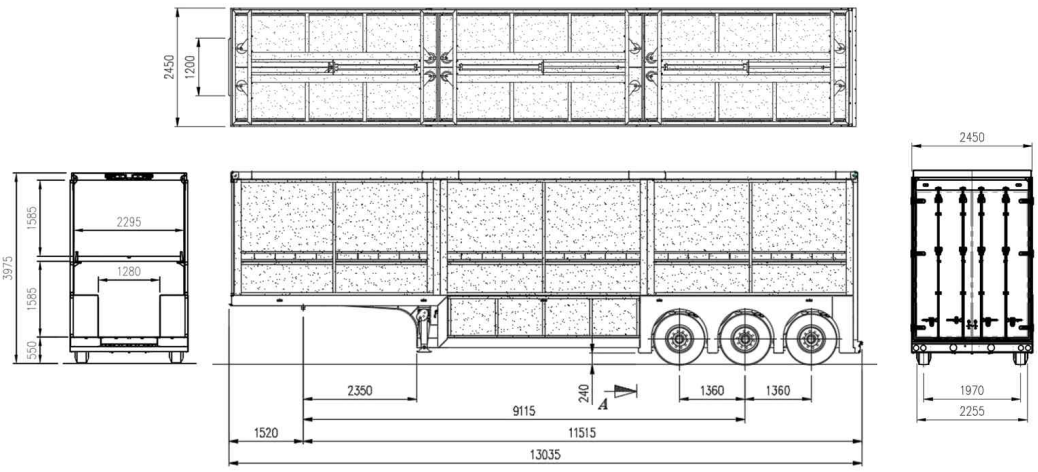
액슬서스펜션 하우징



<그림 3-67> 액슬서스펜션 하우징 설계

○ 차체 구조는 액슬서스펜션부, 액슬서스펜션 하우징, 적재부 하부공간구조, 적재함 상부 프레임등 모든 구조물들이 견고하게 결합되도록 설계

차체구조



<그림 3-68> 차체구조 설계

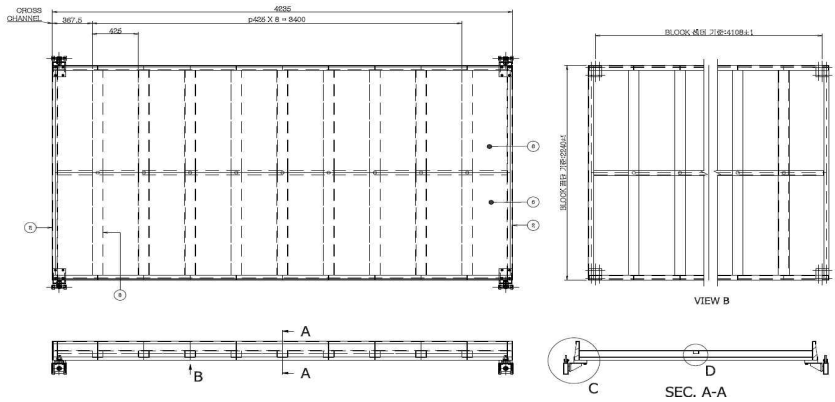
□ **적재함 분할설계**

○ 적재함 분할설계는 개발된 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러가 기존 카고트레일러 운영환경 뿐 아니라 다양한 사용자의 니즈에 맞게 활용될 수 있도록 내부 공간을 2단으로 분할하여 사용할 수 있도록 설계하는 기술임

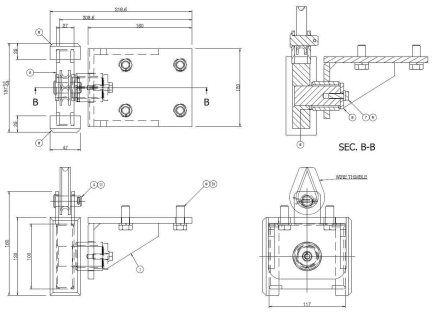
○ 가변형 상판 및 지지구조는 상판의 높이가 자유롭게 조절 될 수 있도록 가변형으로 설계

- 상판에 적재된 화물의 하중을 안정적으로 지지할 수 있도록 견고하게 지지하는 구조로 설계

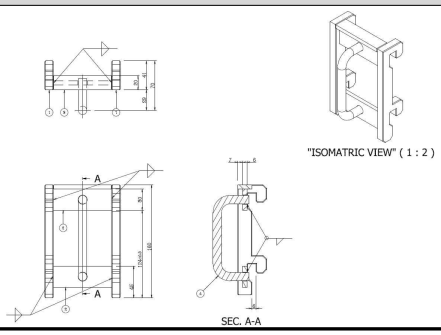
가변형 상판구조



상판 레일 접촉부



상판 고정용 브라켓

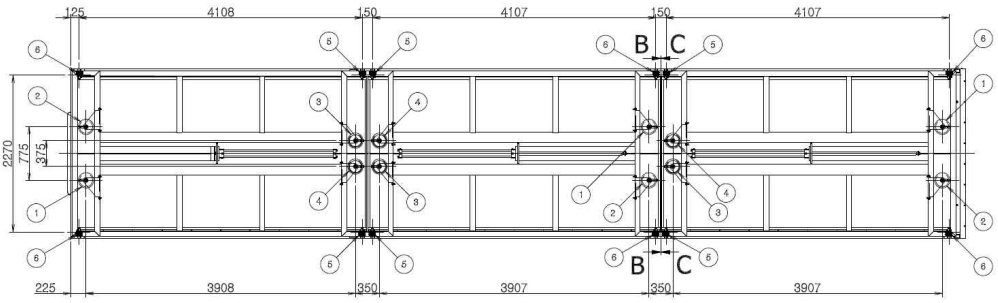


<그림 3-69> 가변형 상판 및 지지구조 설계

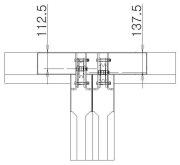
○ 높낮이 조절용 구동부는 트레일러 적재함 공간의 침범을 최소화 하면서 상판을 이동할 수 있는 최소한의 동력을 확보할 수 있도록 설계

- 트레일러 적재함 공간의 구조와 활용도를 고려하여 상판을 3개 부위로 분할하여 각각 조절이 가능하도록 설계

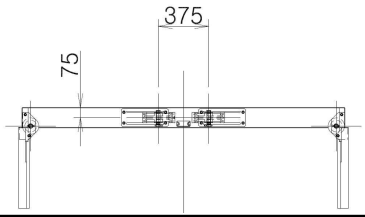
높낮이 조절용 구동부



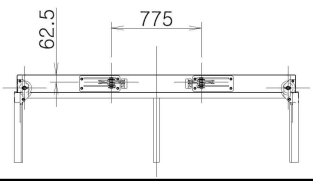
도르래 A (수직)



도르래 B (수평 1)



도르래 C (수평 2)

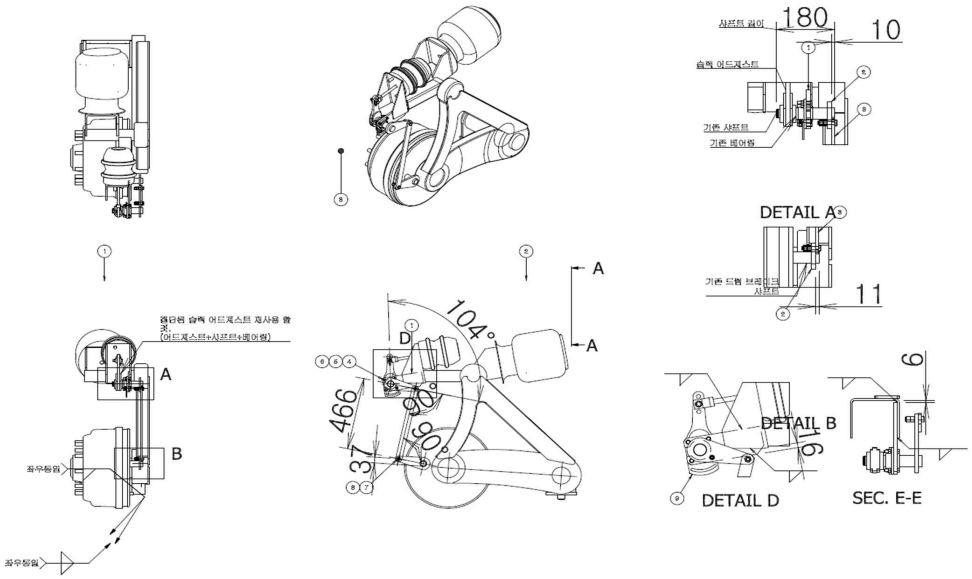


<그림 3-70> 높낮이 조절용 구동부 설계

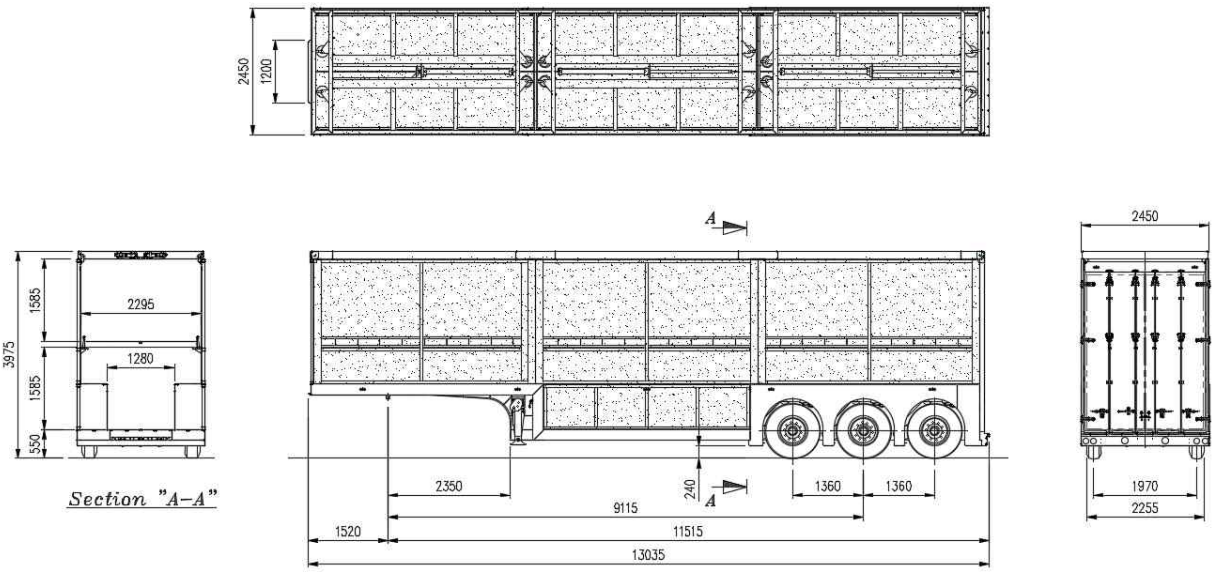
(다) 통합설계 및 시작품 제작

□ **통합 설계**

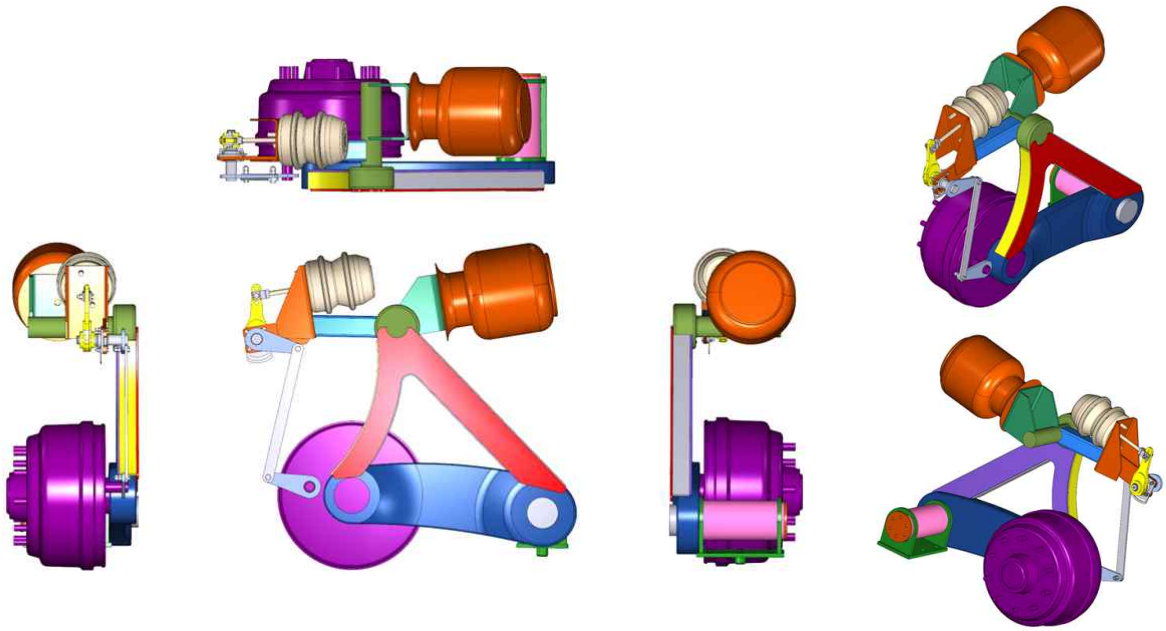
○ 시작품 제작을 위하여 수행된 좌우독립형 stub axle과 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 차량 설계안을 종합하여 최종안에 대한 통합 설계 진행



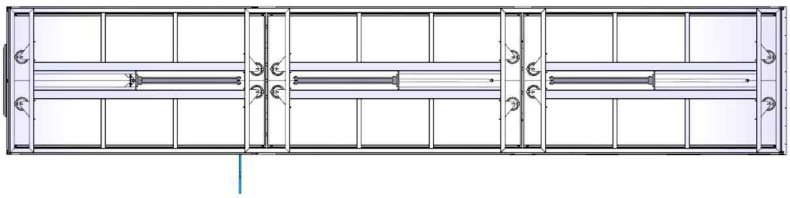
<그림 3-71> Stub axle 및 완충장치 부 통합설계 (2D)



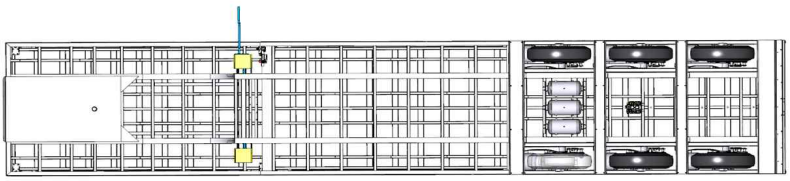
<그림 3-72> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 통합설계 (2D)



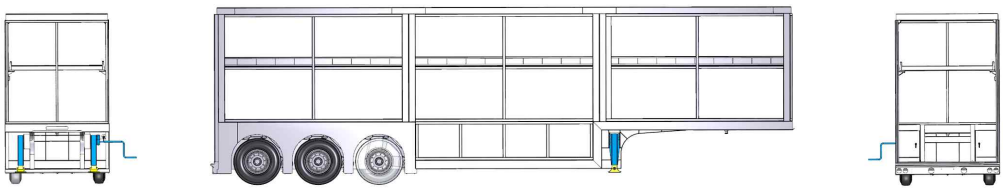
<그림 3-73> Stub axle 및 완충장치 부 통합설계(3D)



<상부>



<하부>



<정면> <측면> <후면>

<그림 3-74> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 통합설계 (3D)

□ 시작품 제작

○ 설계안에 따라 다음과 같이 시작품을 제작



<그림 3-75> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고트레일러 시작품 제작

○ 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고트레일러가 적절히 유지보수되어 오래 사용될 수 있도록 사용자가 참고할 수 있는 유지보수매뉴얼을 작성하여 판매와 함께 배포할 수 있도록 함

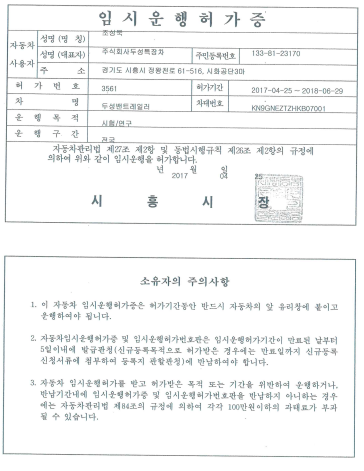
- 특히 안전하게 운영될 수 있는 방법에 대해 안내하고 적절히 유지보수할 수 있는 방법을 기재하여 제공



<그림 3-76> 적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고 트레일러 유지보수매뉴얼

○ 시제품이 도로주행을 통해 안전성을 입증하고 주행성능을 실제 테스트하기 위해서는 차량번호판을 교부받아 주행이 가능하도록 하는 절차가 필요함

- 본 개발차량과 같이 시험·연구 목적으로 일시 운행하는 경우에는 자동차관리법 제27조 제2항 및 동법 시행령 제7조에 의거하여 임시운행허가를 받을 수 있음
- 자동차관리법 시행령 제7조 및 동법 시행규칙 제26조에 따라 시·군·구청에 임시운행허가신청서, 시험·연구계획서, 자동차 연구개발 목적의 기업부설연구소 인증서 등의 서류를 제출하면 임시운행허가증을 발급받을 수 있음
  · 임시운행 허가번호 : 3561 (2017.4.25.-2018.6.29.)
  · 차대번호 : KN9GNEZTZHKB07001
- 임시운행 허가를 받아 테스트운행을 통해 안전성을 확인하였으며 이를 바탕으로 자동차 안전검사 및 차량등록 진행 중

적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고트레일러 임시운행허가증	적재용량 확장 좌우독립축 다용도 카고트레일러 자동차 제원표
	

임 시 운 행 허 가 증

자동차 사용자	성명 (명 칭)	조성욱		
	성명 (대표자)	주식회사두성특장점	주민등록번호	133-81-23170
	주 소	경기도 시흥시 정왕천로 61-516, 시흥금당3차		
허 가 번 호		3561	허가기간	2017-04-25 ~ 2018-06-29
차 명		두성탠트레일러	차대번호	KNGGNEZTZHKB07001
운 행 목 적		시험/연구		
운 행 구 간		과로		

자동차관리법 제27조 제2항 및 동법시행규칙 제26조 제2항의 규정에 의하여 위와 같이 임시운행을 허가합니다.

년 2017 월 4 일

시 흥 시 장

소유자의 주의사항

1. 이 자동차 임시운행허가증은 허가기간동안 반드시 자동차의 잘 유리창에 붙이고 운행하여야 합니다.
2. 자동차임시운행허가증 및 임시운행허가번호판은 임시운행허가기간이 만료된 날부터 5일이내에 발급관청(신규등록목적으로 허가받은 경우에는 만료일까지 신규등록 신청서류에 첨부하여 등록지 관할관청)에 반납하여야 합니다.
3. 자동차 임시운행허가를 받고 허가받은 목적 또는 기간을 위반하여 운행하거나, 반납기간내에 임시운행허가증 및 임시운행허가번호판을 반납하지 아니하는 경우에는 자동차관리법 제84조의 규정에 의하여 각각 100만원이하의 과태료가 부과될 수 있습니다.

(별지 제25호 서식)

자 동 차 제 원 표

1	제작자명(원제작자명)	하주성특장점		제작자등록번호		B07	
2	차 명	두성 탠 트레일러		6	용 법	화 물 (세권인)	
3	형 식	2270AA1-01300		7	유 형	특 수 용 도 형	
4	차대 · 차체형상	의전인형		8	구 조	대 형	
5	승차정원(명)	-		9	용 도	일반화물운송용	
10	차량중량(kg)	11,000 ( )	17 원동기	형식			
11	최대적재량(kg)	20,000		최고출력(ps/rpm)		/	
12	차량총중량(kg)	31,000 ( )		가통수/총배기량(cc)		/	
13	차체제원 (mm)	길이	12,035 ( )	18	사용연료		
		너비	2,450 ( )		연료소비율(km/l)		
		높이	3,950 ( )	19	축간거리(mm)		7,765+1,360+1,360
14	화대 내측치수 (mm)	길이	12,010	20	윤간거리(mm)	전	
		너비	2,330			후	1,970
		높이	3,875	21	화대올림도(mm)		3,270
15	공차시 하중분포 (kg)	전	전축	3,960 ( )	22	현가장치	종류	
			후축	( )			단수	
		후	전축	2,360 ( )	23	타이어형식	전	315/80R22.5(S)
			중축	2,360 ( )			후	315/80R22.5(S)
			후축	2,350 ( )	24	림형식	전	22.5 X 9.00
16	적차시 하중분포 (kg)	전	전축	11,125 ( )			후	22.5 X 9.00
			후축	( )	25	차대번호(1-8자리)		KNGGNEZT
		후	전축	6,625 ( )	26	모델연도		2017
			중축	6,625 ( )	27	축별 설계 허용하중	전	10,000
			후축	6,625 ( )			후	10,000
28	선택사항	◇사용 트랙터 : 대우트랙터(GLXTM) ◇트랙터 연결시 총중량 : 40,000kg ◇트랙터 연결시 총길이 : 16,520mm ◇선택사항 : 1. 타이어 형식(휠/휠,후):385/65R22.5(S)4900Kg/9.15Kg/cm2 2. 입형식 : 22.5 X 11.75 3. 측방등(보조) :트랙터타원형 4. 후부 콤비네이션 램프 : 원형 or 사각형 LED 장착 5. 경사식 높이 조절램프 (#24C) 6. 수동식 높이 조절램프 (E37) 7. 차량 앞/후 측의 브레이크 형식 : 디스크 브레이크						

(라) 안정성 시험 및 결과

○ 본 안전성 시험은 개발한 Stub axle의 변형량과 취약부위 강도 측정을 통해 Stub axle의 안전성을 확인하고 필요시 보강하는 것을 목적으로 주요 취약부위에 유압실린더를 장착하여 각 부위에 하중을 가해 응력을 측정

- 취약 부위에 대해 보완설계를 수행할 수 있어 안전성 확보와 경량화를 위한 최적설계가 가능

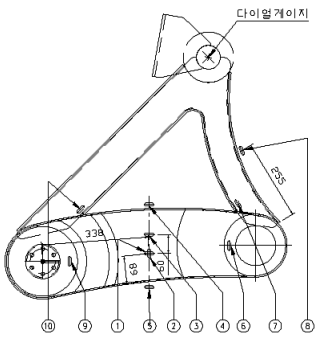
○ 응력측정은 구조해석 위치에 근거하여 선정된 주요 취약부위(총 10개)에 대해 수행되며, 유압실린더를 취부하여 하중을 가해 응력을 측정함

- 유압실린더는 타이어 부착면을 기준으로 취부하되 액슬, 드럼 등 부착물로 인해 취부가 불가능한 부위는 반대편에 취부

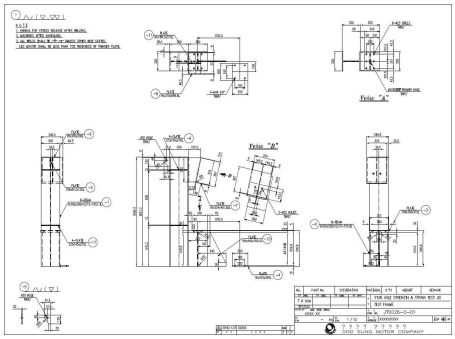
- 응력측정값은 동일한 위치, 하중에 대해 20회 반복 측정한 값의 평균값을 사용

○ 응력측정 수행 시 시험대상의 고정을 위해 차량하중 조건과 동일한 구조의 지그를 제작하여 Stub axle을 부착하여 진행함

- 다만 취약부위의 최대 하중에 의한 변형 및 강도측정을 위해 하중전달을 저해할 수 있는 요소인 에어스프링을 제거하고 동일한 규격의 철재 고정물을 부착하여 시험을 수행



<응력측정부위>

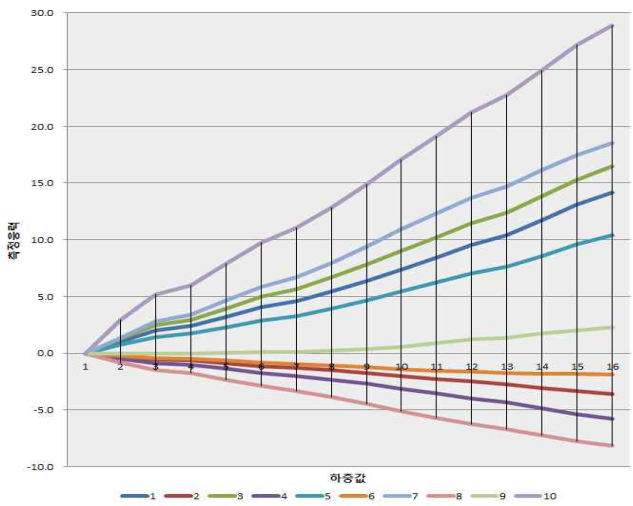

<지그제작도면>


<시험수행>

<그림 3-77> Stub axle 안전성 시험 응력측정부위, 지그제작도면 및 시험수행

<표 3-65> 응력 측정값(20회 반복 측정값의 평균, 보정값)

실린더 압력 (kg/㎠)	하중 (ton)	측정값									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.7	1	1.0	-0.3	1.3	-0.5	0.8	-0.2	1.4	-0.8	0.0	2.9
45.4	2	2.0	-0.6	2.5	-0.9	1.4	-0.4	2.8	-1.5	-0.1	5.2
68.0	3	2.4	-0.6	3.0	-1.0	1.7	-0.5	3.4	-1.7	0.0	6.0
90.7	4	3.2	-0.9	3.9	-1.4	2.3	-0.6	4.6	-2.3	0.0	7.9
113.4	5	4.0	-1.1	5.0	-1.7	2.9	-0.8	5.9	-2.9	0.1	9.7
136.1	6	4.6	-1.3	5.7	-2.0	3.3	-1.0	6.7	-3.3	0.1	11.1
158.7	7	5.5	-1.5	6.7	-2.3	3.9	-1.1	8.0	-3.9	0.2	12.9
181.4	8	6.4	-1.7	7.8	-2.7	4.7	-1.2	9.4	-4.4	0.4	14.9
204.1	9	7.4	-2.0	9.0	-3.1	5.4	-1.4	10.9	-5.1	0.6	17.1
226.8	10	8.4	-2.3	10.2	-3.6	6.2	-1.6	12.3	-5.7	0.9	19.1
249.4	11	9.5	-2.5	11.4	-4.0	7.0	-1.6	13.7	-6.2	1.2	21.2
272.1	12	10.4	-2.7	12.4	-4.4	7.6	-1.7	14.7	-6.7	1.4	22.7
294.8	13	11.7	-3.1	13.8	-4.9	8.6	-1.8	16.1	-7.3	1.7	25.0
317.5	14	13.1	-3.3	15.3	-5.4	9.6	-1.8	17.5	-7.8	2.0	27.2
340.1	15	14.2	-3.6	16.5	-5.8	10.4	-1.9	18.5	-8.2	2.3	28.9
0	0	1.5	-0.1	1.0	-0.5	1.4	0.5	0.3	0.3	0.6	-0.1



<그림 3-78> 응력 그래프

○ 응력측정은 구조해석 위치에 근거한 취약부위에 유압실린더를 부착하여 측정을 수행

- 시험물의 구조상 취부가 불가하여 해당위치 반대편에 취부한 2, 4, 6, 8번 부위의 경우 응력 방향이 반대로 작용한 것으로 나타남

○ 응력 그래프의 기울기 등이 하중값에 비례하여 증가하는 것으로 보아 특별히 취약한 부위가 발생하지 않은 것으로 보여지며, 검출값도 시뮬레이션 값에 크게 차이가 없는 것으로 확인됨

- 다만, 시험중 시험물이 하중 모멘트에 따라 측방향 변형량(1mm/ton)이 측정되었기 때문에 차후 제작시 최대 사용 하중값을 반영하여 변형 반대방향으로 벌어지게 조립함으로써 실 적재물을 적재하고 주행시 타이어가 정렬이 이루어 질 수 있도록 반영해야 할 것으로 보여짐

○ 소재의 항복점이 70kg/mm2인데, 15톤(3G)가 가중된 하중조건에서도 최대값이 30kg/mm2인 것으로 보아 전체적인 구조는 안정적임

- 부위에 따라서 경량화 여지가 있는 것으로 보여지며, 최적화 결과를 반영하여 경량화를 시행하는 것이 좋을 것으로 보여짐

(3) 경량 덤프트레일러 기술대안 검토

□ **메인빔 부**

○ 메인빔 부는 고강도 철판을 사용하여 소재 두께를 감소하고, 웹 부위 중 충분한 강도가 확보되는 곳을 중심으로 경량 홀 가공을 통해 중량을 감소시키는 것을 목적으로 기초 설계를 수행

- 벌크화물이 적재된 데크의 중량을 버티고 처짐량, 인장강도 기준을 만족 할 수 있는 구조로 설계하는 것이 핵심임

- 데크의 하중이 가장 많이 집중되는 실린더부위, 데크와 직접적으로 접촉하여 하중이 전달되는 부위 등의 규격 및 제작방법 결정도 중요한 설계 요소임

  · 1차년도 경량평판트레일러 개발에서 활용되었던 홀 가공을 적용하여 하중을 지지할 수 있는 범위 내에서 홀 가공을 적용

  · 고강도 소재를 적용하여 메인빔 두께를 축소 설계

<그림 3-79> 경량덤프트레일러 메인빔 부 기초 설계

□ **적재함 부**

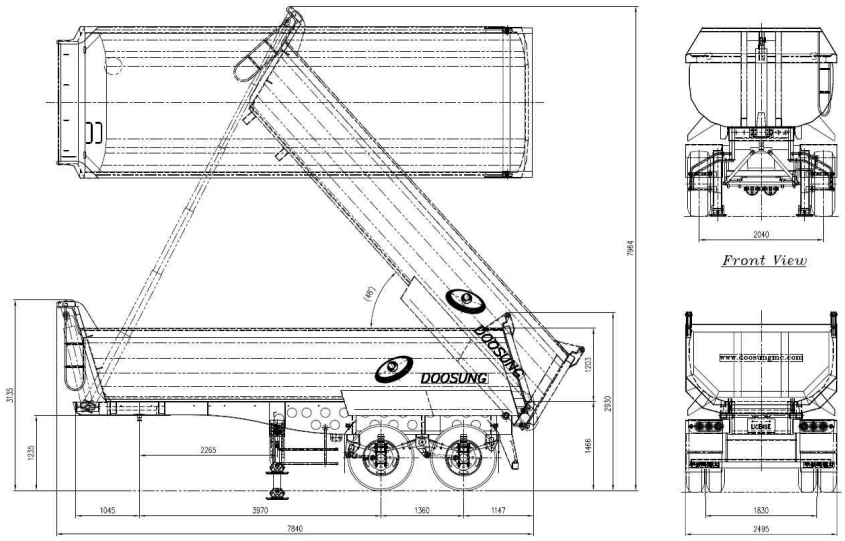
○ 적재함 부는 덤프트레일러의 적재물이 실리는 중요한 부위이면서 트레일러 단위모듈 중 하중을 많이 차지하는 부위로 강도를 확보하면서 경량화 하는 것을 가장 중요한 점으로 설정하여 기초 설계를 수행

- 적재함의 기능은 최대한 구현하면서 고강도 소재와 하중배분 설계를 통해 강도는 강화하고 필요 없는 부위는 제거하는 등의 경량화 설계를 하는 것이 핵심임

· 적재함에 실리는 적재물의 하중 배분을 고려하여 적재함부 형상을 변경하여 설계

· 형상변경에 의한 강도 보강으로 데크하부 지지프레임을 삭제하여 설계

<그림 3-80> 경량덤프트레일러 적재함 부 기초 설계



<그림 3-81> 경량덤프트레일러 기초 설계 (전체)

나. 테스트베드 구축 및 운영

(1) Stub Axle 시작품 구조강도 및 내구강도 테스트

□ **시험 개요**

○ 본 연구는 shaft axle 기반 카고트레일러의 핵심 부품인 액슬부위의 축 중심부를 제거하여 좌우독립형 stub axle을 개발하고 이를 활용하여 적재용량이 크게 향상된 다용도 카고 트레일러를 개발하는 것을 목표로 함

- 연구결과의 실용화를 중요시하는 국토교통 R&D 과제 특성 상 연구 성과에 대한 실증적 검증이 중요하며, 본 시험을 통해 최종성과물의 안전성을 검증하여 개발기술의 실용화에 활용하고자 함

- 트럭 및 트레일러용 Stub Axle은 국외에서 일부 개발되어 상용화 된 사례가 있으

나 국내에서는 관련 연구개발이 전무한 상황으로 연구개발 성과에 대해 다양한 방법으로 안전성 검증을 시도하고자 함

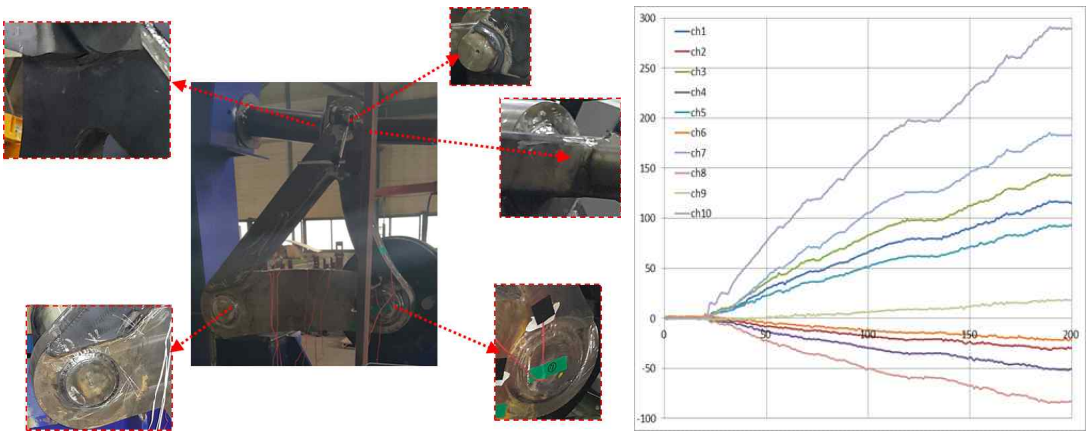
· 구조강도평가 : 해당 자동차 부품이 운행 중 발생할 수 있는 강한 외부 충격(3G 이상)에 버틸 수 있는지 테스트

· 내구강도평가 : 해당 자동차 부품이 특정 외부 충격에 지속적(60만 cycle 이상)으로 노출되었을 때 노출시간에 따른 변화 및 버틸 수 있는지 테스트

□ 구조강도 평가

○ 구조강도 시험평가: 정강도 시험 평가를 위해 전용의 지그를 설계, 제작하여 액슬의 실사용 환경과 유사하게 구성하도록 시험환경을 구성하여 시험을 수행

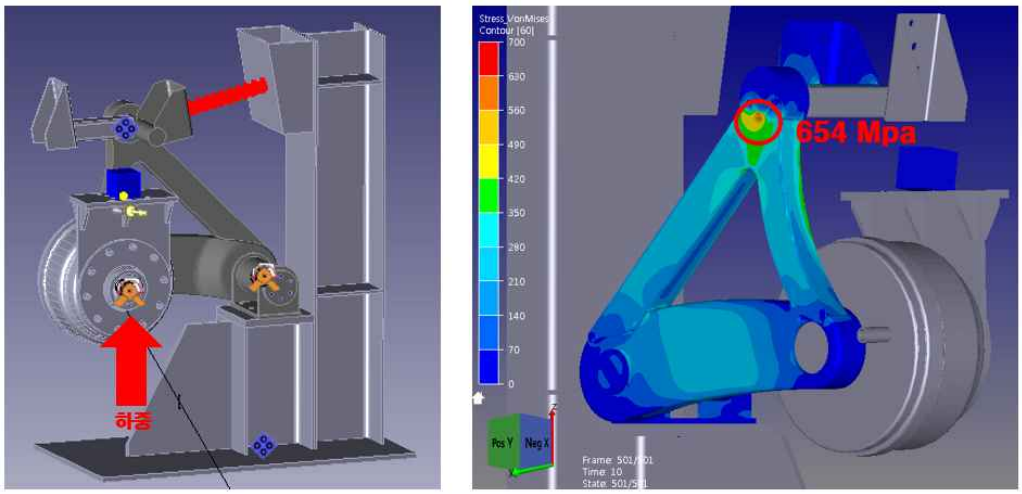
- 정강도 시험 조건은 차량총중량에 해당하는 1륜에 수직하중인 5Ton의 3배 하중(3G)인 15Ton을 가함
- 수직하중의 정확한 입력 및 확인을 위하여 유압가진 장치 및 로드 셀(load cell)을 설치하였으며 로드 셀로부터 계측되는 하중 데이터를 확보하기 위하여 데이터 취득 장치(DAQ)를 준비하였음
- 시험 평가 결과는 육안 평가로 수행하였으며 파손 및 좌굴 현상등 발생하지 않았음



<그림 3-82> 구조강도 시험평가 결과(육안 및 응력 검토)

○ 구조강도 해석평가: 시험을 통하여 확인하는 방법은 결과만을 분석할 수 있으나, 해석을 통한 강도 평가는 부품의 각 부위에 정량적인 강도와 취약부 분석에 용이한 방법으로 활용됨

- 본 연구의 개발 대상 제품은 시료에 3G의 하중조건(최대 극한하중)인 15ton을 10초간 가하여 개발품의 정강도 해석을 수행하였음
- 최대 극한하중을 가함으로써 내구강도를 간접적으로 확인하는 의미도 있으며 취약부에 최대 654 Mpa의 응력이 발생함을 확인하였음
- 시료의 소성영역 변형이 예측되나 파단 및 좌굴 현상은 없을 것으로 판단됨



<그림 3-83> 정강도 해석 수행 결과

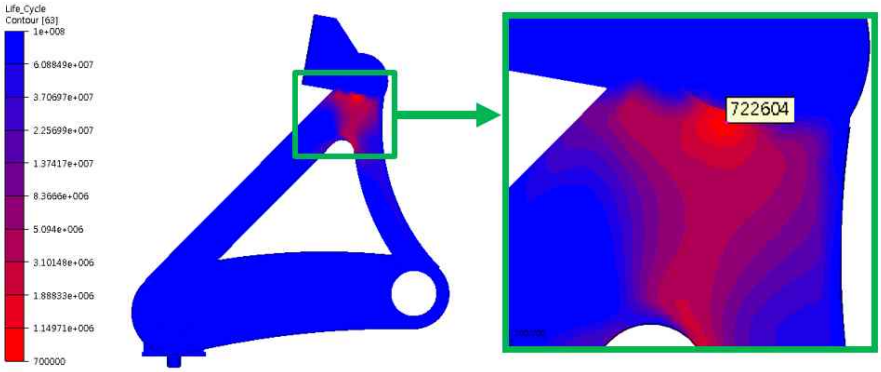
□ 내구강도 평가

○ 단축 내구강도 시험평가

- 트레일러의 특성상 비포장로, 악로 등은 제외하고 고속도로, 일반 국도, 시내도로 주행 조건에 한하여 검토하였으며, 전체 도로 배분은 고속도로 60%, 일반도로 30%, 시내도로 10%로 분석하였음
- 고속도로, 일반국도, 시내도로를 합산한 총 손상도와 비교하여 1.7G수준(전체 손상도 밀도의 80% 수준)으로 평균응력 영향을 고려하여 60만 Cycle로 결정하였음
- 인가하중 1.7G, 0.6Hz, 목표사이클 60만회로 내구시험을 수행하였음
  - · 시험 초기, 제품 용접부 불량이 발생되어 3개소 용접 불량 부위 재가공 및 용접보강 수행하였음
  - · 용접부위는 추후 제품생산 단계에서 열처리를 하여 강도를 강화 할 부위로서, 이러한 조건을 감안하여 용접부위의 강도는 충분한 것을 전제로 용접보강 등을 수행
  - · 또한 향후 양산 단계에서는 주물 등으로 용접부위 없이 제작할 예정으로 구조물의 강도 확인에 초점을 맞추고 있으며 구조물 자체의 크랙 등은 발생하지 않았음
- 현재 30만 Cycle 수행중 (2017.05.08. 기준)으로 중간 파손 발생 등을 지속적으로 확인하고 있으며 현재까지 구조물 부위의 파손은 없는 것으로 확인
  - · 최종 평가 완료시점은 2017.05.25.으로 예상하고 계속 시험 진행 중

○ 단축 내구강도 해석평가

- 목표 내구성능은 8.5ton(1.7G) 하중조건으로 60만 Cycle이며 피로내구 해석 수행 결과는 다음 그림과 같음



<그림 3-84> 피로내구 해석 결과

- 해석 결과 현재 시험품과 같은 비열처리 모델의 경우 6만 회 이내에서 내구 파손이 발생 하는 것으로 예측되었으며, 열처리 모델의 경우에는 약 72만회로 계산됨
  · 계획대로 향후 열처리 공정을 거쳐 제품 제작 시 목표성능 60만회를 달성할 수 있을 것으로 예상됨

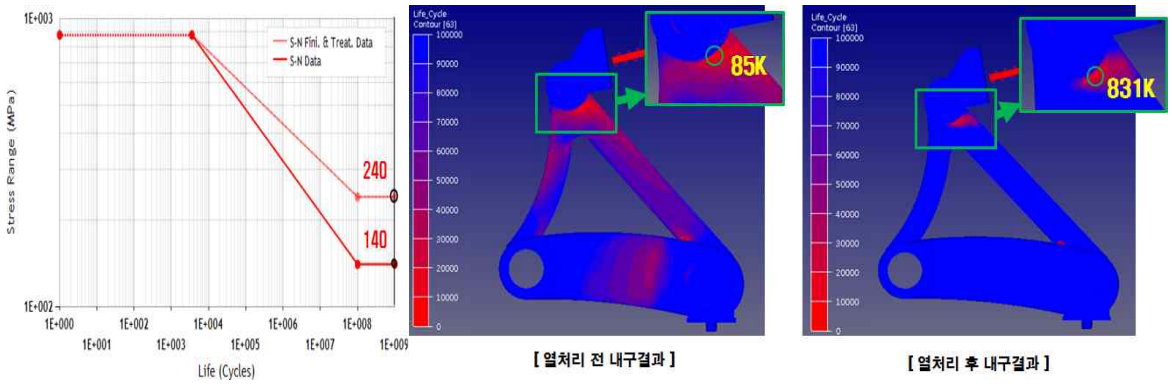
○ 다축 내구강도 해석평가

- 전체 시험데이터를 시간영역에서 해석하는 것은 현실적으로 불가능하므로 주행모드별로 반복 횟수를 정의하고 단축모드만의 데이터가 아닌 횡방향력, 종횡방향력을 동시에 적용할 수 있는 방법의 개발이 필요함
  · 앞에서 언급된 단축 내구평가모드 개발을 위해서 수행된 Cycle Counting 기법에서 평균응력 개념을 도입하여 평균응력이 높으면서 피크치가 낮은 영역 즉, 3사분면 방향에 치우칠수록 유효 반복횟수를 줄여주는 방법을 적용하였음
- 시험 데이터를 분석해 본 결과, 선회로 인한 횡방향 하중이 휠 륜중의 10%를 초과하는 데이터의 반복수는 수직방향력 대비 11.7% 수준으로, 제동에 의한 전후방향력은 수직방향력 대비 3.9% 수준으로 분석되었음
  · 선정된 모드조합을 이용하여 평가를 수행하기 위해서는 다음과 같이 수직방향 단축 해석 21회 수행 후, 수직방향+횡방향 복합하중 3회, 수직방향+전후방향 1회 평가를 수행하고 이 1회 모드를 총 427,000 회 수행되면 총 40만 Km 상당의 내구모드로 정의됨

복합성분	모드(1cycle)	목표 사이클
Fz	21	427,000회 = 40만 Km 상당
Fz+Fy	3	
Fz+Fx	1	

- 다축 내구평가 모드에 따라 해석된 동응력 결과는 DAFUL Fatigue를 사용하여 내구강도 해석을 수행함
  · 해석 결과 열처리가 되지 않은 시험품에 대해서는 내구목표 40만 Km에 미치지 못하는 8만 Km 수준으로 확인되었음

- 개발제품은 열처리 예정으로 열처리 효과로 인한 내구성능 향상 효과를 검토하였음
  · 일반적으로 열처리 효과로 얻을 수 있는 가장 큰 효과는 인장강도의 향상 효과와 피로 한도의 상승 효과임
  · 소재의 명확한 내구선도가 부재할 경우 사용되는 방법은 인장강도를 참조로 하여 내구선도를 추정, 사용하는 방법으로 인장강도의 변화에 따른 내구선도를 확인
- 이를 적용하여 열처리 전후 내구성능 특성을 확인하였으며 제품 열처리 후 79만 Km 상당의 내구수명을 확보할 수 있음을 확인하였음



<그림 3-85> 다축 및 단축 하중적용 결과

(2) Stub Axle 시제품 설계개선 및 강도평가시험

□ **시험 개요**

○ 3차년도 수행 된 시작품 강도평가 결과에 따라 4차년도에는 일부 취약 예상부위를 보완하고 대량생산을 고려하여 설계를 개선한 시제품의 강도, 내구성등을 확인하기 위해 다축 내구강도 평가 및 구조강도 평가를 수행

□ **실도로 주행 발생하중 도출**

○ 신뢰성 높은 내구시험평가 환경을 구축하기 위해서는 평가 부품에 가해지는 부품 내구 목표하중의 설정이 매우 중요하며, 이를 위해 국내도로의 주행하중 실측 데이터를 측정하기 위한 실차 RLDA(Road Load Data Acquisition) 시험을 수행



<그림 3-86> 내구시험 프로세스

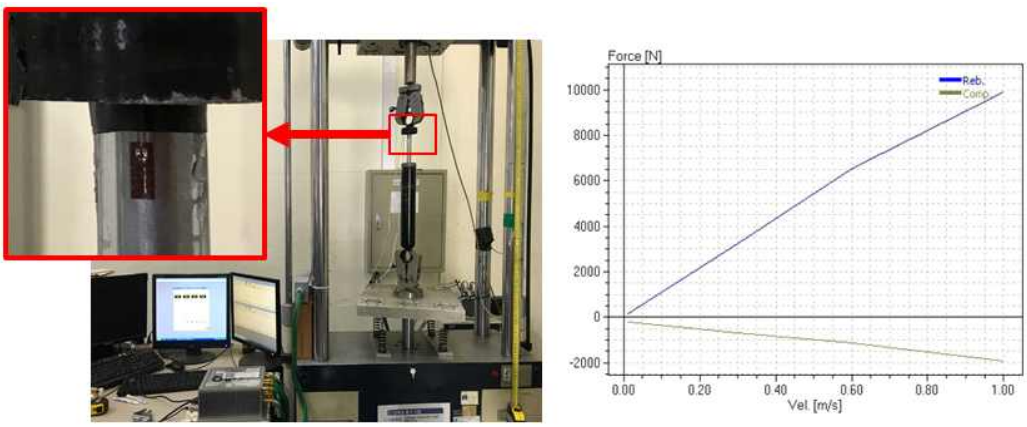
○ 주행 중 개발품에 인가되는 하중을 측정하기 위하여 액슬에 총 9축의 스트레인 게이지를 부착하는 부품 센서화 작업을 수행하였음

- 또한 스트레인 게이지의 변형과 하중입력 관계를 규명하기 위해 엑추에이터와 지게차를 이용해 캘리브레이션 시험을 수행

- 댐퍼에 인가되는 하중을 측정하기 위하여 댐퍼 수직방향 두 곳에 스트레인게이지를 부착하였으며 댐퍼 특성 시험을 수행하여 댐퍼 하중 캘리브레이션 작업을 수행



<그림 3-87> 횡, 수직축 캘리브레이션 시험 수행사진



<그림 3-88> 댐퍼 특성 시험을 통한 스트레인게이지 캘리브레이션 시험

○ 스트레인 게이지 외에 주행시험을 위한 각종 센서류를 장착하였으며 상세 내용은 다음과 같음

<표 3-66> 센서류 및 데이터 수집장치

센서	장착 위치	측정 신호
LVDT	스티어링 컬럼, 에어스프링	조향각, 에어스프링 변위
IMU + GPS	트레일러	차량 위치, 차량 속도, 차량 거동
공압 센서	에어스프링	에어스프링 압력
eDAQ	조수석	센서 데이터 수집

○ 최종적으로 구성된 시험차량 구성은 하기와 같음



<그림 3-89> 트레일러 RLDA 시험 차량

○ 시험환경 구축 후 대형화물차 주요 이동구간 자료와 실제 운송업 종사자들의 설문을 참고, 시내, 전용도로, 고속도로의 운행비율을 조사하여 동일 비율로 나누어 주행할 수 있도록 이동 루트를 선정

- 행거리는 총 6416km이며 그 중 시내 346km로 약 5%, 전용도로 1299km로 약 25%, 고속도로는 4771km로 가장 많은 75%의 비율로 나뉘어짐. 이는 실제 화물차의 운행 환경을 분석한 주행거리 비율로써 추후 내구시험 하중입력 데이터로 활용됨

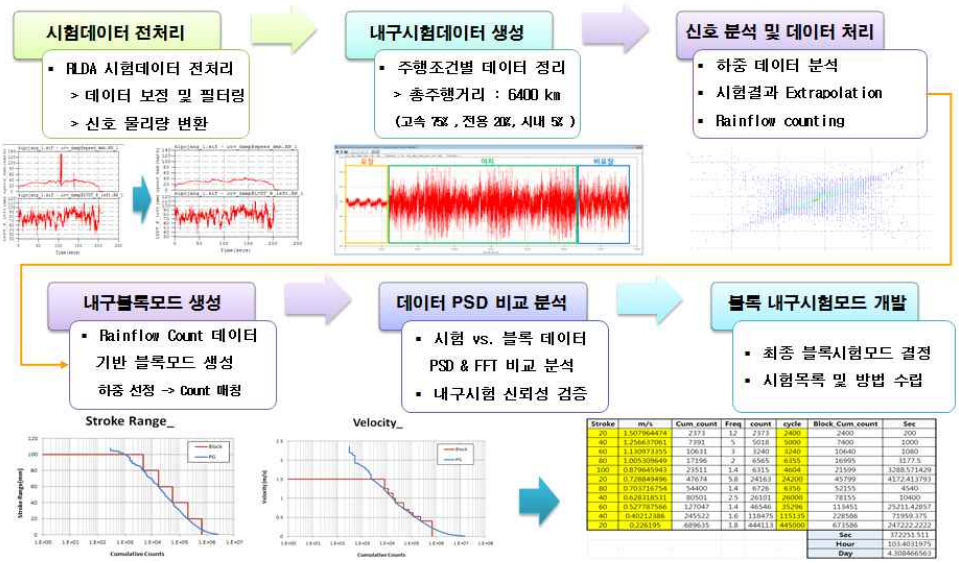
○ 주행 시험을 통해 하기 그림과 같은 수집데이터를 획득하였으며, 추후 데이터 분류 및 정리 작업을 통해 하중 재현 내구모드 개발에 활용하였음.



<그림 3-90> RLDA 시험 결과 데이터

○ RLDA 시험을 통해 획득한 하중데이터를 사용하여 정현파 형태의 블록 내구시험 모드를 개발하였음. 하중 시험 결과를 기반으로 한 블록내구모드 개발 프로세스는 하기와 같음

- RLDA 시험데이터 전처리 과정을 통해 데이터 노이즈 제거 및 보정
- 도로 주행 조건에 따른 비율 설정 및 데이터 조합
- Rainflow Counting을 통한 하중 데이터 분석
- 내구 목표에 따른 시험결과 Extrapolation
- Rainflow Count 데이터를 기반으로 한 내구블록모드 생성



<그림 3-91> 블록 내구모드 개발 프로세스

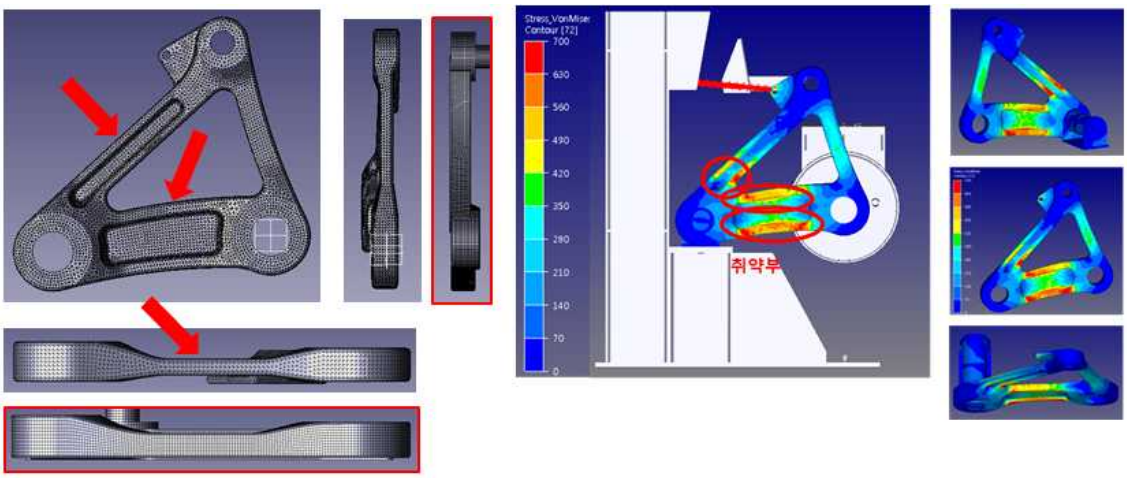
<표 3-67> 생성된 Z, Y 축 블록내구모드

Fz	Fy	Cycle	Freq.	Sec.
28000	0	40000	0.5	80000
32000	11000	16000	0.5	32000
36000	12500	6000	0.5	12000
43000	14000	4000	0.5	8000
50000	16000	2000	0.2	10000
58000	17500	1000	0.2	5000
62000	18500	500	0.2	2500
65000	19500	500	0.2	2500

□ Stub Axle 설계개선

○ 대량생산을 고려한 시제품으로서 주물제품을 고려함에 따라 새로운 제품설계가 필요

- 초기에는 3차년도 시제품의 응력집중되는 부위를 분석하여 경험적인 노하우만을 가지고 설계 개선을 시도하였으나 하기 그림과 같이 국부적인 응력집중과 취약부가 발생하는 문제점이 발생함



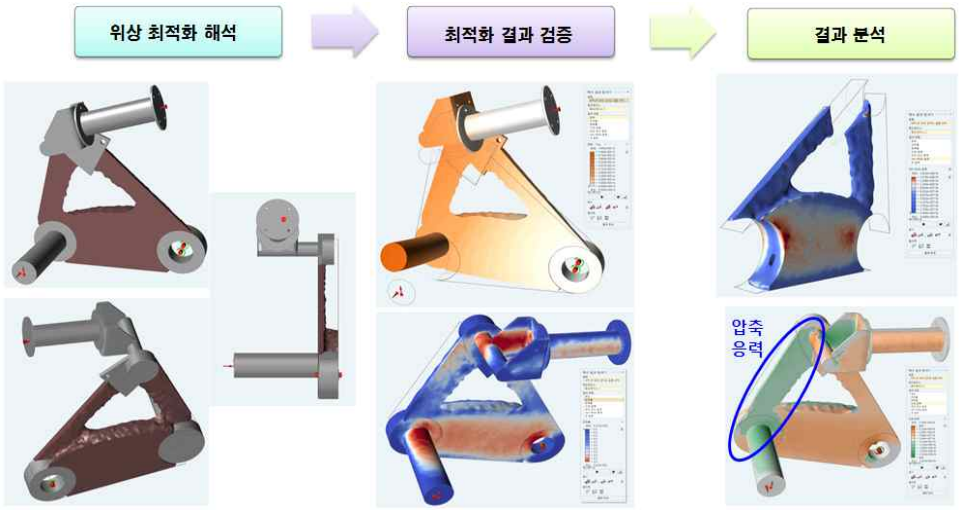
<그림 3-92> 초기 설계 개선안 및 취약부 분석

○ 이에 따라 경제성과 안전성을 모두 고려하여 효과적인 설계 개선을 가능하도록 하는 최적설계 기법을 도입하여 최적설계를 수행

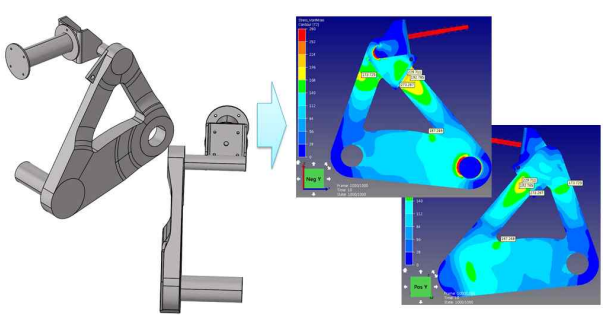
- 1차적으로 위상최적화를 수행하여 개념 설계안을 도출한 후, 형상 최적화를 통해 상세 모델 설계를 진행

○ 위상 최적화 결과 삼각 트러스 구조가 가장 안정적임을 확인하였으며 검증 해석 결과 최대 응력 약 140Mpa 정도로 추가 경량화가 가능함을 확인

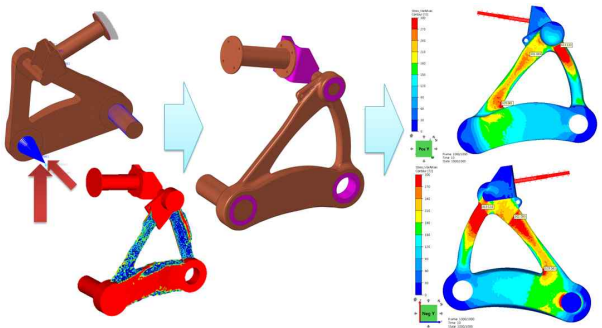
- 위상 최적화 설계를 기반으로 하여 초기 개념 설계안을 도출하고 살빼기 최적화와 취약부위 보강, 제작을 위한 단순화등 반복 해석을 통해 최종 최적화 모델 도출 및 검증



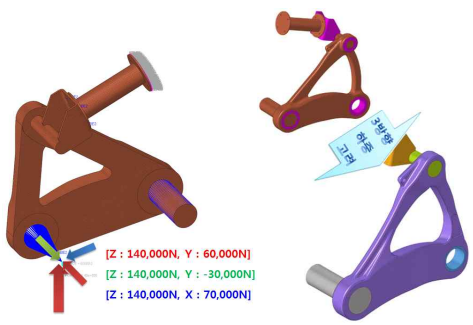
<그림 3-93> 위상 최적화 모델링 기법



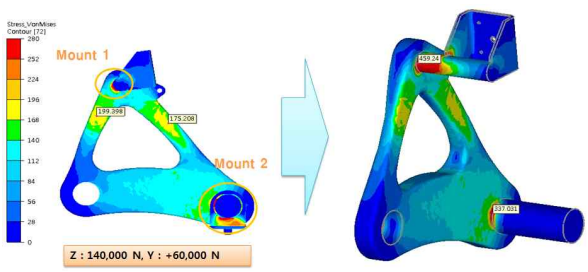
<개념설계안 검증 해석>



<2차 위상최적화 해석 및 검증>



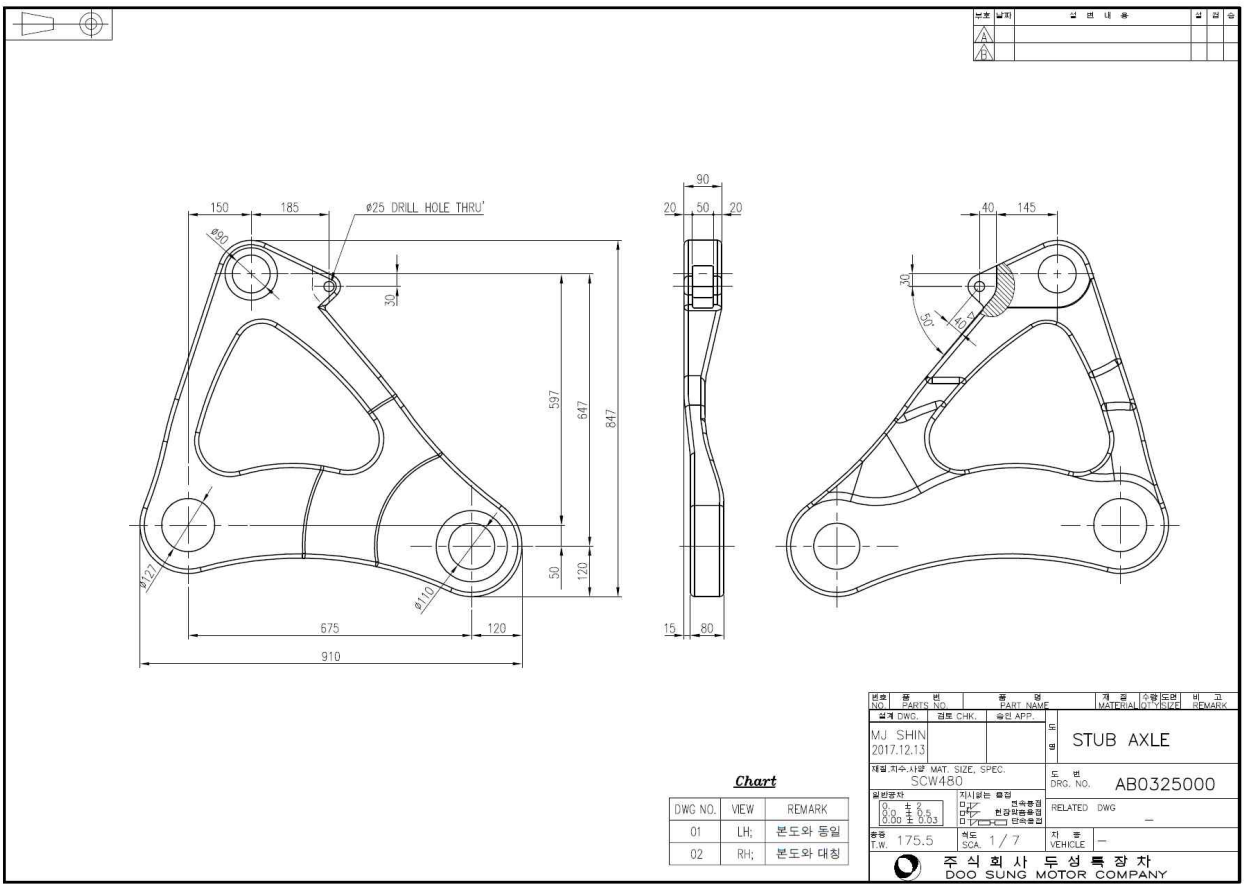
<최종 위상최적화 하중조건 및 최적설계>



<제작을 위한 단순화모델 해석검증>

<그림 3-94> 위상최적화를 통한 Stub Axle 시제품 설계개선

○ 최적 해석결과를 바탕으로 금형제작공정을 고려한 최종 설계 모델을 도출함

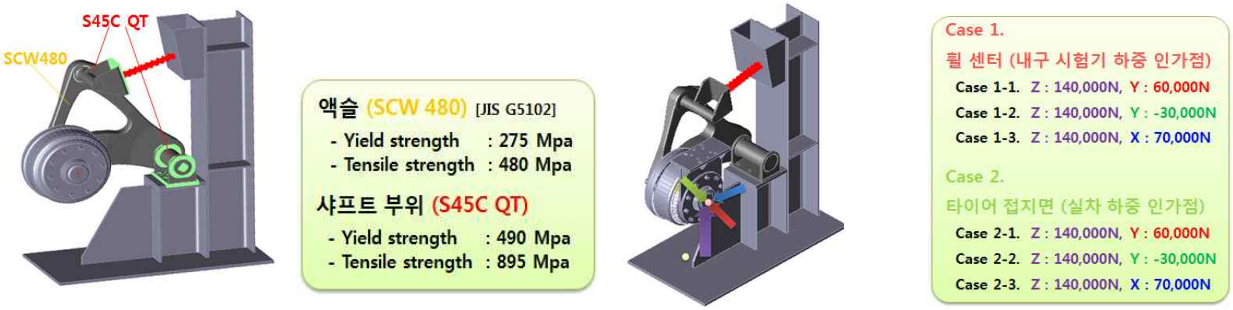


<그림 3-95> 최종 주물설계 도면

○ 최종 설계 모델의 구조적 안전성을 검증하기 위하여 비선형 재료 물성을 고려한 검증 해석을 수행함

- 4G 조건 해석 수행 결과, 최대 응력이 항복응력 수준 이하로 제품안전성 확보 확인

· 액슬 : 최대 279 Mpa, 샤프트 : 최대 485 Mpa

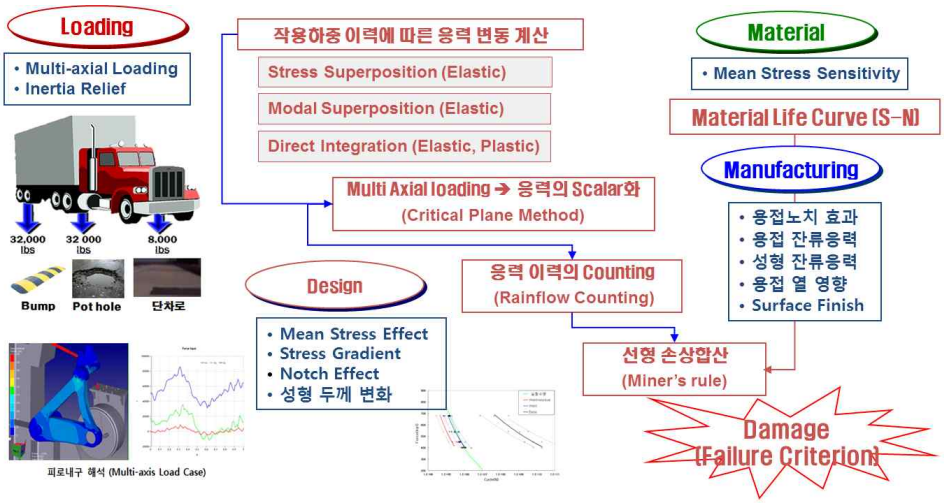


<소성 물성치 및 적용 부위> <구조해석 평가 하중 경계조건>

<그림 3-96> 최종설계모델 구조안정성 검증 해석

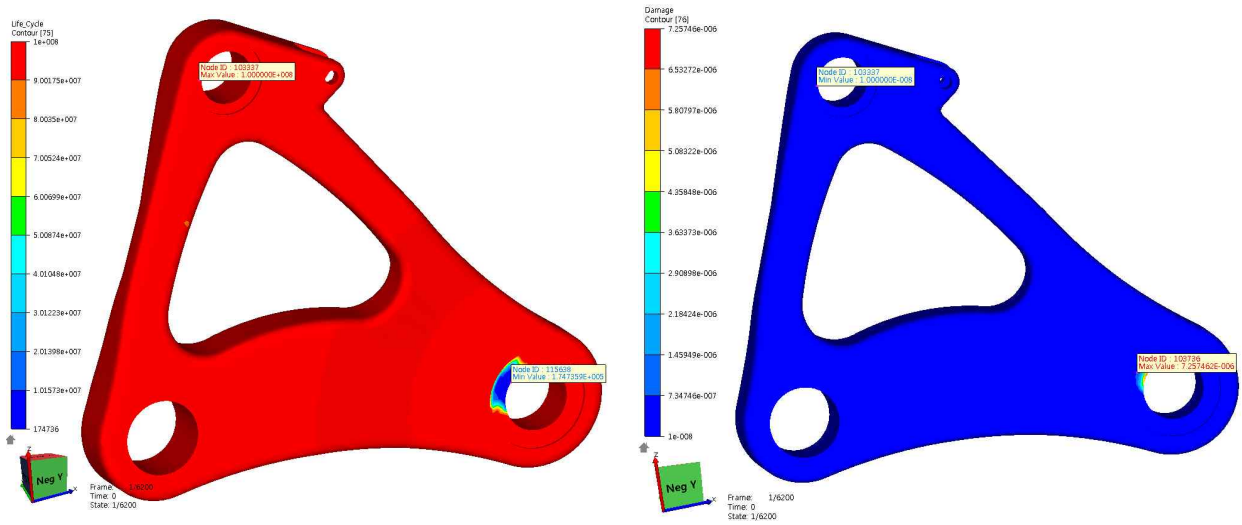
□ 내구강도 해석 평가

○ 최종 제품의 내구 신뢰성 및 시험환경의 타당성 평가를 위한 다축 내구강도 검증 해석을 수행



<그림 3-97> Load Case 적용 내구해석평가 프로세스

○ 내구해석 결과 최소 사이클이 17만번 이상으로 무한 수명을 가지는 것을 확인하였음



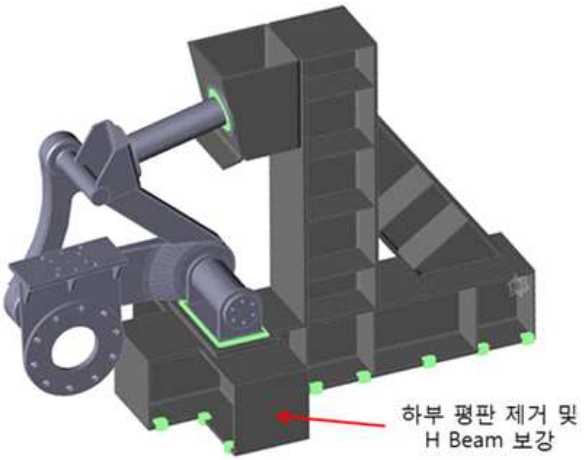
<Life Cycle 해석 결과> <Damage 해석 결과>

<그림 3-98> 내구해석결과

□ 내구강도 시험평가

○ 시험평가를 견딜 수 있는 강도의 지그를 설계 및 해석을 통해 제작

- 최대 하중인 Z축 100,000N, Y축 ±15,000N 하중 인가 후 정강성 해석을 반복수행



<시험 지그 설계>



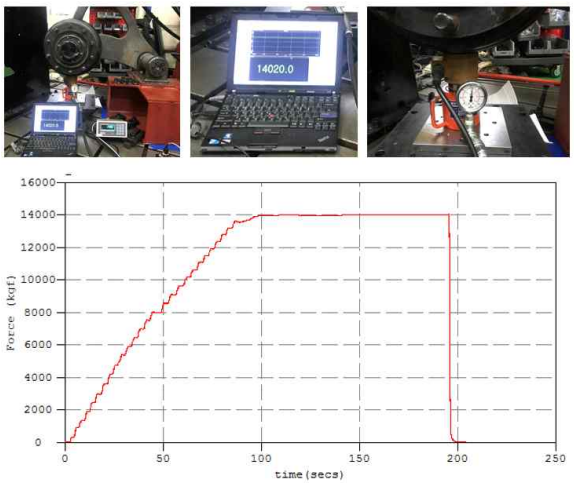
<내구시험 시료 및 지그>

<그림 3-99> 내구시험을 위한 지그 설계 및 제작

○ 개발품 최종 설계안 주물제작품 시료와 지그로 먼저 정강도 시험을 수행

- 하중조건은 차체 총중량 조건에서 Stub Axle 한 축당 하중(3.5Ton)의 4G조건인 14Ton이며 유압펌프와 유압자키를 이용해 하중 인가하고 20Ton급 압축 로드셀을 설치하여 하중 제어를 실시함

○ 로드셀 인디게이터, 데이터 수집장치를 통해 14Ton 인가됨을 확인, 시험 종료 후 데이터 분석, 육안 검사 진행결과 시료 변형 및 크랙 없이 시험 완료되었음.



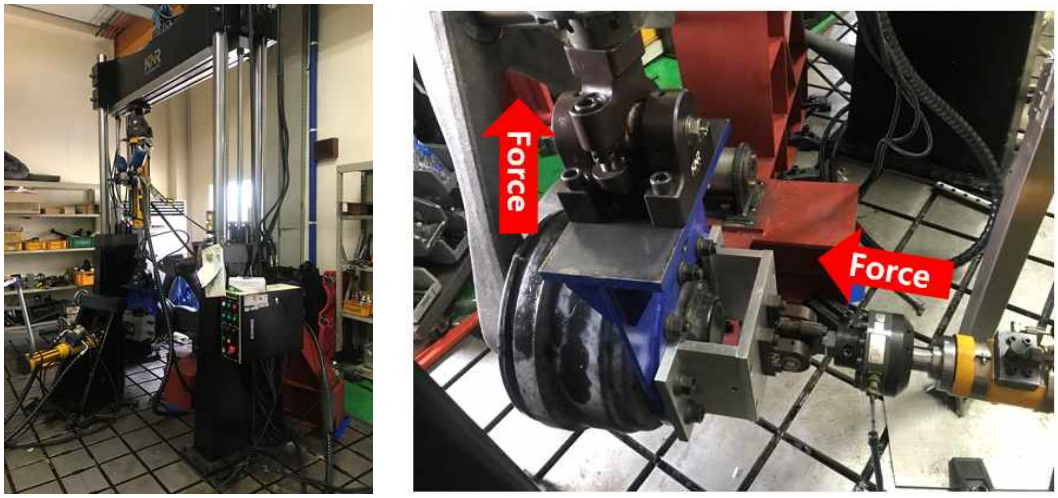


<그림 3-100> 정강도 시험 결과

○ 개발품의 내구성능을 시험하기 위해 10ton급 수직 엑추에이터와 2.5ton급 횡축 엑추에이터를 이용해 다축내구시험평가를 진행함

- 내구시험 하중 조건은 실차 주행시험을 통해 얻은 RLDA 데이터를 바탕으로 측정된 물리량을 기반으로 블록 내구모드를 설정하였음

- 적용되는 하중은 다축(수직축, 횡축)이고 각각의 엑추에이터에 고정지그를 제작하여 동시에 하중입력 하는 방법으로 진행되며 약 42시간동안 수행



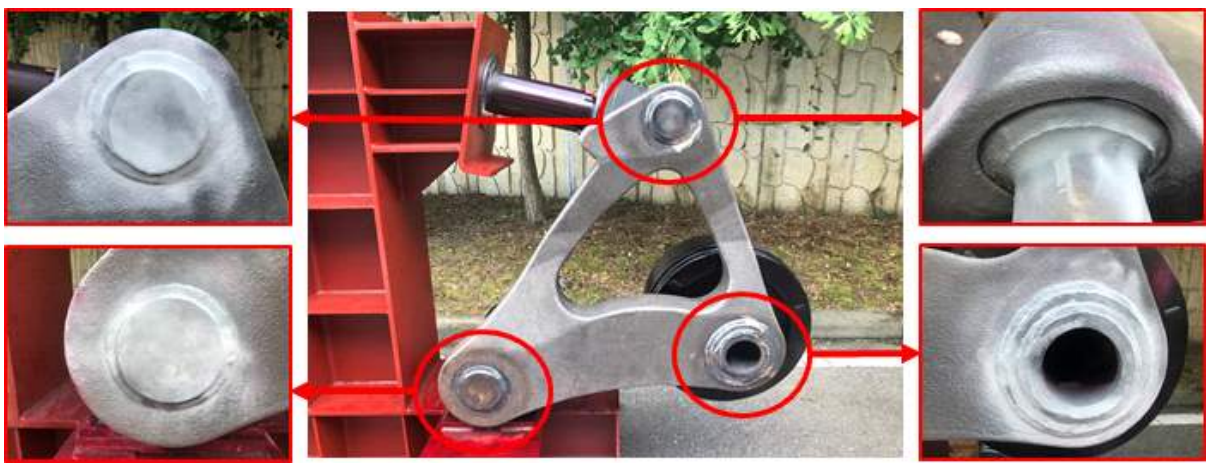
<그림 3-101> 다축 내구시험 세팅

<표 3-68> 다축 내구시험 블록 내구모드

Force Z	Force Y	Freq.	Cycle
(N)		(Hz)	
28000	0	0.5	40000
32000	11000	0.5	16000
36000	12500	0.5	6000
43000	14000	0.5	4000
50000	16000	0.2	2000
58000	17500	0.2	1000
62000	18500	0.2	500
65000	19500	0.2	500

○ 내구시험 진행을 마친 시료에 대하여 크랙 점검을 위해 침투 탐상 시험을 진행

- 점검 결과 주요 응력 포인트, 용접부 등에서 크랙 발견되지 않았음
- 다만 주물품의 표면 처리가 미흡한 부분이 발견되어 추후 시제품 제작시에 표면처리 부분을 보완해야 할 것으로 보임



<그림 3-102> 현상액 도포 및 주요부위 점검

(3) 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 안정성 평가시험

□ 시험 개요

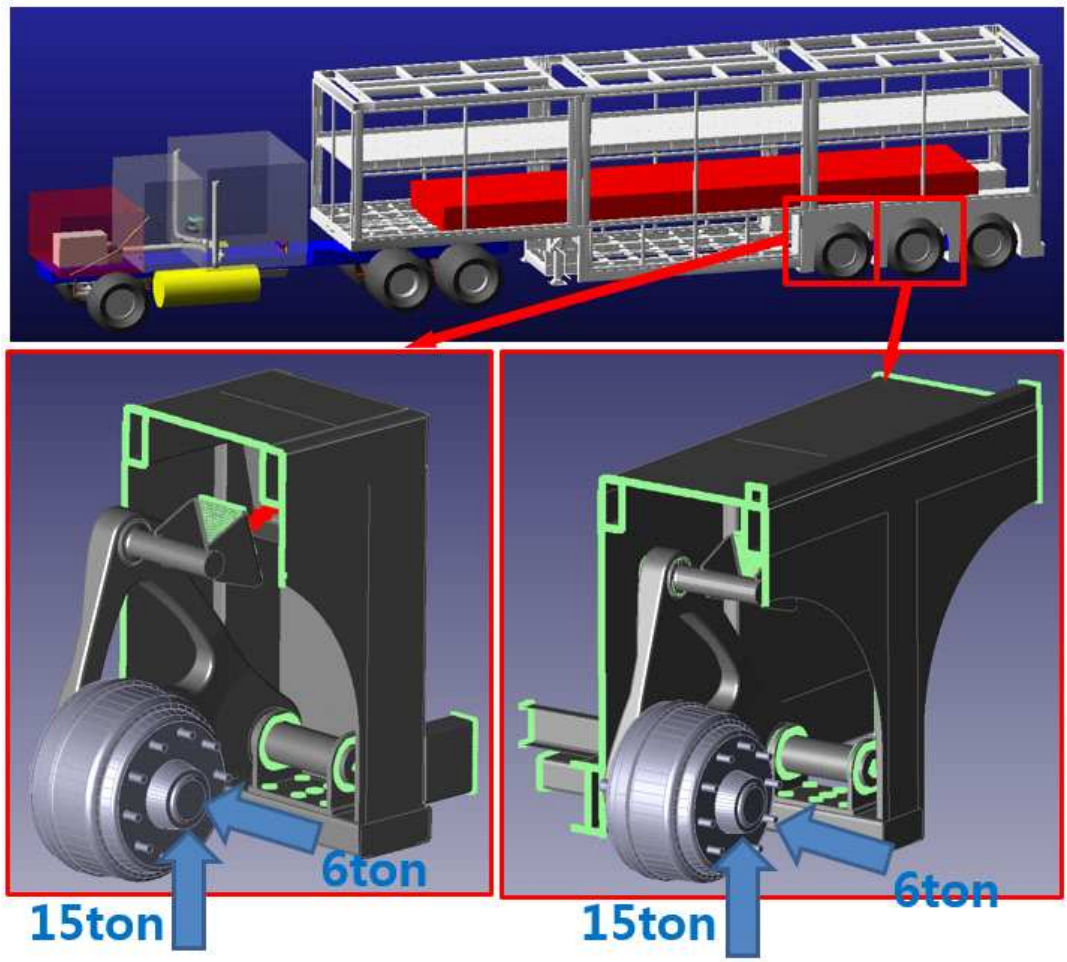
○ 시제품으로 제작 된 stub axle을 활용한 트레일러 시제품의 차체가 안정적이고 실제 운행과정에서 동적 안정성을 확보하는지를 확인하기 위해 전차량 동적안정성 평가 및 차체 장착부 강도·강성 평가를 수행

□ 차체 장착부 강성 및 강도 평가

○ 앞서 스터브 액슬의 최적화 설계와 함께 강도 해석평가를 수행하여 개선된 모델이 충분한 강도를 확보하였음을 확인하였고 이어서 액슬이 장착되는 차량 프레임 부분 강도 해석평가를 진행함

○ 장착부 강도 해석평가를 위해 하중이 많이 인가되는 1열과 2열 차량 프레임의 유연체 모델링을 수행함

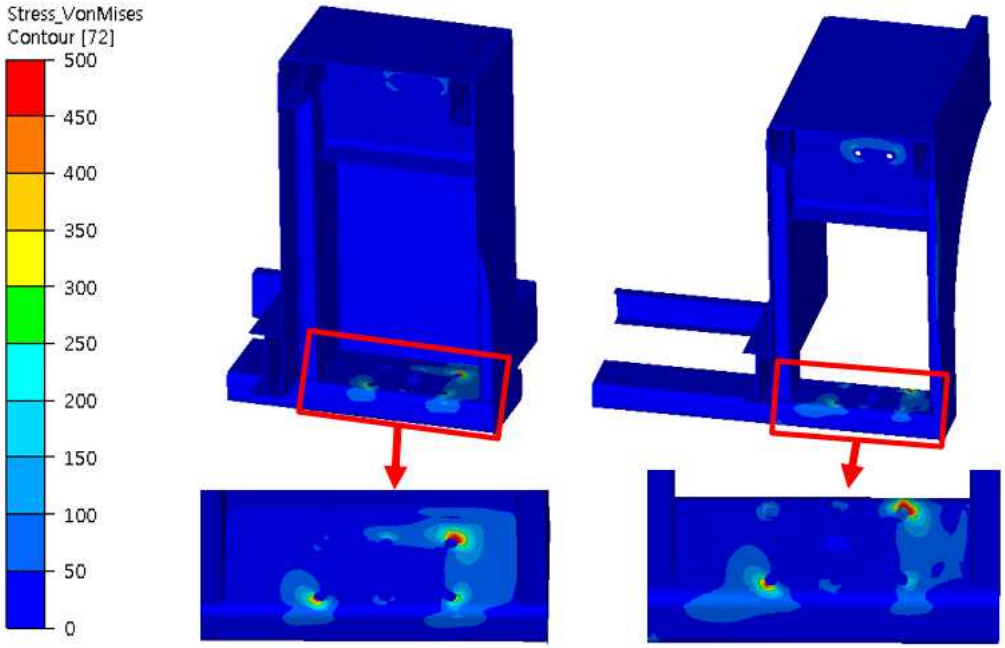
- 유연체 모델링은 2D Shell Mesh 로 진행하였으며 실제와 동일한 두께 조건을 적용하여 해석을 진행하였음
- 장착부 강도해석 하중은 4G조건(Z-axis 150,000N, Y-axis 60,000N)이며 하중은 휠 센터에 인가하였음



<그림 3-103> 차체 장착부 해석 환경(DAFUL)

○ 장착부 프레임은 ATOS80 8T 소재이며 자동차용 구조체용도로 주로 사용되는 고장력강으로 항복강도 700MPa, 인장강도 780MPa 수준의 강재임. 장착되는 엑슬도 유연체 모델로 구성하였으며 장착부 해석 결과는 다음과 같음.

- 해석결과 1, 2열에 따라 응력 분포는 조금씩 차이를 보이지만 비슷한 경향으로, 스프링 고정부 보다는 동부시 마운트 볼트 고정부에 높은 응력을 보이고 가장 내측 모서리와 외측 모서리에 있는 볼트부에 집중되는 현상을 보임
- 이는 하중점이 휠 센터에 위치하면서 엑슬을 통한 모멘트로 나타나는 현상으로 확인되며 해당 부분에 와셔 또는 두께 보강으로 응력수준을 낮출 수 있을 것으로 보임



<그림 3-104> 장착부 강도 해석 결과

□ **전차량 동적 안정성 평가**

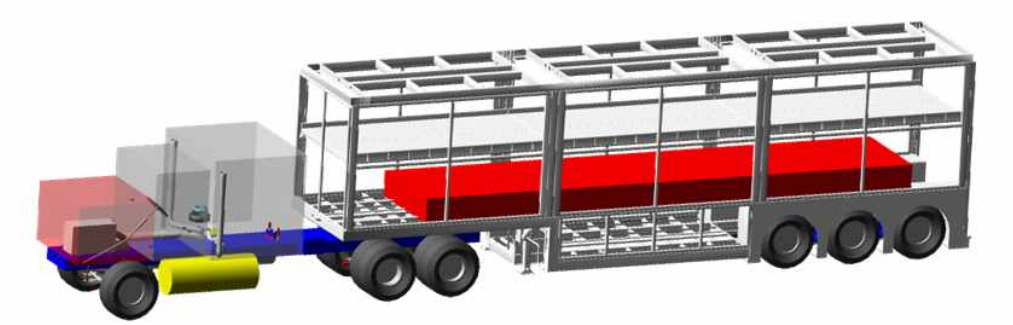
○ 트레일러 차량은 높은 차고와 적재 시 큰 질량으로 일반적인 주행조건을 벗어나는 급격한 선회주행시 일반차량보다 전복의 위험성이 높으며 이는 도로에서 큰 사고로 이어져 경제적인 손실 뿐만 아니라 다수의 인명피해를 초래할 수 있음

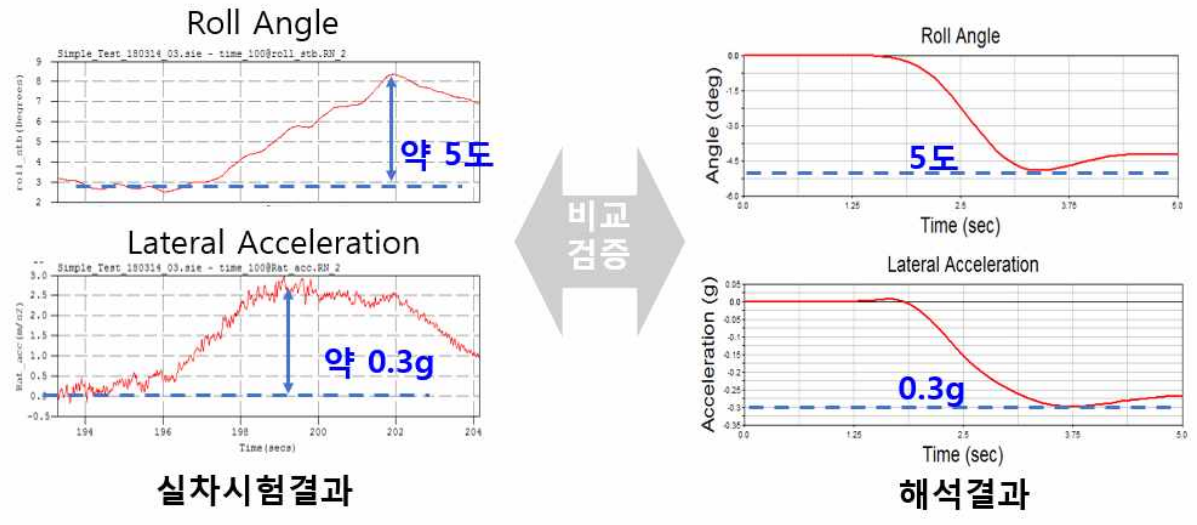
- 따라서 개발품인 독립형인 스터브 액슬 장착 후 선회시 안정적으로 도로 주행을 확인하는 안정성 평가를 위해 동적 안정성 평가를 필수적으로 수행하여야 함
- 하지만 안전상의 문제로 인해 실제 차량으로 전복 시험을 수행하는건 현실적으로 어려움이 있으므로 선회 시험을 통해 추출한 데이터를 근거로 전차량 동역학 해석 모델을 구성하고 롤 전복 해석을 수행하여 차량의 동적 안정성을 평가하였음

○ 차량 핸들링 데이터 수집을 위해 도로 주행하중 추출 시험에서 장착된 센서들을 활용하였으며 IMU(Inertia Mesurement Unit)로 차량의 자세 및 가속도를 측정하였음

○ 전차량 동역학 해석은 동역학 해석 Tool인 MSC.Software Adams/Car를 활용하여 진행하였음.

- 차량모델은 서브시스템 기반으로 스티어링, 전후륜 현가장치, 휠, 타이어, 제동장치, 구동계, 차체 등으로 이루어져 있으며 구동부는 36ton급 트렉터를 활용함
- 트레일러와 스터브엑슬은 3D CAD모델을 사용하여 각각 트렉터, 트레일러와 결합 가능하도록 모델링하였으며 내부에 적재물을 넣어 적재무게, 위치 등을 설정할 수 있도록 하였음
- 서브시스템은 주요 파러미터들을 설정할 수 있도록 모델링 되어있으며 시험데이터와의 비교분석을 통해 조향계의 조향비, 차량 질량, 무게중심, 에어스프링 강성값등의 튜닝을 통해 실제 차량거동과 같은 모델을 구성하였으며 결과는 다음과 같음





<그림 3-105> 전차량 동역학 해석모델 및 해석결과 비교검증

○ 트레일러 기준 전복 안정성 기준 조사결과 국내 안전규정으로 '자동차안전기준에관한규칙'에서 공차상태의 자동차는 35도 기울인 상태에서 전복되지 않아야 한다는 기준을 확인

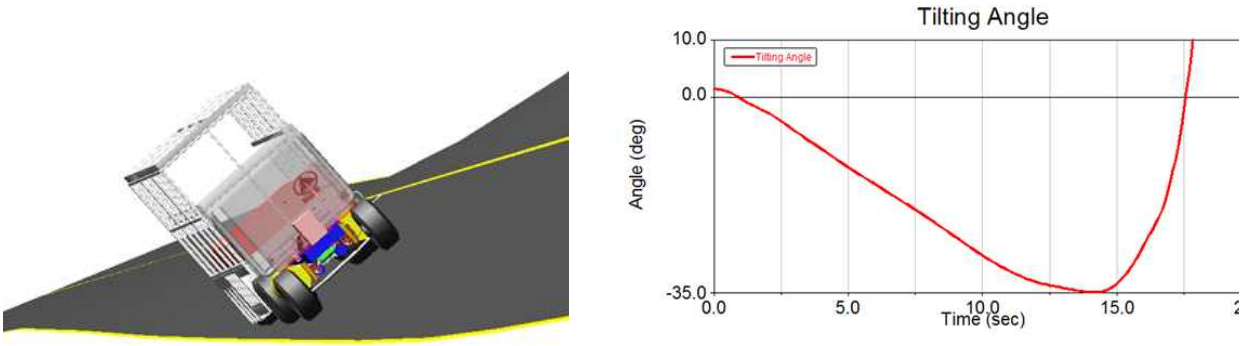
자동차안전기준에관한규칙
제8조 (최대안전경사각도) 공차상태의 자동차(연결자동차를 포함한다)는 좌·우 각각 35도(차량총중량이 차량중량의 1.2배이하인 자동차는 30도)기울인 상태에서 전복되지 아니하여야 한다. 다만, 특수용도형 화물자동차 또는 특수작업형 특수자동차로서 고소작업·방송중계·진공흡입청소 등의 특정작업을 위한 구조·장치를 갖춘 자동차의 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 국내 규정에는 트레일러에 대한 주행 안정성 관련 세부 규정은 없어 추가로 해외 문헌 조사 결과 트레일러 차량 선회주행시 횡가속도 0.3G~0.4G 발생 시 전복위험이 있는 것으로 확인되어 이를 기준으로 동적 안정성 해석을 수행

- 뉴질랜드 정부 안전자료 기준 0.3G 수준
- 미국 정부 자료 기준 0.35~0.4G 수준
- 미국 보험사(Nationwide) 안전자료 기준 0.4G 수준

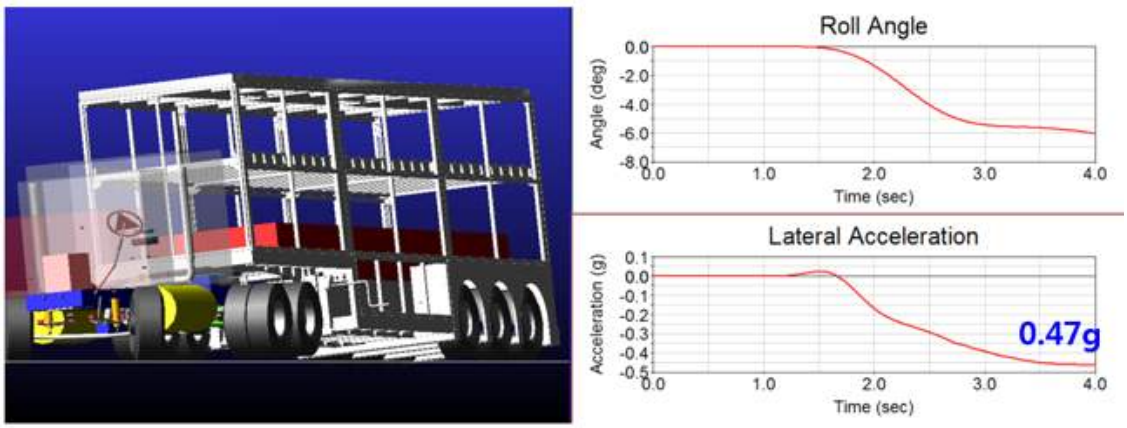
○ 앞서 실차시험과 비교검증을 수행한 전차량 동역학 해석 모델을 활용하여 전복 안정성 점검 해석을 진행함

- 해석 조건은 좌우 최대 35°각도로 기울어진 건조한 노면을 생성하고 저속으로 차량 주행해 35° 기울어지는 Tilting Test를 모사하였으며 전복되지 않음을 확인



<그림 3-106> 전복 안정성 해석 결과

○ 선회주행시 롤 전복 해석 결과 개발품인 스터브 액슬 장착 차량은 급격한 선회주행시 약 0.47g의 횡가속도에서 전복 발생하는 것으로 확인되어 국외 관련 규정 기준으로도 일반적인 트레일러차량 이상의 안정성을 가진 것으로 판단됨.



<그림 3-107> 선회 안정성 해석평가 결과

(4) 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 실주행 테스트베드 구축 및 운영

□ **수행 목적 및 운영계획 수립**

○ 본 연구의 성과물인 경량 적재용량 확장 다용도 카고트레일러의 직접적인 목표인 적재용량 증가를 확인하고, 이로부터 파생되는 여러 제반효과들을 기존 차량과 비교분석하는 데에 목적이 있음

- 또한 시장 판매 시 수요자들의 중요한 고려 요소로서 적재 운행 시 실사용자가 느끼는 안정성과 편의성도 함께 확인하여 보급전략에 활용하고자 함

○ 테스트베드 운행 대상 : 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 개발 차량

- 운행의 대상은 효과의 측정 및 비교를 위해 기존에 유사한 트레일러를 운행하던 운전자를 대상으로 개발된 카고 트레일러를 운행해 보도록 함

  · 차량 자체의 개선점을 확인하기 위해 기존 화물운송과 유사한 운송환경(고속도로+국도) 유지

○ 테스트베드 운행 조건 : 운전자별 기존과 동일한 운행조건 유지

- 본 테스트베드 운행은 차량의 경량화 개선으로 인한 다양한 정성적 효과를 분석하기 위한 것으로, 운전자의 경험에 의한 비교를 수행하기 위해 고정구간을 일정기간 이상 지속적으로 운행한 운전자를 대상으로 함

- 운전자의 운행행태 등도 동일하게 유지할 것을 요청

○ 테스트베드 운행 기간 : 운전자 및 소속기업 요구에 따라 1~2주 이내 제공

□ 테스트베드 수행

○ 운전자로 하여금 개발 차량을 운행하도록 하면서 다음의 항목들에 대하여 체크

- 적재 기본사항 : 적재품, 적재량, 차량 총중량, 운행구간, 주행거리, 적재 소요시간, 적재방법, 적재수량, 하차소요시간, 하차방법
- 적재시 차량 상태 : 변형량, 쏠림현상, 변형발생 유무
- 적재 차량 주행 관련 사항 : (직선)주행 안정감, 코너주행 안정감(공차시, 영차시), 속도방지턱 구간 주행 안정감, 안전성(꿀렁거림, 떨림, 끌림, 밀림), 체감연비, 소음, 내구성/유지보수 용이성
- 전반적인 만족도 및 기타 의견

○ 다음과 같은 운행기록지를 제공하여 운전자에게 작성하도록 요청

차량 운행 테스트 기록지

참고 사항

1. 처짐량 : 화물 적재에 따른 차체 등의 처짐 기재
2. 변형 발생 유무 : 화물 적재 및 주행에 따른 균열, 떨어짐 등 발생 유무 기재
3. 주행 안정감 : 적재 후 전체적인 주행 안정감 기재
4. 코너 안정감 : 코너 회전시 주행 안정감 기재(공차/영차 구분)
5. 안전성 : 차량의 꿀렁거림, 떨림, 밀림 현상 등에 대한 안전성 기재

■ 적재 기본사항

적재품	적재량	차량 총 중량	운행구간	주행거리
	kg	kg		km

적재 소요 시간	적재방법 (v표시)	적재수량 (해당사항만)
(분)	( ) ① 1개 박스씩 손으로 ( ) ② 지게차 이용 ( ) ③ 롤테이너 이용 ( ) ④ 핸드파렛트트럭 이용 ( ) ⑤ 기타 :	(파렛트)_____개 (박스)_____개 (기타)_____개

하차 소요 시간	적재방법 (v표시)
(분)	( ) ① 1개 박스씩 손으로 ( ) ② 지게차 이용 ( ) ③ 롤테이너 이용 ( ) ④ 핸드파렛트트럭 이용 ( ) ⑤ 기타 : _____

■ 적재시 차량 상태

구 분	매우 큼	큼	보통	적음	없음
처짐량	①	②	③	④	⑤
쏠림현상	①	②	③	④	⑤
변형 발생 유무	(유)			(무)	

■ 적재 차량 주행 관련 사항

구 분		매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음
주행 안정감		①	②	③	④	⑤
코너주행 안정감	공차시	①	②	③	④	⑤
	영차시	①	②	③	④	⑤
속도방지턱 구간 주행시		①	②	③	④	⑤
안전성	꿀렁거림	①	②	③	④	⑤
	떨림	①	②	③	④	⑤
	끌림	①	②	③	④	⑤
	밀림	①	②	③	④	⑤
체감연비		①	②	③	④	⑤
소음		①	②	③	④	⑤
내구성 / 유지보수 용이성		①	②	③	④	⑤

■ 전반적인 만족도 및 기타의견

<그림 3-108> 영차운행 Testbed 운행기록지 양식

□ 테스트 결과 및 시사점

○ 테스트 결과는 1차 테스트 (2017년 4월 27일 수행) 이후 운전자가 작성한 운행 기록지와 인터뷰 결과를 바탕으로 분석되었으며 향후 지속적으로 테스트베드 주행 및 결과 분석 예정

○ 1차 테스트는 시흥을 기점으로 파이프 등 자동차 생산부품들이 산적된 짐을 적재하여 평택으로 운송

- 적재 시 트레일러의 변형은 발생하지 않은 것으로 나타났으며, 쏠림현상이 일부 발생하는 것으로 나타남
  · 쏠림현상은 화물이 뒤쪽으로 치우쳐 적재되어서 발생한 것으로 파악되었으며, 공차 확인 결과 차량에 의한 것은 아님으로 파악됨
- 1차 테스트 시 주행 중 차량의 상태는 직선 주행안정감, 코너 주행안정감(적차), 속도방지턱 주행안정감, 안전성(꿀렁거림/떨림/끌림/밀림), 체감연비, 소음, 내구성/유지보수 용이성 항목이 조사되었음

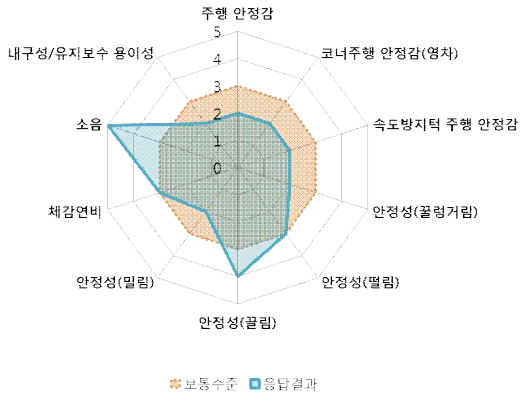
- 본 차량의 경우 기존 차량과 구조나 형태가 크게 달라 운전자가 생소한 운행 느낌에 적응되는 기간이 필요할 것으로 판단됨

  · 꿀렁거림과 밀림은 차량 설계 보다는 에어스프링과 브레이크 설정 변경을 통해 개선이 필요한 부분으로 판단됨

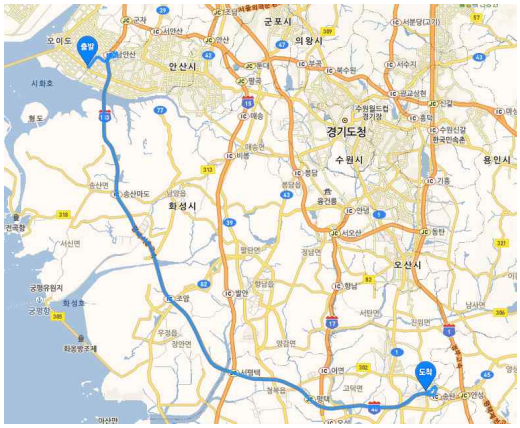
  · 낮은 차고로 인해 코너나 속도방지턱에서 안정감이 상대적으로 낮은 것으로 파악되며 이 부분 역시 에어서스펜션 조정 등으로 개선할 여지가 있는 것으로 보여짐. 다만 차량의 최저지상고가 법정 기준 이상이며, 실제 운행 시 차량하부가 바닥에 닿거나 긁힘이 발생하지 않은 것으로 보아, 운전자의 염려가 답변에 일부 반영 된 것으로도 볼 수 있음

  · 소음부분이나 차량의 끌림 안정성은 우수한 것으로 나타남

  · 이러한 부분들을 중심으로 향후 양산 및 상품화 과정에서 수요자들에게 적합하도록 옵션의 다양화, 장기간 시승기회 마련 등의 보급전략 수립이 필요할 것임



<테스트베드 운행(1차) 결과>



<운행구간 노선도>

<그림 3-109> 테스트베드 운행(1차) 결과 및 운행 구간

다. 경제성 분석 및 실용화 전략

(1) 적재용량 확장형 좌우독립축 트레일러 시장성 조사

□ 적재용량 확장형 좌우독립축 트레일러 필요성

○ 카고트레일러 차주들의 과반수이상(54.0%)에서는 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러가 필요하다고 생각함. 곡물트레일러 차주 응답 중 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러가 필요하다는 응답이 60.0%로 필요없다는 응답보다 높게 나타남. 이러한 결과를 통해 곡물트레일러 운송시장에서 적재용량 추가 확보에 관한 필요성이 대두되고 있음을 유추해볼 수 있음

- 카고트레일러 차주들 중 적재용량 확장 다용도 트레일러가 필요하지 않다고 생각하는 주된 이유는 '대상 활물이 불문명하거나 그 수요가 많지 않을 것으로 우려됨'(34.8%)이며, 다음으로 '차고가 낮아짐에 따른 차량하부 손상이 우려됨'(30.4%), '차축제거에 따른 안전성 문제가 우려됨'(17.4%) 등의 응답이 있음

□ **적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 설계시 고려사항**

○ 카고트레일러 차주들이 생각할 때 적재용량 확장 다용도 트레일러 설계시 가장 우선시 해야 할 사항으로는 '가격 경쟁력'(28.0%), '주행 안전성'(20.0%), '차체 내구성'(14.0%), '다중 적재가능'(12.0%) 등이 다소 높은 비율로 응답됨

(2) 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 실용화 전략 수립 및 홍보

(가) 시장성 확보 및 실용화 전략

□ **사업화 모형 수립(BM) 배경**

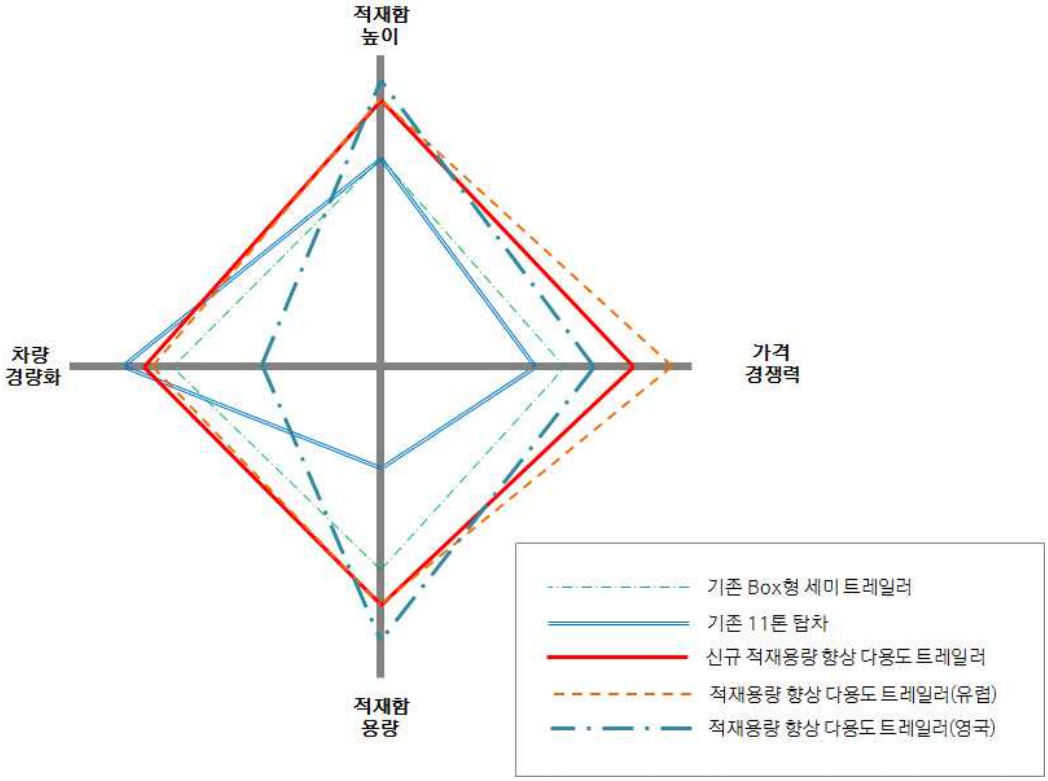
○ 적재용량 확장 다용도 카고트레일러는 국토부 자동차등록기준 상 적재함형 피견인차에 해당함. 적재함형 피견인차는 2015년 등록차량 대수는 3,577대로 전체 등록 피견인차 중 약 4.9% 에 불과하나 적재함형 피견인차는 온라인쇼핑 등 택배수요의 확대에 따라 2013년 2,982대, 2014년 3,192대에 이어 점차 증가추세를 보이고 있음

○ 주행장치 공간을 제거하기 위해 좌우 독립형 Stub Axle을 개발하고, 공간 최소화를 위한 제동장치 설치기술과 좌우 독립형 완충장치 설계를 통해 적재함 하부의 공간까지를 적재함 공간으로 활용함으로써 적재공간을 확충(창출 공간면적 = 2500x900x1300(mm)= 약 2.9㎥, 12m/2축, 25톤적재 카고트레일러 기준)

□ **사업화 모형 목표 및 핵심 경쟁요인**

○ 고강도 강판을 이용한 적재용량 향상 다용도 트레일러와 경쟁제품이라 할 수 있는 기존 11톤 탑차와 기존 Box형 세미트레일러, 유럽과 영국에서 생산되고 있는 적재용량 향상 다용도 트레일러(더블데크)와 본 신규 적재용량 향상 다용도 트레일러를 적재함 높이, 가격경쟁력, 적재함 용량, 차량경량화 등 관점에서 비교하여 사업화 모형의 목표를 포지셔닝 맵으로 표현해 보면 위의 그림과 같음

- 본 연구개발 전략의 포지셔닝은 우리나라도 유럽과 마찬가지로 차량높이 제한이 있으므로 유럽제품의 강점을 채택하되 가격은 유럽제품에 비해 다소 낮게 책정하므로서 유럽형 적재용량 향상 다용도 트레일러(더블데크)의 장점은 취하면서 가격경쟁력도 도모하기로 함



<그림 3-110> 적재용량 향상 다용도 트레일러 제품의 포지셔닝맵

□ **핵심 경쟁 요인 : 제품(product) +판매가격(price)전략**

○ 시장성 조사결과를 통해 평판트레일러 구매 시 고려하는 주요 요인으로 제품성능(차량 중량, 적재량 등)'(4.77점), '제품 안정성(고장률)', '주행 안전성'(각각 4.73점) 순으로 '성능 및 안전성'에 대한 중요도가 상대적으로 높게 평가된 만큼 가격경쟁력 보다 성능(경량화) 향상 효과를 뚜렷이 보여줄 수 있도록 제품을 개발해야 함

○ 품질 및 성능부문에 있어 경량화에 대한 요구 외에 소음에 대한 개선요구가 많이 발견되므로 평판트레일러의 현가장치나 화물 고박장치 부분에서 발생할 수 있는 소음을 최소화하는 편의사양 개발이 필요

○ 경쟁 제품인 알루미늄 소재 평판트레일러에 비해 '내구성' 항목에서 도장 부식에 대한 애로사항이 특히 많이 발견되었으므로 차체 도장의 고급화와 배선 처리의 기밀성, 에어호스의 고급화 등을 통해 내구성을 향상시키는 다양한 노력이 중요

○ 중량물 운송 시 과적단속에 민감한 운전자 특성을 감안할 때 축 중량 분산이 중요한 사안이므로 차축에 고루 하중을 분포시켜주는 워킹빔 서스펜션(walking-beam suspension)의 채용을 고려할 필요가 있고, 하역 편의성과 안정성, 안전성 등을 고루 향상시켜 줄 수 있는 슬라이드 장치, 티핑 장치 등 각종 편의사양 선택의 폭을 넓히는 노력도 중요

○ 고객에게 적정한 가격수준이고 생산자와 판매업자에게도 적정이익이 보장되는 가격수준을 찾는 것이 판매가격 전략

□ 목표 시장 구조

○ 최근 각국에서는 화물차 연비개선과 도로포장에 대한 예산투자 경감을 위하여 화물차 경량화에 총력을 기울이고 있으며, 고강도 철재나 복합소재를 이용하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있음

○ 적재용량 확장형 다용도 트레일러는 기존 트레일러에 비해 다소 비용이 높아져 가격 경쟁력 떨어지는 것이 문제

- 트레일러 경량화 및 다용도 적재기능 탑재 자체는 다양한 기술로 극복 가능하지만 차량은 가볍게 하면서 소비자들에게 과중한 가격인상 부담을 주지 않는 것이 어려운 점

○ 일부 운송업체들은 비용 측면에서 기존 트레일러보다 높은 초기에는 다소 불리하지만 장기적으로는 운송 효율향상 효과가 입증될 것이므로 신규 트레일러 도입 시장이 확대될 것임

- 적재용량확장 다용도 트레일러는 늘어난 적재용량만큼 더 많은 화물을 운송할 수 있어 장기적으로 더 큰 수입 창출이 가능하고 통상의 트랙터에 비해 교체주기가 길어 제품수명 전체로 볼 때 투자수익률이 오히려 높을 수 있음

□ 수익 확보 전략

○ 트레일러 차주들을 대상으로 수행한 기술수요조사 분석결과 고객들이 적재용량 확장 다용도 트레일러가 필요하지 않다고 응답한 응답자들의 주된 이유는 '대상 화물이 불문명하거나 그 수요가 많지 않을 것으로 우려'(34.8%)이며, 다음으로 '차고가 낮아짐에 따른 차량하부 손상이 우려됨'(30.4%), '차축제거에 따른 안전성 문제가 우려됨'(17.4%) 등 응답이 있었음

- 이러한 결과로 미뤄볼 때, 적재용량 확장 다용도 카고트레일러는 특수화물을 운송할 때 적합할 것으로 판단됨

○ 국내 적재용량 확장 다용도 트레일러 시장은 소유주체에 따라 차주와 운송업체로, 주요 고객군, 혹은 목표시장의 선정(Targeting)은 본 연구에서 추구하는 적재용량 확장 다용도 카고 트레일러의 공간확장 기대수준과 제품 가격탄력성을 고려하여 설정하는 것이 바람직함

□ 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출방안

○ 중소기업이 대부분인 국내 특장차 시장의 특성상 신차 구매의 비중이 높음에도 전국에 걸쳐 트레일러를 전시하고 판매하는 공간을 확보하기는 곤란한 실정

- 차량 내에서 장시간 운전하고 대기해야 하는 화물차 운전자들의 특성 상 직접 차량에 탑승하고 운전을 해보는 시승경험을 고객들에게 제공하는 것은 중요

○ 따라서 적재함확장 다용도 트레일러 운전자들이 많이 집결하고 정차하는 화물차 휴게소나 주요 물류거점, 제조업 생산공장 인근에 이동식 전시 및 판매 매장을 운영하여 일정기간 시승경험도 제공하고 판매상담도 수행하는 이동식 대면 판매 전략을 구사하는 것이 바람직

○ 시장성 조사과정에서 애로사항으로 많이 지적하는 트레일러 A/S 지점 수의 확대와 더불어 A/S 지점에서 신제품도 전시하고 일정기간 시승경험도 제공하며 판매상담도 수행하는 판매방식도 유효

○ 현재 개발된 스터브 액슬을 활용하여 적재함확장이 유용한 다양한 차종에 적용하여 비즈니스 모델을 확장해 가는 것도 주요한 수익 창출방안이 될 것

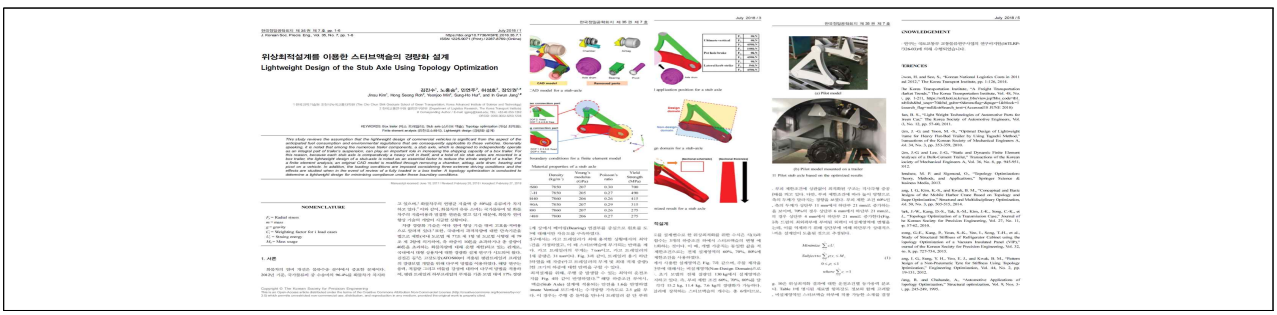
- 도심 택배 물동량 급증에 따른 도심형 적재함 확장 최적화 기술과 풀트레일러 등에 적용 가능성을 검토하여 신규시장 확보를 통한 수익 창출 방안이 필요

(나) 개발기술의 실용화를 위한 홍보

□ **연구성과 및 기술우수성 홍보**

○ 본 연구는 논문게재, 전시행사 참가, 브로셔 배포 등을 통해 경량 평판 및 벌크 트레일러 기술과 Stub Axle 적용 적재용량 확장 카고트레일러를 홍보함

- Stub Axle 적용 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 개발 관련 논문 게재(한국정밀공학학회지, 제35권 제7호)
- 2018 국토교통기술대전('18.06)에 참가하여 연구 성과를 전시·홍보
- 연구개발 주요 내용이 담긴 브로셔와 홍보동영상, 시제품 모형을 제작하여 홍보에 활용함


위상최적설계를 이용한 스터브액슬의 경량화 설계
Lightweight Design of the Stub Axle Using Topology Optimization

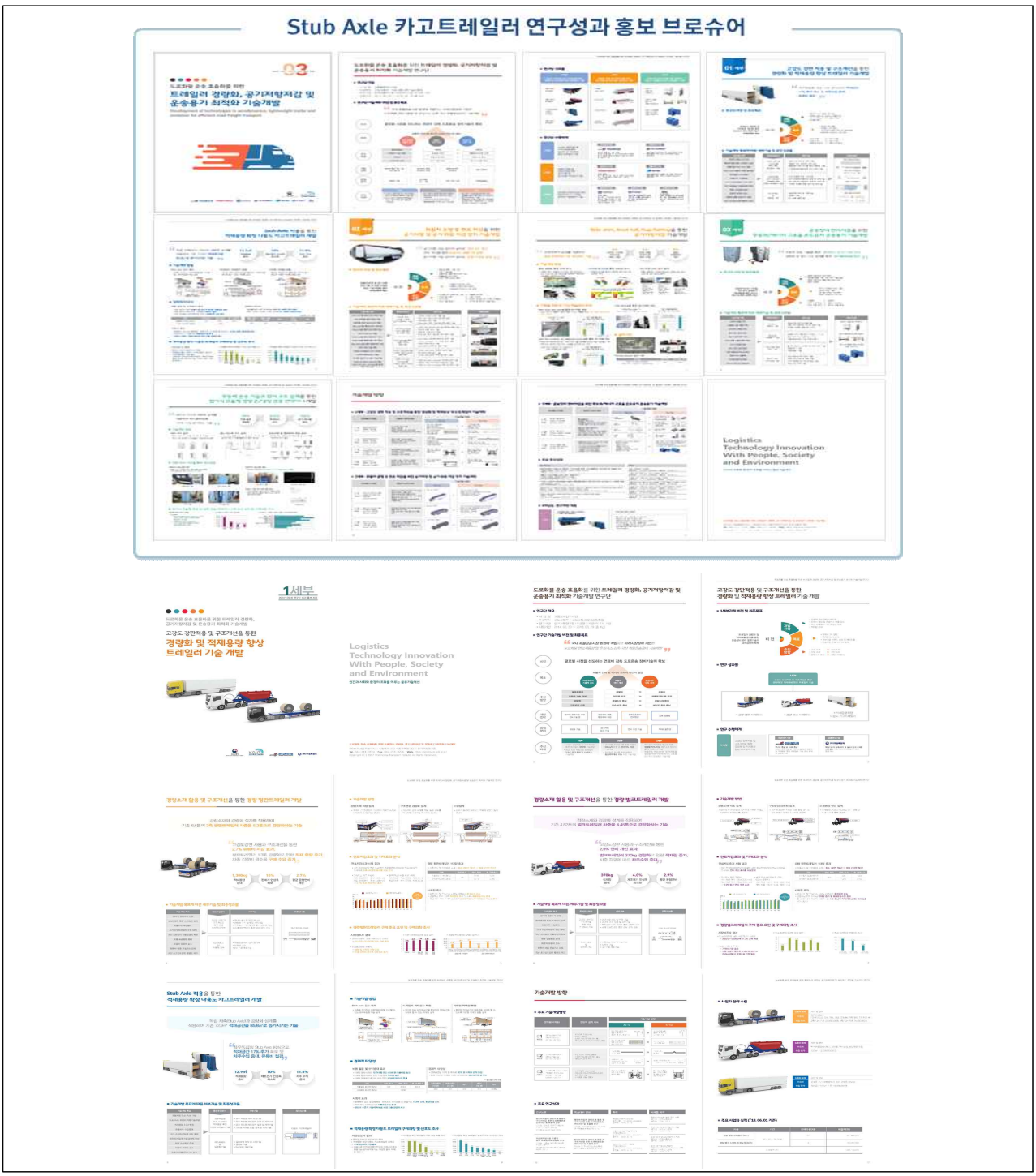
<그림 3-111> 연구성과 논문 게재



<그림 3-112> 개발기술 홍보를 위한 전시행사 참가



<그림 3-113> 연구성과 홍보를 위한 시제품 모형 제작



<그림 3-114> 연구성과 홍보를 위한 브로셔 제작

□ **적재용량 확장 카고트레일러 기술 실용화**

○ 적재용량 확장 카고트레일러의 시장 보급력 향상을 위해 제작 단계에서 실수요자의 니즈를 반영하여 목적성과 활용성 증대시킴

- Stub axle 기술 적용을 통해 확보된 축 사이 공간(약 2.9㎥)의 활용성을 극대화시키기 위하여 적재함을 분할 설계하였으며, 이를 통해 적재 대상품목을 다양화 및 적재편의성 향상을 도모함

- 적재함 상판을 약 15톤의 하중을 안정적으로 지지하면서도 자체동력을 이용해 상판의 상하이동 가능하도록 설계함으로써, 화물의 2단 적재나 가벼운 화물의 추가적재 등 다양한 용도로 활용할 수 있도록 함

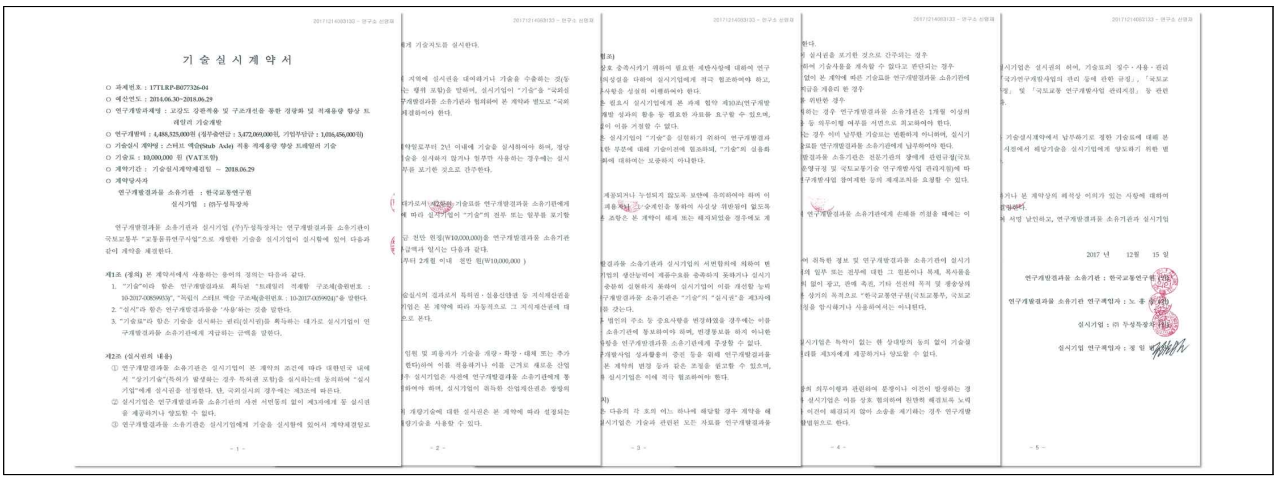
  · '18년 6월 기준 수요처 1곳(현대그린푸드)에 적재용량 확장 카고트레일러의 비용견적을 발행함

○ 국토교통부 "교통물류연구사업" 중 「고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술 개발」 과제의 참여기업인 ㈜두성특장차와 주관연구기관인 한국교통연구원 간 기술이전을 실시함

- 에너지 소비를 저감하는 국산화기술 확보를 위해 화물자동차 경량화 및 적재효율 증대를 목표로 스터브 액슬(Stub Axle) 적용 적재용량 향상 트레일러의 연구개발을 추진하였으며, 연구개발 결과로 획득한 관련 특허 2건(출원번호 10-2017-00859933 및 출원번호 10-2017-0059924)에 대한 기술이전을 실시

- 기술실시 계약명 : 스터브 액슬(Stub Axle) 적용 적재용량 향상 트레일러 기술

- 계약일 : 2017.12.15



기 술 실 시 계 약 서

<그림 3-115> 기술실시계약 체결

(3) 경제적 타당성 분석

(가) 개요

○ 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술 개발을 통해 17% 이상의 적재부피 증가로 파생되는 실제 운행횟수 감소 또는 운행대수 감소 효과를 산정하고 이에 따른 사업성 및 경제성 분석을 수행함

- 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비개선 기술의 사업성을 분석하기 위하여 차량 무게 감소와 화물자동차의 운행횟수 감소에 따른 지출 절감 효과와 적재용량 증가에 따른 수입 증대 효과를 분석함
- 도로화물운송 부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술의 경제성을 분석하기 위하여 기존 적재함 트레일러가 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러로 전환시 발생되는 사회적 편익 및 비용을 통해 경제성 분석을 수행함

(나) 사업성 분석

□ **시나리오 설정**

○ 사업성 분석에서는 차주가 적재함 확장 좌우독립축 트레일러를 구매 시 소요되는 추가비용 지출분과 경제적인 수입분을 비교하여, 사업적인 측면에서 적재함 트레일러에 대한 각 차주의 투자가 타당한지 검토함

<표 3-69> 시나리오 설정내역

구분			분석내용	필요자료
시나리오 1	지출 효과	공차운행에 따른 연료소비량 감소 효과	▪ 공차운행시, 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 경량화에 따른 유류비 절감 효과	▪ 월평균 운행횟수, 일평균 공차운행거리, 평균연비, 경유가격 등
시나리오 2		운행횟수 감소 효과	▪ 총 물동량이 동일할 경우, 운행횟수 감소에 따른 유류비, 통행료, 주차비, 숙박비, 수리비, 타이어비 절감 효과	▪ 평균적재 비율, 월평균 영차 운행횟수, 유류비, 타이어비 등 지출액 등
시나리오 3	수입 효과	적재부피 증가 효과	▪ 적재용량이 확장되어 총물동량 증가에 따른 수입(매출액)증가 효과	▪ 평균적재가능용량, 월평균 영차 운행횟수, 적재비율, 월평균 운송수입(매출액) 등

□ **사업성 분석 결과**

○ 본 연구는 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 1대에 대해 공차와 영차의 기대효과를 분석함. 공차에 대한 기대효과는 시나리오 1을 의미하며, 시나리오 2와 3은 영차에 대한 기대효과를 나타냄

○ 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 1대당 연간 총 지출 감소액은 567.1만원/년으로 분석됨

- 경량화로 인한 공차시 연간 유류비 지출 감소액은 12.5만원으로 기존 지출 대비 1.54% 감소하였으며, 영차시 지출비용 절감액은 554.6만원으로 기존 지출액 대비 12.1% 절감할 수 있는 것으로 분석됨

○ 적재부피 증가로 인한 수입증대 효과는 연간 총 1,282.9만원으로 분석됨

- 공차시 연간 유류비 지출 감소액은 14.6만원으로 기존 지출 대비 1.54% 감소, 영차시 수입증대 효과는 연간 1,268.3만원으로 차량당 차주 수입이 기존 대비 11.5% 증가 효과가 있는 것으로 분석됨

○ 지출절감 효과 및 수익증대 효과 분석 결과를 검토하였을 때 각각 연간 약 567만원과 1,283만원의 비용절감과 수익증대효과가 기대되므로 차량구입시 추가금액은 단시간내로 회수가능하여 사업성이 높은 기술개발로 평가됨

<표 3-70> 시나리오별 기대효과 분석결과

구분		공차	영차	총기대효과
시나리오 1_1+2	지출절감 효과(원/년)	124,745	5,546,182	5,670,927
시나리오 1_2+3	수익증대 효과(원/년)	145,536	12,683,077	12,828,613

(다) 경제성 분석

□ 적재함 트레일러 장래 수요 예측

○ 본 연구는 경제성 분석을 위해 기존 적재함 트레일러의 적재 부피 증가를 통해 화물을 추가로 적재하는 것이 가능하며, 동일 물동량에 대해 적은 트레일러 대수로 화물 물동량 처리가 가능하다고 가정함

- 피견인차 등록대수 중 적재함 트레일러는 연평균 4.8% 증가율[28]을 보이고 있으며, 이 증가율을 장래 등록대수 산정에 적용하였음
- 기존 적재함 트레일러가 본 연구의 개발품으로 전환하는 대수를 산정하기 위해서 장래 적재함 트레일러 추정 결과, 차령분포 및 트레일러 구매의향을 활용함
  · 구매의향은 20%로 가정하였으며, 경제성 분석 민감도 분석의 변수로 활용함
  · 차령 분포는 최초 5년간은 '10년 초과'의 차량들이 신규 트레일러 교체 대상으로 가정하였으며, 5년 뒤부터는 '5년 초과~10년 이하' 차령을 가진 차량들이 교체 대상으로 설정하는 방법을 택했음
- 교체 대상 차량 산정은 노후 차량으로 교체되는 차량과 시장성장에 따른 신규 등록차량[29]을 대상을 모수(교체가능대수)로 가정하고, 여기에 구매의향 20%를 적용하여 산정하였음

<표 3-71> 적재함 트레일러 장래 예측 및 전환대수 산정 결과

구분	2016년	2020년	2025년	2030년	2033년
적재함 트레일러 대수(대/년)	4,556	5,493	6,940	8,768	10,088
개발품 전환 대수(대/년)	-	106	145	125	193
편익 발생 대수(대/년)[30]	-	26	107	183	245

□ 편익 추정 결과

○ 본 연구에서는 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)」(KDI, 2008)을 적용하여 원단위를 계산하고, 본 분석에서의 편익은 항목별로 목표년도에 따라 연간 편익을 산정한 결과는 다음과 같음

○ 편익추정 결과 혼잡비용 절감편익, 소음 절감편익, 도로유지 관리비용, 운행비용 절감편익, 대기오염 절감편익 순으로 나타났으며, 15년간 사회적 편익은 3,823.6백만원으로 나타남

28) 2011년~2015년의 연평균 증가율
29) 시장성장에 따른 신규등록차량은 장래 2016년 차량을 제외한 연차별 증가분임
30) 편익 발생 대수 = (기존 운행횟수*개발품 누적대수)-(개발품 운행횟수*개발품 누적대수)

<표 3-72> 편익 추정결과

(단위: 백만원/년)

구 분	운행비용 절감편익	통행시간 절감편익	교통사고 절감편익	대기오염 절감편익	소음절감 편익	혼잡비용 절감편익	도로유지 관리절감	합계
2019년	1.97	1.58	0.22	1.59	9.86	13.00	2.19	30.42
2020년	3.93	3.16	0.45	3.19	18.85	26.00	4.38	59.95
2021년	5.90	4.74	0.67	4.78	27.01	39.00	6.57	88.67
2022년	8.47	6.80	0.97	6.86	37.05	56.00	9.43	125.59
2023년	11.04	8.87	1.26	8.95	46.15	73.01	12.30	161.56
2024년	13.61	10.94	1.56	11.03	54.35	90.01	15.16	196.65
2025년	16.18	13.00	1.85	13.11	61.72	107.01	18.02	230.90
2026년	18.90	15.19	2.16	15.32	68.87	125.01	21.05	266.51
2027년	21.02	16.89	2.40	17.04	73.13	139.01	23.41	292.90
2028년	23.28	18.71	2.66	18.87	77.36	154.01	25.94	320.84
2029년	25.40	20.41	2.90	20.59	80.57	168.01	28.30	346.19
2030년	27.67	22.24	3.16	22.43	83.79	183.01	30.82	373.12
2031년	30.09	24.18	3.44	24.39	86.98	199.02	33.52	401.62
2032년	33.57	26.98	3.84	27.21	92.67	222.02	37.39	443.67
2033년	37.04	29.77	4.23	30.03	97.66	245.02	41.26	485.02
합계	278.06	223.47	31.78	225.39	916.02	1,839.15	309.73	3,823.60

□ **비용 추정 결과**

○ 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러의 경제성 분석을 위한 비용은 연차별 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 개발 R&D 비용 중 정부출연금 기준으로 산정하였으며, 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 개발은 총 3차년도에 걸쳐 진행됨

<표 3-73> 대안별 비용추정 결과(정부출연금)

(단위: 백만원/년)

구분	2016년	2017년	2018년
시장분석 및 기술대안 검토, 조사 분석 및 설계	327.0	12.0	
기술 모듈 개발 및 시제품 제작		419.1	
테스트베드 구축 및 검증, 실용화		179.2	110.5
합계	327.0	610.3	110.5

□ **경제성 분석 결과**

○ 경제성 분석에 있어 편익과 비용 산정의 기준년도는 2016년, 사회적 할인율은 5.5%로 가정하였으며, 분석기간은 시제품 제작 기간 3년과 개발 완료 후 15년을 반영하여 총 18년으로 설정함

○ 이러한 가정 하에 수행된 경제성 분석 결과, B/C가 2.01, NPV 1,010.04백만 원, IRR 12.84%로 모두 경제적 타당성을 확보하는 것으로 분석됨

<표 3-74> 경제성 분석 종합 결과

구분	분석결과
총 할인편익(백만원)	2,014.73
총 할인비용(백만원)	1,004.69
B/C	2.01
NPV(백만원)	1,010.04
IRR(%)	12.84

□ 민감도 분석 결과

○ 경제성 분석 결과를 도출하기 위해 구매의향을 적용시 조사된 자료가 아니라 가정을 하였기에 구매의향에 대한 민감도 분석을 실시함

○ 민감도 분석은 구매의향을 5~25%까지 5% 단위로 변경해가면서 경제성 분석을 실시하였고, 그 결과 향후 15년간 최소 10%만 구매해도 B/C결과가 1.0 이상으로 본 개발품은 경제성이 있는 것으로 분석되었음

<표 3-75> 구매의향 민감도 분석 결과

구분	5%	10%	15%	20%	25%
총 할인편익(백만원)	511.18	1,012.12	1,512.82	2,014.73	2,516.90
총 할인비용(백만원)	1,004.69	1,004.69	1,004.69	1,004.69	1,004.69
B/C	0.51	1.01	1.51	2.01	2.51
NPV(백만 원)	-493.51	7.43	508.12	1,010.04	1,512.21
IRR(%)	-0.7%	5.6%	9.7%	12.8%	15.5%

(4) 법제도 개선 방안 검토

(가) 국내 대형 트럭 트레일러 제조 규격 및 안전 관련 법제도

○ 「자동차관리법」에 의거하여 화물자동차(대형트럭 또는 트레일러)의 유형이 구분되고 이에 따라 각 유형의 차량이 제작(또는 조립)되면, 제작자는 동법(제22조)과 시행규칙(제14조제1항)을 자동차 차대번호를 부여하여 등록해야 하는데, 차종별 구체적인 차대번호 부여 방법은 '자동차 차대번호 등의 운영에 관한 규정(별표 1, 별표 2)'에 따르도록 하고 있음

- 현행「자동차관리법」에서는 국내 자동차 제작사에게 차량 제작의 자율성을 부여하는 동시에 제작결함에 의한 (안전)사고에 대한 책임을 전적으로 묻기 위한 방안으로 자동차 자기인증 제도를 운영 중임

○ 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」(국토교통부령 제386호, 2017.1.9. 일부개정, 2018.1.10. 시행) 제116조에는 주무부처(국토교통부) 장관이 관련 기준 시행에 필요한 세부기준 및 시험방법 등을 고시하도록 정하고 있음

○ 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준 시행세칙」(국토교통부 고시 제2017-558호, 2017.10.10., 일부개정, 2017.10.10 시행)에 따라, 동 세칙 제3조 2항에는 운행 자동차의 안전기준을 [별표 2]에 따라 설정하도록 하고 있음

○ 행「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준 시행세칙」-[별표 2]는 제15항에서 자동차의 최대적재량, 제25항에서 자동차의 중량 측정 방법 및 안전기준을 다음과 같이 정리하고 있는데, 이 방식이 대형 트럭 및 트레일러 제작에 일괄 적용되고 있음

(나) 국외 대형 트럭 · 트레일러 제조 규격 관련 법제도

□ 미국

○ 미국은 중앙정부(U.S Department of Transportation) 산하의 독립기구인 Federal Highway Administration에서 미국 육상교통효율화법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, 이하 ISTEA)에 의거하여 상용 화물트럭의 크기에 관한 규정을 적용하고 있음

- 각 주별로 화물자동차 최대 폭과 차량길이를 제한하고 있는데, 차량 폭의 최대 허용치는 하와이주(2.74m, 108 inches)를 제외하고 대부분 2.6m(102 inches) 이내이며, 연결차량 길이의 최대 허용치도 대부분 20m 이하임

○ 미국 Federal Highway Administration에서는 ISTEA에 의거 고속도로 운행의 최대 중량을 일반적으로 80,000 pounds(약 36.3톤)로 제한하고 있는데, 총 중량에 대한 규제뿐만 아니라 화물차량의 축수와 축간거리에 따른 운행 제한기준을 다르게 적용

- 각 주별로 화물자동차 중량 관련 운행제한 기준이 다소 상이한데, 축하중 운행제한 기준은 단일축일 경우 8.2~10.2톤이고 총중량톤 운행제한 기준은 31.8~38.8톤으로 설정

□ 일본

○ 가장 보편적인 트렉터-트레일러 유형은 2축 트렉터와 2축 트레일러로 구성된 형태로 연결차량의 최대 허용길이는 18.0m, 폭은 2.5m, 높이는 3.8m로 제한하고 있음

○ 축하중 최대치는 단일축 기준으로 윤하중은 5.0톤, 일반축은 10.0톤을 적용하고 있으며, 2개 축(탠덤축)일 때는 축간거리가 1.8m 미만인 경우에는 18톤, 축간거리가 1.8m 이상이면서 개별 축하중이 9.5톤 이하일 경우에는 19톤을 적용함

○ 일본에서는 특별 5개 차종에 대해 도로유형(고속, 지정, 기타)에 따라 특별 허가기준을 제시하고 있는데, 일본 역시 축간거리에 따라 총중량의 기준을 다르게 함으로써 화물자동차가 도로에 주는 부하를 관리하고 있으며, 최대 허용 총중량도 36.0톤을 초과하지 못하게 하고 있음

□ 유럽 연합

○ 유럽연합 지역에서 가장 보편적인 트렉터-트레일러 유형은 2축 트렉터와 3축 트레일러로 구형된 형태로 연결차량의 최대 허용길이는 18.75m, 폭은 2.55m, 높이는 4.0m로 제한하고 있음

○ 축하중 최대치는 단일축 기준으로 구동축은 11.5톤, 일반축은 10.0톤을 적용하고 있으며, 2개 축(탠덤축)일 때는 축간거리가 1.8m 이상인 경우에만 20톤을 적용하고 그 이하는 16~18톤을 적용함

○ 3개축 이상일 경우, 축간거리가 1.3m 이하일 때는 21톤 1.3m를 초과하는 경우에는 24톤까지 허용하는데, 이처럼 총중량과 축중량에 축간거리 개념을 적용하여 화물자동차가 도로에 주는 부하를 관리하고 있음

제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

1. 연구 수행 방법

가. 풍동실험을 이용한 공기역학적 성능평가

(1) 풍동실험 배경 및 필요성

(가) 풍동실험의 배경

- 풍동은 원형(proto-type)을 일정비율로 축소시킨 모형(model)을 적당한 유속으로 조절된 공기 흐름 속에 두어 실제 상황과 유사한 유동 조건을 인위적으로 만들어줌으로써 모형에서 얻어진 결과로 실제 현상을 예측하는 유체역학의 주요 연구수단
- 난류유동 및 경계층 유동과 같은 유체역학의 기초 연구와 항공기, 자동차와 같은 운송체 주위의 유동해석 및 건축구조물에 미치는 공력해석, 오염물질의 대기 확산 현상과 같은 환경공학 분야, 수력학 및 선박 그리고 해양구조물의 연구 등과 같은 많은 응용분야에 사용됨
- 유체역학 연구자들은 19세기부터 풍동을 제작하여 사용하고 있으며, 현재는 군사용, 연구용, 산업용 등으로 그 용도에 따라 다양하게 풍동을 개발, 이용하고 있음
- 일반적으로 소형풍동은 유동가시화 및 유동의 개략적인 특성파악에는 사용가능하나, 공력설계를 위한 세부실험을 수행하거나, 유동의 근본적 원리를 규명하는 연구에는 부적합
- 보다 정확한 결과를 얻기 위해서 시험부의 크기가 큰 대형풍동이 필요

(나) 풍동실험의 필요성

- 풍동실험은 자동차의 공기역학적 설계 시 필요한 다양한 공력(aerodynamic force) 정보를 제공
- 실차(full-scale vehicle)크기의 풍동을 사용하는 것이 이상적이나 이는 무척 많은 비용과 실험준비의 난이도 때문에 초기개발 단계에서는 축소모형을 이용하여 풍동실험을 하는 것이 일반적
- 축소모델 풍동실험은 저저항 운송체 개발에 소요되는 비용을 크게 절감할 수 있고, 실차 실험에 비해 운용이 손쉬운 편이기 때문에 새로운 운송체 개발에 있어서 필수적
- 축소모형 풍동실험에 있어서 기하학적 상사성과 동적 상사성(dynamic similarity)을 만족시켜야 함
- 축소모델을 이용한 풍동실험을 통해 공력측정 및 유동장 분석이 가능
- 수치해석방법과는 차별화된 실제와 매우 유사한 결과를 얻을 수 있음

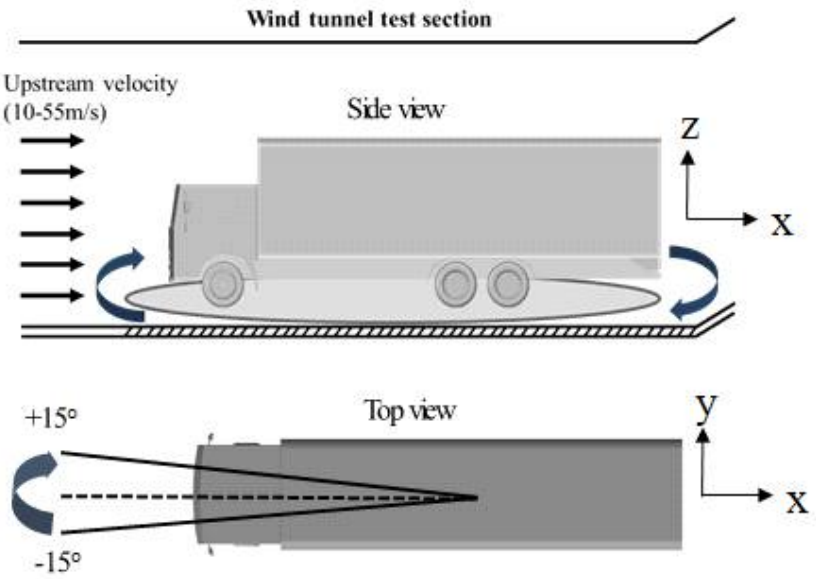
(2) 실험장치 및 방법

(가) POSTECH 아음속 풍동

- 1995년 준공된 포스텍 아음속 풍동은 유체역학적 기본 현상에서 실생활에 일어나는 제반 유체역학 관련 현상을 연구할 수 있도록 설계된 풍동
- 자동차와 기차와 같은 운송체의 공력 실험에 적합
- 폐쇄형(closed circuit)으로 전체크기 높이 6m, 폭 14m, 길이 37m를 가짐
- 시험부(test section)의 높이 1.5m, 폭 1.8m, 길이 4.3m
- 최저풍속: 5m/s, 최대풍속: 75 m/s
- 수축비: 9:1
- 난류강도(turbulence intensity)는 0.2%, 균일도 (flow uniformity)는 0.25%로 운송체 공력 실험에 적합한 풍동

(나) 공력 측정용 external balance

- 자동차 차체에 걸리는 힘과 모멘트와 같은 공력을 측정하기 위해서는 차체에 작용하는 풍하중을 정밀하게 측정하여야 함
- 포스텍 아음속풍동에 설치된 external balance는 독일항공우주연구청(DLR) Braunschweig 분소에서 자동차 공력측정용으로 제작한 7-component balance
- 측정범위: X=±500N, Mx=±500Nm, Y=±1000N, My=±600Nm, Z=±4000N Mz=±200Nm
- 정확도: 0.2% of full scale dX=1N, dY=2N, dZ=8N
- 분해능: 0.01N 이하
- External balance 아래에 turn table을 설치하여 측풍이 불어올 경우에 대한 풍동 실험이 가능함 <그림 3-1>



<그림 3-116> Yaw angle 조절을 위한 turn table 개략도

(다) 실험 대상 및 모형

○ 국내에서 가장 많이 사용하는 화물자동차인 15톤, 40ft 트럭을 대상으로, 차체에 사이드 스커트와 같은 유동제어용 부가장치를 차체에 설치

○ 화물차의 상부에 걸리는 형상저항(pressure form drag), 차체 하부에서 발생하는 공기저항, 그리고 차체 후미부에서 발생하는 유동박리에 기인한 공기저항을 제어함으로써 화물차의 공기저항 저감을 연구

○ 공기역학적인 해석을 통해 화물차의 항력감소 메커니즘을 밝히고 저저항 운송체의 공력 설계기술을 개발

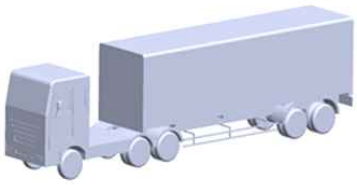
○ 본 연구에서는 사이드 스커트의 형상 및 각도등 다양한 실험변수를 변화시키면서 화물차에 걸리는 항력계수 (C_D)값을 측정

- 국내에서 가장 많이 운행되고 있는 H사의 15톤 트럭 및 S사의 40ft 트레일러 차량의 외형을 실제로 측정하여 다시 역설계하는 방식으로 3차원(3D) 모델을 얻은 후, 이를 바탕으로 풍동 시험부의 폐색율(blockage ratio, 풍동의 단면적에 대해 모형의 단면적이 차지하는 비율)이 기준 이하가 되는 크기의 축소 모형을 제작

- 각각의 구체적인 형태 및 축소 비율, 폐색율은 <그림 3-2>에 나타냄

○ 화물차는 차체 단면적에 비해 길이가 길어 측풍의 영향이 크고 유동에 기인한 진동(flow-induced vibration)이 발생하여 주행 안정성이 감소할 수 있음

○ 측풍이 화물차에 불어오는 경우를 모사하여 풍동 바닥면에 설치된 turn table을 이용하여 yaw angle(Φ)을 +15°~ -15°까지 변화시켜가면서 차량에 걸리는 공력특성 변화를 분석함

실험 대상 모형			
실험대상	15 ton 현대 Trago Xcient		40ft SCANIA G440
실제크기(m)	12(L) x 2.5(B) x 3.3(H)		18(L) x 2.5(B) x 4(H)
실험모형			
모형 scale	Force measurement	1/8	1/8
	PIV experiment	1/15	
폐색율 (Blockage ratio)	Force measurement	4.7%	5.7%
	PIV experiment	6.5%	

<그림 3-117> 실험 대상 화물차 모델 및 사양

- 풍속은 임계 레이놀즈 수(Reynolds) 영역을 넘는 25m/s(=90km/h)로 고정하여, 3회 반복 측정한 데이터를 통계 처리하여 평균값을 사용하였음
- 화물차에 미치는 항력(F_D), 항력계수(C_D), 측력(F_S), 횡풍측력계수(C_S)는 다음과 같이 정의하였음

$$F_D = F_x \times \cos(\Phi\frac{\pi}{180}) + F_y \times \sin(\Phi\frac{\pi}{180})$$

$$C_D = \frac{Drag\,\mathrm{force}}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

$$F_s = F_y \times \cos(\Phi\frac{\pi}{180}) + F_x \times \sin(\Phi\frac{\pi}{180})$$

$$C_s = \frac{|Side\,\mathrm{force}|}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

나. 수치해석을 이용한 공기역학적 성능평가

(1) 큰에디모사 (large-eddy simulation)

○ 지배방정식 및 수치해석 방법

- 유체의 운동량 및 질량 보존에는 Navier-Stokes equation을 이용하며, 식은 다음과 같음

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\nu(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}))$$

○ 지배방정식

- 위의 Navier-Stokes equation을 필터링하여 큰에디(large-eddy)는 직접 계산하고, 작은 스케일의 에디는 모델링

- Filtered Navier-Stokes equation (¯ :필터 연산)

$$\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial t} + \frac{\partial \overline{u_i}\,\overline{u_j}}{\partial x_j} = -\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\nu\left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i}\right)\right) - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j},$$

$$(\tau_{ij} = \overline{u_i u_j} - \overline{u_i}\,\overline{u_j})$$

○ 수치해석 기법

- Incompressible LES solver
- Unstructured solver
- Fully-implicit fractional method에 기반한 시간 전진
- Crank-Nicolson method를 이용한 시간 차분
- 2nd-order central difference를 이용한 공간 차분
- Dynamic Vreman global equlibrium subgrid-scale (SGS) model

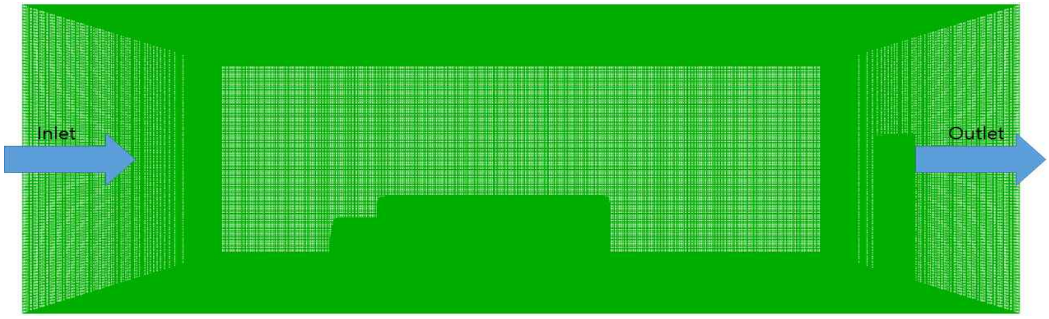
□ 수치해석 도메인

○ 수치해석 도메인 생성

- 길이 34.4m, 높이 12m, 폭 24.4m 인 실제 크기의 수치해석 풍동 생성 및 계산 수행
- Local refinement의 방법으로 화물차량 부근 격자(grid) 조밀도를 높임. 약 1300~1600만개 내외의 셀을 갖는 격자 생성

○ 경계조건 및 상수

- Inlet velocity: 90km/h (25m/s)
- Outlet: local acceleration + convection = 0
- Wall(풍동 외벽, 화물차 표면): no-slip condition
- Kinematic viscosity = 1.568 x 10^{-5}
- CFL(무차원 시간간격) = 5.0



<그림 3-118> 수치해석 풍동과 경계조건의 예시 (15ton 화물차량)

□ 격자 생성

○ <표 3-76>과 같은 셀 개수를 가지는 계산 격자 생성

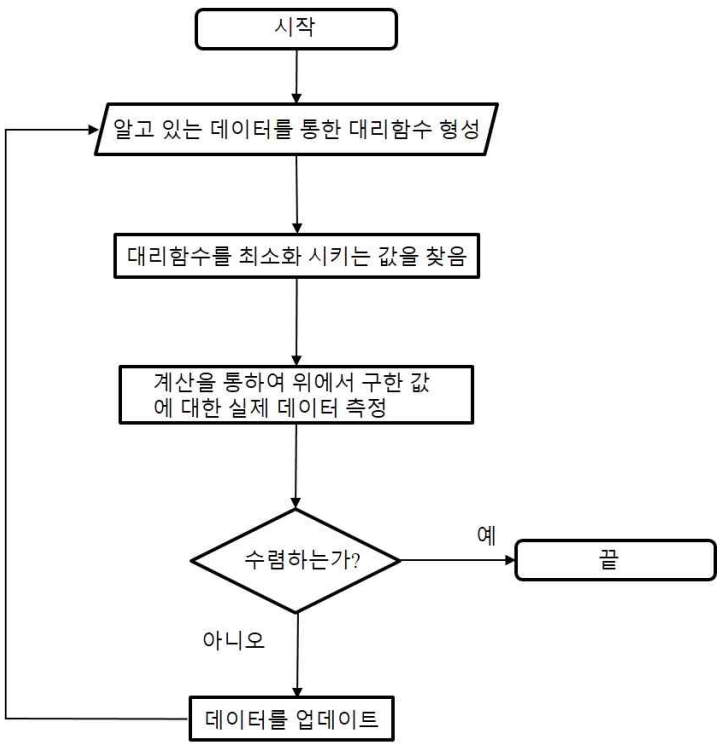
<표 3-76> 모델별 격자의 셀 개수

구분	15톤 모델	40ft 모델	5톤 모델
셀 개수	약 1500만	약 1600만	약 1300만

(2) 최적화 방법론

□ Surrogate Management Framework를 이용한 최적화 분석

○ 실제 연속적인 함수를 구하기 위한 계산 또는 실험 비용이 상당하므로, 실제 함수와 비슷한 형태를 가지는 대리 함수를 구하고, 구해진 대리 함수를 이용하여 최적의 값을 찾는 방법을 Surrogate Management Framework(SMF)이라고 함



<그림 3-119> Surrogate Management Framework의 알고리즘

2. 사이드 스커트를 통한 공기저항 저감 및 운행안정성 향상 기술 개발

가. 풍동실험을 이용한 공기역학적 성능평가

(1) 15ton 화물차량 모델에 대한 실험 결과

□ **표준형 및 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 효과**

○ 기본 15톤 트럭 모델에서 안전바 (safety bar)를 제거한 후, 사이드 스커트를 장착한 경우에 대한 항력계수 변화를 <그림 3-5>에 나타냄

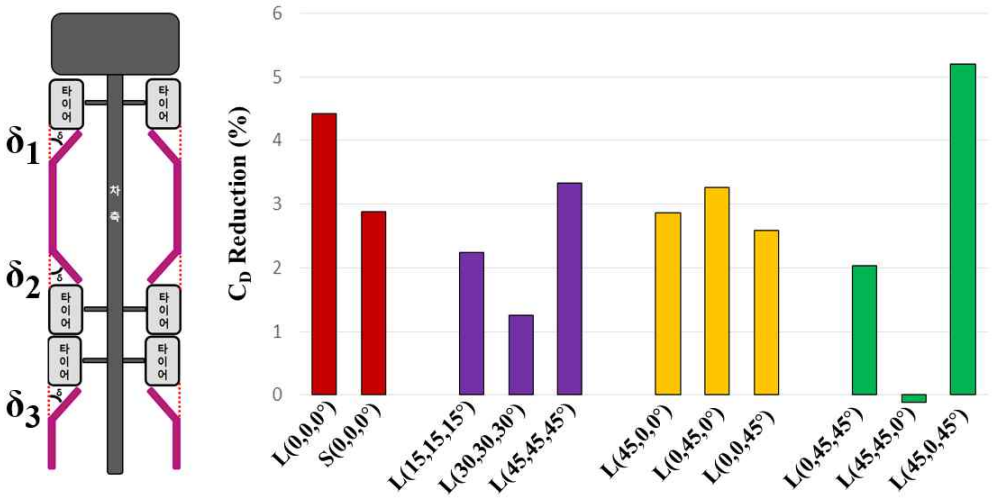
○ 표준형 사이드 스커트(지상고 20cm, 이하 S형으로 표기)의 경우, 현재 일반적으로 운행되는 것과 같이 안전바가 달린 기본 모델에 비해 항력계수가 2.88% 줄어듦. 스커트의 폭을 지상고 15cm까지 넓힌 경우(이하 L형으로 표기), 항력계수의 감소는 4.42%로 S형에 비해 공기저항이 크게 줄어듦

○ 사이드 스커트를 장착하게 되면 차량 하부에서 발생하는 와류(주된 흐름과 반대 방향으로 소용돌이치는 흐름)의 생성을 억제함. 특히 타이어와 스커트 사이의 유동을 막아 공기저항력이 줄어드는 것으로 보임

○ 타이어와 차체 안쪽으로 일정한 각도(δ)로 꺾여 들어온 플랩을 부착한 사이드 스커트의 경우, 들임각($\delta_1,\delta_2,\delta_3$)들의 조합에 따라 공기저항력이 줄어드는 효과가 다르게 관찰됨

- 실험 결과, 지상고 15cm에서 들임각 δ_1=45°,δ_2=0°,δ_3=45°으로 조합한 경우 <그림 3-5>에서 L(45°,0°,45°)로 표기), 항력계수(C_D)값이 0.674로, 안전바가 장착된 기본 모델에 비해 5.2% 줄어듦

- 이러한 결과는 들임각이 없는 표준형 사이드 스커트 (S(0°,0°,0°))와 비교하여 항력계수가 줄어든 정도가 약 80.5% 향상되었음을 나타냄. 이것은 사이드 스커트의 꺾인 플랩이 타이어 후방에서 생성되는 와류를 억제하고, 사이드 스커트와 플랩 안쪽에서 생성되는 압력 차이에 기인하여 차량을 주행 방향으로 밀어주는 힘을 받기 때문으로 보임



<그림 3-120> 표준형 및 플랩 사이드 스커트의 항력 감소 효과

(2) 40ft 화물차량 모델에 대한 실험 결과

□ **표준형 및 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 효과**

○ 기본 40ft 트레일러 모델에서 안전바 (safety bar)를 제거하고 사이드 스커트를 장착한 경우에 대한 항력계수 변화를 <그림 3-6>에 나타냄

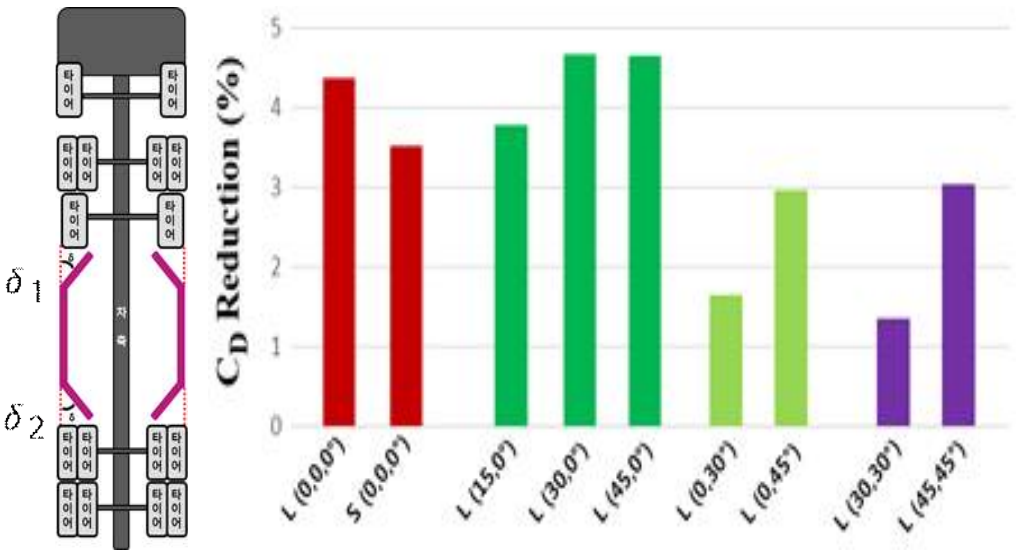
○ 표준형 사이드 스커트(지상고 20cm, 이하 S형으로 표기)의 경우, 현재 일반적으로 운행되는 것과 같이 안전바가 달린 기본 모델에 비해 항력계수가 3.51% 저감됨. 스커트의 폭을 지상고 15cm까지 넓힌 경우 (이하 L형으로 표기), 항력계수의 감소는 4.36%로 S형에 비해 공기저항 저감 효과가 크게 나타남

○ 사이드 스커트를 장착하게 되면 차량 하부에서 발생하는 와류(주된 흐름과 반대 방향으로 소용돌이치는 흐름)의 생성을 억제함. 특히 타이어와 스커트 사이의 유동을 막아 공기저항력이 줄어드는 것으로 보임

○ 타이어와 차체 안쪽으로 일정한 각도(δ)로 꺾여 들어온 플랩을 부착한 사이드 스커트의 경우, 들임각(δ_1,δ_2)들의 조합에 따라 공기저항력이 줄어드는 효과가 다르게 관찰됨

- 실험 결과, 상고 15cm에서 들임각 δ_1=45°, δ_2=0° 조합의 경우<그림 3-9>에서 L(45°,0°)로 표기), 항력계수(C_D)값이 0.743으로, 안전바가 장착된 기본 모델에 비해 4.65% 줄어듦

- 이러한 결과는 들임각이 없는 표준형 사이드 스커트 (S(0°,0°,0°))와 비교하여 항력계수가 줄어든 정도가 약 32.9% 향상되었음을 나타냄. 이것은 사이드 스커트의 꺾인 플랩이 타이어 후방에서 생성되는 와류를 억제하고, 사이드 스커트와 플랩 안쪽에서 생성되는 압력 차이에 기인하여 차량을 주행 방향으로 밀어주는 힘을 받기 때문으로 보임



<그림 3-121> 표준형 및 플랩 사이드 스커트의 항력 감소 효과

나. 수치해석을 통한 공기역학적 성능평가

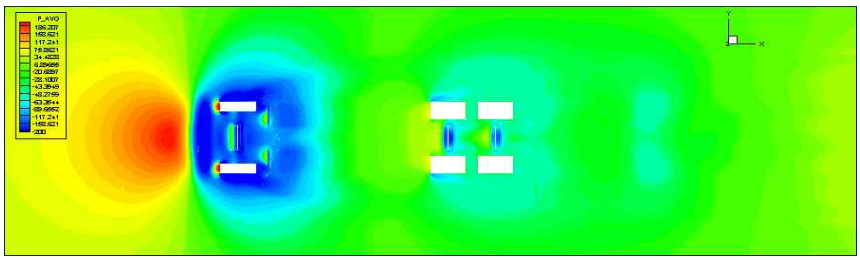
(1) 15톤 화물차 모델에 대한 수치해석 실험 결과: 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 효과

□ **시간 평균 압력장의 유동장 결과**

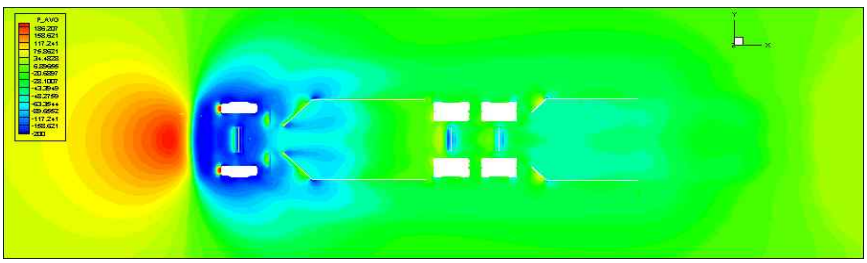
○ (45°, 0, 45°)로 꺾인 플랩형 사이드 스커트는 유동의 가이드 역할을 하여, 앞바퀴 부근에서 발생하는 박리 유동의 영향을 억제. 사이드 스커트의 아래에서 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면에서의 압력장을 도시화

○ 기본 모델에서는 유동의 상류와 하류 압력 차이가 극심했던 반면, 사이드 스커트를 부착한 모델에서는 상류와 하류의 압력 차이가 완화되어 형상 저항에 의한 항력을 감소시킨 것으로 판단됨

○ 특히, 바퀴 샤프트 부분의 전·후면 압력강하가 사이드 스커트 장착 모델의 경우 기본 모델에 비해 감소함을 확인할 수 있는데, 이 또한 항력계수를 저감시키는 요인이 됨을 확인



<그림 3-122> 기본 모델의 시간 평균 압력장 (사이드 스커트 높이 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면의 contour)



<그림 3-123> 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 부착 모델의 시간 평균 압력장 (사이드 스커트 높이 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면의 contour)

□ **항력계수 비교**

○ 90km/h 로 주행 시, 부착물이 없는 기본 모델과 사이드 스커트를 부착한 모델 주위 유동을 LES를 이용하여 항력계수 계산

○ 실제 시간으로 15초 동안의 수치해석 수행. 난류가 충분히 발달된 시간 범위를 평균하여 항력계수를 도출

○ 사이드 스커트를 부착함에 따라 항력계수가 감소하는 경향성 확인

<표 3-77> 15톤 화물차의 사이드 스커트의 유무에 따른 항력계수 비교

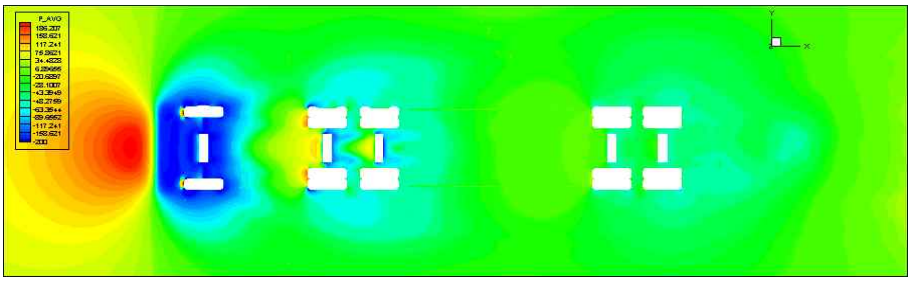
15톤 화물차	항력계수(실험)	항력계수(수치해석)	오차
기본 모델	0.712	0.710	0.3%
사이드 스커트 부착 모델	0.674	0.674	0.0%
항력계수 감소율	5.3%	5.1%	

(2) 40ft 화물차 모델에 대한 수치해석 실험 결과: 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 효과

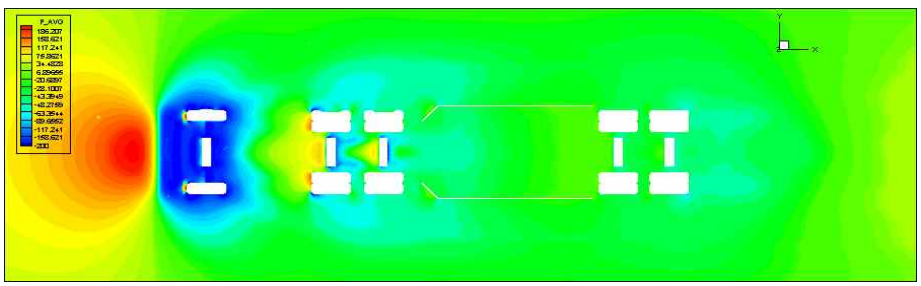
□ **시간 평균 압력장의 유동장 결과**

○ (0, 45°)로 꺾인 플랩형 사이드 스커트는 유동의 가이드 역할을 하여, 앞바퀴 부근에서 발생하는 박리 유동의 영향을 억제. 사이드 스커트의 아래에서 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면에서의 압력장을 도시화

○ 기본 모델에서는 유동의 상류와 하류 압력 차이가 극심했던 반면, 사이드 스커트를 부착한 모델에서는 상류와 하류의 압력 차이가 소량 완화되어 형상 저항에 의한 항력을 감소시킨 것으로 판단됨



<그림 3-124> 기본 모델의 시간 평균 압력장 (사이드 스커트 높이 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면의 contour)



<그림 3-125> 플랩 (angled flap) 사이드 스커트 부착 모델의 시간 평균 압력장 (사이드 스커트 높이 20% 지점을 지나는 Z축에 수직한 평면의 contour)

□ **항력계수 비교**

○ 90km/h 로 주행 시, 부착물이 없는 기본 모델과 사이드 스커트를 부착한 모델 주위 유동을 LES를 이용하여 항력계수 계산

○ 실제 시간으로 15초 동안의 수치해석 수행. 난류가 충분히 발달된 시간 범위를 평균하여 항력계수를 도출

○ 사이드 스커트를 부착함에 따라 항력계수가 감소하는 경향성을 확인

<표 3-78> 40ft 화물차의 사이드 스커트의 유무에 따른 항력계수 비교

40ft 화물차	항력계수(실험)	항력계수(수치해석)	오차
기본 모델	0.779	0.881	13.0%
사이드 스커트 부착 모델	0.743	0.859	15.7%
항력계수 감소율	4.6%	2.4%	

다. 최적화 설계

□ **플랩 사이드 스커트 모델 정의**

○ 15톤 화물차의 경우 사이드 스커트의 각도가 δ_1, δ_2, δ_3일 때, 사이드 스커트 부착 모델을 (δ_1, δ_2, δ_3)라 정의함

○ 40ft 화물차의 경우 사이드 스커트의 각도가 δ_1, δ_2,일 때, 사이드 스커트 부착 모델을 (δ_1, δ_2)라 정의함

○ 15톤 사이드 스커트의 최적화

- 사이드 스커트를 장착하게 되면 차량 하부에서 발생하는 와류(주된 흐름과 반대 방향으로 소용돌이치는 흐름)의 생성을 억제함. 특히 타이어와 스커트 사이의 유동을 막아 공기저항이 줄어드는 것으로 보임
- 타이어와 차체 안쪽으로 일정한 각도(δ)로 꺾여 들어온 플랩을 부착한 사이드 스커트의 경우, 들임각(δ_1,δ_2,δ_3)들의 조합에 따라 공기저항이 줄어드는 효과가 다르게 관찰됨
- 실험 결과, 지상고 15cm에서 들임각 δ_1=45°,δ_2=0°,δ_3=45°으로 조합한 경우, 항력계수(C_D)값이 0.674로, 안전바가 장착된 기본 모델에 비해 5.2% 줄어듦
- 이러한 결과는 들임각이 없는 표준형 사이드 스커트 (S(0°,0°,0°))와 비교하여 항력계수가 줄어든 정도가 약 80.5% 향상되었음을 나타냄. 이것은 사이드 스커트의 꺾인 플랩이 타이어 후방에서 생성되는 와류를 억제하고, 사이드 스커트와 플랩 안쪽에서 생성되는 압력 차이에 기인하여 차량을 주행 방향으로 밀어주는 힘을 받기 때문으로 보임

<표 3-79> 사이드 스커트를 부착한 15 톤 화물차 모델의 공기저항 계수 개선량

사양		공기저항 계수 (C_D)	공기저항 계수 개선량 ($\triangle C_D/C_D$)
15톤 기본 모델		0.711	-
표준형 사이드 스커트	S 형	0.690	-2.88
	L 형	0.679	-4.42
풀랩 사이드 스커트 (L형,δ1,δ2,δ3)	(15°,0,15°)	0.693	-2.54
	(30°,0,30°)	0.698	-1.78
	(45°,0,45°)	0.674	-5.20
접이식 사이드 스커트 (L형, Θ)	30°	0.683	-3.88
	45°	0.686	-3.44
	60°	0.675	-4.99
	61.2°	0.674	-5.14

○ 40ft 사이드 스커트의 최적화

- 표준형 사이드 스커트(지상고 20cm, 이하 S형으로 표기)의 경우, 현재 일반적으로 운행되는 것과 같이 안전바가 달린 기본 모델에 비해 항력계수가 3.51% 저감됨. 스커트의 폭을 지상고 15cm까지 넓힌 경우 (이하 L형으로 표기), 항력계수의 감소는 4.36%로 S형에 비해 공기저항 저감 효과가 크게 나타남
- 사이드 스커트를 장착하게 되면 차량 하부에서 발생하는 와류(주된 흐름과 반대 방향으로 소용돌이치는 흐름)의 생성을 억제함. 특히 타이어와 스커트 사이의 유동을 막아 공기저항이 줄어드는 것으로 보임
- 타이어와 차체 안쪽으로 일정한 각도(δ)로 꺾여 들어온 플랩을 부착한 사이드 스커트의 경우, 들임각(δ_1,δ_2)들의 조합에 따라 공기저항이 줄어드는 효과가 다르게 관찰됨
- 실험 결과, 상고 15cm에서 들임각 δ_1=30°, δ_2=0° 조합의 경우, 항력계수(C_D)값이 0.743으로, 안전바가 장착된 기본 모델에 비해 4.66% 줄어듦
- 이러한 결과는 들임각이 없는 표준형 사이드 스커트 (S(0°,0°,0°))와 비교하여 항력계수가 줄어든 정도가 약 32.9% 향상되었음을 나타냄. 이것은 사이드 스커트의 꺾인 플랩이 타이어 후방에서 생성되는 와류를 억제하고, 사이드 스커트와 플랩 안쪽에서 생성되는 압력 차이에 기인하여 차량을 주행 방향으로 밀어주는 힘을 받기 때문으로 보임
- 접이식 사이드 스커트의 경우, 접힌 각도(30°, 45°, 60°,62.5°)에 따라 공기저항력이 줄어드는 효과가 다르게 나타남
- 사이드 스커트의 폭이 상대적으로 넓은 L 형(지상고 15cm)의 경우 현재 시판되고 있는 S 형(지상고 20cm)에 비해 항력계수를 줄이는 효과가 크게 나타났으며, 접힌 각도 (Θ=30°,45°,60°,62.5°)를 변화시켜본 결과 60°에서 항력계수가 가장 낮았음
- 접힌 각도 Θ=60°로 설치한 경우, 항력계수는 0.741로 기본 모델 대비 항력계수가

4.98% 감소

- 접힌 각도 Θ=60°로 설치한 경우, 차체 하부에 위치한 복잡한 구조물들에 공기 흐름이 부딪히며 소용돌이치는 와류를 덜 발생시켜 차체 하부의 공기흐름을 원활해지기 때문으로 보이며, 시판 사이드 스커트 제품(S, Flat)이 공기저항력을 줄여주는 정도에 비해 약 41.8% 개선된 효과를 보임

<표 3-80> 사이드 스커트를 부착한 40ft 화물차 모델의 공기저항 계수 개선량

사양		공기저항 계수 (C_D)	공기저항 계수 개선량 ($\triangle C_D/C_D$)
40ft 기본 모델		0.779	-
표준형 사이드 스커트	S 형	0.752	-4.93
	L 형	0.745	-5.27
풀랩 사이드 스커트 (L형,δ1,δ2)	(15°,0)	0.750	-3.78
	(30°,0)	0.743	-4.66
	(45°,0)	0.743	-4.65
	(45°,45°)	0.756	-3.04
	(0,45°)	0.756	-2.95
접이식 사이드 스커트 (L형, Θ)	30°	0.744	-4.54
	45°	0.745	-4.40
	60°	0.741	-4.97
	62.5°	0.744	-4.48

라. 주행안정성

(1) 풍동실험을 통한 주행 안정성 평가

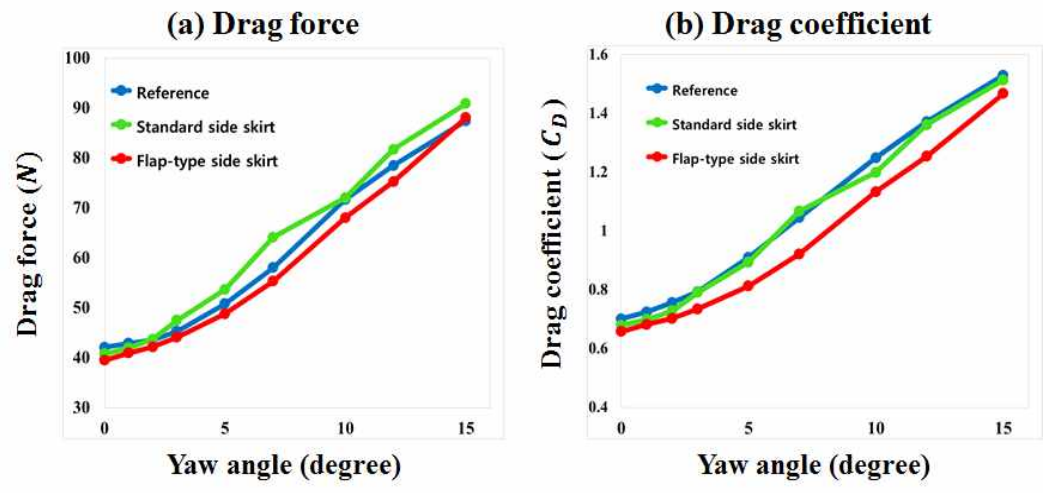
□ **Yaw angle(Φ) 변화에 따른 15톤 화물차의 공력특성 분석**

○ Yaw angle 변화에 따른 항력(F_D)의 변화와 항력계수값(C_D)을 <그림 3-11>에 나타냄

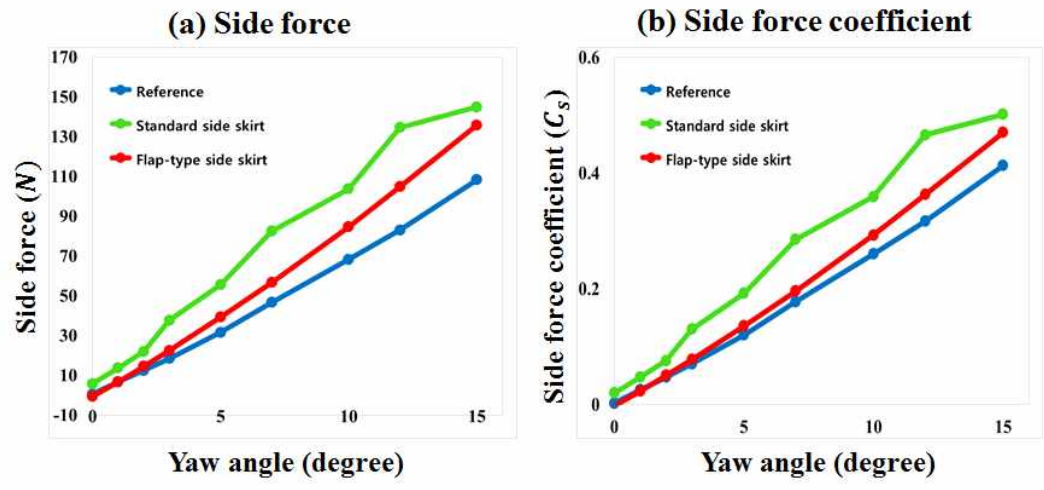
- Yaw angle이 증가함에 따라 차량이 받는 항력이 커지며, 기본형 사이드 스커트(standard side skirt) 및 flap-type side skirt (0,30) 장착 시 yaw angle +15°~ -15° 전 영역 에서 항력값이 줄어듦
- 사이드 스커트 장착 시 화물차 앞바퀴 주변 유체흐름의 운동량 손실이 뒷바퀴가 받는 항력을 줄이고, 뒷바퀴에서 발생하는 유동박리가 저감하여 운동에너지 손실이 감소하여 항력값이 줄어듦
- Flap-type side skirt의 경우 Φ=0°조건에서 6.1%의 항력저감 효과를 보임. 이것은 기본형 사이드 스커트(3.05%)에 비해 항력저감효과가 약 100% 향상된 결과임
- Flap-type side skirt는 Φ=7°조건에서 11.9%의 항력 저감 효과를 보임
- 이를 통해 사이드 스커트 장착 시 측풍이 불어 올 때, 사이드 스커트를 미장착한 경우에 비해 차량의 연비를 크게 향상시킬 수 있음을 확인함

○ Yaw angle 변화에 따른 측력의 변화와 횡풍 측력계수값을 <그림 3-12>에 나타냄

- Yaw angle이 커짐에 따라, 측풍을 받는 차량 면적이 증가하고, 이에 따라 측력이 증가함
- 사이드 스커트 장착 시, 사이드 스커트 미장착 차량에 비해 측력이 증가하고 횡풍 측력계수도 증가함
- 사이드 스커트 장착에 기인하여 측면부 단면적이 늘어나게 되어 횡풍에 의한 영향을 크게 받게됨
- Flap-type side skirt 장착 시, 기본 사이드 스커트 장착에 비하여 횡풍측력계수가 전 구간에서 20% 이상 낮게 나타남
- 특히 Φ=7 조건에서 기본 사이드 스커트에 비해 횡풍 측력계수가 31.3% 감소하였음



<그림 3-126> Yaw angle에 따른 15톤 화물차량에 작용하는 (a)항력(F_D) 및 (b)항력계수의(C_D) 변화



<그림 3-127> Yaw angle에 따른 15톤 화물차량에 작용하는 (a)측력(F_S) 및 (b)횡풍 측력계수(C_S)의 변화

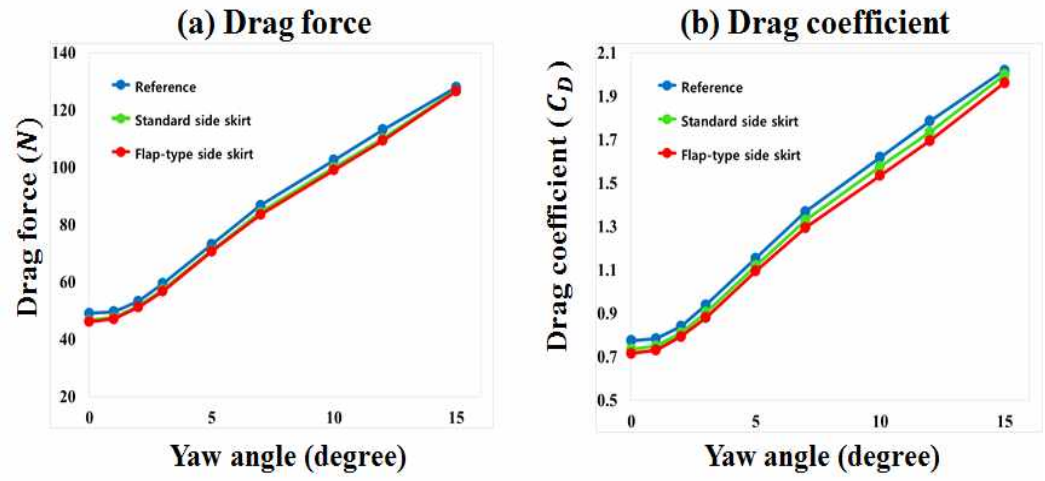
□ Yaw angle(Φ) 변화에 따른 40ft 트레일러의 공력특성 분석

○ Yaw angle 변화에 따른 항력(F_D)의 변화와 항력계수값(C_D)을 <그림 3-13>에 나타냄

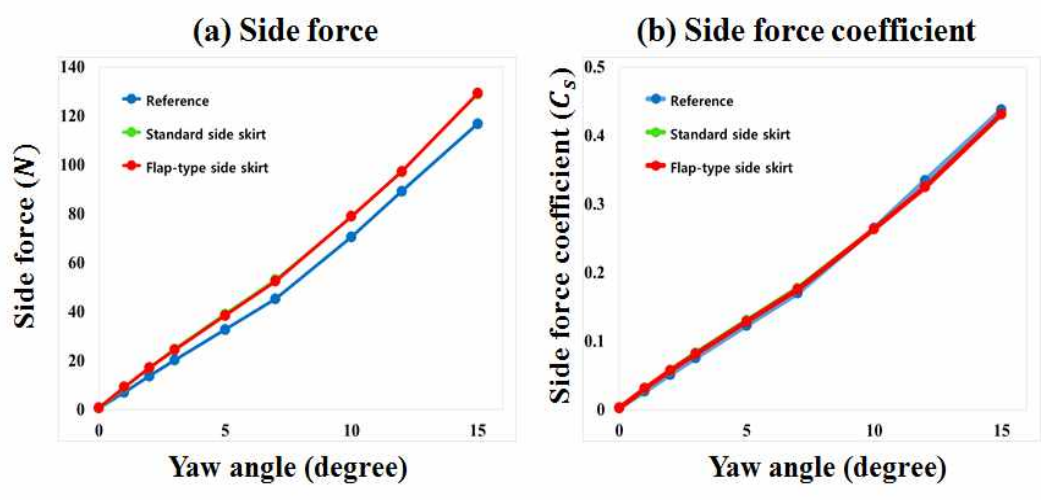
- Yaw angle이 증가함에 따라 차량이 받는 항력이 커지며, 기본형 사이드 스커트(standard side skirt) 및 flap-type side skirt 장착 시 yaw angle +15°~ -15°전 영역 에서 항력값이 줄어듦
- 사이드 스커트 장착 시 화물차 앞바퀴 주변 유체흐름의 운동량 손실이 뒷바퀴가 받는 항력을 줄이고, 뒷바퀴에서 발생하는 유동박리가 저감하여 운동에너지 손실이 감소하여 항력값이 줄어듦
- Flap-type side skirt의 경우 Φ=0°조건에서 7.6%의 항력저감 효과를 보인다. 이것은 기본형 사이드 스커트(5.1%)에 비해 약 50% 향상된 효과를 나타냄
- Flap-type side skirt는 Φ=7°조건에서 5.4%의 항력 저감 효과를 보임
- 이를 통해 사이드 스커트 장착 시 측풍이 불어 올 때, 사이드 스커트를 미장착한 경우에 비해 차량의 연비를 크게 향상시킬 수 있음을 확인함

○ Yaw angle 변화에 따른 측력의 변화와 횡풍 측력계수값을 <그림 3-14>에 나타냄

- Yaw angle이 커짐에 따라, 측풍을 받는 차량 면적이 증가하고, 이에 따라 측력이 증가함
- Side skirt 설치로 인해 늘어나는 wind-facing 면적에 작용하는 횡풍 측력을 횡풍 측력계수를 통해 비교하였음
- 기본형 사이드 스커트 장착시 Φ=12°조건에서, 사이드 스커트 미장착한 경우에 비해 2.8%의 횡풍측력계수 저감효과를 보임
- Flap-type side skirt를 장착 한 경우, Φ=12°조건에서 사이드 스커트 미장착한 경우에 비해 3%의 횡풍측력계수 저감효과를 보임



<그림 3-128> Yaw angle에 따른 40ft 트레일러에 작용하는 (a)항력(F_D) 및 (b)항력계수(C_D)의 변화



<그림 3-129> Yaw angle에 따른 40ft 트레일러에 작용하는 측력(F_S) (左) 및 횡풍 측력계수(C_S)변화(右)

(2) 수치해석을 통한 주행 안정성 평가

(가) 15톤 화물차 모델의 주행 안정성 평가

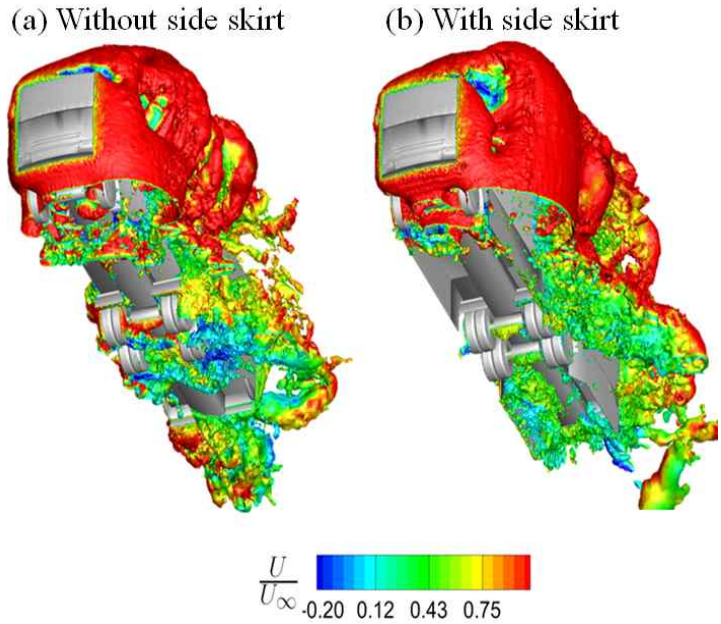
□ **Yaw angle이 10°일때 15ton 화물차 주위 유동**

○ 사이드 스커트(flap-type side skirt (0,30))를 부착한 15톤 화물차를 지나는 유동의 와류구조 (압력 $P/\rho U_\infty = -0.1$의 등위면을 이용하여 유동의 와류구조를 시각화)

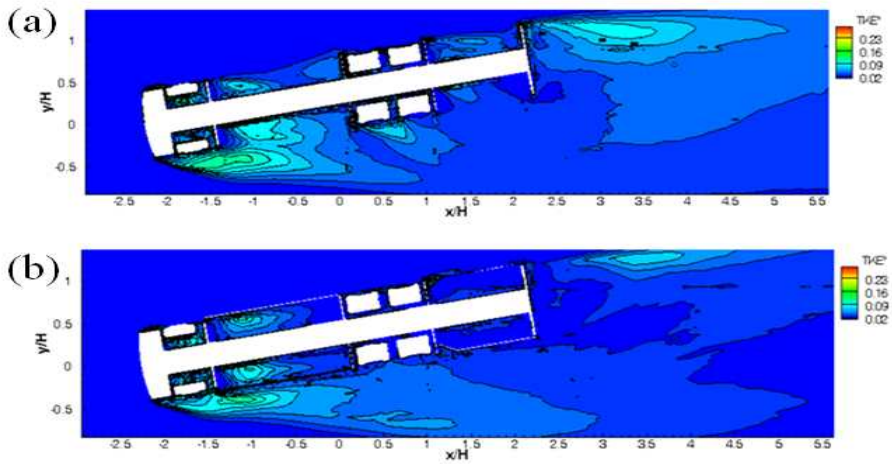
- 사이드 스커트 장착 시, 화물차의 바퀴 부근에서 유동박리(flow separation)로 인한 작은에디(eddy) 와류구조가 상당량 감소함
- 사이드 스커트 장착 시, 작은 에디의 소멸로 인해 운동에너지 손실이 줄어듦

○ 사이드 스커트(flap-type side skirt (0,30))부착한 15톤 화물차를 지나는 유동의 난류운동에너지

- 사이드 스커트 장착 시, 전부와 후부의 사이드 스커트 부근 및 화물차의 뒷바퀴 부근에서 난류운동에너지(turbulent kinetic energy)가 감소하여 화물차를 지나는 유동의 시간에 따른 변화가 작아지게 됨을 <그림 3-16>에서 확인 할 수 있음
- 난류운동에너지의 감소로 인해 화물차의 유동에 기인한 진동이 감소함



<그림 3-130> Yaw angle Φ=10°조건에서 사이드 스커트 미부착 15톤 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 부착한 15톤 화물차의 와류구조(b) 비교



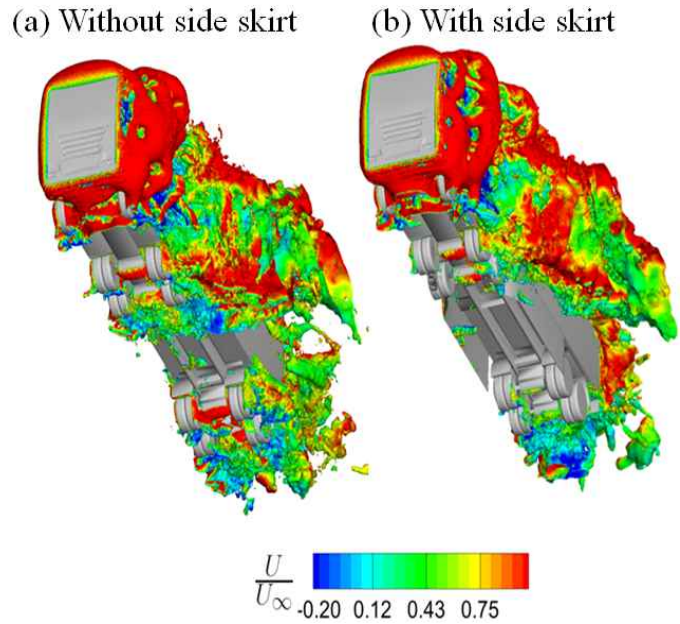
<그림 3-131> Yaw angle Φ=10°조건에서 사이드 스커트 미부착 15톤 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 부착한 15톤 화물차의 난류운동에너지(b) 비교

(나) 40ft 화물차 모델의 주행 안정성 평가

□ **Yaw angle이 10°일때 40ft 화물차를 지나는 유동**

○ 사이드 스커트(flap-type side skirt (0,30))를 부착한 40ft 화물차를 지나는 유동의 와류구조(압력 $P/\rho U_\infty = -0.1$의 등위면을 이용하여 유동의 와류구조를 시각화)

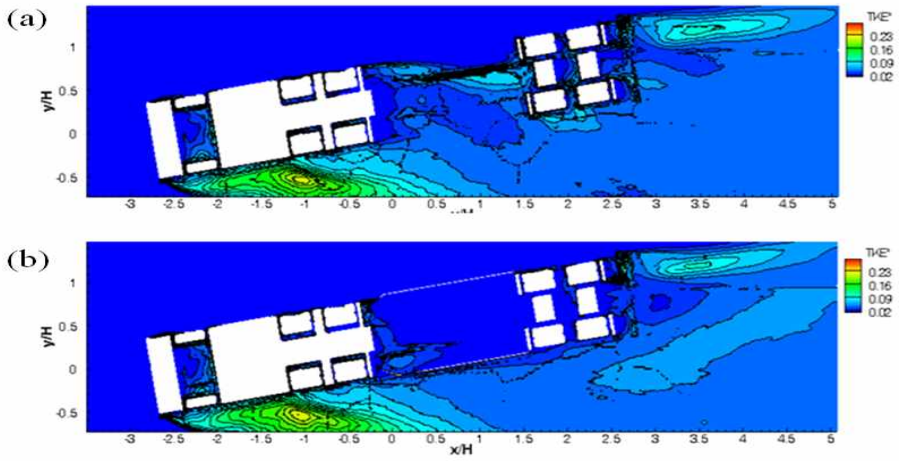
- 40ft 화물차의 경우도 사이드 스커트를 부착하게 되면, 화물차의 바퀴 부근에서 활발하게 생성되던 작은 에디의 와류구조가 상당량 감소함을 확인 할 수 있음. 이것은 사이드 스커트 부착에 따라 유동박리(flow separation)로 인한 작은에디들이 소멸하여 인한 운동에너지 손실이 감소함을 나타냄



<그림 3-132> Yaw angle Φ=10°조건에서 사이드 스커트 미장착한 40ft 화물차의 와류구조(a) 및 사이드 스커트 장착한 40ft 화물차의 와류구조(b) 비교

○ 사이드 스커트(flap-type side skirt (0,30))를 장착한 40ft 화물차를 지나는 유동의 난류운동에너지

- 40ft 화물차의 경우도 15톤 화물차와 유사하게 사이드 스커트를 부착함에 따라, 사이드 스커트 부근과 뒷바퀴 부근에서 난류운동에너지(turbulent kinetic energy)가 크게 감소함
- 난류에너지가 감소하여 시간에 따른 40ft 화물차를 지나는 유동의 변화가 작아짐. 즉, 유동에 기인한 진동이 크게 감소함



<그림 3-133> Yaw angle Φ=10°조건에서 사이드 스커트 미장착한 40ft 화물차의 난류운동에너지(a) 및 사이드 스커트 장착한 40ft 화물차의 난류운동에너지(b) 비교

마. 수치해석을 통한 최적화

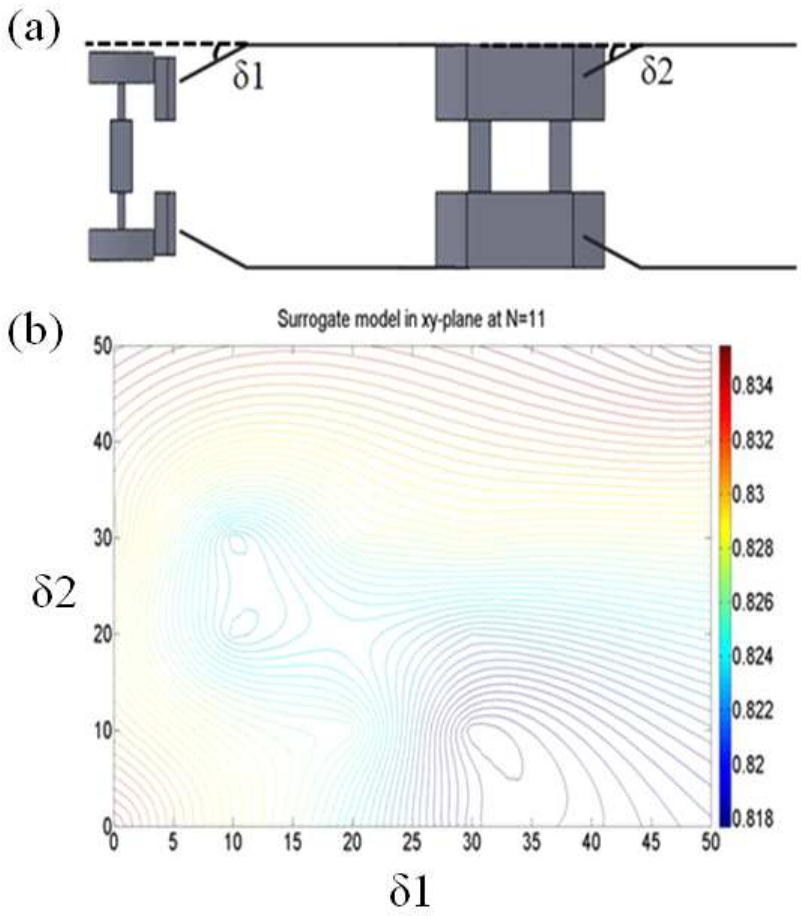
(1) 15톤 화물차 사이드 스커트에 대한 최적화 분석

□ **사이드 스커트 각도 조절에 대한 SMF 최적화 분석 결과**

○ 15톤 화물차의 사이드 스커트의 각도는 전후방의 사이드 스커트 모두에 적용 가능하도록 설계함

- 사이드 스커트의 각도가 약 δ_1=30, δ_2=10°일 때 최소 항력을 얻어낼 수 있지만 15톤 화물차의 경우, 사이드 바(bar)존재에 기인하여 전방 사이드 스커트의 각도는 δ_1=0°로 고정해야함

- 사이드 스커트의 각도δ_2가 약 20°에서 30°부근에서 최적의 항력 감소 결과를 얻어낼 수 있음

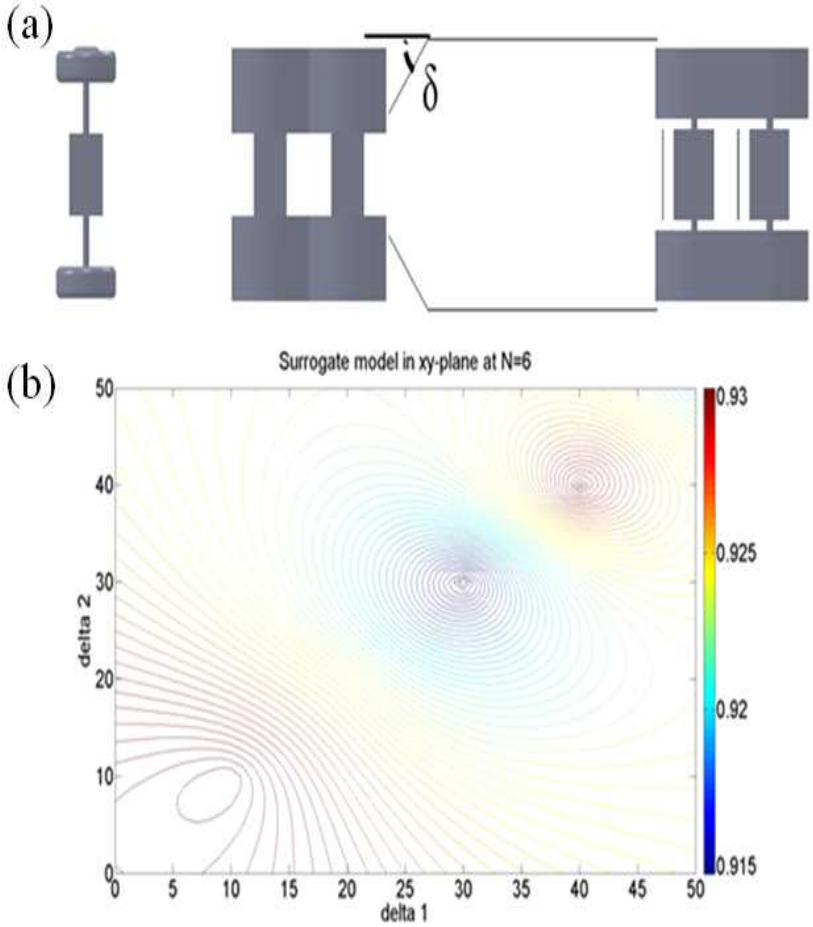


<그림 3-134> 15톤 화물차에 장착한 사이드 스커트 각도에 대한 모식도(a) 및 15톤 화물차의 최적화 결과(b)

(2) 40ft 화물차 사이드 스커트에 대한 최적화 분석

□ **사이드 스커트 각도 조절 최적화 분석 결과**

- SMF분석 결과로 부터 사이드 스커트의 각도가 약 δ=30°일 때 최소 항력을 얻어낼 수 있는 것으로 나타났음, 이에 따라 flap angle이 약 30°인 사이드 스커트 장착을 권장함



<그림 3-135> 40ft 화물차에 장착한 사이드 스커트 각도에 대한 모식도(a) 와 40ft 화물차의 SMF 최적화 분석 결과(b)

바. 내구성 분석 및 검증

(1) 사이드스커트 내구성 검증

□ **실차운행 Test Bed 사이드 스커트에 대한 내구성 분석**

○ 자재 및 부자재의 내구성 검증을 위해 테스트 배드 구축 차량 2종을 지속 운행

○ 각 차량의 자재 및 부자재의 파손은 1년간 발생하지 않음

<표 3-81> TEST BED 현황

구분	DHL	㈜명일
차종	4.5톤 윙바디	14.5톤 윙바디
운행구간	인천공항↔온양	전라도광주↔남양주
일평균 운행거리	260 km	640 km
연평균 운행일수	260일	300일
기존연비	약 4.8km/h	약 4.0km/h
부착사진		

○ 4.5톤 윙바디 차량의 시계열적 사진 비교를 통한 내구성 검증

- TestBed 차량 중 4.5톤 윙바디 차량의 장착 후와 1년간 4개월 단위로 내구성을 확인한 결과 어떠한 파손 또는 기능상 이상이 발견되지 않음
- 사이드스커트의 판넬 및 경첩·리벳·볼팅 등의 자재 및 부자재 상태 매우 양호
- 시계열 사진 별권 참조

○ 14.5톤 윙바디 차량의 시계열적 사진 비교를 통한 내구성 검증

- TestBed 차량 중 14.5톤 윙바디 차량의 장착 후와 1년간 4개월 단위로 내구성을 확인한 결과 어떠한 파손 또는 기능상 이상이 발견되지 않음
- 사이드스커트의 판넬 및 경첩·리벳·볼팅 등의 자재 및 부자재 상태 매우 양호
- 시계열 사진 별권 참조

3. 보트 테일을 통한 공기저항 저감 및 운행안정성 향상 기술 개발

가. 풍동실험을 이용한 공기역학적 성능평가

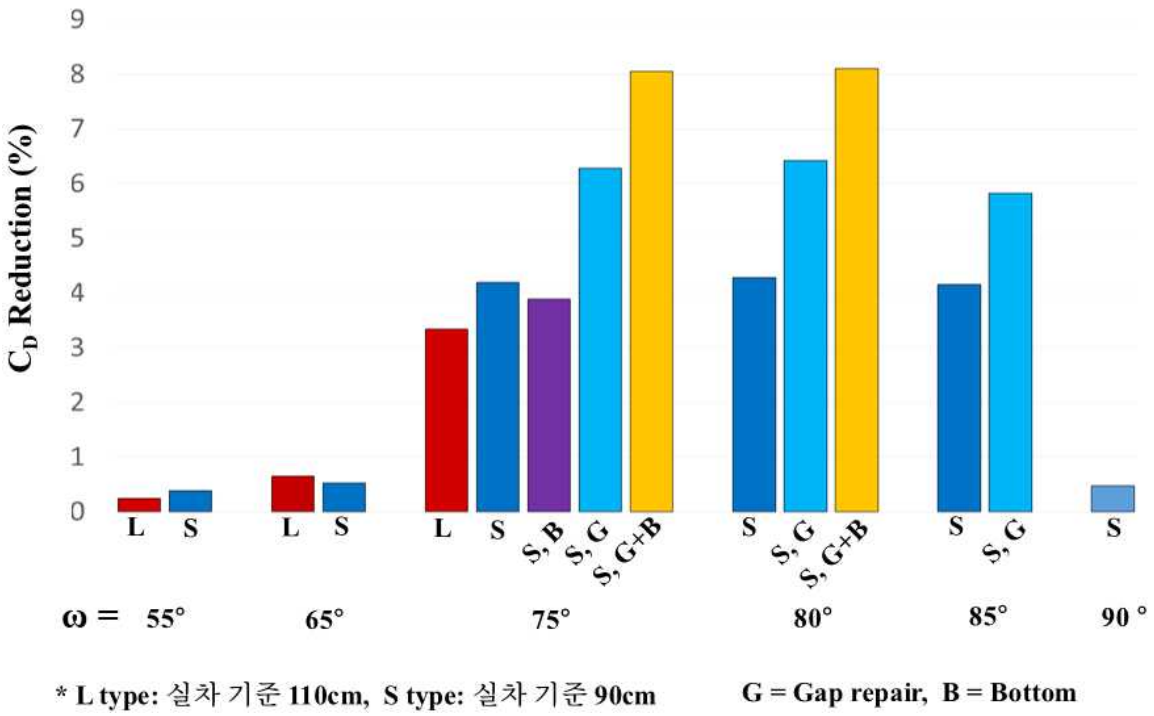
(1) 15톤 화물차량 모델에 대한 실험

(가) 길이 및 각도 변화에 따른 보트 테일 효과

○ 차량 후미에 길이(S=실차 기준 90cm, L=실차 기준 110cm)와 각도(ω=55~90°)를 다양하게 변화시킨 보트 테일을 장착하고 이것으로 변하는 차체의 항력계수를 나타냄

○ 공기저항력을 줄이는 효과는 보트 테일의 길이보다는 각도 변화에 따라 큰 차이를 보임

- 다양한 각도에 대한 실험을 통해 ω=80°에서 항력계수가 최대인 4.27%까지 줄어드는 것을 확인함
- 시판되고 있는 기존 보트 테일의 경우, 차체 후미부와 약간의 높이차가 있어 유동박리(flow seperation, 유체가 표면을 따라 흐르지 못하고 표면을 이탈하는 현상)가 보트 테일의 끝단보다 앞쪽에서 이미 발생하기 때문에 효과적이지 못함. 이러한 문제점을 개선하기 위해 이 높이차를 보상하고 유동이 부드럽게 이어지도록 하는 구조물(gap repair, 이하 G로 표기)을 장착한 결과, 항력계수가 6.42%까지 줄어들었음
- 차체 하부에서 발달하는 와류의 영향을 줄이기 위해 차량 하부에서 후면부로 올라오는 유동을 제어하도록 스포일러 형상의 구조물(bottom, 이하 B로 표기)을 후미부 아래쪽에 추가된 바닥판처럼 설치한 결과 기본 모델에 비해 8.1%까지 항력계수가 줄어드는 효과를 얻음



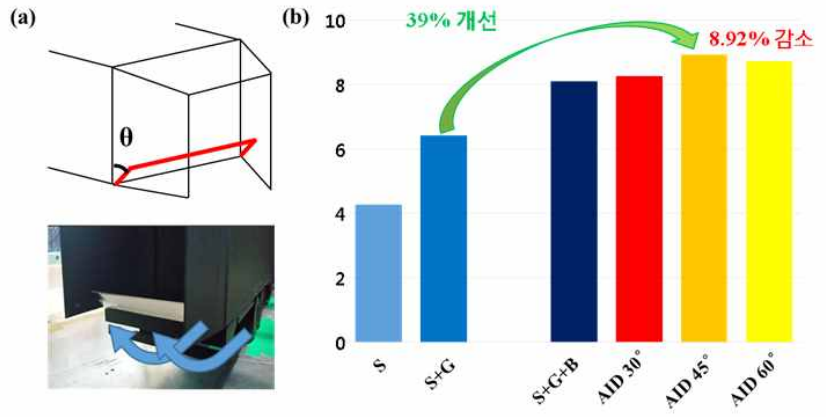
<그림 3-136> 보트 테일의 항력 감소 효과

(나) AID (Alow Inclined Deflector) 보트 테일 효과

○ 화물차의 경우 후면부의 형상이 사각형으로 고정되어있기 때문에, 차량이 앞으로 주행함에 따라 후면부에 유동 박리(flow seperation, 유체가 표면을 따라 흐르지 못하고 표면을 이탈하는 현상)가 일어나, 낮은 압력 영역 (low pressure zone)이 후면부 전체적으로 생겨남. 이 영역에 하부 유동을 끌어 흘려줌으로써 압력을 높이는 효과를 주면 후면부에서 발생하는 항력이 감소하는 효과를 얻을 수 있음

○ 후미부 아래쪽에 스포일러 형태의 바닥판이면서 위로 살짝 들려올라온 각도를 가지는 AID(Alow Inclined Deflector)를 추가로 부착하여 하부 유동을 통해 후면부의 낮은 압력 영역 (low pressure zone)의 압력을 높혀주어 항력계수 변화를 확인

○ AID의 각도 (하부 바닥면과 AID가 이루는 각도)가 45°일 때, 최대 8.92%의 항력계수저감 효과가 나타남



<그림 3-137> LIAD(Lower Inclined Air Deflector) 설치로 인한 항력감소 효과

(2) 40ft 화물차량 모델에 대한 실험

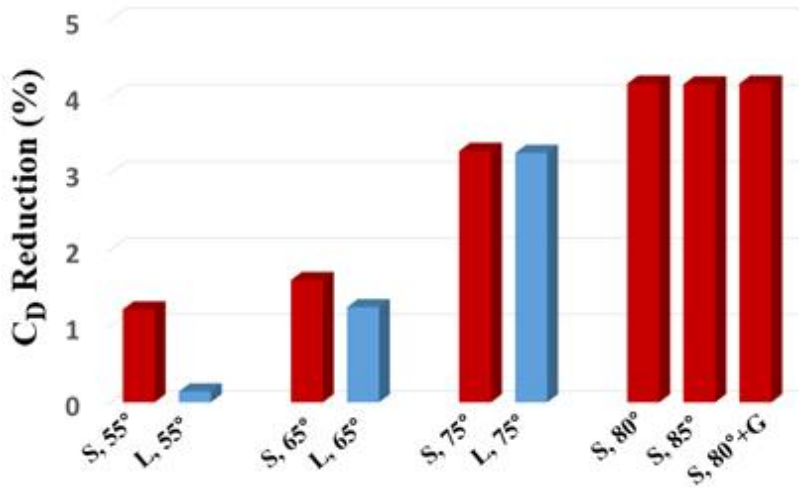
□ **길이 및 각도 변화에 따른 보트 테일 효과**

○ 차량 후미에 길이와 각도를 다르게 변화시킨 보트 테일을 장착하고 이것이 차체에 걸리는 항력계수에 미치는 효과를 그림에 나타냄

○ 항력저감 효과는 보트 테일의 길이보다는 각도 변화에 큰 차이를 보임

○ 다양한 각도에 대한 실험을 통해 ω = 80°에서 항력계수가 0.747로 4.16% 저감됨

- 보트 테일 상면부와 차체 후미의 단차가 상대적으로 작아 그것을 메우는 구조물(gap repair, G)의 설치 효과는 크지 않음



<그림 3-138> 보트 테일의 항력 감소 효과

나. 수치해석을 통한 공기역학적 성능평가

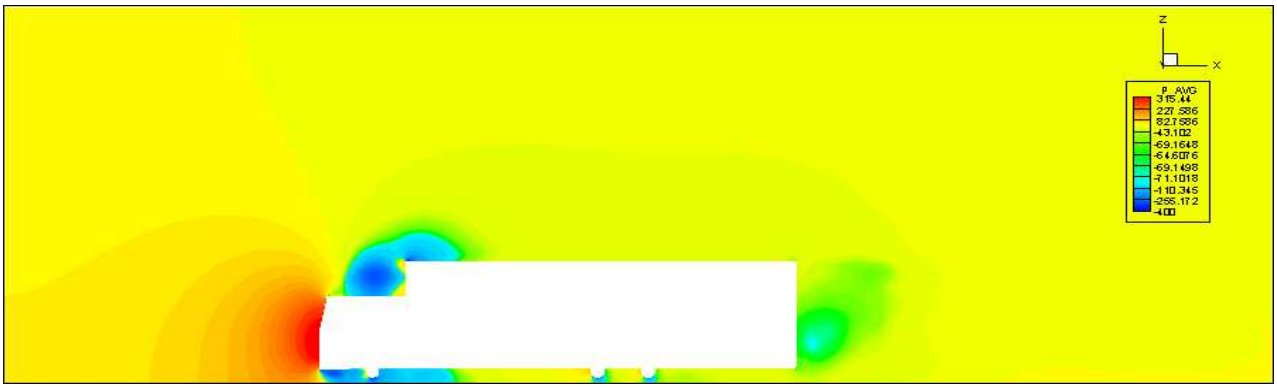
(1) 15톤 화물차 모델에 대한 수치해석 실험 결과: 보트 테일 효과

□ **시간 평균 압력장의 유동장 결과**

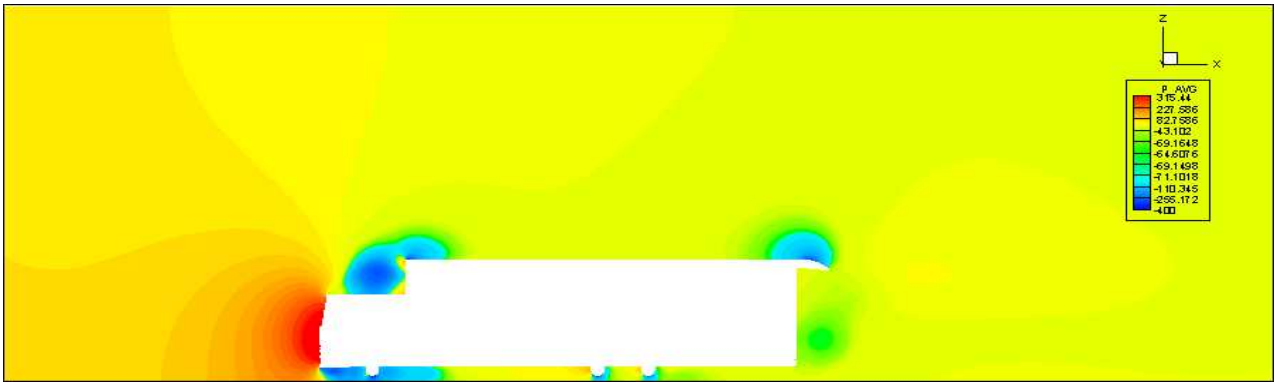
○ y 축에 수직한 중간 평면 평면에서의 시간 평균 압력장 도시화

○ 보트 테일이 화물차 후미부의 상단을 지나는 유동의 가이드 역할을 하여 화물차 후류 발생하는 유동 박리가 감소

○ 기본 모델에서는 유동의 상류와 하류 압력 차이가 극심했던 반면, 보트 테일을 부착한 모델에서는 유동 박리가 감소하여 상류와 하류의 압력 차이가 완화됨. 그 결과 형상 저항에 의한 항력을 감소시킨 것으로 판단됨



<그림 3-139> 기본 모델의 시간 평균 압력장
(Y축에 수직한 중간 평면에서의 contour)



<그림 3-140> 보트 테일 부착 모델의 시간 평균 압력장
(Y축에 수직한 중간 평면에서의 contour)

□ **항력계수 비교**

○ 90km/h 로 주행 시, 부착물이 없는 기본 모델과 사이드 스커트를 부착한 모델 주위 유동을 LES를 이용하여 항력계수 계산

○ 실제 시간으로 15초 동안의 수치해석 수행. 난류가 충분히 발달된 시간 범위를 평균하여 항력계수를 도출

○ 사이드 스커트를 부착함에 따라 항력계수가 감소하는 경향성 확인

<표 3-82> 보트 테일의 유무에 따른 항력계수 비교

15톤 화물차	항력계수(실험)	항력계수(수치해석)	오차
기본 모델	0.712	0.710	0.3%
보트 테일 모델	0.666	0.674	1.2%
항력계수 감소율	6.5%	5.01%	

(2) 40ft 화물차 모델에 대한 수치해석 결과: 보트 테일 효과

□ **시간 평균 압력장의 유동장 결과**

○ y 축에 수직한 중간 평면 평면에서의 시간 평균 압력장 도시화

○ 보트 테일이 화물차 후미부의 상단을 지나는 유동의 가이드 역할을 하여 화물차 후류 발생하는 유동 박리가 감소

○ 기본 모델에서는 유동의 상류와 하류 압력 차이가 극심했던 반면, 보트 테일을 부착한 모델에서는 유동 박리가 감소하여 상류와 하류의 압력 차이가 완화됨. 그 결과 형상 저항에 의한 항력을 감소시킨 것으로 판단됨



<그림 3-141> 기본 모델의 시간 평균 압력장
(Y축에 수직한 중간 평면에서의 contour)



<그림 3-142> 보트 테일 부착 모델의 시간 평균 압력장
(Y축에 수직한 중간 평면에서의 contour)

□ **항력계수 비교**

○ 90km/h 로 주행 시, 부착물이 없는 기본 모델과 사이드 스커트를 부착한 모델 주위 유동을 LES를 이용하여 항력계수 계산

○ 실제 시간으로 15초 동안의 수치해석 수행. 난류가 충분히 발달된 시간 범위를 평균하여 항력계수를 도출

○ 사이드 스커트를 부착함에 따라 항력계수가 감소하는 경향성을 확인

<표 3-83> 보트 테일의 유무에 따른 항력계수 비교

40ft 화물차	항력계수(실험)	항력계수(수치해석)	오차
기본 모델	0.779	0.881	13.0%
보트 테일 모델	0.747	0.855	14.5%
항력계수 감소율	4.2%	2.1%	

다. 최적화 설계

□ **보트 테일 최적화**

○ 기존 보트 테일 모델의 정의

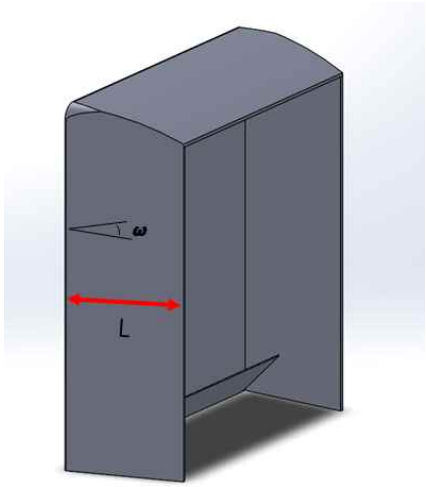
- 아래 그림에서 L은 보트 테일 옆면의 길이, ω는 보트 테일의 옆면과 트럭의 옆면이 이루는 각도임
- 기존 보트 테일의 모델을 Lcm (ω)로 정의

○ Gap repair 보트 테일 모델의 정의

- 아래 그림에서 L은 보트 테일 옆면의 길이, ω는 보트 테일의 옆면과 트럭의 옆면이 이루는 각도임
- Gap repair 보트 테일의 모델을 Lcm (ω) + G 으로 정의

○ Gap repair + bottom 보트 테일 모델의 정의

- 아래 그림에서 L은 보트 테일 옆면의 길이, ω 는 보트 테일의 옆면과 트럭의 옆면이 이루는 각도임
- Bottom 의 길이는 45 cm 이며, 화물차의 뒷면과 이루는 각도는 45°
- Gap repair + bottom 보트 테일의 모델을 Lcm (ω) + G + B 으로 정의



<그림 3-143> 보트 테일 G + B
모델에 대한 길이와 각도의 정의

○ 보트 테일 모델의 항력계수에 대한 고찰

- 수치해석 유동장 분석을 통하여 보트 테일을 부착함으로써 후류 부분의 유동 역류 속도의 크기와 유동 박리가 확연히 감소함을 확인을 했으며, 이로 인해 운동량의 손실이 줄어들어 결과적으로 항력계수가 감소함을 알 수 있음
- 기존 보트 테일 모델의 L의 길이에 따라 난류의 발생 정도가 달라지며 ω에 따라 압력 변화 정도가 달라지기 때문에 다양한 L과 ω에 대한 실험이 필요

- 기존 보트 테일 모델의 다양한 L과 ω 에 대한 항력계수 결과 값을 살펴보면, 모든 화물차에 대해서 90cm(80°)의 보트 테일 모델에서 최솟값을 가짐, 즉 90cm (80°) 보트 테일 모델이 화물차 종류에 상관없이 최적의 각도와 길이임을 유추해 볼 수 있음
- 기존의 보트 테일은 차체 후미부와 약간의 단차가 있어 이 부분에서 급격한 압력강하가 발생하게 됨 그 결과 유동박리가 일어나고 운동량의 손실이 커져 항력계수 감소에 부정적 영향을 미침. 이러한 문제점을 개선하기 위해 이 단차를 메우는 구조물(gap repair, G)를 장착함
- 보트 테일과 차체 후미부사이의 약간의 단차를 메우는 Gap repair로 인하여 차체 후미부에서 곡률 반지름이 커지게 됨. 압력변화는 곡률 반지름과 반비례하기 때문에, gap repair를 장착한 차체 후미부에서 압력변화가 줄어들어 유동 박리가 줄어듦. 그 결과 운동량의 손실이 감소하여 항력계수 감소에 긍정적 영향을 미침
- 기존 보트 테일에 gap repair를 장착하였더니 15톤 화물차의 경우 항력계수 감소율이 4.3%에서 6.5%로 확연하게 증가
- 차체 하부의 유동이 차체 후미부에 도달하게 되면서 급격한 압력강하가 발생하게 됨 그 결과 유동박리가 일어나고 운동량의 손실이 커져 항력계수 감소에 부정적 영향을 미침. 이러한 문제점을 개선하기 위해 보트 테일의 하부에 스포일러 형상의 구조물(bottom, B)을 장착
- Bottom 장치의 장착으로 차체 후미부의 하부 부근에서의 급격한 압력변화를 막고, 압력 회복을 촉진하게 되어 유동 박리가 줄어듦. 그 결과 운동량의 손실이 감소하여 항력계수 감소에 긍정적 영향을 미침
- Gap repair를 장착한 보트 테일에 bottom 장치를 장착하였더니 15톤 화물차의 경우 항력계수 감소율이 6.5%에서 8.1%로 확연하게 증가

<표 3-84> 화물차 종류별 최소 항력계수를 갖는 기존 보트 테일 모델

화물차 종류	보트 테일 모델	항력계수(실험)	항력계수 감소율(실험)
15톤	90cm (80°)	0.680	4.3%
5톤	90cm (80°)	0.672	4.3%
40ft	90cm (80°)	0.747	4.2%

<표 3-85> G 보트 테일 모델을 장착한 15톤 화물차의 항력계수 및 항력계수 감소율

화물차 종류	보트 테일 모델	항력계수(실험)	항력계수 감소율(실험)
15톤	90cm (80°) + G	0.666	6.5%

<표 3-86> G + B 보트 테일 모델을 장착한 15톤 화물차의 항력계수 및 항력계수 감소율

화물차 종류	보트 테일 모델	항력계수(실험)	항력계수 감소율(실험)
15톤 90cm (80°) + G + B	90cm (80°) + G + B	0.653	8.1%

4. Gap fairing을 통한 운행안정성 향상 기술 개발

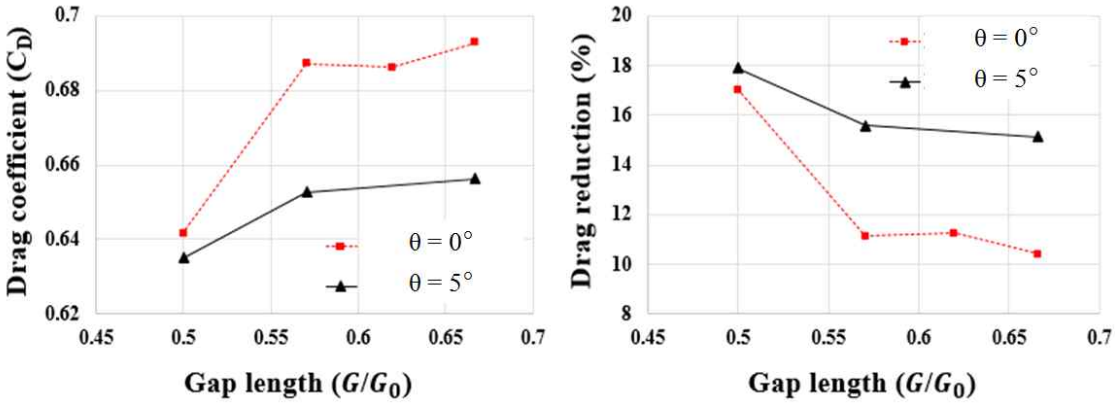
가. Gap fairing의 공기역학적 성능 평가

(1) 풍동 실험을 통한 주행 안정성 평가

(가) 공력 특성

□ SCANIA 40ft 화물차 모델에 대한 gap fairing 효과

- *Re* =9.1 × 10^5, yaw angle (Φ)=0° 조건에서 SCANIA 40ft 화물차에 부착한 gap fairing의 gap length 및 deflecting angle변화에 따른 항력계수 및 항력계수 저감률 변화를 확인 <그림 3-29>
- Deflecting angle Θ=0° 일 때보다 Θ=5° 일 때, 전체적으로 항력계수 저감 효과가 높음
- Deflecting angle Θ=5°, gap length G/G_0=0.5 일 경우, 항력계수(C_D)가 최소값을 가지며, gap fairing을 부착하지 않은 기본 모델에 비해 약 18%의 항력계수 저감 효과를 보임



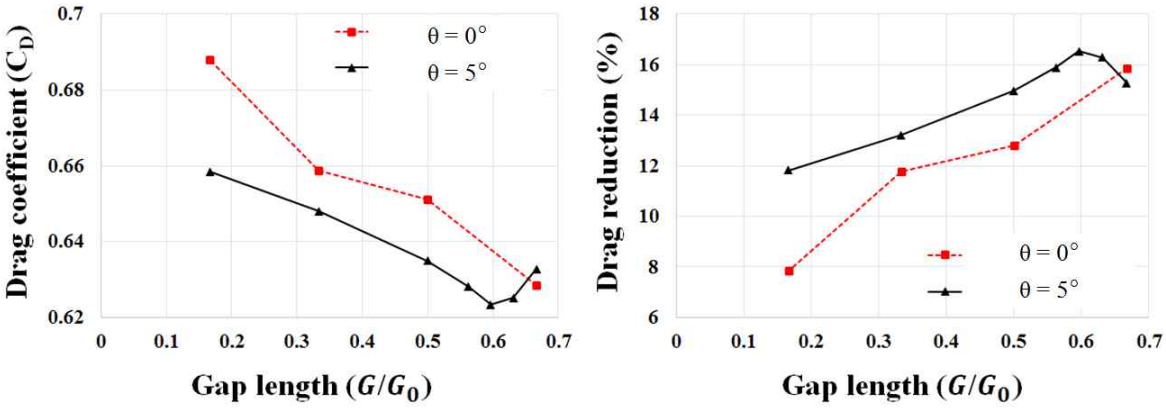
<그림 3-144> 40ft SCANIA 화물차 모델에 부착한 gap fairing의 길이와 각도변화에 따른 항력계수(CD)와 항력계수 저감 효과

□ TRAGO 40ft 화물차 모델에 대한 gap fairing 효과

- *Re* =9.1 × 10^5, yaw angle (Φ)=0° 조건에서 TRAGO 40ft 화물차 모델에 부착한 gap fairing의 gap length 및 deflecting angle변화에 따른 항력계수 및 항력계수 저감률 변화를 확인 <그림 3-30>
- Deflecting angle Θ=0° 일 때보다 Θ=5° 일 때, 전체적으로 항력계수 저감 효과가 높음
- Deflecting angle Θ=5°, gap length G/G_0=0.6 조건에서, 항력계수(C_D)가 최소값을 가지며, gap fairing을 부착하지 않은 기본 모델에 비해 16.5%의 항력계수 저감 효과를 보임
- 주행안정성 실험 및 수치해석은 가장 낮은 항력계수 값을 보이는 deflecting angle

Θ=5°, gap length G/G_0=0.6 조건의 gap fairing을 장착한 경우에 대해 수행함

○ 실차시험(proving ground)에서 TRAGO 40ft 화물차량을 기본 모델로 선정하여 시험을 수행하였음. 이에 따라 이후의 주행안정성 평가, 유동가시화 실험, 수치해석연구는 TRAGO 40ft 화물차 모델에 대한 결과만 다루었음

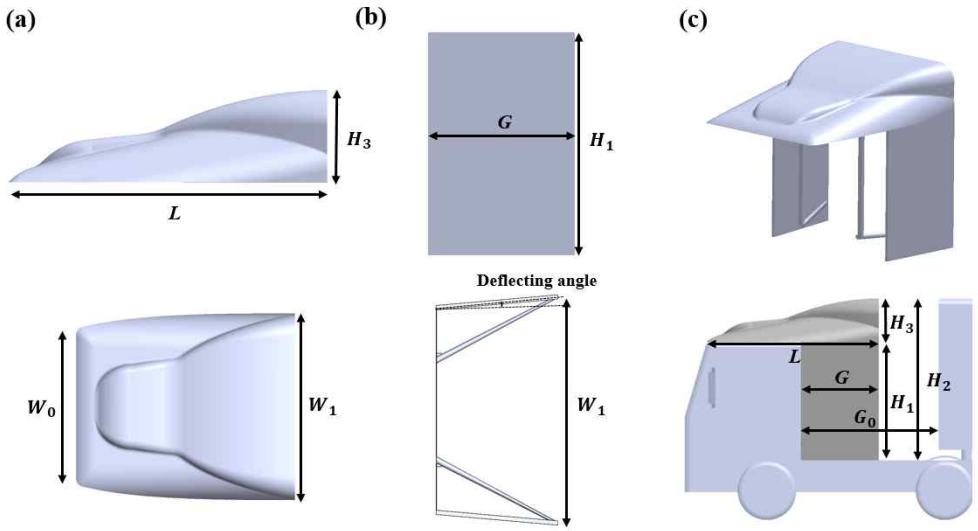


<그림 3-145> 40ft TRAGO 화물차에 부착한 gap fairing의 길이와 각도변화에 따른 항력계수(CD)와 항력계수 저감 효과

□ Extended aero cab fairing(EACF) 효과

○ Aero cab fairing(ACF) 및 extended aero cab fairing(EACF) 설계

- Aero cab fairing(ACF)은 트랙터 상부에 부착되는 cab-roof fairing과 gap fairing을 합쳐 하나의 구조물로 생체모방형 형상을 가지도록하여 설계
- ACF의 3차원 형상은 바다사자의 머리 부분 형상을 모사하여 설계
- ACF의 길이(L)는 캡 상부 길이(L_C)에 트랙터와 트레일러 사이 공간으로 확장한 부분의 길이(G)만큼 추가된 길이로 정의
- Gap extender는 트랙터와 트레일러 사이 공간에 장착하며, 트랙터와 트레일러 사이의 공간으로 흘러들어오는 공기 흐름을 효과적으로 차단하는 역할을 함
- Gap extender의 길이(G)를 트랙터와 트레일러 사이 공간의 길이(G_0)의 60%로 설계. 앞쪽 폭은 트랙터의 폭과 동일하며, deflecting angle은 Θ=5°로 설계
- Extended aero cab fairing(EACF)는 ACF와 gap extender 모두를 장착한 공기저항 저감 장치를 나타냄
- EACF를 장착함으로써 트랙터 상부와 측면부, 트랙터-트레일러 사이의 공간으로 흐르는 공기흐름을 효과적으로 제어하여, 화물 차량에 걸리는 공기저항을 감소시키고, 측풍에 의한 영향을 저감시켜 주행 안정성을 증가
- EACF를 장착하면 트랙터 상부와 측면부, 트랙터-트레일러 사이의 gap 공간에서의 공기흐름을 효과적으로 제어하여 차체에 걸리는 공기저항을 크게 감소시키고, 측풍에 의한 영향을 저감시켜 주행 안정성도 증가시킴



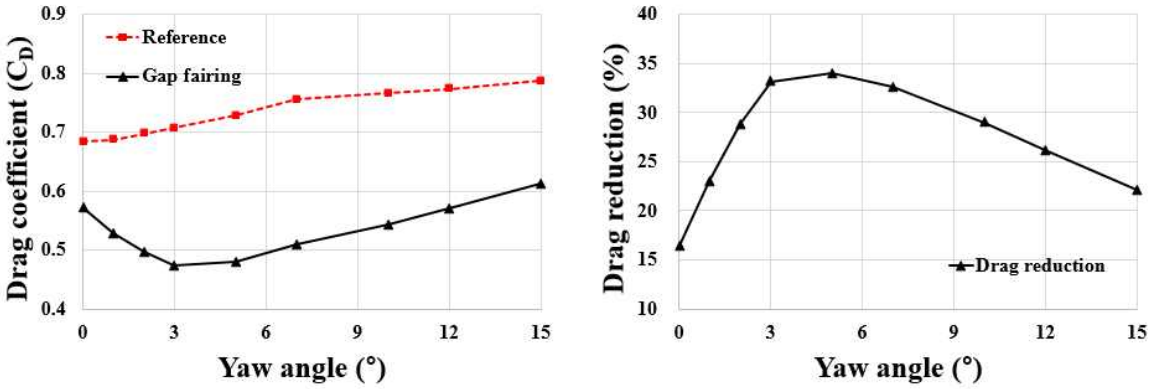
<그림 3-146> (a) 40ft 화물차 운전석(cab) 상부에 장착하는 aero cab fairing (ACF) 도면, (b) 트랙터와 트레일러 사이 공간에 장착하는 gap extender 형상, (c) 40ft 화물차에 ACF 및 gap extender를 포함한 extended aero cab fairing (EACF)을 장착한 형상

(나) 주행 안정성 평가

□ **Yaw angle (Φ) 변화에 따른 40ft 화물차 모델의 공력특성 분석**

○ Yaw angle 변화에 따른 항력계수(C_D)와 항력계수 저감률의 변화

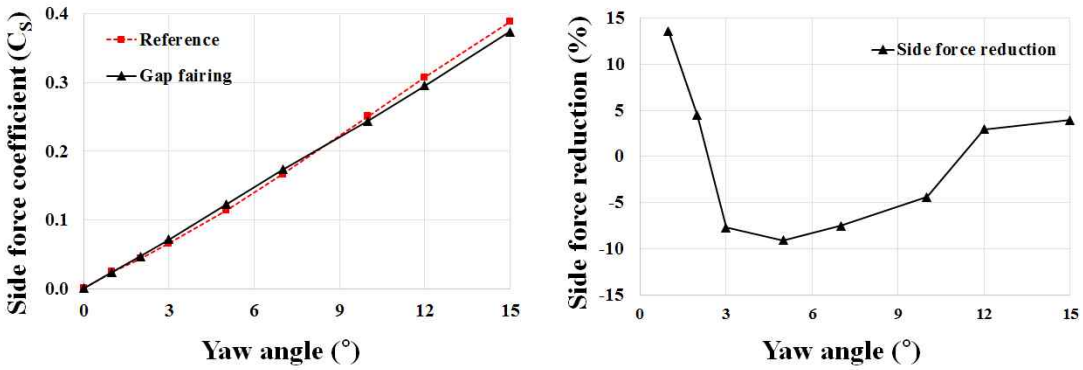
- Yaw angle 변화 실험에 사용된 gap fairing은 최대 항력계수 저감 효과를 나타내는 deflecting angle Θ=5°, gap length G/G_0 =0.6 조건을 적용한 모델임
- Yaw angle 변화에 따른 항력계수(C_D)의 변화와 항력계수 저감률 변화를 나타냄 <그림 3-32>
- Yaw angle이 증가함에 따라 기본 화물차 차체가 받는 항력계수 값이 증가하며, gap fairing을 장착한 경우 yaw angle 전 영역에서 기본 reference 모델에 비하여 항력계수 값이 크게 감소함
- Yaw angle 전 영역에서 약 20-30%의 항력계수 저감 효과를 보이며, 특히 yaw angle Φ =5° 조건에서 34%의 항력 저감 효과를 보임
- Gap fairing 장착 시, 트랙터 상부에서 발생하는 유동박리 뿐만 아니라 트랙터와 트레일러 사이 gap 공간에서의 유체 저항이 감소하여 항력계수가 크게 줄어듦
- 이러한 연구결과를 통해 40ft 화물차에 gap fairing 장착 시, 차량의 연비를 크게 개선시킬 수 있음



<그림 3-147> Yaw angle에 따른 40ft TRAGO 화물차의 항력계수(CD) 및 항력 저감 효과 변화

○ Yaw angle에 따른 횡풍 측력계수(C_S)와 횡풍 측력계수 저감률의 변화

- Yaw angle Φ 변화에 따른 횡풍 측력계수와 횡풍 측력계수 저감률을 나타냄 <그림 3-33>
- Yaw angle이 커짐에 따라, 측풍을 받는 차량의 표면적이 늘어나고 이에 따라 차체에 걸리는 측력도 증가함
- Yaw angle Φ =1° 조건에서 횡풍 측력계수가 13.5% 줄어드는 효과를 보임. 이러한 결과는 본 과제의 성과 기준 목표치인 5%를 크게 초과 달성하는 수치임



<그림 3-148> Yaw angle에 따른 40ft TRAGO 화물차 모델의 횡풍 측력계수(CS) 및 측력계수 저감효과

(2) 수치해석을 통한 공기역학적 성능평가

(가) 수치해석을 통한 최적화

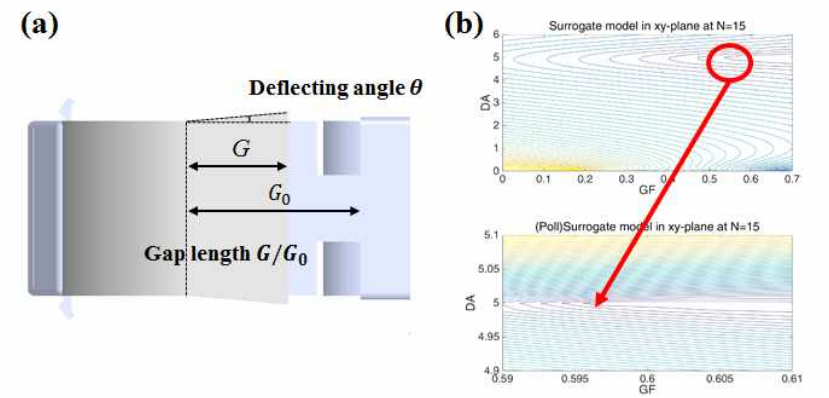
□ Surrogate Management Framework를 이용한 최적화 분석

○ 실제 연속적인 함수를 구하기 위한 계산 또는 실험 비용이 상당하므로, 실제 함수와 비슷한 형태를 가지는 대리 함수를 구하고, 구해진 대리 함수를 이용하여 최적의 값을 찾는 방법을 Surrogate Management Framework(SMF)이라고 함

□ 40ft 화물차 Gap fairing에 대한 최적화 분석

○ Gap fairing 길이 및 각도 조절에 대한 SMF 최적화 분석 결과

- 40ft 화물차의 gap fairing 길이는 gap 길이가 다른 화물차량 모두에 적용 가능하도록 무차원수(gap length)로 설계함
- Gap length가 약 0.6, deflecting angle Θ = 5°의 gap fairing에서 최적의 항력 감소 결과를 얻어 낼 수 있음



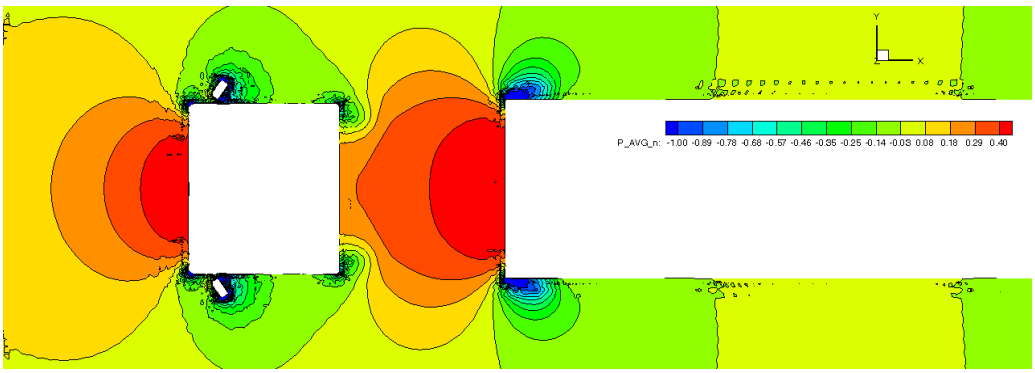
<그림 3-149> (a) 40ft 화물차에 장착한 gap fairing 길이와 각도에 대한 모식도 및 (b) Surrogate Management Framework(SMF) 최적화 결과

(나) 유동장 분석

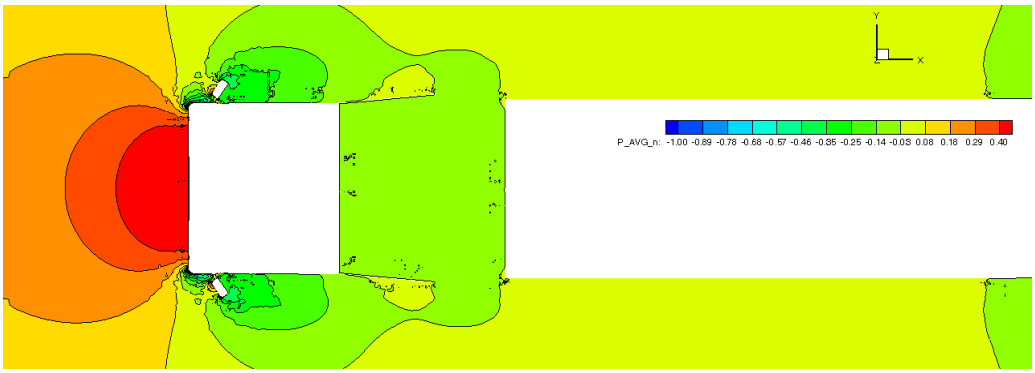
□ 40ft 화물차 주변 유동장 분석

○ Gap fairing 장착 유무에 따른 40ft 화물차 주변 압력장 비교 (z-plane, z=2.0)

- Gap fairing을 부착함에 따라, 트랙터와 트레일러 사이 공간에서 저압 영역(low-pressure region)이 형성됨
- 이에따라 gap fairing 부착 시, 트레일러 전면부에 작용하는 압력이 감소하여 항력을 감소시킴
- 트랙터의 전면부와 후면부, 트레일러의 전면부와 후면부에 작용하는 압력차이가 감소하여 화물차에 가해지는 압력에 기인한 항력 감소



<그림 3-150> Gap fairing을 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)



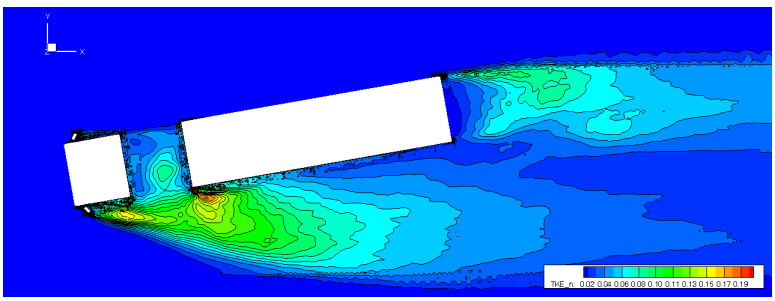
<그림 3-151> Gap fairing을 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)

(다) 주행 안정성 평가

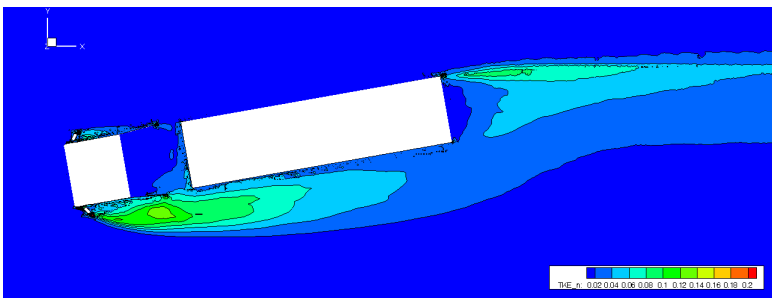
□ **40ft 화물차 주변 유동장 분석**

○ 측풍 조건에서, gap fairing 장착 유무에 따른 40ft 화물차 주변 난류 운동에너지 (TKE) 비교 **(z-plane, z=2.0)**

- Gap fairing 장착 시, 트랙터-트레일러 사이의 공간과 함께 측면부 및 후방 영역에서 난류 운동에너지(turbulent kinetic energy)가 감소함. 그리고 시간 경과에 따른 화물차를 흘러 지나가는 유동의 변화가 감소함을 확인 할 수 있음
- 난류운동에너지가 감소하여 화물차에 작용하는 flow induced vibration 유동에 기인한 진동이 감소함을 확인



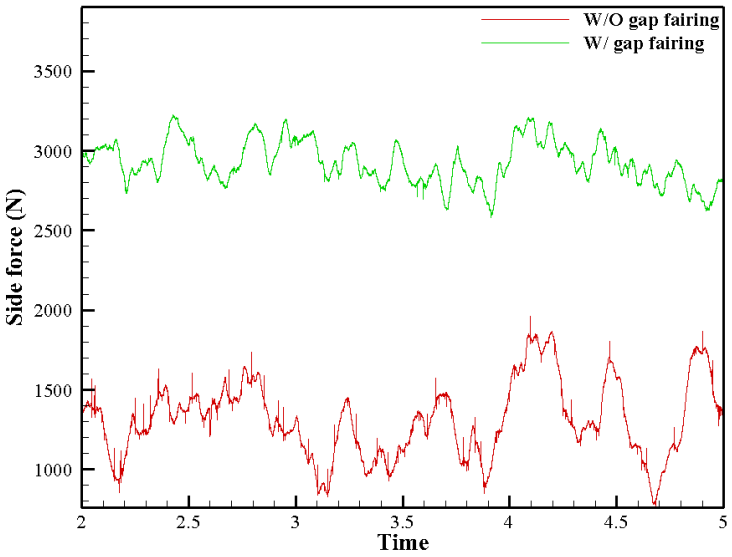
<그림 3-152> Gap fairing을 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류운동에너지 (z-평면, z=2.0)



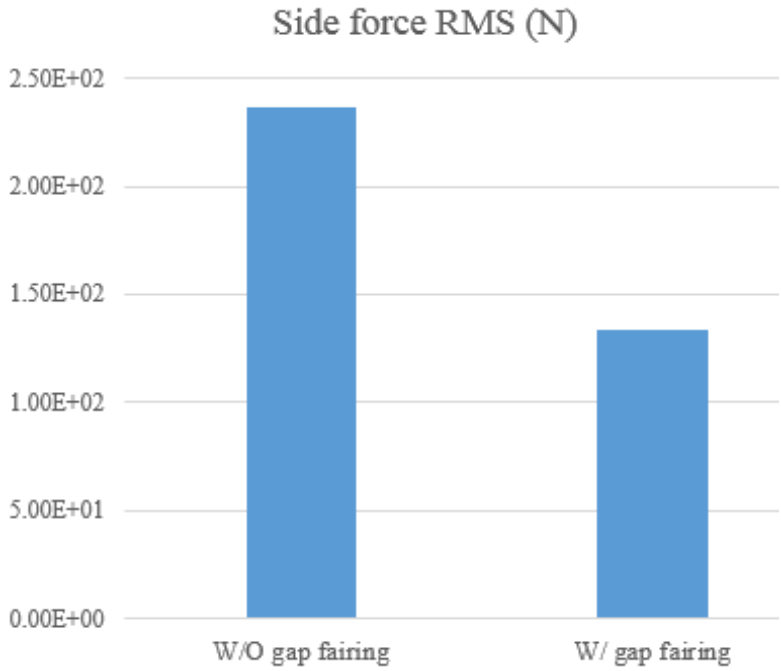
<그림 3-153> Gap fairing을 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류운동에너지 (z-평면, z=2.0)

○ Gap fairing 장착 유무에 따른 40ft 화물차의 측력 비교

- Gap fairing 장착 시, 단면적 증가로 인하여 측력의 크기가 증가함
- Gap fairing 장착 시, 측력 변동성분의 RMS 값이 43.6% 저감되어, 차체에 가해지는 진동의 진폭이 대폭 감소함
- 이로 인하여 전체적인 주행 안정성은 강화됨



<그림 3-154> Gap fairing 부착 유무에 따른 40ft 화물차에 가해지는 시간에 따른 측력변화



<그림 3-155> Gap fairing 부착 여부에 따른 40ft 화물차에 가해지는 측력 fluctuation의 RMS 값 비교

5. Vortex generator를 이용한 운행안정성 향상 기술 개발

가. Vortex generator의 설계

(1) Vortex generator 형상 설계

□ **설계 대상**

○ 국내에서 가장 많이 운행하고 있는 15ton 현대 Trago Xceint 화물차에 적합한 모델을 역설계 한 후 VG(vortex generator)를 설계하여 장착

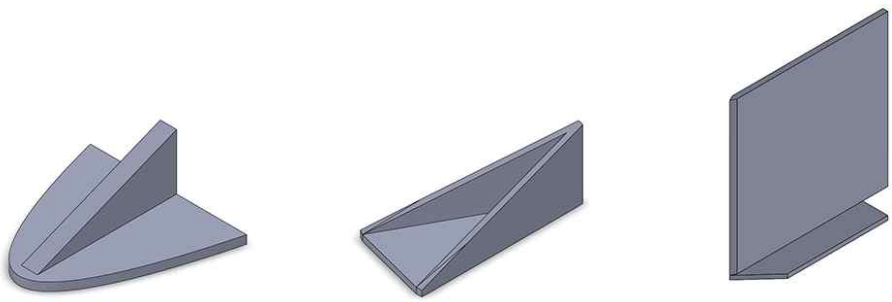
- Vortex generator의 형상, 높이, 설치 개수, 장착 위치를 변화시킨 다양한 형상의 vortex generator를 3D 프린터를 이용하여 제작
- 제작한 vortex generator를 실험대상 차량에 장착하고 이들이 항력과 측력에 미치는 영향을 측정하여 항력계수(C_D) 값과 횡풍 측력계수(C_S)를 도출하여 평가함

□ **다양한 형상 설계**

○ Vortex generator는 그 사용 목적과 용도에 따라 다양한 형상이 존재하며, 하프 델타(half-delta type), 위시본(wishbone type), 직사각형(rectangular type), 사다리꼴(trapezoid type) 등이 대표적인 형상임

○ 본 실험에서는 3가지 타입(하프델타, 위시본, 직사각형)의 vortex generator를 제작하여 각 모델의 성능을 비교 평가함

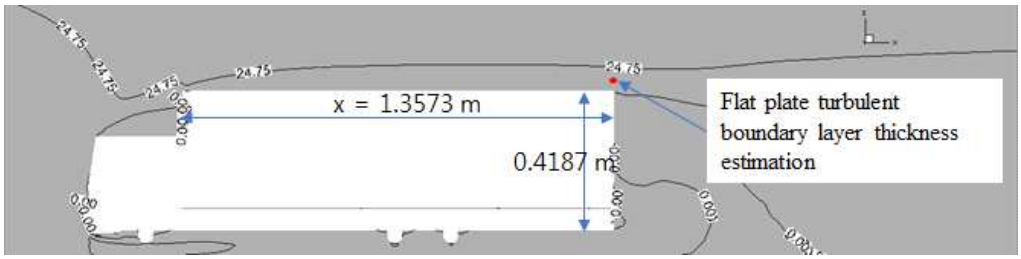
- vortex generator의 형상은 <그림 3-41>과 같음



<그림 3-156> Vortex generator의 형상. (좌측부터 하프델타, 위시본, 직사각형)

□ **Vortex generator 높이 설정**

- Vortex generator의 높이는 통상 생성되는 난류경계층 두께 δ의 10-60% 정도로 설정함 (John C. Lin et al, Progess in Aerospace Science)
- 15ton 화물차 끝단에서 생성되는 난류경계층의 두께를 수치해석을 통해 계산하여 적용 <그림 3-42>
- 난류경계층의 두께 δ의 0.2, 0.4, 0.6 배로 VG 높이를 설정하여 비교 평가함
  · δ = 0.072m, h = 0.0144, 0.0288, 0.0432m



<그림 3-157> 난류 경계층 두께 수치해석 결과

□ Vortex generator의 설치 위치 및 개수

○ 통상의 vortex generator는 차량에 후미부에 장착하여 와류를 인위적으로 발생시켜 유동 박리점(flow separation point)을 지연시켜 공기저항을 저감시킴

- 본 실험에서는 화물차의 끝단 뿐만 아니라 앞서 연구한 boat tail과 연계를 위해 보트 테일의 끝단에 설치하여 그 효과를 비교 검토함

○ 화물차의 상판 및 옆면에도 3개에서 최대 19개의 vortex generator를 설치하고 비교 분석함

(2) Vortex modifier의 설계

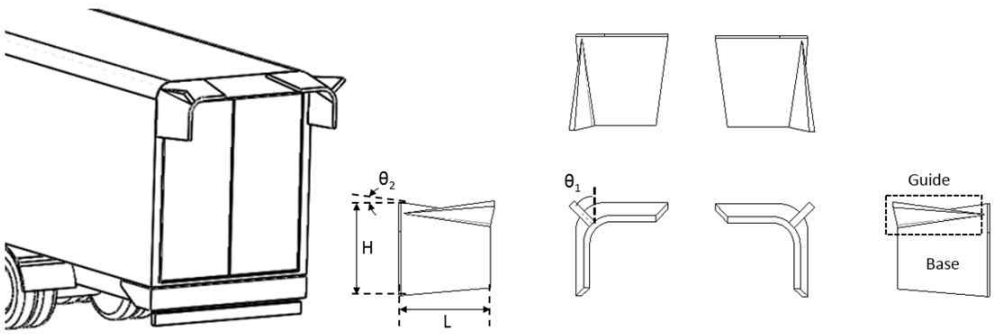
○ 와류를 인위적으로 발생시켜 공기저항을 저감하는 기존 방식의 경우, 직각 모서리 형상인 트레일러 후단에서는 공기저항 저감 효과가 미비하고 횡풍 측력계수 저감에도 큰 효과가 없음

○ 공기저항 저감 및 횡풍 측력계수 저감에 효과적인 새로운 개념의 와류 제어장치를 제안함

- 화물차 후미부에 와류 제어장치를 부착함으로써 차량 끝단에 발생하는 유동방향 와류(longitudinal vortex)의 생성을 최대한 억제시켜 공기저항을 줄이는 방법

- 화물차의 직각 모서리(square back) 형상의 후단부에서 발생하는 강한 유동박리를 완화시켜 후류 유동을 이상적인 유선을 가지도록 유도함

- Vortex modifier의 형상 및 설계 변수는 그림과 같음



<그림 3-158> Vortex modifier의 형상 및 설계 변수

나. Vortex generator의 공기역학적 성능 평가

(1) 풍동 실험을 통한 주행 안정성 평가

(가) 공력 특성

□ **Vortex generator 형상 및 높이에 따른 공력특성 변화**

○ 본 실험에서는 3가지 타입(하프 델타, 위시본, 직사각형)의 vortex generator(VG)를 제작하여 각 VG모델의 높이변화에 따른 항력 저감 효과를 비교 평가함

- Re =8.8 × 10^5, yaw angle(Φ) =0° 조건에서 VG를 부착여부에 따른 항력계수 저감률을 확인

○ VG의 높이는 난류경계층의 두께 δ의 0.2, 0.4, 0.6 배로 설정하여 비교 평가함

- δ = 0.072m, h = 0.0144, 0.0288, 0.0432m

○ 각 5개의 VG를 일정 간격으로 컨테이너의 끝단에 설치

○ 화물차의 끝단에서 와류를 인위적으로 발생시켜 공기저항을 저감하는 방식의 VG의 경우, 유선형 끝단 형상(fast back)을 가지는 자동차에는 효과가 있으나, 직각 모서리(square back)를 가진 직육면체 형상의 트레일러에는 공기저항 저감 효과가 미비한 것을 확인함

- 세 가지 VG중 에서는 위시본 타입이 공기저항 저감 효과가 가장 좋았으나, 실제 항력계수 저감 효과는 0.4%로 다른 항력저감 방식에 비해 효과가 미약함

- VG 높이 변화에 따른 효과는 일관적인 경향성을 찾기 어려우며, 정량적인 값 차이가 적어 단정하기 어려움

- VG 형상에 따른 항력계수 저감 효과를 정리하여 <표 3-12>에 나타냄

<표 3-87> Vortex generator 형상과 크기에 따른 항력계수(CD) 및 항력계수 저감 효과(%)

Type	size (h/δ)	C_D	Reduction rate (%)
Half delta	0.2	0.710	0.1435
	0.4	0.711	0.0084
	0.6	0.711	0.0054
Wishbone	0.2	0.709	0.3248
	0.4	0.708	0.4027
	0.6	0.710	0.1948
Rectangular	0.2	0.710	0.1141
	0.4	0.709	0.2581
	0.6	0.710	0.1601

□ Voltex generator 형상 및 개수에 따른 공력특성

○ 본 실험에서는 3가지 타입(하프 델타, 위시본, 직사각형)의 VG를 제작하여 각 모델의 설치 개수에 따른 항력계수 저감 효과를 비교 평가함

- Re = 8.8 × 10^5, yaw angle(Φ) = 0° 조건에서 VG를 부착하지 않은 경우에 대한 각 다른 형상의 VG를 장착한 경우의 항력계수 저감률을 확인

○ 컨테이너의 상판에 일정한 간격으로 설치하였으며, 각 모형의 효과가 가장 좋은 경우에 대하여 추가적으로 컨테이너 옆면에 같은 모형의 VG를 각 3개, 5개를 추가하여 비교 평가함

○ VG는 컨테이너의 끝단에 설치하였으며, 각 형상의 vortex generator 크기는 난류경계층 두께 δ의 0.4배로 높이를 설정하여 비교 평가함

○ VG의 형상과 개수를 변화시켜가며 실험한 결과, 항력감소 효과가 미미함을 확인함

- 위시본 타입 VG를 상판에 5개, 컨테이너 옆면에 5개를 부착한 경우, 0.47%의 저감 효과를 보여 다른 항력 저감장치들에 비교하여 효과가 상대적으로 매우 적음

- VG 개수에 따른 효과는 일관성 있는 경향을 찾아보기 어려우며, 그 효과 차이도 크지않아 정하기 힘듦

- 컨테이너의 옆면에 VG를 추가한 경우, 추가적인 항력계수 저감 효과를 보였으나, 그 차이는 크지 않음

- VG 형상 및 개수에 따른 항력계수 저감 효과를 <표 3-3>에 정리하여 나타냄

<표 3-88> Vortex generator 형상 및 개수에 따른 항력계수(CD) 및 항력 저감 효과(%)

Type	Number	Side	C_D	Reduction rate (%)
Half delta	2	-	0.712	-0.0865
	3	-	0.710	0.1665
		+3 pair	0.709	0.2649
		+5 pair	0.709	0.2790
	5	-	0.711	0.0084
Wishbone	3	-	0.709	0.3493
	5	-	0.708	0.4027
		+3 pair	0.708	0.4198
		+5 pair	0.708	0.4765
	9	-	0.709	0.2586
Rectangular	2	-	0.709	0.3071
	5	-	0.709	0.2581

□ **Vortex generator 형상 및 설치 위치에 따른 공력특성 변화**

○ 본 실험에서는 3가지 타입(하프 델타, 위시본, 직사각형)의 VG를 제작하여 각 모델의 설치 위치에 따른 항력계수 저감 효과를 비교 평가함

- Re = 8.8 × 10^5, yaw angle Φ = 0° 조건에서 VG를 부착하지 않은 경우에 대한 각 다른 형상의 VG를 장착한 경우의 항력계수 저감률을 확인
- Boat tail의 경우, 일반적으로 사용하는 3-way boat tail을 사용하였으며, boat tail만 부착한 경우와 boat tail에 추가적인 VG를 부착한 경우의 항력계수 저감 효과를 비교 평가함

○ VG의 크기는 난류경계층 두께(δ)의 0.4배 높이로 설정하고 5개의 VG를 일정한 간격으로 컨테이너의 끝단에 설치함

○ VG의 형상과 설치 위치를 변화시켜가며 실험한 결과, 컨테이너의 끝단에 부착하는 경우보다 boat tail의 끝단에 설치한 경우보다 항력저감 효과를 보임

- 이는 boat tail을 부착함으로써 직각 모서리 형상(square back)의 트럭 후단에서 유선형 끝단 형상(fast back)으로 유동구조를 변화 시켜 VG 효과가 발휘되는 것으로 생각되어짐
- Boat tail 상판에 5개의 위시본 타입 VG 부착한 경우, 가장 우수한 항력계수 저감 효과를 보였으나, 그 값이 0.84%로 다른 항력계수 저감용 장치들에 비해 항력저감 효과가 미흡함
- VG의 형상 및 개수변화에 따른 항력계수 저감 효과를 <표 3-4>에 정리하여 나타냄

<표 3-89> Vortex generator 형상 및 설치 위치변화에 따른 항력계수 (CD) 및 항력계수 저감 효과(%)

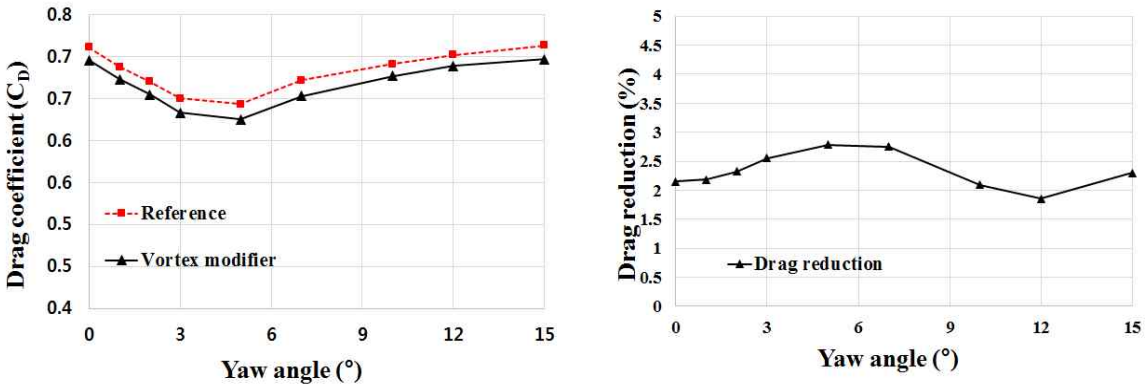
Type	Position	C_D	Reduction rate (%)
Half delta	end of rear	0.711	0.00844
	end of boat tail	0.639	0.21641
Wishbone	end of rear	0.708	0.40274
	end of boat tail	0.635	0.84137
Rectangular	end of rear	0.709	0.25809
	end of boat tail	0.638	0.37266

(나) 주행 안정성 평가

□ Yaw angle (Φ) 변화에 따른 15ton 화물차 모델의 공력특성 분석

○ Yaw angle에 따른 15ton 모델의 항력계수(C_D) 및 항력계수 저감 효과

- Yaw angle이 증가함에 따라 차량이 받는 항력계수 값이 증가하며, vortex modifier가 추가로 장착된 경우 전 yaw angle 영역에서 항력계수 값이 줄어듦
- Vortex modifier 장착 시 화물차 후미부에서의 유동박리가 줄고, 운동에너지 손실이 감소하여 항력계수가 줄어듦
- 특히 yaw angle이 Φ = 7°조건에서, 2.69%의 항력계수 저감 효과를 보임

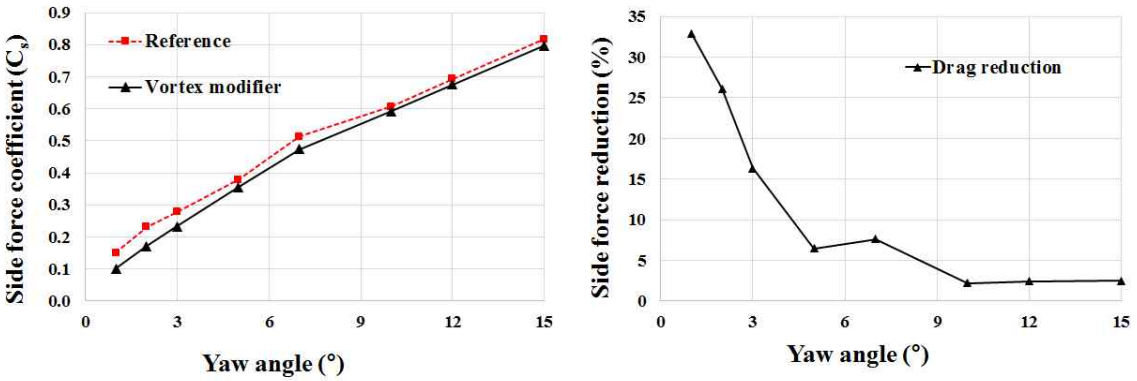


<그림 3-159> Yaw angle 변화에 따른 15ton 화물차 모델의 항력계수(CD) 및 항력계수 저감효과

○ Yaw angle 변화에 따른 측력(F_s)과 횡풍 측력계수값(C_s)의 변화

- Yaw angle Φ가 커짐에 따라, 측풍을 받는 차량의 표면적이 늘어나, 차체에 걸리는 측력이 증가함

- Vortex modifier 장착 시, 기본 reference 차량에 비해 측력이 감소하고 횡풍 측력계수도 낮아짐
- 횡풍 측력계수는 시험한 yaw angle 전 구간에서 2% 이상 저감되어짐. 이러한 결과는 본 과제의 성과 기준 목표치인 2%를 초과 달성하는 수치임



<그림 3-160> Yaw angle에 따른 15ton 모델의 측력계수(CS) 및 횡풍 측력계수 저감효과

(2) 수치해석을 통한 공기역학적 성능 평가

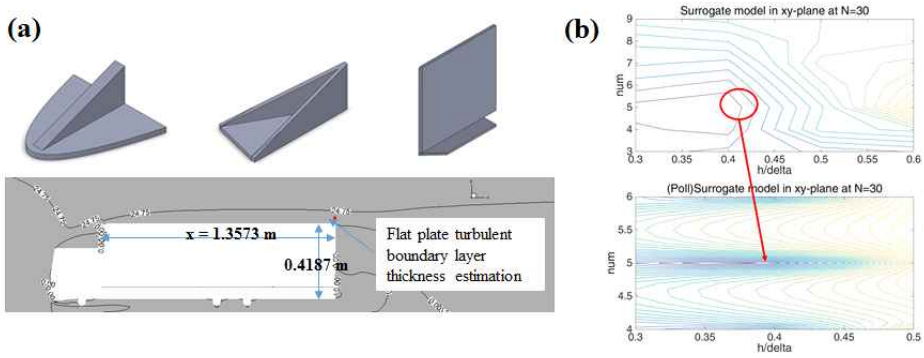
(가) 수치해석을 통한 최적화

□ Surrogate Management Framework를 이용한 최적화 분석

○ 실제 연속적인 함수를 구하기 위한 계산 또는 실험 비용이 상당하므로, 실제 함수와 비슷한 형태를 가지는 대리 함수를 구하고, 구해진 대리 함수를 이용하여 최적의 값을 찾는 방법을 Surrogate Management Framework(SMF)이라고 함

□ 15ton 화물차 vortex generator에 대한 최적화 분석

○ Vortex generator 개수 및 높이 조절에 대한 SMF 최적화 분석 결과
- 15ton 화물차 vortex generator 개수 및 높이(h/delta) 변화에 따른 SMF를 통한 최적화 분석 진행
- 개수 = 5, 높이 h/delta = 0.4의 vortex generator에서 최적의 항력 감소 결과를 얻어 낼 수 있음



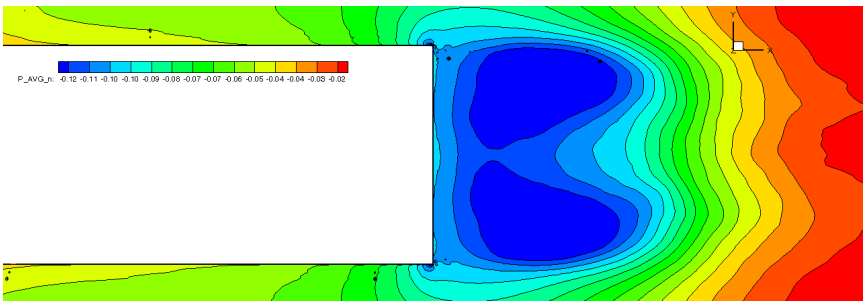
<그림 3-161> (a) 15ton 화물차에 장착한 vortex generator 개수와 높이에 대한 모식도 및 (b) Surrogate Management Framework(SMF) 최적화 결과

(나) 유동장 분석

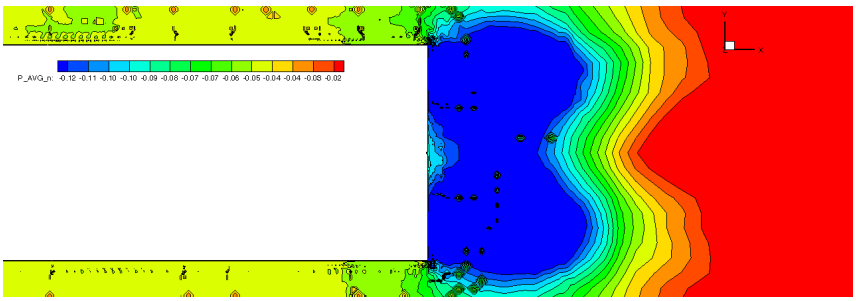
□ **15ton 화물차의 주변 유동장 분석**

○ Vortex modifier를 장착한 15ton 화물차의 주변 압력장 **(z-plane, z=2.0)**

- Vortex modifier를 부착함에 따라, 트레일러 후방에서 저압영역의 크기가 줄어들고, 주유동방향의 길이도 또한 줄어듦
- 따라서 vortex modifier 부착 시, 항력 저감하는 방향을 유동장을 변화시켜 항력이 저감되어짐을 유추할 수 있음



<그림 3-162> Vortex modifier 부착하지 않은 15ton 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)



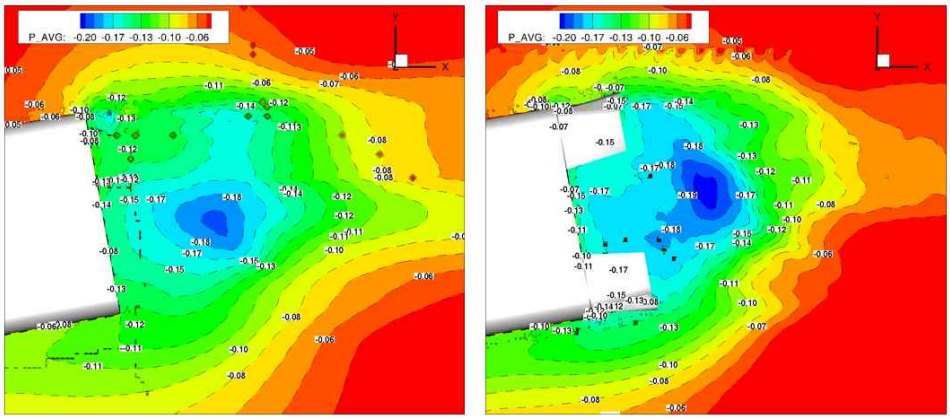
<그림 3-163> Vortex modifier 부착하고 15ton 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)

(다) 주행 안정성 평가

□ 15ton 화물차 주변의 유동장 분석

○ Vortex modifier 장착 유무에 따른 15ton 화물차 주변의 압력장 비교 (Φ = 10°, z=2.0)

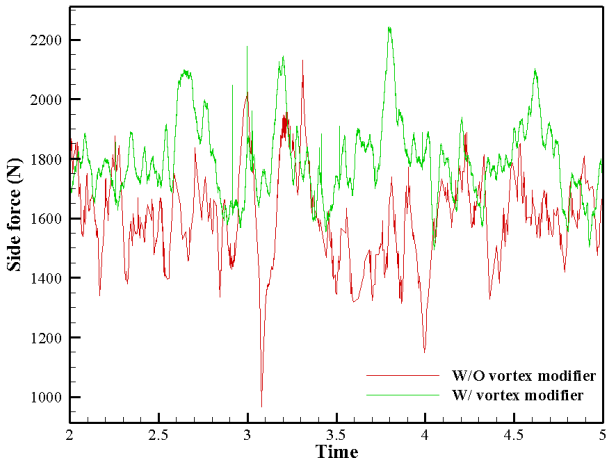
- Vortex modifier가 장착되지 않은 경우, Φ = 10° 조건에서 측풍 영향에 의해 후류의 flow symmetry가 깨짐
- Vortex modifier 부착시, 후류의 flow symmetry가 개선됨
- 이에따라 vortex modifier 부착 시, 차량 안정성에 긍정적인 효과가 유도됨



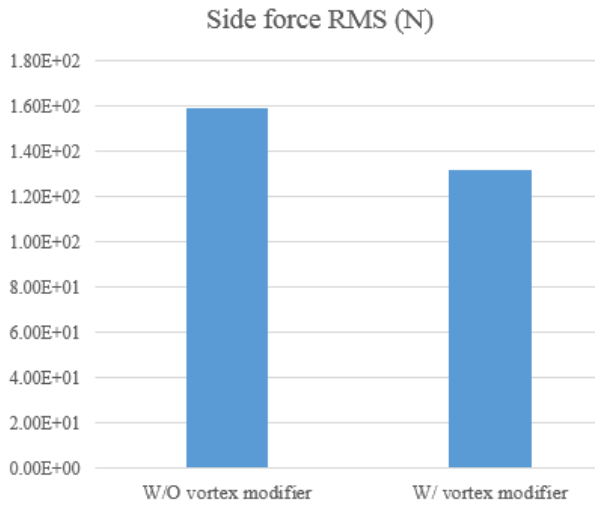
<그림 3-164> Vortex modifier 부착하지 않은 (좌) 및 부착하고 (우) 15ton 화물차의 컨테이너 위쪽 평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=3.1)

○ Vortex modifier 장착 유무에 따른 15ton 화물차에 걸리는 측력 비교

- Vortex modifier 장착 시, 바람에 노출되는 단면적이 증가하여 측력이 증가함
- Vortex modifier 장착 시, 측력 fluctuation의 RMS 값이 17.3% 저감되어 차체에 가해지는 떨림 현상의 진폭이 감소함
- 이로 인해 전체적인 주행 안정성이 개선됨



<그림 3-165> Vortex modifier 부착 전, 후 15ton 화물차에 가해지는 시간에 따른 측력 변화



<그림 3-166> Vortex modifier 부착 전, 후 15ton 화물차에 가해지는 측력 변동성분의 RMS 값 비교

6. Trailer full aero. package를 이용한 연비 향상 기술 개발

가. 40ft 화물차 모델 trailer full aero package의 설계

□ Flap-type side skirt

○ Side skirt는 차량 하부에서 발생하는 와류의 생성을 억제함. 특히, 타이어와 스커트 사이의 유동 흐름을 막아 공기저항이 효과적으로 줄어듦

○ Flap-type side skirt는 타이어 후방 유동을 보다 효과적으로 제어할 수 있는 최적의 형상으로 설계하였음. 차체 안쪽으로 일정한 각도(δ)로 꺾여 들어온 flap을 부착한 side skirt의 경우, 들임각(δ_1=30°, δ_2=0°)에 따라 공기저항 저감 효과가 표준형 side skirt보다 개선되었음을 확인

○ Trailer full aero. package를 구성하는 하부 부착물로 최대 공기저항 저감 효과를 유도하는 flap-type side skirt(δ_1=30°, δ_2=0°)를 선정하여 장착함

□ LIAD(lower inclined air deflector) boat tail

○ 차체 하부에서 발달하는 와류의 영향을 감소시키고, 차체 후미부에 형성된 저압 영역 (low-pressure zone)의 압력값을 높이기 위한 대책의 일환으로 후미부 아래쪽에 스포일러 형태의 LIAD를 추가로 부착함

○ 차량 후미부 아래쪽에 스포일러 형태로 위로 살짝 기울어진 LIAD(lower inclined air deflector)를 추가로 부착하여 차체 하부 유동을 효과적으로 제어하여 차체 후면부에 형성된 낮은 압력을 높이고자 함

○ LIAD의 길이는 boat tail 길이의 1/2, 화물차의 뒷면과 이루는 각도는 30~ 60°로 설정함

○ 기존 boat tail의 상부면에는 차체 후미부와 약간의 높이 차가 존재하여 유동 박리(flow separation)가 boat tail의 끝단보다 약간 전방 위치에서 발생함. 이러한 문제점을 개선하기 위해 이러한 높이 차이에 기인한 공기저항 형성 가능성을 없애고 후미부에서 유동이 부드럽게 이어지도록 하는 gap repair 구조물 설치

□ Gap fairing

○ 40ft 화물차 모델의 경우, 트랙터와 트레일러 사이의 공간에 기인하여 공기저항이 크게 발생. 따라서, 화물차 차체 형상에 최적화된 gap fairing을 설치하고 효과적인 유동제어를 기술을 도입하여 공기저항을 줄이는 것이 중요함

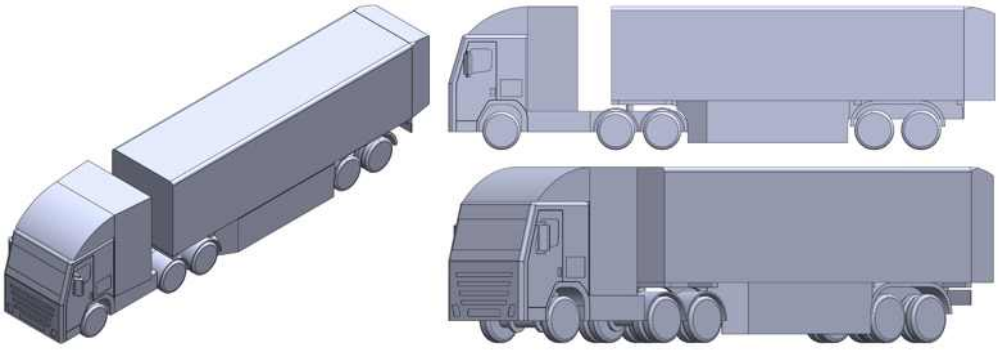
○ 화물차의 주행안정성과 시야 확보 등을 고려하여 gap fairing의 길이와 각도를 최적화하고, 트랙터와 트레일러의 높이 차에 기인하여 발생하는 항력을 저감시키기 위해 cab-roof fairing 구조를 포함한 gap fairing을 설계함

○ Deflecting angle Θ=5°, gap length G/G_0 =0.6 일 때, 항력계수(C_D)가 최소값을 가지며, gap fairing을 부착하지 않은 기본 모델에 비해 16.5%의 항력 계수 저감 효과를 보임

□ Trailer full aero. package

○ 그 동안 개발되어진 항력저감 장치들(flap-type side skirt, LIAD boat tail, gap faring)을 부착하여 가장 우수한 공기저항 저감 효과를 얻고자 함 <그림 3-52>

○ 화물차 전면부와 함께 트랙터와 트레일러 사이 공간에서 발생하는 공기저항, 하부에서 발생하는 공기저항, 그리고 차체 후면부에서 발생하는 공기저항을 효과적으로 제어하여 화물차 차체에 전체적으로 작용하는 공기저항을 저감시키는 것을 목표로 함



<그림 3-167> 40ft 화물차 모델에 trailer full aero. package를 부착한 모델

나. 40ft 화물차 모델 trailer full aero. package의 공기역학적 성능 평가

(1) 풍동 실험을 통한 항력 개선 및 주행 안정성 효과 분석

(가) 공력 특성

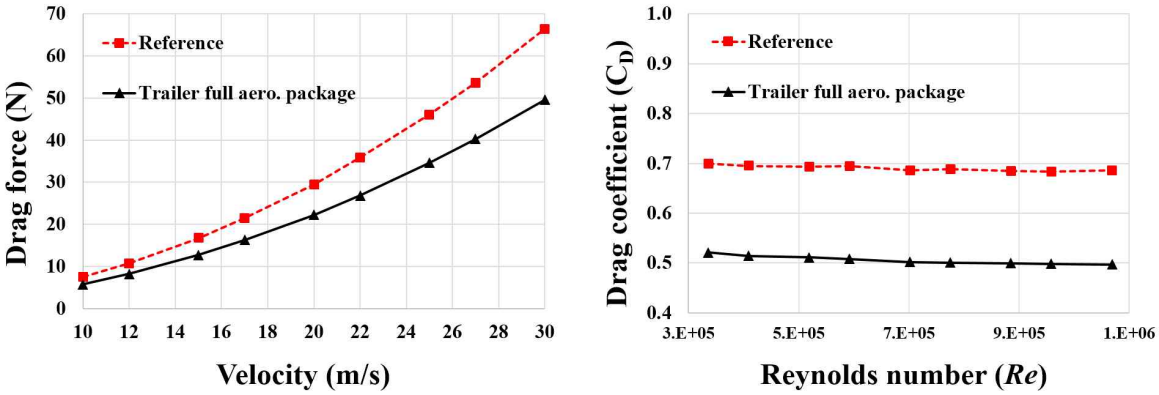
□ **Trailer full aero package 모델의 공력특성**

○ 공기저항저감용 부가장치들을 장착하지 않은 기본 차체를 대상으로 풍속을 10~30m/s 영역에서 변화시켜가며 차체에 가해지는 공기 저항(drag)의 크기를 측정하고, 항력계수(C_D) 값을 도출하여 <그림 4-8>에 나타냄

- 측정 결과, 실험 모델에 가해지는 항력은 풍속이 증가함에 따라 풍속의 제곱에 비례하여 증가함
- 25m/s 이상의 풍속 조건에서는 풍속에 상관없이 거의 일정한 항력계수 값을 가짐을 확인. 풍속 25m/s 에서의 레이놀즈 수(Reynolds number) 값은 9.1×10^5 인데, 이는 임계 레이놀즈 수 보다 큰 값이므로 풍속이 이보다 증가 하더라도 항력계수는 변하지 않음.

□ **Trailer full aero package의 효과**

- Re = 9.1×10^5, $\Phi = 0°$ 조건에서 trailer full aero. package 부착 유무에 따른 40ft 화물차 모델의 항력 및 항력계수 변화를 확인 <그림 3-53>
- Trailer full aero. package 장착 시, 기본 40ft 화물차에 비해 항력계수가 27.0%가 되어짐을 확인

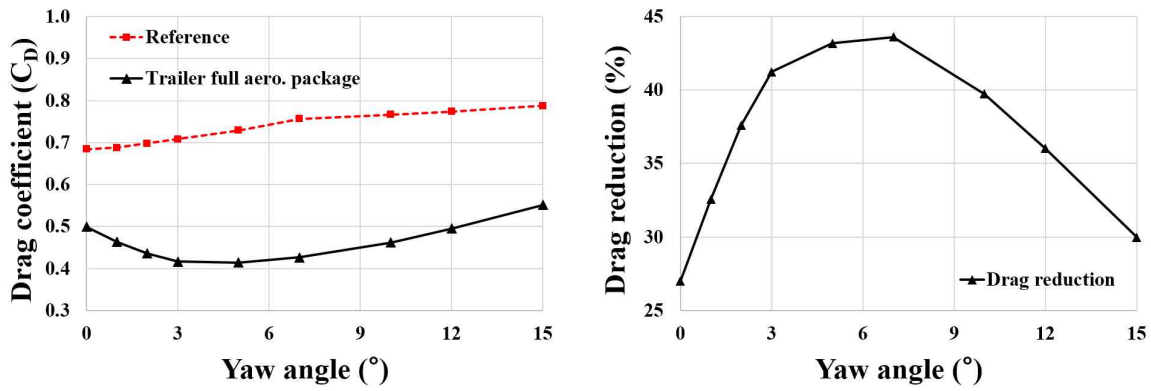


<그림 3-168> 풍속 변화에 따른 40ft 화물차의 항력(FD) 및 항력계수(CD)의 변화

(나) 주행 안정성 평가

□ **Yaw angle(Φ) 변화에 따른 40ft 화물차의 공력특성 분석**

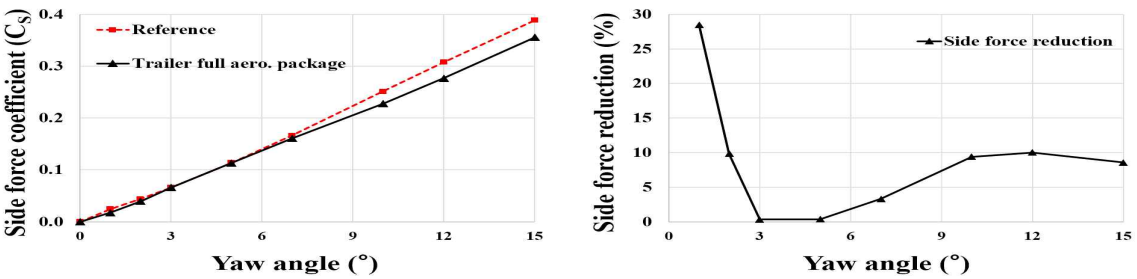
- Trailer full aero. package는 최대 항력 저감 효과를 가져오는 flap-type side skirts (0°, 30°), LIAD boat tail, gap fairing 세 가지 부착물을 화물차에 장착한 경우를 나타냄
- Yaw angle 변화에 따른 항력계수(C_D)와 항력계수 저감 효과를 나타냄 <그림 3-54>
- Yaw angle이 증가함에 따라, 차량이 받는 항력계수 값이 증가하며, trailer full aero. package를 장착한 경우 yaw angle 전 영역에서 reference 모델에 비하여 항력계수가 감소함
- Yaw angle 전 영역에서 최소 27.0%의 항력계수 저감 효과를 보임 특히, Φ = 7°조건에서 최대 43.2%의 항력계수 저감효과를 보임
- Trailer full aero. package 장착 시, 트랙터 상부, 하부, 후미부에서 발생하는 유동저항을 감소시켜 40ft 화물차량이 받는 항력 및 항력계수가 현저하게 줄어듦
- 이러한 연구결과는 통해 40ft 화물차량에 trailer full aero. package 장착 시 차량의 연비를 크게 향상시킬 수 있을 나타냄



<그림 3-169> Trailer full aero. package를 장착한 40ft TRAGO 화물차의 yaw angle에 따른 항력계수(CD) 및 항력계수 저감 효과

○ Yaw angle 변화에 따른 측력(F_S)과 횡풍 측력계수(C_S) 값의 변화

- Yaw angle 변화에 따른 측력의 변화와 횡풍 측력계수 값을 나타냄 <그림 3-55>
- Yaw angle이 커짐에 따라, 측풍을 받는 차량의 표면적이 늘어나고, 이에 따라 차체에 걸리는 측력이 증가
- Trailer full aero. package 장착 시, 기본 차량에 비해 바람에 바로 노출된 표면적이 증가하여 횡풍 측력은 증가하지만, 횡풍 측력계수는 감소함
- 횡풍 측력계수는 시험한 yaw angle 전 구간에서 현저하게 줄어듦. 특히, Φ =1°조건에서 횡풍 측력계수가 28.5% 저감 되어짐



<그림 3-170> Trailer full aero. package를 장착한 40ft 화물차의 yaw angle에 따른 횡풍 측력계수(CS) 및 횡풍 측력계수 저감 효과

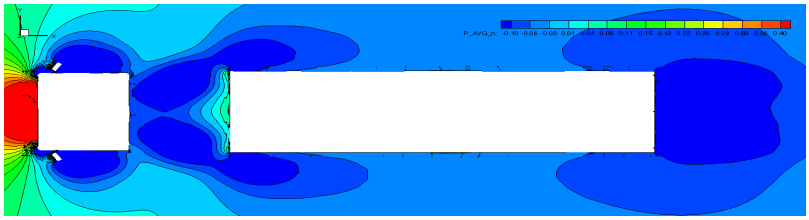
(2) 수치해석을 통한 항력 개선 및 주행 안정성 효과 분석

(가) 유동장 분석

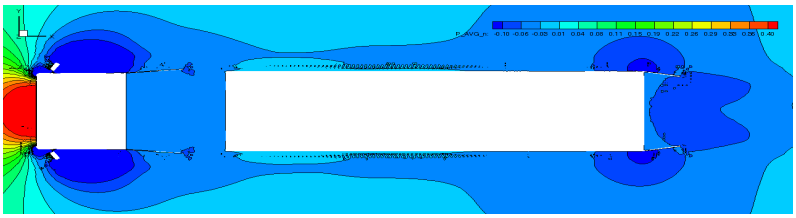
□ **Trailer full aero. package을 장착한 40ft 화물차의 대칭평면을 지나는 유동구조 변화 분석**

○ Trailer full package 장착 유무에 따른 40ft 화물차 주변의 압력장 비교 **(z-plane, z=2.0)**

- Trailer full aero. package 장착하면, 화물차 후면에서의 압력 강하가 줄어듦
- Trailer full aero. package를 장착함에 따라 트랙터와 트레일러 사이 공간(gap)에서 트레일러의 전면에 압력이 크게 낮아지고 트레일러 후면 압력이 현저하게 높아짐
- 화물차의 후면에 걸리는 압력 강하가 줄어들어, 차체 전면부와 후면부의 압력차이가 감소되어 압력분포에 기인한 형상저항(form drag)이 감소



<그림 3-171> Trailer full aero. package가 부착되지 않은 40ft 화물차 기본 모델의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)



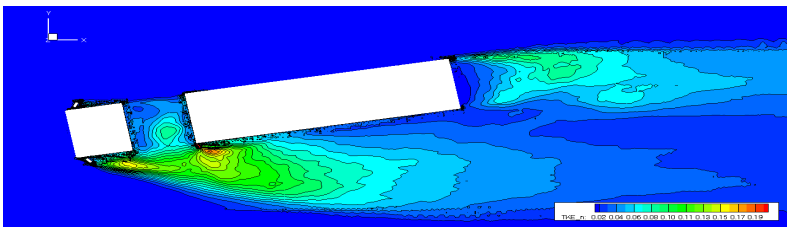
<그림 3-172> Trailer full aero. package를 장착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 시간평균 압력장 (z-평면, z=2.0)

(나) 주행 안정성 평가

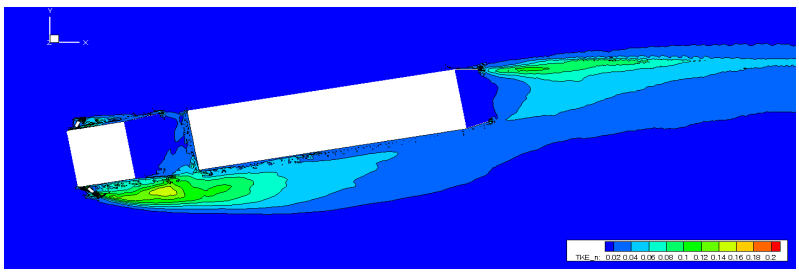
□ 40ft 화물차 주변 유동장 분석

○ 측풍 조건에서, trailer full aero. package 장착 유무에 따른 40ft 화물차 주변 난류 운동에너지(TKE) 비교 **(z-plane, z=2.0)**

- Trailer full aero. package 장착 시, 트랙터-트레일러 사이의 공간과 함께 측면부 및 후방 영역에서 난류 운동에너지(turbulent kinetic energy)가 현저히 감소함.
- 난류 운동에너지가 감소하여 화물차에 작용하는 flow induced vibration에 기인한 진동의 진폭이 감소함을 확인



<그림 3-173> Trailer full aero. package를 부착하지 않은 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류 운동에너지 (z-평면, z=2.0)



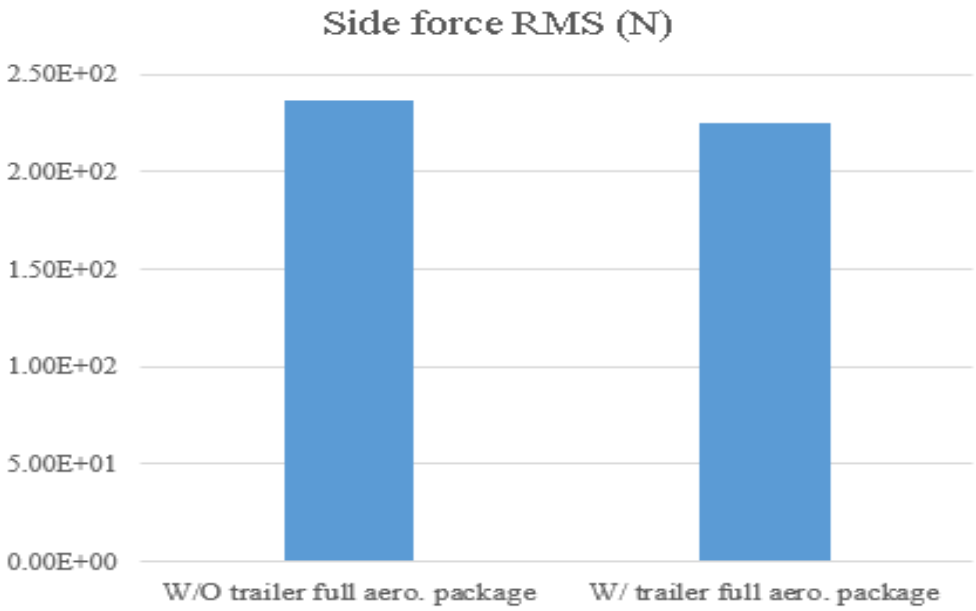
<그림 3-174> Trailer full aero. package를 부착한 40ft 화물차의 컨테이너 중간평면을 지나는 유동의 난류 운동에너지 (z-평면, z=2.0)

○ Trailer full aero. package 장착 유무에 따른 40ft 화물차의 측력 비교

- Trailer full aero. package 장착 시, 단면적 증가로 인하여 측력의 크기가 증가함
- Trailer full aero. package 장착 시, 측력 변동성분의 RMS 값이 5.0% 저감되어, 차

체에 가해지는 진동의 진폭이 감소함

- 이로 인하여 전체적인 주행 안정성은 증가함



<그림 3-175> Trailer full aero. package 부착 여부에 따른 40ft 화물차에 가해지는 측력 fluctuation의 RMS 값 비교

7. 테스트베드 구축 및 실용화

가. 최적 시제품 제작

(1) 소재 선정

○ 열경화성 폴리프로필렌 합성물과 유리섬유, UV필름 등 3 layer로 구성된 국산 소재 선정

○ 상기 3개 물질의 다층구조로 인하여 본 연구의 소재 조건에 부합하며, 본 연구의 구성에 맞게 제작한 금형으로 인발 사출하여 제작

○ 기존 판넬과 국산화 판넬의 인장강도 특성과 비교한 결과, 기존소재에 비해 국산소재의 성능이 다소 떨어지나 국내에서 사용하기에 충분한 강성과 연성을 보유하고 있음

○ 기존 소재와의 파괴형태 비교 시험 (별권참조)

<표 3-90> 시험결과

구분	기존소재(A)	국산소재(B)	A/B
인장강도 (*MPa*)	467.84	195.05	2.40
탄성계수 (*GPa*)	36.65	15.06	2.43

○ 강화고무 등의 대체 소재를 조사 중이나 화재 시 발화나 유해가스 발생등의 이유로 안전 관점에서 배제 중. 차후 저렴한 대체소재가 개발되면 판매단가를 낮출 수 있을 것으로 사료됨.

(2) 시제품 제작 및 설치기술 개발

○ 유동해석 및 풍동실험을 통해 분석된 최적 각도(80°)로 부착

○ Boat tail은 개폐가 가능한 구조로 제작

○ 하부에서 발생하는 와류를 제어하기 위한 LIAD (low inclined air deflector) 부착

○ Boat tail과 적재함 사이의 공간을 최소화시키는 gap repair 부착

















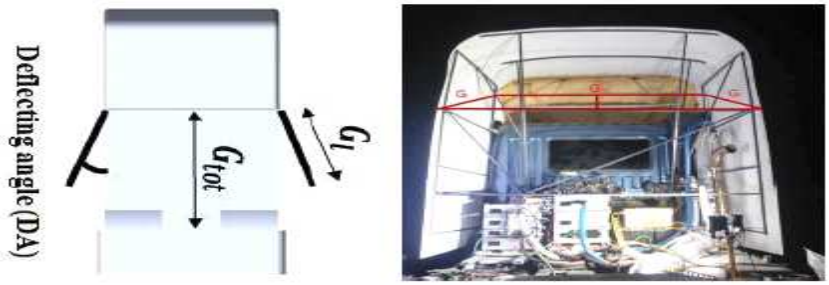




○ Gap fairing



<그림 3-176> Gap fairing 길이 최적화



<그림 3-177> Gap fairing 각도(5°) 최적화

나. 연비개선 실차 성능 검증

(1) Proving Ground 실차 시험

(가) 실험 결과

○ EPA SAE J1321-Type Ⅱ 실차 시험방법에 따라 8일간에 걸친 시험을 통해 아래와 같은 결과를 얻었음

- Gap fairing, Side skirt, Boat tail 부착 시
  - · 연료 소비량 저감율 (연비): 약 13.4±2.1%, 연비 개선율: 약 15.5±2.4%
  - · CO_2 배출량 저감율: 약 11.74±2.2%, 개선효과: 약 13.30±2.5%
  - · NO_x 배출량 저감율: 약 8.75±20.34% 개선효과: 약 9.59±22.29%
- Side skirt, Boat tail 부착
  - · 연료 소비량 저감율 (연비): 약 4.32±2.1%, 연비 개선율: 약 4.5±2.2%
  - · CO_2 배출량 저감율: 약 2.45±2.1%, 개선효과: 약 2.5±2.2%
  - · NO_x 배출량 저감율: 약 4.87±13.95%, 개선효과: 약 5.12±14.%
- CO, HC, PM에 대한 결과는 PEMS 정확도 시험결과 신뢰도가 떨어져 정량화하지 않았음

<표 3-92> PG 실차시험 연비결과

구분		Nominal	Confidence interval
Trailer aero. package (Side skirt + Boat tail + Gap fairing)	Fuel saved	13.40%	± 2.10%
	Improvement	15.47%	± 2.42%
Side Skirt + Boat Tail	Fuel saved	4.32%	± 2.08%
	Improvement	4.51%	± 2.18%

<표 3-93> PG실차시험 배출가스결과

구분			Nominal	Confidence Interval
Side Skirt + Boat Tail + Gap Fairing	CO_2	Saved	11.74%	± 2.20%
		Improvement	13.30%	± 2.49%
	PM	Saved	-7.37%	± 5.77%
		Improvement	-6.86%	± 5.38%
	NO_X	Saved	8.75%	± 20.34%
		Improvement	9.59%	± 22.29%
	CO	Saved	18.80%	± 44.95%
		Improvement	23.15%	± 55.36%
Side Skirt + Boat Tail	CO_2	Saved	2.45%	± 2.14%
		Improvement	2.51%	± 2.19%
	PM	Saved	-2.93%	± 9.53%
		Improvement	-2.85%	± 9.26%
	NO_X	Saved	4.85%	± 13.95%
		Improvement	5.12%	± 14.66%
	CO	Saved	10.26%	± 40.66%
		Improvement	11.44%	± 45.23%

<표 3-94> 연비시험 목표대비 성과

성과품	성능목표	연비시험 결과
Trailer full aero. package (Side skirt + Boat tail+ Gap fairing)	5 %	15.47 %
Side skirt + Boat tail	3 %	4.51 %
Gap fairing	2 %	10.9 %

주: EPA SAE J1321-Type II 실차 시험방법 규정상, boat tail 부착 시험은 side skirt가 부착된 차량에 대해 진행하게 되어 있어 side skirt와 boat tail 각각의 연비 성능 결과를 얻을 수 없음. 또한, gap fairing 연비 결과는 Trailer full aero. package 결과에서 side skirt 및 boat tail 결과를 역산하여 얻은 값임.

(2) 차대동력계 시험

(가) 시험결과

○ 연비시험 결과

- 15톤 트럭 차량에 사이드 스커트와 보트 테일을 부착했을 때, PG test와 동일한 조건(평균차속 90km/h)에서 10.9%의 개선효과를 나타냄
- 2차년도 추가 개발품인 Advanced bio-inspired CRF의 적용 시 연비 개선효과가 15.1%까지 높아지며, 9.8% ~ 13.1%의 CO_2 개선효과를 나타냄
- 차대동력계 시험결과, 최종 연비개선 성능 목표치인 5%보다 높은 15.1%로 연비저감 목표를 크게 초과 달성함

○ 배출가스시험 결과

- 대기 오염물질의 경우, 현재 국가적인 이슈사항인 PM이 약 7% 줄어드는 것으로 나타났으며, 실내시험 조건상 반복시험으로 인한 온도상승으로 NOx 저감효과는 뚜렷하게 나타나지 않았음

<표 3-95> 차대동력계 시험결과

시험구분	Fuel Efficiency (km/L)	NOx (g/km)	PM (mg/km)	CO2 (g/km)	THC (g/km)	CO (g/km)
BASE	4.17	4.51	6.96	638.7	0.087	0.106
TEST 1	4.62	4.41	6.43	576.2	0.092	0.120
TEST 2	4.80	5.93	6.90	554.8	0.106	0.127

<표 3-96> 차대동력 시험을 통한 연비저감 목표대비 시험결과

성과품	목표	연비시험 결과
Advanced bio-inspired CRF + Side skirt + Boat tail	5 %	15.1 %
Side skirt + Boat tail	3 %	10.9 %

다. 기대효과 분석

○ 시나리오에 따른 원단위 효과

- Test bed 트랙터-트레일러, 탑차 차량을 기준으로 시나리오 작성
- 국내 물류회사의 대다수는 윙바디 형태의 탑차로 간선 노선을 운행하여, 주류, 음료 운반 차량의 경우에 트레일러를 자주 사용함
- 트랙터-트레일러 경우 실차시험 기준 연비 값은 3.87km/L, 14.5톤 탑차의 경우

4.80km/L이며 이를 기준 값으로 설정

- 트랙터-트레일러의 경우 Trailer full aero. package (side skirts + boat tail + gap fairing) 부착 PG 시험 결과인 13.4% 연비저감율 반영하여 계산
- 탑차의 경우 side skirts + boat tail 조합을 기반으로 차대동력계 시험결과인 10.9% 연비저감율 반영하여 계산 (3차년도 차대동력계시험 결과)
- 일평균 고속도로 주행거리는 600km 이상이나 본 연구의 시나리오는 보수적으로 책정하였음
- 연료비는 2017년 4월 13일 한국석유공사 기준 금액인 1,183원 적용
- 시나리오 결과를 트랙터-트레일러에 적용하면 1년에 약 5,116L의 연료사용량을 절약할 수 있으며, CO_2배출량으로 환산 시 연간 약 14.15톤을 저감시킴
- 시나리오 결과를 간선노선을 주행하는 15톤 트럭에 적용하면 1년에 약 3,375L의 연료사용량을 절약할 수 있으며, CO_2 배출량으로 환산 시 연간 약 9.53톤을 저감시킴

<표 3-97> 원단위 효과분석 시나리오

항목	Side skirt + Boat taill	
	탑차	트랙터-트레일러
기준연비	4.80 km/L	3.87 km/L
일일 고속도로 주행거리	600 km	600 km
일일 연료사용량	125 L	155 L
연비개선률	6.6 %	13.4 %
운행일수	300 일	300 일
연간 사용연료 감축량	3,375 L/year	5,116 L/year
연료비	838 원/L	838 원/L
연간 절감액	2,828,250 원	4,287,442 원
원단위 연간 CO_2 감축량	약 9.53 톤[1)]	약 14.15 톤
장치 부착비용	480만원	450만원

주: 탑차 CO2 배출량(g)
= {연료사용량(L)*20.2(TOE환산계수)*0.99(연료산화율)*0.92(탄소배출계수)/1000*41868*44/12

□ 사회적 비용편익 분석

○ CO_2 배출로 인한 한계 피해비용 설정

- CO_2 배출량의 한계 피해비용은 관련 선행 연구 결과들을 활용하여 우리나라에 편익 이전하여 추정하였음
- 본 연구에서는 CO_2 배출량 단위당 한계 피해비용으로 EPA 추정치(2013)를 적용함
  · EPA(2013)은 3% 할인율 적용하고 있는데, 이 경우 2015년 CO_2 배출량 단위당 한계 피해비용은 37달러/ton임
  · 미국은 화력발전 배출 억제부터 차량 연비 규제까지 CO_2 배출 저감 정책을 평가할 때, 주요 측정 방법으로써 CO_2 한계 피해비용을 $37/ton를 사용하고 있음
- 본 연구에서는 앞에서 제시한 CO_2 한계 피해비용에 2013년 기준 연평균 환율을 적용하여 우리나라에 편익 이전함
- 2016년도 환율 1달러=1,157원(매매기준율) 적용 시 CO_2 톤당 32,801(원/톤)의 피해

비용이 산출됨

- 본 연구에서는 proving ground test 시험결과에 기초하여 평가한 대기오염물질에 대한 연구 결과를 반영하여 환경비용편익을 계산
- 따라서 트랙터-트레일러는 연간 약 9,782,089 만원, 탑차는 연간 4,195,477 만원의 배출가스에 대한 개선 편익 발생

○ 시나리오에 따른 B/C Ratio

- 국내에서 운행 중인 트랙터-트레일러 물류 차량 중 원단위 시나리오 효과에 부합하는 10,000대 차량을 대상으로 적용
- 국내에서 운행 중인 탑차 물류 차량 중 원단위 시나리오 효과에 부합하는 30,000대 차량을 대상으로 적용
- 부착장치는 내구연한 10년 이상
- 트랙터-트레일러 10,000대 장치 부착비용 450억원 + 연구개발비 정부투자 비용 3억원 = 453억원
- 탑차 30,000대 장치 부착비용 1,440억원 + 연구개발비 정부투자 비용 3억원 = 1,443억원
- 트랙터-트레일러의 연간 발생 순편익(실질)현재가치는 편익(실질)현재가치 .31,759,919 만원 - 비용(실질)현재가치 3,406,517 만원 = 28,353,402 만원
- 탑차의 연간 발생 순편익(실질)현재가치는 편익(실질)현재가치 74,050,789 만원 - 비용(실질)현재가치 10,900,854 만원 = 63,149,935 만원
- 트랙터-트레일러 투자비에 대한 B/C는 9.32, 탑차에 대한 B/C는 6.79으로 사업성이 큰 것으로 분석됨

<표 3-98> 사회적 비용편익 분석 시나리오

구분		Side Skirt + Boat tail	
		탑차	트랙터-트레일러
피해 비용 분석	CO_2톤 당 피해비용	US$ 28.35	US$ 28.35
	1대당 CO_2 감축량	9.53 톤	14.15 톤
	1대당 발생되는 비용편익	2,828,250 원/년	4,287,442 원/년
	연비	6,279,075 만원/년	2,480,500 만원/년
개선편익	CO_2	1,148,608 만원/년	127,202 만원/년
	NO_X	2,318,766 만원/년	1,428,397 만원/년
	PM	35,640 만원/년	159,377 만원/년
	편익합계	4,195,477 만원/년	9,782,089 만원/년
B/C Ratio	적용대수	30,000 대	10,000 대
	연간 장착비용	1,440 억원	450 억원
	정부투자 연구개발비용	3 억원	3 억원
	장치 내구연한	10년	10년
	비용(실질) 현재가치	10,900,854 만원	3,406,517 만원
	편익(실질)현재가치	74,050,789 만원	31,759,919 만원
	순편익(실질)현재가치	63,149,935 만원	28,353,402 만원
	투자비에 대한 B/C ratio	6.79	9.32

라. 법제도 방안 검토

(1) 관련 법령

○ 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제 19조의 3에 트럭의 측면 보호대와 관련된 규정이 존재

○ 측면보호대는 그 취지와 특성상 사이드 스커트에 포함되는 내용

○ 그러나 제 19조의 ③ 1에는 측면보호대와 타이어 사이의 간격을 정의

- 기존 차량에 본 연구 개발품 중의 하나인 플랩형 사이드 스커트 설치 시 기존 설치된 측면 보호대의 앞쪽 부분을 절단할 필요가 있으나 현재의 규칙에 따르면 불법사항에 해당

- 그러나 '보행자 등이 뒷바퀴에 말려들 우려가 없는 구조의 자동차에 있어서는 그러하지 아니하다.'라는 조항에 있어 사이드 스커트가 측면 보호대 대체품으로 인정 시 이 문제는 해결될 가능성이 있을 것으로 사료됨

○ 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제 2장 자동차 및 이륜자동차의 안전기준 제1절 4조에 트럭의 길이·너비 및 높이에 관련된 규정이 존재

- 차체 밖에 부착하는 후사경, 안테나, 밖으로 열리는 창, 긴급자동차의 경광등 및 환기장치등의 바깥 돌출부분은 이를 제거하거나 닫은 상태에서 측정하여야 한다고 명시

○ 도로교통법 시행규칙 제 29조에서는 안정행정부령으로 정하는 기준이란 자동차안전기준에 관련 규칙에서 정하지 아니한 것으로서 안전운전에 현저히 장애가 될 정도의 장치라 규정하고 있음

- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제39조, 42조, 43조 44조에 후퇴등, 후미등, 제동등, 방향지시등에 관련된 시안성 확인가능에 관한 규정이 존재

- 그러나 보트테일은 설치된 후미등의 위치보다 높게 설치가 되기 때문에 시안성 확인 기준을 만족할 것으로 사료됨

(2) 제도 제안

□ **한국형 Smartway Partnership 프로그램 제안**

○ 미국의 Smartway Partnership프로그램은 온실가스 저감기술의 검증, 물류회사의 온실가스 배출량 보고, 감축량, 지원제도, 배출권 등을 아우르는 총체적 프로그램

□ **기술인증제도**

○ 국내의 경우, 기술에 대한 정부의 공식적인 검증 또는 인증제도가 없어 효과가 적은 제품에 물류회사들이 이용 당하고 있는 상황

○ 이를 제도권으로 끌어들여 국제적으로 효과가 입증된 기술분류별로 검인 또는 인증하는 제도가 필요함

□ 보조금제도

○ 기존 녹색물류전환사업의 경우 차량에 적용되는 기술은 차주들이 부담하고, 물류회사가 보조금을 수령하여 지급함으로서 부담을 줄이는 방식임

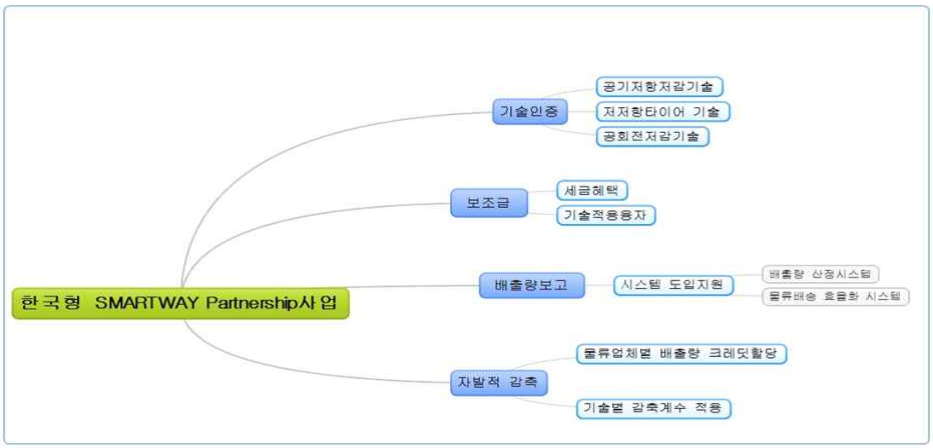
○ 지입 및 용차의 개인 차주, '배'번호판은 혜택을 보지 못하는 한계가 존재하며 보조금의 사후 관리에 한계가 있음

○ 녹색물류 전환사업에 따른 보조금 제도를 흡수하여 기술 융자, 차주보조금, 세제 혜택 등과 같은 실효성 있는 사업을 진행할 필요가 있음

□ 배출량 보고 및 자발적 감축

○ 현재 업체의 담당자들 또는 외부 컨설팅 업체에서 전체적인 온실가스 배출량을 계산하여 보고하는 시스템임

○ 기술 인증을 통하여 감축량의 감축계수 일괄 적용이 가능하고, 시스템화가 가능하여 기존 KOTEMS의 활용도를 높일 수 있음



<그림 3-178> 한국형스마트웨이 프로그램 개념도

마. 개발기술의 실용화 및 기술이전 전략수립

□ S.W.O.T분석

○ 도출사항

- 500만원대의 높은 가격과 손쉬운 복제, 지입제가 실용화의 가장 큰 걸림돌로 작용할 것으로 보임
- 확실한 연비 개선효과와 주행 안정성이 추가로 확보된다는 점이 가장 큰 강점으로 도출
- 높은 가격을 보완할 녹색물류 전환사업의 보조금 지급이 가장 큰 기회 요인임
- 기존의 효과가 적은 연비 절감기술에 대한 과도한 영업홍보로 인하여 물류회사들이 연비 절감기술의 파급효과를 의심하는 것이 가장 큰 위협요인임



<그림 3-179> 본 기술개발 과제에 대한 S.W.O.T.분석 결과

○ 전략수립

- 녹색물류 전환사업을 통하여 보조금사업으로 진행하여 높은 원가 보완
- Lease 및 카드사의 주유카드 포인트를 통한 초기 비용 저감
- 녹색물류 전환사업의 지정사업으로 지정받아 물류회사에 인식 재고
- 인증제도 정책 제안으로 복제물의 성능 검증을 통한 시장경쟁체재 확립
- 소재 국산화를 통하여 높은 원가 보완
- Lease 및 카드사의 주유카드 포인트를 통한 초기 비용 저감

바. 개발기술의 실용화 및 기술이전을 위한 홍보

□ **효과 홍보**

○ ㈜명일, DHL에 부착하여 진행중인 test bed 중간결과를 현재 100여개 회원사를 보유한 녹색물류학회에서 발표

○ 녹색물류 전환사업 지정사업 추진으로 140여개 녹색물류 협약기업에 본 연구과제의 파급 효과 홍보

○ 화물차 제조사 OEM 특장회사에 홍보

□ **홍보용 리플렛 제작**

- 별권 참조

사. 가이드라인제작

□ **공기저항저감장치 가이드라인 개발 (별권 참조)**

○ 국내 특성에 맞는 공기저항 저감기술에 대한 가이드라인 개발

- 미국이나 유럽에 비해 국내의 경우 화물차의 형상과 주행 패턴, 관련 법령이 상이하여 국내 특성에 맞는 가이드라인 개발이 필요함
- 공기저항에 대한 기본개념 소개와 인지적 제품 선정이 가능하도록 쉽게 작성
- 연차별로 개발성과물을 쉽게 update하는 것이 가능하게 목차 구성
- 국내 사용자들을 위한 장착 가이드 수록
- 정부 배포용으로 사용할 수 있는 형식으로 작성

제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

1. 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 기술 개발

가. 조사분석 및 모듈 개발

(1) 설계요구사항 분석

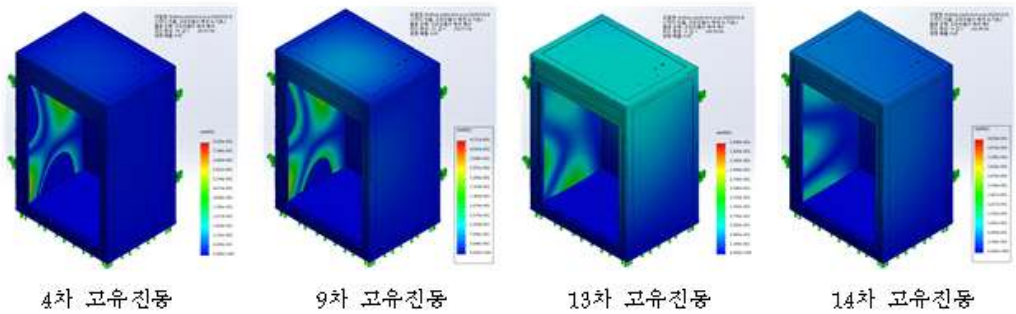
○ 잠열물질(Phase Change Material : PCM)을 이용한 냉동고를 냉동 탑차 적재함에 적용하여 예냉이나 정지 중 온도 유지에 요구되는 공회전(idling)을 제거함으로써 에너지를 저감하는 장치를 개발하고자 함

○ 특히 수요처에서는 신선 물류 배송에 있어 현재 배송형태(최대 40개 배송처 배송/10시간) 감안 시 목표 온도 2℃~8℃의 10시간 유지 어려운 문제로 신선 화물의 이탈이 없는 온도 유지를 가장 크게 요구함

(2) 구조 해석

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치기술에 대하여 Solidworks Simulation을 사용하여 구조물의 변형과 응력을 분석함

- 고유진동 계산시 공진 발생 시 질량 분배율이 10% 이상 되는 고유진동수는 각 각 4차, 9차, 13차, 14차에서 예측됨
- 공진주파수는 각각 212.45 Hz, 268.54 Hz, 359.77 Hz, 363.53 Hz 로 계산되었음



<그림 3-180> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 구조 해석 결과

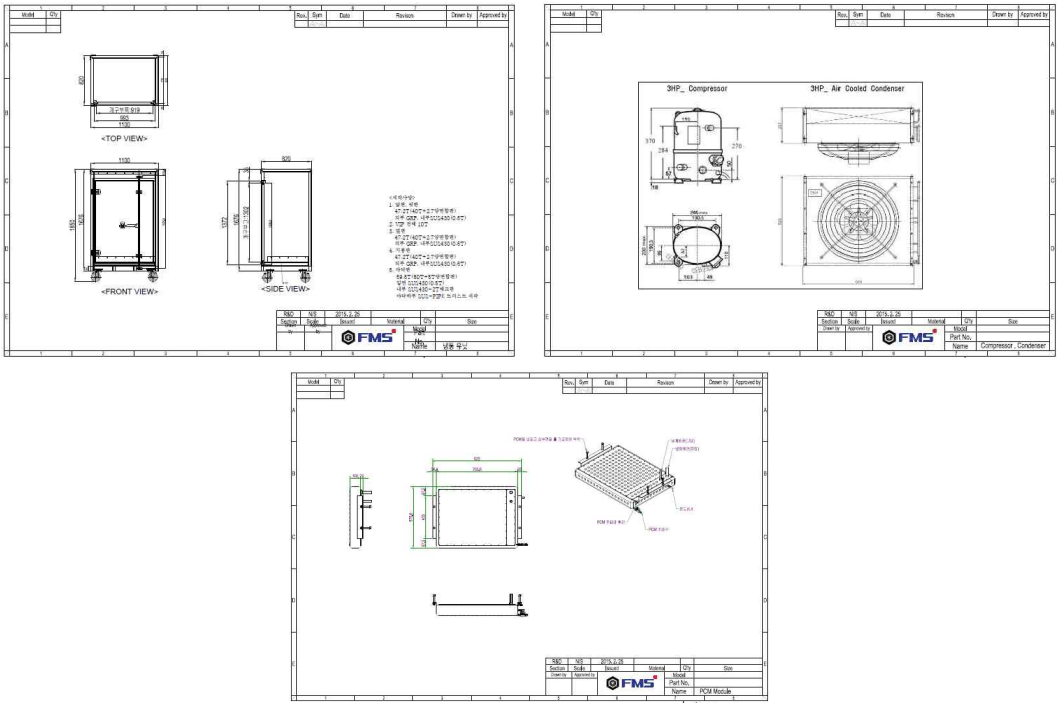
○ 0.5G 중력가속도 조건에서의 응력 및 변위 해석 결과 차량 진동발생에 대한 냉동고의 구조는 안전한 것으로 해석됨

항목	X방향	Y방향	Z 방향
응력(N/mm2)	844,351.8	303,416.8	853,187.3
변위(mm)	0.02930	0.00721	0.01251

(3) 상세 설계

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치기술에 대한 기초설계를 기준으로 장치별 상세 설계를 실시함

- 상세 설계는 냉동고, 온도조절장치, PCM 장치 기술로 구분하여 설계함



<그림 3-181> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 상세 설계서

(4) 시제품 제작

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치기술 핵심요소기술에 대한 PILOT 시제품을 다음과 같이 제작함



<그림 3-182> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 PILOT 시제품

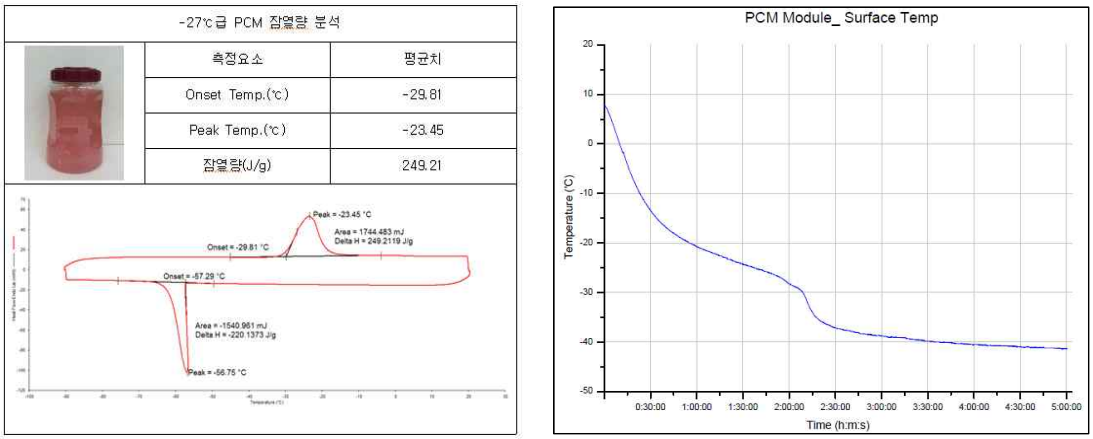


<그림 3-183> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절장치 및 PCM 장치

(5) 성능 테스트

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치의 PILOT 시제품의 온도성능 및 잠열량에 대한 자체적인 성능점검을 위해 성능테스트를 다음과 같이 진행함

- -27℃급 PCM 샘플 중 일부가 잠열량 약 250(J/g) 대의 성능을 가지고 있는 것으로 확인됨
- 상기 PCM을 적용한 냉동시스템 하에서 PCM 축냉시간은 상온에서 약 2시간에서 2.5시간으로 확인되었으며, 외기온도 +30℃일 경우에도 약 4시간 이내 축냉 될 것으로 예상됨



<그림 3-184> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치의 잠열량 및 축냉시간 측적 결과

나. 경제성 분석 및 실용화 전략

○ 경제성 분석 결과

- 1년차에 비용이 가장 많이 발생하며, 이는 계속 감소추세를 보여주다가 10년차에 이르러 592만원 수준의 편익이 발생함
- 제품 적용 5년차에 손익분기점이 발생하며, 이후 내구연수에 따른 추가적인 편익이 누적해서 발생하고 있는 것을 알 수 있음
- 10%(996대) 적용 시 약 61억 원, 50%(4,980대) 적용 시 약 295억 원의 누적 편익이 10년차에 발생하는 것으로 분석됨

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 도입으로 인해 발생하는 비용, 편익 산정결과를 이용한 경제성 분석 결과 B/C ratio는 1.50로 경제성이 있다고 판단할 수 있음

- 순현재 가치(NPV, Net Present Value)는 2.5톤급 냉탑 차량 1대당 5,921,464원으로 0보다 크므로 해당 장치의 도입이 현재 기준으로 해당 금액만큼 경제성이 있다는 추가적인 결과를 보여주고 있음

○ 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치의 B/C ratio는 1.50으로 경제성이 있다고 판단되나, 도입 후 5년이 지난 시점에 이익이 발생될 것으로 예상되며 다른 개발 제품과 비교하여 수익성이 낮은 것으로 판단되어 다음과 같은 지원 방안이 필요함

- 제품의 도입 예상 비용은 연 300 대 이상 생산이 가능할 경우, 연구개발계획서 작성 당시 제시된 금액의 10% 이상 절감이 가능할 것으로 판단됨
- 신선식품 제조유통-물류 기업간 협의체를 구성을 통한 제품 도입의 활성화 방안 마련
- '2018년도 중소벤처기업부 소관 중소기업 정책자금 융자계획' 등 냉장냉동 설비 및 차량 구입 시 저리융자 등의 지원 제도를 활용하여 제품의 초기 도입 비용에 대한 거부감을 낮춰 시장 활용성을 높이도록 함

<표 3-99> 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 경제성 분석 결과

총 비용(원)	총 편익(원)	B/C	NPV(원)	경제성 유무
11,613,168	17,534,633	1.50	5,921,464	○

2. 온도조절 항공화물 컨테이너 개발

가. 조사분석 및 모듈 개발

(1) 설계요구사항 분석

○ 전 세계적으로 CSafe사 및 Envirotainer 양사의 독과점 체제 하에서 제품 및 서비스 이용요금 과다로 인하여 항공화물 중 온도관리가 필요한 제품 가운데 극소수의 물동량만 사용되는 문제점이 있음

○ 해외 장비 및 기술의 국산화와 표준 규격 및 경량화를 통한 에너지 및 물류비를 저감시키는 것을 목표로 아래와 같이 설계요구사항을 설정함

- 개발 종료 시점 컨테이너의 국내외 인증을 위하여 FAA[31]의 TSO[32]-c90d, EASA[33]의 ETSO[34]-c90d, 국토교통부의 KTSO[35]-c90d 등의 국·내외 기준을 충족하여야 함
- 자체중량은 635kg 이하, 적재중량은 953kg 이상, 적재 부피는 최대 2.3㎥, 바닥규격은 1,534 × 1,562 mm(LD3)로 설계하여야 함

31) 미국연방항공국(Federal Aviation Administration)
32) 기술표준품형식승인(Technical Standard Order)
33) 유럽항공안전국(European Aviation Safety Agency)
34) 유럽기술표준품형식승인(European Technical Standard Order)
35) 한국기술표준품형식승인(Korea Technical Standard Order)

- 컨테이너 내부의 냉장온도를 5℃ 설정시 30℃에서 30시간 이상 유지할 수 있도록 냉각 시스템을 설계하여야 함
- 항공기에 사용되는 모든 부품은 항공운행에 적합한 것으로 인증받은 부품을 사용하여야 함(KTSO 기준에 따라 항공운행에 적합한 FAA 인증 배터리 (Envirotainer 사에서 사용 중인 NiMH 배터리 적용) 검토)

(2) 항공화물 컨테이너 인증 요구 사항

○ 국내 항공기 기술표준품 인증절차는 1단계의 사전협의부터 8단계의 감항성 유지 절차로 진행됨



자료 : ACS 항공인증시스템

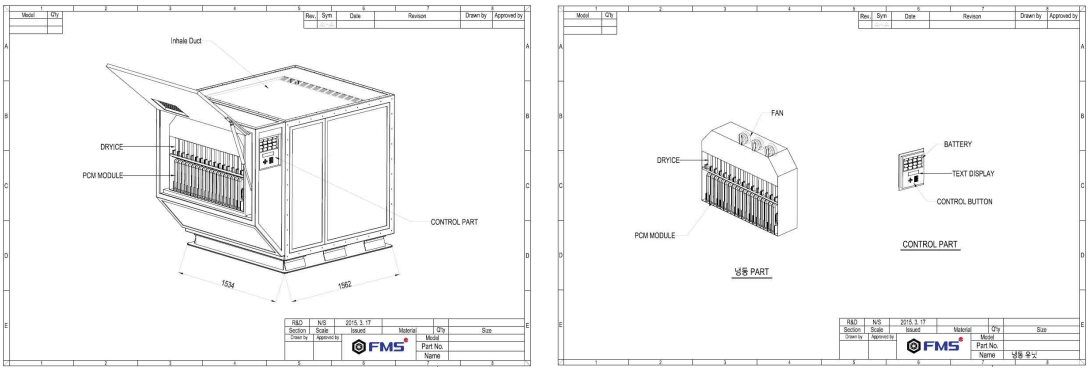
<그림 3-185> 국내 항공기 기술표준품 인증절차

○ 항공화물 컨테이너 개발을 위하여 아래의 참고규정에 따라 개발을 실시하여야 함

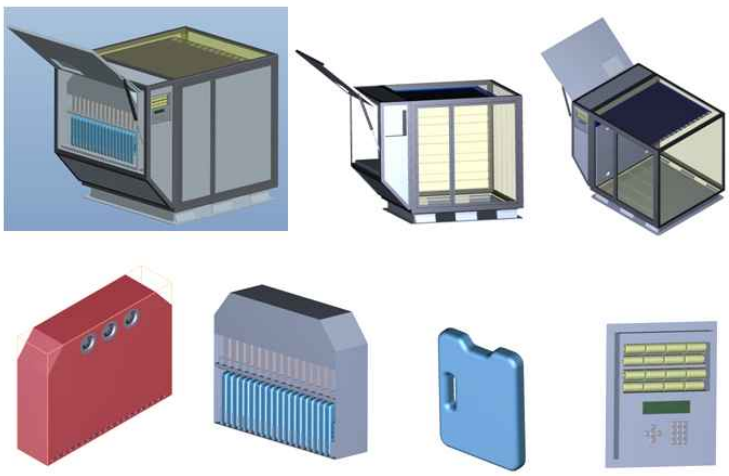
- ULD 기술표준품 표준서 요건 : KTSO-C90d(화물용 팔레트. 네트, 컨테이너)
  · MPS(최소성능표준)를 반드시 만족해야 하며 추가 장착승인요건이 요구될 수 있음
  · Type Ⅰ ULD : NAS 3610, 전방 9G의 관성력이 적용되는 ULD. (RKNe1 해당)
  · Type Ⅱ ULD : SAE AS 36100, 전방 9G의 관성력이 적용되지 않는 ULD
  · Material [SAE AIR 1490B], Fire Protection [KAS/FAR Part 25, Appendix F], Rapid Decompression, Dimension/Tolerance, Strength [Ultimate Load], IATA/ULD Technical Manual에서 요구하는 시험

(3) 기초 설계

○ 기술 및 수요 분야에서의 요구사항을 기준으로 온도조절 항공화물 컨테이너에 대해 다음과 같이 기초설계를 실시함



<그림 3-186> 온도조절 항공화물 컨테이너 기초 설계 2D 도면



<그림 3-187> 온도조절 항공화물 컨테이너 기초 설계 3D 도면

나. 경제성 분석 및 실용화 전략

○ 경제성 분석 결과

- 2013년 우리나라에서 수출한 백신 약 970톤 중 북미 수요분(52%)을 온도조절 항공운송 컨테이너에 운송하였을 경우 컨테이너 임차료로 약 27억 6천3백만 원의 비용이 발생함
- 기존 임차료 대비 목표수준인 75%로 낮추면 20억 9천6백만 원의 비용이 발생하므로, 연간 6억 6천7백만 원 절감 가능함

○ 순현재 가치(NPV, Net Present Value)

- 2013년 백신 수출량을 기준으로 2023년 까지 10년간 60억 9천8백만 원으로 0보다 크므로 해당 컨테이너의 도입이 현재 기준으로 해당 금액만큼 경제성이 있다는 추가적인 결과를 보여주고 있음

<표 3-100> 온도조절 항공화물 컨테이너의 경제성 분석 결과

총 비용(원)	총 편익(백만원)	B/C	NPV(백만원)	경제성 유무
-	6,098	-	6,098	○

3. 접이식 경량 롤 컨테이너 개발

가. 조사분석 및 모듈 개발

(1) 설계요구사항 분석

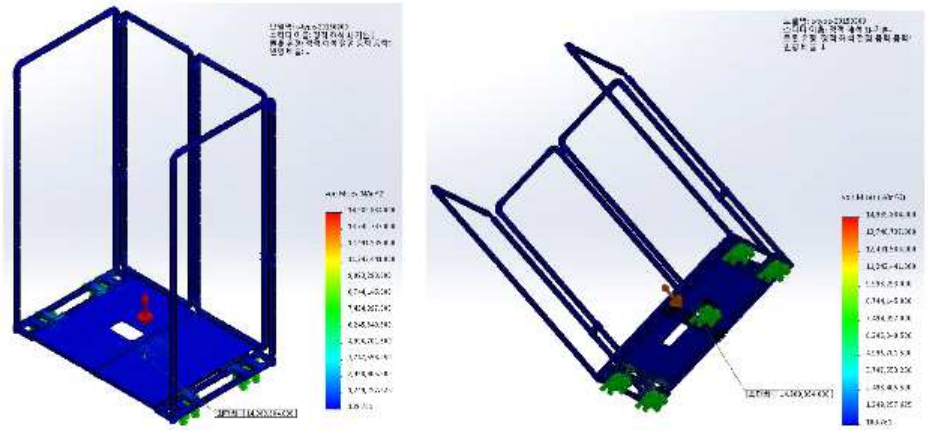
○ 기존 롤 컨테이너와 강도 및 내구성은 유사하나 경량이며 물류센터의 도크 및 화물차 적재함 사이즈에 정합되고 접이가 가능하여 회수 시 적재율 향상이 가능한 롤 컨테이너를 위해 규격 및 구조, 안정성, 유지보수 및 기타로 구분하여 설계요구사항을 설정함

- 각기 다른 유통업에서 서로 호환 사용이 가능하도록 차량 적재함(제원별)에 정합되면서 물류센터 도크 정합되도록 표준규격 및 물류표준을 고려하여 롤 컨테이너의 규격을 결정하여야 함(KST-2037, KST-2038, KST-2039, KST-2040 등을 참조하여 설계)
- I자형 접이식 구조 검토로 75% 이상 접철되도록 설계하여야 함
- 중간 접이식 구조로 인한 하중 부담을 견딜 수 있도록 알루미늄 다이캐스팅 기법을 검토/적용하여 힌지를 설계하여야 함
- 작업자의 노령화로 인해 접이조작이 간편하고 이동이 용이하여야 함
- 표면 및 부식 강화를 위해 코팅 박리 감소 및 마모/녹슬음 방지, 위생성 등을 확보하여야 함

(2) 구조 해석

○ 접이식 경량 롤 컨테이너에 대하여 Solidworks Simulation을 사용하여 구조물의 응력과 변형을 분석함

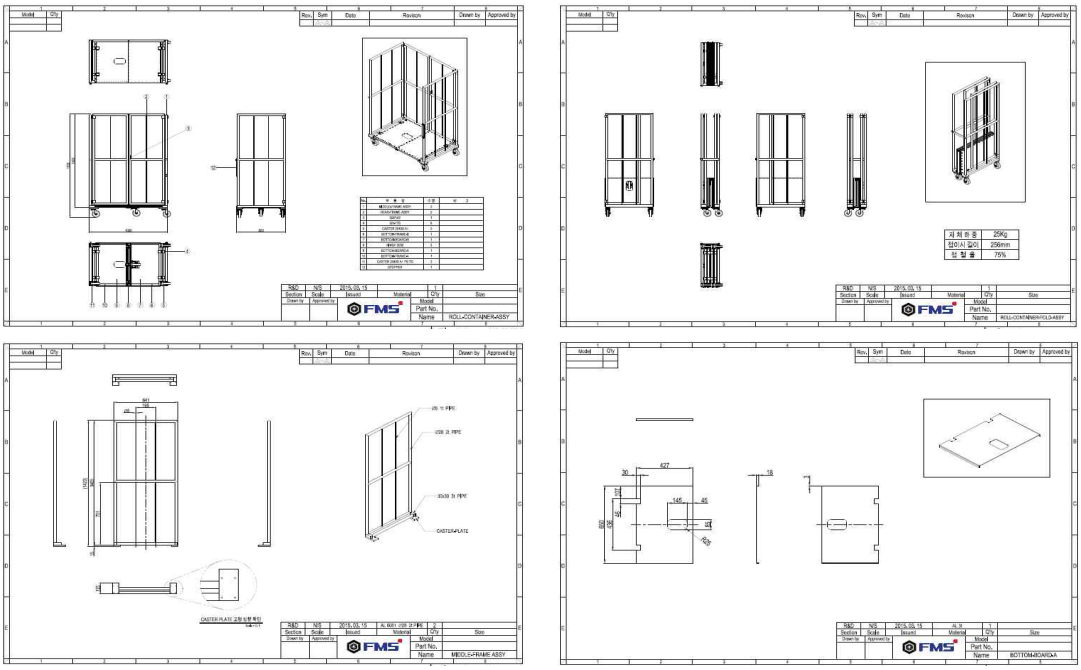
- 접이식 경량 롤 컨테이너의 적재부위에 목표하중인 500kg이 균일분포하중으로 작용하였을 때를 가정한 정적해석의 결과 중앙 캐스터 지지부에서 14,989,884[N/m2] 의 최대응력이 발생함
- 이는 소재의 항복응력인 145,000,000[N/m2] 이내이므로 해당 구조물은 500kg의 하중에 대하여 안전하다고 판단할 수 있음
- 이 때의 최대 변위는 도어 상단부에서 0.0513[mm]가 발생하였음



<그림 3-188> 접이식 경량 롤 컨테이너 구조해석 결과

(3) 상세 설계

○ 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 기초설계를 기준으로 다음과 같이 상세 설계를 실시함



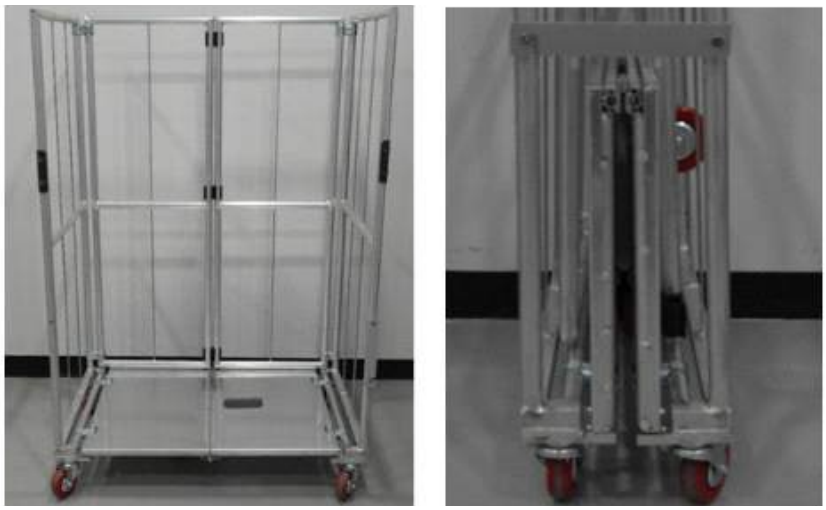
<그림 3-189> 접이식 경량 롤 컨테이너 상세 설계

(4) 시제품 제작

○ 상세 설계를 바탕으로 접이식 경량 롤 컨테이너의 PILOT 시제품을 아래와 같이 제작함

- 제작일 : 2015. 3
- 시제품 제작업체 : (주)에프엠에스코리아
- 규격 : 오픈시 1,050mm×650mm×1,550mm, 접이시 260mm×650mm×1,550mm

- 소재 : AL 6061(구조물 및 바닥면), 다이캐스팅(힌지)
- 특징 : 자체중량 25kg, 접철율 75%, 적재중량 763kg



<그림 3-190> 접이식 경량 롤 컨테이너 시제품 정면 사진

(5) 통합성능 테스트

○ 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 자체적인 성능확인을 위해 통합성능 테스트를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같음

- 자체중량 : 25kg 이내
- 적재중량 : 538.94kg 이상
  · 적재중량 테스트 대상 시료는 롤 컨테이너 바닥판의 물리적 적재공간 한계로 롤 컨테이너 상단 구조물을 분리하여 테스트를 진행함
  · 8.36kg(단위박스) × 7박스 × 4단 + 24.86kg(파레트) = 538.94kg



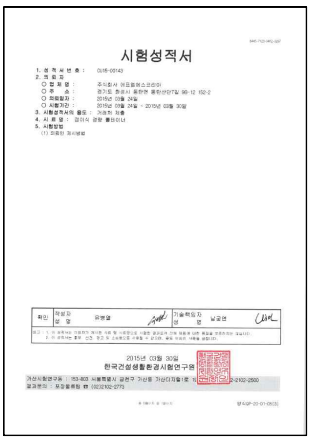
<그림 3-191> 접이식 경량 롤 컨테이너 통합성능테스트 결과

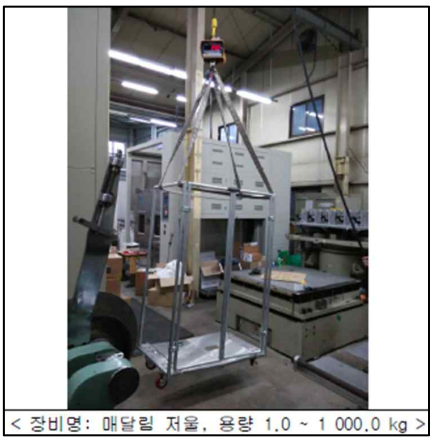
(6) 성능검증

○ 접이식 경량 롤 컨테이너 PILOT 시제품에 대하여 접철율, 자체중량, 적재하중, 힌지 인장강도에 대하여 외부 공인시험기관에서 성능검증을 진행하였음(시험기관 : 한국건설생활환경시험연구원)

○ KCL의 성능검증 결과를 요약하면 아래와 같음

항 목	기 준	성 능	비고
접철율	75% 이상	76.1%	달성
자체중량	25kg 이하	23.5kg	달성
적재하중	500kg 이상	751.2kg	달성
힌지강도	125kg 이상	4,612N	달성


시험성적서


< 장비명: 매달림 저울, 용량 1.0 ~ 1 000.0 kg >

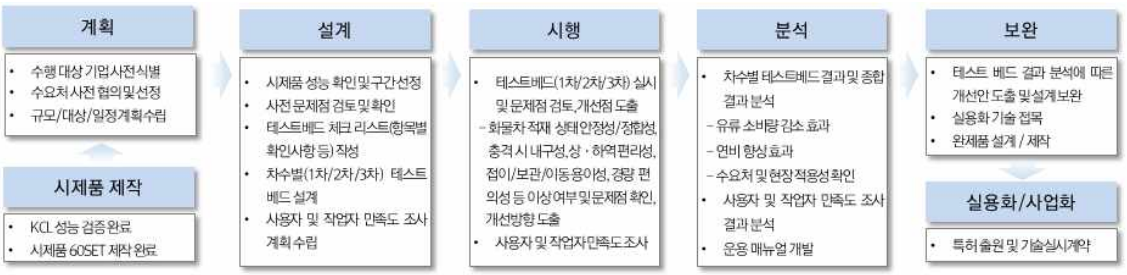
<그림 3-192> 접이식 경량 롤 컨테이너 KCL 성능검증 결과(시험성적서 등)

나. 테스트베드 구축 및 운영

(1) 테스트베드 계획

○ 테스트베드는 총 3차에 걸쳐 수행될 예정이며, 목적은 다음과 같음

- 제1차 테스트베드는 같은 환경 및 동일한 조건에서 기존 용기와 개발 용기의 연료 소비량을 조사하여 유류 소비 절감 효과를 비교 분석하기 위해 수행함
- 제2차 및 제3차 테스트베드는 정합성, 운송 및 회수 효율성, 작업자 편의성, 안전성, 공간효율성 등 현장 적용 가능성을 종합적으로 검토하여 개선안 도출을 통한 현장 적용성 검증을 목표로 수행함



<그림 3-193> 접이식 경량 롤 컨테이너 테스트베드 프로세스

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 테스트베드 사용용기는 1차년도 연구를 통해 제작된 시제품 60세트를 사용함

- 규격 : 오픈시 1,050mm×650mm×1,550mm, 접이시 260mm×650mm×1,550mm
- 소재 : AL 6061(구조물 및 바닥면), 다이캐스팅(힌지)
- 특징 : 자체중량 23.5kg, 접철율 76.1%, 적재중량 751.2kg, 상향 종축식 접이 구조
- 이용분야 : 일반 물류, 유통분야에서 전반(운송 집기)
- 시제품 : 롤 컨테이너 60세트



<그림 3-194> 접이식 경량 롤 컨테이너 1차년도 시제품

(2) 제1차 테스트베드 구축 및 분석

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 제1차 테스트베드를 아래와 같이 실시함

- 수행 일시 : 2015.08.31. ~ 09.04.(5일)
- 수행 장소 : 연세대, 롯데슈퍼신갈물류센터, FMS코리아, 흥업교차로↔흥양교차로
- 수행 대상 : 시제품 롤 컨테이너 60세트, 기존 롤 컨테이너 60세트
- 차종 및 연비측정 단말기 : 2010년식 이-마이티, (주)허즈앤티社 iDTG-1301
- 수행 목적 : 화물차량의 절대적 연비 절감을 산출하기 위함이 아니라 기존의 롤 컨테이너 사용 대비 개발 용기 사용 시 실질적인 연비 절감 개선 효과를 증명하기 위함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 제1차 테스트베드 결과를 아래와 같이 요약함

- 만차 배송시 기존 용기대비 연료 소비량이 3.28% 감소하였으며, 연비는 3.38% 향상됨
- 최대 회수시 기존 용기대비 연료 소비량은 6.08% 감소하였으며, 연비는 6.48% 향상됨

<표 3-101> 접이식 경량 롤 컨테이너 제1차 테스트베드 결과

구분		적재 중량(톤)	연료 소비량 감소 효과(ℓ)		연비 향상 효과	
공차 배송시	개발용기(14대)	0.312	4.323	-2.08%	6.801	2.13%
	기존용기(14대)	0.722	4.415		6.659	
기존대비 회수시	개발용기(44대)	0.982	4.521	-9.22%	6.503	10.15%
	기존용기(44대)	2.270	4.980		5.904	
최대 회수시	개발용기(56대)	1.250	4.677	-6.08%	6.286	6.48%
	기존용기(44대)	2.270	4.980		5.904	
만차 배송시 36)	개발용기(14대)	2.990	5.281	-3.28%	5.567	3.38%
	기존용기(14대)	3.400	5.460		5.385	

(3) 제2차 테스트베드 구축 및 운영

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 제2차 테스트베드를 다음과 같이 실시함

- 수행 기간 : 2015.08.04. ~ 2015.11.06.(약 3개월)
- 수행 장소 : 롯데슈퍼신갈물류센터
- 수행 용기 : 1차년도 접이식 경량 롤 컨테이너 시제품
- 수행 화물 : 롯데슈퍼신갈물류센터 배송 품목(신선식품, 가공식품, 생활용품 등)
- 수행 목적 : 매장 투입 전 일정 기간을 두고 개발 용기를 테스트하여 문제점 확인 및 개선방안 도출 목적으로 수행



<그림 3-195> 접이식 경량 롤 컨테이너 제2차 테스트베드 현장사진

36) 데이터 분석을 통해 도출된 추정식을 사용하여 만차 배송시 연료 소비량 추정

○ 아래의 일부 보완점에 대해 각 부위별로 개선안 도출함

- 테스트베드 개선안은 실용화 기술 개발 도출시 검토하여 구체화함

구분		문제점	개선방안
STRUCTURE		▪ 물류 센터 외부 요철 경사면(20도 이상) 이동시Control 불편	▪ 단일 일체형 바닥판 구조 적용하여 프레임 결속력 강화 ▪ 일체형 바닥판과 후면/측면 프레임을 ㄱ자 결착구조로 개선
		▪ 중앙 분리 구조로 좌우 바닥판 움직임에 문제 발생	▪ 바닥판 분리면 적재 하중 집중시 바닥판 분리 현상 방지를 위해 일체형 바닥판 구조로 변경
BOTTOM-BOARD		▪ 고 하중 화물 적재시 상부 GAP 미 고정 상부 프레임 벌어짐	▪ 일체형 바닥판과 후면/측면 프레임을 ㄱ자 결착구조로 개선
HINGE		▪ 나사 고정 방식 힌지 돌출로 상품 파손 우려	▪ 볼트가 외부로 돌출되지 않는 구조의 파이프형 힌지로 개선
GAP		▪ 탈부착식 플라스틱 재질 GAP으로 분실 위험 및 내구성 저하	▪ Steel재질의 고정형 GAP 적용
FRONT BAR		▪ 품목 적재 이동시 화물 낙하 및 이탈 우려	▪ 상품 적재 이동시 이탈 방지를 위해 전면바 개선

(4) 제3차 테스트베드 구축 및 운영

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 제3차 테스트베드를 다음과 같이 실시함

- 수행 기간 : 2015.11.09. ~ 2015.11.10.(2일)
- 수행 장소 : 롯데슈퍼신갈물류센터, 롯데슈퍼 동탄점(매장)
- 수행 화물 : 롯데슈퍼신갈물류센터 배송 품목(신선식품, 가공식품, 생활용품 등)
- 수행 목적 : 제2차 테스트베드시 수정·보완된 시제품에 대해 최종 배송지인 매장까지 테스트를 수행하여 현장 적용성 확인 및 개선안 도출



<그림 3-196> 접이식 경량 롤 컨테이너 제3차 테스트베드 현장사진

○ 아래의 일부 보완점에 대해 각 부위별로 개선안 도출함

- 테스트베드 개선안은 실용화 기술 개발 도출시 검토하여 구체화함

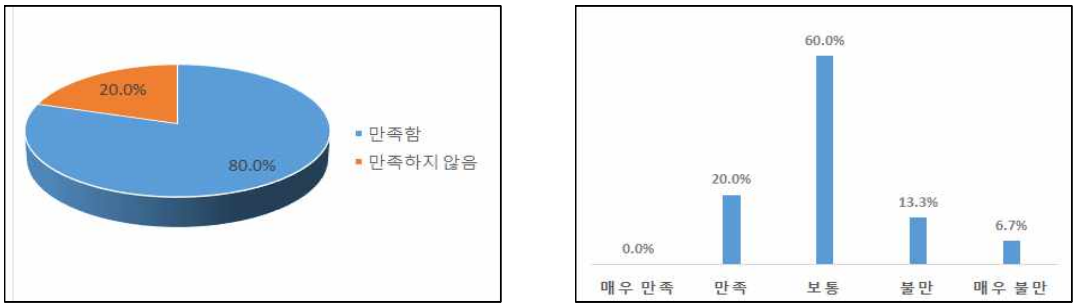
구분		문제점	개선방안
STRUCTURE		▪ 프레임 보강대 간격이 넓어 화물 이탈 우려	▪ 가로/세로 프레임 보강대 간격을 줄여 1~2개 이상 보강대 추가 ▪ 세로 보강대의 6㎜ 외경 보강
		▪ 적재함 고박시 하단 프레임 휨	▪ 4개의 하단 프레임 부분에 내부 또는 외부 용접의 2중 프레임 구조로 개선
MIDDLE FRAME		▪ 접이 과정 복잡 ▪ 작업자 손끼임 등 부상 위험	▪ 후면 프레임 중앙 접이 일체 구조와 바닥판 일체형 구조로 개선
FRONT BAR		▪ 벨크로 분실 위험과 내구성 저하, 고하중 적재시 프레임 뒤틀림	▪ Steel 재질의 고리 결착형 전반 사각바 구조로 개선
DRAW BAR		▪ 접이 이동시 EPT작업 어려움	▪ 바닥판 하단 또는 측면 프레임에 컨테이너 간 연결 가능 구조로 개선
GAP		▪ Door Latch 결착부분 돌출로 화물 파손 위험	▪ 중앙 접이 일체 구조를 적용하여 GAP 돌출 부위 제거
BOTTOM HANDLE		▪ Bottom Handle 돌출로 작업자 부상 우려	▪ 비 돌출형 단차 손잡이 구조로 개선
FLOOR HINGE		▪ 외부 충격 발생시 볼트 풀림 현상과 부착 부위 돌출로 화물 파손 우려	▪ 조립시풀림방지 너트 또는 접착제 사용, 비 돌출식평 힌지 구조로 개선

(5) 사용자 및 작업자 만족도 조사

○ 테스트베드에 참여한 업체의 사용자와 작업자를 대상으로 만족도 조사를 실시함

- 모집단 : 테스트베드 참여 업체 직원
- 유효표본 : 33명
- 조사방법 : 현장 방문 설문조사
- 조사일시 : 2015년 10월 1일 ~ 12월 10일

○ 개발 용기의 사용자 및 작업자의 만족도 조사 결과 용기의 경량화에 높은 만족도를 나타냈으나, 내구성과 기존 장비와의 호환성에 대해서는 부정적인 반응이 높으므로 현장의 의견을 검토하여 실용화 기술에 대한 최종 설계를 실시하고 실용화 및 마케팅 전략을 수립하여야 함



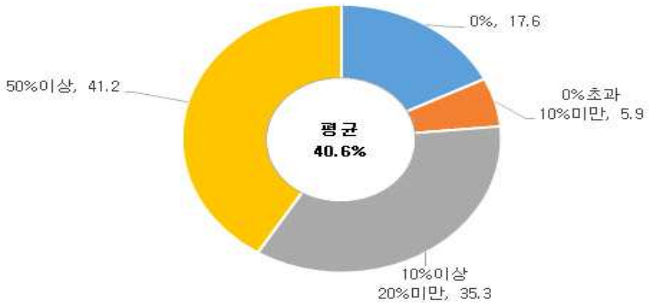
<그림 3-197> 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 전반적인 만족도

(6) 잠재 수요자 조사

○ 잠재 수요자 조사는 수요처의 일반사항, 물류용기의 사용 및 보유 현황, 개발용기 구매의사, 사용 중인 물류용기의 불편사항 등에 대하여 설문을 실시함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 잠재 수요자 조사 결론을 아래와 같이 요약함

- 롤 컨테이너의 경우 주로 서울 및 경기권에서 많이 사용 중으로, 주로 자산 형태로 기성품을 구입하여 사용하는 것으로 나타났으며 야채용품과 식료품 위주로 철재의 롤 컨테이너를 사용하는 것으로 조사됨
- 기존의 롤 컨테이너를 선택한 이유를 3순위까지 조사한 결과, 응답업체 기준(복수응답)으로 사용/운용 편리 88.2%, 성능/기능 우수 52.9%, 저렴한 구매단가 47.1% 순으로 조사되어 개발 용기의 제품 홍보시 개발 용기의 성능을 중점적으로 부각시켜 홍보가 필요함
- 수요처에서 롤 컨테이너 관련 정보 획득을 응답업체 기준(복수 응답)으로 동종업계 52.9% 및 제조업체/임대업체 47.1%인 것으로 조사되었으므로, 인터넷이나 국내외 전시회를 통한 일반적 홍보보다 수요처를 대상으로 제품의 집중 홍보가 필요함
- 사용 중인 롤 컨테이너의 개선사항을 3순위까지 조사한 결과 응답업체 기준(복수응답)으로 제품의 내구성 64.7%, 제품의 구매단가 58.8%인 것으로 조사됨
- 특히 신규 롤 컨테이너 구매를 위해 개선이 필요한 부분을 직접적으로 설문한 결과 응답업체 기준(복수 응답)으로 저렴한 구매단가 70.6%로 구매에 있어 가장 중요한 부분이 제품의 구매단가인 것으로 조사됨
- 접이식 경량 롤 컨테이너와 같은 새로운 용기에 대해 수요처의 대체 비율을 조사한 결과 평균 40.6% 대체할 의사가 있는 것으로 조사되었으며, 신규 용기 대체시 가격 인상폭은 기존 대비 10% 이내 증가가 58.8%로 가장 높음



<그림 3-198> 접이식 경량 롤 컨테이너에 대한 대체 의사

다. 실용화 기술 개발 및 완제품 제작

(1) 실용화 기술 개발 검토

○ 접이 안전성 개선 구조 기술, 캐스터 충격 완화 및 탈부착 기술, 프레임 내구성 강화 구조 기술로 나눠 롤 컨테이너의 기술 개발 검토를 실시함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 실용화를 위한 핵심 개발 기술을 선정함

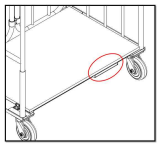
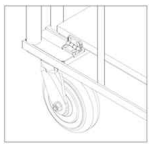
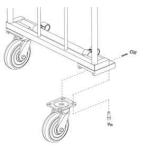
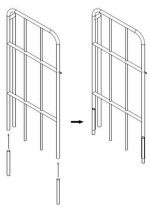
<표 3-102> 접이식 경량 롤 컨테이너 실용화 기술 선정 및 정의

분류	정의
접이 안전성 개선 구조 기술	- 중앙 접이 형태의 구조를 유지하고 접이 방법에 영향을 미치는 구조물 검토 및 개선을 통해 접이 안전성 및 편리성을 확보하는 구조 개선 기술
▪ 접이 편리성 개선 기술	- 불필요한 접이 단계를 최소화하고 구조 일체화 기술을 적용하여 작업자의 접이 편리성을 확보하는 구조 개선 기술
▪ 접이 안전성 향상 기술	- 작업자의 부상위험 요소를 최소화하기 위해 접이 구조 및 프레임 분리구조 변경 설계를 통해 접이 안전성을 향상하는 기술
캐스터 충격 완화 및 탈부착 기술	- 캐스터를 프레임에 탈부착할 수 있게 설계함으로써 캐스터의 적용 확대성을 증가하고 프레임 구조 변경을 통한 캐스터 외부 충격을 최소화하는 기술
▪ 중앙 캐스터 내구성 향상 기술	- 중앙 캐스터 부착 바닥판의 구조 변경 및 캐스터 결착 부품 구조 변경으로 중앙 캐스터 내구성을 향상하는 기술
▪ 캐스터 탈부착 기술	- 유지보수 교체 편리성 및 다양한 물류환경의 범용적 사용이 가능하도록 캐스터 탈부착이 가능한 구조 기술
▪ 캐스터 적용성 확대기술	- 다양한 물류현장에 따른 캐스터 적용성을 검토하고 적합성을 검토하는 기술
프레임 내구성 강화 구조 기술	- 프레임 내구성 향상을 위한 프레임 변형 및 추가 구조물 도입으로 운송 용기 내구성을 강화하는 구조 기술
▪ 프레임 결속력 강화 구조 개선 기술	- 프레임 결착부위 구조물 검토 및 프레임 보강 추가 구조 설계로 프레임 결속력을 강화하는 구조개선 기술
▪ 프레임 변형 개선 기술	- 프레임 변형을 방지하고 내구성을 강화하기 위하여 2중 프레임을 적용하는 구조개선 기술

(2) 기술 개발 적절성 비교

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 실용성 강화를 위한 개발 기술 검토 및 적절성 비교 결과를 요약하여 실용화 기술 개발을 결정함

<표 3-103> 접이식 경량 롤 컨테이너의 실용화 강화를 위해 선택된 개발 기술

구분	후면 프레임 연결 구조물	단차형 손잡이 구조	중앙 접이 일체화 구조	시제품 (볼트조립구조)	평 힌지 구조
개략도					
장점	▪ 안정성 확보	▪ 안전사고 예방	▪ 고른 적재하중 분산	▪ 고정 안전성	▪ 힌지 내구성 향상 ▪ 비 돌출
단점	▪ 특이사항 없음	▪ 시각효과 필요	▪ 특이사항 없음	▪ 분리시 별도의 공구 필요	▪ 볼트 고정 내구성
구분	**슬라이드 핀 구조**	**“ㄱ”자형 체결 구조**	**2개 보강대 추가**	**사각 파이프 전면 바**	**내부 용접 2중 프레임 구조**
개략도					
장점	▪ 별도의 공구 없이 손쉬운 교체 가능	▪ 결속력 강화	▪ 상품 이탈 방지 ▪ 뒤틀림 개선	▪ 뒤틀림 개선	▪ 파이프 강도 개선 ▪ 외부 비 돌출
단점	▪ 구조의 내구성 저하	▪ 용접부 내구성 저하 우려	▪ 자체 중량 증가	▪ 자체 중량 증가	▪ 단가 상승 ▪ 자체 중량 증가

○ 실용화를 위한 기술 개발 항목을 아래와 같이 결정하여 기술별 설계요구사항 분석을 통해 접이식 경량 롤 컨테이너를 설계하고자 함

<표 3-104> 접이식 경량 롤 컨테이너 실용화를 위한 핵심 개발 기술 요약

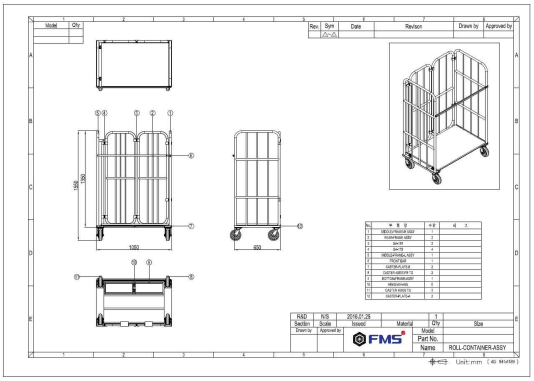
대분류	중분류	소분류	핵심 개발 기술 요약
접이 안전성 개선 구조 기술	접이 편리성 개선 기술	후면 프레임 연결 구조 기술	▪ 기존의 접이시 후면프레임 분리방식에서 후면프레임 연결구조 적용 ▪ 접이시 측면 프레임 넘어짐 방지, 접이 방식 간소화를 통해 접이 편리성 향상
	접이 안전성 향상 기술	중앙 접이 일체화 구조 기술	▪ 일체형 바닥판을 적용하여 접이방식을 1) 바닥판을 들어올려 측면에 고정후 2) 롤 컨테이너를 접는 방식으로 변경으로 기존의 중앙 분리형 바닥판 적용에 따른 접이시 부상위험 방지 가능
		단차 손잡이 구조 기술	▪ 일체형 바닥판에 돌출이 안되는 단차 손잡이 구조 적용 ▪ 일체형 바닥판 접이시 편리성을 위해 손잡이 적용에 따라 손잡이 돌출시 부딪힘에 따른 부상위험을 방지 가능
캐스터 충격 완화 및 탈부착 기술	중앙 캐스터 내구성 향상 기술	중앙 접이 일체화 구조 기술	▪ 일체형 바닥판적용으로 중앙캐스터의 내구성 문제 해소
	캐스터 탈부착 기술	슬라이드 핀 탈부착 구조 기술	▪ 캐스터 교체시 핀과 클립구조를 적용하여 편리성 향상
프레임 내구성 강화 구조 기술	프레임 결속력 강화 구조 기술	일체형 바닥판과 프레임 결착 구조 기술	▪ 일체형 바닥판과 후면/측면 프레임을 “ㄱ”자 결착구조 적용으로 롤 컨테이너 운영시 프레임 뒤틀림 방지 ▪ 일체형 바닥판적용으로 중앙 분리 바닥판의 분리면에 적재하중이 집중됨에 따른 바닥판 중앙이 틀어지는 현상방지 가능
		평 힌지 구조 기술	▪ 롤 컨테이너 바닥부분 회전 부분에 평 힌지 적용으로 기존 파이프 힌지의 틀어지는 현상 방지가능
		프레임 보강 구조 기술	▪ 프레임 보강대 추가 및 간격을 좁게 하여 내구성과 상품적재 이동시 이탈방지 가능
		사각 파이프 전면 바 구조 기술	▪ 전면 사각 바적용으로 프레임 내구성과 상품적재 이동시 이탈방지 가능
	프레임 변형 개선 기술	내부 용접 2중 프레임 구조 기술	▪ 내부 용접 2중 프레임구조 적용 ▪ 차량 적재 후 화물 고정 밸트로 고정시 롤 컨테이너 프레임에 가해지는 압력에 의한 프레임 휨 현상방지 가능

(3) 최종설계 및 완제품 제작

□ **최종설계**

○ 시제품에서 발견된 문제점을 개선하여 최종설계를 도출함

- 바닥판 구조 변경(2개의 판 → 1개의 판)
- 접이 방법 변경(후면부 중앙 분리형 구조 → 전체 링크 구조, 접이 형태 변경)
- 하부 회전체로 평힌지를 적용함
- 후면 프레임에 “ㄱ”자 결착구조를 추가하여 하중을 분산시킴
- 제품 이탈 방지 보강대 추가 및 강도를 높이기 위한 외경 변경(Φ6 → Φ15)
- 4개의 하단 프레임에 내측 2중 프레임 구조를 적용함
- 전면 바를 설치함
- 제품 이탈 및 뒤틀림 방지를 위한 보강대를 추가함(세로 1개 추가)
- 바닥판의 하중 분산을 위한 “ㄱ”자 결착구조를 추가함
- 접이시 안정성을 높이기 위한 링크 구조를 적용함(분리형 → 링크형)
- 순간적인 충격에 의한 뒤틀림 방지를 위해 평힌지를 적용함
- 볼트 조립부 강도 보강을 위한 알루미늄 가공품을 적용함
- 하중 분산 및 적재 안정성을 높이기 위한 1개의 판 구조를 적용함
- 순간적인 충격에 의한 뒤틀림 방지를 위해 평힌지를 적용함



<그림 3-199> 접이식 경량 롤 컨테이너 최종설계

□ **완제품 제작**

○ 최종 설계된 도면을 토대로 접이식 경량 롤 컨테이너의 완제품을 제작함

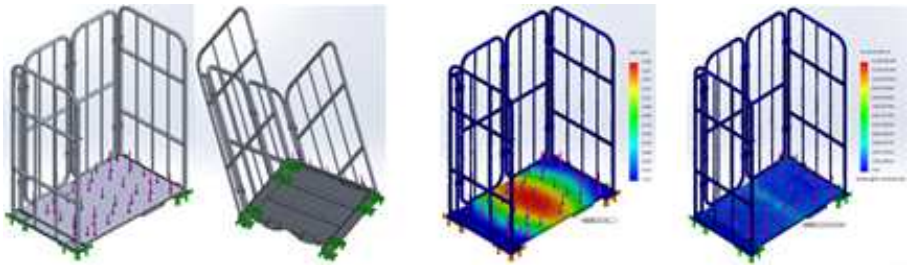


<그림 3-200> 접이식 경량 롤 컨테이너 완제품 사진

(4) 구조 해석

○ 최종 설계된 접이식 경량 롤 컨테이너에 대하여 Solidworks Simulation을 사용하여 구조물의 응력과 변형을 분석함

- 분석조건
  - · 항복응력 : 145,000,000 [N/m2] 이내
  - · 구속조건 : 바닥 Caster 지지부 고정
  - · 외부하중 : 중력방향 4,905 N(500kg 균일분포하중)
  - · 메쉬조건 : 곡률 기반 Mesh, 4Point 요소
- 해석결과
  - · 적재부위에 목표하중인 500kg 이 균일분포하중으로 작용하였을 때를 가정한 정적 해석의 결과 중앙 캐스터 지지부에서 12,004,315[N/m2]의 최대응력이 발생함
  - · 소재의 항복응력인 145,000,000 [N/m2] 내이므로 500kg 하중에 대해 안전하다고 판단할 수 있음
  - · 최대 변위는 도어 상단부에서 0.146mm 발생함



<그림 3-201> 접이식 경량 롤 컨테이너 구조해석 결과

(5) 성능검증 및 운용매뉴얼 제작

□ 기존 대비 성능 비교

○ 1차년도에 개발된 시제품과 최종 설계를 통해 완성된 완제품 간 성능을 비교함

<표 3-105> 접이식 경량 롤 컨테이너 기존 대비 성능 비교

구분		1차년도 시제품	최종 제품	비고
제원	외형 크기	1,050x650x1,550(WxDxH)	1,050x650x1,550(WxDxH)	변동 사항 없음
	접철률	75%	75%	크기 변경 진행
	자체 중량	25kg 이하 만족	40kg 이하 만족	15Kg 상승
	적재 하중	500kg	500kg	변동 사항 없음
구조	접이 구조	뒷 문 분리형 구조	뒷 문 연결 구조	접이 안정성 개선 (접이시 넘어짐)
	손잡이 구조	없음	단차 손잡이 구조	접이 안정성 개선 (접이시 부상 위험)
	바닥판 구조	중앙 접이형 구조 (바닥판 2ea)	중앙 접이형 구조 (바닥판 1ea)	하중 분산 개선
		없음	하측 'ㄱ'구조	결속력 강화 개선
	힌지 구조	파이프 힌지 구조	평 힌지 구조	내구성 향상 (틀어짐)
	상품 이탈 방지 구조	보강대 간 거리 189mm	보강대 간 거리 135mm	54mm 개선
	프레임 내구성 개선 구조	1중 파이프 구조	2중 파이프 구조	프레임 휘어짐 개선
	전면 바	없음	AL 파이프 전면 바	뒤틀림 개선

□ 운용매뉴얼 제작

○ 제품의 안전한 사용을 위하여 일반사항/제원, 제품특징, 접이방법, 주의사항/관리방법으로 구성된 운영매뉴얼을 제작함

(6) 제품 판매를 위한 개선사항

○ 작업 안전성 및 편이성 향상을 위한 구조 변경

- 바닥이 평탄하지 않으며, 작업자의 거친 사용 환경 등을 설계에 반영되기를 요청함
- 제작을 의뢰한 업체의 고르지 못한 바닥 상황 등을 고려하여 접이 상태에서 보관 및 이동시 쓰러지는 현상을 방지하고자 접철률을 낮게 재설계하여 안전성을 향상시킴
- 기존 75% 이상 접철률을 60% 이상으로 구조를 변경하여 하중을 분산시킴




- 밑판 고정을 위한 고리를 추가 설치함



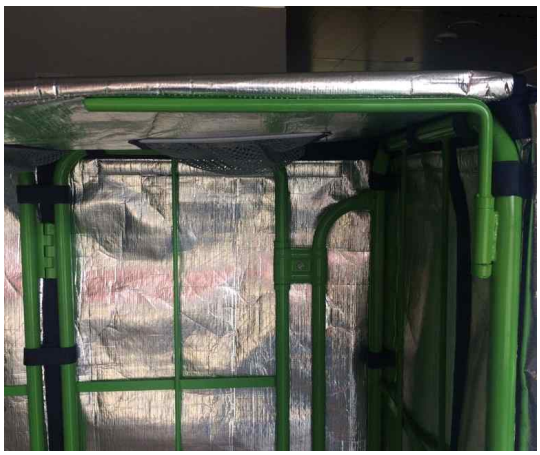

○ 온도유지 기능 추가

- 접이식 경량 롤 컨테이너를 신선식품 운반용으로 사용 할 예정이며, 물류창고에서 소매점 배송 시 발생할 수 있는 온도손실을 최소화 할 수 있는 방안을 요청함
- 신선식품을 운반하는 용기로 사용하기 위해 FMS에서 제작한 온도유지 기능성 커버를 추가하여 롤 컨테이너와 일체화된 상품을 판매함
- 기능성 커버와 PCM을 롤 컨테이너에 추가하여 목적 온도 및 시간의 유지, 외부 오염에 대한 방지 등에 대한 기능이 추가됨





- 상단 커버를 고정하기 위한 구조를 추가 설계하여 제작함

라. 기대효과 분석 및 실용화 전략

(1) 기대효과 분석

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 기대효과 분석을 위한 기본전제는 다음과 같음

- 분석범위 : 롯데슈퍼 신갈물류센터에서 점포로 배송되는 화물의 운송 및 상·하역 작업
- 분석기간 : 5년(접이식 경량 롤 컨테이너 내구연한 고려)
- 기준년도 : 2017년
- 할인율 : 5.5%(「교통시설 투자평가지침, 2011, 국토해양부」)
- 분석내용 : PI(수익성지수), NPV(순현재가치)
- 시나리오 설정 : 기존 컨테이너 대비 비용 인상(10, 20, 30%) / 유지보수비(3, 5, 10%)

○ 기대효과 분석을 위한 비용 및 수입항목의 설정 및 정량화 내역은 다음과 같음

<표 3-106> 접이식 경량 롤 컨테이너 비용, 수입항목 설정

구분	항목명	설명	정량화 방안
비용	롤 컨테이너 도입비	접이식 경량 롤 컨테이너를 도입하는데 소요되는 비용	개당 22.0/24.0/26.0만원을 적용 (대안에 따라 인상폭을 달리 함)
	유지보수비용	접이식 경량 롤 컨테이너의 수리 및 세척 등을 위해 발생하는 비용	연간 구매비용의 3/5/10% 적용 (대안에 따라 인상폭을 달리 함)
수입	연료비 절감	차량의 연비 향상 및 운송 횟수 감소를 통한 연료비 절감	1,636.68원/L ('14년 자동차용 경유 주유소 가격 적용)
	인건비 절감	회수시 필요한 차량의 감소를 통한 인건비 절감	인당 연간 2505.0만원('14년 화물차량 운전기사의 월평균 순수입을 적용)
	온실가스 비용 절감	탄소 저감(CO_2)을 통한 온실가스 비용 절감	11,500원/TCO_2('14년 한국거래소 탄소배출권 가격 적용)
	교통혼잡비용 절감	운송 횟수 감소를 통한 교통혼잡비용 절감	294.0만원/대·년('07~'12 교통혼잡비용으로 '14년 비용 추정)
	매출 증대 효과	운영 효율성 향상을 통한 상품의 매출 증대	적용 상품의 판매율 20% 증가

○ 시나리오에 따른 기대효과 분석결과는 다음과 같음

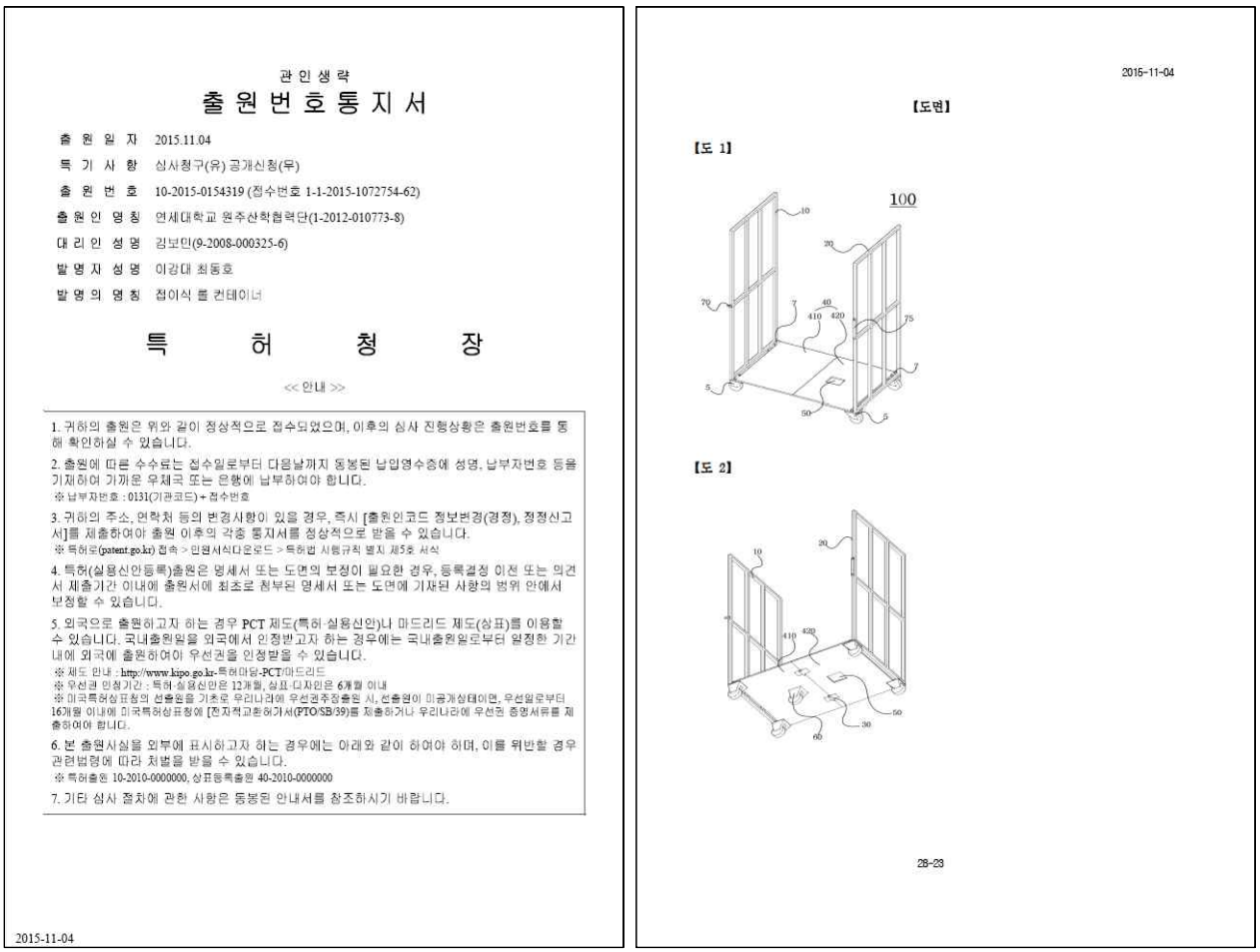
<표 3-107> 접이식 경량 롤 컨테이너 사업성 분석결과

구분	시나리오 1-1	시나리오 1-2	시나리오 1-3	시나리오 2-1	시나리오 2-2	시나리오 2-3	시나리오 3-1	시나리오 3-2	시나리오 3-3
PI	3.50	3.25	2.74	1.75	1.62	1.37	1.17	1.08	0.91
NPV (만원)	452.5	438.2	402.3	271.8	243.1	171.3	91.0	47.9	-59.7

(2) 특허 출원

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 특허 출원을 완료함

- 출원일자 : 2015.11.04.
- 출원번호 : 10-2015-0154319
- 출원인 명칭 : 연세대학교 원주산학협력단
- 발명자 성명 : 이강대, 최동호
- 발명의 명칭 : 접이식 롤 컨테이너



관인생략

출원번호통지서

출 원 일 자 2015.11.04
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2015-0154319 (접수번호 1-1-2015-1072754-62)
출원인 명칭 연세대학교 원주산학협력단(1-2012-010773-8)
대 리 인 성 명 강보민(9-2008-000325-6)
발 명 자 성 명 이강대 최동호
발 명 의 명 칭 접이식 롤 컨테이너

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적고문허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2015-11-04

2015-11-04

【도면】

【도 1】

100

【도 2】

28-23

<그림 3-202> 접이식 경량 롤 컨테이너 특허 출원서

4. 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 개발

가. 조사분석 및 모듈 개발

(1) 설계요구사항 분석

○ 운송과 보관 및 진열이 가능하게 개발하여 물류 및 진열 프로세스를 합리화시킴으로써 물류비를 절감할 수 있고, 접이를 가능하게 하여 회수 시 적재효율 향상을 위한 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 개발을 위해 규격 및 구조, 안정성, 유지보수 및 기타로 구분하여 설계요구사항을 설정함

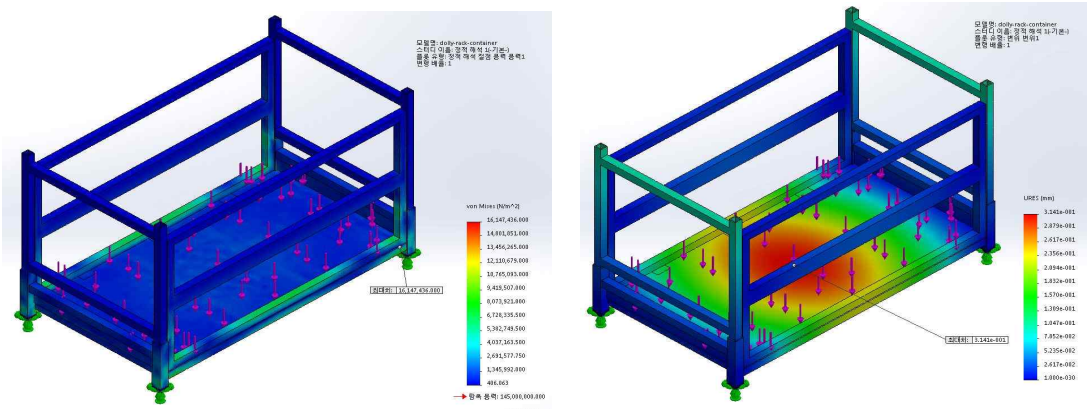
- 경량화・고강도 신소재를 검토하여 랙 컨테이너 및 돌리 파렛트의 프레임과 바닥 소재를 결정하여야 함
- 알루미늄 합금 소재 검토를 통해 랙 컨테이너의 자중을 25kg 이하로, 돌리 파렛트의 자중을 15kg 이하로 감소하여야 함
- 차량 제원별 적재함에 정합하고, 물류센터 도크에 정합되면서 T11/T12 치수 정합되도록 표준규격 및 물류표준을 고려하여 랙 겸용 컨테이너의 규격을 결정하여야 함(KST-2029, KST-3101 등을 참조하여 설계)
- 진열기능 향상을 위해 5층의 적층 결합을 위한 구조로 설계되어야 함
- 접이식 구조를 적용하여 회수 효율성 향상을 위해 70% 이상 접철되도록 설계하여야 함
- 다층 적재상태로 운반시 낙하되지 않도록 안전성을 충분히 확보하여야 함
- 표면 및 부식 강화를 위하여 코팅 박리 감소 및 마모/녹슬음 방지, 위생성 등을 확보하여야 함
- 다양한 제품들을 혼합하여 사용할 수 있도록 편의성을 높여야 함
- 진열 기능을 위해 외관 디자인 요소를 고려해야 함

(2) 구조 해석

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대해 Solidworks Simulation을 사용하여 단일 구조물의 응력과 변형을 분석함

○ 해석결과 분석

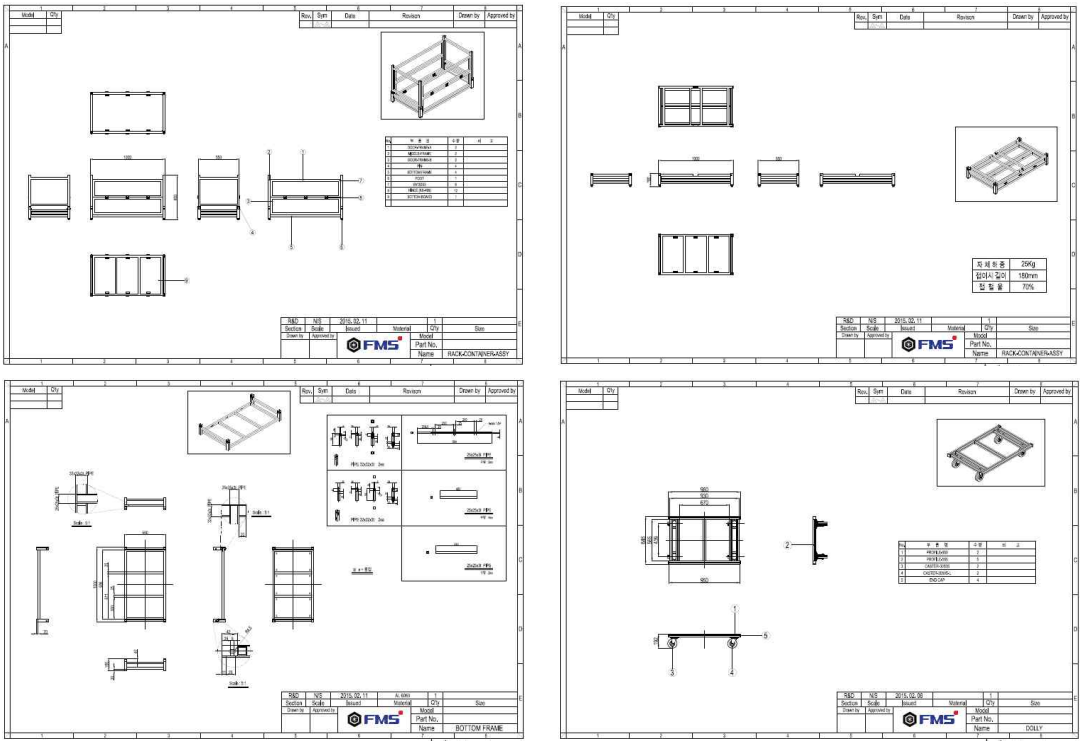
- 적재부위에 1단 적재의 경우 목표하중인 250kg 균일분포하중으로 작용하였을 때를 가정한 정적해석의 결과 최대응력 값은 16,147,436 [N/m2]로써 소재의 항복응력인 145,000,000 [N/m2] 를 초과하지 않아 안정적임
- 적재부위에 1단 적재의 경우 목표하중인 250kg 균일분포 하중으로 작용하였을 때를 가정한 해석 결과 최대변위 값은 바닥 중앙부위에 0.3141 [mm]로써 나타나 안정적임



<그림 3-203> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 구조해석 결과

(3) 상세 설계

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대한 기초 설계를 기준으로 다음과 같이 상세 설계를 실시함



<그림 3-204> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 상세 설계

(4) 시제품 제작

○ 상세 설계를 바탕으로 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 PILOT 시제품을 아래와 같이 제작함

- 제작일 : 2015. 3
- 시제품 제작업체 : (주)에프엠에스코리아
- 규격 : 랙 컨테이너 오픈시 1,000mm×550mm×600mm(접이시 1,000mm×550mm×180mm), 돌리 960mm×645mm×192mm
- 소재 : AL 6061(랙 컨테이너), AL 6061/6063(돌리)
- 특징 : 자체중량 32.55kg, 접철율 70.1%, 표준 파레트(T11, T12)와 정합(1단 각 2EA)



<그림 3-205> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 PILOT 시제품

(5) 통합성능 테스트

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대한 자체적인 성능확인을 위해 통합성능 테스트를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같음

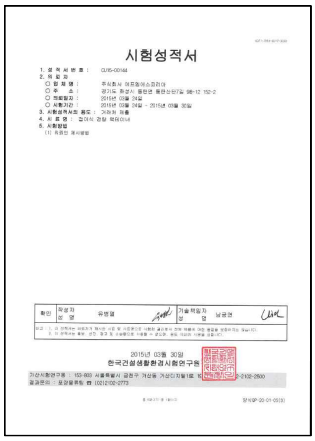
- 접철율
  · 접이시 높이 : 180mm
  · 펼쳤을 때 높이 : 600mm
  · 접철율 : 100% - (180mm/600mm) × 100% = 70%
- 자체중량
  · 랙 컨테이너 자체중량 : 18.05kg / 돌리 자체중량 : 14.50kg
- 적재중량
  · 랙 컨테이너 : 적재중량 275.4kgf(1단) 이상, 752.38kgf(5단) 이상
  · 돌리 적재중량 : 759.26kgf 이상

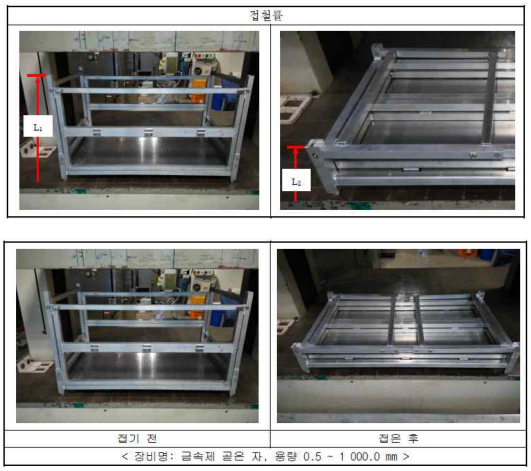
(6) 성능검증

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 PILOT 시제품에 대해 외부 공인시험기관에서 성능검증을 진행하였음(시험기관 : 한국건설생활환경시험연구원, 2015. 2. 24. ~ 2015. 3. 4.)

○ KCL의 성능검증 결과를 요약하면 아래와 같음

항 목	기 준	성 능	비고
접철율	70% 이상	70.3%	달성
자체중량(랙컨테이너)	25kg 이하	24.0kgf	달성
자체중량(돌리)	15kg 이하	14.5kgf	달성
적재하중(1단)	250kg 이상	402.6kgf	달성
적재하중(5단)	700kg 이상	871.0kgf	달성
적재하중(돌리)	700kg 이상	1,050kgf	달성
힌지강도	50kg 이상	8,466N	달성





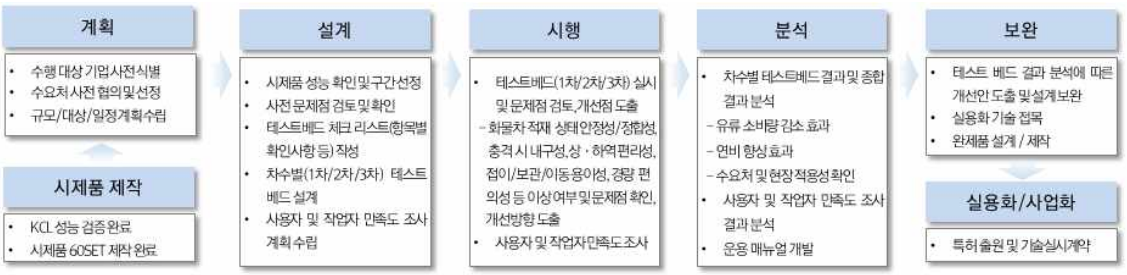
<그림 3-206> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 KCL 성능검증(시험성적서 등)

나. 테스트베드 구축 및 운영

(1) 테스트베드 계획

○ 테스트베드는 총 3차에 걸쳐 수행될 예정이며, 목적은 다음과 같음

- 제1차 테스트베드는 같은 환경 및 동일한 조건에서 기존 용기와 개발 용기의 연료 소비량을 조사하여 유류 소비 절감 효과를 비교 분석하기 위해 수행함
- 제2차 및 제3차 테스트베드는 정합성, 운송 및 회수 효율성, 작업자 편의성, 안전성, 공간효율성 등 현장 적용 가능성을 종합적으로 검토하여 개선안 도출을 통한 현장 적용성 검증을 목표로 수행함



<그림 3-207> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 테스트베드 프로세스

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 테스트베드 사용용기는 1차년도 연구를 통해 제작된 시제품 20세트를 사용함

- 규격 : 랙 컨테이너 오픈시 550mm×1,000mm×600mm(접이시 550 mm× 1,000mm×160mm), 돌리 파렛트 900mm×645mm×192mm
- 소재 : AL 6061(랙 컨테이너), AL 6061/6063(돌리)
- 특징 : 자체중량 38.5kg, 접철율 70.3%, 표준파레트(T11, T12)와의 정합(1단 각 2EA)
- 이용분야 : 일반 물류, 유통분야에서 전반(운송 집기)
- 시제품 : 랙 컨테이너 60개, 돌리 파렛트 20개(총 20세트)



<그림 3-208> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 1차년도 시제품

(2) 제1차 테스트베드 구축 및 분석

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 제1차 테스트베드를 아래와 같이 실시함

- 수행 일시 : 2015.08.31. ~ 09.04.(5일)
- 수행 장소 : 연세대, 롯데슈퍼신갈물류센터, FMS코리아, 흥업교차로↔흥양교차로
- 수행 대상 : 기존 접이식 컨테이너, 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너
- 차종 및 연비측정 단말기 : 2010년식 이-마이티, (주)허즈앤티社 iDTG-1301
- 수행 목적 : 화물차량의 절대적 연비 절감을 산출하기 위함이 아니라 기존의 돌리 컨테이너 사용 대비 개발 용기 사용 시 실질적인 연비 절감 개선 효과를 증명하기 위함

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 제1차 테스트베드 결과를 아래와 같이 요약함

- 만차 배송시 기존 용기대비 연료 소비량이 8.93% 감소하였으며,

연비는 9.81% 향상됨

- 최대 회수시 기존 용기대비 연료 소비량은 4.34% 감소하였으며, 연비는 4.53% 향상됨

<표 3-108> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 제1차 테스트베드 결과

구분		적재 중량(톤)	연료 소비량 감소 효과(ℓ)		연비 향상 효과	
공차 배송시	개발용기(48대)	1.056	4.587	-4.34%	6.409	4.53%
	기존용기(24대)	1.693	4.795		6.131	
기존대비 회수시	개발용기(66대)	1.452	4.732	-11.37%	6.213	12.83%
	기존용기(36대)	2.540	5.339		5.507	
최대 회수시	개발용기(48대)	1.056	4.587	-4.34%	6.409	4.53%
	기존용기(24대)	1.693	4.795		6.131	
만차 배송시 37)	개발용기(48대)	2.763	5.527	-8.93%	5.319	9.81%
	기존용기(24대)	3.400	6.069		4.844	

(3) 제2차 테스트베드 구축 및 운영

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 제2차 테스트베드를 아래와 같이 실시함

- 수행 기간 : 2015.10.20. ~ 2015.11.01.(13일)
- 수행 장소 : 아이올리 용인물류센터(LAP PART)
- 수행 용기 : 1차년도 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 시제품 30세트
- 수행 화물 : LAP 브랜드 내 의류, 신발 및 잡화, 화장품 등 일반 공산품
- 수행 목적 : 실제 물류 현장에서 개발 용기를 사용, 현장 적용성 확인 및 개선안 도출



<그림 3-209> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 제2차 테스트베드 현장사진

37) 데이터 분석을 통해 도출된 추정식을 사용하여 만차 배송시 연료 소비량 추정

○ 아래의 일부 보완점에 대해 각 부위별로 개선안 도출함

- 테스트베드 개선안은 실용화 기술 개발 도출시 검토하여 구체화함

구분		문제점	개선방안
SIDE FRAME		▪ 옆문½ 개폐 불편 ▪ 큰 화물 적출입 불편	▪ 핀 방식 힌지 구조 적용하여 옆문 전체 오픈 구조로 개선 ▪ 상품 진열 선반 구조 검토
RACK CONTAINER		▪ 작은 크기의 소화물 프레임 밖 이탈	▪ 옆면 프레임 간격 조정 및 매쉬형 패널 적용 구조 검토
		▪ 내부 구획 불가로 RACK 기능 저하	▪ 프로파일 홈에 멀티 블록 이용하여 탈부착 가능 ▪ 칸막이 구조로 검토
		▪ 규격 상이하여 컨베이어벨트 사용 불가	▪ 납품시수요처 환경에 맞춰 제작
		▪ 4개의 FOOT 정합 불편	▪ 컨테이너간 적층시 중첩되는 요철 구조 면적 확대
CATCH AND SIDE LOCK		▪ 잠금 조작 불편으로 작업 시간 증대	▪ 편리성 및 내구성 위해 걸쇠와 고리 구조로 개선
SLIDE HINGE		▪ 접이시 걸리는 경우 발생	▪ 핀 확장 및 축 형태 등 접이 용이하게 개선
NAME PLATE		▪ 품목 기록 불가	▪ NAME PLATE 구조를 프로파일 홈 사이 적용과 외부 프레임 고정 비교 검토
DOLLY		▪ RACK보다 돌출되어 공간 효율 저하 우려	▪ 비 돌출 구조 및 정합성 향상 구조로 재검토

(4) 제3차 테스트베드 구축 및 운영

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 제3차 테스트베드를 아래와 같이 실시함

- 수행 기간 : 2015.12.16. ~ 2015.12.18.(3일)
- 수행 장소 : 홈플러스 서울 매장
- 수행 화물 : 홈플러스 입점 제품 중 행사상품(과일류, 채소류, 가공식품류 등)
- 수행 목적 : 실제 매장에서 개발 용기를 사용, 현장 적용성 확인 및 개선안 도출

○ 아래의 일부 보완점에 대해 각 부위별로 개선안 도출함

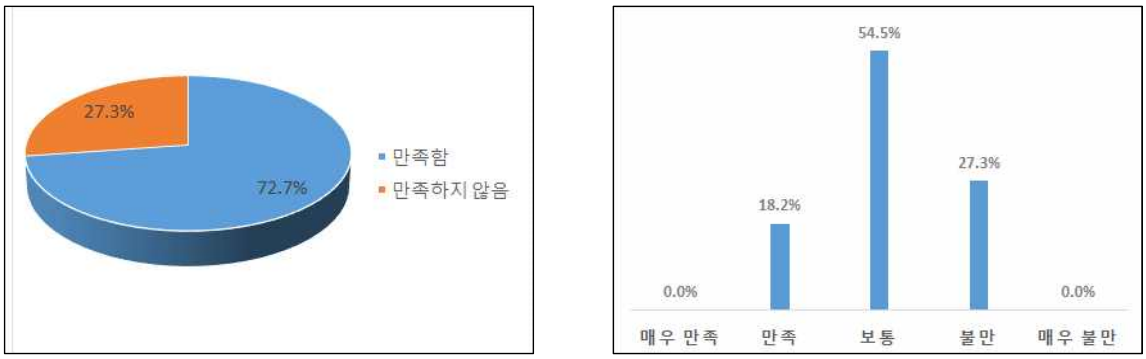
구분		문제점	개선방안
SIDE FRAME		▪ 옆문½ 개폐 불편 ▪ 큰 화물 적출입 불편	▪ 핀 방식 힌지 구조 적용하여 옆문 전체 오픈 구조로 개선 ▪ 상품 진열 선반 구조 검토
		▪ 옆면 활용성 강화 필요	▪ 옆면 회전 후 선반의 역할을 하도록 stopper 적용하도록 진열 가능 선반 구조 적용
RACK CONTAINER		▪ 작은 크기의 소화물 프레임 밖 이탈	▪ 옆면 프레임의 가로 방향에 1~2개 이상 보강대 추가 적용
		▪ 고정된 컨테이너 크기의 한계	▪ 하단의 프레임을 암수 요철 구조로 결착 가능하도록 컨테이너 연결 구조 적용
		▪ 돌출 부위 및 날카로운 마감 처리	▪ 돌출 부위 및 날카로운 모서리 부드럽게 완화 ▪ 완제품에서 최소화
		▪ 4개의 FOOT 정합 불편	▪ ㄷ자형 적측 구조 적용 ▪ 요철 구조 면적 확대
CATCH AND SIDE LOCK		▪ 잠금 조작 불편으로 작업 시간 증대	▪ 조작의 편리성과 내구성 향상을 위해 걸쇠와 고리구조로 개선
NAME PLATE		-	▪ 프로파일 내부 홈에 연결 ▪ 부속품을 사용한 NAME PLATE 적용
DOLLY		▪ RACK보다 돌출되어 공간 효율 저하 우려	▪ 비 돌출 구조 및 정합성향상 구조로 RACK 및 DOLLY규격 재설계

(5) 사용자 및 작업자 만족도 조사

○ 테스트베드에 참여한 업체의 사용자와 작업자를 대상으로 만족도 조사를 실시함

- 모집단 : 테스트베드 참여 업체 직원
- 유효표본 : 33명
- 조사방법 : 현장 방문 설문조사
- 조사일시 : 2015년 10월 1일 ~ 12월 10일

○ 만족도 조사 결과 개발 용기의 사용자 및 작업자의 만족도 조사 결과 용기의 경량화에 높은 만족도를 나타냈으나, 내구성과 기존 장비와의 호환성에 대해서는 부정적인 반응이 높으므로 현장의 의견을 검토하여 실용화 기술에 대한 최종 설계를 실시하고 실용화 및 마케팅 전략을 수립하여야 함



<그림 3-210> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대한 전반적인 만족도

(6) 잠재 수요자 조사

○ 잠재 수요자 조사는 수요처의 일반사항, 물류용기의 사용 및 보유 현황, 개발용기 구매의사, 사용 중인 물류용기의 불편사항 등에 대하여 설문을 실시함

○ 잠재 수요자 조사 결론

- 기존의 상자형 박스 및 돌리 파렛트를 선택한 이유를 3순위까지 조사한 결과, 응답업체 기준(복수 응답)으로 사용/운용 편리 90.0%, 성능/기능 우수 50.0%, 저렴한 구매단가 40.0% 순으로 조사되어 개발 용기의 제품 홍보시 개발 용기의 성능을 중점적으로 부각시켜 홍보가 필요함

- 수요처에서 상자형 박스 및 돌리 파렛트 관련 정보 획득을 응답업체 기준(복수응답)으로 제조업체/임대업체 42.5% 및 동종업계 40.0%인 것으로 조사되었으므로, 롤 컨테이너와 마찬가지로 인터넷이나 국내외 전시회를 통한 일반적 홍보보다 수요처를 대상으로 제품의 집중 홍보가 필요함

- 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너와 같은 새로운 용기에 대해 수요처의 대체 비율을 조사한 결과 평균 28.4% 대체할 의사가 있는 것으로 조사되었으며, 신규 용기 대체시 가격인상폭은 기존 대비 10% 이내 증가가 47.5%로 가장 높음

다. 실용화 기술 개발 및 완제품 제작

(1) 실용화 기술 개발 검토

○ 디자인 적용 및 다용도 진열 강화 기술, 캐스터 충격 완화 및 중첩 이동 안정성 향상 기술, 프레임 내구성 강화 구조 기술로 나눠 돌리 랙 겸용 컨테이너의 기술 개발 검토를 실시하여 실용화를 위한 핵심 개발 기술을 선정함

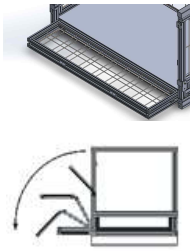
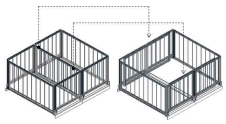
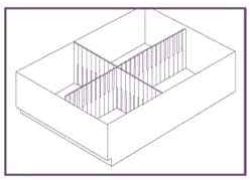
<표 3-109> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 실용화 기술 선정 및 정의

분류		정의
디자인 적용 및 다용도 진열 강화 기술		- 운송과 보관, 진열까지 가능하도록 디자인적 요소를 강화하고 다용도로 편리하게 진열할 수 있도록 접이 구조 개선 및 규격 확장 등의 기술을 적용하여 실용성을 높이는 기술
	▪ 옆문 접이구조 개선 및 상품진열 향상 기술	- 옆문 접이 구조를 전면 개폐 방식으로 개선하여 편리한 작업을 도모하고 옆문을 선반으로 활용하여 진열 기능을 향상하는 기술
	▪ 컨테이너 확장성 향상을 위한 도킹 기술	- 2대의 컨테이너를 서로 결착하는 연결 구조로 변경함으로써 필요시 컨테이너 규격을 확장하는 기술
	▪ 상품이탈 방지 구조 기술	- 화물 안전성 및 내구성 향상을 위해 상품의 이탈을 방지하도록 프레임 간격 및 구조를 개선하는 기술
	▪ 진열 편리성 향상 기술	- 진열의 편리성을 위해 필요시 컨테이너 내부를 자유롭게 구획할 수 있도록 비 고정식 칸막이 구조를 적용하는 기술
캐스터 충격 완화 및 중첩 이동 안정성 향상 기술		- 쉽게 파손되고 유지보수 비중이 높은 캐스터를 외부로부터의 충격을 완화하고 보호함으로써 내구성을 강화하고 중첩 이동의 편리성 및 이동 안전성을 향상하는 기술
	▪ 캐스터 충격방지 구조 기술	- 지게차 포크 등 외부 충격으로부터 캐스터를 보호하도록 돌리에 포크 삽입 유도용 가이드라인 구조를 적용하는 기술
	▪ 중첩 편리성 및 이동 안정성 향상 구조 기술	- 랙 컨테이너 및 돌리 파렛트를 보다 안전하고 편리하게 중첩할 수 있도록 하단의 중첩부 구조 변경 및 확대 기술
	▪ 캐스터 적용성 확대 기술	- 다양한 물류현장에 따른 캐스터 적용성을 검토하고 적합성을 검토하는 기술
프레임 내구성 강화 구조 기술		- 바닥판 구조 개선을 통해 본체의 내구성을 강화하고 접이에 따른 작금 조작을 편리하게 개선하여 내구성을 높이는 기술
	▪ 프레임 변형 개선 기술	- 물류장비 사용시 파손 및 고장을 방지할 수 있도록 바닥판 내구성을 강화하고 프레임 변형을 막는 기술

(2) 기술 개발 적절성 비교

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 실용성 강화를 위한 개발 기술 검토 및 적절성 비교 결과를 요약하여 실용화 기술 개발을 결정함

<표 3-110> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 실용화 강화를 위해 선택된 개발 기술

구분	핀 구조	Stopper 적용 구조	결착 연결 구조	프레임 보강대 추가 구조
개략도				
장점	▪ 회전 방향에 구애 받지 않음	▪ 외부 선반 진열 가능 ▪ 좁은 공간에서 사용 가능	▪ 크기 확장 가능	▪ Profile Slot에 삽입하여 제작이 간단
단점	▪ 고정부분이 다른 부분에 비해 내구성이 떨어짐	▪ Stopper가 파손될 위험이 있음	▪ 별도의 결속 부품 필요	▪ 자체 중량 증가
구분	**간이 변형 칸막이**	**내부 Name plate**	**Forklift용 Guide Line**	**상단 구조물**
개략도				
장점	▪ 제품 분류 용이 ▪ 셀 크기 조정 용이	▪ 비 돌출 구조 ▪ 상품 정보 제공	▪ Forklift로부터 캐스터 보호 및 충격 완화	▪ 적층 편리 ▪ 프레임 변형 최소
단점	▪ 프레임과 칸막이 고정 불편	▪ 보강대와 간섭 발생	▪ 자체 중량 증가	▪ 돌출부 발생
구분	**비돌출형 돌리 구조**	**원터치 잠금쇠**	**키 걸고리**	**Foot 보강 프레임**
개략도				
장점	▪ 랙과 돌리 정합성 향상 ▪ 이동 안전성 향상	▪ 기성품 이용 ▪ 사용 편리	▪ 기성품 이용 ▪ 사용 편리	▪ 프레임 내구성 강화
단점	▪ 자체 중량 증가 ▪ 기존 형상 변경	▪	▪ 키 부분의 파손 주의	▪ 자체 중량 증가

○ 실용화를 위한 기술 개발 항목을 아래와 같이 결정하여 기술별 설계요구사항 분석을 통해 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너를 설계하고자 함

<표 3-111> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 실용화를 위한 핵심 개발 기술 요약

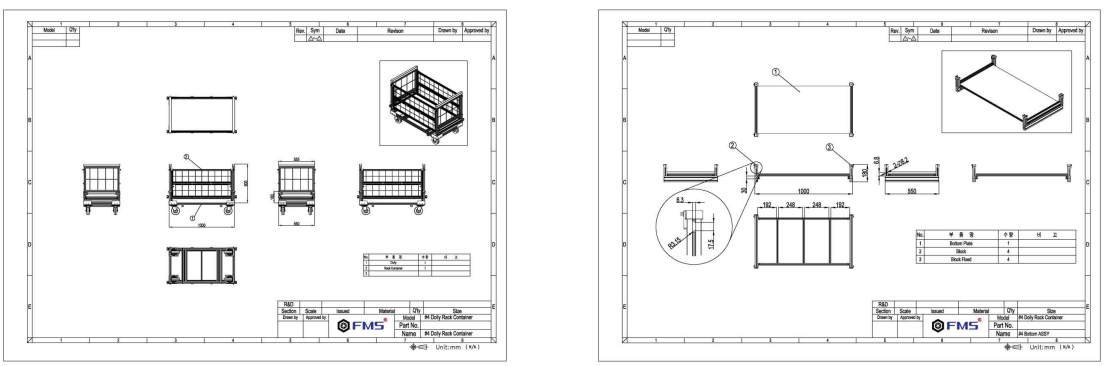
대분류	중분류	소분류	핵심 개발 기술 요약
다용도 진열 강화 기술	옆문 접이구조 개선 및 상품진열 향상기술	옆문 힌지 구조 개선 기술	▪ 기존의 옆문 개폐시 상단은 외부로 하단은 내부로 접히는 힌지구조에서 핀 방식의 힌지구조를 적용하여 내/외부 270도 회전이 가능한 구조 적용 ▪ 컨테이너 상품 적재시 상단의 1/2만 오픈되어 상품의 적임/적재시 불편함을 개선함
		선반 기능 및 Stopper 적용 기술	▪ 옆문의 접이구조를 이용하여 상품 진열이 가능한 선반구조를 적용하여 상품진열의 편리성 향상
	컨테이너 확장성 향상을 위한 도킹기술	컨테이너 연결 구조 개선 기술	▪ 2대의 컨테이너를 연결할 수 있도록 옆문접이방식과 컨테이너 연결 구조를 적용하여 확장성 향상
	상품이탈 방지구조 기술	프레임 보강 구조 기술	▪ 측면의 프레임 가로측으로 보강대를 추가적으로 적용하는 구조 적용으로 상품이탈 방지가능
	진열 편리성 향상기술	탈부착이 가능한 Partition 및 Name plate 적용 기술	▪ 컨테이너 내부의 구획이 가능한 탈부착용 칸막이와 프로파일 내부 홈에 적용하는 name plate 구조를 적용하여 상품의 진열 및 보관의 편리성 향상
캐스터 충격 완화 및 중첩 이동 안정성 향상 기술	캐스터 충격방지 구조 기술	Forklift용 Guide line 구조 기술	▪ 컨테이너 하부에 Forklift용 Guide line 구조물을 적용하여 캐스터의 파손 방지
	중첩 편리성 및 이동안정성 향상 구조 기술	적층 구조 개선 기술	▪ 기존의 4개의 Foot형식의 적층구조를 상단 구조물을 적용하여 적층시 편리성과 이동시 컨테이너 이탈 방지가능
		돌리와 컨테이너 정합성 향상 기술	▪ 간섭 구조를 통해 연결되는 돌리의 프레임과 랙 컨테이너의 프레임이 직접적으로 간섭되어 연결되는 구조
프레임 내구성 강화 구조 기술	프레임 변형 개선 기술	연결구조의 내구성과 편리성 향상 기술	▪ 조작의 편리성과 내구성 향상을 위해 간단한 구조의 잠금장치로 개선
		바닥판 프레임 내구성 향상 기술	▪ 바닥판의 하부에 세로축 보를 추가하는 FOOT 보강 프레임 구조를 적용하여 내구성 향상

(3) 최종설계 및 완제품 제작

□ **최종설계**

○ 시제품에서 발견된 문제점을 개선하여 최종설계를 도출함

- 옆문 디스플레이 기능을 추가하고 상품 이탈 장지를 위한 보강대를 추가함
- 다단 적재 고정부, 상부 위치 → 기존 제품은 하부에 홈으로 다단 적재됨
- 하중을 받지 않는 프레임에 대해 경량 프레임 소재 적용으로 자체중량이 감소됨
- 돌리 Size 변경 → 가로/세로 정합률이 향상됨
- 돌리 하부 변경 → Forklift 위치 Guide 설치로 안전한 이동이 가능함
- 하부지지 프레임 추가로 내구성이 향상됨
- 중간 고정대 부분의 블록 및 바닥 지지대의 형상 변경으로 틀어짐이 방지됨
- Forklift 두께가 지게차 사용이 가능한 공간을 확보함
- 옆문 Open시 선반형태 적용을 위한 스토퍼를 추가함(디스플레이 기능)
- 고정 부품을 변경함(슬라이드 빗장, 매미고리 → 걸쇠, 걸고리)
- 전체 회전축을 변경함(경첩 → 회전핀)
- 제품 이탈 방지 프레임이 변경됨(보강대 추가)
- 상단 프레임 Open시 하단 프레임과 고정부를 추가함(볼 캐치)
- 옆문 Open시 선반형태 적용을 위한 프레임 형태를 변경함(디스플레이 기능)
- 다단 적재를 위한 프레임을 상부에 위치시킴(상부 홈 구조)
- 전체 Size를 변경함(1차 시제품의 경우 돌리가 랙 컨테이너보다 가로/세로 Size가 크기 때문에 정합률이 맞지 않음)
- 랙 컨테이너 적재시 이탈방지 Guide 및 하부 Forklift Guide를 추가함



<그림 3-211> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 최종설계

□ 완제품 제작

○ 최종 설계된 도면을 토대로 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 완제품을 제작함

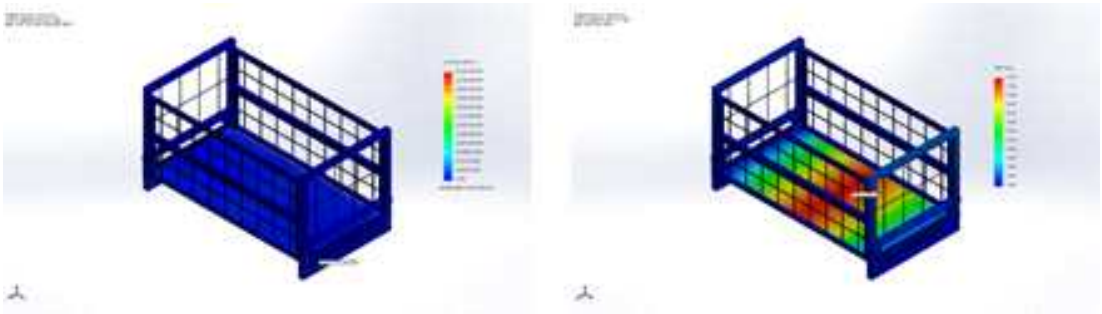


<그림 3-212> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 완제품 사진

□ 구조 해석

○ 최종 설계된 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너에 대하여 Solidworks Simulation을 사용하여 구조물의 응력과 변형을 분석함

- 분석조건
  - · 항복응력 : 145,000,000 [N/m2] 이내
  - · 구속조건 : 바닥 Foot 지지부 고정
  - · 외부하중 : 중력방향 2,450 N(250kg 균일분포하중)
  - · 메쉬조건 : 곡률 기반 Mesh, 4Point 요소
- 해석결과
  - · 적재부위에 1단 적재의 경우 목표하중인 250kg 균일분포하중으로 작용하였을 때를 가정한 정적해석의 결과 58,582,456[N/m2]의 최대응력이 발생함
  - · 소재의 항복응력인 145,000,000 [N/m2] 내이므로 250kg 하중에 대해 안전하다고 판단할 수 있음
  - · 최대 변위는 바닥 중앙부위에 0.342mm 발생함



<그림 3-213> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 구조해석 결과

(4) 성능검증 및 운용매뉴얼 제작

□ 기존 대비 성능 비교

○ 1차년도에 개발된 시제품과 최종 설계를 통해 완성된 완제품 간 성능을 비교함

<표 3-112> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 기존 대비 성능 비교

구분		1차년도 시제품	최종 제품	비고
제원	외형 크기 (랙 컨테이너)	1,050x550x600(WxDxH)	1,050x550x600(WxDxH)	변동 사항 없음
	외형 크기(돌리)	960x660x200(WxDxH)	1,150x560x225(WxDxH)	크기 변경 진행
	자체 중량	25kg 이하 만족	25kg 이하 만족	변동 사항 없음
	적재 하중	250kg	250kg	변동 사항 없음
구조	옆문 접이 구조	상단 180° 외부로 회전 하단 90° 내부로 회전	상단 180° 외부로 회전 하단 270° 외부로 회전	열리는 구조 변경
	선반 기능	기능 없음	상단 180° 외부로 회전 하단 180° 외부로 회전 하여 외부 고정로 고정	기능 추가
	프레임 보강	제품 이탈 방지 Side Frame 칸막이 간격 150x310 Φ5 환봉 사용	제품 이탈 방지 Side Frame 칸막이 간격 150x160 20x20 Profile 사용	프레임 간격 조정 프레임 소재 변경
	파티션 및 NamePlate	업체 요구시 옵션으로 추가 하는 컨셉으로 제작시 제외됨	탈부착기능	기능 추가
	Forklift Guide	기능 없음	하부에 구조물을 적용하여 정위치에서 Forklift 사용	기능 추가
	적층안정성	Foot 형태의 적층	'보' 형태의 적층	형상 변경
	정합성 향상	돌리가 튀어나옴	돌리와 정합	제원 돌리 참고
	바닥 내구성 향상	Foot 형태의 바닥지지 구조	'보'형태의 바닥지지 구조	구조 변경

□ 운용매뉴얼 제작

○ 제품의 안전한 사용을 위하여 일반사항/제원, 특징/사용방법, 주의사항/관리방법으로 구성된 운영매뉴얼을 제작함

라. 기대효과 분석 및 실용화 전략

(1) 기대효과 분석

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 기대효과 분석을 위한 기본전제는 다음과 같음

- 분석범위 : 롯데슈퍼 신갈물류센터에서 점포로 배송되는 화물의 운송 및 상·하역 작업
- 분석기간 : 5년(접이식 경량 돌리 랙 컨테이너 내구연한 고려)
- 기준년도 : 2017년

- 할인율 : 5.5%(「교통시설 투자평가지침, 2011, 국토해양부」)

- 분석내용 : PI(수익성지수), NPV(순현재가치)

- 시나리오 설정 : 기존 컨테이너 대비 비용 인상(10, 20, 30%) / 유지보수비(3, 5, 10%)

○ 기대효과 분석을 위한 비용 및 수입항목의 설정 및 정량화 내역은 다음과 같음

<표 3-113> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 비용, 수입항목 설정

구분	항목명	설명	정량화 방안
비용	컨테이너 도입비	접이식 경량 돌리 랙 컨테이너를 도입하는데 소요되는 비용	개당 30.0/32.8/35.5만원을 적용 (대안에 따라 인상폭을 달리함)
	유지보수비용	접이식 경량 돌리 랙 컨테이너의 수리 및 세척 등을 위해 발생하는 비용	접이식 경량 돌리 랙 컨테이너의 수리 및 세척 등을 위해 발생하는 비용
수입	연료비 절감	차량의 연비 향상 및 운송 횟수 감소를 통한 연료비 절감	1,636.68원/L('14년 자동차용 경유 주유소 가격 적용)
	인건비 절감	회수시 필요한 차량의 감소를 통한 인건비 절감	인당 연간 2505.0만원('14년 화물차량 운전기사의 월평균 순수입을 적용
	온실가스 비용 절감	탄소 저감(CO_2)을 통한 온실가스 비용 절감	11,500원/TCO_2('14년 한국거래소 탄소배출권 가격 적용)
	교통혼잡비용 절감	운송 횟수 감소를 통한 교통혼잡비용 절감	294.0만원/대·년('07~'12 교통혼잡비용으로 '14년 비용 추정)
	매출 증대 효과	운영 효율성 향상을 통한 상품의 매출 증대	적용 상품의 판매율 20% 증가

○ 시나리오에 따른 기대효과 분석결과는 다음과 같음

- 기업 차원의 기대효과는 물류비 절감 효과와 매출증대효과가 있는 것으로 나타났고, 물류비 절감 효과는 시나리오에 따라 개당 -3.2 ~ 5.1만원의 기대효과가 나타나는 것으로 분석되었으며, 매출증대효과는 운영 효율성의 향상으로 제품의 10% 가격인하가 가능하며 이를 통해 20%의 판매율 증가가 예상됨

- 국가적 차원의 기대효과는 온실가스 비용 절감(에너지 저감) 및 교통혼잡비용 절감이 가능하며, 시나리오상 175.1만원의 기대효과가 발생하며 개당 효과

(2) 특허 출원

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너의 특허 출원을 완료함

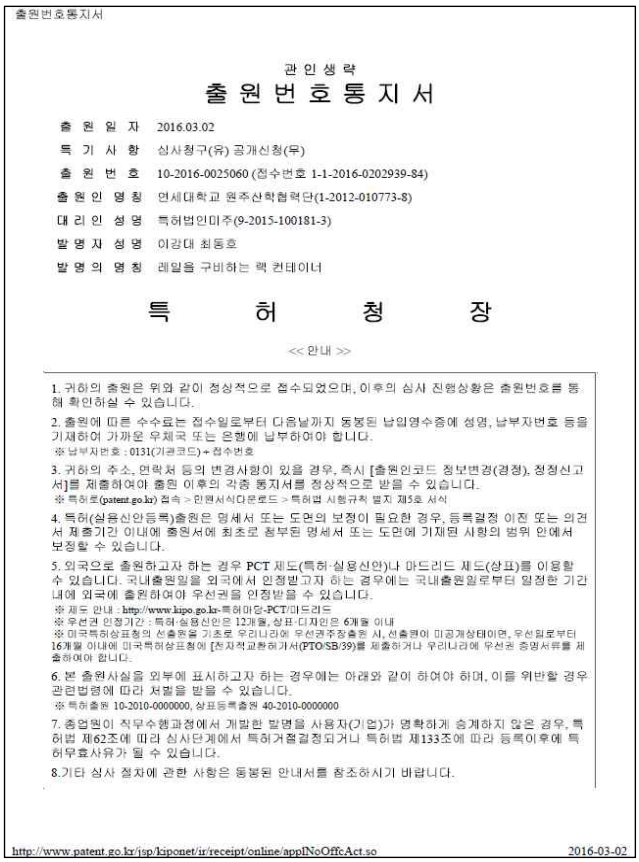
- 출원일자 : 2016.03.02.

- 출원번호 : 10-2016-0025060

- 출원인 명칭 : 연세대학교 원주산학협력단

- 발명자 성명 : 이강대, 최동호

- 발명의 명칭 : 레일을 구비하는 랙 컨테이너



출원번호통지서

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2016.03.02

특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)

출 원 번 호 10-2016-0025060 (접수번호 1-1-2016-0202939-84)

출원인 명칭 연세대학교 원주산학협력단(1-2012-010773-8)

대 리 인 성 명 특허법인미주(9-2015-100181-3)

발 명 자 성 명 이강대 최동호

발 명 의 명 칭 레일을 구비하는 랙 컨테이너

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

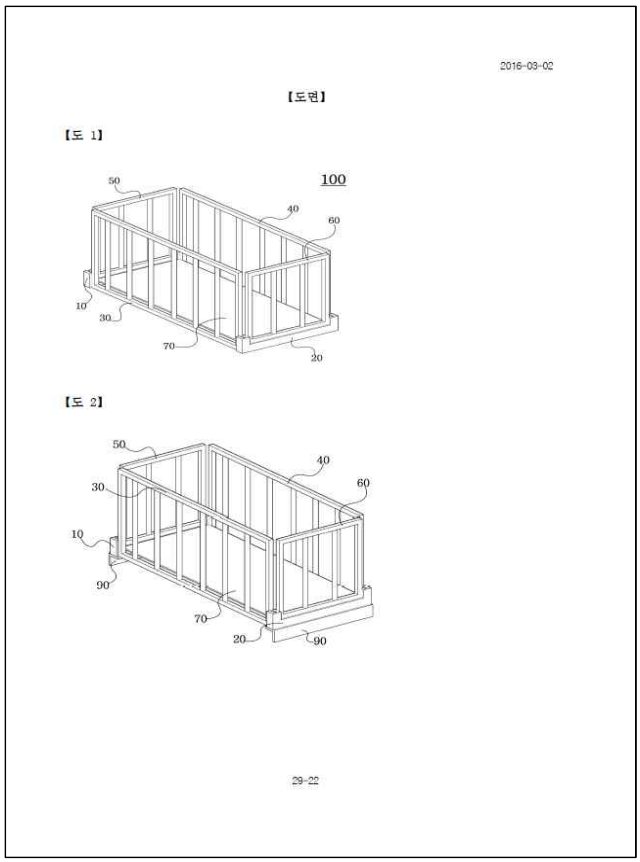
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

http://www.patent.go.kr/jsp/kiponet/ir/receipt/online/appINoOffcAct.so 2016-03-02



2016-03-02

【도면】

【도 1】

【도 2】

29-22

<그림 3-214> 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 특허 출원서

5. 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 개발

가. 조사분석 및 설계

(1) 수요자설계 요구사항 분석

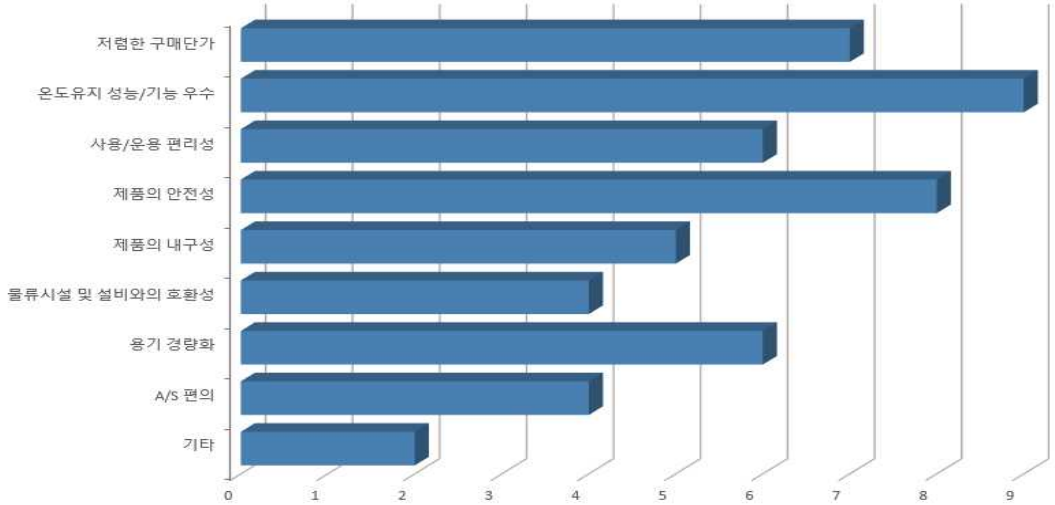
□ 수요자 현황 및 설계 요구 조사

○ 개발 용기 잠재 수요자 조사를 통해 잠재적인 구매조건과 용기 개발의 타당성을 확인하고 기존용기에 대한 개선 사항 및 개발 용기 구매 시 중점 고려 사항 등을 조사하여 수요자의 요구사항을 확인하고 개발 제품의 실용화 전략 및 홍보 등 마케팅 전략 수립에 활용하고자 함

- 조사대상 : 식품 제조 · 유통기업 및 물류기업 총 30개 업체
- 조사기간 : 2016년 8월 20일 ~ 9월 20일
- 설문내용 : 수요업체 물류용기 사용 현황 및 기존 용기 개선사항 및 신규용기 구매의사 조사
- 회 수 율 : 63.3% (총 30개 업체 중 19개 업체 응답)

○ 요구사항 설문 조사결과

- 신규용기 구매 시 필요 중요 요인으로 1순위로 온도유지 성능/기능 우수 항목으로 가장 중요한 요인으로 조사되었으며, 2순위 제품의 안전성, 3순위 저렴한 구매단가 순으로 조사됨
- 41~60% 접철율이 필요하다는 의견이 48%, 21~40% 접철율이 필요하다는 의견이 26%로, 21~60%의 접철율을 요구하는 수요업체가 74% 차지하는 것으로 조사됨
- 기존 적재용량 700L 기준의 단열 컨테이너 구매가가 400만원으로 신규용기의 적정 가격 인상 폭에 대하여 설문조사를 실시한 결과, 10%이내 증가가 적정할 것이라는 의견이 10곳으로 52.6% 차지하는 것으로 조사됨



<그림 3-215> 신규용기 구매 시 필요 중요 요인(중복선택)

□ **실용화 및 해외진출전략**

○ 중국, 베트남, 말레이시아, 인도네시아, 인도의 내수시장과 비교해 국내 시장은 인구수는 적으나 소득수준이 높아 해당 제품들에 대한 수요가 높은 것으로 분석되며, 이미 유사제품을 생산 및 판매하는 국내 및 해외 기업의 시장점유율 또한 높아서 시장 진입 및 포지셔닝에 애로점이 있을 것으로 분석됨

○ 제품 개발 및 테스트 환경으로 국내시장을 활용하고 콜드체인 및 컨테이너 시장잠재력이 크면서 경쟁기업 진출 정도가 낮은 미개척 지역 및 국가를 타겟으로 진출하는 것이 필요함

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너는 제품의 차별성이 높으나 비교적 고가의 상품으로 중국에서 사업을 진행하는 국내 및 글로벌 기업의 물류/유통 혁신 및 개선에서 사용되어 동반 해외진출을 할 것을 권장함

(2) 개발요구사항 분석

□ **온장/냉장 대상 화물시장 특성 조사**

○ 온장/냉장 대상 화물은 온도 관리가 필요한 식품, 의약품, 화학물 등으로, 농림축산식품부, 보건복지부, 식품의약품안전처 등 국민의 건강 및 먹거리와 관련된 정부부처에서 규제 및 관리가 강화되고 있음

- 최근 5년간 평균 286 건의 식중독 사고와 평균 6,314 명의 식중독 환자가 발생하였고, 2011년 249 건에서 2015년 330 건으로 약 33 % 증가 추세에 있으며, 주요 원인 중 하나인 음식물 부패 등으로 인하여 온도 관리의 중요성이 대두되고 있음

- 또한, 2010년 중국 산시성에서 B형 간염 백신이 배송 중 손상되어 어린이 4명이 사망하고, 70여 명이 식물인간이 되거나 중증 장애를 보이는 사고가 발생하는 등 생물의약

품의 온도 관리에 대한 중요성도 부각됨

○ 국내 식품의 도소매 유통산업의 시장규모는 2014년 기준 약 193.3조 원에 달함

- 최근 5년간 연평균 3.46 %의 성장 추세를 나타내고, 식품유통산업 내 국내 식자재 유통 시장은 약 110조 원 규모로 추산됨

- 식자재유통에는 점포형 식자재유통(Cash&Carry)이 있고, 딜리버리형 식자재유통(Cash&Delivery)이 있으며, 식자재유통 비중이 높아지고 있는 추세로 2015년 기준 36.7조 원 규모의 B2B 식자재유통은 2025년 51.1조 원 규모로 성장할 것으로 예상됨

□ 개발 요구사항 검토 및 요소기술 도출

○ 온장/냉장 대상 물류산업, 즉 콜드체인 산업의 기술 향상을 위한 요구사항은 '2015 스마트 SCM 표준기반 R&D 로드맵'의 신선물류 부분의 주요 기술을 중점으로 검토하고, 5개 주요 트렌드(지속가능, 안전, 지능형, 협업, 대응력)로 구분하여 기술영역에 중점을 두어 분석함

○ 표준기반 R&D 로드맵 스마트 SCM의 콜드체인 산업 분야 유망 기술을 바탕으로 도출한 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 주요 요소기술은 실시간 온습도 모니터링을 위한 센싱 기술, 접철율 및 공간효율성 향상을 위한 Nesting 구조화 기술, 친환경 상변화 물질을 이용한 무동력 냉각 기술, Heat loss 최소화 및 접이식 구조의 온도 유지 성능 보완을 위한 2중 씰링 구조 기술이며, 핵심 개발 기술 요약은 다음과 같음

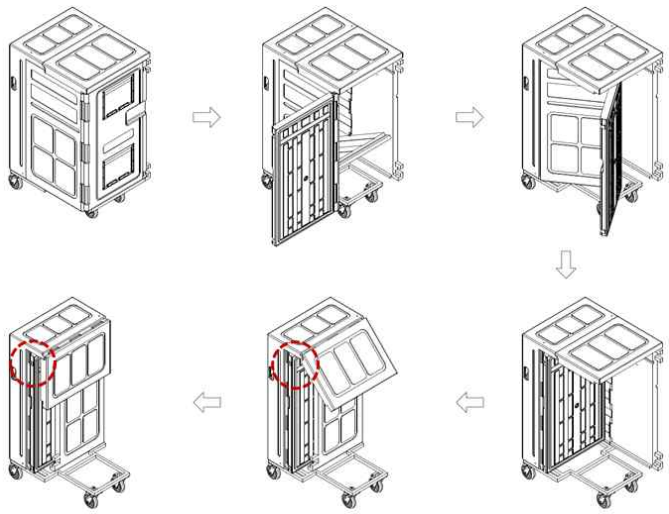
<표 3-114> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 개발을 위한 핵심 개발 기술 요약

주요 요소기술 항목	핵심 개발 기술 요약
실시간 온습도 모니터링을 위한 센싱 기술	▪ 배송 중 실시간 위치 추적 및 원격 모니터링 기술 ▪ 설정 온도 이탈 시 알람 기능 적용으로 즉시 대응 가능
접철율 및 공간 활용성 향상을 위한 Nesting 구조 기술	▪ 접철율 50% 이상의 구조 구현을 위한 2차 접이 구조 ▪ 접이 및 조립 시, 탈부착 용이한 구조로 설계
친환경 상변화 물질을 이용한 무동력 냉각 기술	▪ 무동력 냉각 기술 구현을 위한 반영구적 사용 가능한 상변화 물질 개발 ▪ 2~10 ℃ 8시간 온도 유지 기술 ▪ Optimum PCM(상변화 물질) 선정
Loss율 최소화 및 접이식 구조의 온도 유지 성능 보완을 위한 이중 실링 구조 기술	▪ Double layer 구조 적용으로 열교(heat bridge)를 최소화 하면서 구조적 안정성 및 내구성을 향상 할 수 있는 구조 ▪ 1차 & 2차 layer 접합면 실링을 위한 패킹 적용으로 접이부에서의 열교(heat bridge)를 최소화 할 수 있는 구조

(3) 핵심개발기술 기초 설계

□ **접이식 구조 컨테이너 기초 설계**

○ 운송장비 연비저감 목표로 접철률 50 % 이상, 자체 중량 160 kg 이하의 성과를 달성하여 공간 활용 및 회수율 향상 등을 통해 운송 효율화를 구현하기 위함

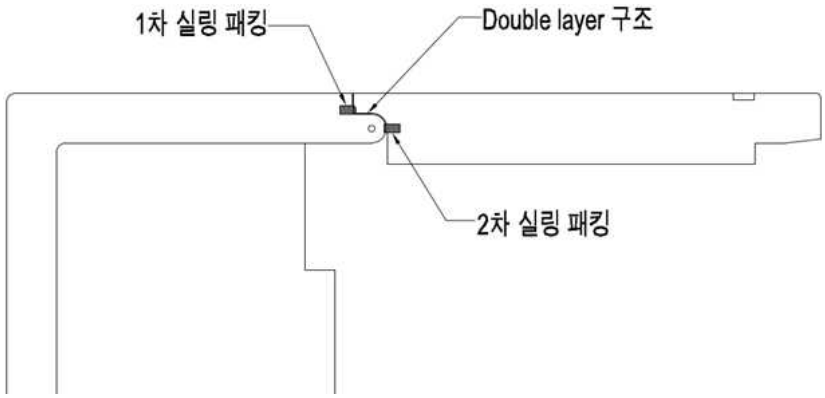


<그림 3-216> 접이 구조 컨셉 도면

□ **열교(Heat Bridge) 최소화를 위한 2중 실링 구조 설계**

○ 온/냉장 화물의 안전한 운송이 가능하도록 2 ~ 10 ℃ 온도를 최소 8 시간 유지하기 위함

- 2차 컨셉 구조에서 2차 삽입형 실링 패킹을 추가하여 열교(Heat Bridge)를 최소화 시킴



<그림 3-217> 2중 실링 구조 기초 설계

□ **운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 기초 설계**

○ 200 % 이상의 회수율이 가능한 크기로 설정하여 회수 시 차량 연료비를 감소시키고 현 물류에 맞는 크기를 설정하여 이용에 어려움이 없도록 크기 설정함

○ 기초 확정 크기 : 1,000 mm X 800 mm X 1,580 mm(가로 X 세로 X 높이)

- KS T 2030:2009 기준에 따라 트럭 적재함의 안쪽 너비에 맞추어 2열 적재가 가능

하고, 1,750 mm 이하의 높이를 준하는 크기를 설정함

- 대형마트 물류센터에서 주로 사용하는 1 톤 및 2.5 톤, 5 톤 차량의 적재함을 기준으로 회수율 200 %가 가능한 크기로 설정함

나. 모듈개발 및 시제품 제작

(1) 핵심개발기술 상세 설계

□ 접이식 구조 컨테이너

○ 상승 왼쪽부터 오른쪽 방향으로 접이가 진행되며, 회전축을 중심으로 들어 올리거나 좌우로 밀면서 접는 방식으로 간편하게 접을 수 있음

○ 운송장비 회수율 향상을 위한 50% 이상의 접철률 확보함(접이 전 길이 1,000mm에서 접이 후 482mm로 접철률 50% 이상 적용함)

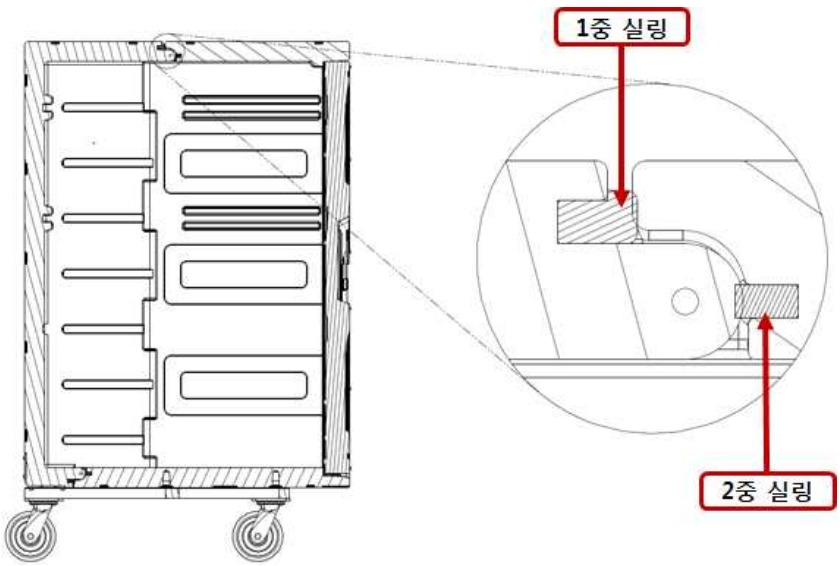
○ 접이 안전성을 높이기 위한 Nesting 구조

- 접이 후 넘어짐에 대한 안전성을 높이기 위한 구조로 Nesting 구조를 적용함
- Nesting 구조는 일반형 롤 컨테이너와 대형마트의 카트에서 주로 사용되는 구조이며, 안정성 및 편리성면에서 입증된 구조임

□ 열교(Heat Bridge) 최소화를 위한 2중 실링 구조 설계

○ 2중 실링 구조

- 실리콘 패킹을 이용한 실링 구조
- 2중 실리콘 패킹 구조를 활용하여 열교(Heat Bridge)를 구현함



<그림 3-218> 2중 실링 구조 상세 설계

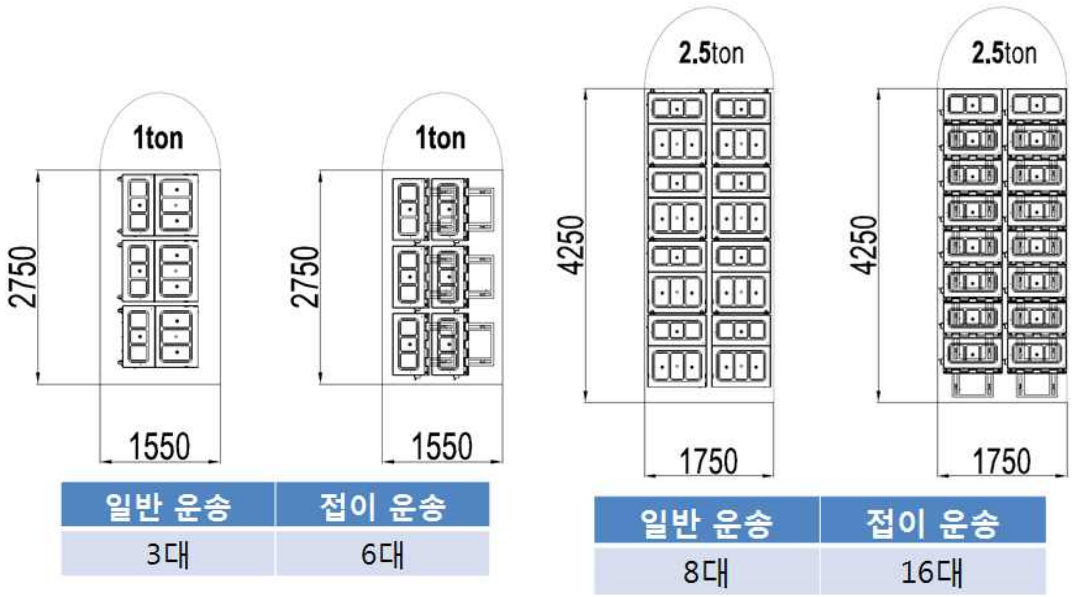
□ **운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 설계**

○ 1 톤 차량 정합성

- 중소형 물류창고 및 소형 매장 또는 편의점에서 주로 사용하는 차량의 정합성으로 200 % 회수가 가능한 크기로 설계

○ 2.5 톤 차량 정합성

- 중소형 물류창고 및 중소형 마트에서 주로 사용하는 차량의 정합성으로 200 % 회수가 가능한 크기로 설계



일반 운송	접이 운송
3대	6대

일반 운송	접이 운송
8대	16대

<그림 3-219> 운송차량 및 물류환경에 정합한 치수 설계

(2) 핵심개발기술 설계분석

□ **구조해석 목적**

○ 구조해석은 개발품의 기계적인 성능을 만족하거나 구조적 안정성을 검토하기 위해서 진행하는 해석방법으로 100% 해석결과 값과 실제 시험 결과 값이 일치 할 수는 없으나 일반적인 경향을 알아볼 수는 있으며, 보통 해석을 진행할 때 실제보다 worst case를 가정하여 진행하기 때문에 해석 결과에 문제가 없으면 실제 시험 결과에도 큰 차이를 보이지 않음

○ 본 과제에서는 구조적인 안정성을 확인하기 위해 개발품에 하중을 가했을 경우, 접이 시 전복되는 형상, 구조물의 강도에 대한 해석을 진행함

□ 열/유동해석 목적

○ 열/유동 해석은 유체의 흐름을 분석하는 용도로 많이 사용이 되며, 유체가 흘러감에 따라 온도가 변하는 부분을 확인하기 위해 많이 사용되는 해석 방법임

○ 구조해석과 마찬가지로 해석의 결과 값이 100% 실제 시험결과와 일치하지는 않지만 전체적인 경향을 파악할 수 있으며, worst case로 해석을 진행하기 때문에 해석결과에 문제가 없다면 실제 시험 결과도 큰 차이를 보이지는 않음

○ 본 과제에서는 열 해석 쪽으로 더 많은 포지션을 차지하고 있으며, 유체의 흐름보다는 외부 온도에 노출됨에 따라 내부 온도가 변화되는 추이를 확인함

□ 결과분석 및 정리

○ 도어부의 힌지 안정성

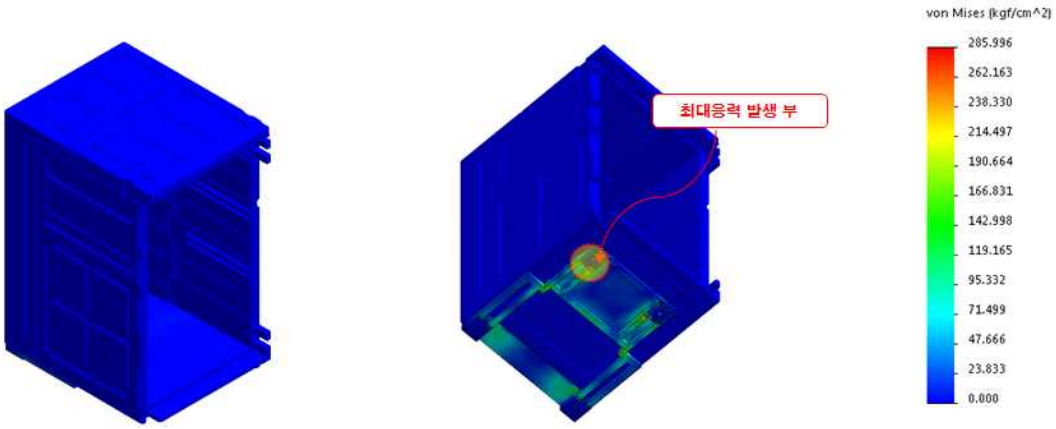
- 힌지가 1개여도 1000kgf의 인장에 버틸 수 있는 강도를 가지고 있지만, 본 해석의 경우에는 정적인 인장하중으로 해석이 진행되었기 때문이며, 실제의 상황에서는 반복 하중에 의한 피로해석, 뒤틀림과 동적인 하중이 고려되어야 하기 때문에 연결부의 기구적 특성을 고려하면 3개의 힌지를 권장함
- 힌지가 3개일 경우 1개일 경우에 비해서 약 2~3배의 강도를 가지게 되며, 기구적인 안정성을 가짐

구분	해석값(최대응력)	허용값	결과
상단 힌지 1개	59.82 kgf/㎠	330 kgf/㎠	안전율 5.5
중단 힌지 1개	76.22 kgf/㎠	330 kgf/㎠	안전율 4.3
하단 힌지 1개	50.72 kgf/㎠	330 kgf/㎠	안전율 6.5
힌지 3개 사용	상단 : 22.15 kgf/㎠	330 kgf/㎠	안전율 14.9
	중단 : 30.67 kgf/㎠		안전율 10.8
	하단 : 24.28 kgf/㎠		안전율 13.6

○ 구조해석을 통한 구조 안정성 및 신뢰성 설계 분석 검토

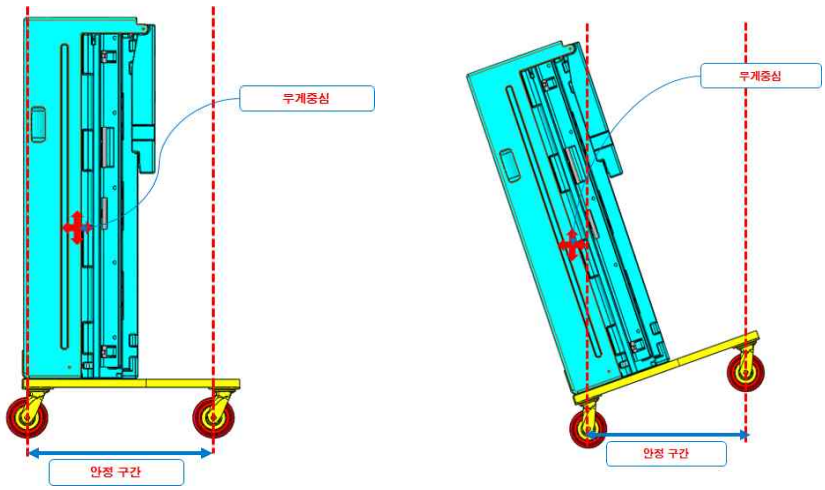
- 구조적 안정성 여부 검토 결과
  · 600kgf의 적재하중이 가해져도 최대 발생하는 응력 대비 허용응력이 더 크기 때문에 구조적으로 안정적임
  · 최대 변위는 약 2.4㎜ 정도로 발생할 것으로 예상되며, 탄성변형으로 하중이 제거될 경우 다시 복원될 것으로 판단됨

구분	내용	결과
최대응력 대비 허용응력	최대응력 : 286 kgf/㎠ 허용응력 : 2108.82 kgf/㎠	안전함
전체모델 변위 분포	최대변위 : 약 2.4mm	



<그림 3-220> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 본체의 응력분포

- 접이 후 구조적인 안정성 검토
  · 경사가 없는 곳에서는 안정적임
  · 18°이하의 경사면에서 안정적임
  · 100kgf 이하의 힘을 가할 경우 안정적임



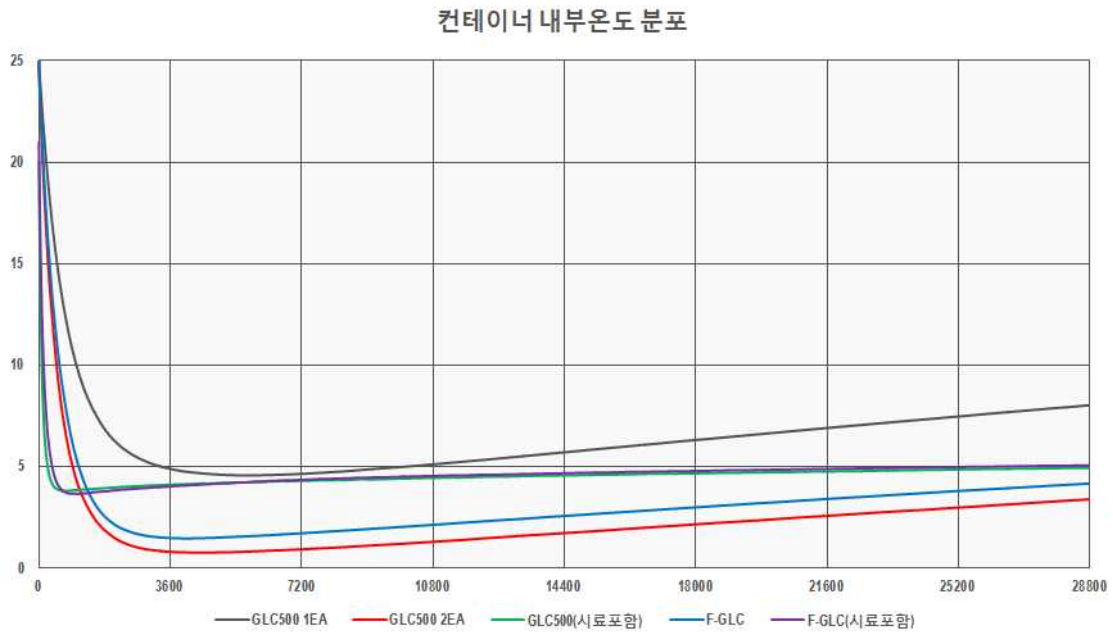
<그림 3-221> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너
무게중심 구조 해석

○ 열 유동 분석을 통한 유효성 검증(Validation)

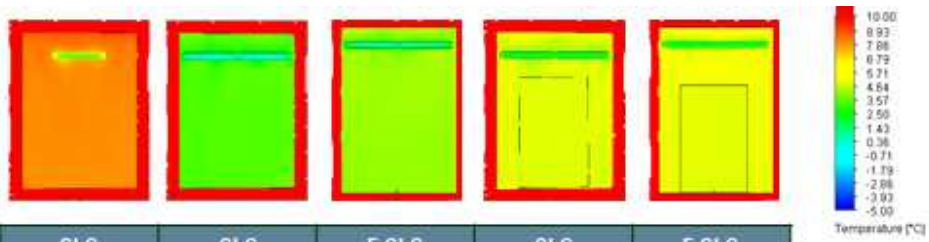
- 기존 제품을 통해 실제 실험 Data와 해석 Data의 결과 값이 최대한 비슷한 수준의 결과를 얻을 수 있도록 각 제품의 제원 및 물성 정리함
- 기존 제품을 통해 얻어진 제품의 제원 및 물성을 토대로 본 과제의 개발품인 '접이식 모듈형 경량 온/냉장 컨테이너'의 열/유동 해석을 진행함
- 냉매의 경우에는 상변화부분을 해석하는 과정에서 나타낼 수 없어 확인이 불가능
- '접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너'의 해석 결과 외부온도 +25℃ 조건에서 2-10℃를 8시간동안 노출 시켰을 경우 +5℃를 계속 유지하는 점으로 미루어 보아 +30℃의 외기 조건하에서도 2-10℃의 내부 온도를 유지하는데 있어 큰 무리가 없을 것으로 판단됨

- F-GLC : 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 / GLC 500 : 기존 온/냉장 겸용 컨테이너

구분	내용	결과
GLC-500 냉매 1개 사용	외기 조건 +25℃에서 평균 약 +8℃ 정도의 내부 온도를 유지함	2-10℃ 유지 위험
GLC-500 냉매 2개 사용	외기 조건 +25℃에서 평균 약 +4℃ 정도의 내부 온도를 유지함	2-10℃ 유지 안전
GLC-500 냉매 2개 및 제품 적재	외기 조건 +25℃에서 평균 약 +4℃ 정도의 내부 온도를 유지함	2-10℃ 유지 안전
접이식 모듈형 경량 온/냉장 컨테이너 냉매 2개 사용	외기 조건 +25℃에서 평균 약 +5℃ 정도의 내부 온도를 유지함	2-10℃ 유지 안전
접이식 모듈형 경량 온/냉장 컨테이너 냉매 2개 및 제품 적재	외기 조건 +25℃에서 평균 약 +5℃ 정도의 내부 온도를 유지함	2-10℃ 유지 안전



<그림 3-222> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 내부온도 변화 전체



모델명	GLC	GLC	F-GLC	GLC	F-GLC
냉매수량(EA)	1	2	2	2	2
시료 유/무	X	X	X	O	O
내부온도(℃)	8.03	3.39	4.94	4.17	5.06
냉매온도(℃)	4.11	0.58	2.12	1.44	2.59

<그림 3-223> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 내부온도 변화 전체

다. 시작품 제작

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품을 제작하였고, 제원, 성능 및 특징은 아래와 같음

<표 3-115> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 제원

항목	내 용		
Size	외측(내측)	폭	800㎜(680)
		길이	980㎜(848)
		높이(캐스터포함)	1,570㎜(1,233)
	내부용량		700L
성능 및 특징	▪ 온도유지 성능 : 2~10℃(외부온도 30℃) ▪ 접철율 200% 향상 ▪ 네스팅 접이식 구조/2중 실링 구조 ▪ 냉매제 : PCM 0℃, 5℃ ▪ 용량 : 700리터 ▪ 접이시 규격 - 800×490×1,570mm ▪ 냉장 탑차가 아닌 일반 트럭으로 8시간 동안 냉장 제품을 운송		
설치장소	주)에프엠에스코리아 경내 (3층)		
이용분야	식품 및 의약품 물류분야		
시제품 제작업체	(주)에프엠에스코리아		
제작일자	2016.10.		
제작대수	3대		
사진	 		

(1) 시작품 성능검증

□ 컨테이너 성능검증

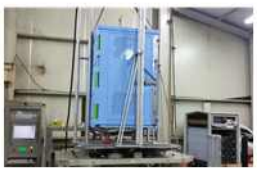
구분	항목	시험항목	단위	시험결과	시험방법
1	소재성능	열전도율	W(m·K)	0.02155	KS L 9016:2010
2	구조성능	전도안정성	-	전도되지 않음	KS T 2030:2009
3	운송성능	Atmospheric Preconditioning	-	▪ 개폐문 레버 고정 볼트 및 클램프 풀림 ▪ 기밀 유지용 실링부분 유격 발생	ISTA 2016 Integrity Test Procedure 2B
		Atmospheric Conditioning			
		Vibration (Random)			
		Shock (Drop)			
		Shock (Rotational Edge Drop)			
		Vibration (Random)			
4	회수율[38]		%	200	자체시험방법


<열전도율>


<전도 안정성>


<진동시험 중 개폐문 레버 풀림>


<진동시험 중 클램프 풀림>


<진동시험>


<낙하시험>



<진동 시험 후 유격 심화>


<낙하시험(Drop)>

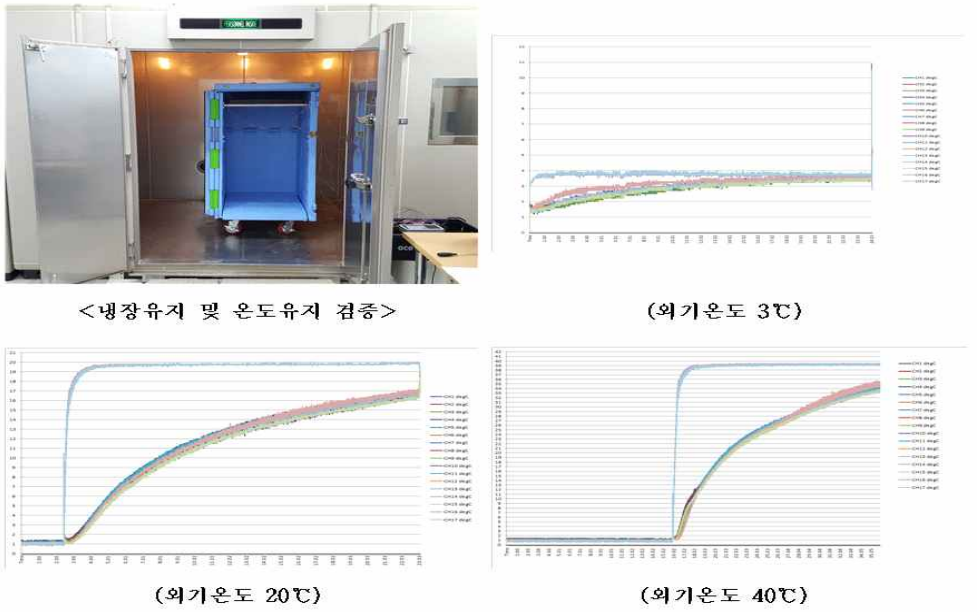

<회수율>

<그림 3-224> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 성능검증 시험장면

38) 회수율 (5 Ton 트럭 기준) = (접이식 상태 접철 총 개수 / 정상 상태 접철 총 개수) X 100, 5 Ton 국내 화물 트럭 적재함 규격은 (6,520 X 2,120) mm, 이 사이즈에 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 사이즈와 접철하였을 때 사이즈를 비교하여 접철률을 구한 후, 접철 총 개수를 계산함

□ 온도조절장치 성능검증

구분	항목	시험항목	단위	시험결과	시험방법
1	잠열량	PCM(0℃)	J/g	284.1	KS M ISO 11357-3:2013
		PCM(5℃)	J/g	203.5	
2	냉장유지 및 온도유지 검증	외기 온도 3℃	-	(2 ~ 10) ℃ 이내로 유지 됨	KS T 2030:2009에 준함
		외기 온도 20℃	-	(2 ~ 10) ℃ 이내로 유지되지 않음	
		외기 온도 40℃	-	(2 ~ 10) ℃ 이내로 유지되지 않음	



<그림 3-225> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 온도유지 시험장면 및 측정 그래프

□ 온습도 기록 센서 성능검증

○ 센서의 성능검증을 위한 시험결과는 다음과 같음

구분	항목	시험항목	단위	시험결과	시험방법
1	온습도 기록센서 성능	정확성	-	▪ 제품의 외관상 이상 없음 & 정상 동작함 ▪ 온도 안정화 후 측정값과 지시값이 (±1℃) 이내	자체시험방법
		반복성	-	▪ 제품의 외관상 이상 없음 & 정상 동작함 ▪ 온도 안정화 후 측정값과 지시값이 (±1℃) 이내	
		내구성	-	▪ 6 사이클까지는 정상이었으나, 7 사이클(155h)에 센서가 동작하지 않음	

(2) 테스트베드 구축 및 결과분석

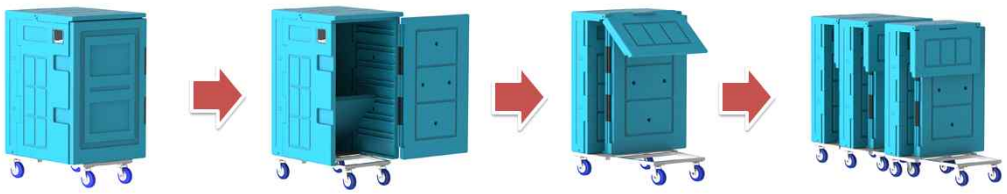
□ **테스트베드 구축**

○ 수행 개요

- 수행 기간 : 2016.11.23.(수) 1일간
- 수행 장소 : 오산복합물류센터 홈플러스, 홈플러스 익스프레스 수내점(매장)
- 수행 용기 : 3차년도 제작된 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품
- 수행 화물 : 오산복합물류 배송 품목(신선식품 등)

○ 테스트베드 대상 용기

- 크기 : 1,000mm x 800mm x 1,580mm, 접었을 때 482mm x 800mm x 1,580mm
- 중량 : 160kg(자체), 600kg(적재)
- 재질 : LDPE(Body), SUS30(하부)



<그림 3-226> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 3D 도면

입고 및 배분	⇒	Picking	⇒	배송	⇒	회수
▪ 이동 안전성 ▪ 이동 용이성 ▪ 제동 안전성 ▪ 이동시 소음 및 편리성 ▪ 접이·중첩시 보관효율성 ▪ 접이·중첩 이동시 물류센터 내 장비 호환성		▪ 화물 낙하 및 이탈 ▪ 화물 적재 시 파손 여부 ▪ 화물 적입 효율성, 용이성 ▪ 화물 적재 시 제동 용이성 및 안전성		▪ 상차 용이성 및 안전성 ▪ 적재함과의 정합성 ▪ 고정 용이성 ▪ 운송 시 프레임 구조 변형 정도 ▪ 적재물 낙하 및 이탈 유무 ▪ 물류센터 도크와의 정합성		▪ 매장 화물 보관 용이성 ▪ 매장 이동 효율성 및 화물 적출입 용이성 ▪ 접이 용이성 및 간편성 ▪ 접이 고정 안전성 ▪ 접이 고정 용이성 ▪ 상차 용이성 및 안전성

<그림 3-227> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 테스트베드 물류 파트별 주요 점검 사항

□ **테스트베드 수행 및 개선방안 도출**

○ 3차년도에 제작된 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 시작품을 대상으로 테스트베드를 실시함

- 테스트베드 수행에 사용된 시작품의 수량은 사업계획서를 통해 제시된 3set를 대상으로 테스트베드를 실시함



<그림 3-228> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의
테스트베드 수행 현장

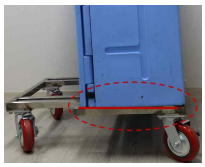
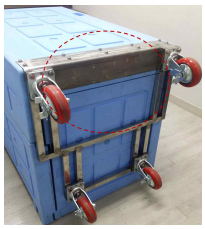
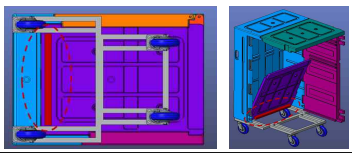
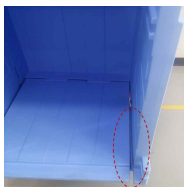
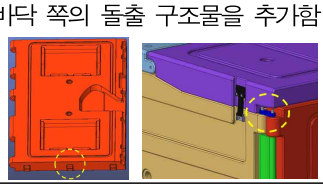
○ 테스트베드를 수행을 통해 작성된 체크리스트와 작업자 및 사용자 인터뷰를 통해 개발용기의 성능을 검증함

순번	구분	문제점	개선방안
1	Dolly	▪ Nesting 및 접이시 Body 부품들이 Dolly frame과 간섭이 발생하여 중첩시 용기를 들어 올려함	▪ 돌리부분과 Body 부분 사이에 추가적인 구조물을 적용하여 공간 확보 검토
2	Body	▪ 내측 상/하부에 Heat bridge가 발생하여 온도유지에 어려움	▪ 형상 추가 및 간섭부분을 제거하고 접히는 부분의 고무패킹 부분의 수정 검토
		▪ 용기의 벌어지는 현상으로 선반이 걸리지 않거나, 이동 중 떨어지는 현상 발생함	▪ 용기가 펴졌을 때 선반이 떨어지지 않는 구조물 추가 검토 및 내측에 휨이 발생하지 않도록 구조적 검토
3	Door	▪ Door 자체의 무게를 지탱하지 못해 Door의 개방 시 처지는 현상 발생함, Dolly와 간섭이 발생됨	▪ Door의 처짐 현상을 막을 수 있는 구조물과 Door를 잡아주는 구조물의 변경 검토
		▪ 날카로운 부분이 많아 작업자의 안전성에 문제 발생이 우려됨	▪ 제품 제작 시 사용자의 안전성을 고려한 추가적인 작업 검토
4	기타	▪ 볼트가 외부로 돌출이 되어 있어 작업자의 옷이나 장갑에 걸리는 안전성 문제 발생됨	▪ 사용 중인 육각 볼트의 교체 및 돌출 부분 최소화 할 수 있는 구조 변경 검토

(3) 1차 보완설계

○ 시작품의 1차 보완설계를 진행하였고, 그 내용은 아래와 같음

<표 3-116> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 보완설계

No.	Part	Image	문제점	보완설계 내용
1	PU Foaming		▪ PU 포밍 밀도가 현지 계산으로 25 g/cm3로 계산됨	▪ PU 포밍 밀도 최소 40 g/cm3 이상 발포
2	Catch		▪ 조립 위치가 맞지 않음 ▪ 내구성이 떨어짐	▪ 정확히 위치 맞출 것 ▪ 내구성 높은 다른 부품 확인 검토
3	Body-Back/ Dolly-Frame		▪ Nesting 및 접이 시 Body 부품들이 Dilly frame과 간섭이 발생하여 어려움 발생함	▪ 표시부와 같이 5t 정도의 Plate를 삽입하여 Dolly와 Body의 사이 공간을 확보, Nesting 및 접이 시 간섭이 없도록 수정
4	Body-Bottom/ Body-Left		▪ 지게차 상차 시 표시부의 빈 공간으로 제품의 기울어짐이 발생하여 위험요소 발생함	▪ Body-Bottom 바닥에 Dolly-Frame과 같은 두께의 리브를 형성하여 펼쳤을 때 아래의 그림과 같이 빈 공간을 채워 위험요소를 제거함 ▪ 접을 때는 아래 그림과 같이 접혀서 올라가기 때문에 Body-Left와 간섭이 발생하므로 Body-Left 리브만큼의 살빼기가 필요함 
5	Body-Back/ Body-Bottom		▪ 내측 바닥의 Heat Bridge 발생함	▪ Body-Back에 형상을 추가하여 Heat Bridge 제거함 ▪ Body-Bottom과 Body-Left 부품에 간섭이 발생하므로 살빼기가 필요함 
6	Body-Bottom/ Body-Right/ Body-Back		▪ 내측 바닥과 측면의 결합부 벌어짐 발생 ▪ 벌어짐 현상으로 선반이 걸리지 않음	▪ 제품을 폈을 때 벌어지지 않도록 구조물 필요함 ▪ 내측 Body-Back과 연결되는 부분에 힘이 발생하여 생기는 문제일 수 있음 ▪ 검토 필요함
7	Body-Left/ Body-Door		▪ Door의 처짐 현상으로 접이 시 어려움 발생 (Dolly-Frame과 간섭 발생)	▪ Door 처짐 현상을 막아줄 구조물 필요함 ▪ Door 바닥 쪽의 돌출 구조물을 추가함 

8	Body-Left/ Body-Door		▪ 볼트 머리가 튀어나와있어 옷이나 장갑에 걸리는 문제 발생함 ▪ 전체 조립부분의 볼트를 육각 볼트를 사용하였음	▪ Caster 조립에 사용되는 볼트를 제외한 나머지 고정 볼트를 둥근머리 볼트 사용함 
9	Body-Back		▪ PCM 예냉 시간으로 인한 시간적 loss가 크며, 냉동자재는 적용 불가능한 문제가 있음	▪ Body-Back 상단부에 드라이아이스 분사 홀을 추가하여 냉동자재도 적용 가능토록 하며, 예냉 시간을 단축하고자 함 

(4) 1차 시제품 제작

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 시제품을 제작하였고, 제원, 성능 및 특징은 아래와 같음

<표 3-117> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 시제품 제원

항목	내 용		
Size	외측(내측)	폭	800㎜(680)
		길이	980㎜(848)
		높이(캐스터포함)	1,570㎜(1,233)
	내부용량		700L
성능 및 특징	▪ 온도유지 성능 : 2~10℃(외부온도 30℃) ▪ 접철율 200% 향상 ▪ 네스팅 접이식 구조/2중 실링 구조 ▪ 냉매제 : PCM 0℃, 5℃ ▪ 용량 : 700리터 ▪ 접이시 규격 - 800×490×1,570mm ▪ 냉장 탑차가 아닌 일반 트럭으로 8시간 동안 냉장 제품을 운송		
설치장소	(주)에프엠에스코리아 경내 (3층)		
이용분야	식품 및 의약품 물류분야		
시제품 제작업체	(주)에프엠에스코리아		
제작일자	2017.02		
제작대수	3대		
사진	 ▲Front  ▲Back		

(5) 1차 시제품 성능검증

□ 컨테이너 성능검증

○ 온도유지 검증 시험결과 목표치를 달성하지 못해 2차 시제품 제작 및 성능검증을 위해 시험을 중지함

구분	항목	시험항목	단위	시험결과	시험방법
1	소재성능	열전도율	W(m·K)	시험 중지	KS L 9016:2010
2	구조성능	전도안정성	-	시험 중지	KS T 2030:2009
3	운송성능	Atmospheric Preconditioning	-	▪ 볼트 풀림 발생 ▪ Vibration(Random)에서 시험 중지	ISTA 2016 Integrity Test Procedure 2B
		Atmospheric Conditioning			
		Vibration (Random)			
		Shock (Drop)			
		Shock (Rotational Edge Drop)			
		Vibration (Random)			
4	회수율[39]		%	200	자체시험방법



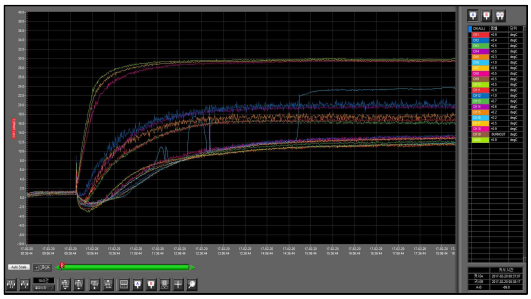

<그림 3-229> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 Vibration(Random) 진동 중 볼트 풀림 모습

39) 회수율 (5 Ton 트럭 기준) = (접이식 상태 접철 총 개수 / 정상 상태 접철 총 개수) X 100, 5 Ton 국내 화물 트럭 적재함 규격은 (6,520 X 2,120) mm, 이 사이즈에 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 사이즈와 접철하였을 때 사이즈를 비교하여 접철률을 구한 후, 접철 총 개수를 계산함

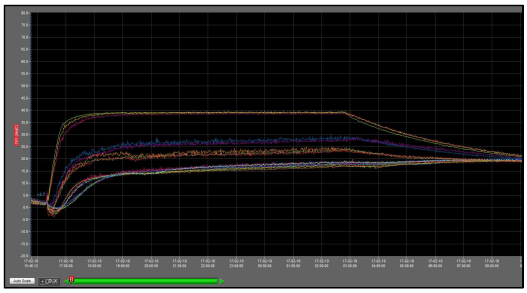
□ 온도조절장치 성능검증

○ 온도유지 검증 시험결과 목표치를 달성하지 못해 2차 시제품 제작 및 성능검증을 위해 시험을 중지함

구분	항목	시험항목	단위	시험결과	시험방법
1	잠열량	PCM(0℃)	J/g	기존 PCM으로 (2 ~ 10) ℃ 온도 유지가 되지 않아 시험 중지	KS M ISO 11357-3:2013
		PCM(5℃)	J/g		
2	냉장유지 및 온도유지 검증	외기 온도 30℃	-	(2 ~ 10) ℃ 이내로 유지되지 않음	KS T 2030:2009에 준함
		외기 온도 40℃	-	(2 ~ 10) ℃ 이내로 유지되지 않음	



(외기온도 30℃)



(외기온도 40℃)

<그림 3-230> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 1차 시제품 온도유지 측정 그래프

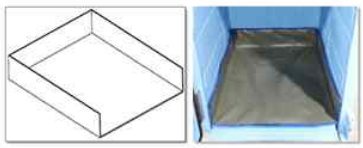
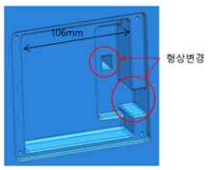
□ 온습도 기록 센서 성능검증

○ 온도유지 검증 시험결과 목표치를 달성하지 못해 2차 시제품 제작 및 성능검증을 위해 시험을 중지함

(6) 2차 보완설계

○ 1차 시제품의 2차 보완설계를 진행하였고, 그 내용은 아래와 같음

<표 3-118> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 2차 보완설계

No.	Part	Image	문제점	보완설계 내용
1	Body 접철부		▪ 접철되는 부분에서 Heat Bridge 발생으로 loss 발생함	▪ 상단 및 하단부에 접이식 cover 제작 ▪ 접이 시 함께 접철 가능하도록 설계 
2	Body-Right		▪ 센서 변경으로 장착부 형상 변경 필요함	▪ 변경된 센서 장착 가능하도록 형상 변경함 
3	Body-Back		▪ 냉장 전용타입과 냉동 전용타입으로 각 각 적용 필요함	▪ 냉장 전용타입(DI홀 없음)과 냉동 전용타입(DI를 적용)으로 각 각 설계하여 적용함 
4	PCM		▪ 접이식 컨테이너 특성상, 접이부의 heat bridge로 인해 이론적으로 산출 된 냉매량 사용 시, 냉매가 부족함	▪ 온도성능 만족을 위해 -10 ℃ PCM 적용함

(7) 2차 시제품 제작

○ 2차 보완 설계된 자료를 토대로 2차 시제품을 제작함

<표 3-119> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 2차 시제품 제원

항목	내 용		
Size	외측(내측)	폭	800㎜(680)
		길이	980㎜(848)
		높이(캐스터포함)	1,570㎜(1,233)
	내부용량		700L
성능 및 특징	▪ 온도유지 성능 : 2~10℃(외부온도 30℃) ▪ 접철율 200% 향상 ▪ 네스팅 접이식 구조/2중 실링 구조 ▪ 냉매제 : PCM -10℃ ▪ 용량 : 700리터 ▪ 접이시 규격 - 800×490×1,570mm ▪ 냉장 탑차가 아닌 일반 트럭으로 8시간 동안 냉장 제품을 운송		
설치장소	(주)에프엠에스코리아 경내 (3층)		
이용분야	식품 및 의약품 물류분야		
시제품 제작업체	(주)에프엠에스코리아		
제작일자	2017.04.		
제작대수	1대		
사진	 		

(8) 2차 시제품 성능검증

○ 2차 시제품을 대상으로 성능평가 방법에 따라 실시하였으며, 결과 값은 다음과 같음

- 컨테이너 성능검증
- 온도조절장치 성능검증
- 온습도 기록 센서 성능검증

품목		항목	기준	결과치
컨테이너 성능검증	소재성능	열전도율	0.025 W/(m • K)이하	0.023 W/(m • K)
		무게	-	125.5 kg
	구조성능	전도안정성	▪ 무부하상태에서 경사각 14도에서는 전도되어서는 안 됨	▪ 전도되지 않음
	운송성능	ISTA 2B	▪ 제품의 외관상 이상 없음	▪ 외관상 이상 없음
	회수율	회수율	회수율 200% 이상 (5Ton 트럭 기준)	300%
온도조절장치 성능검증		잠열량 (PCM 0℃)	300.0 J/g	미실시
		잠열량 (PCM 5℃)	180.0 J/g	미실시
		잠열량 (PCM -10℃)	-	288.0 J/g
		냉장유지 측정 및 온도유지 검증	▪ 시제품 내부 온도 2℃로 안정화된 상태에서 -20℃로 전처리 된 PCM을 넣고 밀폐시킨 후 외기 온도 30도로 12시간 동안 온도변화를 측정하였을 때, 2~10℃안에 8시간 유지	▪ 30도 온도 유지
온습도 기록센서 성능 검증		정확도	▪ 제품의 외관상 이상 없음 & 정상 동작함 ▪ 온도 안정화 후 측정 ▪ 값과 지시값이 (±1℃) 이내	▪ 지시값 이내 유지
		반복성	▪ 제품의 외관상 이상 없음 & 정상 동작함 ▪ 온도 안정화 후 측정 ▪ 값과 지시값이 (±1℃) 이내	▪ 지시값 이내 유지
		내구성	▪ 제품의 외관상 이상없음 & 정상 동작함	▪ 지시값 이내 유지

○ 시험평가 방법

- 열전도율

· 시편을 (300 X 300 X 20) mm로 제작하여 열전도율 측정 장비에 장착하고 충분히 안정화 된 후 측정함

- 잠열량

· KS M ISO 11357-3 : 2013에 준하여 제시한 시료 PCM(- 10℃)를 측정함

- 무게

· 매달림 저울을 이용하여 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품의 무게를 3번 측정하여 평균값을 제시함

- 전도안정성

· KS T 2030:2009 (저온 롤컨테이너) 6.6항의 전도 안정성에 따라 어느 방향에 대하여도 무부하의 상태에서 바닥면 경사각 14도에서 전도해서는 안 됨

- 운송 안정성

· ISTA 2016 Procedure 2B에 따라 운송 시험을 실시한 후 시료의 외관상 파손 유무 및 성능에 이상이 없어야 함

- 스마트 온도 센서 성능 평가

· 정확성, 반복성 - 시료를 챔버에 넣고 시료의 온도 센서 측정부에 Temperature Record를 설치한 후 (-3 ± 1), (0 ± 1), (10 ± 1), (20 ± 1), (30 ± 1), (40 ± 1)℃로 동작하여 챔버 내부가 안정화 된 후 두 데이터를 비교하여 정확성과 반복성을 판단함

· 내구성 - 시료를 챔버에 넣고 시료의 사용 범위인 (-3 ± 1) ℃ ~ (40 ± 1)℃를 온도사이클 시험을 실시하여 시료의 내구성을 검증한다. 이 때 확인할 내용은 외관상 이상유무와 스마트온도센서 시료의 동작 상태가 정상이어야 함

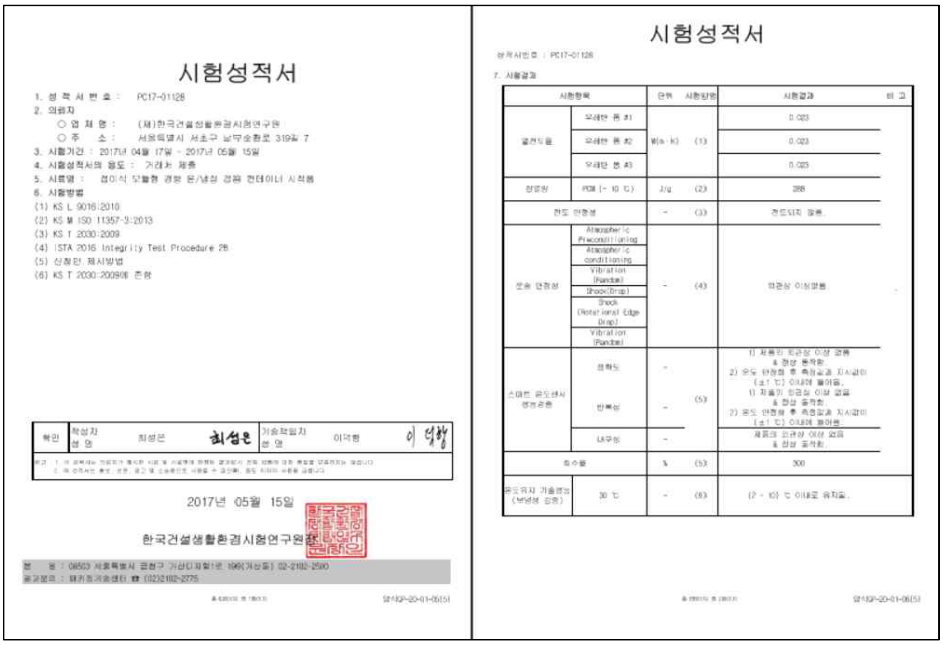
- 보냉성

· KS T 2030:2009 6.1항에 준하여 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시제품에 온도측정 레코더를 장착하고 내부 온도가 2 ℃로 안정화될 때까지 기다린 후, 외기 온도를 30 ℃로 챔버를 가동하고 내부 온도 유지 상태를 측정함

- 회수율

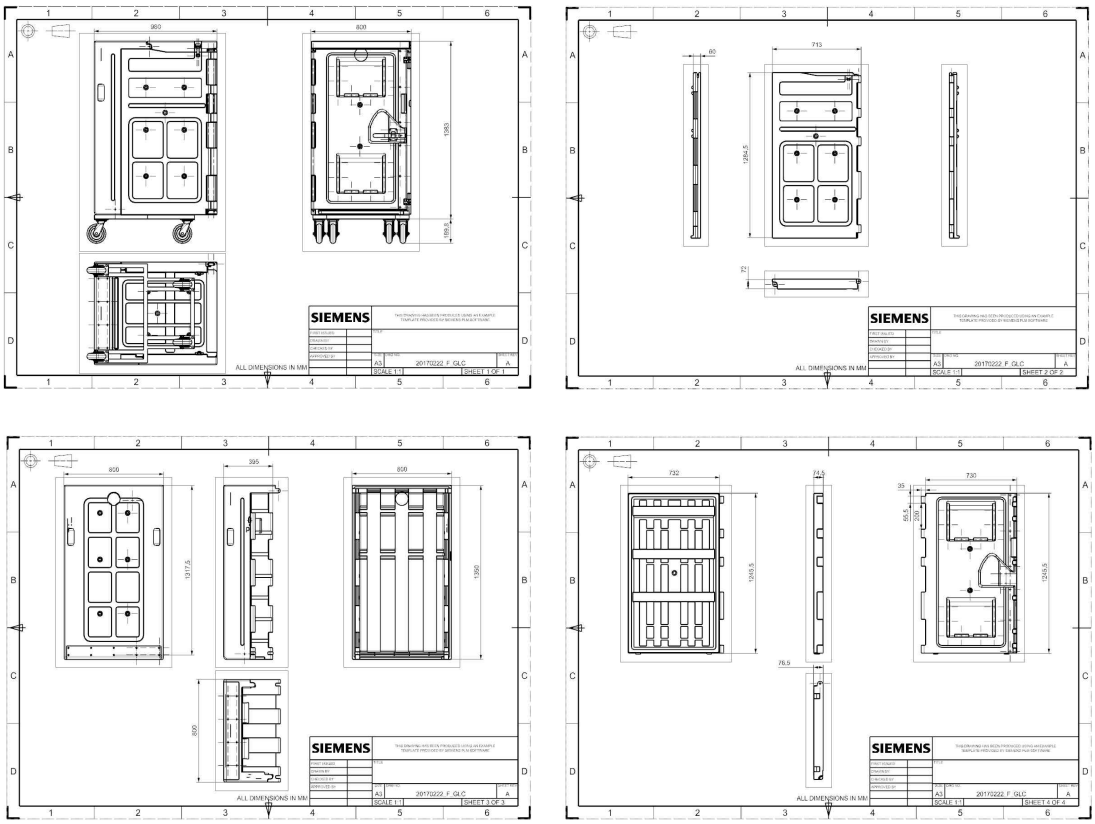
· 5 Ton 국내 화물 트럭 적재함 규격은 (6,520 X 2,120) mm이다. 이 사이즈에 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 사이즈와 접철하였을 때 사이즈를 비교하여 접철률을 계산함

○ 시험성적서 발급



(9) 최종설계

○ 2차 시제품을 토대로 최종 설계를 완료함



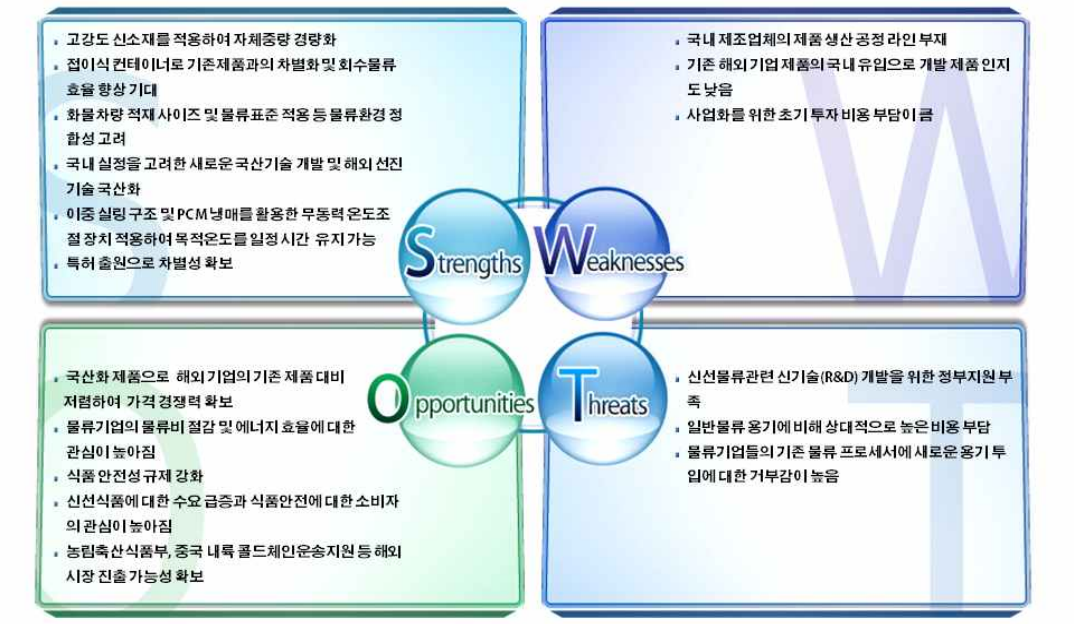
<그림 3-231> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 최종 설계 도면

라. 실용화 분석 및 전략

(1) 비즈니스모델 구축

□ SWOT 분석

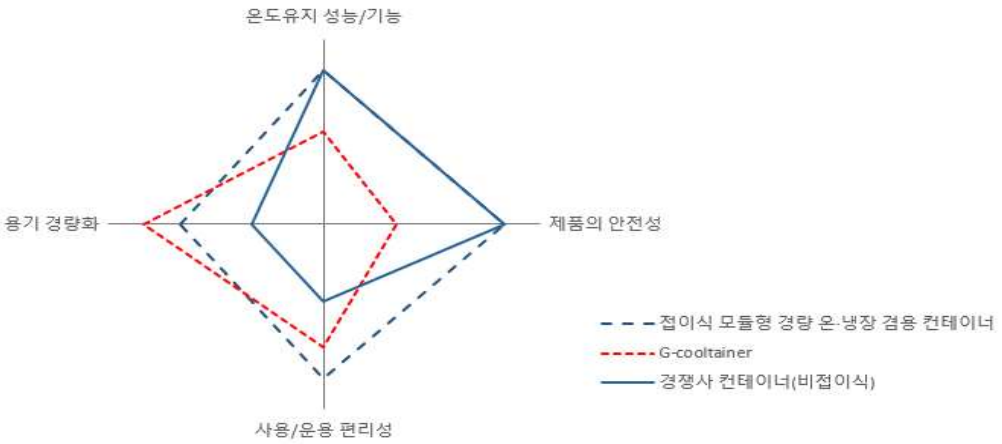
○ 접이식 모듈형 경량 온·냉장 겸용 컨테이너의 내·외부 환경을 분석하여 강점(Strengths), 약점(Weakness), 기회(Opportunity), 위협(Threat) 요인을 찾아내고, 각각의 상관관계를 도식화하여 그에 따른 대응전략을 마련하고자 함



<그림 3-232> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 SWOT분석

□ STP 전략

○ 지속적으로 성장하고 있는 콜드체인 유통 시장에서 접이식 모듈형 경량 온·냉장 겸용 컨테이너의 실용화를 위해 시장의 변화에 맞춰 대상시장을 객관적으로 분류하고, 고객을 명확하게 구분하여 제품을 제공하는 STP 전략을 수립함



<그림 3-233> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 포지셔닝 맵

□ 마케팅 방안

○ 특허 출원된 접이식 모듈형 경량 온·냉장 겸용 컨테이너(접이식 운송 컨테이너)에 대하여 특허 출원 개발업체인 (주)FMS코리아의 자체 기술실시를 하고, 단계별 마케팅 전략을 수립함

- 1단계(2016~2017) : SWOT분석을 통한 내·외부 환경의 강점, 약점, 기회, 위협을 분석하고, STP 전략에서 세분화한 목표시장을 대상으로 시장조사 실시함
- 2단계(2017~2018) : 시장조사 결과에 따른 수요기업 찾기
- 3단계(2018~) : 기존 제품들보다 경쟁 우위를 위한 전략적 마케팅 실시 및 사업화

□ 비즈니스 모델

○ 접이식 모듈형 경량 온·냉장 겸용 컨테이너를 국내 수요기업에게 효과적으로 제공·판매하여 수익을 실현하고 가치를 창출하기 위하여 제품을 어떠한 방법으로 수요기업에게 제공하고, 어떻게 마케팅하며, 어떻게 돈을 벌 것인지에 대한 계획 수립이 필요함



<그림 3-234> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 비즈니스 모델

(2) 기대효과 분석

□ 사업성 분석 전제조건

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너에 대한 기대효과 분석은 롯데슈퍼 신갈물류센터에서 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너를 사용하여 점포로 화물의 운송과 상·하역 작업에 사용할 경우 발생하는 비용과 수입을 고려하여 실시하였고 분석을 위한 기본 전제사항은 다음과 같음

- 분석범위 : 롯데슈퍼 신갈물류센터에서 점포로 배송되는 화물의 운송 및 상·하역 작업
- 분석기간 : 5년(접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 내구연한 고려)

- 기준년도 : 2018년
- 할인율 : 5.5%(「교통시설 투자평가지침, 2011, 국토해양부」)
- 분석내용 : PI(수익성지수), NPV(순현재가치)
- 시나리오 : 비용 인상(10, 20, 30%) / 유지보수비 증가

□ 비용 수입항목 설정

○ 기대효과 분석을 위한 비용 및 수입항목의 설정내역은 다음과 같음

<표 3-120> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이넝 비용, 수입항목 설정

구분	항목명	설명
비용	컨테이너 도입비용	컨테이너를 도입하는데 소요되는 비용
	유지보수비용	컨테이너의 수리 및 세척 등을 위해 발생하는 비용
수입	연료비 절감	차량의 연비 향상 및 운송 횟수 감소를 통한 연료비 절감
	인건비 절감	회수시 필요한 차량의 감소를 통한 인건비 절감
	온실가스 비용 절감	탄소 저감(CO2)을 통한 온실가스 비용 절감
	교통혼잡비용 절감	운송 횟수 감소를 통한 교통혼잡비용 절감

□ 분석결과

○ 기업 차원의 기대효과는 물류비 절감 효과와 매출증대효과가 있는 것으로 나타났고, 물류비 절감 효과는 시나리오에 따라 개당 -48.2 ~ 26.5만원의 기대효과가 나타나는 것으로 분석됨

- 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 판매 가격이 인상폭이 기존 온/냉장 겸용 컨테이너 가격의 10% 이하일 경우, 사업성이 있을 것이라 판단됨

○ 국가적 차원의 기대효과는 온실가스 비용 절감(에너지 저감) 및 교통혼잡비용 절감이 가능하며, 시나리오상 387.1만원의 기대효과가 발생하며 개당 효과로 환산할 경우 4.6만원의 긍정적인 효과가 예상됨

- 연료의 연간 소비량은 1,948.1L로 감소하였으며, 연료사용의 감소로 이산화탄소 발생은 연간 20.8TCO$_2$에서 15.8TCO$_2$로 감소하여 24.0%의 이산화탄소 발생을 감소됨

○ 기업과 국가적 차원의 기대효과를 고려할 경우, 시나리오에 따라 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너는 개당 -43.6 ~ 31.1만원 기대효과가 예상됨

(3) 홍보

○ 제7회 국제물류산업전 참석 및 홍보

- 일시 : 2017.04.18.(화) ~ 21.(금)
- 장소 : 일산 KINTEX 전시장
- 전시물 : 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시제품

○ 2017 국토교통기술대전 참석 및 홍보

- 일시 : 2017.05.24.(수) ~ 26.(금)
- 장소 : 일산 KINTEX 전시장
- 주최 : 국토교통부
- 전시물 : 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시제품

(4) 운용매뉴얼 개발

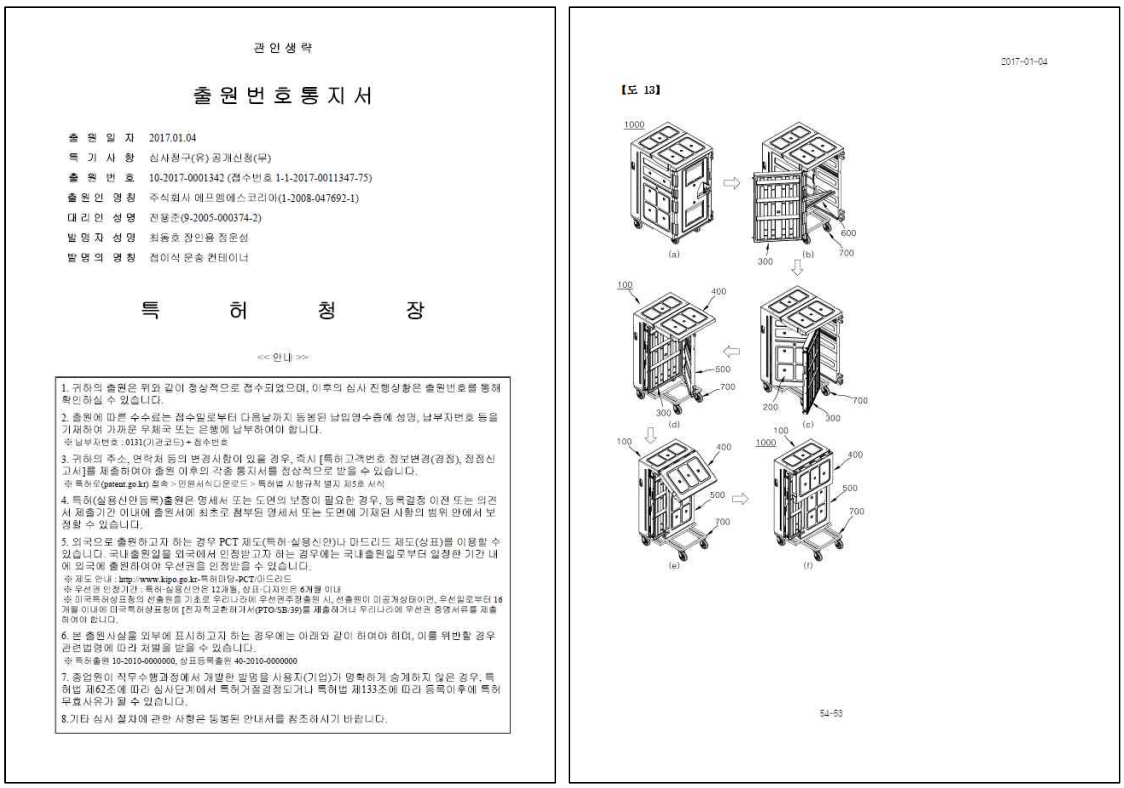
○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 운용매뉴얼은 일반사항 및 제원, 제품 특징, 접이방법, 센서, 주의사항 및 관리방법으로 구성되어있음

- 일반사항 및 제원에는 컨테이너의 part별 명칭과 외관 size 등에 대한 내용으로 구성됨
- 제품 특징에는 컨테이너의 장점 등의 특징과 사용 방법, 접이방법에는 6단계의 접이 순서 등으로 구성됨
- 센서 부분에는 센서의 일반사항 및 제원, 특징, 사용방법, 주의사항 등에 대한 내용으로 구성됨
- 관리방법에는 사용 시 주의사항과 지속적 사용을 위한 관리방법이 수록됨

(5) 특허

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 특허 출원을 완료함

- 출원일자 : 2017.01.04.
- 출원번호 : 10-2017-0001342
- 출원인 명칭 : 주식회사 에프엠에스코리아
- 발명자 성명 : 최동호, 장인용, 정운성
- 발명의 명칭 : 접이식 운송 컨테이너



관인생략

출원번호통지서

출 원 일 자 2017.01.04
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2017-0001342 (접수번호 1-1-2017-0011347-75)
출원인 명칭 주식회사 에프엠에스코리아(1-2008-047692-1)
대리인 성명 전용준(9-2005-000374-2)
발명자 성명 최동호 장인용 정운성
발명의 명칭 접이식 운송 컨테이너

특 허 청 장

<<안내>>

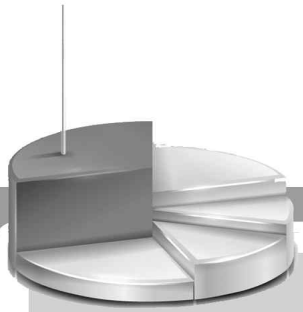
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 파리특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 비공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 파리특허상표청에 [전자적교환에관서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2017-01-04

【도 13】

54-53

<그림 3-235> 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 특허 출원 문서



제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절 성과점검기준표

제2절 연구성과 목표 및 달성도

제3절 관련 분야 기여도

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절. 성과점검기준표

1. 1세부(고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술)

가. 1차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1세부	A	평판트레일러 경량화 기술 개발	A-1	평판트레일러 경량화 기술 조사분석 및 설계	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무	현황조사분석 문건	0.75	KOTI	32	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : 1건 시제품 : 1건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무	시장성 조사 분석 문건	1.89		81	
					③	핵심개발기술 개발방향 정립(개발 대상 선정 등) 및 제품 성과목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 문건 유무	전문가 검증	0.75		32	
					④	핵심개발기술 설계	- 플랜지 설계 1건(횡규격 110㎜, 두께 10㎜) - 메인빔 웹 상 경량홀 타공 설계 1건 - 평판 목재두께 축소 설계 1건(28㎜→26㎜) - 크로스멤버 수 축소 설계 1건(22개→20개) - 메인빔 플랜지 형상변경설계 1건(절곡형→유선형)	설계 도면 및 해석서 유무	장비설계 및 구조해석서	1.13	두성	100	
			A-2	평판트레일러 경량화 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	①	핵심개발기술의 모듈개발	1건	보고서 내용 유무	핵심개발기술 모듈개발 문건	1.13	두성	100	
					②	핵심요소기술 제작 및 실내 시험	1건	핵심요소기술 시제품 제작 실내시험 결과 증빙자료	실내시험 결과	0.75		67	
					③	경량평판트레일러 시제품 제작	600㎏ 경량화	시제품 제시 및 중량검증	사진	1.13		100	
					④	운영 매뉴얼 등 기타 연관 산출물 제작	1건	유지보수 매뉴얼 유무	유지보수 매뉴얼 등 문건	0.75		67	
			A-3	평판트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	시스템 안정화를 위한 테스트 및 보완, 시스템 검증	1건	검사 : 교통안전공단 동차안전연구원 등록 : 차량등록사업소	안전검사 및 차량등록 서류	0.75		67	
					②	핵심개발기술의 현장 적용 및 시연	1건	시연 결과 보고서 유무	시연 결과 보고서	0.75	KOTI	32	
					③	기대 효과 분석	1건	기대효과 분석서 유무	전문가 검증	0.75		32	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
	B	벌크트레일러 경량화 기술 개발	B-1	벌크트레일러 경량화 기술 조사분석 및 설계	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무	현황조사분석 문건	0.75	KOTI	32	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : _____건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무	시장성 조사 분석 문건	1.89		81	
					③	핵심개발기술 개발방향 정립(개발 대상 선정 등) 및 제품 성과목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 문건 유무	전문가 검증	0.75		32	
					④	핵심개발기술 설계	- 벌크탱크 강판 그루빙 설계 1건 - 리어&프론트 프레임 경량 설계 1건(단면높이 280mm) - 호퍼캡 사이즈 축소 설계 1건(Φ678)	설계 도면 및 해석서 유무	장비설계 및 구조해석서	1.89	두성	166	
			B-2	벌크트레일러 경량화 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	①	핵심개발기술의 모듈개발	1건	보고서 내용 유무	핵심개발기술 모듈개발 문건	1.51	두성	133	
	E	평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술	E-1	평판 탈부착식 경량화 컨테이너샤시 기술 조사분석	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무	현황조사분석 문건	0.75	KOTI	32	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : _____건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무	시장성 조사 분석 문건	1.89		81	
계										20		1,268	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : _____건 기타 : _____건

나. 2차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1세부	A	평판트레일러 경량화 기술 개발	A-3	평판트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	④	개발기술의 실용화 전략 수립	1건	실용화 전략 문건 유무 수요처 대상 영업전략 연비개선 2차 실험결과	전문가 검증	0.69	KOTI	30	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : 4 건
					⑤	개발기술의 실용화를 위한 홍보	1건	홍보행사 시행 여부 홍보자료(브로셔 등) 동영상	홍보자료	0.69		30	
					⑥	법제도 방안 검토	1건	법제도 분석 문건 유무 국토부 녹색물류 전환사업 신청 검토 국내외 화물 트레일러 운행 관련 법 분석	법제도 분석 문건	0.69		30	
	B	벌크트레일러 경량화 기술 개발	B-2	벌크트레일러 경량화 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	②	핵심요소기술 제작 및 실내 시험	1건	핵심요소기술 시제품 제작 실내시험 결과 증빙자료 보완설계서, 구조해석서, 강도실험 결과	보완설계서 및 실내시험 결과	1.37	두성 KOTI	106	특허 : 출원 1 건 등록___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : _____건 기타 : _____건
					③	경량벌크트레일러 시제품 제작	200㎏ 경량화	시제품 제시 및 중량검증	사진	1.38		122	
					④	운영 매뉴얼 등 기타 연관 산출물 제작	1건	유지보수 매뉴얼 유무	유지보수 매뉴얼 등 문건	0.69		61	
			B-3	벌크트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화 벌크트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	시스템 안정화를 위한 테스트 및 보완, 시스템 검증	1건	검사 : 교통안전공단 자동차안전연구원 등록 : 차량등록사업소	안전검사 및 차량등록 서류	1.03	두성	92	
					②	핵심개발기술의 현장 적용 및 시연	1건	시연 결과 보고서 유무 시연 계획 연비 및 적재효율 측정 결과	시연 결과 보고서	1.03	KOTI	44	
					③	기대 효과 분석	1건	기대효과 분석서 유무 경제성 분석 파급효과분석	전문가 검증	0.69		30	
	C	콤비트레일러 경량화 기술 개발	C-1	콤비트레일러 경량화 기술 현황 시장성 분석 및 기술대안 검토	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무 콤비트레일러 기술개발 동향 분석 선도기업 분석	현황조사분석 문건	0.69	KOTI	30	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : _____건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무 시장 및 산업동향 분석 구매현황 분석 및 선호도 조사 구매의향 조사	시장성 조사 분석 문건	2.07		87	
					③	핵심개발기술 개발방향 정립(개발 대상 선정 등) 및 제품 성과목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 문건 유무 기술목표 구체화 설계요구사항 결정	전문가 검증	1.03		44	
					④	핵심개발기술 기술대안 제시 및 타당성 분석	2건	핵심개발기술 최종 대안 도출 및 적절성 검증 핵심 개발기술 기초설계안 도출 기술대안 적절성 검증	핵심개발기술 도출 문건 전문가 검증	1.03	두성	92	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
	D	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술개발	D-1	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 현황 시장성 분석 및 기술대안 검토	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무 박스형 트레일러 기술개발 동향 분석 선도기업 분석	현황조사분석 문건	0.69	KOTI	30	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : _____건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무 시장 및 산업동향 분석	시장성 조사 분석 문건	2.07		88	
					③	핵심개발기술 개발방향 정립(개발 대상 선정 등) 및 제품 성과목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 문건 유무 기술목표 구체화 설계요구사항 결정	전문가 검증	1.03		44	
					④	핵심개발기술 대안 검토 및 타당성 분석	2건	핵심개발기술 최종 대안 도출 및 적절성 검증 핵심 개발기술 기초설계안 도출 기술대안 적절성 검증	핵심개발기술 도출 문건 전문가 검증	3.09	두성	275	
계										20		1,232	특허 : 출원 1 건 등록 ___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : _____건 기타 : 4 건

다. 3차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1세부	B	벌크트레일러 경량화 기술 개발	B-3	벌크트레일러 경량화 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	④	개발기술의 실용화 전략 수립 - 동적성능 분석 가능성 검토 - 국산기술 브랜드생성 및 해외진출 전략	1건	실용화 전략 문건 유무 시연 기록 및 판매증빙자료	보고서 전문가 검증	1.10	KOTI	86	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : ___건 시제품 : ___건 S/W : ___건 기타 : 3 건
					⑤	개발기술의 실용화를 위한 홍보	1건	홍보행사 시행 여부	홍보행사 사진	1.30		102	
					⑥	법·제도 방안 검토	1건	법제도 분석 문건 유무	법제도 분석 문건	1.10		86	
	C	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 개발	C-1	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 조사분석 및 설계	①	국내외 기술 동향·시장성 분석 및 실용화 전략 - 기존대비 가격인상 10% 이내 설정 구매수요 조사	1건	현황 및 시장성 조사 분석 문건 유무	현황 및 시장성 조사 분석 문건	0.10	KOTI	8	특허 : 출원 1 건 등록___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	핵심개발기술 개발방향 정립(성과목표치 검토) 및 기초 설계 - 국산 첨단소재 활용 극대화 검증	1건	개발요구사항 분석 및 기초 설계도면 유무	보고서 기초설계도면	0.10		8	
			C-2	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	①	핵심개발기술의 모듈개발 및 보완 설계	1건	보고서 내용 유무 보완설계도면/구조해석서 유무	모듈개발 문건 보완 설계도면 및 구조해석서	1.44	두성	113	
					②	핵심요소기술 제작 및 실내 시험	1건	핵심요소기술 시작품 제작 실내시험 결과 증빙자료	시작품 사진 실내시험 결과	1.43		112	
					③	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 시제품 제작 - 적재공간 2.9㎥ 추가 확보 - 차축제거 200㎏ 경량화	2건	시제품 및 면적 검증자료 제시	시제품 사진 및 도면	1.90		149	
					④	운영 매뉴얼 등 기타 연관 산출물 제작	1건	유지보수 매뉴얼 유무	유지보수 매뉴얼 등 문건	0.95		74	
			C-3	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	시스템 안정화를 위한 테스트 및 보완, 시스템 검증	1건	검사 : 교통안전공단 자동차안전연구원 등록 : 차량등록사업소	안전검사 및 차량등록	1.42	두성·KOTI	111	
					②	핵심개발기술의 현장 적용 및 시연	1건	시연결과 보고서 유무	시연결과 보고서	1.96		153	
					③	기대 효과 분석 - 유류비 3% 절감 - 운송부문 온실가스 3% 감축	1건	기대효과 분석서 유무	전문가 검증	1.10	KOTI	86	
	D	덤프트레일러 경량화 기술 개발	D-1	덤프트레일러 경량화 기술 현황·시장성 분석 및 기술대안 검토	①	국내외 기술 동향·시장성 분석 및 실용화 전략	2건	현황 분석 문건 유무 시장성 조사 분석 문건 유무	현황 및 시장성 조사 분석 문건	0.10	KOTI	8	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : ___건 시제품 : ___건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	핵심개발기술 개발방향 정립(개발 대상 선정 등) 및 제품 성과목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 및 제품 성과목표치 검토 문건 유무	전문가 검증	0.10		8	
					③	핵심개발기술 기술대안 제시 및 타당성 분석	2건	보고서 내용 유무 전문가 검증	핵심개발기술 도출 문건 전문가 검증	5.90	두성	462	
계										20		1,566	특허 : 출원 1 건 등록___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : ___건 기타 : 3 건

라. 4차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		4차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1세부	C	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 개발	C-2	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 모듈 개발 및 시제품 제작	①	운행안전성, 내구성 확보를 위한 Stub Axle 및 차체 장착부 구조해석검증 - 독립형 액슬방식 차체 장착부 강성, 강도 해석평가 - 롤, 선회안전성 등 차량 동적 안전성 해석평가 - 다축내구강도 해석평가	1건	차체 장착부 강성·강도, 차량 동적 안전성 및 다축내구강도 해석평가 문건 유무	해석평가서 문건	3.1	KOTI	65	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : ___14 건
			C-3	적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	시스템 안정화를 위한 테스트 및 보완, 시스템 검증 - 실도로 주행 검증을 통한 발생하중 계측 및 평가 - 롤, 선회안전성 등 차량 동적 안전성 시험 평가 - 다축내구강도 시험평가	1건	차량 동적 안전성 및 다축내구강도 시험 결과 문건 유무 실도로 주행 검증을 통한 발생하중 계측 및 평가 보고서 유무	시험결과서 문건 실차운행사진	7.3		155	
					②	개발기술의 실용화 전략 수립 - 사업화(BM)·상용화 전략 수립 - 핵심개발기술의 현장 적용 및 시연	1건	실용화 전략 문건 유무	실용화 전략 문건	3.2		68	
					③	개발기술의 실용화를 위한 홍보	1건	홍보행사 시행 여부	홍보행사 사진	3.2		67	
					④	법·제도 방안 검토	1건	법제도 분석 문건 유무	법제도 분석 문건	3.2		68	
계										20		423	특허 : 출원___건 등록___건 논문 : _____건 시제품 : _____건 S/W : _____건 기타 : ___14 건

2. 2세부(화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술)

가. 1차년도

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		1차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만)	정량목표
						질적성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
2세부	A	Side skirt을 통한 공기저항저감 기술	A-1	Side skirt 조사 분석 및 설계	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	분석서 문건 유무	분석서	0.5	포항 공과 대학교	16	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 1 건 시제품 : 4 건 S/W : 건 기타 : 건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화 전략	1건	조사 및 전략서 문건 유무	전략서				
					③	핵심요소기술 개발방향 정립 및 제품 성과 목표치 검토	1건	개발목표 문건 유무	전문가 검증				
					④	Side skirt 형상 및 패턴 개발	1건	설계도면 유무	장비 설계도면	1.5		50	
					⑤	Tractor-trailer side skirt의 각도	1건	설계도면 유무	장비 설계도면				
					⑥	탑차 side skirt의 각도	1건	설계도면 유무	장비 설계도면				
					⑦	화물차모델 제작 (tractor-trailer, 5톤급, 20톤급 탑차)	3건	축소모델 유무	사진				
					⑧	축소 스케일 side skirt 시제품 제작	1건	축소 스케일 시제품 유무	사진				
			A-2	Side skirt 공기역학적 성능평가	①	수치해석 및 최적화 연구	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	1.5		60	
					②	유동가시화, 공력 분석을 통한 공기역학적 성능평가	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	2		70	
					③	최적화 수치해석 결과에 따른 시제품 설계	1건	설계도면 유무	설계도면	1		20	
					④	기술특허신청서 작성 및 제출	1건	기술특허 출원 유무	기술특허	1		10	
			A-3	Side skirt 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	최적 시제품 제작	1건	시제품 유무	사진	1	허즈 앤티	55	
					②	Open형 side skirt 가이드 라인	1건	매뉴얼	매뉴얼	1		20	
					③	연비개선 실차 성능 검증	3%	자동차안전연구원 검증	검증보고서	2		40	
					④	기대효과 분석	1건	기대효과 분석서	분석서	1		20	
					⑤	개발기술의 실용화 및 기술이전 전략 수립	1건	비즈니스 모델 문건	전문가 검증				
					⑥	개발기술의 실용화 및 기술이전을 위한 홍보	1회	홍보 자료 문건	홍보자료				
					⑦	법, 제도 방안 검토	1건	검토서 문건	검토서				
	B	Boat tail을 통한 운행 안정성 향상 기술	B-1	Boat tail 조사 분석 및 설계	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	분석서 문건 유무	분석서	0.5	포항 공과 대학교	16	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 2 건 S/W : 건 기타 : 건
					②	수요조사 시장성조사 및 실용화 전략	1건	조사 및 전략서 문건 유무	전략서				
					③	핵심요소기술 개발방향 정립 및 제품 성과 목표치 검토	1건	개발목표 문건 유무	전문가 검증				
					④	Boat tail 설계 (개폐식, 슬라이드 식)	2건	설계도면 유무	장비 설계도면	1.5		60	
					⑤	축소 스케일 시제품 제작	1건	축소 스케일 시제품 유무	사진				
			B-2	Boat tail 공기역학적 성능평가	①	수치해석 및 최적화 연구	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	1.5		59	
					②	유동가시화, 공력 분석을 통한 공기역학적 성능평가	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	2		70	
					③	최적화 수치해석 결과에 따른 시제품 설계	1건	설계도면 유무	설계도면	1		20	
					④	기술특허신청서 작성 및 제출	1건	기술특허 출원 유무	기술특허	1		10	
계										20		586	특허 : 출원 2 건 등록 건 논문 : 1 건 시제품 : 6 건 S/W : 건 기타 : 건

나. 2차년도

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		2차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만)	정량목표
					질적성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
2세부	A	Side skirt을 통한 공기 저항 저감 기술	A-1	Side skirt 공기역학적 성능평가	① 주행 안정성 최적화 검증 평가	3%	횡풍측력계수 저감	시험결과인증서	1.5	포항 공과 대학교	75	특허 : 출원 ___건 등록 ___건 논문 : 2 건 시제품 : ___건 S/W : ___건 기타 : 2 건
					② 풍동 실험을 통한 냉각성능 분석	1건	냉각성능 분석서 문건 유무	기술개발 보고서	1		30	
					③ 다양한 조건 추가 실험을 통한 성능 개선	1건	성능 개선 분석서 문건 유무	기술개발 보고서	0.5		30	
					④ 수치해석을 통한 최적화 분석	1건	최적화 분석서 문건 유무	기술개발 보고서	1		20	
					⑤ 수치해석을 통한 내구성 분석	1건	내구성 분석서 문건 유무	기술개발 보고서	1		20	
			A-2	Side skirt 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	① 연비개선 실차 성능 검증	3%	고속주행로 실차시험	검증보고서	4	허즈 앤티	69	
					② 내구성 검증	자연적 손상에 의한 A/S 3회이내	Testbed 지속운행	시계열제품사진	0.2		10	
	B	Boat tail을 통한 운행 안정성 향상 기술	B-1	Boat tail 공기역학적 성능평가	① 주행 안정성 최적화 검증 평가	12%	횡풍측력계수 저감	시험결과인증서	2	포항 공과 대학교	75	특허 : 출원 1 건 등록 ___건 논문 : 1 건 시제품 : 2 건 S/W : ___건 기타 : 3 건
					② 최적화 수치해석 결과에 따른 시제품 설계	1건	설계도면 유무	설계도면	1.5		20	
			B-2	Boat tail 테스트베드 구축 및 검증, 실용화	① 적재물 상하역에 지장이 없는 개폐식/슬라이드식 시제품 제작	2건	시제품 유무	사진	1	허즈 앤티	12	
					② Boat tail 가이드 라인	1건	매뉴얼	매뉴얼	0.8		30	
					③ 연비개선 실차 성능 검증	3%	고속주행로 실차시험	검증보고서	4		69	
					④ 기대효과 분석	1건	기대효과 분석서 유무	분석서	1		62	
					⑤ 개발기술의 실용화 및 기술이전 전략 수립	1건	실용화 및 기술이전 전략 문건 유무	전문가 검증				
					⑥ 개발기술의 실용화 및 기술이전을 위한 홍보	1회	홍보행사 시행 여부	홍보자료				
					⑦ 법, 제도 방안 검토	1건	법제도 분석 문건 유무	검토서				
	C	Gap faring을 통한 운행 안정성 향상 기술	C-1	Gap faring 조사 분석 및 설계	① 국내외 기술현황/ 동향 분석	1건	현황조사분석 내용 유무	현황조사분석 문건	0.5	포항 공과 대학교	14	특허 : 출원 ___건 등록 ___건 논문 : ___건 시제품 : ___건 S/W : ___건 기타 : ___건
					② 수요조사 시장성조사 및 실용화 전략	1건	시장성 조사 분석 내용 유무	시장성 조사 분석 문건				
					③ 핵심개발기술 개발방향 정립 및 제품 성과 목표치 검토	1건	핵심개발기술 개발요구사항 분석 문건 유무	전문가 검증				
계									20		536	특허 : 출원 1 건 등록 ___건 논문 : 3 건 시제품 : 2 건 S/W : ___건 기타 : 5 건

다. 3차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
2세부	D	Gap faring을 통한 운행 안정성 향상 기술	D-1	Gap faring 조사 분석 및 설계	①	Tractor-trailer의 gap fairing설계 - Gap fairing 소재선정 검토 - Gap fairing 설계 및 개발 요구사항 검토	1건	설계도면 유무	설계도면	1	포항 공과 대학교	34	특허 : 출원 ___건 등록 ___건 논문 : 1 건 시제품 : 1 건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	축소 스케일 모형 제작 (40ft 트레일러)	1건	축소모델 유무	사진				
			D-2	Gap faring 공기역학적 성능평가	①	주행 안정성 최적화 검증실험 - 항력계수측정 실험 및 검증 - 횡풍측력계수측정 실험 및 검증 - 횡풍측력계수 5% 저감 검증	1건	횡풍측력계수	전문가 검증	1.5		51	
					②	수치해석 및 최적화 연구 - 수치해석을 통한 유동장 분석 - Surrogate management framework를 통한 최적화	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	1.5		51	
					③	수치해석 결과에 따른 시제품 설계	1건	설계도면 유무	설계도면	0.5		17	
			D-3	Gap fairing 테스트 베드 구축 및 검증, 실용화	①	시제품 제작	1건	시제품 유무	사진	1	허즈 앤티	36	
					②	Gap fairing에 대한 가이드라인 제시 - Gap fairing 길이, 장착 방법에 대한 가이드라인 제시	1건	매뉴얼	매뉴얼	0.5		18	
					③	연비개선 실차 성능 검증 - 연비 2% 개선 검증	1건	자동차안전연구원 검증	시험 성적서	1.5		54	
					④	기대효과 분석	1건	기대효과분석서	분석서	1		36	
					⑤	실용화 및 기술이전 전략 수립	1건	비즈니스 모델 문건	전문가 검증				
					⑥	실용화 및 기술이전을 위한 홍보	1건	홈페이지 홍보 자료	홍보 자료				
	E	Vortex generator를 통한 운행 안정성 향상 기술	E-1	Vortex generator 조사 분석 및 설계	①	국내외 기술현황/동향 분석	1건	분석서 문건 유무	분석서	0.5	포항 공과 대학교	17	특허 : 출원 1 건 등록 ___건 논문 : ___건 시제품 : 1 건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	수요조사 시장성 조사 및 실용화 전략	1건	조사 및 전략서 문건	전략서				
					③	핵심개발기술 개발 방향 정립 (개발 대상 선정 등) 및 제품 성과 목표치 검토	1건	개발목표 문건 유무	전문가 검증				
					④	Vortex generator 형상 설계	1건	설계도면 유무	장비 설계도면	1		34	
					⑤	Vortex generator 구조 설계	1건	설계도면 유무	장비 설계도면				
					⑥	축소 스케일 모형 제작	1건	축소모형 모델	사진				
			E-2	Vortex generator 공기역학적 성능평가	①	수치해석 및 최적화 연구 - 수치해석을 통한 유동장 분석 - Surrogate management framework를 통한 최적화	1건	유동해석서 유무	기술개발 보고서	1.5		51	
					②	주행 안정성 최적화 검증 실험 - 항력계수측정 실험 및 검증 - 횡풍측력계수측정 실험 및 검증 - 횡풍측력계수 2% 저감 검증	1건	횡풍측력계수	전문가 검증	1.5		51	
					③	수치해석 결과에 따른 시제품 설계	1건	설계도면 유무	설계도면	0.5		17	
					④	특허신청서 작성 및 제출	1건	기술특허 출원 유무	기술특허	0.5		17	
			E-3	Vortex generator 테스트 베드 구축 및 검증, 실용화	①	최적 시제품 제작	1건	시제품 유무	사진	1	허즈 앤티	36	
					②	Vortex generator에 대한 가이드라인 제시	1건	매뉴얼	매뉴얼	0.5		18	
					③	기대효과 분석	1건	기대효과분석서	검증보고서	1		36	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
	F	Trailer full aero package을 통한 연비 향상 기술	F-1	Trailer full aero package 통합 성능평가	①	연비개선 실차 성능 검증 - Trailer full aero.package 부착 유무에 따른 연비 저감 시험 및 검증 - 연비 5% 개선 검증	1건	자동차안전연구원 검증	검증보고서	3	허즈 앤티	108	특허 : 출원 ___건 등록 ___건 논문 : ___건 시제품 : 1 건 S/W : ___건 기타 : ___건
					②	국산화 소재 시제품 제작	1건	시제품용 목업 몰드	사진	0.5		18	
계										20		700	특허 : 출원 1 건 등록 ___건 논문 : 1 건 시제품 : 3 건 S/W : ___건 기타 : ___건

3. 3세부(운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술)

가. 1차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
3세부	A	차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치기술	A-1	조사분석 및 설계	①	현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.05	연세대	10	특허 : 출원 0 건 / 등록 0 건 논문 : 0 건 시제품 : 2 건 S/W : 0 건 기타 : 0 건
					②	수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	
					③	개발요구사항 분석	1건	개발요구사항 분석 유무	전문가 검증	0.05	FMS	10	
					④	기초 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					⑤	시뮬레이션 분석	1건	구조해석서 유무	구조해석서	0.05		10	
			A-2	모듈개발 및 시제품 제작	①	상세 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					②	PILOT 시제품	1SET	시제품 제시	사진	0.10		20	
	B	온도조절 항공화물 컨테이너	B-1	조사분석 및 설계	①	현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.10	연세대	20	
					②	수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	
					③	개발요구사항 분석	1건	개발요구사항 분석 유무	전문가 검증	0.21	FMS	40	
					④	기초 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.18		35	
	C	접이식 경량 롤 컨테이너	C-1	조사분석 및 설계	①	현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.05	연세대	10	
					②	수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	
					③	개발요구사항 분석	1건	개발요구사항 분석 유무	전문가 검증	0.10	FMS	20	
					④	기초 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					⑤	시뮬레이션 분석	1건	구조해석서 유무	구조해석서	0.05		10	
			C-2	모듈개발 및 시제품 제작	①	상세 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					②	PILOT 시제품	1SET	시제품 제시	사진	0.03		5	
					③	구조 성능검증	접철율 75% 이상	KCL성적서 발행	시험성적서	0.10		20	
							적재중량 500kg 이상 자체중량 25kg 이하 타공구조	KCL성적서 발행	시험성적서				
					④	소재 성능검증	힌지 강도 125kg 수준	KCL성적서 발행	시험성적서	0.05		10	
					⑤	보완 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.05		10	
					⑥	시제품	60SET	시제품 제시	사진	0.18		35	
	D	접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너	D-1	조사분석 및 설계	①	현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.05	연세대	10	
					②	수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	
					③	개발요구사항 분석	1건	개발요구사항 분석 유무	전문가 검증	0.10	FMS	20	
					④	기초 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					⑤	시뮬레이션 분석	1건	구조해석서 유무	구조해석서	0.05		10	
			D-2	모듈개발 및 시제품 제작	①	상세 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.10		20	
					②	PILOT 시제품	1SET	시제품 제시	사진	0.03		5	
					③	구조 성능검증	접철율 70% 이상	KCL성적서 발행	시험성적서	0.10		20	
							적재중량 250kg 이상 자체중량 25kg 이하 렉컨테이너 구조	KCL성적서 발행	시험성적서				
							적재중량 700kg 이상 자체중량 15kg 이하 돌리파렛트 구조	KCL성적서 발행	시험성적서				
							5단 700kg 이상 적층 가능 구조	KCL성적서 발행	시험성적서				
					④	소재 성능검증	힌지 강도 50kg 수준	KCL성적서 발행	시험성적서	0.05		10	
					⑤	보완 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.05		10	
					⑥	시제품	60SET	시제품 제시	사진	0.18		35	
	E	진열과 운송겸용 단열용기	E-1	조사분석 및 설계	①	현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.05	연세대	10	
					②	수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		1차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
	F	유닛로드 멀티용기	F-1	조사분석 및 설계	① 현황조사분석	1건	현황조사분석 내용 유무	분석 문건	0.05	연세대	10	
					② 수요자 설계 요구사항 분석	1건	수요자 설계 요구사항 분석 유무	분석 문건	0.16		30	
계									20		705	특허 : 출원 ___건 등록 ___건 논문 : _____건 시제품 : 2 건 S/W : _____건 기타 : _____건

나. 2차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
3세부	C	접이식 경량 롤 컨테이너	C-3	테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	테스트 베드 구축 및 결과분석	1건	- 시연 결과 유무 · 시연 계획 · 시연 분석 결과(연비 향상 등)	설계서 및 결과 분석 문건	3.14	연세대	55	특허 : 출원 1 건 등록 ___ 건 논문 : ___ 건 시제품 : ___ 건 S/W : ___ 건 기타 : 2 건
					②	사용자 및 작업자 만족도 조사	1건	- 조사 결과 유무 · 만족도 조사 계획 · 만족도 설문 분석 결과	분석 문건	0.57		10	
					③	잠재 수요자 조사	1건	- 조사 결과 유무 · 잠재 수요자 조사 계획 · 설문 조사 분석 결과(구매 의향 등)	분석 문건	0.29		5	
					④	기대효과 분석	1건	- 기대효과 유무 · 에너지 저감 및 물류비 절감 기대효과 분석 · 전문가 검증	분석 문건	1.03		18	
					⑤	개발기술의 실용화 전략 및 비즈니스모델 구축	1건	- 실용화 전략 및 비즈니스 모델 유무 · 수요처 대상 영업 전략 및 비즈니스 모델	전문가 검증	1.14		20	
					⑥	개발기술의 실용화 및 기술이전을 위한 홍보	1회	- 홍보행사 시행 여부 · 홍보자료 및 홍보사진	홍보자료	0.29		5	
					⑦	실용화 기술 개발	1건	- 기술 개발 유무 · 실용화 기술 개발 방향성 검토 및 구체화	기술검토서 및 전문가 검증	1.43		25	
						- 접이 안전성 확보 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 접이 안전성 개선 구조 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면	1.09	FMS	19	
						- 캐스터 충격 완화 및 탈부착 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 캐스터 충격 완화 및 탈부착 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면				
						- 프레임 내구성 강화 구조 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 프레임 내구성 강화 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면				
					⑧	최종 설계	1건	- 설계 도면 유무 · 실용화 기술 개발 문건 · 실용화 기술 설계 도면 · 적합성 분석 및 구조 해석	설계 도면	0.57		10	
					⑨	완제품 제작	3SET	- 완제품 제시 · 실용화 기술 접목 완제품	사진	0.11		2	
					⑩	성능검증	1건	- 기술설명회 개최 유무 · 기존 대비 성능 분석 · 수요처 대상 기술설명회 · 수요처 성능 검증	성능분석서 및 수요처 검증	0.23		4	
					⑪	운용매뉴얼 개발	1건	- 운용매뉴얼 유무	매뉴얼 문건	0.29		5	

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		2차년도 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
	D	접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너	D-3	테스트베드 구축 및 검증, 실용화	①	테스트 베드 구축 및 결과분석	1건	- 시연 결과 유무 · 시연 계획 · 시연 분석 결과(연비 향상 등)	설계서 및 결과 분석 문건	3.14	연세대	55	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 2 건
					②	사용자 및 작업자 만족도 조사	1건	- 조사 결과 유무 · 만족도 조사 계획 · 만족도 설문 분석 결과	분석 문건	0.57		10	
					③	잠재 수요자 조사	1건	- 조사 결과 유무 · 잠재 수요자 조사 계획 · 설문 조사 분석 결과(구매 의향 등)	분석 문건	0.29		5	
					④	기대효과 분석	1건	- 기대효과 유무 · 에너지 저감 및 물류비 절감 기대효과 분석 · 전문가 검증	분석 문건	0.97		17	
					⑤	개발기술의 실용화 전략 및 비즈니스모델 구축	1건	- 실용화 전략 및 비즈니스 모델 유무 · 수요처 대상 영업 전략 및 비즈니스 모델	전문가 검증	1.14		20	
					⑥	개발기술의 실용화 및 기술이전을 위한 홍보	1회	- 홍보행사 시행 여부 · 홍보자료 및 홍보사진	홍보자료	0.29		5	
					⑦	실용화 기술 개발	1건	- 기술 개발 유무 · 실용화 기술 개발 방향성 검토 및 구체화	기술검토서 및 전문가 검증	1.43		25	
						- 다용도 진열 강화 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 접이 안전성 개선 구조 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면	0.74	FMS	13	
						- 캐스터 충격 완화 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 캐스터 충격 완화 및 탈부착 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면				
						- 프레임 내구성 강화 구조 기술	1건	- 설계 도면 유무 · 프레임 내구성 강화 설계 도면 · 기술 대안 적절성 비교	설계 도면				
					⑧	최종 설계	1건	- 설계 도면 유무 · 실용화 기술 개발 문건 · 실용화 기술 설계 도면 · 적합성 분석 및 구조 해석	설계 도면	0.57		10	
					⑨	완제품 제작	1SET	- 완제품 제시 · 실용화 기술 접목 완제품	사진	0.17		3	
					⑩	성능검증	1건	- 기술설명회 개최 유무 · 기존 대비 성능 분석 · 수요처 대상 기술설명회 · 수요처 성능 검증	성능분석서 및 수요처 검증	0.23		4	
					⑪	운용매뉴얼 개발	1건	- 운용매뉴얼 유무	매뉴얼 문건	0.29		5	
계										20		350	특허 : 출원 2 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 건 S/W : 건 기타 : 4 건

다. 3차년도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		3차년도 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
3세부	E	접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너	E-1	조사분석 및 설계	① 현황조사분석	1건	현황조사 분석 내용 유무	분석문건	0.40	연세대	10	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1 건 S/W : 건 기타 : 2 건
					② 수요자설계 요구사항 분석	1건	수요자설계 요구사항 분석 유무	분석문건	1.21	연세대	30	
					③ 개발요구사항 분석	1건	개발요구사항 분석 유무	전문가 검증	0.81	FMS	20	
					④ 핵심개발기술 기초 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.81	FMS	20	
			E-2	모듈개발 및 시제품 제작	① 핵심개발기술 상세 설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	1.01	FMS	25	
					② 핵심개발기술 설계분석	1건	구조해석 분석데이터 유무	구조해석서	0.81	FMS	20	
					③ 시작품	3SET	시제품 제시	시제품 명세서	3.23	FMS	80	
					④ 시작품 컨테이너성능검증 - 소재 성능 시험 및 검증 - 구조 성능 시험 및 검증 - 운송 성능 시험 및 검증 - 회수율 시험 및 검증	4건	KCL성적서 발행	시험성적서 시험성적서 시험성적서 시험성적서	0.61	KCL	15	
					⑤ 시작품 온도조절장치성능검증 - 잠열량 측정 - 냉장유지 측정 및 온도 유지 검증	2건	KCL성적서 발행	시험성적서 시험성적서	0.61	KCL	15	
					⑥ 시작품 온습도 기록 센서 성능 검증	1건	KCL성적서 발행	시험성적서	0.20	KCL	5	
					⑦ 보완설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.81	FMS	20	
					⑧ 시제품	3SET	시제품 제시	사진	3.23	FMS	80	
					⑨ 시제품컨테이너성능검증 - 소재 성능 시험 및 검증 - 구조 성능 시험 및 검증 - 운송 성능 시험 및 검증 - 회수율 시험 및 검증	4건	KCL성적서 발행	시험성적서 시험성적서 시험성적서 시험성적서	0.61	KCL	15	
					⑩ 시제품 온도조절장치 성능검증 - 잠열량 측정 - 냉장유지 측정 및 온도 유지 검증	2건	KCL성적서 발행	시험성적서 시험성적서	0.61	KCL	15	
					⑪ 시제품 온습도 기록 센서 성능 검증	1건	KCL성적서 발행	시험성적서	0.20	KCL	5	
					⑫ 최종설계	1건	설계 도면 유무	설계 도면	0.81	FMS	20	
			E-3	테스트베드 구축 및 검증, 실용화	① 테스트 베드 구축 및 결과분석	1건	시연 결과 유무	분석 문건	1.62	연세대	40	
					② 비즈니스모델 구축	1건	비즈니스 모델 유무	전문가 검증	0.81	연세대	20	
					③ 기대효과 분석 - 물류비(유류비) 절감 효과 분석 - 에너지 저감 효과 분석	1건	기대효과 유무	분석 문건	0.81	연세대	20	
					④ 개발기술의 실요화 및 기술이전을 위한 홍보	1건	홍보행사 시행 여부	홍보자료	0.20	연세대	5	
					⑤ 운용매뉴얼 개발	1건	운용매뉴얼 유무	매뉴얼 문건	0.62	FMS	15	
계									20		495	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1 건 S/W : 건 기타 : 2 건

제2절. 연구성과 목표 및 달성도

1. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI		-	-	-
	비SCI		-	-	-
	계		-	-	-
국내 논문 게재	SCI		-	-	-
	비SCI		3	133	당초 목표 3건이었으나 1건 초과달성 (총 4건 달성)
	계		3	133	-
특허 출원	국내		2	200	당초 목표 2건이었으나 2건 초과달성 (총 4건 달성)
	국외		-	-	-
	계		2	200	-
특허 등록	국내		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 2건 초과달성 (총 2건 달성)
	국외		-	-	-
	계		-	-	-
인력 양성	석사		3	-	당초 목표 0건이었으나 3건 초과달성 (총 3건 달성)
	박사		-	-	-
	계		3	-	-
기술 이전	계약 건수		3	100	-
	계약액		-	-	-
	징수액		-	-	-
국제 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
국내 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		-	-	-
	연구시설·장비		-	-	-
	기술요약정보		-	-	-
	생명자원	생명정보	-	-	-
		생물자원	-	-	-
		신품종	-	-	-
	소프트웨어		-	-	-
	화학물		-	-	-
기타	시작품		3	133	당초 목표 3건이었으나 1건 초과달성 (총 4건 달성)
	현장시험		2	350	당초 목표 2건이었으나 5건 초과달성 (총 7건 달성)
	성과 홍보		3	233	당초 목표 3건이었으나 4건 초과달성 (총 7건 달성)
	국내외 학술회의 발표		1	400	당초 목표 1건이었으나 3건 초과달성 (총 4건 달성)
	일자리 창출		-	-	-
	사업화 실적		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 31건 초과달성 (총 31건 달성)

2. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI		1	600	당초 목표 1건이었으나 5건 초과달성 (총 6건 달성)
	비SCI		-	-	-
	계		1	700	-
국내 논문 게재	SCI		-	-	-
	비SCI		4	100	-
	계		4	100	-
특허 출원	국내		4	175	당초 목표 4건이었으나 3건 초과달성 (총 7건 달성)
	국외		-	-	-
	계		4	175	-
특허 등록	국내		-	-	당초 목표 0건이었으나 5건 초과달성 (총 5건 달성)
	국외		-	-	-
	계		-	-	-
인력 양성	석사		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 1건 추가달성
	박사		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 2건 추가달성
	계		-	-	-
기술 이전	계약 건수		2	100	-
	계약액		-	-	-
	징수액		-	-	-
국제 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
국내 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		-	-	-
	연구시설·장비		-	-	-
	기술요약정보		-	-	-
	생명자원	생명정보	-	-	-
		생물자원	-	-	-
		신품종	-	-	-
	소프트웨어		-	-	-
	화학물		-	-	-
기타	시작품		11	100	-
	현장시험		3	133	당초 목표 3건이었으나 1건 초과달성
	성과 홍보		3	100	-
	국내외 학술회의 발표		4	500	당초 목표 4건이었으나 16건 초과달성 (총 20건 달성)
	일자리 창출		-	-	-
	사업화 실적		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 20건 초과달성

3. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI		-	-	-
	비SCI		-	-	-
	계		-	-	-
국내 논문 게재	SCI		-	-	-
	비SCI		-	-	-
	계		-	-	-
특허 출원	국내		3	100	-
	국외		-	-	-
	계		3	100	-
특허 등록	국내		3	-	-
	국외		-	-	-
	계		3	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 3건 초과달성 (총 3건 달성)
인력 양성	석사		1	-	-
	박사		-	-	-
	계		1	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 1건 초과달성 (총 1건 달성)
기술 이전	계약 건수		2	100	2차년도 핵심 성과물 2건에 대한 기술실시 계약 체결
	계약액		-	-	정액기술료 1건(1,760만원), 경상기술료 1건(총 매출액의 5%)
	징수액		-	실적 추가 달성	정액기술료 1,760만원, 경상기술료 미발생
국제 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
국내 표준화	기고서 제출		-	-	-
	기고서 채택		-	-	-
	표준안 채택		-	-	-
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문		-	-	-
	연구시설·장비		-	-	-
	기술요약정보		-	-	-
	생명자원	생명정보	-	-	-
		생물자원	-	-	-
		신품종	-	-	-
	소프트웨어		-	-	-
	화학물		-	-	-
기타	시작품		5	120	당초 목표 5건이었으나 1건 초과달성 (총 6건 달성)
	현장시험		3	100	-
	성과 홍보		3	133	당초 목표 3건이었으나 1건 초과달성 (총 4건 달성)
	국내외 학술회의 발표		-	-	-
	일자리 창출		-	-	-
	사업화 실적		-	실적 추가 달성	당초 목표 0건이었으나 610건 초과달성

제3절. 관련 분야 기여도

1. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

□ 기술적 측면

○ 지금까지 부분적인 트레일러 차체 경량화 시도나 트레일러에 사용되는 각종 부품의 경량화 시도는 있었으나 차량 전반의 구조를 경량화 하는 설계에 대한 고려와 그에 적합한 소재를 함께 고려하는 복합적인 차량경량화 시도는 일찍이 없었음

- 경량 트레일러 기술 개발은 트레일러의 하중감량을 통해 화물을 추가로 적재하는 것이 가능하며, 연비향상을 가능하게 하며, 동일 물동량에 대해 운행횟수 감소 또는 동일 운행시 보다 많은 물동량 처리가 가능함. 트레일러 자중을 1톤 저감 시 현행과 동일한 유류비로 30만 톤(연간 300일 운행 시) 화물을 더 운송할 수 있거나 절감되는 유류비만큼 트레일러 운전기사 수입 증진

□ 경제·산업적 측면

○ 지난 10년간 국내 물류수요 증가와 함께 트랙터 및 트레일러 등록대수는 꾸준히 증가하는 추세이며 특히 트레일러의 경우 2005년부터 2014년까지 연평균 증가율이 최고 7.6%로 가파른 증가 추세를 보이고 있음

- 국내 트레일러 시장 규모를 추정해보면 2014년 기준 신규 트레일러 제작 관련 시장 규모는 약 3,200대 수준으로 한 해 900억~1,200억 원 규모 수준임

○ 관련 기술을 연구개발하지 않고 해외로부터 도입한다면 해마다 900억~1,200억 원 규모의 트레일러를 수입해야 하고 장비가격 부담으로 인하여 도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선이 적시에 이루어지지 못할 경우 향후 유가급등 시 도로운송부문의 경쟁력이 급격히 약화되는 상황이 초래할 수 있음

□ 사회·문화적 측면

○ 화물자동차운전자의 운송거부 사태가 지속적으로 발생하고 있는 상황에서 도로화물운송을 효율화하고 연비 향상을 목적으로 하는 본 과제의 대상기술이 성공적으로 개발되고 보급된다면 화물차주의 순수입 증대효과를 유발하여 화물차주 근로여건 개선에 도움이 될 수 있음

- 2002년 10월 '화물운송 특수고용직 노동자연대(화물연대)'가 출범한 이후 2003년 5월 총파업으로 물류대란이 발생하였고 이후 총파업, 부분파업 등의 형태로 지속적인 운송거부 사태가 발생하여 막대한 경제적, 사회적 피해가 발생하고 있음

○ 화물차 적재용량을 늘리기 위해 불법적으로 구조를 변경하여 안전성 문제와 과적으로 인한 도로 파손 문제가 제기되고 있는데 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술을 개발하여 보급함으로써 안전성을 유지하면서 적재용량 증대효과 기대

2. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

□ 기술적 측면

○ 국외의 경우 화물차 공기저항 감소장치에 대한 개발 및 인증, 홍보, 지원 등을 적극적으로 추진 중에 있지만 국내에서는 관련 기술에 대한 전무한 실정이며 시중에 판매되고 있는 국산 캡 루프 페어링, 사이드 스커트 등은 차량 최적화 검증 없이 모양만 흉내 낸 경우가 많아 실효성에 의문이 제기되고 있음

○ 미국 EPA는 Smartway기술 프로그램을 통해 화물차 공기저항 감소장치에 대한 실험을 통해 효과를 검증하고 해당 개발업체에 인증을 부여함으로써 제품의 개발 및 홍보, 판매에 직접적인 지원을 하고 있음[40)]

○ 현재도 화물차 운전석 상부에 공기저항을 줄이기 위해 캡 루프 페어링을 설치하거나 트레일러 옆면에 에어스포일러(사이드 스커트)를 부착한 차량을 쉽게 찾아볼 수 있으며 그 밖에도 트레일러와 트랙터 사이의 간극을 메워 공기저항을 줄여주는 갭 리듀서 기술, 트레일러 하부공간의 바퀴에 작용되는 공기저항을 줄여주는 트레일러 언더 사이드 스커트 기술, 트레일러 후면에 접이식 판을 달아 후면 공기와류를 줄여주는 트레일러 보트 테일 기술 등 화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 다양한 기술이 개발 중에 있음

○ 최근 미국의 캘리포니아주에서 대형화물차의 공기저항 저감장치 부착을 의무화하기 시작하는 등 세계 각국에서 대형화물차의 공기저항 저감정책이 점차 확산되는 추세이므로 개발된 기술의 단기적 시장성이 밝다고 할 수 있음

□ 경제·산업적 측면

○ 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술은 비교적 빠른 시간 안에 개발 및 국산화가 가능하며 개발 완료 후 시장적용도 곧장 가능 할 것으로 판단되고 투자대비 효과도 클 것으로 판단됨

○ 에너지 목표관리제 등 정부환경시책 추진으로 물류기업의 부담이 증가함에 따라 운송을 효율화 시키고 연비를 개선시킬 수 있는 기술이 개발 및 보급 될 경우 물류기업의 부담이 경감될 수 있을 것으로 기대됨

- 「저탄소 녹색성장 기본법」 제42조, 제43조, 제44조, 제45조, 제46조에서는 에너지 목표관리제에 대한 내용을 언급하고 있음
  · 기후변화대응 및 에너지 목표관리, 온실가스 감축 조기행동 촉진, 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 등의 보고, 온실가스 종합정보관리 체계 구축, 총량제한 배출권 거래제 도입 등
- 국가 온실가스 배출량의 약 70%를 산업부문, 건물/교통, 폐기물 등에서 온실가스 및 에너지를 관리해야 하며, 교통부문에서는 운송업체 보유 이동 배출원(차량, 항공기, 선박 등)과 건물을 대상으로 하며, 이 중 온실가스 배출량 및 에너지 소비량이 기준 이상인 업체 또는 사업장은 관리업체로 지정되어 관리 받게 됨

40) 미국 환경보호국 웹사이트, http://www.epa.gov/

· 관리업체로 지정이 되면 감축목표 이행계획을 수립하여 관장기관(교통부문은 국토교통부)에 제출해야 하고 이행실적을 관장기관에 보고해야 함

· 이행실적 보고 시 온실가스 및 에너지 소비량에 대한 명세서를 작성한 후 검증결과와 함께 관장기관에 제출해야하며 이는 공개를 원칙으로 함

· 이행실적 미흡 시 개선명령을 받을 수 있으며 향후 이행계획 수립 시 반영해야 함

□ **사회·문화적 측면**

○ 화물자동차운전자의 운송거부 사태가 지속적으로 발생하고 있는 상황에서 도로화물운송을 효율화하고 연비 향상을 목적으로 하는 본 과제의 대상기술이 성공적으로 개발되고 보급된다면 화물차주의 순수입 증대효과를 유발하여 화물차주 근로여건 개선에 도움이 될 수 있음

- 2002년 10월 '화물운송 특수고용직 노동자연대(화물연대)'가 출범한 이후 2003년 5월 총파업으로 물류대란이 발생하였고 이후 총파업, 부분파업 등의 형태로 지속적인 운송거부 사태가 발생하여 막대한 경제적, 사회적 피해가 발생하고 있음

- 2004년 화물자동차운송법 개정, 유류비 지원 등의 정책이 시행되었으나 세계적인 경기불황과 과잉공급 등의 문제로 인해 2006년, 2008년, 2009년, 2010년, 2012년, 2013년 지속적으로 운송거부사태가 발생하고 있음

  · 2009년 여수 국가 산업단지 컨테이너 화물연대의 운송거부로 광양항을 통한 중국항 수출에 차질이 발생함

  · 2010년 운송료 10% 인상, 교섭권 인정 등을 요구한 대산석유화학단지 화물연대 충남지부 서부지회의 운송거부가 30일 이상 지속되어 물류 차질이 발생함

  · 2012년 운임요금 30%인상과 산재보험 전면 적용등을 요구하며 부산항과 광양항 등에서 화물연대 조합원 1만2천 여명이 운송 거부함

3. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

□ **기술적 측면**

○ 기존의 컨테이너 또는 롤테이너의 접철 구조에 대한 기술은 빈번히 공지되어 단순한 접철 구조만으로는 기술적 우위를 확보하기 어려울 것으로 판단됨

○ 기술적우위를 확보하기위해, 단열과 밀폐성을 유지하고 접이식이 가능하여 접철율을 50% 이상 확보할 수 있는 기술을 구현하여 물류업체의 수송효율을 개선하고, 보관시 편의를 제공할 수 있도록 설계함

○ 기존의 컨테이너 대비 경량, 신뢰성 소재를 사용하여 내구성을 향상시켜 다양한 산업분야로의 접목을 가능하게 기술구현함

○ 세계 최초의 접이식 단열 컨테이너 기술의 개발과 양산기술 안정화를 통해 콜드체인 분야에 빠른 접목을 실현 할 수 있음

□ 경제·산업적 측면

○ 기존의 냉장 또는 냉동 탑차로의 운송을 고려했던 많은 물류관련 업체와 식자재, 케이터링 업체로의 파급효과를 우선 기대해 볼 수있으며, 비용과 선택의 문제로 선도관리 대안 없이 유통되는 모든 대상화물에 대한 해결책을 제공가능 할 것으로 전망됨

○ 해당 기술에 대한 경제성 기대효과를 예측한 결과 생산유발효과는 약 115.7억원, 부가가치유발효과는 36.1억원, 약 50.6명의 고용유발효과와 약 23.5억원의 수입유발효과를 보일 것으로 기대됨

구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계
매출추정액(백만원)	829.1	971.1	1151.9	1384.7	1687.6	6024.5
생산유발효과(백만원)	1592.5	1865.4	2212.7	2659.9	3241.7	11572.3
부가가치유발효과(백만원)	497.2	582.4	690.9	830.5	1012.1	3613.2
고용유발효과(명)	7.0	8.2	9.7	11.6	14.2	50.6
수입유발효과(백만원)	32.8	379.3	450.0	540.9	659.2	2353.2

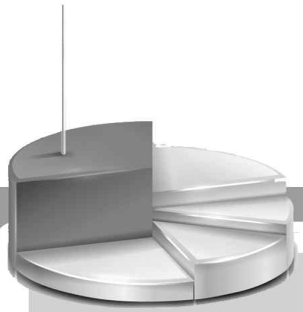
□ 사회·문화적 측면

○ 국내 콜드체인 시장규모 및 성장세를 지속적으로 상승시키기 위해서는 온/냉장 겸용 컨테이너와 같은 전용 컨테이너를 활용한 유통망의 구축과 의식의 전환이 절실한 상황임

○ 유럽과 호주 등의 콜드체인 선진국에서 널리 유통되고 있는 단열기능이 있는 컨테이너는 유럽 인증을 통한 신뢰성확보와 관련 산업 분야로의 보급이 두드러지고 있는 현실임

○ 국내 물류 현실에 적합한 접이식 모듈형 경량 온/냉장 컨테이너는 한국생활환경시험연구원의 ISTA (국제안전수송협회) 규격 시험인증을 진행할 예정이며, 이를 통해 우선적으로 국내의 관련 산업 분야로의 파급과 나아가 유럽과 같은 콜드체인 선진화 수준에 발판이 될 수 있는 제도적 / 기술적 기반을 구축할 예정임

○ 정부에서 추진하는식품 이력추적(traceability)에 대한 정의는 다양하지만, 일반적으로 식품안전성 확보 및 정확한 정보 제공을 목적으로 생산부터 소비까지의 경로를 추적할 수 있도록 정보를 기록하고 관리하는 것을 의미하는 법규정에 적합한 유통문화를 실현할 수 있음



제5장 연구개발성과 활용계획

제1절 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

제2절 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

제3절 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

제5장. 연구개발성과의 활용계획

제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

1. 경량 평판트레일러 기술 개발

□ 시장성 확보방안

○ 평판 트레일러 시장은 소유주체에 따라 차주와 운송업체로, 축수에 따라 2축 평판트레일러 시장과 3축 평판트레일러 시장으로 세분화 할 수 있음

- 경량화 기대수준이 상대적으로 높고, 가격탄력성이 상대적으로 낮으면서 신차구매율이 상대적으로 높은 12m 3축 트레일러시장을 1순위로 하고, 경량화 기대수준이 상대적으로 낮고, 가격탄력성이 상대적으로 높으며, 신차구매율이 상대적으로 낮은 12m 2축 트레일러시장을 2순위 목표 시장으로 하는 것이 바람직

○ 중량물 운송 시 과적단속에 민감한 운전자 특성을 감안할 때 축 중량 분산이 중요한 사안이므로 차축에 고루 하중을 분포시켜주는 워킹빔 서스펜션(walking-beam suspension)의 채용을 고려할 필요가 있고, 하역 편의성과 안정성, 안전성 등을 고루 향상시켜 줄 수 있는 슬라이드 장치, 티핑 장치 등 각종 편의사양 선택의 폭을 넓히는 노력도 중요

○ 중소기업이 대부분인 국내 특장차 시장의 특성상 신차 구매의 비중이 높음에도 전국에 걸쳐 트레일러를 전시하고 판매하는 공간을 확보하기는 곤란한 실정

- 차량 내에서 장시간 운전하고 대기해야 하는 화물차 운전자들의 특성 상 직접 차량에 탑승하고 운전을 해보는 시승경험을 고객들에게 제공하는 것은 중요

- 따라서 평판 트레일러 운전자들이 많이 집결하고 정차하는 화물차 휴게소나 주요 물류거점 인근에 이동식 전시 및 판매 매장을 운영하여 일정기간 시승경험도 제공하고 판매상담도 수행하는 이동식 대면 판매 전략을 구사하는 것이 바람직함

○ 시장성 조사과정에서 애로사항으로 많이 지적하는 트레일러 A/S 지점 수의 확대와 더불어 A/S 지점에서 신제품도 전시하고 일정기간 시승경험도 제공하며 판매상담도 수행하는 판매방식도 유효함

○ 시장성 조사결과 축 수나 소유주체나 차중 감량정도에 상관없이 가격 탄력적인 것으로 나타나 고가(high price)정책을 구사하기는 어려울 것으로 판단됨

- 축 수와는 상관없이 경량화 평판트레일러는 수요가 가격 탄력적이기 때문에 가격을 낮추면 낮출수록 판매수요는 늘어날 것으로 판단됨

- 단, 경량 3축 평판트레일러는 경량 2축 평판트레일러 보다 가격 탄력성 수치가 상대적으로 작게 분석되었기 때문에 경량 3축 평판트레일러는 차체 강도강화나 안전성 향상을 위한 장치의 보강, 도장의 고급화를 기본 옵션으로 채택하는 것이 바람직함

- 경량 2축 평판트레일러는 다양한 편의사양을 옵션으로 제시하되 제품자체는 옵션을 최대한 억제한 저렴한 가격을 제시하는 것이 바람직함

□ **현장적용 및 실용화·제품화 방안**

○ 화물운송시장은 매년 정부가 지급하는 전체 유가 보조금 규모가 1조 5천억 원에 달하는 대규모 시장임에도 대부분의 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술의 수요자는 개별차주(개인)들임

- 기술공급자인 제조업체 또한 영세한 중소업체들이 대부분으로 기술개발 투자역량이 부족하기 때문에 정부가 기술개발에 선 투자한 뒤 관련기술 보급을 확대하는 지원정책과 병행하여 실용화 하는 방안이 바람직

수요대상	활용 방안 예시
▪ 컨테이너 운송 - CJ대한통운, 한진, 국보, 세방, 천일, KCTC, 조양 등 ▪ 코일 및 선재 운송 - CJ대한통운, 동방, 대주, 소모, 셋방 한진 등	

○ 본 연구 1차년도 성과물인 경량 평판 트레일러는 연구진인 특장차업체의 경험과 책임 하에 기술검토서 및 적합성심사 신청서를 작성하였고, 제작된 시제품(1호차)에 대해 최초안전검사를 통과하였으며 실제운행 안전성이 입증되었음. 이러한 과정을 통하여 생산된 시작품을 철강제품을 주로 운송하는 평강물류와 협력하여 실제 운송과정상 운행성능 테스트를 수행하고 있음

- 적재 테스트 겸 홍보를 위하여 운송사업자에게 일정기간 대여하여 실제 화물운송에 사용될 수 있도록 함

  · 울산 → 안양 7회(설탕포대), 울산→천안 2회(설탕포대), 당진 →울산 12회(철판, 코일, 철근) 수행 중 (15.03.17 ~)

- 개발품의 효과 분석 뿐 아니라 운송사업자(화물차주)들 사이에서 실제 제품을 보여주는 동시에 입소문 효과 기대

○ 주요 거점(대형 화주기업, 물류센터, 물류기지 등) 전국순회전시 및 홍보를 계획하여 연구 성과물의 활용을 극대화 시킬 것임

- 평판트레일러들이 주로 모이는 거점을 중심으로 순회 전시 및 홍보 수행

- 당진 현대 글로비스 (3/23~25), 광양 광양제철소 (3/25~27), 포항 포항제철소 (3/30~4/3) 예정

- 이후 CJ 대한통운, (주)한진 등 대형 운송사들과 화물운송연합회, 차주협동조합, 화물연대 등에 소속된 개별 트레일러 운전자들을 대상으로 판촉행사를 다양하게 진행할 예정임

○ 홈페이지, 문자메시지 이용 기존 차주 및 불특정 다수 홍보

- 기존 차주들을 대상으로 문자메시지 등을 통해 차량 특장점, 개선점, 전시 일정 등 홍보 예정
- 홈페이지 게재로 신규 고객 포함 불특정 다수에 대한 홍보 수행 예정
- 2015년 6월 국토교통 테크페어 전시회 참관

○ 정부 온실가스 감축사업을 위한 녹색물류전환사업을 활용하여 차주의 부담을 절감하고 연비개선 효과를 홍보함

○ 경량 평판 트레일러 기술을 개발함으로써 연구종료 후 6개월 이내 기술실시계약을 체결함으로써 실제 물류 현장에 조속히 적용될 수 있도록 사업화를 추진함

○ 연비개선효과, 주행성능 시험 및 적재용량 확장에 대한 적재성능시험 등 실증적 테스트 베드 시행 계획

- 주요대상품목 운송사업자 대상 실차주행시험 구축 및 수행

구분	시연 (예상) 기업	대상구간 및 장소	대상화물	시행빈도	일정
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러	㈜세방 한글라스	여수 ↔ 광주 당진 ↔ 군산	일반화물 판유리	4회 5회	4차년도 (2개월)

○ 기술실시계약 및 기술실시 양해각서 체결을 통한 기술이전 추진

- 참여기관 간 기술실시계약
- 참여기관 외 기관과의 기술이전 가능성 검토

구분	3차년도	4차년도	4차년도 이후	기술이전 유형	기술료 유형
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러		ⓑ, ⓒ	ⓓ	통상실시권	고정기술료

주: ⓐ 기술 실시 양해각서 ⓑ 기술 실시 계약서 ⓒ 기술료 확인증 ⓓ 영업이익 발생 확인증

○ 설문응답을 통한 시장성조사 및 실수요자 대상 보완사항 검토 등 시장진입 가능성 제고를 위한 고객 니즈 파악

- 고객니즈에 기반한 시작품 보완 사항 도출
  · 관련 특장차 제조업체 및 운수업체/차주 방문 조사를 통한 시장 의견 수렴

구분	특장차 제조업체	운수업체
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러	동우특장차, 두성특장차 등	㈜세방, 한글라스 등

○ 홈페이지 및 동영상 제작, 학회 발표, 전시회 참가 및 제품설명회 개최 등을 통한 개발기술 홍보 및 판로 구축

- 연구성과 홍보 웹페이지 업데이트 및 동영상 제작
- 주요 고객사 및 주요 차주 집결지 대상 순회 홍보 행사 진행
- 한국물류학회, 동아시아교통학회(물류분과), 로지스틱스학회, 한국자동차공학회 등 학술발표 대회 참가
- 국토교통기술대전, 국제물류기기전, 그린수송장비엑스포, 국제수송 부품산업전, 국제포장기자재전, 국제물류기기전 등 전시홍보행사 참가

○ 국내시장도입 및 해외진출을 위한 최적 마케팅 전략 수립 및 법·제도 개선 방안 도출

- 시장성 조사분석 결과를 활용한 시장성 확보 전략 수립
- 다국어 홈페이지 및 전자 카다로그 제작, 대상국가 시장 진입 가능성 검토
- 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 관련 법·제도개선 방안

2. 경량 벌크트레일러 기술 개발

○ 연비개선효과, 주행성능 시험 및 적재용량 확장에 대한 적재성능시험 등 실증적 테스트 베드 시행 계획

- 주요대상품목 운송사업자 대상 실차주행시험 구축 및 수행

구분	시연 (예상) 기업	대상구간 및 장소	대상화물	시행빈도	일정
경량 벌크트레일러	유성운수	진천 ↔ 문막	플라이애쉬(탄재등)	1회	2차년도
		진천 ↔ 평택	플라이애쉬(탄재등)	1회	(1개월)
	동백상운㈜	부여백제휴게소 ↔ 공주휴게소	플라이애쉬(탄재등)	기존 32회	2차년도
			플라이애쉬(탄재등)	개선 32회	(1개월)

○ 기술실시계약 및 기술실시 양해각서 체결을 통한 기술이전 추진

- 참여기관 간 기술실시계약
- 참여기관 외 기관과의 기술이전 가능성 검토

구분	3차년도	4차년도	4차년도 이후	기술이전 유형	기술료 유형
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러		ⓑ, ⓒ	ⓓ	통상실시권	고정기술료

주: ⓐ 기술 실시 양해각서 ⓑ 기술 실시 계약서 ⓒ 기술료 확인증 ⓓ 영업이익 발생 확인증

○ 설문응답을 통한 시장성조사 및 실수요자 대상 보완사항 검토 등 시장진입 가능성 제고를 위한 고객 니즈 파악

- 고객니즈에 기반한 시작품 보완 사항 도출
  · 관련 특장차 제조업체 및 운수업체/차주 방문 조사를 통한 시장 의견 수렴

구분	특장차 제조업체	운수업체
경량 벌크트레일러	동우특장차, 국도특장차, 강변특장차 등	고려에프에이㈜, ㈜대평종합운수, 동백상운㈜, 흥덕기업㈜ 등
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러	동우특장차, 두성특장차 등	㈜세방, 한글라스 등
경량 덤프트레일러	아이씨피, 두성특장차 등	대경산업, 전진GLS

○ 홈페이지 및 동영상 제작, 학회 발표, 전시회 참가 및 제품설명회 개최 등을 통한 개발기술 홍보 및 판로 구축

- 연구성과 홍보 웹페이지 및 동영상 제작
- 주요 고객사 및 주요 차주 집결지 대상 순회 홍보 행사 진행
- 한국물류학회, 동아시아교통학회(물류분과), 로지스틱스학회, 한국자동차공학회 등 학술발표 대회 참가
- 국토교통기술대전, 국제물류기기전, 그린수송장비엑스포, 국제수송 부품산업전, 국제포장기자재전, 국제물류기기전 등 전시홍보행사 참가

○ 국내시장도입 및 해외진출을 위한 최적 마케팅 전략 수립 및 법·제도 개선 방안 도출

- 시장성 조사분석 결과를 활용한 시장성 확보 전략 수립
- 다국어 홈페이지 및 전자 카다로그 제작, 대상국가 시장 진입 가능성 검토
- 경량 벌크/콤비/적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 관련 법·제도개선 방안

3. 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 기술 개발

○ 연비개선효과, 주행성능 시험 및 적재용량 확장에 대한 적재성능시험 등 실증적 테스트 베드 시행 계획

- 주요대상품목 운송사업자 대상 실차주행시험 구축 및 수행

구분	시연 (예상) 기업	대상구간 및 장소	대상화물	시행빈도	일정
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러	㈜세방 한글라스	여수 ↔ 광주 당진 ↔ 군산	일반화물 판유리	4회 5회	4차년도 (2개월)

○ 기술실시계약 및 기술실시 양해각서 체결을 통한 기술이전 추진

- 참여기관 간 기술실시계약
- 참여기관 외 기관과의 기술이전 가능성 검토

구분	3차년도	4차년도	4차년도 이후	기술이전 유형	기술료 유형
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러		ⓑ, ⓒ	ⓓ	통상실시권	고정기술료

주: ⓐ 기술 실시 양해각서 ⓑ 기술 실시 계약서 ⓒ 기술료 확인증 ⓓ 영업이익 발생 확인증

○ 설문응답을 통한 시장성조사 및 실수요자 대상 보완사항 검토 등 시장진입 가능성 제고를 위한 고객 니즈 파악

- 고객니즈에 기반한 시작품 보완 사항 도출

· 관련 특장차 제조업체 및 운수업체/차주 방문 조사를 통한 시장 의견 수렴

구분	특장차 제조업체	운수업체
적재용량 확장 좌우독립축 트레일러	동우특장차, 두성특장차 등	㈜세방, 한글라스 등

○ 홈페이지 및 동영상 제작, 학회 발표, 전시회 참가 및 제품설명회 개최 등을 통한 개발기술 홍보 및 판로 구축

- 연구성과 홍보 웹페이지 업데이트 및 동영상 제작
- 주요 고객사 및 주요 차주 집결지 대상 순회 홍보 행사 진행
- 한국물류학회, 동아시아교통학회(물류분과), 로지스틱스학회, 한국자동차공학회 등 학술발표 대회 참가
- 국토교통기술대전, 국제물류기기전, 그린수송장비엑스포, 국제수송 부품산업전, 국제포장기자재전, 국제물류기기전 등 전시홍보행사 참가

○ 국내시장도입 및 해외진출을 위한 최적 마케팅 전략 수립 및 법·제도 개선 방안 도출

- 시장성 조사분석 결과를 활용한 시장성 확보 전략 수립
- 다국어 홈페이지 및 전자 카다로그 제작, 대상국가 시장 진입 가능성 검토
- 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 관련 법·제도개선 방안

제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

○ 화물차량의 연비저감을 위한 공기저항 저감장치와 주행 안정성을 향상시키기 위한 와류 저감장치의 기술적용 대상은 대형 화물운송 기업과 영세 개인 화물차주 등이며 기업과의 계약을 추진하여 기업의 이윤을 향상시키고, 온실가스 저감효과를 얻을 수 있음

○ 국내 물류기업들의 매출액 규모는 대표적인 기업인 대한통운이 11억 $, ㈜한진은 6억 $ 수준으로 DPWN의 760억 $, UPS의 22조$ 수준에 비해 현격한 열세를 보임

○ 2008년 기준 중국에 진출한 (주)한진 대한통운, 동방, 현대택배, 동부익스프레스 등 대다수 물류기업들은 한국 제조업체의 중국 현지 물류서비스를 대행하면서 역량을 강화하고 있음

○ 도로부문의 연평균 수송실적 증가량은 2001년 1,343백만 톤에서 2009년 1,498백만 톤으로 1.37%의 증가세를 보임

○ 국내에서 운행중인 카고형 트레일러와 트럭형 트레일러는 약 11만7천 대로 전체 화물차 중 29.19 %를 차지하며, 이들이 잠재적 수요대상 차량임

수요대상	활용 방안 제시
▪ 택배업체의 간선노선 차량 - CJ 대한통운, DHL, 현대택배 등 ▪ 식품물류업체의 간선노선 차량 - 엑소후레쉬물류, 풀무원, KNL물류 등 ▪ 전자제품 및 부품운송업체의 간선노선 차량 - 명일, 삼성전자로지스틱스 등	

○ 영세 개인화물차주가 직접 설치하기에는 경제적 부담이 있을 수 있으므로 현재 정부차원에서 진행 중인 녹색물류전환사업의 일환으로 보조금을 수령하여 영세 개인화물차주의 유류비 지출을 감소시킬 수 있음

○ 25톤급 대형 화물차량 뿐만 아니라 5톤 이상 전체 화물차량 및 트레일러에 적용하는 것이 가능하므로 차종에 상관없이 연비개선에 기여함

○ 화물차는 특성상 특장을 하거나 개조가 되기 때문에 제품을 통일하기가 어렵기 때문에 제품을 국산화하고 보편화시켜서 차량별 설치의 어려움을 극복

- 투자대비 효과가 우수한 기술부터 국산 상용차 규격과 도로 여건에 맞도록 최적화하고 고가(620 만원 ~ 880 만원)의 수입장비에 비해 60 %이상 저렴한 300만 원 수준에 보급가능함

○ 수요자 중심의 R&D 연구와 사후조치를 통해 제품화 이후에도 사업을 확장하는 것이 가능함

- 고속도로 노선만을 주행하는 고속버스용으로 추가적인 R&D 가능
- 현재 수입되는 고가 소재를 국산화 기술 개발 가능

○ 국내 실정에 맞는 최적화 설계구현과 정부차원의 표준매뉴얼 보급정책 병행이 바람직

- 미국, 영국, 캐나다 등은 국가차원에서 풍동실험 등 연비측정 실험기술 (SAEJ1321) 결과를 통해 차종 및 규격별 공기저항감소기술 가이드라인을 제공
- 표준매뉴얼 보급을 통해 민간기업 차원에서 해당 기술을 각자 개발하는 비용과 수행오류를 줄여 기술개발 기간 축소

○ 배포된 표준매뉴얼을 통해 개발되는 공기저항 저감장치의 검인증하는 검증기관 양성

- 주행시험로를 갖춘 교통안전연구원과 같은 기관에서 공기저항 저감장치에 대해 검증 및 인증을 실시하도록 하고, 검증된 기술에 대해서는 녹색물류전환사업 보조금 지급이 되도록 유도
- 현재 난립하는 연비 개선 장치들을 제도권으로 흡수하고, 검증된 기술에 대하여 대국민 홍보(홈페이지, 보도자료 등)를 통해 실효성 있는 기술로 보급

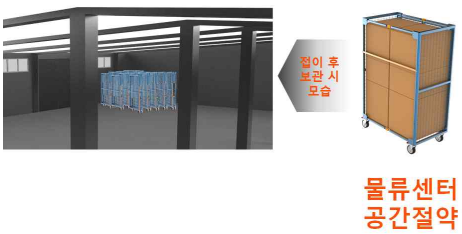
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

1. 접이식 경량 롤 컨테이너

○ 접이 및 탈부착이 가능한 운송 용기 상온 화물 및 일반적인 교통/물류/유통에서 적용이 가능하며, 국내 주요 물류/유통 기업 및 일본 세키스이, 중국 알스코 등 전 세계 메이저 제조/물류/유통 기업을 대상으로 수출 가능함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너는 75% 이상 접철이 가능한 컨테이너로 회수시 적재효율에 민감한 롤 컨테이너 전문 풀링 회사에 도입 가능성이 높으며, 기존의 롤 컨테이너가 활용되는 대형마트, 슈퍼마켓, 편의점 등에서도 활용 가능함

○ 접이식 경량 롤 컨테이너의 수요 대상 및 활용 방안 예시는 아래와 같으며, 주요 운송 품목으로는 소량 단위로 이동되는 식품, 의류, 공산품 등이 있음

수요대상	활용 방안 예시
▪ 롤 컨테이너 풀링 회사 - 로지스올, 아주렌탈 등 ▪ 유통회사 - 롯데쇼핑, 이마트, GS리테일 등	

2. 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너

○ 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너는 보관/운송/진열이 가능한 컨테이너로 생산공장 창고나 일반 물류센터에서 요구되는 보관 기능과 아울렛 및 창고형 유통 체인점에서 요구되는 운송과 진열 기능을 동시에 충족시켜 제조/물류/유통 기업 모두 활용 가능함

○ 접이식 경량 돌리 랙 컨테이너의 수요 대상 및 활용 방안 예시는 아래와 같으며, 주요 운송 품목으로는 팩토리 스토어에서 취급하는 잡화, 의류, 스포츠용품 등이 있음

수요대상	활용 방안 예시
▪ 창고형 유통체인점 - 코스트코, 트레이더스몰, 빅마켓 등 ▪ 창고형 아울렛 - 나이키, 리바이스, 한섬 등	

3. 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너

○ 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너는 산지에서 소비지까지 일괄운송을 가능하게 하는 운송용기로써, 신선식품을 취급하는 수요업체의 물류센터간 운송 또는 물류센터에서 대형마트로의 콜드체인을 모두 가능하게 하는 특징 있음

○ 냉장/냉동 탑차를 이용한 단일 온도제품의 운송방식으로 발생하는 적재공간 및 운송효율의 문제를 개발기술 컨테이너의 활용을 통한 다(多)온도 배송과 회수를 통한 연비 절감을 고객사에 제공할 수 있음

○ 기존 유사한 기능을 지닌 컨테이너 대비 개발 컨테이너는 경량 및 접이 효율성의 장점과 함께 디자인 및 높은 위생성의 장점을 지니고 있음

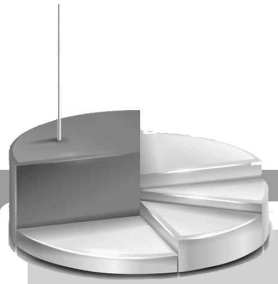
- 디자인 및 위생성에 대한 니즈가 강한 대형마트나, 물류용기 렌탈 업체, HACCP 인증 보관 창고 등에서 활용성이 높음

수요대상	활용 방안 예시
▪ 신선물류 유통 - 풀무원, 엑소후레쉬물류 , 동원산업 등 ▪ 대형마트 - 이마트, 홈플러스, 롯데마트, GS리테일 등 - 이마트 트레이더스, 코스트코, 빅마켓 등 ▪ 물류형 용기 및 장비 렌탈 업체 - 로지스올(KCP, KPP 등), AJ네트웍스/AJ토탈 등	

□ 미래 원천기술 확보 및 신산업 창출 등 활용 분야

○ 운송장비 연비 효율 증대를 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술을 개발함으로써 각각의 개발용기별 해당 기술에 대한 특허 출원 후, 연구종료 후 6개월 이내 기술실시계약을 체결함으로써 개발용기가 실제 물류 현장에 조속히 적용될 수 있도록 사업화를 추진하고자 함

○ 과거에는 독점적 구조의 외국 제품을 사용하여 신선식품 및 의약품 등을 운송함으로써 부득이 고가의 서비스 비용을 지불하였으나, 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너를 활용하여 온도관리에 민감한 화물을 전문으로 유통하는 콜드체인솔루션 서비스사업을 창출할 수 있음



제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제1절 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

제2절 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

제3절 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제1절. 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

1. 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

<표 6-1> 관련 키워드 논문 검색 결과

구분		키워드		건수
고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술	고강도 강판 및 구조 개선을 통한 경량 트레일러 기술	경량 트레일러	Lightweight trailer	29
		프레임 차량	Frame trailer	444
		섀시(섄시) 소재	Sash(Chassis) Material	185
		소재 트레일러	Material Trailer	140
		에너지 절감 트레일러	Energy saving Trailer	20
		트레일러 섀시(섄시)	Trailer Chassis	36
		트레일러 연결	Trailer Connection	58
		트레일러 조합	Trailer Combination	229
		트레일러 구조변경	Trailer structure change	26
		트레일러 타공	Trailer hole	8
		프레임 연결	Frame Connecting Link	81
		가변 트레일러	Variable Trailer	126
		평판 트레일러	Flat Bed Trailer	11
		벌크 트레일러	Bulk Trailer	25
		콤비 트레일러	Combi Trailer	1
		고강도 트레일러	High Strength Trailer	14
		알루미늄 트레일러	Aluminum(Aluminium) Trailer	30
		덤프 트레일러	Dump(Tilting) trailer	21
	좌우독립형 Stub Axle 방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술	상하조절 트레일러	Height Adjustable Trailer	0
		가변 데크(덱) 트레일러	Variable Deck Trailer	11
		이중(더블)데크 트레일러	Double-deck Trailer	6
		(좌우)독립현가형 액슬	Stub Axle	22
		다용도 카고 트레일러	Cargo Trailer	68

○ “고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술” 관련 연구 동향을 분석하기 위하여 고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술 및 좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술 관련 논문 동향을 분석함

- 한국과학기술정보연구원(Korea Institute of Science and Technology Information, KISTI)에서 제공하고 있는 국가과학기술정보센터 NDSL(National Digital Science Library)을 이용하여 관련 논문을 검색함
- 연구 동향 분석의 시간적 범위는 2017년 3월까지를 기준으로 함

○ 본 과제의 “고강도 강판 및 구조개선을 통한 경량트레일러 기술” 및 “좌우독립형 Stub Axle방식 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 기술”과 관련된 키워드를 활용하여 논문을 검색하였으며, 각각의 키워드에 따른 논문 발행 건수를 조사하였음

- ‘프레임 차량’(444건), ‘트레일러 조합’(229건), ‘섀시(샤시) 소재’(185건), ‘소재 트레일러(140건)’ 순으로 다수의 논문이 발행됨

○ 관련 키워드를 통해 검색된 총 1,591건의 발행 논문을 바탕으로 중복 검색된 논문 및 본 과제와 관련이 없는 논문을 삭제하여 총 188건의 관련 논문이 필터링 되었으며, 이 중 본 과제의 연구내용과 직접적 관련성이 있거나 응용가능성 여부를 기준으로 2차 필터링한 결과 총 132건의 발행 논문이 검색되었고 이를 ‘고강도화’, ‘경량화’, ‘안정성 확보’, ‘기타’ 분야로 구분하여 발행 논문 동향을 분석함

○ 1980년대 이전부터 현재까지 키워드 검색으로 도출된 논문 발행 건수는 전체 132건으로 관련 논문이 점차 증가하는 추세를 보이고 있으며 2000년 이후 94건으로 전체 관련 논문의 71.2%를 차지함

- 국내 및 국외의 논문 발행 건수 또한 점차 증가하고 있으며, 국내의 경우 관련 논문 발행 건수가 1990년대 2건에서 2000년대 들어 23건으로 크게 증가하였으나 국외 논문 발행 건수와 많은 차이를 보임

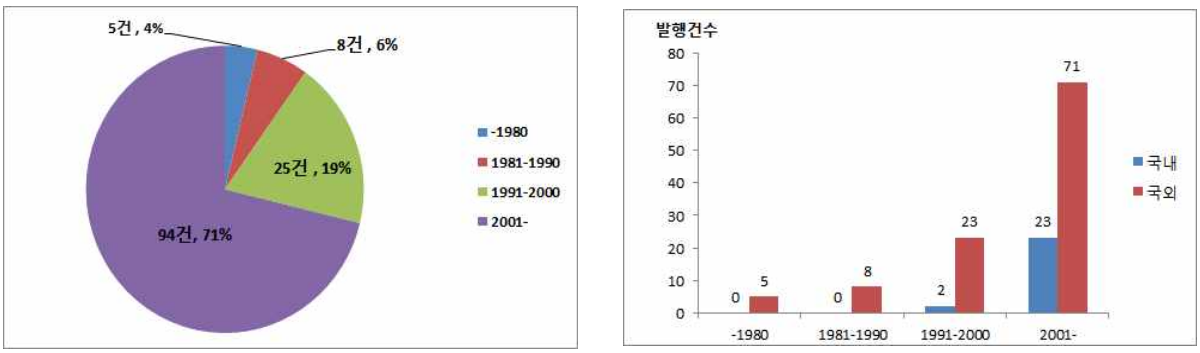
○ 총 132건의 발행 논문을 4개 분야로 구분하여 살펴보면 기타 분야를 제외하고 안정성 분야 관련된 논문이 36건으로 전체의 27.3%를 차지하며 경량화 분야(22.7%), 고강도 분야(22.7%) 순임

- 4개 분야 논문을 국내 및 국외로 구분하면 국외의 경우 안정성(34건), 고강도(23건), 경량화(20건) 순으로 안정성 분야에 가장 활발한 연구가 이루어지고 있음

- 국내의 경우 경량화 분야(10건), 고강도 분야(7건), 안정성(2건)으로 경량화 분야와 고강도 분야에서 비교적 활발한 연구가 이루어지고 있음

<표 6-2> 국내/외 논문 주제 현황

순위	국내			국외		
	주제 분야	건수	비중	주제 분야	건수	비중
1	경량화	10	40.0%	안정성	34	31.8%
2	고강도	7	28.0%	기타	30	28.0%
3	기타	6	24.0%	고강도	23	21.5%
4	안정성	2	8.0%	경량화	20	18.7%



<그림 6-1> 연도별 국내외 논문 발행 건수 및 비중



<그림 6-2> 분야별 국내외 논문 발행 건수 및 비중

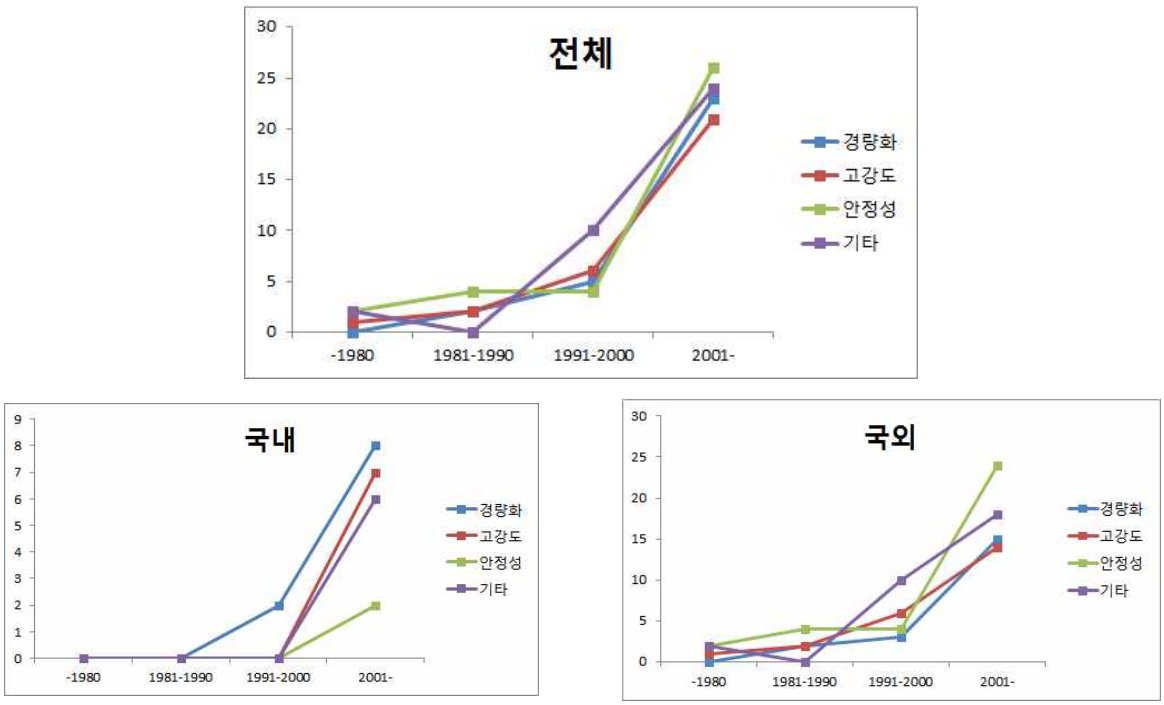
○ 2000년 이후 발행된 관련 분야 연구가 전체의 71.2%를 차지하는 등 급증하는 추세를 보이고 있으며, 분야별로 살펴보면 안정성, 경량화, 고강도 분야에서 비슷한 증가세를 보이고 있음

○ 국외의 경우 2000년 이전 총 발행건수가 10건이던 안정성 분야의 연구에서 2000년을 기점으로 24건이 발행되어 가장 높은 증가세를 보이고 있음

- 반면 고강도 분야의 발행건수가 2000년 이후 14건(2000년 이전 총 9건)으로 가장 낮은 증가세를 보이고 있으며, 기타 분야의 경우 2000년 이후 18건(1990년대 이전 총 12건)으로 꾸준히 연구되고 있음

○ 국내의 경우 2000년대 들어 경량화 및 고강도 분야의 발행건수가 각각 8건, 7건으로 증가하여 활발히 연구되고 있으나, 국외와 달리 안정성 분야의 연구는 비교적 제한적인 것으로 확인됨

○ 각종 부품 및 가변형 트레일러 기술 개발을 포함하는 기타 분야의 연구는 국내외 모두 꾸준히 증가하는 추세임



<그림 6-3> 분야별 국내외 논문 발행 건수 추이

2. 주요 연구실적

□ 국내

○ 1990년대부터 시작된 경량화 분야 관련 연구는 점차 증가하는 추세로 권영규 외(1998)는 알루미늄 합금 차체 설계에 대한 분석을 연구하였으며, 2000년대 들어 최근에는 김진곤·윤민수(2010)는 고강도강으로 대체된 대형 평판 트레일러 프레임의 경량모델을 개발하기 위한 구조해석을 수행하였음

- 1998년부터 현재까지 알루미늄 합금, 고강도 강판 등의 경량화 소재를 트레일러/새시에 적용한 경량 설계 및 구조해석이나 새시 부품에 대한 연구가 경량화 분야의 주요 연구 동향으로 나타남

○ 고강도화 분야는 김진곤 외(2012)에 의해 유한요소해석을 통한 벌크시멘트 트레일러의 정동적 특성 분석 이후 장홍석 외(2015)의 HARDOX, ATOS60등 고장력강의 용접부 특성에 대한 연구까지 트레일러 자체 구조강도 향상 뿐만 아니라 고강도강 소재를 적용한 강도 확보 방안까지 영역을 확대해가는 추세임

○ 안정성 분야의 경우 틸팅 열차 프레임의 구조안전성 및 피로강도에 대한 연구가 일부 진행되었으나 대형차량 및 트레일러에 적용한 연구는 없음

○ 기타 분야는 각종 부품 및 가변형 트레일러 기술 개발을 포함하고 있으며, 본 연구와 관련성이 유사한 연구로는 평판 스프링 현가장치 개발, 대형 차량용 독립현가형 액슬 개발 연구 등이 있음

- 2008년 최초로 홍종호·박원엽(2008)은 평판 트레일러의 충격 및 진동을 최소화하기 위한 충격흡수장치인 평판 스프링 현가장치 개발에 따른 기존 트레일러와의 충격 및 진동을 비교·분석하는 연구를 진행함
- 박병수(2014)는 대형 차량용 독립현가형 액슬 개발연구로 독립현가형 액슬에 대한 국내 고유 설계기술, 제작기술 등을 제안하였음

□ 국외

○ 국외의 경량화 관련 연구 동향은 2000년대 이전 차량 경량화를 위한 알루미늄 평판 소재 분석(Pennington, 1986) 및 알루미늄 드롭데크(drop deck) 트레일러 개발(Fleet equipment, 1998) 등 알루미늄 소재를 활용한 차체 경량화 연구가 주로 진행되었으며, 2000년대 이후에는 다용도 알루미늄 트레일러 연결(Smith, Seksaria, and Shoup, 2004) 및 적재환경을 고려한 평판 트레일러의 구조 강도 평가(Harinarayanan, 2013) 등의 연구를 수행함

○ 국외의 고강도화 분야 연구 역시 국내와 마찬가지로 FEA 등 다양한 해석 기법 적용을 통한 트레일러 구조의 최적화, 하중분산 연구 및 신규 고강도강 소재의 적용을 위한 물질 특성 연구, 가공 기법에 대한 연구가 주류를 이룸

○ 국내와 달리 국외에서는 안정성 및 기타 분야 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근

연구 동향은 유로콤비와 같이 안전하게 트럭과 트레일러를 연결시키기 위한 안정적인 제어장치 개발(Sklyarenko, Schreiber, and Schumacher, 2013) 및 다중축 차량의 안전성 분석(Aoki, Marumo, and Kageyama, 2011) 등 트럭 트레일러 가변형 차량의 안전성과 관련된 연구가 다수 진행되었음

- 2000년대 이전에는 바이모달 트레일러 및 다용도의 세미 트레일러의 형태와 트랙터와의 연결방법에 대한 연구가 주를 이루었고, 2000년대 이후에는 안정성 및 안전성과 다용도 트레일러의 시스템적 관점에 대한 논문이 주요 연구 동향으로 분석됨

- 또한 더블 데크(Double deck) 등의 기술을 이용한 가변형 트레일러 연구를 통해 기능성을 부여하는 연구를 수행중임

<표 6-3> 국내/외 대표 논문 현황

주제	대표 논문	국적	년도
경량화	▪ Ravens develops aluminum dropdeck trailer	국외	1998
	▪ 관절형 차량의 알루미늄 합금 차체 설계에 관한 연구	국내	1998
	▪ Development of a Multi-Product Aluminum Trailer Hitch Assembly	국외	2004
	▪ 다구찌기법을 이용한 대형 평판트레일러 하부프레임 경량설계	국내	2008
	▪ 위상최적설계기법을 이용한 초경량 트레일러 연구	국내	2010
	▪ Evaluation of Structural Strength of Flatbed Trailer for Service Loading Conditions	국외	2013
고강도화	▪ Fatigue life analysis of a new semi-trailer frame based on FEA method	국외	2010
	▪ 벌크 시멘트 트레일러의 정동적 유한요소해석	국내	2012
	▪ Analysis of the torsional rigidity of a dump semi-trailer under unfavourable load conditions	국외	2014
	▪ The Use of Sophisticated Materials in the Construction of an Ultra-Light Trailer	국외	2014
	▪ 파형 기울기 제어 용접을 이용한 초고장력 강판의 피로특성 연구	국내	2015
	▪ 고장력강 용접부에 대한 내구수명 예측 방법 연구	국내	2015
안정성	▪ Maneuvering assistant for truck and trailer combinations with arbitrary trailer hitching	국외	2013
기타	▪ 수송 트레일러의 충격흡수장치 개발(III) -평판 스프링 현가장치-	국내	2008
	▪ 대형 차량용 독립현가형 액슬 개발 연구	국내	2014
	▪ The Turning Radius Analysis for Pneumatic Beam Transport Trailer of Principal and Subordinated Vehicle Model with Combination of Four-Wheel Steering and Articulated Frame	국외	2013
	▪ Design of a double-deck automatic guided vehicle with magnetic traction for material transporting	국외	2014

제2절. 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

1. 해외 연구 동향 및 학술적 성과

가. 연구 동향

○ “화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술” 관련 학술적 연구 동향을 분석하기 위하여 한국과학기술정보연구원(Korea Institute of Science and Technology Information, KISTI)에서 제공하고 있는 국가과학기술정보센터 NDSL(National Digital Science Library)을 이용하여 관련 논문을 검색함

○ 본 과제와 관련된 Vortex generator, Gap fairing, Boat tail, Roof fairing, Aerodynamics, Drag reduction, Resistance reduction 등의 키워드를 활용하여 논문을 검색하였음

- 각각의 키워드에 따른 논문 발행 건수는 Aerodynamics(87건), Drag reduction(52건), Resistance reduction(5건), Roof fairing(3건), Gap fairing(1건), Boat tail(1건), Vortex generator(0건) 순으로 총 149건의 논문이 검색되었음
- 키워드로 검색된 결과 중에서 본 연구 과제의 주제와 관련이 있는 논문은 149개로 최종 집계됨. “Aerodynamics”로 검색된 관련 논문이 87건으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 “Drag reduction”(52건)과 “Resistance reduction”(5건)으로 그 뒤를 잇는 추세임

<표 6-4> 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술 관련 키워드 논문 검색 결과

키워드		건수	비율
와류 발생기	Vortex generator	0	0
갭 페어링	Gap fairing	1	0.7%
보트 테일	Boat tail	1	0.7%
루프 페어링	Roof fairing	3	2%
공기역학	Aerodynamics	87	58.4%
항력 감소	Drag reduction	52	35%
공기저항	Resistance reduction	5	3.4%
합계		149	

○ 공기저항 및 와류 저감장치 기술에 관한 연구 논문이 1976년도부터 시작되어 현재까지 꾸준히 게재되어 왔고, 특히 2001년부터 2010년 사이에 많은 연구가 이루어짐

○ 그 중 공기역학에 관한 내용이 가장 많고, 항력감소 관련 논문이 그 뒤를 이음. 1980년대 이전부터 최근까지의 연구 동향을 살펴보았을 때, 2000년대 이후로 공기저항 저감기술과 운행 안정성에 대한 관심이 크게 높아지고 있음

○ 키워드별로 살펴보았을 때 공기역학(87건)이 가장 많은 관심을 받은 연구 주제였고, 그 다음으로 항력 감소(52건), 공기저항(5건), 루프 페어링(3건) 순임

나. 학술적 성과

○ R. Verzicco, M. Fatica, G. Iaccarino and P. Moin, “Large eddy simulation of a road vehicle with drag reduction devices”, 2002[41)]

- 공기 저항 저감을 위해 형상 후단부에 cavity를 장착하거나, boat-tail 형상을 채택하여, 각각의 경우에 후류가 어떻게 변화되는지에 대해 일반적 형상과 비교

○ T. Dunn, R. McCallen and K. Salari, “Computation simulation of a heavy vehicle trailer wake” J. Ortega, 2004[42)]

- 화물차 주위 유동 현상이 공기 저항에 미치는 영향을 알아보기 위한 수치해석 연구를 수행

○ K. Salari, J. Ortega and P. Castellucci, “Computation prediction of aerodynamic forces for a simplified integrated tractor trailer geometry” 2004[43)]

○ C. Roy, J. Payne, M. McWherter-Payne and K. Salari, “RANS simulations of a simplified tractor trailer geometry” 2006[44)]

○ J. Leuschen and K. Cooper, “Full-Scale Wind Tunnel Tests of Production and Prototype, Second-Generation Aerodynamic Drag-Reducing Devices for Tractor-Trailers” 2006[45)]

- National Research Council of Canada(NRC)에서 진행한 연구결과로 시험부 크기가 9m X 9m인 풍동에서 실차 모델을 이용하여 항력저감장치들의 연비저감 효과를 실험을 통해 밝힘

○ R. Pankajakshan, B. Mitchell and D. Whitfield, “Full scale simulations of drag reduction devices for class 8 trucks”, 2009[46)]

- Generic conventional model(GCM) 형상의 화물차량에 걸리는 공기저항을 알아보기 위해 유동 해석을 수행

○ E. Guilmineau, G. Deng and J. Wackers, “Numerical simulation with a DES approach for automotive flows” 2011[47)]

- 자동차 부근에서 발생하는 유동특성을 알아보기 위해, Ahmed body 형상을 이용하여 DES를 수행함

○ D. Hyams, K. Sreenivas, R. Pankajakshan, D. Nichols, W. Briley and D. Whitfield, “Computational simulaltion of model and full scale class 8 trucks with drag reduction devices” 2011[48)]

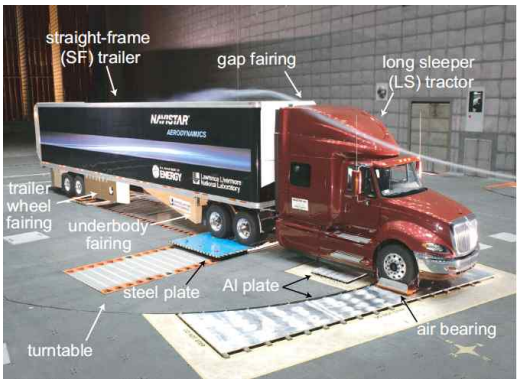
---

41) R. Verzicco, et al.(2002) “Large eddy simulation of a road vehicle with drag reduction devices”, AIAA J. 40:2447-55
42) J. Ortega et al.,(2004) “Computation siulation of a heavy vehicle trailer wake”, See McCallen et al, pp. 219-330
43) K. Salari et al (2004), “Computation prediction of aerodynamic forces for a simplified integrated tractor trailer geometry”, AIAA Fluid Dyn. Conf. Exhib., 34th, Portland, OR., 2004-2253
44) C. Roy et al (2006) “RANS simulations of a simplified tractor trailer geometry”, J. Fluid Eng. 128:1083-89
45) Jason Leuschen et al (2006), “Full-Scale Wind Tunnel Tests of Production and Prototype, Second-Generation Aerodynamic Drag-Reducing Devices for Tractor-Trailers”, SAE international, pp. 1-8
46) R. Pankajakshan et al.,(2009) “Full scale simulations of drag reduction devices for class 8 trucks”, See Browand et al. pp. 339-48
47) E. Guilmineau et al.(2011), Numerical simulation with a DES approach for automotive flows, J. Fluid Struct. 27:807-16
48) D. Hyams et al(2011), “Computational simulaltion of model and full scale class 8 trucks with drag reduction devices”, Comput.Fluids

- 1:8 스케일의 GCM 형상의 tractor-trailer에 대해 수치해석 연구를 수행함

○ J. Ortega, K. Salari, A. Brown, R. Schoon, “Aerodynamic drag reduction of class 8 heavy vehicles: a full-scale wind tunnel study”, 2013[49)]

- Class 8 heavy vehicle[50)]에 부착한 항력감소 장치의 항력 저감 효과를 알아보기 위한 실험적 연구



<그림 6-4> 실험에 사용된 class 8 vehicle 및 부착된 항력감소 장치

○ D. Soper, C. Baker, M. Sterling, "An experimental investigation to assess the influence of container loading configuration on the effect of a crosswind on a container freight train", 2015[51)]

- 화물 container에 불어오는 횡풍이 container 표면 압력에 미치는 영향을 실험적으로 고찰함

○ S. Krajnovic, "What can LES do in vehicle aerodynamics?", 2016[52)]

- LES를 이용하여 heavy vehicle 주위 유동을 연구하면 주행 안정성 및 승차감(crosswind stability and vehicle comfort) 개선에 도움이 된다는 점에서 의미가 있다고 주장. 이는 본 과제의 수치해석적 연구에서 LES를 사용한 이유이기도 함

다. 학술적 흐름

- 외국에서 수행된 트럭에 대한 수치 해석 연구들을 종합해 보면, 거의 대부분 실험결과가 있는 GTS, GCM 및 Ahmed body 형상의 차량들을 대상으로 계산을 수행한 것을 알 수 있음

- 여러 난류 모델을 이용하여 트럭 주위 유동을 계산한 수치해석 결과를 실험과 비교, 분석하고 있으며, 난류를 계산하는데 LES나 DES등을 도입하려는 시도가 증가하는 추세임

- 트럭에 부착한 공기 저항 저감 장치의 효과를 알아보기 위해 가장 구체적인 형상정보가 나와있는 GCM을 정렬격자계로 구성하고, LES로 해석한 내용은 아직까지 없음. 이것은 그리드 작성의 난해함과 계산시간의 부담에 의한 것으로 생각됨

41:27-40

49) J. Ortega et al.(2013) “Aerodynamic drag reduction of class 8 heavy vehicles: a full-scale wind tunnel study”, Lawrence Livermore National Laboratory, pp.1-49

50) 차량 총 중량에 따라 나눈 등급 기준

51) D. Soper et al(2015) "An experimental investigation to assess the influence of container loading configuration on the effect of a crosswind on a container freight train", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 145:304-317

52) S. Krajnovic (2016) "What can LES do in vehicle aerodynamics?", The Aerodynamics of Heavy Vehicles III, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics 79, pp.311-326

- 외국에서 수행된 실험적 연구들을 종합했을 때, NRC에서 진행한 프로그램이 가장 대표적이며, 실차에 공기저항 저감장치를 부착한 후, 항력 및 연간 연료 소비량 감소에 대해 조사하여 실험적 데이터를 구축하였음.
- 갭 페어링, 보트 테일, 스커트, 언더바디 페어링 등 매우 다양한 항력 감소장치들의 효과를 실험적으로 확인하였으나, 차종 및 운행 환경 등에 영향을 많이 받기 때문에 이 실험결과를 그대로 국내에 적용하기에는 무리가 있음

2. 해외 특허 동향

가. 특허 동향

○ 도로화물 운송 효율화를 위한 공기저항 저감기술 개발과 관련하여 2011년 12월까지 출원공개 된 미국, 일본 및 유럽 공개특허와 2012년 12월까지 출원등록된 미국특허를 검색하여 분석함

○ 도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술의 Raw data에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함

<표 6-5> 유효특허 선별기준

대분류	중분류	소분류	검색식 골격	노이즈제거 및 유효특허추출기준
도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술 개발 (A)	화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술 (AA)	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술 (AAA)	화물차 공기저항을 감소시키기 위해 부착하는 보조장비/도료에 대한 기술	▪ 화물차 공기저항을 감소시키기 위해 부착하는 보조장비는 유효 data로 분류함 ▪ CAB ROOF FAIRING, ECO FLAP, SIDE & UNDER SKIRT 기술은 유효 data로 분류함(AAA) ▪ 트랙터와 트레일러 사이의 갭이나 뒷부분에 발생하는 와류를 방지하기 위한 GAP REDUCER, BOAT TAIL 기술은 유효 data로 분류함(AAB) ▪ 공기저항을 최소화하기 위한 포장 도료, 머드 트랩 등은 유효 data로 분류함(AAC)
		화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비 기술 (AAB)		
		화물차 운행 중 공기저항 최소화 도료기술 (AAC)		

○ 위의 선별기준을 적용하여 유효특허를 선별한 결과, 다음 표와 같은 결과가 도출되었음

- 화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AA)분야의 경우, 화물차 공기저항 최소화 도료기술 51건이 도출됨

<표 6-6> 도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술의 유효특허 선별 결과

대분류	중분류	소분류	유효특허 건수			
			미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	계
도로운송부문 장비 경량화 및 연비 개선 기술 개발 (A)	화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술 (AA)	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술 (AAA)	231	122	87	532
		화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비 기술 (AAB)	34	12	12	68
		화물차 운행 중 공기저항 최소화 도료기술 (AAC)	16	15	1	51

□ 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 출원국

○ 출원인 모두 자국 시장에 집중하고 있음

<표 6-7> 경쟁자 landscape

구분	출원인	출원인 국적	주요IP 출원국(건수, %)				특허 출원 증가율 (최근5년)	주력기술분야
			미국	일본	유럽	IP 출원국 종합		
광범위 특허 기준 상위 출원인	ISUZU MOTORS LTD	일본	0	37 97.4%	1 2.6%	자국	-20%	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비기술 (AAA)
	HINO MOTORS LTD	일본	0	28 100%	0	자국	40%	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비기술 (AAA)
화물 한정 특허 기준 상위 출원인	INT TRUCK INTELLECTUAL PROP CO	미국	33 80.5%	0 0%	8 19.5%	자국	300%	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비기술 (AAA)

□ 연도별 특허 동향

○ 각 기술별 특허 출원에 대한 전반적인 흐름을 파악하기 위해 연도별 출원 동향을 살펴봄

○ 화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비기술(AAA)은 출원 건수가 꾸준히 증가하는 추세를 보이며, 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AA) 중에서 가장 많이 출원됨

○ 화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비기술(AAB) 및 화물차 운행 중 공기저항 최소화 도료기술(AAC)은 출원 건수는 적지만, 점차 증가하는 추세를 보임

□ 국가별 특허 동향

○ 2011년 12월까지 출원공개된 미국, 일본 및 유럽 공개특허와 2012년 12월까지 출원 등록 된 미국 등록특허를 분석 대상으로 하여 국가별 세부기술 점유율 현황을 살펴봄

- 화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술(AAA)의 유효 특허는 공기저항 감소를

위한 운송장비 지원 기술(AA)중에서 가장 높은 유효 특허 건수를 보임. 전체중 미국의 특허 비율이 52%를 차지하며, 일본 28%, 유럽 20%의 순으로 나타남

- 화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비 기술(AAB)의 유효 특허 비율은 미국이 가장 많은 34건으로 전체의 74%를 차지하며, 일본과 유럽이 각각 13%으로 나타남
- 화물차 운행 중 공기저항 최소화 도료기술(AAC)의 유효 특허 비율은 미국 50%, 일본 47%, 유럽 3%의 순으로 나타남
- 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AA)과 관련한 유효 특허의 최대 보유국은 미국으로 281건이며, 일본 149건, 유럽 100건의 순으로 나타남

<표 6-8> 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AC)의 유효특허 선별 결과

중분류	소분류	유효특허 건수			
		미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	계
화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술 (AA)	화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술 (AAA)	231	122	87	440
	화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비 기술 (AAB)	34	12	12	58
	화물차 운행 중 공기저항 최소화 도료기술 (AAC)	16	15	1	32

□ **주요출원인 특허동향**

○ 주요출원인의 특허 집중도 현황을 살펴보면 대부분의 특허가 화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술(ACA)과 화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비 기술(ACB)에 집중되어 있음.

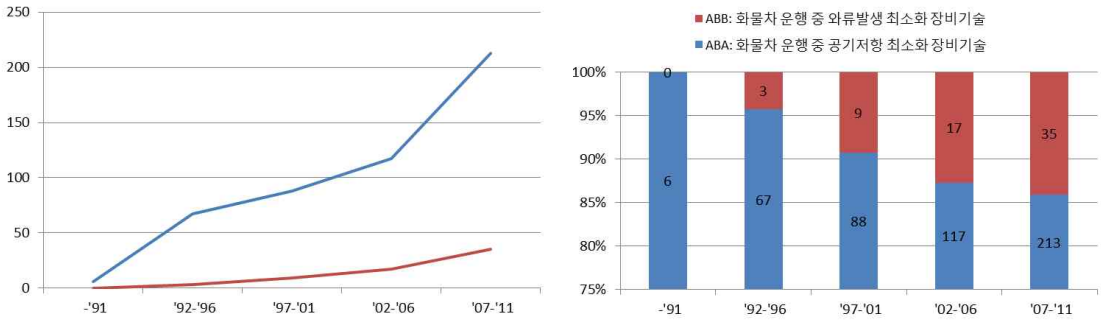
○ 화물차 운행 중 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원기술(AC)의 주요 출원인은 INT TRUCK INTELLECTUAL PROP이며, 화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비 기술(ACA)에 대한 출원 비율이 높음

○ 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 출원국을 살펴보면 공기저항 감소를 위한 운송장비 지원 기술(AA)분야는 모두 자국 시장에 집중하고 있음

나. 세부기술 분석

○ 운행 중 공기저항 감소기술(AA) 중에서 화물차 운행 중 공기저항 최소화 장비기술(AAA)에 대한 특허 출원 건수가 꾸준히 증가하고 있음

- 화물차 운행 중 와류발생 최소화 장비기술(AAB)은 출원 건수가 적지만 점차 증가하는 추세를 보임



<그림 6-5> 운행 중 공기저항 감소기술의 시대별 점유증가율 분석

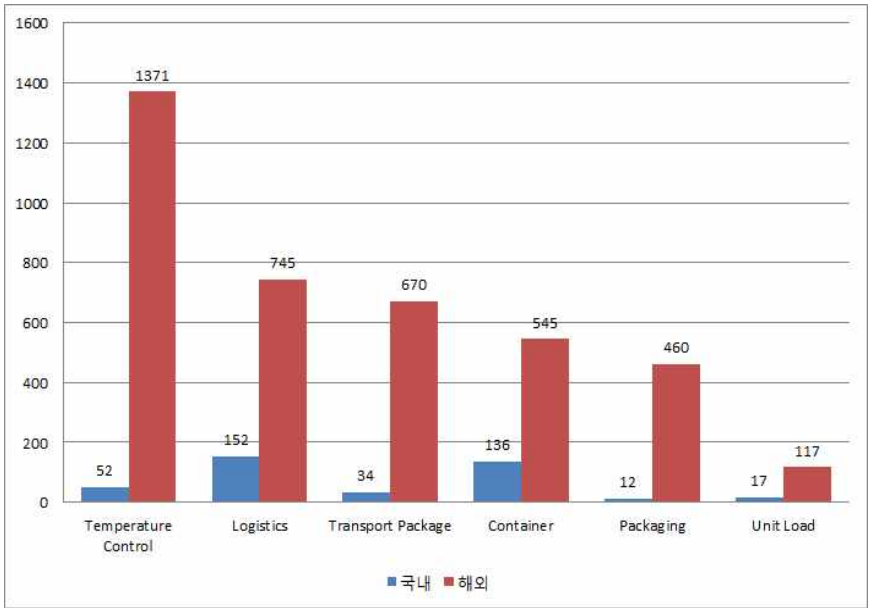
제3절. 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

1. 국내외 연구 동향 및 학술적 흐름분석

○ “운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술” 관련 연구 동향을 분석하기 위하여 물류 운송 관련 논문 동향을 분석하였음

- 한국과학기술정보연구원(Korea Institute of Science and Technology Information, KISTI)에서 제공하고 있는 NDSL(National Digital Science Library)에서 ‘Transport and Temperature Control’, ‘Transport and Logistics’, ‘Transport and Transport Package’, ‘Transport and Container’, ‘Transport and Packaging’, ‘Transport and Unit Load’를 키워드로 관련 논문을 검색하였으며 본 과제와 관련성이 높은 Transport와 Logistics 키워드에 대해 중점적으로 검토하였음

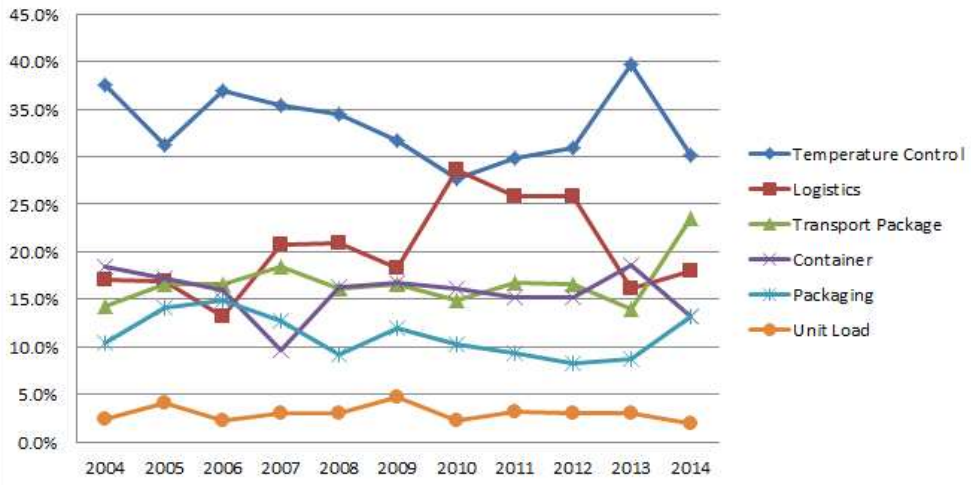
- ‘04~‘14년 기간 동안 키워드 검색으로 도출된 논문 발행 건수는 전체 4,311건으로 이 중 키워드 Temperature Control의 논문 발행건수가 가장 많은 1,423건으로 전체의 33%를 차지하며 다음으로 Logistics, Transport Package, Container, Packaging, Unit Load 순임



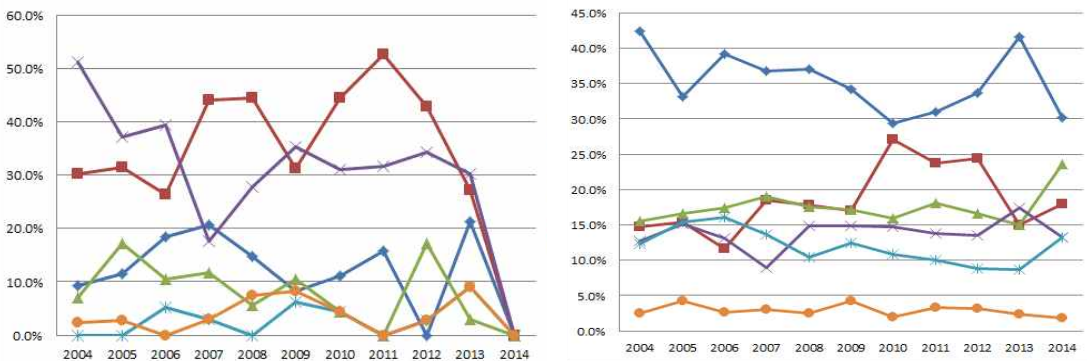
<그림 6-6> 국내외 키워드별 논문 발행 현황

○ 한국의 전체 논문 발행 건수는 403건으로 나타났으며, 이 중 Logistics가 152건(33.7%)으로 가장 많고, Packaging이 12건(3.0%)으로 가장 적음

- '04~'14년 기간 동안 연평균 논문 발행 건수는 391.9건으로 이 중 키워드 Temperature Control은 129.4건, Logistics는 81.5건임
- '04~'14년 기간 동안 한국에서의 키워드 Logistics에 대한 논문 발행 비율은 증감을 반복하고 있지만 평균적으로 증가하고 있으며, Container에 대한 논문 발행 비율 또한 꾸준히 증가하고 있는 추세임
- '04~'14년 기간 동안 Temperature Control에 대한 해외에서의 논문 발행 비율은 35.1%로 한국 12.9%보다 높은 수준을 유지하고 있으며 Logistics에 대한 논문 비율은 '12년 24.4%로 가장 높은 비중을 차지하였지만 이후 조금씩 감소하는 추세임



[전체]



[국내] [국외]

<그림 6-7> 국내외 키워드별 논문 발행 현황

○ 키워드 Temperature Control에 대한 국내/외 논문의 주제 현황은 국내는 Engineering and allied operations가 35.3%, 해외는 Physics가 29.1%를 차지 함

<표 6-9> Temperature Control 키워드 국내외 논문 현황

순위	국내			해외		
	주제분야	건수	비중	주제분야	건수	비중
1	Engineering and allied operations	6	35.3%	Physics	178	29.1%
2	Heating, ventilating, air-conditioning engineering	3	17.6%	Applied physics	170	27.8%
3	Applied physics	3	17.6%	Engineering and allied operations	104	17.0%
4	Geology, hydrology, meteorology	3	17.6%	Geology, hydrology, meteorology	93	15.2%
5	Crystallography	2	11.8%	Physical chemistry	66	10.8%

<표 6-10> Temperature Control 키워드 국내외 대표 논문

주제 분야 (온도 관리)	대표 논문	국적	년도
Physics	▪ Magnetic property effect on transport processes in resistance spot welding	해외	2011
	▪ Temperature and composition profile during double-track laser cladding of H13 tool steel	해외	2010
Applied physics	▪ Nondimensionalized analysis on surface temperature control of an insulated vertical wall	국내	2011
	▪ Development of a two-dimensional thermohydraulic hot pool model and its effects on reactivity feedback during a utop in liquid metal reactors	국내	2009
	▪ A method for quantitative risk assessment of temperature control in insulated boxes	해외	2009
	▪ Study on heat transfer characteristics of reservoir embedded loop heat pipe(Influence of condenser cooling method on heat transfer characteristics)	해외	2009
Engineering and allied operations	▪ 단순화한 챔버에서의 유체의 흐름과 온도분포	국내	2005
	▪ Control of decay heat removal through alternate system in PFBR	해외	2013

○ 키워드 'Logistics'에 대한 국내/외 발행 논문의 주제 현황은 국내의 경우 General management가 7건(25.9%)으로 가장 높은 비중을 보임. System, Engineering of railroads and roads 가 4건(14.8%)로 그 뒤를 따름

<표 6-11> General Management 키워드 국내외 논문 현황

순위	국내			해외		
	주제분야	건수	비중	주제분야	건수	비중
1	General management	7	25.9%	General management	82	44.3%
2	Systems	4	14.8%	Commerce, communications & transportation	30	16.2%
3	Engineering of railroads and roads	4	14.8%	Applied physics	22	11.9%
4	Office services	3	11.1%	Engineering and allied operations	17	9.2%
5	Engineering and allied operations	3	11.1%	Technology of explosives, fuels, related products	13	7.0%
6	Geology, hydrology, meteorology	3	11.1%	Diseases	12	6.5%
7	Public administration & military science	3	11.1%	Special computer methods	9	4.9%

<표 6-12> General Management 키워드 국내외 대표 논문

주제 분야	대표 논문	국적	년도
Engineering and allied operations	▪ Strategies for improving a long-established terminal's performance: a simulation study of a Turkish container terminal	해외	2013
	▪ Dynamic indoor localization using multilateration with RSSI in wireless sensor networks for transport logistics	해외	2010
General management	▪ 신선농산물 수출 물류시스템 개선에 관한 연구	국내	2008
	▪ Truck-sharing challenges for hinterland trucking companies: A case of the empty container truck trips problem	해외	2014
	▪ Performance evaluation of an online benchmarking tool for European freight transport chains	해외	2013
	▪ The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains	해외	2013
Engineering of railroads and roads	▪ 포장모듈 표준화 효과의 평가 방법 연구	국내	2008
Applied physics	▪ 로짓모형을 이용한 화물 품목별 화물운송 시간가치 산정 연구	국내	2009
	▪ Concept of transport-oriented scheduling for reduction of inbound logistics traffic in the automotive industries	해외	2011
	▪ Structural concepts for horizontal cooperation to increase efficiency in logistics	해외	2011

2. 국외 주요 논문

○ Shenle Pan 외 2명[53], 2013

- 낙후된 유통경로의 변경으로 환경에 어떠한 영향을 미치는지 분석함
- 프랑스의 주요 소매상의 실질 데이터를 분석하고 유통경로를 최적화하여 육로와 철로상의 이산화탄소 감소량을 계산
- 파렛트 사용과 회수에 대한 최적의 모델을 완성하였고 완성된 모델을 바탕으로 실질적으로 시장에 적용을 하였으며, 주간 파렛트 사용량과 운송방법에 따라 50 ~ 1257톤의 이산화탄소 감축효과를 얻을 수 있었음
- 유통경로의 최적화와 더불어 회수용기 적재효율 향상을 위한 방법을 적용한다면 보다 효과적인 이산화탄소 감소효과가 기대됨

○ A. East 외 2명[54], 2009

- 4×4 총 16개(375㎖)의 음료 캔 밑면에 냉매(무동력/에너지고효율 온도유지 운송용기)를 넣어 유통 중 제품의 온도를 유지시켜주는 박스(인증된 박스, 여름용 박스, 겨울용 박스, 여름&겨울용 박스)를 실험의 대상으로 현지 유통환경을 검증함
- 시드니에서 멜버른까지 24시간의 운송기간 동안 박스 내부의 온도변화 관찰을 통하여 총 물동량의 16.5%의 화물에서 온도 유지가 실패함

○ Samsul Islam, Tava Olsen[55], 2013

- 트럭의 공유, 유통과정과 차량관리의 공동화를 이루기 위한 효율적인 방법을 탐구하는 것을 목적으로 함
- 트럭공유의 초기에 운전횟수의 제한 등 많은 부분 통제가 되지 못하였지만, '구조적인 공차의 활용'을 통하여 효율적인 트럭공유를 달성함

○ 국외연구의 학술적 흐름 분석

- Temperature Control에 대한 국외 연구동향을 정리해보면, 총 연구 비중 중 관련 연구비중(35.1%)이 국내 연구비중(12.9%)보다 높은 수준을 유지하고 있으나 컨테이너나 포장부분에 직접적인 적용을 찾아보기는 힘듦
- 해외의 경우 General Management 주제에 대한 학술연구(82건)가 같은 기간 국내(7건)에 비해 압도적으로 많은 건수의 연구가 진행되어, 공차의 활용 방안 및 효율적인 유통과정 방안 구축 등 정량적인 데이터가 다수 구축되었음
- 국외 정량적인 데이터를 국내 물류환경에 적용하기에는 기후의 차이, 유통경로의 차이, 지리적 특성 등의 이유로 직접적인 적용이 어려움

---

53) Shenle Pan 외 2명(2013), The reduction of greenhouse gas emissions form freight transport by pooling supply chains, Int. J. Production Economics, 143, 86~94

54) A. East 외 2명(2009), A method for quantitative risk assessment of temperature control in insulated boxes, International journal of refrigeration, 32, 1505~1513

55) Samsul Islam, Tava Olsen(2013), Truck-sharing challenges for hinterland trucking companies, Business process management journal, Vol. 20 No. 2, pp. 290~334

3. 표준화 동향

○ 국내에서는 신선 택배 물류에 대한 규정 및 표준은 없으나, 신선 농·축산물의 품질과 위생에 대한 소비자들의 인식제고, 국내외 물류환경변화, 글로벌 식품/의약품 등의 이동 빈번, 각국의 법규 강화 등으로 인해 표준화에 대한 수요가 증가하고 있으며, 참여기관인 한국건설생활환경시험연구원에서 신선물류에 대한 국제/국내 표준화 작업을 선도하고 있음

○ 또한, 포장분야 국내전문가들이 ISO/TC122(packaging)에서 활발하게 활동하고 있으며, 특히 SC4(포장과 환경)에서 3개의 WG에서 각각 컨비너와 프로젝트리더로 수행중임

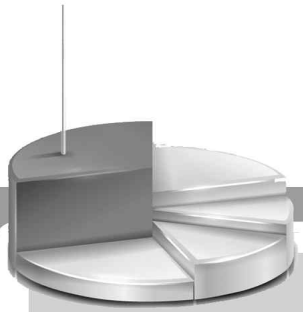
○ 현재 WG12(IT기술의 물류포장적용), WG13(순환물류시스템) 및 WG16(온도제어관리 포장)에서도 표준화활동이 활발히 진행함

○ 안전운송 분야에서는 운송 중 유통 포장화물의 안전성을 확보하기 위한 수단으로 유통 상의 파손 인자별로 다양한 시험평가 방법 및 조건들을 연구·개발하여 국가 및 국제표준화 작업을 통해 유통환경 부하의 일반적 가이드라인을 제시하고 있으며, 이를 통해 실험실에서 모의실험을 수행함으로써 실제 현장평가에서 소요되는 시간 및 경제적 비용을 감소시킬 수 있음

○ 국내에서도 포장 및 택배 관련 규격 제정 및 개정으로 활발하게 운송 안전성 평가와 개선을 위한 연구를 진행하고 있으나, 선진기관의 포장방법 및 운송 안전성 성능평가 방법에 비하여 미흡함

○ 국내에서는 운송 안전성을 평가하기 위해, 각 항목 별 시험 평가 방법 및 조건이 다음과 같이 국내표준으로 제정되어 있음

분야	표준명	표준 이름
냉장	KS T 2030	저온 롤컨테이너
	KS T 1049	냉장 냉동 자동차의 보랭 차체 성능 시험방법
	KS L 9016	보온재의 열전도율 측정 방법
포장 화물	KS T 1021	저온 유통용 포장 상자 및 용기
	KS T 1204	수송포장 가이드라인 통칙
	KS T 1304	포장 화물의 낙하 시험방법
	KS T ISO 2248	수송포장 화물의 수직 낙하방법
	KS T ISO 12048	포장 - 압축시험기를 이용한 수송 포장화물의 압축시험과 적재 시험방법
	KS T ISO 2247	포장-고정 저주파에서 수송포장화물 및 단위적재화물의 진동시험방법
	KS T ISO 8318	포장-가변 주파수를 이용한 수송포장화물 및 단위적재화물의 정현파 진동시험방법
	KS T ISO 13355	수송 포장 화물과 단위화물의 수직 랜덤 진동 시험방법
택배	KS T 1022	택배용 표준 규격 포장용기
	KS A 1712	배송용 소형 보냉고 시험방법



제7장 연구개발성과의 보안등급

제7장. 연구개발성과의 보안등급

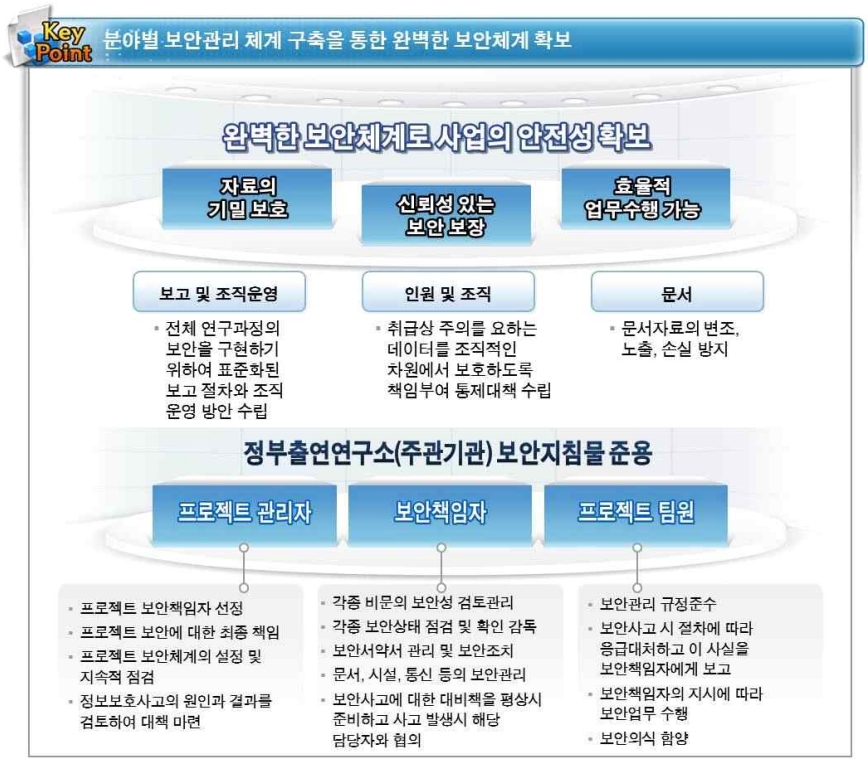
□ 보안등급의 분류 및 결정 사유

보안등급 분류	보안	일반
		○
결정 사유	▪ 「국토교통기술 연구개발사업 보안관리규칙」 제8조에 따라 국토교통과학기술진흥원장이 공고한 연구개발사업의 보안등급(일반과제)을 따름	

□ 보안관리

○ 본 사업 추진조직은 프로젝트 수행환경에 대한 보안 및 분야별 보안관리 체계를 구축하고 이를 준수함

- 별도의 보안책임자를 운용하여 투입인원, 문서, 통신, 시설 분야별로 보안 관리를 수행하고, 보안사고 대비책을 평상시에 준비하여 사고발생시 해당 담당자와 협의하여 대처함

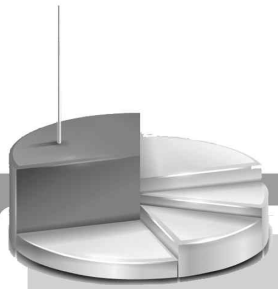


□ 문서관리

○ 본 기관은 사업기간 동안 생산할 산출물에 대하여 문서작성의 일관성, 생산성 및 효율성을 확보하기 위해 문서관리절차와 문서관리 기준을 설정하여 적용함

- 모든 성과품은 국토교통과학기술진흥원의 자료관리절차서 등 관련 규정 및 절차에 따라 작성하고, 발주처의 검토를 거쳐 최종본을 제출함

- 성과품의 작성 시 인용된 참고자료는 각주에 의거 출처와 세부항목을 명시함



제8장 국가과학기술종합 정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

□ 고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량 향상 트레일러 기술

○ 언코일러는 보빈에 감겨져 있는 철판을 평탄하게 만들어 원하는 길이의 철판으로 절단 할 수 있는 장비로서 평판 트레일러의 메인빔, 탱크 동체에 소요되는 자재의 가공에 사용함

- 연구에 직접 활용 가능한 장비는 2014년 본 과제 연구개발기관인 ㈜두성특장차에서 구매한 '언코일러(NFEC-2015-04-201735)' 장비 1식임
- 이외 '연속 CLAD재 UNCOILER, BRUSH DUST COLLECT 장치(Continuous Sheet Cladding System(NFEC-2010-01-078264)' , '저융점접합소재연속생산 및 접합장치(NFEC-2014-06-189170)' , 핀 밀(NFEC-2013-06-179665)' 장비는 박막 소재 가공만 가능하거나 표면처리 가공 등을 동시에 진행할 수 있는 장비로 본 연구에 직접활용은 불가능함

장비명	제조사 (모델명)	시설장비등록번호	보유기관명	비교
언코일러	Zeye Machine (ZCL-32x1300)	NFEC-2015-04-201735	㈜두성특장차	단독활용만 가능

○ 밴딩롤러(Bending roller)는 철판을 원하는 곡면으로 성형하기 위하는 장비로써 평판 트레일러의 메인빔 제작시 곡률부 가공 및 벌크트레일러 동체 가공시 적용

- 연구에 직접 활용 가능한 장비는 2015년 본 과제 연구개발기관인 ㈜두성특장차에서 구매한 '밴딩롤러(NFEC-2015-03-200223)' 장비 1식임

장비명	제조사 (모델명)	시설장비등록번호	보유기관명	비교
밴딩롤러 BENDING ROLLER M/C	㈜광진글로벌 (SDI-BRD-4-4000)	NFEC-2015-03-200223	㈜두성특장차	단독활용만 가능

○ 버트웰딩캐리지(Butt welding Carriage)는 철판과 철판을 맞대어 용접할 수 있는 장비로 트레일러 제조 과정 전반에 걸쳐 사용되며, 두께 2~8㎜의 일반 철자재 및 스테인레스에 대하여 약 13m 길이의 연속용접이 가능해야 함

- 연구에 직접 활용가능한 장비는 2016년 본 과제 연구개발기관인 ㈜두성특장차에서 구매한 '버트웰딩 머신(NFEC-2016-03-208172)' 장비 1식이며, 특수목적용 장비로 제작되어 자체 특화된 연구에만 적용되어야하는 장비로 단독활용만 가능함

장비명	제조사 (모델명)	시설장비등록번호	보유기관명	비고
버트웰딩 머신 (BUTT WELDING MACHINE)	㈜광진글로벌 (개발장비)	NFEC-2016-03-208172	㈜두성특장차	단독활용만 가능

□ 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술

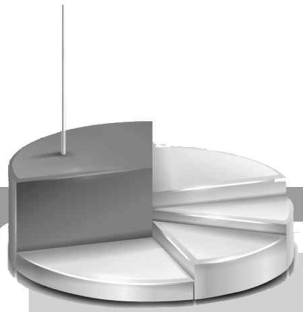
○ 화물차 풍동심험용 목업은 40ft 컨테이너, 5톤 탑차, 20톤 탑차 차종별 풍동 실험, 공기저항 저감장치의 각도, 길이 등의 변화로 인한 공기저항 저감 효과 최적화에 활용

장비명	구축일	시설장비등록번호	보유기관명	비고
화물차 풍동실험용 목업	2014.11.07	NFEC-2014-12-193850	㈜포항공과대학	56,340,000원 (구매금액)

□ 운송장비 연비저감을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

○ 항온룸챔버는 차량용 적재함 탈부착식 온도조절 장치 통합성능분석, 온도조절 항공화물 컨테이너 통합성능분석, 접이식 경량 롤테이너의 내한성 검증, 접이식 경량 돌리 랙 컨테이너의 내한성 검증, 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너의 통합성능 분석에 활용

장비명	구축일	시설장비등록번호	보유기관명	비고
항온룸챔버	2014.2.27.	NFEC-2015-03-199478	(주)FMS -코리아	98,000,000원 (구매금액)



제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

□ 법적근거

○ 본 연구단에 소속된 연구활동종사자 중 직장에 소속된 근로자는 「산업안전보건법」과 「산업재해보상보험법」에 의거하여 직장에서 수행하고 있는 산업재해 예방계획 및 기준을 적용

○ 상기 법률 적용을 받지 않는 대학, 정부출연연구기관, 기업부설연구소 소속 연구활동종사자는 혹시 발생할지 모를 연구실 사고로 인한 피해보상 기준으로 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」을 적용

□ 안전점검

○ 일상점검, 정기점검 및 특별안전점검을 실시

○ 일상정검은 연구활동종사자가 정기 및 특별안전점검은 관련분야 유자격자가 연구활동종사자를 대상으로 실시한 뒤 결과평가와 필요한 조치 이행

구분	점검주기
일 상 점 검	매일 1회
정 기 점 검	매년 1회
특별 및 정밀 안전점검	필요시

□ 안전교육훈련

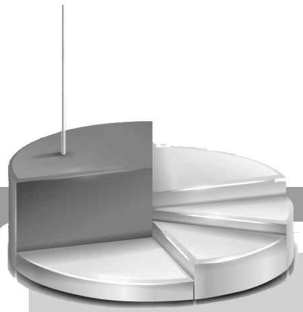
○ 정기 안전교육은 현장근로자와 실험연구활동종사자과 그 외의 연구활동종사자를 업무적 특성에 따라 구분하여 시행하되, 특별교육이 필요하거나 신규채용자가 발생할 경우 추가실시할 수 있으며, 교육실적은 기록 보관

구분		세부내용
정기교육	현장근로자 및 실험연구 참여자	매월 1회, 동영상시청 및 자료배포
	현장근로자 및 실험연구 참여자 이외의 연구종사자	매년 1회, 자료배포
특별교육		필요 시, 연구활동종사자 전원
신규채용자 교육		해당자 자료배포

* 교육담당은 안전관리 대행업체 위탁교육(한국산업안전관리원)을 원칙으로 함

□ 기타

○ 미래창조과학부(2013.7)의「제2차 연구실 안전관리 종합계획(2013~2017)」에 따른 연구실 안전관리메뉴얼 중 연구실 안전지침 관련사항을 준용



제10장 연구개발과제의 대표적 연구실적

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

□ 국내외 논문 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일/투고일	등록번호
1	유동제어용 부착물을 이용한 5톤 화물차의 항력 감소에 관한 실험적 연구	한국가시화정보학회지	이의재	-	대한민국	한국가시화정보학회	비SCI	2015.04. (게재완료)	-
2	평판트레일러 경량소재 활용과 구조개선을 통한 도로화물운송 연비개선 및 효율화 연구	교통연구	노홍승	Vol.22 No.2	대한민국	한국교통연구원	비SCI	2015.06. (게재완료)	-
3	화물차 주위 유동의 성긴 격자 큰에디모사	한국전산유체공학회지	이상승	Vol.21 No.1	대한민국	한국전산유체 공학회	비SCI	2016.03. (게재완료)	-
4	사이드스커트와 보트테일을 이용한 대형화물차량의 연비개선효과 및 온실가스 감축량 추정	기후변화학회지	허철행	-	대한민국	기후변화 학회	비SCI	2016.06. (게재완료)	-
5	Reduction of drag in heavy vehicles with two different types of advanced side skirts	Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics	황배근	-	국제	Elsevier	SCI	2016.08. (게재완료)	-
6	Drag-reducing underbody flow of a heavy vehicle with side skirts	Journal of Visualization	김정재	-	국제	Springer	SCI	2016.10. (게재완료)	-
7	공기저항 저감장치 패키지를 이용한 대형화물차량의 연비개선 및 온실가스 저감효과에 관한 실험적 연구	한국자동차공학회지	박승원	-	국내	한국자동차공학회	비SCI	2017.01 (게재완료)	-
8	대형차대 동력계를 이용한 경량 평판트레일러 연료소비량 및 배출가스 저감효과 분석	교통연구	신승진	Vol.24 No.1	대한민국	한국교통연구원	비SCI	2017.02. (게재완료)	-
9	Salient drag reduction of a heavy vehicle using modified cab-roof fairings	Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics	김정재	-	국제	Elsevier	SCI	2017.02. (게재완료)	-
10	Drag reduction of heavy vehicle using a modified boat tail with lower inclined air deflector	Journal of Visualization	이의재	-	국제	Springer	SCI	2017.04 (게재완료)	-
11	위상최적설계를 이용한 벌크 트레일러의 경량화 설계	한국자동차공학회지	김진수	Vol.25 No.5	대한민국	한국자동차공학회	비SCI	2017.09. (게재완료)	
12	Bio-inspired cab-roof fairing of heavy vehicles for enhancing drag reduction and driving stability	International Journal of Mechanical Sciences	김정재	-	국제	Elsevier	SCI	2017.10. (게재완료)	-
13	Substantial drag reduction of a tractor-trailer vehicle using gap fairings	Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics	김정재	-	국제	Elsevier	SCI	2017.12. (게재완료)	-
14	위상최적설계를 이용한 스터브액슬의 경량화 설계	한국정밀공학회지	김진수	Vol.35 No.7	대한민국	(사)한국정밀공학회	비SCI	2018.07. (게재완료)	-

□ 국내 및 국제학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	녹색물류학회 화물운송정책연구포럼	노홍승	2014.09.22	-	대한민국
2	2014 자동차공학회 추계학술대회	황배근	2014.11.19	KINTEX	대한민국
3	2014 한국가시화정보학회 추계학술대회	이의재	2014.12.05	계명대학교	대한민국
4	2016 한국로지스틱스학회 춘계학술발표대회	허성호	2015.05.27	대한상공회의소	대한민국
5	2015 한국로지스틱스학회 춘계학술발표대회	허성호	2015.05.29	대한상공회의소	대한민국
6	제 18회 한국 풍공학회 학술발표회	김정재	2015.05.29	부산대학교	대한민국
7	The 10th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing Naples, ITALY	이의재	2015.06.15	Naples	이탈리아
8	Proceedings of the ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2015	황배근	2015.07.26	서울 COEX	대한민국
9	Proceedings of the ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2015	이상승	2015.07.27	서울 COEX	대한민국
10	한국대기환경학회 제 58회 정기학술대회	허철행	2015.11.06	여수엑스포 컨벤션	대한민국
11	한국로지스틱스 학회	김윤정	2015.11.13	경기대학교 종합강의동	대한민국
12	2015 KSAE Annual Conference and Exhibition	이의재	2015.11.20	경주 화백컨벤션 센터	대한민국
13	2015 KSAE Annual Conference and Exhibition	김정재	2015.11.20	경주 화백컨벤션 센터	대한민국
14	2015 KSAE Annual Conference and Exhibition	이상승	2015.11.20	경주 화백컨벤션 센터	대한민국
15	68th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics	이상승	2015.11.24	Boston	미국
16	The 9th National Congress on Fluids Engineering	김정재	2016.08.11	대구 EXCO	대한민국
17	The 9th National Congress on Fluids Engineering	이의재	2016.08.12	대구 EXCO	대한민국
18	The 6th International Conference on Transportation and Logistics	노홍승	2016.09.08	신주 국립 자오퉁 대학	대만
19	대한기계학회 2016년도 학술대회	김정재	2016.12.15	강원랜드 컨벤션센터	대한민국
20	대한기계학회 2016년도 학술대회	이의재	2016.12.16	강원랜드 컨벤션센터	대한민국
21	2017 자동차공학회 춘계학술대회	김정재	2017.05.19	해비치호텔 제주	대한민국
22	2017 자동차공학회 춘계학술대회	김정주	2017.05.19	해비치호텔 제주	대한민국
23	2017 Asian Symposium on Visualization (ASV)	김정재	2017.05.23	베이징	중국
24	2017 한국가시화정보학회 추계학술대회	김정재	2017.12.01	UNIST	대한민국
25	Eighth International Symposium on Energy	이상준	2018.08.08	Aberdeen	영국

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
해당사항 없음				

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록				기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록번호*	등록인	등록일	등록번호	등록번호* (공개번호)	
1	보강구조의 탱크저장부가 구비된 탱크로리	대한민국	㈜두성특장차	2014.03.07	10-2014-0027421	-	㈜두성특장차	2015.12.14	10-15786570000	-	-
2	경량구조가 구비된 벌크트레일러	대한민국	㈜두성특장차	2016.05.13	10-2016-0058930	-	㈜두성특장차	2017.07.18	10-17606730000	-	-
3	트레일러 적재함 구조체	대한민국	㈜두성특장차	2017.05.15	10-2017-0059933	-	-	-	-	-	-
4	독립식 스터브 액슬 구조체	대한민국	㈜두성특장차	2017.05.15	10-2017-0059924	-	-	-	-	-	-
5	차량용 공기 저항 감소 장치	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2015.07.03	10-2015-0095551	-	포항공과대학교 산학협력단	2016.04.05	10-16115350000	-	-
6	차륜부근에서 절곡된 차량용 사이드 스커트 구조체	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2015.03.30	10-2015-0044334	-	포항공과대학교 산학협력단	2016.08.05	10-16477950000	-	-
7	차량용 하부 사이드 스커트 구조체	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2015.03.30	10-2015-0044335	-	-	-	-	-	-
8	화물차용 보트 테일 및 보트 테일을 구비한 화물차	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2016.04.26	10-2016-0050879	-	포항공과대학교 산학협력단	2018.03.26	10-18439540000	-	-
9	차량의 공기저항 감소 장치	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2016.05.13	10-2016-0058896	-	포항공과대학교 산학협력단	2017.10.31	10-17942560000	-	-

10	화물차용 생체모방형 공기저항 저감 장치	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2017.03.03	10-2017-0027769	-	포항공과대학교 산학협력단	2018.08.08 (등록 결정)	-	-	-
11	화물차량용 와류 제어장치	대한민국	포항공과대학교 산학협력단	2017.04 24	10-2017-0052442	-	-	-	-	-	-
12	접이식 롤 컨테이너	대한민국	연세대학교원주 산학협력단	2015.11.04	10-2015-0154319	-	연세대학교 원주산학협력단	2017.07.31	10-1765073000	-	-
13	레일을 구비하는 랙 컨테이너	대한민국	연세대학교원주 산학협력단	2016.03.02	10-2016-0025060	-	연세대학교 원주산학협력단	2018.01.26	10-1824568000	-	-
14	접이식 운송 컨테이너	대한민국	㈜ 에프엠에스 코리아	2017.01.04	10-2017-0001342	10-1739-4300000	㈜ 에프엠에스 코리아	2017.05.18	10-1739430000	-	-

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
해당사항 없음							

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별			성별			지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학위 취득	2016	-	1	-	-	-	1	1			-	-
2	학위 취득	2017	2	1	-	-	2	-	1	-	1	-	-
3	학위 취득	2018	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-

□ 산업 기술 인력 양성

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

□ 기술 거래(이전) 등

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	기술실시	고강도 강판소재 및 구조개선을 통한 경량 평판트레일러(FBT) 기술	㈜두성특장차	2015.10.15.	10,000,000원	10,000,000원
2	기술실시	화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술개발	㈜허즈앤티	2016.06.07.	10,000,000원	10,000,000원
3	기술실시	레일을 구비하는 랙 컨테이너	㈜에프엠에스코리아	2016.11.25.	- (경상기술료, 총 매출액의 5%)	- (현재까지 경상기술료 발생실적 없음)
4	기술실시	접이식 롤 컨테이너	㈜에프엠에스코리아	2016.11.25.	17,600,000원	17,600,000원
5	기술실시	고강도 강판소재 및 구조개선을 통한 경량 벌크트레일러(BCT) 기술	㈜두성특장차	2016.12.23.	10,000,000원	10,000,000원
6	기술이전	화물차량 공기저항 저감 기술	(주)카로그	2017.05.26.	10,000,000원	10,000,000원
7	기술실시	스터브 액슬(Stub Axle) 적용 적재용량 향상 트레일러 기술	㈜두성특장차	2017.12.15.	10,000,000원	10,000,000원

□ 사업화 투자 실적

번호	연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격
해당사항 없음					

□ 사업화 현황

(단위: 명, 년)

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내	국외		
1	기술이전	[직접사업화] 기존업체 상품화	경기도	경량벌크 시멘트트레일러 (BCT)	경량벌크 시멘트트레일러 2대 판매	㈜두성특장차	82,700,000	-	2016	-
2	기술이전	[직접사업화] 기존업체 상품화	경기도	경량벌크 시멘트트레일러 (BCT)	경량벌크 시멘트트레일러 2대 판매	㈜두성특장차	80,950,000	-	2017	-
4	기술이전	[직접사업화] 기존업체 공정/공법개선	경기도	경량평판트레일러 (FBT)	타공설계 적용 경량평판트레일러 1대 판매	㈜두성특장차	37,700,000	-	2015	-
5	기술이전	[직접사업화] 기존업체 공정/공법개선	경기도	경량평판트레일러 (FBT)	타공설계 적용 경량평판트레일러 7대 판매	㈜두성특장차	251,100,000	-	2016	-
6	기술이전	[직접사업화] 기존업체 공정/공법개선	경기도	경량평판트레일러 (FBT)	타공설계 적용 경량평판트레일러 12대 판매	㈜두성특장차	414,889,075	-	2017	-
7	기술이전	[직접사업화] 기존업체 공정/공법개선	경기도	경량평판트레일러 (FBT)	타공설계 적용 경량평판트레일러 7대 판매	㈜두성특장차	217,800,000	-	2018	-
8	기술이전	[기술이전] 이전받은 업체 상품화	경기도	사이드스커트	사이드스커트 20대 판매	㈜허즈앤티	41,800,000	-	2016	-
9	기술이전	[기술이전] 이전받은 업체 상품화	경기도	접이식 롤 컨테이너	접이식 롤 컨테이너 약 584대 판매	㈜에프엠에스 코리아	180,755,300	-	2017	-
10	기술이전	[기술이전] 이전받은 업체 상품화	경기도	접이식 롤 컨테이너	접이식 롤 컨테이너 약 26대 판매	㈜에프엠에스 코리아	8,008,000	-	2018	-

□ 표준화

번호	수행 기관명	표준화 주제	표준화 기구	표준화 단계	관련 번호	제출(채택)일	국가
해당사항 없음							

□ 기술요약정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호
해당사항 없음				

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
해당사항 없음			

□ 시작품 제작

번호	시작품명	출시/제작일	제작업체명	주요내용
1	경량 평판트레일러	2015.02	㈜두성특장차	▪ 경량소재와 경량화 설계를 적용하여 기존 6.5톤 3축 평판트레일러를 5.4톤으로 경량화한 시작품 제작
2	Boat tail	2015.10	㈜허즈앤티	▪ 수치해석 및 풍동실험을 통해 공기저항을 최소화한 시작품 제작 (15톤, 40ft 화물차)
3	Side skirt	2015.10	㈜허즈앤티	▪ 수치해석 및 풍동실험을 통해 공기저항을 최소화한 시작품 제작 (15톤, 40ft 화물차)
4	34㎥ 벌크트레일러	2015.12	㈜두성특장차	▪ 경량소재 및 중량감소 구조설계를 통한 벌크트레일러 차중 기존 대비 370㎏ 경량화한 시작품 제작
5	접이식 롤 컨테이너	2016.04	㈜에프엠에스코리아	▪ 자체중량 38kg, 접철율 75%, 적재중량 760kg, 상향 종축식 접이구조를 가진 시작품 제작
6	접이식 돌리 랙 겸용 컨테이너	2016.04	㈜에프엠에스코리아	▪ 자체중량 랙 19kg, 돌리 16.6kg, 접철율 70.3%, 표준파레트(T11, T12)와 정합(1단 각2EA)하는 시작품 제작
7	Gap fairing	2016.10	㈜허즈앤티	▪ 수치해석 및 풍동실험을 통해 공기저항을 최소화한 시작품 제작 (40ft 화물차)
8	Trailer aero. full package	2016.10	㈜허즈앤티	▪ 수치해석 및 풍동실험을 통해 공기저항을 최소화한 시작품 제작 (40ft 화물차)
9	Stub Axle	2017.03	㈜두성특장차	▪ 카고트레일러 적재공간 확장을 목적으로 축을 제거하여 운행할 수 있는 좌우독립형 Stub Axle 제작
10	접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너	2017.04	㈜에프엠에스코리아	▪ 자체중량 120kg, 접철율 50% 이상, 접이구조, 2~10℃ 8시간 이상 유지(외기온도 30℃)가능한 시작품 제작
11	밴 트레일러	2017.11	㈜두성특장차	▪ 독립차축 및 경량화 설계를 적용하여 기존 카고트레일러 적재공간 72.9㎥을 85.8㎥로 증가시킨 시작품 제작

□ 성과 홍보

번호	홍보명	일시	장소(매체)	홍보 내용
1	2015 국토교통과학기술대전	2015.06.24~26	코엑스 Hall B	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판트레일러 메인빔 단면 개선 전/후 모형, Side skirt 및 Boat tail 부착 모형, 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너, 접이식 경량 롤 컨테이너 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
2	물류기업 청년 채용박람회	2015.09.14	코엑스 Hall A	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: Side skirt 및 Boat tail 부착 모형 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
3	2015 서울세계도로대회	2015.11.02~06	코엑스 Hall C	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판트레일러 시작품 모형, Side skirt 및 Boat tail 부착 모형 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
4	2016 국토교통과학기술대전	2016.05.25~27	코엑스 Hall B	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판트레일러 메인빔 단면 개선 전/후 모형, Side skirt 및 Boat tail 부착 모형, 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너, 접이식 경량 롤 컨테이너 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
5	국제물류산업전	2017.04.18~21	킨텍스 제 2전시장 9홀	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판 및 벌크트레일러, 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 시작품 모형, Side skirt 및 Boat tail 부착 모형 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
6	2017 국토교통과학기술대전	2017.05.24~26	킨텍스 10A홀	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판 및 벌크트레일러, 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 시작품 모형, Side skirt 및 Boat tail 부착 모형, 접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 시작품 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시
7	2018 국토교통과학기술대전	2018.06.07~08	코엑스 Hall D	▪ 전시패널: 연구 기술개발 비전 및 목표, 연구개발 성과 및 과정 ▪ 성과물 전시: 경량 평판 및 벌크트레일러, 적재용량 확장 좌우독립축 트레일러 모형 ▪ 연구개발 과정 및 결과 홍보동영상 전시

□ 현장 시험

번호	현장시험/검증명	시험/검증 기간 및 장소	시험/검증목적	시험/검증방법
1	경량 평판트레일러 연비개선효과 분석테스트	▪ 2015.02.07~25 ▪ 남안산IC~당진IC 구간	▪ 동일 환경에서 주행한 기존 차량 및 개발성과품의 연료소비량 조사 및 유류 소비절감 효과 비교 분석	▪ 기존 차량 및 개발성과품의 일정 구간 실주행 시 연료소모량 측정 및 결과 비교·검토
2	경량 평판트레일러 성능평가테스트	▪ 2015.05.11~20 ▪ 울산-안양, 울산-천안, 당진-울산	▪ 차량의 취약 예상 부분에 대한 강도 측정을 통한 차량 안전성 확인 및 설계 최적화를 위한 데이터 수집	▪ 플라이애쉬 적재 전·후 운행중 스트레인 게이지를 이용한 각 부위별 응력변화 측정 및 결과 검토
3	경량 벌크트레일러 성능평가테스트	▪ 2016.02.25~26 ▪ 진천-문막, 진천-평택	▪ 차량의 취약 예상 부분에 대한 강도 측정을 통한 차량 안전성 확인 및 설계 최적화를 위한 데이터 수집	▪ 플라이애쉬 적재 전·후 운행중 스트레인 게이지를 이용한 각 부위별 응력변화 측정 및 결과 검토
4	경량 벌크트레일러 연비개선효과 분석테스트	▪ 2016.03.14~18 ▪ (1회차)부여백제휴게소 → 서세종 IC → 공주휴게소 , (2회차)공주휴게소 → 서부여 IC → 부여백제휴게소	▪ 동일 환경에서 주행한 기존 차량 및 개발성과품의 연료소비량 조사 및 유류 소비절감 효과 비교 분석	▪ 기존 차량 및 개발성과품의 일정 구간 실주행 시 연료소모량 측정 및 결과 비교·검토
5	경량 평판트레일러 다이나모테스트	▪ 2016.03.16~18 ▪ 전북자동차기술원 동력성능평가동	▪ 동일 환경에서 주행한 기존 차량 및 개발성과품의 연비 및 배기가스 배출감량 효과 비교 분석	▪ 대형상용차용 차대동력계를 이용한 WHVC모드 기준 주행실험을 통한 연비 및 배기가스 배출량 측정
6	좌우독립축 적재용량 확장 다용도 카고트레일러 주행시험	▪ 2017.4.27 ▪ 송탄, 남안산 인근	▪ 차량의 실제 화물 적재 등을 통한 적재공간 활용성 및 서스펜션 주행성능 테스트	▪ 사용예상처(택배화물 등)의 실제 화물을 적재하여 실제 운송구간 주행을 통한 운용성 확인
7	적재용량 확장 다용도 카고트레일러용 스터브액슬 구조강도 및 내구강도 평가	▪ 2017.9.1~2018.5.31 ▪ 자동차부품연구원	▪ 좌우독립축 시작품의 안정성 확인을 위한 제품 강도평가시험	▪ 각 부품 내구목표하중 설정을 위한 동적 안정성 평가 및 다축 내구강도 시험평가 수행

번호	현장시험/검증명	시험/검증 기간 및 장소	시험/검증목적	시험/검증방법
8	Proving Ground 실차 시험 (boat tail, side skirt)	▪ 2015.09.28.~05 ▪ 교통안전공단 자동차안전연구원 Proving Ground(고속주행로)	▪ 동일 환경에서 시제품 장착차량과 미장착차량의 주행 실험을 통해 개발성과품의 연료소비량 절감 효과 비교 분석 (boat tail, side skirt)	▪ 연비평가규정인 SAE J1321을 Modify한 규격화된 Proving Ground Track Test를 통해 연료소비량 절감효과 분석
9	Proving Ground 실차 시험 (boat tail, side skirt, gap fairing)	▪ 2016.10.03~13 ▪ 교통안전공단 자동차안전연구원 Proving Ground(고속주행로)	▪ 동일 환경에서 시제품 장착차량과 미장착차량의 주행 실험을 통해 개발성과품의 연료소비량 절감 효과 비교 분석	▪ 연비평가규정인 SAE J1321을 Modify한 규격화된 Proving Ground Track Test를 통해 연료소비량 절감효과 분석
10	보트테일 다이나모테스트	▪ 2016.03.18 ▪ 전북자동차기술원 동력성능평가동	▪ 동일 환경에서 주행한 시제품 장착차량 및 미장착차량의 연비 및 배기가스 배출 감량 효과 비교 분석	▪ 대형상용차용 차대동력계를 이용하여 Proving Ground 주행 조건과 유사한 주행실험을 통한 연비 및 배기가스 배출량 측정
11	Trailer full aero. package 다이나모테스트	▪ 2017.02.22~02.23 ▪ 전북자동차기술원 동력성능평가동	▪ 동일 환경에서 주행한 시제품 장착차량 및 미장착차량의 연비 및 배기가스 배출 감량 효과 비교 분석	▪ 대형상용차용 차대동력계를 이용하여 Proving Ground 주행 조건과 유사한 주행실험을 통한 연비 및 배기가스 배출량 측정
12	접이식 경량 롤 컨테이너 테스트베드 구축 및 운영	▪ 2015.08.31~09.04 ▪ 연세대학교, 롯데슈퍼신갈물류센터, FMS코리아 ▪ 흥업교차로 ↔ 흥양교차로	▪ 기존의 롤 컨테이너 사용 대비 개발 용기 사용 시 실질적인 연비 절감 개선 효과를 증명	▪ 효과의 측정 및 비교를 위해 물류 현장에서 많이 사용하는 L자형 접이식 롤 컨테이너(이하 기존 용기)와 개발된 접이식 경량 롤 컨테이너(이하 개발 용기)를 차량에 각각 적재하여 운행
		▪ 2015.10.20~11.05 ▪ 롯데슈퍼신갈물류센터	▪ 1회, 2회 테스트베드 시 문제점 확인 및 성능 확인을 통한 개선방향 제시하며, 3회 테스트베드 시 작성된 테스트베드 체크리스트를 이용하여 최종 수정 시제품의 항목별 성능을 체크함	▪ 3차 현장 적용성 검토 테스트베드를 실시하기 위한 사전 테스트베드로 테스트베드 운행 기간 내 롯데슈퍼를 3회 방문하여 센터 내 취급품목을 적재 및 이동, 접이 등 테스트를 실시
		▪ 2015.11.09~11.10 ▪ 롯데슈퍼신갈물류센터 및 롯데슈퍼 동탄점	▪ 수정된 시제품의 정합성, 운송 및 회수 효율성, 작업자 편의성, 안전성, 공간효율성 등을 시험하여 현장 적용 가능성 확인	▪ 실제 매장에서의 현장 적용성 검토 테스트베드로 롯데슈퍼 입점된 매장을 대상으로 해당 매장의 발주 물량 Picking, 차량적재 및 배송, 매장 진열 기능을 검토
13	접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너 테스트베드 구축 및 운영	▪ 2015.08.31~09.04 ▪ 연세대학교, 롯데슈퍼신갈물류센터, FMS코리아 ▪ 흥업교차로 ↔ 흥양교차로	▪ 같은 환경 및 동일한 조건에서 기존 용기와 개발 용기의 연료 소비량을 조사하여 유류 소비 절감 효과를 비교 분석하기 위해 수행	▪ 효과의 측정 및 비교를 위해 물류 현장에서 운송용으로 사용 중인 접이식 메시 컨테이너(이하 기존 용기)와 개발된 접이식 경량 돌리 랙 겸용 컨테이너(이하 개발 용기)를 차량에 각각 싣고 운행
		▪ 2015.10.20~11.01 ▪ 아이올리 용인물류센터	▪ 개발된 시제품의 정합성, 작업 효율성, 작업자 편의성, 안전성, 공간효율성 등을 시험하여 현장 적용 가능성 확인	▪ LAP 브랜드의 의류, 신발 및 잡화, 화장품 3개 파트에 투입하여 사용하고, 시제품 현장 사용시 테스트베드 체크리스트를 이용하여 항목별 시제품의 성능을 체크
		▪ 2015.12.16~12.18 ▪ 홈플러스 서울 매장	▪ 개발된 시제품의 편의성 및 이동성, 안전성, 내구성, 소음, 호환성, 진열 효율성 등의 기능을 검토	▪ 실제 매장에서의 현장 적용성 검토를 위한 테스트베드로 홈플러스 매장 내 행사품목을 대상으로 개발 용기의 편의성 및 이동성, 안전성, 내구성, 소음, 호환성, 진열 효율성 등의 기능을 검토
14	접이식 모듈형 경량 온/냉장 겸용 컨테이너 테스트베드 구축 및 운영	▪ 2017.11.23 ▪ 오산복합물류센터 및 홈플러스 익스프레스 수내점	▪ 테스트베드 시 문제점 확인 및 성능 확인을 통한 개선방향 제시 ▪ 시제품의 정합성, 운송 및 회수 효율성, 작업자 편의성, 안전성, 공간효율성 등을 시험하여 현장 적용 가능성 확인	▪ 센터 내 취급품목을 적재 및 이동, 접이 등 테스트를 실시 ▪ 실제 매장에서의 현장 적용성 검토 테스트베드로 롯데슈퍼 입점된 매장을 대상으로 해당 매장의 발주 물량 Picking, 차량적재 및 배송, 매장 진열 기능을 검토

참고 문헌

1) 관계부처 합동(2015), Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획

2) 관세청 보도자료(2015.10), 「전자상거래 수출(역직구) 동향」

3) 관세청 보도자료(2015.2), 최근 5년간 전자상거래 수입(해외직구) 동향

4) 관세청(2013), 「수출입물류통계연보」

5) 관세청(2015), 수출입물류 REPORT

6) 관세청(각년도), 수출통계 자료

7) 국토교통부 보도자료(2015. 10), “자동차관리법 시행령 개정”

8) 국토교통부 · 국토교통과학기술진흥원, ?2015년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 2015

9) 권순덕(2012), 바이오 의약품의 콜드체인 물류체계 연구, 한국항공대학교 석사학위논문

10) 김기복 외(2011), "미국과 일본의 중대형차 연비 규제안 비교 분석", 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, pp. 499-501

11) 김성만, 김선화, 수산물 위생 및 물류환경 개선을 위한 플라스틱 어상자 개발에 관한 연구, 2014, 한국디자인학회 학술발표대회 논문집

12) 김진곤 외(2010), 다구찌 기법을 이용한 대형 평판 트레일러 하부프레임 경량설계, 대한기계학회 논문집, p. 3.

13) 김진곤 외(2012), 벌크 시멘트 트레일러의 정동적 유한요소 해석, 대한기계학회논문집, p. 3.

14) 김진곤 외(2010), 다구찌 기법을 이용한 대형 평판 트레일러 하부프레임 경량설계, 대한기계학회 논문집A, 2010

15) 김진곤 외(2012), 벌크 시멘트 트레일러의 정동적 유한요소 해석, 대한기계학회논문집 A, 2012

16) 나인경(2013), 프리미엄 아울렛 성장으로 본 패션 유통 환경 전망, 패션정보와 기술, Vol.10 ,2013, p.2-9.

17) 대외경제정책연구원(2014), “최근 주요국의 온실가스 감축 노력과 시사점”, 오늘의 세계경제, Vol 14. 2014

18) 대외경제정책연구원(2013), 『한·미 FTA 발효 1년의 평가와 시사점』, 2013.3

19) 대한무역투자진흥공사 해외진출지원센터(2010), 『2011 해외진출 종합가이드』, 2010

20) 대한상공회의소(2014), 『국내외 물류산업통계』, 2014.12

21) 대한상공회의소(2010), 2010년 유통산업통계, 2010

22) 대한상공회의소(2011), 2011년 유통산업통계, 2011

23) 대한상공회의소(2014), 국내외 물류산업통계, Vol.13, 2014.12

24) 대한상공회의소(2014), 2005~2013; 국내외 물류산업통계』, 2014.12.

25) 대한송유관공사(각년도), 경영공시 자료

26) 대한항공(각년도), 경영실적 보고서

27) 데일리한국(2013), 냉동식품업계 “싱글족을 잡아라”

28) 도로교통공단(2008), 도로교통 사고비용의 추계와 평가

29) 류충열(2007), 우리나라 의약품유통산업 및 유통정보의 발전방향, 의약품정책연구

30) 물류기술연구센터(2013), 『글로벌 물류기술 주간동향』 Volume 7. Issue No. 317, 2013.11

31) 물류기술연구센터, 글로벌 물류기술 주간동향 Volume 7. Issue No. 317

32) 물류신문(2013), 2013~214년 물류시장 회고와 전망 : 택배』, 2013.12.

33) 물류신문사(2015),물류산업총람

34) 박경현(2013), ‘자동차용 강판의 고강도경량화’, 스틸데일리,

35) 박준모(2010), 산지위판장 시설개선 및 어촌관광 연계 방안, 2010, 수산경제연구원

36) 박형래 외(2014), 『무역개론』, 청람출판사, 2014

37) 박혜경 외 3명(2008), 의약품 유통 선진화 방안연구, 의약품 정책연구소

38) 부산 어상자 디자인 날개 달고 비상, 2014, 부산디자인센터

39) (사)한국포장협회,“컨테이너 생산실태“, 포장계/236, 2012, 55-60, 한국포장협회

40) 산업통상자원부(2014), 제2차 에너지기본계획

41) 산업통상자원부(2015), 에너지통계연보

42) 산업통상자원부(2014), 『2014년도 무역통상진흥시책』, 2014

43) 산업통상자원부(2015), 『2015년도 무역통상진흥시책』, 2015

44) 서동민 외 2명(2011), 의약품 정품인증 및 품질 추적을 위한 e-pedigree 연구, 로지스틱스 연구

45) 서울기술혁신센터(2006) 융복합 기술개발 기획보고서

46) 쉬핑뉴스넷(2014), 글로벌 콜드체인 물류시장 '친디아'급부상

47) 심호섭(2011), WMS 출고관리 시스템에 관한 연구, 2011., 학위논문(박사), 명지대학교 대학원

48) 아시아나 항공(각년도), 지속가능보고서

49) 안홍준(2013), 냉동 식품 시장의 현주소

50) 엄명도, 『국내 제작자동차 자기인증 제도에 관한 법규』, Auto Journal 기고문, 2013.06.

51) 엄재균, 이강대, 성행기, "유통업에서 유닛로드시스템 구축을 위한 롤컨테이너 표준개발", 유통경영학회지/12, 2009., 101-118, 한국유통경영학회

52) 오영택, 의류산업의 물류공동시스템 도입에 관한연구, 2007., 학위논문(박사), 명지대학교

53) 온실가스종합정보센터(2015), 「국가온실가스인벤토리보고서(NIR)」

54) 외교부 주밴쿠버 총영사관(2012), 『캐나다 자동차 산업과 한-캐 FTA』, 2012

55) 일본지식리포트(2012), 일본의 냉동식품 시장 분석

56) 자동차 경량화 기술(2008), Automotive Technology,.

57) ㈜상용차 magazine 2014년 10월호

58) 중소기업청, 『주요 업종별 기술창업 가이드』, 2009.12

59) 지식경제부(2009), "기후변화협약 대응을 위한 고효율차 시장활성화 방안 보고서"

60) 최영덕(2013), 시장 세분화하고 미래 수요 높은 제품 찾아라

61) 최용정 외 3명(2010) RFID/USN환경의 폐기대상정보 관리 시스템 요구사항 개발에 관한 연구, 로지스틱스연구

62) 최회명, 이종화 , 『해외 자동차 연비 규제 동향』, Vol. 60. 2009.10

63) 최회명, 이종화(2009), "해외 자동차 연비 규제 동향", 해외환경규제동향, Vol. 60.

64) 카고 뉴스(2014), 주요 항공사 온도관리화물 시장 "선두 경쟁 치열"

65) 코리아 쉬핑 가제트(2014), 캐세이패시픽, 전 화물노선에 최첨단 '컨' 운영

66) 코리아쉬핑가제트(2009) 콜드체인 물류시스템 앞으로 전망 밝다

67) 키움증권(2014), 음식료 산업 전망

68) 통계청(http://kosis.kr), 국민계정 및 무역국제수지, 2015.01.

69) 통계청(http://kosis.kr), 수출입물류통계, 2015.01.

70) 통계청(http://kosis.kr), 『운수업조사보고서』, 2015.01.

71) 통계청(http://kosis.kr), 『전국사업체조사』, 2015.01.

72) 통계청, 『자동차등록현황』, 2014.12.

73) 통계청, 『전국 사업체 조사』, 2012

74) 특허청, '국제특허분류(IPC)', 2014

75) 한국개발연구원(2008), 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)

76) 한국개발연구원(2015), KDI 경제전망 2015 상반기

77) 한국공항공사(각년도), 「항공통계자료」

78) 한국교통연구원 『화물운송시장 동향(3/4분기)』, 제3호, 통권 35호, 2013.

79) 한국교통연구원(2007), 2005년 교통사고비용 추정

80) 한국교통연구원(2011), 대량수송수단 경제적화물운송거리 단축방안 연구

81) 한국교통연구원(2015), 2013 국가물류비 조사 및 산정

82) 한국교통연구원(2015), 2015 화물운송시장 동향-2015년 제2호 2/4분기 통권 42호, p.63

83) 한국교통연구원(2015), 국가물류기본계획('16～'25) 수립연구 공청회 자료

84) 한국교통연구원, 『2011?2012 국가물류비 추이분석 및 전망』, 2014

85) 한국교통연구원, 2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업-화물 OD 보완갱신 연구

86) 한국교통연구원, ??2011?2012 국가물류비 추이분석 및 전망??, 2014.

87) 한국교통연구원, ??2014 화물운송시장 동향?? 제2호, 2/4분기, 통권 38호

88) 한국교통연구원,『종합물류기업 인증 동향』, 2013.10.

89) 한국농수산식품유통공사(2013), [미국-뉴욕]냉동식품산업 현황

90) 한국무역협회(2011), 2011년 기업물류비 실태조사

91) 한국무역협회(각년도), 제3자 물류 및 물류공동화 활용실태 조사

92) 한국무역협회, 『2011년 기업물류비 실태조사』, 2013

93) 한국무역협회, 『화주기업 3PL 및 물류공동화 활용실태조사 결과보고서』, 2011

94) 한국무역협회, ??2012년 제3자물류 활용 실태조사??, 2013

95) 한국보건산업진흥원(2012), 2012년 의약품산업 분석 보고서

96) 한국석유공사(2016), 국내 석유제품 월간 가격동향: 지역별 판매가격, 2016. 2월 기준일: 16.02.01～16.02.29.

97) 한국시멘트협회(2016), 2015년 시멘트지 겨울호, 통권 208

98) 한국은행(2015), 「경제전망보고서」

99) 한국은행(각년도), 최근의 세계경제 동향과 향후 전망

100) 한국자동차공업협동조합(2007), 세계 100대 자동차부품업체 명단(2006년도 OEM 납품실적 기준)

101) 한국자동차공업협동조합, 『세계 100대 자동차부품업체 명단기준』, 2007

102) 한국자동차산업연구소(2013), 자동차용 강판의 고강도·경량화, p. 7.

103) 한국자동차산업연구소, ??자동차용 강판의 고강도·경량화??, 2013,

104) 한국철도공사(각년도) 철도통계연보

105) 한승철(2010), 제주지역 신선물류 유통 활성화 방안, 제주발전연구원

106) 해양수산부(각년도), 「해운항만통계」

107) 해양한국(2014), 성장하는 리퍼컨테이너시장

108) 환경부 보도자료(2014. 9.), “2020년까지 자동차 평균 온실가스 ·연비…선진국 수준 강화”

109) 환경부, ??온실가스에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침??, 2014.

110) 황대성, 백화점 의류물류 공동화 시스템 개발에 관한 연구, 2013., 학위논문(박사), 명지대학교 대학원

111) ACI(2015), World Airport Traffic Report

112) ARMSTRONG & ACCOCIATES, INC., 『Global Third-Party Logistics Market Information Report - APPENDIX VI』, 2013

113) ATKEARNEY, China 2015: Transportation and Logistics Strategies』, 2010

114) C. Roy, J. Payne, M. McWherter-Payne, K. Salari (2006) “RANS simulations of a simplified tractor trailer geometry”, J. Fluid Eng. 128, pp.1083-89

115) Capgemini Consulting, 『2015 19Th Annual THIRD-PARTY LOGISTICS STUDY ? The State of Logistics Outsourcing』, 2015

116) CONEXUS, 2015 Manufacturing and Logistics Report Card, 2015

117) CONEXUS, ??2014 Manufacturing and Logistics Report』, 2014

118) CSCMP(2015.2.13), Annual State of Logistics Report

119) CUSHMAN & WAKEFIELD, 『JAPAN LOGISTICS?SUPPLY CRUNCH AMID HOT DEMAND』, 2014

120) D. Hyams, K. Sreenivas, R. Pankajakshan, D. Nichols, W. Briley, D. Whitfield (2011) “Computational simulaltion of model and full scale class 8 trucks with drag reduction devices”, Comput.Fluids, 41, pp.27-40

121) D. Soper, C. Baker, M. Sterling (2015) ″An experimental investigation to assess the influence of container loading configuration on the effect of a crosswind on a container freight train″, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 145, pp.304-317

122) Department of Transport and Main Roads in Queensland, Australia, 『AXLE MASS LIMITS IN QUEENSLANDCOMPARISION TABLE』, 2012, available at www.tmr.qld.gov.au

123) Dr.-Ing. Manfred Schuckert, ??Freight efficiency in main HDV markets』, 2013

124) Drewry Shipping Consultants Ltd. 『Annual Container Market Review and Forcast』, 2012.3

125) E. Guilmineau, G. Deng, J. Wackers (2011) Numerical simulation with a DES approach for automotive flows, J. Fluid Struct. 27, pp.807-16

126) Federal Highway Administration, ??Comprehensive Truck Size and Weight Limits Study, Volume 1: Technical Reports Summary』, 2015, available at http://ops.fhwa.dot.gov/freight/sw/map21tswstudy/index.htm

127) Federal Highway Administration, ??Comprehensive Truck Size and Weight Study』, 2015, available at http://www.fhwa.dot.gov/reports/tswstudy/TSWfinal.htm

128) Federal Highway Administration, ??FEDERAL SIZE REGULATIONS FOR COMMERCIAL MOTOR VEHICLES』, 2004, available at http://ops.fhwa.dot.gov/FREIGHT/publications/size_regs_final_rpt/index.htm

129) Fraunhofer SCS(2016), Top 100 in European Transport and Logistics Service 2015/2016』

130) Fraunhofer SCS, 『Top 100 in European Transport and Logistics Service 2013/2014』, 2014

131) Frost & Sullivan, 『Strategic Analysis of North American Semi-Trailer Advanced Technology Markets』, 2012

132) Frost&Sullivan(2012), Strategic Analysis of North American Semi-Trailer Advanced Technology Markets

133) Future transport, “A FLAT CAF RISES: THE RESURGENCE OF THE CORPORATE AVERAGE FUEL ECONOMY REGULATIONS

134) HALDEX(2014), HALDEX ANNUAL STATEMENT 2014

135) IBIS World, Truck Trailer Manufacturing in the US 2014

136) ICAO(2015), Annual Report

137) ICAO, 『Annual Report of the Council』, 2012

138) IHS Automotive, KPMG International, ??Competing in the Global Truck Industry ? Emerging Markets Spotlight??, 2011.11.

139) IVDA, KPMG International; ??Competing in the Global Truck Industry ? Emerging Markets Spotlight??, 2011.11.

140) J. Leuschen, K. Cooper (2006) “Full-Scale Wind Tunnel Tests of Production and Prototype, Second-Generation Aerodynamic Drag-Reducing Devices for Tractor-Trailers”, SAE international, pp.1-8

141) J. Ortega, K. Salari, A. Brown, R. Schoon (2013) “Aerodynamic drag reduction of class 8 heavy vehicles: a full-scale wind tunnel study”, Lawrence Livermore National Laboratory, pp.1-49

142) J. Ortega, T. Dunn, R. McCallen, K. Salari (2004) “Computation simulation of a heavy vehicle trailer wake”, See McCallen et al, pp.219-330

143) K. Salari, J. Ortega, P. Castellucci (2004) “Computation prediction of aerodynamic forces for a simplified integrated tractor trailer geometry”, AIAA Fluid Dyn. Conf. Exhib., 34th, Portland, OR, pp.2004-2253

144) Markets and Markets Advanced Phase Change Material (PCM) Market By Type (Inorganic, Organic & Bio-Based) & Application (Building & Construction, Cold Storage, HVAC, Textile, Thermal Energy Storage, Electronics), ??Global Trends & Forecast To 2018, 2013

145) Minstry of Transportation and Infrastructure in British Columbia, Canada, 『Commercial Transport Procedures Mannual, Ch 5. Specialized Vehicle Size and Weight Guidelines and Permits』, 2015, available at

146) Motor Carrier Division in Manitoba, Canada, ??Vehicle Weight and Dimension Limits in Manitoba』, 2016

147) OECD(2010), Moving Freight with Better Trucks - Improving Safety, Productivity and Sustainability

148) Ontario, Canada, 『A Guide to Oversize/Overweight Vehicles and Loads in Ontario』, 2015

149) R. Pankajakshan, B. Mitchell, D. Whitfield (2009) “Full scale simulations of drag reduction devices for class 8 trucks”, pp.339-48

150) R. Verzicco, M. Fatica, G. Iaccarino, P. Moin (2002) “Large eddy simulation of a road

vehicle with drag reduction devices", AIAA J. 40. pp.2447-55

151) S. Krajnovic (2016) "What can LES do in vehicle aerodynamics?", The Aerodynamics of Heavy Vehicles III, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics 79, pp.311-326

152) Sandeep Kar, 2020 Vision: Global Medium-Heavy Commercial Truck Market, 2013.10.

153) The World Bank(2014), Connecting to Compete 2014 : Trade Logistics in the Global Economy, The Logistics Performance Index and Its Indicators

154) TI Global Logistics 2013, 『Roland Berger Strategy Consultants 2014』

155) Trade Logistics in the Global Economy'2012 The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

156) U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 『FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS AND REGULATIONS』, 2016, available at http://www.nhtsa.gov/cars/rules/import/FMVSS/

157) VEHICLE TECHNOLOGIES OFFICE(2013), 'WORKSHOP REPORT: Trucks and Heavy-Duty Vehicles Technical Requirements and Gaps for Lightweight and Propulsion Materials'

158) VEHICLE TECHNOLOGIES OFFICE, 『Trucks and Heavy-Duty Vehicles Technical Requirements and Gaps for Lightweight and Propulsion Materials』, 2013.02.

159) Virginia Department of Motor Vehicles, ??Virginia's Size, Weight and Equipment Requirements for trucks, trailers and towed vehicles』, 2015, available at http://www.dmv.state.va.us/webdoc/pdf/dmv109.pdf

160) WABCO(2015), WABCO Investor Day 2015,

161) WABCO(2015), What does your intelligent Trailer look like?

162) Western Association of State Highway and Transportation Officials, 『Guide for Uniform Laws and Regulations Governing Truck Size and Weight Among the WASHTO States』, 2009

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.