

2019 국토교통 R&D 성과사례집

내일을
준비하는 **혁신**
국민이
체감하는 **기술**



2019 국토교통 R&D 성과사례집

내일을
준비하는 **혁신**
국민이
체감하는 **기술**



2019 국토교통 R&D 성과사례집

내일을
준비하는 **혁신**
국민이
체감하는 **기술**



내일을 준비하는 혁신, 국민이 체감하는 기술

우리는 나아가지 않으면 곧 도태되고 마는 치열한 생존과 경쟁의 시대적 흐름 속에서 살고 있습니다. 국토교통과학기술진흥원이 추진하고 있는 국토교통 R&D 역시 국민의 삶을 풍족하게 하는 것을 목표로 내일을 준비하고자 모든 힘을 기울이고 있습니다. 하지만 그러면서도 혁신적인 기술 개발뿐만 아니라 국민 모두가 피부에 와 닿고 체감할 수 있는 기술에 대한 고민 역시 병행하고 있습니다. 국토교통 R&D는 이를 토대로 국민의 삶의 질을 높이기 위해 설 틈 없이 정진하고 있는 연구진을 지원하며, 의미 있는 성과를 도출해 내고자 노력 중입니다.

‘2019 국토교통 R&D 성과사례집’은 국토교통 R&D로 추진했던 과제 중 연구 성과를 평가하여 그 중 우수한 과제를 선정해 정리한 것입니다. 세부적으로

들어가면 ‘국민안전 편’, ‘미래혁신 기술’, ‘핵심기술 자립화’ 등 세 파트로 나뉘 총 20개의 과제를 소개하고 있습니다.

그 중에서도 국민의 안전과 편의를 높일 수 있는 7개의 연구 성과를 담은 ‘국민안전 편’ 파트는 자동차나 비행기 등의 교통수단 및 장비, 도로나 활주로 등의 보수·유지 등과 관련된 운영 시스템이나 주거단지 내 폐자원 활용 등 국민들이 체감할 수 있는 실생활과 직접 맞닿아 있는 분야의 기술에 대해 다루고 있습니다. 특히 휠체어 버스 운영 시스템이나 화물 이송용 전동 장비 등의 교통 관련 기술은 교통약자를 위한 편의를 제공하는 등 일부에게만 혜택이 가는 것이 아닌, 국민 모두의 복지 향상에 기여하기 위해 노력하고 있습니다.

두 번째 파트인 ‘미래혁신 기술’은 지금보다 더욱 효율적이고 뛰어난 기술 및 이를 상용화할 수 있는 7개의 연구 성과로 고속철도 검측 시스템이나 자율주행자동차 실험도시 구축 등이 이에 해당된다고 말할 수 있습니다. 또 도시자원 최적화를 위한 복합플랜트 구축이나 건설 공간 정보를 제공하는 핵심 플랫폼, 도로교통 시스템 운영유지보수를 위한 시스템과 센서 개발 등은 해외 시장에서도 충분히 경쟁력을 갖추고 실제 적용 및 실용화가 가능한 기술들입니다. 이 밖에도 고수압 조건의 터널 시공법이나 슈퍼콘크리트 개발 등의 기술은 선진 각국에서도 기술선점 경쟁이 치열한 분야로 전 세계가 주목하고 있는 기술입니다.

마지막으로 소개하는 ‘핵심기술 자립화’ 파트는 친환경 저탄소 교량 시공 및 거더 및 신축이음장치 등의 교량 관련 기술, 철도차량의 능동조향기술, LNG저장탱크 제작 기술, 화물운송을 위한 트레일러 경량화 장치 개발 등 6개의 기술은 국민들의

안전하고 행복한 삶과 직결이 되는 과제이자 사업화를 통해 세계 시장에서도 앞서 나갈 수 있는 전도유망한 기술이라고 할 수 있습니다. 기존의 단점을 보완하여 안전사고 방지 및 유지보수 비용 등을 절감하는 효과는 물론 소음, 분진 탄소 절감 등 전 세계가 주시하고 있는 친환경적인 요소까지 고려한 성과물로, 국산화 및 국가 기술경쟁력을 확보할 수 있는 기술을 선정했습니다.

이번에 선정된 20개의 사례 외에도 지금보다 더 우수한 연구 성과를 위해 많은 연구진들의 땀과 노력이 있음을 잘 알고 있습니다. 수많은 어려움과 난관에 부딪치고 도전과 실패를 반복하면서도 국민이 안전하고, 국민복지에 기여하며 궁극적으로 국민이 행복한 목표를 향해 묵묵히 연구에 연구를 거듭하고 있는 연구자분들을 진심으로 격려 및 응원하며 국토교통과학기술진흥원 또한 곁에서 함께 나아갈 것을 약속드립니다.

CONTENTS

2019 국토교통 R&D 성과사례집 내일을 준비하는
국민이 체감하는 **혁신 기술**

국민안전 편의

safety R&D

- 014** 시공은 간편하고 성능은 향상된 기둥구조시스템 상용화
폭1미터이상/고하중에 최적인 내부보강조립식 합성메가기둥구조시스템 개발
- 018** 적은 힘으로도 더 많은 짐을 들 수 있어요
물류약자를 위한 수동장비를 대체 할 화물 이송용 전동 장비 개발
- 022** 활주로 내 이물질 자동 탐지 시스템 구축
항공기의 정비소요를 발생시키고 콩코드기 추락과 같은 사고를 사전에 방지하기 위해 활주로 내에 발생하는 이물질을 자동으로 탐지/확인 및 수거할 수 있는 시스템을 개발하고 성능검증
- 026** 새 공법 개발 통한 신속한 도로 보수 및 유지 가능
국내 최초 포트홀 신속 복구 장비·공법 개발 및 실증
- 030** 음식물쓰레기 처리 시스템의 새로운 패러다임 전환
음식물쓰레기처리 생활문제를 해소한 "발생원 내 음식물쓰레기 처리시스템 실증과 확산"
- 034** 휠체어 탑승 가능 버스의 실용화 기반 구축
휠체어 탑승가능 고속/시외버스 개발 및 운영 효율화 방안 제시
- 038** 항공교통의 흐름 바꿀 항공기 출도착 관리 시스템 개발
공항/공역에서의 지연 완화 및 운영 효율성 향상을 위한 항공기 출도착 통합 관리 시스템 개발

핵심기술 자립화

Core R&D

미래혁신 기술

Advanced R&D

- 044** 국내 해저 터널 기술의 해외 시장 진출 교두보 마련
고수압 조건의 Composite 및 Achor type EPDM Gasket 개발
- 048** 슈퍼콘크리트 상용화 기술 개발로 세계를 선도하다
세계 최고수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술 개발 및 상용화
- 052** 환경·에너지를 생각한 저탄소 미래도시 운영의 새로운 모델 제시
도시자원 최적화를 위한 복합플랜트 구축/운영으로 주민친화적 도시기반시설 구축기반

- 056** 건물 내·외 공간의 상세한 정보 확인 및 시각화 가능
건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼
- 060** 운행 중인 고속철도 종합검측 시스템 구현
고속철도 차량진동 및 승차감 IoT계측시스템 상용화
- 064** 자율주행자동차 상용화를 위한 인프라 구축
자율주행 실험도시 구축(K-City의 성공적 구축 및 자율차 상용화 지원)
- 068** 국산화된 도로교통 시스템으로 해외 시장 개척
도로교통 시스템 운영유지보수 관리비용 절감 및 세계표준규격의 원격검침형 AVC/VDS/WIM 융복합 시스템과 교통류 센서 개발
- 074** 국내 최초 저탄소 소재 활용한 친환경 교량기술의 탄생
기존 교량에 비해 유지관리비용과 탄소발생을 저감할 수 있는 친환경 교량기술을 국내 최초로 개발
- 078** 세계 최초 모듈러 중소형 LNG 저장탱크 제작기술 구현
SCP(Steel Concrete Panel) 모듈 개발 및 모듈러 LNG저장탱크 제작기술 선도로 글로벌 시장 노크
- 082** 우리나라 환경에 최적화된 교량 형식의 강합성 거더 실용화
슬래브와 복부 단면을 개선한 저형고·장경간 프리스트레스트 강합성 거더(경량 Precom거더) 실용화
- 086** 교량 모든 형식에 적용 가능한 저소음 신축이음장치 개발
초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발
- 090** 철도차량용 능동조향기술 국내 독자 개발로 세계 시장 선점
차륜마모 및 소음저감을 위한 전동차량용 능동조향 대차 기술
- 094** 운송장비 기술개발로 도로화물 운송 효율성을 높이다
트레일러 경량화 설계, 공기저항저감 장치 및 운송용기 최적화를 통하여 도로화물 운송 시 연료사용량 절감을 가능하게 하는 기술개발

2019 국토교통 R&D 주요 성과

2019 국토교통 R&D 성과사레집 내일을 준비하는
국민이 체감하는 **혁신 기술**



1

세계 최장 콘크리트 사창교 고덕대교 적용



2

오송 철도종합시험선로 적용



3

옥산-오창 expressway 적용



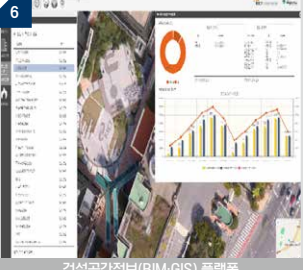
4

2,500mm급 신축이음장치



5

합성메가박스 내진내화 실험



6

건설공간정보(BIM-GIS) 플랫폼



7

해저터널용 Gasket



8

LH 도안신도시 적용



9

수도권 매립지 내 Pilot Plant



10

강판-콘크리트 합성 고강도 경량 모듈

Top Steel Plate

Concrete

Bottom Steel Plate

Shear Stud

Cross Tie

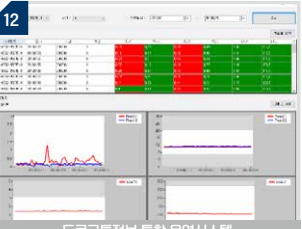
Steel Primary Member

- 1 저비용·장수명·성능맞춤형 80~180MPa 급 슈퍼 콘크리트
- 2 산업부산물(고로슬래그) 활용이 가능한 친환경 거더
- 3 50~70m급 프리스트레스트 강합성 거더
- 4 초장대교량 적용가능한 2,500mm급 신축 이음장치
- 5 재료비·공기단축 등이 가능한 내부보강조립식 합성메가박스
- 6 BIM 데이터 기반 3차원 공간정보 처리 솔루션
- 7 고수압(20Bar) 조건의 해저터널에 적용가능한 Gasket
- 8 주거단지(발생원) 내 자체 음식물쓰레기 처리 시스템
- 9 도시자원 최적화를 위한 복합플랜트
* 일처리 24톤, 550여 가구 활용 가능한 에너지 생산 가능
- 10 극·오지에서도 시공가능한 세계 최초 고강도·경량 LNG 저장탱크 외조 모듈



11

고속철도 검측차(KTX-36호) 적용



12

도로교통정보 통합 운영시스템



13

능동조향대차 구성도



14

포트를 복구장비 시제품



15

K-City 자동차전용도로 구축



16

활체어 탑승 고속/시외버스 개조 차량



17

물류장비 시제품



18

경량 평판트레일러(1.2ton 경량화)



19

이동형 이물질 자동탐지시스템



20

항공기 출·도착 연계 통합 관리 시스템

sensor unit

driving unit

능동조향대차 구성도

포트홀 복구장비 시제품

K-City 자동차전용도로 구축

활체어 탑승 고속/시외버스 개조 차량

물류장비 시제품

경량 평판트레일러(1.2ton 경량화)

이동형 이물질 자동탐지시스템

항공기 출·도착 연계 통합 관리 시스템

- 11 고속(300km/h) 주행 중 철도시설물 상태를 검측하는 종합검측시스템
- 12 도로교통정보(노면온도, 블랙아이스 등) 검침 센서 및 운영시스템 국산화
- 13 철도차량 급곡선(R300m 이하) 주행 시 차륜/레일 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술
- 14 아스팔트 포장도로 포트홀 신속 복구장비
- 15 자율주행 실험도시(K-City) 구축
- 16 활체어 사용자 탑승가능한 고속/시외버스 차량
- 17 최대 200kg 운송 가능한 도매시장 물류장비
- 18 경량 평판 트레일러 및 접이식 경량 롤컨테이너
- 19 활주로 내 이물질 자동 탐지/확인/수거 시스템
- 20 공항/공역 운영효율 제고를 위한 항공기 출·도착 관리 시스템

국민안전편의

다 함께 편안하고 따뜻하고 쾌적한 공동체의 삶을 위하여
공공복지기술이 더 세심하고 더 완벽한 그림을 그린다.
국민복지의 마지막 퍼즐을 맞추는 때까지 국토교통R&D는 계속될 것이다.

Welfare R&D

시공은 간편하고 성능은 향상된 기둥구조시스템 상용화
적은 힘으로도 더 많은 짐을 들 수 있어요
활주로 내 이물질 자동 탐지 시스템 구축
새 공법 개발 통한 신속한 도로 보수 및 유지 가능
음식물쓰레기 처리 시스템의 새로운 패러다임 전환
휠체어 탑승 가능 버스의 실용화 기반 구축
항공교통의 흐름 바꿀 항공기 출도착 관리 시스템 개발

시공은 간편하고 성능은 향상된 기둥구조시스템 상용화

2019 국토교통 R&D 성과사례집

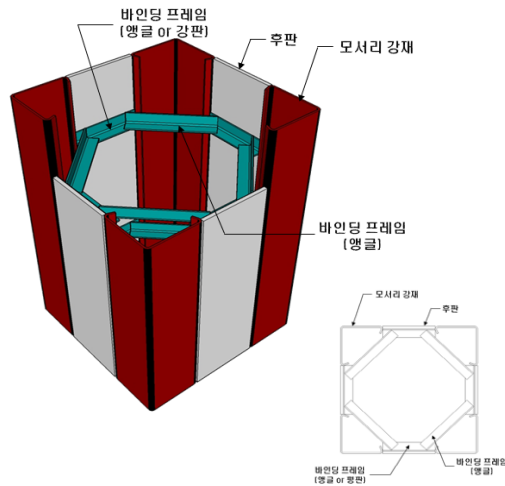
12

국내 지역은 대부분이 중약진 지역으로 건축물 시공에 있어 어려움이 많다. 특히 폭이 넓고 고하중을 견뎌야 하는 대형건축물의 경우는 내진성과 내화성능 등 구조안전성을 비롯해 시공 과정에 있어서도 강재 등의 자재 사용량이 많고, 용접량 증가하는 등 해결해야 할 문제점이 산재해 있다. 내화성능 및 잔존강도를 높이기 위한 합성메가기둥 구조 시스템 등의 연구 개발이 시급한 실정이다.

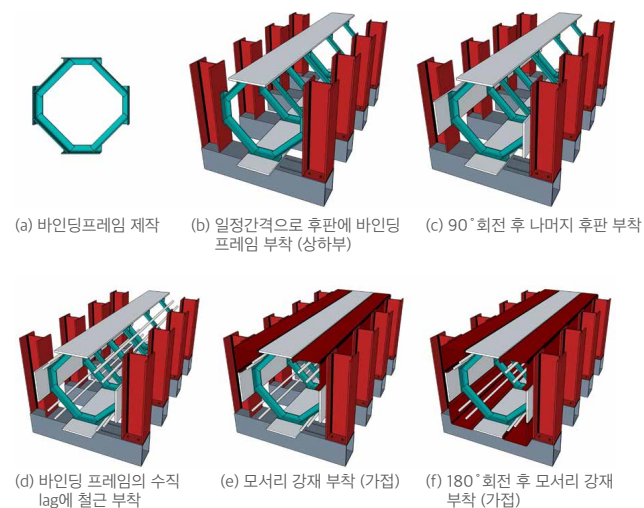
- 세부과제명 폭1미터이상/고하중에 최적인 내부보강조립식 합성메가기둥구조시스템 개발
- 연구기간 2017년 2월 ~ 2018년 2월
- 총연구비 686(백만원)
- 연구자 엄경수 (주)엑트파트너 연구소장



■ 합성메가기둥 형상



■ 바인딩 프레임의 제작 및 제작과정



국민편의 Welfare R&D

13



주요성과

폭 1미터이상/고하중에 최적인 내부보강조립식 합성메가기둥 구조 시스템 개발

대형 구조물에서 보-기둥 접합부를 상하동형으로 구성하는 것이 난해하기 때문에, 상하이형 접합상세를 제공함으로써 구조적측면과 시공적 측면에서 많은 성장을 이룰 수 있었다. 효율적인 합성단면을 구성하여 CFT 기둥의 판폭두께비 완화 적용이 가능하며, CFT 기둥의 구조적 장점을 극대화시켰다. 또 개발된 합성메가기둥은 제작공정의 단순화로 인해 제작비 절감 및 제작시간을 단축할 수 있어 동시간에 많은 제품을 제작함으로써 현장 납품이 원활해졌다.

합성메가기둥의 구조성 검증 신뢰도 확보

시험결과와 설계기준식을 반영하여 합성메가기둥의 내화성능 평가식을 도출하고, 화재에 의해 손상된 시험체의 잔존강도를 평가했다. 또 합성메가기둥의 중심압축실험, 편심압축실험을 통해 구조성능을 검증해 공법의 신뢰도를 향상시켰다.

보-기둥 접합부 단순화로 의한 시공성 개선 및 구조안전성 향상

합성메가기둥의 제작공정이 개선됨에 따라 강관 내부에 구조요소 설치가 용이해졌으며, 보-기둥 접합부에 내다이하프램 설치가 자유롭다. 또 시공이 간편하고, 구조적 하중전달이 명확하기 때문에 구조안전성을 확보했다.

■ 합성메가기둥 내화성능



■ 합성메가기둥 제작 공정 개선



연구목적

CFT 기둥은 강판의 폭과 두께비에 따라 조밀/비조밀/세장요소로 구분되는데, 구조성능에 차이가 있으며 판폭 두께비가 클수록 성능 저하가 크게 나타난다. 특히 기존의 CFT 기둥은 동일한 두께의 4개 강판을 모서리에서 용접조립하기 때문에 기둥단면이 확장될수록 조밀단면을 만들기 위해서 두꺼운 강판이 사용된다. 이로 인해 강판의 강재량이 많이 소요되고, 모서리 용접량이 급격하게 증가되는 단점이 있다. 이에 대한 보완책을 찾기 위한 연구를 진행했다.

연구의 차별적 특징

합성메가기둥 구조 시스템의 검증 확인 및 시공영역 확대

연구 성과를 토대로 설계에 반영 현장시공 영역이 확대됐으며, 합성메가기둥 구조시스템의 현장적용을 위한 설계지침 및 제작·시공 시방서를 제시했다. 또 연구결과를 토대로 합성메가기둥 구조시스템의 내화성능평가 기준과 건설실무자들에게 합성메가기둥 구조시스템의 구조성능과 내화성능에 대해 실증적인 검증 근거를 제시했다.

중소기업 기술자문 및 기술 교육 가이드라인 활용

합성메가기둥 구조시스템의 기술에 대한 설계·제작·시공·감리 엔지니어링 회사를 대상으로 기술설명회를 열고, 실증적 구조시스템의 반영을 위한 학계(대한건축학회, 강구조학회 등)와의 기술자문 수행함으로써 실무종사자의 실구조물 적용이 가능한 가이드라인으로 활용이 가능하다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

시공 용이하고 안정적 설계로 활용성 및 안전 신뢰성 향상

시공성이 용이한 접합부의 안정적 설계방법 개발 및 제작의 용이, 공기 단축 등으로 적용의 활용성이 증대됐다. 또 합성메가기둥과 보-기둥 접합부의 정확한 해석으로 안전에 대한 신뢰성이 향상됐다. 시공 용이하고 안정적 설계로 활용성 및 안전 신뢰성 향상

시공성이 용이한 접합부의 안정적 설계방법 개발 및 제작의 용이, 공기 단축 등으로 적용의 활용성이 증대됐다. 또 합성메가기둥과 보-기둥 접합부의 정확한 해석으로 안전에 대한 신뢰성이 향상됐다.

2. 사회경제사업화부문

강재의 효율적 이용으로 골조 공사비용 감소 및 수출 경쟁력 기대

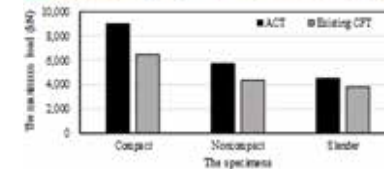
공기 단축 등으로 인해 공사 간접비용이 감소했으며, 이로 인해 해외건축사업 수주에 용이하고 대형 물류산업 건물에 효율적으로 적용하는 등 수출 경쟁력도 확보할 수 있었다.

환경 부담 감소 및 신뢰성 구축

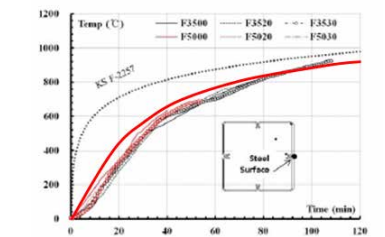
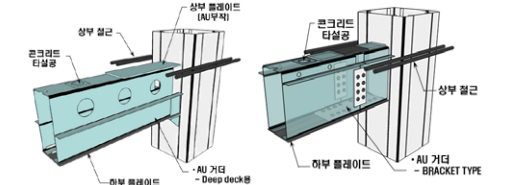
콘크리트 사용 감소로 건축 폐기물이 감소하고, 폐기물 처리비용 및 탄소 배출권에 의한 비용 감소 등 환경부담금이 줄었다. 또 신뢰성 있는 구조물의 구축으로 지진 등 재해로부터 사회자산 보호 및 국민의 안전 보장에도 기여하였다.



■ 합성메가기둥 편심압축성능평가



■ 합성보-합성메가기둥 접합부 상세 및 내진성능평가



- 논문 폭 1m 이상 합성메가기둥 기둥-보 T형 스티프너 접합부 형상 개발 및 내력식 제안 등 논문 3건
- 특허 제작 프레임 및 바인딩 프레임을 이용한 콘크리트 충전용 기둥 조립체의 제작방법 및 이에 의해 제작되는 기둥 조립체 등 특허 등록 2건
- 기술이전 내부보강조립식 합성메가기둥구조시스템 관련 국토교통과학기술진흥원 기술 이전. 2018년
- 사업화화성 화성 동탄 C-1BL, 하남 미사 복합시설 등 20여 지역 내 건축 프로젝트에 적용 및 사업화. 2018년

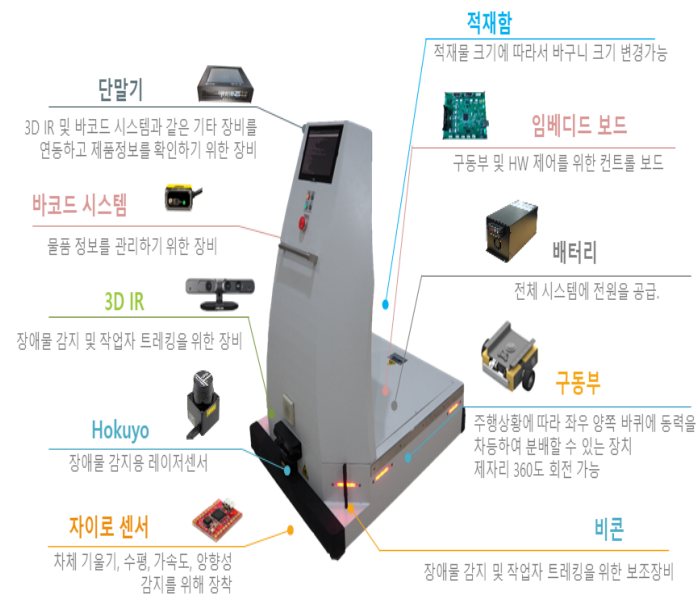
적은 힘으로도 더 많은 짐을 들 수 있어요

각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 연결하는 사물인터넷(IoT) 기술이 상용화되면서 물류현장에 IoT 기술을 사용하기 시작했다. 물류 작업자를 인식하여 자동으로 작업자를 따라다니며 작업처리를 지원하는 모바일 파워 카트(MPC, Mobile Power Cart), 도매시장, 물류센터 하역장에서 사용 가능한 전동형 핸드카인 스마트 파워 캐리어(SPC; Smart Power Carrier) 등의 기술은 물류 약자들에게 편리함을 주며, 물류현장의 열악한 노동환경 개선에도 도움을 줄 수 있다.

- 세부과제명 물류약자를 위한 수동장비를 대체 할 화물 이송용 전동 장비 개발
- 연구기간 2014년 6월 ~ 2018년 6월
- 총연구비 2781(백만원)
- 연구자 이 석 한국철도기술연구원 책임연구원



■ MPC 제품



■ MPC-시제품



주요성과

물류비용 절감

물류센터에서 주문된 제품을 창고에서 찾아서 납품하는 작업자의 작업 편의성을 높이고 작업 시간을 줄여 효율성을 향상하는 등 인건비와 운영비를 절감하여 전체 물류비용을 절감했다.

작업여건 개선

MPC, SPC 운영을 통해 기존에 인력에 의존하던 작업을 자동화함으로써 작업자의 부상 방지와 제품이동의 편리성을 향상하고 주문된 제품을 창고에서 찾는 업무의 에러를 감소시키고 고령화, 인력난 등의 문제점을 개선했다.

다양한 시범사업 및 상용운행을 통하여 시스템 안정성 확보

■ (MPC) B사 물류센터 실사용환경 시험운영



■ (SPC) 가락시장 시연 및 농협하나로마트 납품



연구목적

오늘날의 물류센터와 도매시장은 노동력에 의존한 이송 장비로 인해 작업자의 잦은 부상과 힘든 업무로 인한 작업 기피로 작업자를 구하기 힘든 상황이다. 특히 물류현장의 안전성 문제와 노동력 고령화 추세와 여성 기피 문제로 물류 산업 경쟁력은 갈수록 악화 되고 있다. 이에 따라 MPC와 SPC를 개발하여 물류현장에서의 작업 지시와 물류처리과정의 편의성 향상과 생산성 및 근로자 직무 만족도를 향상시키기 위해 이 연구를 진행했다.

연구의 차별적 특징

IOT를 적용한 독창적인 설계로 인한 성능 향상

모바일 파워 카트는 기존 다른 시스템들은 영상을 기반으로 하여 작업자를 인식하고 추적하였다면 MPC는 레이저스캐너를 기반으로 하여 작업자를 인식하고 추적한다. 특히 링크식 킬링 방식을 채택하여 이동성과 조향력을 향상 시켰으며 내구성을 높여 일반 사용자의 유지보수를 줄임으로써 사용자 편의를 반영했다.

다양한 품목 적재 및 분야 확장 가능성

모바일 파워 카드와 스마트 파워 캐리어는 기반시설 설치가 필요 없고 다양한 품목을 적재할 수 있다. 또 물류현장뿐만 아니라 다양한 분야로 확장할 수 있는 보편성도 지녔다.

자동 시동기능 구현

LCD표시, 음성을 통해 장애물, 과속, 배터리 상태 안내 등의 운행 상태를 안내하고 스마트폰의 블루투스를 이용한 자동 시동기능을 구현했다.

■ NUFAM 2017.10 독일 전시회 및 CES 2017.01 미국 전시회



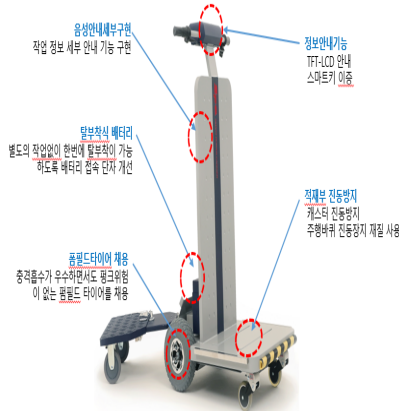
■ 모바일 파워카드 / 스마트 파워 캐리어



1. 모바일 파워카드	2. 스마트 파워 캐리어
✓ 피킹용 카트의 적재효율을 향상시키고 온라인 정보처리를 통한 작업자 편의성 향상	✓ 다량의 중/경량 화물을 처리하는 화물운전자, 작업자 등 육체적 부담 경감



■ SPC 제품



■ MPC(WABOT)-상용화를 위한 디자인 그림



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

기술 이전 등으로 새로운 분야 개척 및 신시장 창출

기존 틈새시장을 겨냥하여 새로운 시장을 개척하였으며, 해당 기업에서는 기술실시계약의 기술을 기반으로 한 새로운 제품 3개를 개발 중에 있다. 특히 기술실시계약을 한 기업은 주 사업이 통신 분야로 기술 이전을 기반으로 물류시장에 발을 들여 놓는 등 미래 물류 장비를 개발하는 업체로 다변화 하는 기초가 되었다.

2. 사회경제사업화부문

물류현장의 노동환경 개선으로 인한 기대효과

근로환경개선, 효율향상, 산업재해 예방 등의 장점과 더불어 최첨단 기술과 인체공학적인 디자인을 접목한 미래지향적 화물장비로 수동/전동/전진/후진/제자리 회전등 기능을 제공해 여성과 노약자도 탑승을 통해 편리하게 화물의 이송할 수 있는 장비로 기존 열악한 노동환경을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

- 논문 가락농수산식품도매시장 노동의존형 물류조업 환경개선을 위한 하역운반 보조 장비 기술개발 및 물류효율성 개선연구
- 특허 발명의 명칭 스마트 전동형 핸드카
- 기술이전 SPC 기술실시계약을 통해 기술이전(2016년 2천만원)
- 사업화 - SPC 50대를 (주)농협물류에 납품(약 1억 6천만원)
- 기술실시계약 등 씨스존(주)에 상용화 판매(약 3억원)
- 인력양성 사업화를 위해 5명의 신규인원 충원
- 수상 2017 상반기 대한민국 우수특허대상(한국일보)

활주로 내 이물질 자동 탐지 시스템 구축

활주로 내에 발생하는 이물질을 자동으로 탐지하는 시스템은 활주로에 일정간격으로 플랫폼(타워)를 배치하고 플랫폼 상단에 레이더 및 광학카메라 탐지센서를 이용하여 이물질을 탐지하는 고정형 시스템과 차량 상단에 레이더 및 광학카메라 탐지센서를 이용하여 활주로를 이동하면서 이물질을 탐지하고 즉시 이물질을 제거할 수 있는 이동형 시스템 등으로 구분된다. 이러한 자동탐지 시스템 기술은 감시분야, 국방분야, 특수분야 등 다양한 분야에 활용이 가능하며 앞으로도 비약적인 발전이 가능한 분야이다.

- 세부과제명 항공기의 정비소요를 발생시키고 콩코드기 추락과 같은 사고를 사전에 방지하기 위해 활주로 내에 발생하는 이물질을 자동으로 탐지/확인 및 수거할 수 있는 시스템을 개발하고 성능검증
- 연구기간 2015년 12월 ~ 2021년 12월(진행 중)
- 총연구비 3806(백만원)
- 연구자 박명규 (주)웨이브텍 상무이사



■ 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템



주요성과

고정형 이물질 자동탐지 시스템 개발

이물질을 탐지하고자 하는 활주로에 일정간격으로 플랫폼(타워)를 배치하고 플랫폼 상단에 레이더 및 광학 카메라 센서를 장착하여 활주로의 이물질 여부를 탐지할 수 있다. 24시간 365일 실시간으로 탐지가 가능하다.

이동형 이물질 자동탐지 시스템 개발

차량 상단에 레이더 및 광학 카메라 센서를 장착하여 활주로를 이동하면서 이물질 여부를 탐지할 수 있다. 실시간 탐지 및 이물질을 즉시 수거가 가능하다.

통합운영시스템 개발

고정형 및 이동형 이물질 자동탐지 시스템으로부터 탐지정보를 받아서 이물질에 대한 저장, 관리, 통계 기능을 제공한다. 탐지하고자 하는 활주로 전 지역을 전시하고 각 플랫폼별 이물질 탐지현황, 상태정보 등의 화면을 운용자에게 전시할 수 있다.또 공항 내의 항행시스템 및 운항정보관리시스템과 연계기능도 포함한다.

자체 테스트-베드 구축 및 운용시험 추진

2018년부터 현재까지 한서대학교 태안비행장에 고정형 이물질 자동탐지 시스템과 이동형 이물질 자동탐지 시스템, 통합운영시스템을 구축하고 다양한 환경에서 운용시험을 하면서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 보완하고 최적화하였다. 2020년부터는 인천국제공항에 시스템을 구축하여 운용시험을 할 예정이다.

개발 시스템의 신뢰성 확보

시스템의 신뢰성을 확보하기 위해 염수분무, 방진/방수, 온/습도, 전자파적합성, 진동에 대한 시스템의 해당 시험기관에서 KOLAS 인증 및 CE인증 완료하였다.

연구목적

공항 항공기 이동지역에서 발생하는 이물질의 종류는 항공기 부품, 파편, 조류 사체 등 매우 다양하며, 이러한 이물질로 인하여 이착륙하는 항공기 자체에 피해를 발생시키거나 주변 시설 또는 작업자에게 날아가 피해를 주는 등 항공기 정비 소요발생 및 운항지연 등의 직간접적인 경제 손실이 발생하고 있다. 현재 공항에서 이루어지는 이물질 제거 활동은 사람의 육안에만 의존하기 때문에 많은 시간 소요와 함께 매우 작은 이물질(금속 부품 등)에 대해서는 완벽한 제거가 힘든 상황으로, 자동으로 이물질을 탐지하고 제거할 수 있는 시스템 구축이 필요하다.

연구의 차별적 특징

복합센서 기반 시스템

본 개발 시스템은 레이더 및 광학카메라의 복합센서 기반 시스템으로 탐지확률을 높이고
오탐지율을 줄일 수 있으며, 탐지 시 이물질을 시각적으로 확인할 수 있다. 또 이동형 시스템의 경우
내부에 수거장치가 장착되어 있어 이물질을 탐지하고 즉시 이물질을 신속하게 제거할 수 있다.

해외 선도기술과의 비교

탐지확률 95%, 위치정확도 1m 이내, 레이더 최소탐지 크기 -30dBsm(지름 3.5cm 구) 이동형
시스템의 경우 운영속도 60km/h로 해외 선도기술 대비 우수한 성능을 가지고 있다.

구분	개발기술	해외 선도 기술		
		Tarsier	FOD Finder	iFerret
제작사 (국가)	(쥬웨이브텍 (대한민국))	QinetiQ Ltd. (영국)	Trex Enterprises (미국)	Stratech (싱가포르)
운용방식	고정형/이동형	고정형	이동형	고정형
운용센서	레이더+광학카메라	레이더+광학카메라	레이더+광학카메라	광학카메라
최대탐지거리	고정형 : 400m 이상 이동형 100m 이상	1.5km	180m	400m 이상
탐지확률	95%	90%	90%	90%
레이더 최소탐지 크기	-30dBsm	-20dBsm	-20dBsm	-
카메라 최소탐지 크기	2cm X 2cm	이물질 식별용	이물질 식별용	-
위치정확도	1m 이내	5m 이내	5m 이내	5m 이내
차량이동속도	60km/h	-	48km/h	-
탐지시간	고정형 : 1분 이동형 : 2초(실시간)	3분	2분	1분

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

정확·효율적 탐지 가능 및 유사 분야 응용 가능

주간, 야간 및 기상조건에 제한을 받지 않고, 레이더 및 광학카메라 탐지기술을 활용하여
실시간·정확·효율적 탐지가 가능하다. 또 이러한 레이더 및 광학카메라 탐지기술을 활용하여
감시/경계, 도로 위험물 실시간 감시 등의 유사분야에 대한 응용기술로 직접 활용이 가능하다.
이물질 현황 DB 구축 및 분석을 통한 효과적인 이물질 방지대책 수립과 비행 포장면 검사 및
적기 보수로 항행안전 확보를 도모할 수 있다.

2. 사회경제사업화부문

유지보수 등 예산절감 효과와 사회안전망 구축 기반 제공

해외 선도기술 수입대비 비용절감 효과를 보면 고정형 시스템의 경우 활주로 1분당 약 60억원(해외
선도기술 약 90억원), 이동형 시스템의 경우 1대당 약 8억원 (해외 선도기술 약 9억원)이며
유지보수 또한 비용이 적게 들고 빠른 시간 내에 수리가 가능하다는 장점이 있어 예산절감 효과가
높다. 이물질 자동탐지 시스템을 공항에 적용함으로써 항공기 안전확보와 공항관리 효율화에 크게
기여할 수 있으며, 항공 안전관련 장비에 대한 국산화 및 선진화를 통해 적용개소 및 현장에 최적화
되고 경제화된 시스템을 국방, 항공, 철도, 국가 주요시설 등 사회전반에 공급할 수 있게 됨으로써
사회안전망 구축 및 확보를 원활하게 하는 기반을 제공할 수 있다.



■ 고정형 이물질 자동탐지 시스템
(한서대학교 태안비행장)



■ 이동형 이물질 자동탐지 시스템
(한서대학교 태안비행장)



■ 통합운영시스템
(통합운영콘솔)



■ 통합운영시스템
(콘솔 UI, 전체감시화면)



■ 통합운영시스템
(콘솔 UI, 고정형 개별감시화면)



■ 합운영시스템
(콘솔 UI, 이동형 개별감시화면)



- 논문 시스템, 레이더, 카메라 각 분야별 기술개발 관련 국내외 학술지논문 및 학술발표대회 논문 총 15건 달성
- 특허 시스템, 레이더, 카메라, 통합운영시스템의 개발기술 특허등록(국내 4건) 및 출원(국내 7건, 해외 1건) 달성
- 특수성과 통합운영시스템 서버 DB 구축 및 운용
- 한서대학교 태안비행장 자체 테스트-베드 구축 및 운용
KOLAS 인증 및 CE인증 완료

새 공법 개발 통한 신속한 도로 보수 및 유지 가능

포트홀로 인해 사회적으로 발생하는 피해는 매년 끊이지 않고 발생하고 있지만 전통적 포장보수 방법으로는 한계가 있다. 특히 도로관리기관들은 제한된 예산 범위 내에서 시민의 편의와 안전 확보를 위하여 파손 상태가 가장 심각한 도로를 먼저 보수하던 사후보수중심에서 기존의 도로망을 보존하고 유지하는 예방적 원상복구 보수방안으로의 인식전환이 필요한 시점이다. 따라서 아스팔트 포장도로 포트홀 복구용 적외선 방출 하향식 가스히터 장비는 아스팔트 포장도로 포트홀의 신속한 소파보수로 국민복지와 안전 측면에 필요한 기술이다.

- **세부과제명** 국내 최초 포트홀 신속 복구 장비·공법 개발 및 실증
- **연구기간** 2014년 7월 ~ 2017년 7월
- **총연구비** 1200(백만원)
- **연구자** 고강훈 한국산업기술시험원 기계소재기술센터 책임연구원 외
정운규 (주)화인코와
김광우 강원대학교



■ 차량일체형 포트홀 보수 장비 사진



주요성과

국내 최초 포트홀 신속 복구 장비 및 공법개발

이동 및 작업 효율 향상을 위한 차량 일체형의 고성능 적외선 가스히터와 아스콘 보온용 보온박스과 온도 및 시간 조절을 통해 기존 포트홀 부위에 아스콘 표면이 타지 않으면서 내부까지 가열되는 기술을 적용한 아스팔트 포트홀 재시공 장치 및 공법을 개발하여 기존공법 대비 작업시간을 30분 이상 단축하였으며, 작업인력은 4명에서 2명으로 2명 감축하여 인건비를 절감하였다.

보수 공법 시방서 개발 및 표준화

아스팔트 포장 도로의 상태별, 경과 기간별로 적외선 열량 및 유지시간에 따른 투과 깊이 표준화와 모든 연구결과를 바탕으로 표준배합 차트를 포함하는 '아스팔트 포장도로 포트홀 복구용 적외선 방출 하향식 가스히터 장비 및 공법 시방서' 개발해 포트홀 성능지표 및 공법을 표준화했다.

포트홀 복구 장비의 성능 평가 및 검증 통한 신뢰성 확보

구성품 기능, 품질, 장비의 신뢰성 검증을 위한 절차를 수립하여 시험을 통해 개발 시스템을 검증하여 장비의 신뢰성을 확보하였으며, 현장 운용시험 평가를 통해 장비의 신뢰성을 확보했다.



연구목적

포트홀 발생 시 기존 절삭보수 방식은 많은 장비와 인력을 사용하기 때문에 복구시간과 보수비용 증가 등의 문제로 상온아스콘을 활용한 응급복구 방식을 사용하고 있다. 이러한 복구 방법은 짧은 수명으로 쉽게 파손되어 재시공 등 악순환이 반복되고 있다. 따라서 기존 포트홀 보수공법의 문제점을 해결하기 위해 최소 작업인원 투입 및 신속히 포트홀을 보수 할 수 있는 공법·장비와 장시간 이동 후에도 시공 품질 만족 할 수 있는 보온박스 개발을 연구 과제로 했다.

연구의 차별적 특징

포트홀 보수 현장 적용 효과성 입증

기존 절삭 보수 공법에 비해 적외선 방출 하향식 가스히터 장비 및 복구공법 기술은 페아스콘을 재활용함으로써 폐기물 발생을 최소화하고, 이음매 없는 시공으로 초기 포장과 동등한 상태로 복구함은 물론 기존 공사 대비 20% 정도 공사비 절감, 신속한 보수로 교통 혼잡을 최소화 할 수 있다는 기술적 차별성을 안산시, 고양시 및 수원시 등의 도로포장 복구 현장에 적용·검증하였다.

도로의 수명연장 및 환경정책에 부응

파손 및 파손진행 상태의 도로를 초기 포장상태와 동등 이상의 물성으로 회복시켜 아스팔트포장도로의 수명을 연장할 수 있어 재포장 등의 주기를 늘려 빈번한 공사를 막을 수 있다. 또 고가의 아스팔트를 재활용함으로써 석유화학분야에서 조달하는 아스팔트의 사용 회전을 줄이고 절삭 후 폐기물을 재활용할 수 있어 에너지 사용량 절감 및 신재 아스콘 생산대비 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

도로 유지 및 보수 분야에 적용 가능

교통사고 위험 발생요인을 신속히 제거함으로 교통사고 발생 예방 및 도로손상 확대를 방지하기 위한 도로 보수 기술 국산화 기술개발에 폭넓게 적용이 가능하다. 현재 적외선 방출 하향식 가스히터 장비를 기본으로 하여 4m 도로 전체를 가열 재생 할 수 있는 장비를 개발하였으며, 길이 11m 대형급 현장 중온가열 리사이클러 및 프리히터의 설계와 제작 및 운전·제어기술 국산화를 하기 위한 개발을 건설기술연구원 주관으로 진행하고 있다.

2. 사회경제사업화부문

사회적 비용 절감

매년 1,000개소 신규 보수 발생 및 수명 연장이 도래한 도로의 재보수에 활용하게 된다면 3년간 약 11억원의 절감효과(기존 절삭 공법 대비 30% 이상 비용 절감)를 기대할 수 있다. 또 안전하고 신속하며 내구성이 우수하게 도로를 복구 할 수 있어 포트홀 발생으로 인한 민원발생 요인을 감소시켜 국민안전 증대에 기여할 수 있다.

* 포트홀 발생 30% 저감시 도로 유지보수 감소로 연간 약 250억원 예산 절감



■ 개발된 장비의 경제적 산업적 측면의 효과



■ 시공 전



■ 시공 중



■ 시공 후



- 논문 아스콘의 물리적 성질 및 노화시간과 관계된 수학적 모델 제시 및 보수공법 기술개발 관련 국내외 학술 논문 총 9건 달성
- 특허 파손아스팔트용 가열 및 교반장치 등 출원 1건, 특허 4건 달성
- 특수성과 수상 - 도로복구작업용 이동식 적외선 가열기등 19건 PROPHALT(상표등록)
- 아스팔트 포장도로 포트홀 복구용 적외선 방출 하향식 가스히터 장비 및 공법 개발(기술실시 계약 2018년 7월)
- 사업화 - 직접사업화: 공정개선, 대웅이앤씨의 86백만원, 2018
- 직접사업화: 상품화, 강서건설, 64백만원, 2017
- 직접사업화: 장비판매, (주)명제산업, 40백만원, 2015

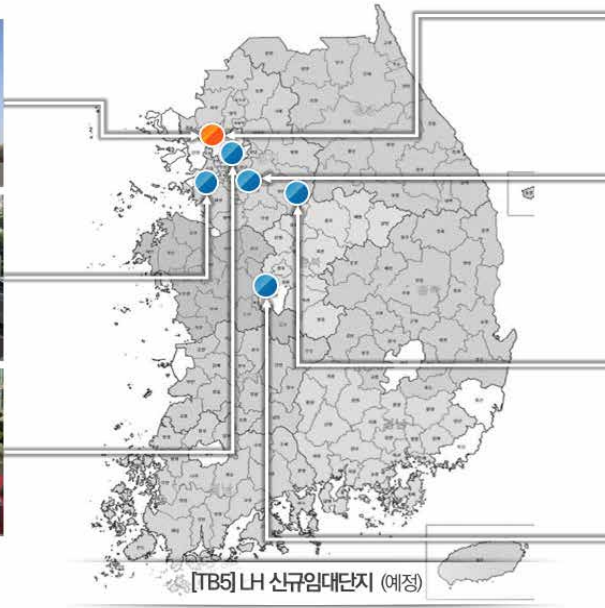
음식물쓰레기 처리 시스템의 새로운 패러다임 전환

음식물쓰레기 처리는 국민 일상과 밀착된 환경 문제로, 실질적인 해결을 위해서는 기술 개발과 현장 실증이 필수적이다. 특히 발생원에서 음식물쓰레기 처리가 가능할 경우 음식물쓰레기 수거, 이송, 재처리 등으로 인해 발생하는 사회간접비용을 절약하고 발생원 내 처리 시 음식물쓰레기를 에너지나 퇴비 등으로 활용할 수 있어 매우 유망한 기술이라 할 수 있다.

- **세부과제명** 음식물쓰레기처리 생활문제를 해소한 “발생원 내 음식물쓰레기 처리시스템 실증과 확산”
- **연구기간** 2018년 1월 ~ 2018년 12월
- **총연구비** 842(백만원)
- **연구자** 김현수 한국건설기술연구원 국민생활연구본부 선임연구위원



■ 실증 현장



주요성과

음식물쓰레기처리 패러다임의 전환

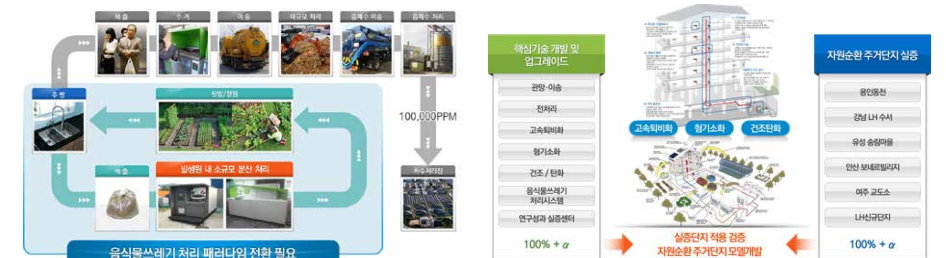
악취와 위생, 처리장 입지 문제 등으로 생활불편과 민원을 야기하는 기존의 수거-이송-대규모처리방식을 소규모/분산/발생원 처리 방식으로 전환하였다. 이를 통해 Zero Food Waste 시스템을 완성하고 자족형 자원순환주거단지의 초석을 마련했다.

음식물쓰레기 처리시스템 개발

각 과정에서 발생한 음식물쓰레기를 외부로 배출하지 않고 분쇄기 → 수평지관 → 수직배관 → 수평지관 → 저장 및 고액분리 → 처리장치를 통해 분산 처리하는 새로운 대안을 제시하고 이를 실제 주거단지에 적용하였다. 해당 시스템은 자원순환주거단지 조성을 위한 음식물쓰레기 처리시스템 설계 및 유지관리라는 국토교통부 정기간행물로도 출간되었다.

음식물쓰레기 처리장치 개발

일배출량 100~200kg을 생활불편없이 발생원(주거단지 내)에서 처리할 수 있는 발효건조기, 플라즈마 탄화기 등 소규모 처리장치를 개발했다. 관련하여 특허가 총 14건이 등록되었고, 디자인 11건 및 S/W와 상표가 2건 출원되는 등 기술 개발 및 상용화의 기틀을 만들었다.



연구목적

기존의 음식물쓰레기는 가정에서 배출하면 수거-이송-대규모처리-음폐수이송-음폐수처리 등을 거치면서 막대한 사회 간접비용을 발생시키고 그 과정에서 악취 발생 등으로 인한 민원이 자주 발생하였다. 이러한 민원을 해결하기 위해서는 음식물쓰레기 처리에서 기존 방식을 뛰어넘는 패러다임의 전환이 필요했다. 이에 주거단지 내에서 Zero Food Waste 시스템을 구축하고, 시민들이 그 효과를 피부로 체감할 수 있는 주거단지를 구축하기 위한 연구를 진행했다.

연구의 차별적 특징

음식물쓰레기 처리문제 해결에 대한 실증 위주의 연구

연구단에서는 리빙랩 방식을 도입하여 최종 사용자들인 실증단지의 주민들과 활발히 상호작용하였다. 연구단 내에 주민과 소통을 담당하는 자문팀을 별도로 만들어 기술에 대한 홍보와 교육, 의견교환을 수행하고, 음식물쓰레기 처리시스템과 다양한 처리 장치를 개발하여 주거단지 6개소, 특수복합지구 1개소(민간교도소), 기타 5개소 등 총 12개소에 성공적으로 실증을 완료했다.

발생원 내 처리방식으로 패러다임 전환

기존 수거이송 방식은 분리 배출 불편, 악취, 위생, 미관 문제와 함께 수거된 음식물쓰레기 처리장 설치와 관리 문제로 사회적 갈등의 원인을 제공하였다. 그러나 이 방식을 통해 각 주거단지(발생원)에서 일정 규모로 자체 처리할 수 있는 기술적 대안을 제공하여 음식물쓰레기 처리 기술 혁신의 가능성을 실증하였다.

주민을 배려한 공동체 활성화 프로그램과 연계

음식물쓰레기 처리를 통해 생산된 퇴비를 주거단지 내 주민들이 도시농업에 활용함으로써 주민공동체 활성화에 기여할 수 있는 모델을 제시하였다. 이를 위해 연구진들은 음식물쓰레기 처리주거단지 유형별로 주민설명회와 협의를 통해 주민과 공동으로 추진하여 공동체 활성화 대안을 제시하였다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

LH 설계 시방서에 연구성과 반영하여 주택 내 적용 가능

LH설계 시방서에 연구성과를 반영하여 공동주택에서 발생하는 음식물쓰레기의 발생원 내 처리기술 보급 활성화 유도가 가능해졌다. 이외에도 해외 기술박람회를 통해 중국, 동남아, 중동 등에 음식물쓰레기 처리 패키지 기술 수출이 가능해졌다.

2. 사회경제사업화부문

법제개선 추진을 통해 업무반영 가능

법제도 개선에서도 유연한 접근을 하기 위하여 기존 법을 급격하게 바꾸려고 하기 보다는 장관승인이 있으면 도입이 가능한 고시, 시행규칙 수준에서 제도 개선을 도모하였다. 이에 총 12개소의 실증단지 적용을 통해 기술을 검증하였고, 여기서 검증된 기술을 반영하여 자원순환 주거단지 조성 가이드북을 국토교통부 도시정책과 행정간행물로 만들어 전국의 지자체와 일선 설계사무소 및 관련업체에 배포하였다.



■ 연구기간 내 추진된 실증대상지

대상지	연산보네르빌리지	LH 도안 20BL 행복주택	LH 공릉 행복주택	LH 수서단지	동천 스마트타운	LH 둔산 3단지	육군22사단	소망교도소	LH본사/연구원	광일고등학교	흥공 City Univ.	제주도
주택유형	민간분양 공동주택	행복(청년)주택	행복(청년)주택	영구임대 공동주택	민간분양 단독주택	영구임대 공동주택	군 시설	특수복합지구	공공청사	학교	학교	상업시설(음식점)
관련지자체	경기도 안산시	대전광역시 서구	서울특별시 노원구	서울특별시 강남구	경기도 용인시	대전광역시 서구	강원도 고성군	경기도 이주시	(LH본사) 경남 진주시 (LH연구원) 대전광역시 유성구	광주광역시 광산구	흥공	제주도 서귀포시
현장사진												
적용기술	세대내 음식물 제로화 스마트리사이클링			맞춤형 음식물 제로화 스마트리사이클링 (需: 맞춤형-발효·소멸(고속·퇴비화))			스마트박스	맞춤형 음식물 제로화 스마트리사이클링 (需: 맞춤형-발효·소멸(고속·퇴비화))			음식물쓰레기 탄화장치	

■ 경기도 용인시 동천리사이클링센터 개소



■ LH수서 자족형 주거단지 개소



■ 안산보네르빌리지 음식물 리사이클링



■ 여주소망교도소 스마트박스 준공



- 논문 핵심기술(고속퇴비화, 혐기소화, 건조탄화) 및 자원순환 주거단지 실증 관련 국내외 학술지 논문 및 학술발표 대회 논문 총 108건 달성
- 특허 음식물쓰레기다중처리장치 등 특허 등록 및 출원 29건, 디자인특허 11건, 기타 2건(SW/상표) 달성
- 기술이전 및 사업화
 - 고리2호기 증기발생기 화학세정(ASCA) 폐액처리 용역(1,115백만원)
 - 스마트박스기술(3,786.2백만원)
 - 무등산 국립공원 생태탐방로 연수원 신축공사(932.3백만원)
- 실증현장 주거단지 6개소, 특수복합지구 1개소(민간교도소), 기타 5개소 등 총 12개소에 성공적으로 실증을 완료함
- 인력양성 석사 8명, 박사 2명 전문인력 양성
- 특수성과
 - 자원순환 주거단지 조성 가이드북을 국토교통부 도시정책과 행정간행물로 배포
 - 연구성과를 가이드북 법제개선제안으로 연결하여 제도화 업무 지원 수행

휠체어 탑승 가능 버스의 실용화 기반 구축

2019 국토교통 R&D 성과사례집

32

교통약자의 이동편의 증진법은 교통약자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 교통수단, 여객시설 및 도로에 이동편의시설을 확충하고 보행환경을 개선하여 사람중심의 교통체계를 구축함으로써 교통약자의 사회 참여와 복지 증진에 이바지함을 목적으로 하고 있다. 하지만 실제 이 법에 대한 강제성은 강하지 않아 휠체어 사용이 가능한 저상버스의 도입률은 매우 낮은 상태이며 현재 운영 중인 저상버스 역시 휠체어 장애인이 이용하기에 어려운 경우가 대부분이다.

- 세부과제명 휠체어 탑승가능 고속/시외버스 개발 및 운영 효율화 방안 제시
- 연구기간 2017년 4월 ~ 2019년 9월
- 총연구비 2500(백만원)
- 연구자 강병도 한국교통안전공단 연구기획팀 수석위원



■ 휠체어 탑승 고속/시외버스 개조 차량 개발(우등/일반형)



국민편의 Welfare R&D

33



주요성과

휠체어탑승고속/시외버스 및 보급 활성화 기반 마련

휠체어 탑승 가능한 승강구, 승강장치 및 가변식 승객좌석 시스템을 포함한 차량 시제품, 휠체어 탑승가능 고속/시외버스 전복안전성 평가용 개조시(1차종) 등을 개발했다. 또 휠체어 승강장치 장착 시외/고속버스 개조 기술개발에 따른 승강장치의안전기준, 검사절차 및 관리규정을 통해 보급 활성화 기반을 마련했다.

휠체어탑승고속/시외버스의 실용화 기반 구축

휠체어 탑승 버스의 구조 및 버스 내 승객 거동 해석을 통한 설계최적화 및 휠체어탑승고속/시외버스 안전성 검증 연구 등을 통해 실제 운영 모델 제시 및 시스템을 구축했다. 또 휠체어 이용자 탑승 가능한 버스 도입을 위한 법 개정안의 토대를 마련했다.

■ 휠체어 승강장치 개발(승강장치 패키지 국산화)



연구목적

본 연구는 휠체어 탑승가능 고속/시외버스 개발과 운영 효율화 방안을 제시함으로써 교통약자들이 실제 대중교통(버스)를 이용 및 효율성을 높일 수 있는 대안을 마련하기 위함이다. 특히 저상버스 운영으로 인한 비용 증가 등의 부담을 줄이기 위한 시스템을 구축함으로써 교통약자의 이동 편의를 도울 수 있는 휠체어 탑승 가능한 버스 운영의 증가 및 효율적 운영을 목적으로 하고 있다.

연구의 차별적 특징

국내 업계의 국제 경쟁력 확보 방안으로 활용

현재 수입에 의존하고 있는 승강장치에 대한 국내의 고유 모델 확보를 통한 수입 대체 및 원가 절감 효과를 통한 업계의 경쟁력을 확보하고 차량구조 특성 검증 및 최적 설계 기반의 설계 기술을 통하여 관련업계(복지/특장)의 기술 수준을 높였다.

휠체어 사용자 접근성 및 이용 편의성 확보를 위한 연구 등으로 운영인프라 구축

현재 운영되고 있는 전국 시외버스 통합예약 및 예약시스템을 연계하여 휠체어 장애인 탑승버스의 수요 등을 미리 확보함으로써 중앙정부 주도의 대중교통의 서비스 개선 가능성을 높였다.

■ 휠체어 탑승 전용 승강구 개발



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

해외도입 수요의 국산 대체를 통한 시장경쟁력 강화

국내 장애인용 휠체어 탑승버스는 현재 수입 승강 장치를 장착 특장화하여 소량 생산하고 있다. 휠체어 승강장치와 가변식 승객좌석의 국산화 및 안전성이 검증된 차량 개조 기술 개발로 인해 원가절감을 통한 휠체어 탑승버스 개조비용 인하 및 관리비용을 절감할 수 있게 되었다. 또 이와 관련된 기술 해외도입 수요의 국산 대체화를 통해 시장경쟁력을 강화할 수 있다.

2. 사회경제사업화부문

200억 이상 규모의 신규시장 형성

전국의 시외버스 운수사업자는 87개사(일반·직행 79개, 고속 8개), 등록대수는 일반·직행형 7,252대, 고속형은 2,356대로 휠체어 탑승버스 개조비용을 10%로 산정 시 960대의 개조수요로 대당 개조비용이 2,000만원 가량이 들어가는 약 200억 규모의 신규시장이 형성될 수 있다.

정책권고 사항인 안정적인 운영기반 마련

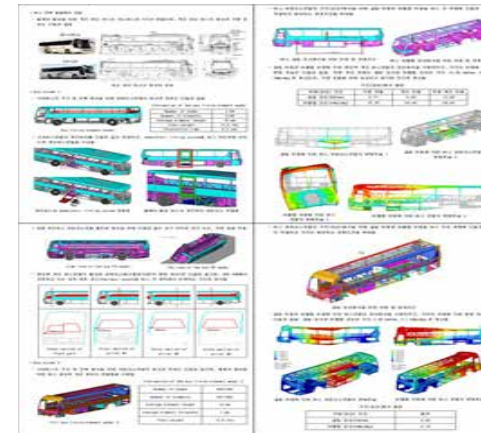
국가인권위원회의 정책권고 사항 이행을 위해 추진 중인 R&D 및 시범사업에 대하여 휠체어 탑승 고속/시외버스 개조차량, 제도, 정책, 인프라, 운영시스템, 교육홍보 프로그램 등의 개발을 통한 관련사업의 조기 정착 및 안정적인 운영기반을 마련할 수 있게 되었다.



■ 가변형 슬라이딩 승객 좌석 개발



■ 휠체어 탑승 개조버스 안전성 평가



- **특허** 차량용 슬라이딩 도어 개폐장치 등 3건
- **기술이전**
 - 휠체어 탑승 전용 승강구
 - 휠체어 탑승 승강장치
 - 가변식 승객좌석
- **특수성과**
 - 휠체어 이용자를 위한 여객터미널 표준설계(지침)
 - 여객자동차터미널 시설개선 비용 개정지원(법령)

항공교통의 흐름 바꿀 항공기 출도착 관리 시스템 개발

2019 국토교통 R&D 성과사례집
36

항공기를 이용하는 항공교통은 지구상의 출발과 목적지 두 지점간의 최단거리(대권항로)를 빠르게 이동할 수 있다는 신속·편리함으로 인해 화물수송은 물론 이용객 역시 많은 편이다. 하지만 항공이라는 보이지 않는 노선인 항공교통 통제에 대한 어려움과 상대적으로 비싼 항공기 연료 부담 등의 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 항공 관련 기술 개발 및 연구가 계속되고 있는 상황이다.

- 세부과제명 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구
- 연구기간 2018년 1월 ~ 2018년 12월
- 총연구비 5738(백만원)
- 연구자 전대근 한국항공우주연구원 책임연구원



■ 인천공항 DMAN 시스템 시제품 설치(2018.05.30) 및 시범운용 설명회(2018.07.26.)



국민편의 Welfare R&D
37



주요성과

항공 교통상황에 최적화된 항공기 출도착 스케줄링 원천 기술 확보

항공기 출발 시각 조연 정보를 생성하는 항공기 출발 관리 시스템(DMAN)의 개발로 항공기 출발 및 이륙에 대한 관리가 용이해졌으며 Point Merge 절차를 활용한 접근관제구역 내의 도착 관리 시스템(T-AMAN) 개발로 기존보다 항공기 도착 및 착륙 관리에 대한 효율성도 증대했다.

경제적/친환경적 효과 창출

보다 효율적인 이착륙 시스템을 적용함으로써 항공 지연율을 줄이는 등 항공 안정성과 효율성을 높일 수 있게 되었다. 또 항공기 지연 및 이착륙 시간을 단축시킴으로써 항공기 연료 소모를 줄이는 경제적인 효과와 함께 온실가스 배출량 감소라는 친환경적인 효과도 얻을 수 있게 됐다.

세계적인 항공교통관리 개선 방향 마련

국내 환경을 동시에 고려한 출도착 연계 통합 관리 시스템(Integrated DMAN/T-AMAN) 개발로 인해 국내 공항 및 항공에도 적용이 가능하다. 이와 관련 시간 기반 교통관리, 섹터-섹터 또는 출발-도착 통합관리 등 전 세계적인 항공교통관리에 대한 개선 및 방향성을 제시할 수 있게 되었다.

연구목적

전세계화에 걸맞게 항공기에 대한 이용률이 늘면서 입출국을 위해 공항을 이용하는 횟수도 갈수록 늘어나고 있다. 이렇듯 급증하는 국내 항공교통량에 대해 보다 안정적이고 효율적인 관리 및 시스템에 대한 요구 역시 커지고 있는 실정이다. 특히 인천 공항은 자국 내 까다로운 여러 여건에도 불구하고 국내뿐 아니라 전 세계에서 이용률이 높은 공항 중 하나에 속한다. 이런 상황에서 항공교통 흐름 개선을 위한 항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술에 대한 연구가 진행되었다.

연구의 차별적 특징

자국 내 공항(인천)에 적용이 가능한 최적화된 시스템 개발 및 검증

인천공항의 특수한 공항/공역 환경 및 흐름관리에 따른 제약 사항을 고려하여 인천공항에 최적화된 출발 관리 시스템 시제품 개발 및 설치했으며, 시범운용을 통한 시스템 검증을 수행 완료함으로써 실제 사용 가능성을 입증했다.

항공교통관리 개선 방향 및 솔루션 제시

좁은 공역, 주변국과의 긴밀한 항공교통관리 협조, 국내 관제기법 특성 등 까다로운 국내 운용환경에 최적화된 출도착 통합관리 시스템 개발 및 국내 공항에서의 시범 운용을 통해 관제 효율의 실질적인 개선을 기대할 수 있는 항공교통관리 솔루션을 제시할 수 있게 됐다.

항공교통관리 개선 방향 및 솔루션 제시

좁은 공역, 주변국과의 긴밀한 항공교통관리 협조, 국내 관제기법 특성 등 까다로운 국내 운용환경에 최적화된 출도착 통합관리 시스템 개발 및 국내 공항에서의 시범 운용을 통해 관제 효율의 실질적인 개선을 기대할 수 있는 항공교통관리 솔루션을 제시할 수 있게 됐다.

세계 항공교통관리 방향성 제시 및 항공 관련 기술의 선진화

국내(인천) 공항에서의 시범운용을 통해 실제 사용 가능성 입증은 물론 한- NASA간 항공교통 분야 공동 연구를 통한 학술적 성과 창출 및 해외 선진연구기관의 경험/기술을 획득함으로써 항공 관리 분야에 대한 기술의 선진화를 이룰 수 있었다. 또 한-NASA간 공동연구 결과의 우수성을 인정받아 2018년 10월에는 NASA Honor Award 수상했다.

■ 인천공항 DMAN 시스템 시작품 개발



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

핵심 기반 기술 확보로 인한 공항 실용화 및 국내 항공교통관리 선진화

관련 기술 개발로 실제 공항에서의 시범운용을 통해 실용화 제고 및 개발기술의 기술이전 및 사업화를 추진할 수 있게 되었다. 또 이를 통해 핵심 기반 기술을 확보함으로써 국내 항공교통관리 선진화에 한 발 더 다가갈 수 있게 됐다.

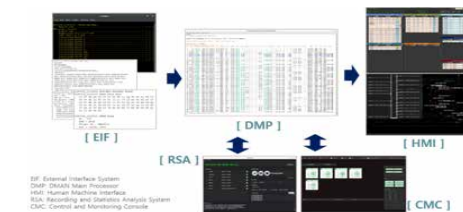
2. 사회경제사업화부문

항공 안전 운항 효율 향상 및 친환경적 효과 창출

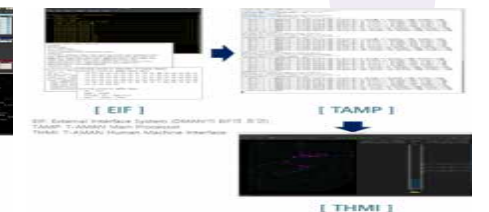
첨단 관제 보조시스템의 개발로 시간대별 교통량 및 지역적 관제업무 분산을 통한 운항 안전 및 효율성이 향상되었다. 이는 항공기의 출도착 지연율을 감소시키고 이착륙 시간을 단축시키는 등 항공기 연료 소모량을 줄여 온실가스 배출량을 감소시킴으로써 경제성 이득과 함께 친환경적인 효과까지 창출해 냈다.



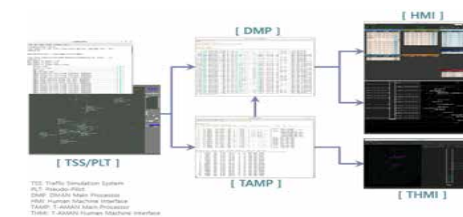
■ DMAN 소프트웨어 구현



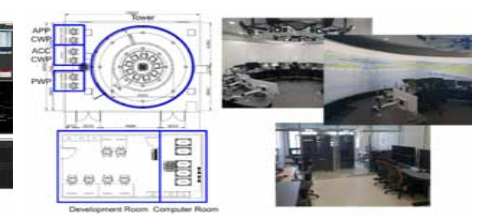
■ T-AMAN 소프트웨어 구현



■ DMAN/T-AMAN 시스템 통합



■ Human-In-The-Loop 시뮬레이션 환경 구축



■ 한-NASA 공동 워크숍 개최(2018.06)



- NASA Honor Award 수상(2018.10)



- 논문

항공기 출발 및 도착 관리 각 분야별 기술 개발 관련 국내외 학술지논문 및 학술 발표대회논문 총 16건 달성

- 특허

항공기 출발 및 도착 관리 각 분야별 기술 개발 특허등록 및 출원 달성 (특허 등록 6건, 출원 1건)

- 특수성과

- 항공기 출발 및 도착 관리 각 분야별 기술 개발 지식재산권 성과 달성
- 인천공항 DMAN 시스템 시제품 개발 및 설치

- 국제협력

- 한-NASA 공동 연구를 통한 한-NASA 국제 공동 워크샵 개최
- NASA ATD-2 (Airspace Technology Demonstration) Human-In-The-Loop 시뮬레이션 참여
- NASA Honor Award 수상

미래혁신 기술

다 함께 편안하고 따뜻하고 쾌적한 공동체의 삶을 위하여
공공복지기술이 더 세심하고 더 완벽한 그림을 그린다.
국민복지의 마지막 퍼즐을 맞추는 때까지 국토교통R&D는 계속될 것이다.

Advanced R&D

국내 해저 터널 기술의 해외 시장 진출 교두보 마련
슈퍼콘크리트 상용화 기술 개발로 세계를 선도하다
환경·에너지를 생각한 저탄소 미래도시 운영의 새로운 모델 제시
건물 내·외 공간의 상세한 정보 확인 및 시각화 가능
운행 중인 고속철도 종합검측 시스템 구현
자율주행자동차 상용화를 위한 인프라 구축
국산화된 도로교통 시스템으로 해외 시장 개척

국내 해저 터널 기술의 해외 시장 진출 교두보 마련

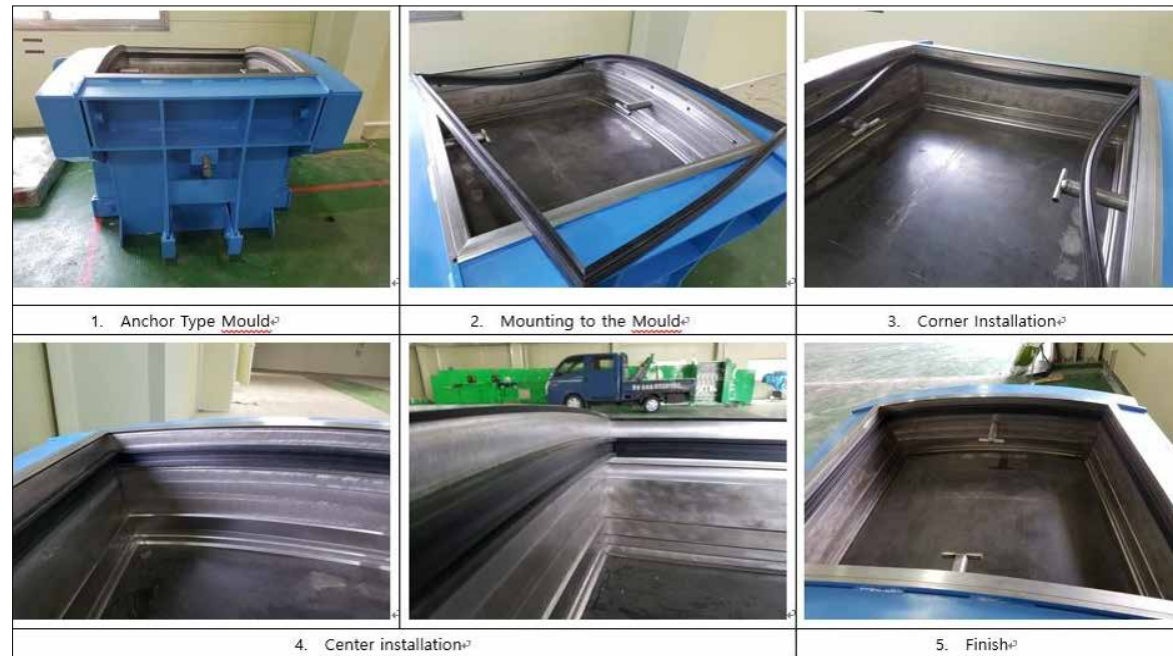
2019 국토교통 R&D 성과사례집
42

최근 초장대 해저터널과 같이 범위가 확장된 개념의 터널이나 지하 구조물이 증가함에 따라 세계 여러 나라에서는 이와 관련한 기술 개발에 주목하고 있다. 우리나라 역시 해저터널의 핵심요소 기술의 자립화 및 국내화를 위한 기술 개발에 관심을 갖고 기술적 경쟁력 확보를 위한 노력을 기울이고 있다.

- 세부과제명 고수압 조건의 Composite 및 Achor type EPDM Gasket 개발
- 연구기간 2013년 6월 ~ 2018년 12월
- 총연구비 964(백만원)
- 연구자 서복선 대륜공업㈜ 영업기술부 부장



■ Anchor Type EPDM Gasket & Steel Mould



국민편의 Welfare R&D
43



주요성과

고수압(20Bar) 조건의 Shield TBM 터널 시공시 PC 세그먼트 연결 부위 방수를 위한 필수 핵심기술 개발

연구 개발로 인해 공인 시험 기관을 통한 최대 25Bar의 내수압 성능 인증(Offset 15mm & Gap 7mm)을 받았으며, 유럽의 세계적인 제품에 비교해 볼 때도 성능이 우수한 편에 속한다.

제품의 친환경성, 우수한 경제성 및 방수 성능 확보

고수압(20Bar) 조건의 Shield TBM 터널 시공시 PC 세그먼트 연결 부위의 완벽한 방수 성능을 보임으로써 구조물의 보수 비용을 절감했다. 이로 인해 장기적인 운영에 있어서도 안정성을 확보했다.

■ EPDM Gasket 내수압 시험 순서도



연구목적

해저 터널 기술은 해저조건이라는 특수성에 비춰 설계 계획부터 조사 기준, 시공 및 유지 관리 등에 있어서 여러 가지 어려움을 가지고 있다. 본 연구는 고수압 조건에서 Shield TBM 터널 시공 시 PC 세그먼트 연결 부위 방수를 위한 필수 핵심기술을 개발하고 이에 대한 제품 성능의 안정성을 확보함으로써 관련 기술의 국내화는 물론 해외 시장 진출의 교두보를 마련하기 위한 목표를 가지고 진행했다.

연구의 차별적 특징

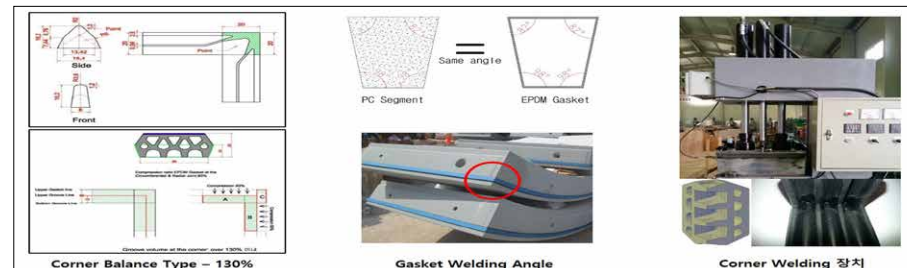
시공 시 접착제를 사용하지 않는 친환경 및 경제성 우수

시공 시 접착제를 사용하지 않아 친환경이며, 시공을 위한 추가적인 부지가 필요 없어 고심도의 장대 터널 시공 시 경제성에서도 우수성을 갖췄다.

장기적인 운영 안정성 기대

초장대해저터널 시 PC세그먼트 연결부의 완벽한 방수로 인해 구조물의 장기적인 운영에 있어서 보수 하자 비용을 절감함은 물론 안정성을 기대할 수 있다.

■ EPDM Gasket Corner Welding 장치



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

세계적 제품과 비교해도 우수한 성능

최대 25Bar의 내수압 성능을 공인 인증 받음으로써 세계적 제품과 비교해도 손색없는 우수한 성능을 인정받았다.

2. 사회경제사업화부문

친환경 및 신규 일자리 창출 효과

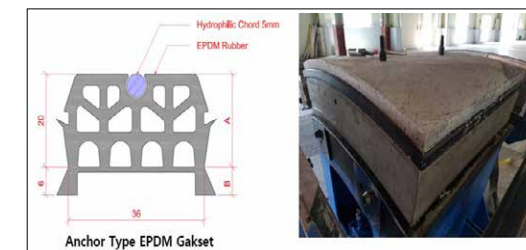
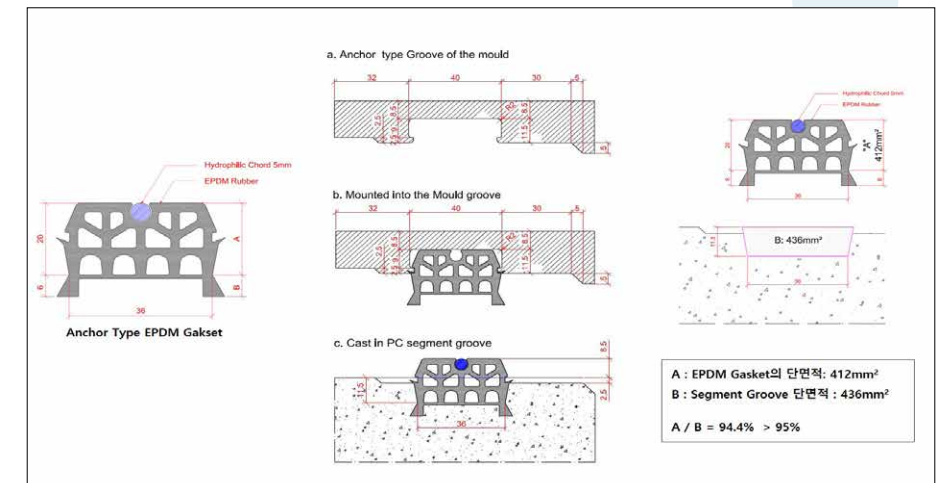
시공 시 접착제를 사용하지 않아 작업자의 건강을 해칠 수 있는 요소를 제거함으로써 친환경적인 기술임과 동시에 개발 제품의 사업화를 통한 신규일자리 창출 효과도 기대된다.

기술 통한 매출액 증가 및 외화 획득 기대

2018~2019년도 기간 동안 개발제품의 기술을 활용한 매출액 및 계약 금액은 총 연구비의 477%를 넘는 성과를 달성했으며, 현재 투입된 기술 투자비용에 대비 향후 예상되는 신규프로젝트에 적용 시 기술투자 비용 대비 수십 배의 매출을 기대된다. 또 이를 통한 국내 및 해외프로젝트에 관련 제품 및 기술수출을 통한 외화획득도 기대되고 있다.



■ Anchor Type EPDM Gasket 시공 모식도



- **특허** TBM Sshield 터널의 PC Segment 지수재 관련 특허 등록 3건, 해외 PCT 출원 1건, 디자인 등록 1건
- **사업화** - 계약 및 납품 Singapore PUB DTSS Phase2 project. Nishimatsu. 2019년
- 계약 및 납품 Singapore PUB DTSS Phase2 project. Zublin T07,Penta Ocean T-08, Leight T09. 2018년

슈퍼콘크리트 상용화 기술 개발로 세계를 선도하다

콘크리트는 강재에 비해 가격이 싸고, 세계 거의 모든 곳에서 제조가 가능하다는 장점을 가지고 있어 전 세계 구조물의 80% 이상을 차지하고 있다. 그러나 일반 콘크리트는 균열이 발생하기 쉽고 수명이 강재보다 짧으며 무거운 단점이 있다. 슈퍼콘크리트는 일반 콘크리트보다 강도와 수명이 2~5배 수준인 첨단 재료로서, 신성장동력으로 인식하고 유럽·일본·미국 등 선진 각국의 기술선점 경쟁이 치열한 신재료 분야이다.

- **세부과제명** 세계 최고수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술 개발 및 상용화
- **연구기간** 2018년 1월 ~ 2018년 12월
- **총연구비** 869(백만원)
- **연구자** 고경택 한국건설기술연구원 연구위원



■ 세계최초의 슈퍼 콘크리트 쉘구조 건축물(울릉도 힐링 플레시스)



주요성과

세계 최고 수준의 성능 맞춤형 슈퍼콘크리트 기술 개발

내구수명 200년, 제조비용(국외대비) 50% 이상 절감, 직접인장강도 19MPa 이상, 수축 600 마이크로미터 이하인 세계 최고 수준의 슈퍼콘크리트 기술을 개발했다.

슈퍼콘크리트의 설계·시공 기준 마련

현재 90MPa 이상 초고강도 콘크리트에 대한 설계·시공 기준이 없으므로 국가 기준이 요구하는 신뢰성을 확보할 수 있도록 다양한 실험과 적용 검증을 거쳐서 압축강도 80~180MPa급 슈퍼콘크리트 관련 기준을 마련하였다. 이 기준은 국가기준에 반영 작업을 수행 중이고, ACF(Asian Concrete Federation)의 초고성능 콘크리트(Ultra-High Performance Concrete: UHPC)의 기준에 슈퍼콘크리트 내용을 위주로 작성을 하고 있다.

세계 최초의 도로 사장교 건설 등 국내외 다양한 현장적용 실적

미국 아이오와 교량 교체공사(Hawkeye UHPC Bridge, 2015), 미얀마 고속도로 교량 확장공사(M-UHPC Bridge, 2015), 세계 최초의 슈퍼콘크리트 도로사장교(춘천대교, 2017), 세계 최초의 슈퍼콘크리트 쉘구조 건축물(울릉도 힐링 플레시스, 2017), 철근을 사용하지 않고 현장 타설한 광명동굴 VR 체험관(2018), 베트남 호치민 수처리장·파일제품(2019) 등 국내외 구조물에 다양한 현장 적용을 완료하였다.

■ 세계최초의 슈퍼 콘크리트 도로 사장교(춘천대교)



연구목적

현재 국내 건설시장은 축소되고 있는 실정으로 국내의 건설사들의 유일한 탈출구는 해외시장으로 진출하는 것이다. 해외시장에서 고부가가치를 극대화하려면 가격·기술 경쟁력을 갖춘 선도형 신기술이 반드시 필요하다. 슈퍼 콘크리트가 품질은 매우 우수하나 제조가격이 고가라는 점, 구조물 설계·시공에 필요한 기준이 미흡하다는 점, 그리고 실제 구조물 시공 사례가 부족하다는 점 등이 기술적으로 해결해야 할 난제다.

연구의 차별적 특징

높은 가격 경쟁력 확보

슈퍼콘크리트는 사용재료의 국산화와 배합의 최적화를 통해 고가의 화학혼화제와 강섬유의 사용량을 50% 이상 줄이고, 충전재와 수축저감재료 등을 국산화시킴으로써 슈퍼콘크리트의 제조가격을 외국 대비 60~80%, 국내 대비 30~45%까지 절감시킴으로써 가격 경쟁력을 확보하였다.

세계 최고의 콘크리트 인장강도 확보

강섬유의 종류와 사용방법 등을 최적화시켜 슈퍼콘크리트의 성능 중에서 매우 중요한 인장강도를 19MPa(기존 최고기술의 1.3~1.6배) 이상까지 향상시킴으로써 철근을 사용하지 않는 구조물 시스템의 구현이 가능하도록 하였다.

다양한 현장적용 가능한 부재제작·타설 기술 확보

초고강도 콘크리트는 특수재료가 사용되어 일반 레미콘 시설에 바로 적용할 수 없는 점을 해결하기 위해 다양한 건설 환경에 대응할 수 있는 슈퍼콘크리트의 재료·배합·제조·시공 기술을 확보하였다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

관련 분야 기술 세계선도

세계 최고수준의 80~180MPa급 슈퍼콘크리트 기술 개발과 함께 세계 최초의 도로사장교·철구조 건축물 건설 등으로 관련 기술 부분을 선도하고 있으며, 이를 바탕으로 2019년에는 미국 UHPC Innovation Awards 건축부문과 인프라부문에서 각각 단독 수상, 영국 웰페이퍼 디자인 어워드에서 본 기술을 적용한 철 구조물이 세계 최고의 건축물로 선정되는 등 세계적으로 인정을 받고 있다.

2. 사회경제사업화부문

해외 시장 진출의 교두보 마련

미국, 미얀마에서 슈퍼콘크리트를 적용한 교량 건설 실적과 베트남에 슈퍼콘크리트용 화학혼화제 등 소재의 수출·적용 실적을 통해 미국, 동남아 등 해외시장 진출 교두보를 확보했다. 이를 바탕으로 미국 유수 설계사인 HDR과 미국 내 교량 수주에 공동 추진을 합의하였고, 베트남에서도 다양한 구조물 적용을 추진하고 있다. 또한 세계 최장 사장교인 고덕대교(서울-세종 간 고속도로)에 슈퍼콘크리트 기술이 적용되고 있는 등 국내에서도 다양한 부문에 적용을 추진하고 있다.



■ 슈퍼 콘크리트 적용 교량 현장 모습



■ 슈퍼 콘크리트의 실대형 펌프 압송 시험



■ 미국 Hawkeye UHPC Bridge 완공 모습



- 논문 SCI(E) 논문 10건 등 국내외 논문 33건
- 기술이전 - 슈퍼콘크리트의 배합·제조 기술 4건
- 슈퍼콘크리트의 활용기술 2건
- 현장적용 - 국내 6건
- 국외 3건
- 상용화 - 국내 8건(결합재, 화학혼화제, 강섬유)
- 국외 3건(미국, 베트남)
- 수상 - 미국 UHPC Innovation Awards 인프라부문과 빌딩부문 각각 단독 수상(2019)
- 국토교통부 해외건설우수사례 경진대회 우수상(2019)
- 영국 웰페이퍼 디자인 어워드에서 세계 최고의 건축물로 선정(2019)
- 2019 한림공학한림원 산업기술 우수성과 15선 선정
- 지식재산권 특허등록 4건, 특허출원 15건, S/W 3건

환경·에너지를 생각한 저탄소 미래도시 운영의 새로운 모델 제시

2019 국토교통 R&D 성과사례집
50

우리나라 도시 인구비율은 1960년 39.2%에서 2018년 91.8%로 빠른 증가세를 보이고 있다. 이로 인한 교통, 환경, 에너지 등 다양한 사회문제들이 심각한 편으로, 특히 환경과 에너지문제는 생산지와 소비지의 불균형으로 지역갈등을 심화시키고 있다. 미래도시는 “폐기물 발생지 처리”와 “지역단위 에너지 공급” 개념이 강화될 것으로 예측되고 있으나 현재 폐기물처리 및 에너지생산 기술 다양한 폐기물류를 개별시설로 처리하고 있어 이차부산물 발생과 에너지 생산효율 및 경제성이 낮은 기술적 한계를 갖고 있다. 따라서 자원순환체계의 폐기물-에너지 복합플랜트 개발 필요성이 증가될 것으로 전망된다.

- **세부과제명** 도시자원 최적화를 위한 복합플랜트 구축/운영으로 주민친화적 도시기반시설 구축기반 조성
- **연구기간** 2016년 6월 ~ 2020년 5월
- **총연구비** 4453(백만원)
- **연구자** 김 호 고등기술연구원 바이오자원순환센터 센터장



국민편의 Welfare R&D
51



주요성과

도시자원 순환형 복합플랜트 건설

2만명 규모 도시 발생 폐기물(생활폐기물 62%, 음식물류폐기물 21%, 하수슬러지 17%) 일평균 23톤을 처리하여 하루에 17Gcal의 잉여에너지를 생산하여 공급할 수 있는 복합플랜트 건설했다. (기존 개별 처리 방법 대비 잉여에너지 생산량 25% 향상)

생산된 잉여에너지의 사용자 중심 활용 위한 ICT기반 운영기술

주변 공공레저시설에(드림파크 CC) 시계별 사용자 에너지 소비패턴에 맞춰 잉여 에너지를 생산 및 공급할 수 있는 ICT기반 운전방법 개발했다.

저탄소 미래도시 Biz-model 개발

도시자원 순환형 복합플랜트 건설 및 운영기술을 기반으로 국내외 환경·에너지 플랜트 및 저탄소 도시 인프라 구축사업등에 활용할 수 있는 사업 모델을 개발 중에 있다.

연구목적

도시자원 순환형 복합플랜트의 폐기물 처리 및 에너지생산 방법은 도시에서 발생하는 다양한 폐기물(생활폐기물, 음식물류폐기물, 하수슬러지 등)을 하나의 사이트에서 복합연료를 생산하여, 하나의 에너지생산설비를 거쳐 최종 에너지를 생산 및 공급하는 개념이다. 에너지생산 과정에서 배출되는 저등급 폐열은 하수슬러지 및 음식물류폐기물의 수분을 분리하기 위한 투입에너지로 이용돼 외부연료를 사용하지 않고도 고품연료를 만들 수 있다. 또한 분리된 폐액으로부터 바이오가스를 추가적으로 생산한다. 이러한 복합플랜트는 이차부산물과 폐열을 순환이용함으로써 현재 기술대비 온실가스 저감율 및 에너지 생산율을 25%이상 증가시킬 수 있다.

연구의 차별적 특징

지역맞춤형 친환경 기술 기반의 환경에너지 클러스터 변환 추진

수도권매립지 반입 폐기물은 전량 환경에너지로 전환 생산이 가능하고, 상용화 시설에서 생산된 열과 전기는 청라와 검단 등에 직접 공급이 가능해지는 등 환경에너지 클러스터의 이미지 전환이 가능해졌다.

실질적 지역경제활성화 및 고용창출 등 부가가치 극대화

생활폐기물 등 폐기물 에너지 생산 시(약 290만Gcal/년) 연간 약 213만 베럴(약 2,000억원/년)의 원유수입 대체 가능해지는 등 환경에너지 클러스터 조성 시 연간 2,164억원 이상의 경제효과 및 연간 2만여개 이상의 일자리 창출 가능해지면서 지역경제 활성화와 고용창출 부가가치가 상승하는 효과를 가져왔다.

화석연료 전면 사용중지에 따른 “탄소제로 환경생태도시” 완성

연간 약 450만톤의 온실가스(CO₂) 저감으로 인천을 테마파크와 연계한 국제적인 탄소 제로 모범 도시로 부각 가능해지는 등 탄소제로 환경생태도시로의 완성형 모델을 제시했다.

항목 (인구 20,000명 기준)	기존 플랜트	복합플랜트	향상율 (%)
플랜트 특징	- 폐기물 종류별로 특정 장소로 이송하여 - 폐기물 종류별로 연료 및 에너지화 - 낮은 경제성으로 인한 대형화 추세 - 에너지 소비 부하변동에 대응 어려움 - 별도의 이차부산물 및 악취 처리설비 구축 필요	- 폐기물 종류를 하나의 장소에 이송하여 - 복합플랜트에서 통합 연료 및 에너지화 - 중소규모에서 운영을 위한 경제성 확보 - 에너지 소비 부하변동에 유기적 대응 - 이차부산물 공정 내 재이용 별도의 악취 처리설비 불필요	
잉여 에너지 생산량 (Gcal/일)	13.46 (이차부산물, 악취 처리 별도)	17.04 (이차부산물, 악취 처리 포함)	26.5
에너지 경제성 (이익, 백만원/년)	894 (이차부산물, 악취 처리 별도)	1,115 (이차부산물, 악취 처리 포함)	24.7
온실가스 저감 효과 (ton-CO ₂ /년)	1,875	2,466	31.5

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

도시폐자원 이용 도시에너지 8%자립화

2만명 규모 도시 발생 폐기물로 1,650명 소비에너지를 대체할 수 있다. 이로부터 연간 2,500톤의 이산화탄소를 저감효과를 확보할 수 있다. 이를 에너지비용으로 환산하며 연간 약 11억원의 에너지 절감효과로 산출된다.

저탄소 미래도시 환경·에너지 인프라 모델 제시

“폐기물 발생지 처리”와 “지역단위 에너지 공급” 개념이 강화될 저탄소 미래도시의 환경·에너지 인프라구축에 대한 새로운 모델을 제시했다.

2. 사회경제사업화부문

지역갈등 저감

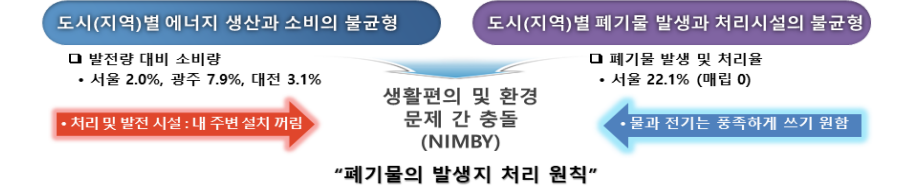
환경·에너지 기초시설에 대한 님비현상을 기술적으로 일정부분 완화하여 지역갈등을 저감할 수 있는 솔루션을 제공했다.

신규 환경·에너지 플랜트 사업 선점

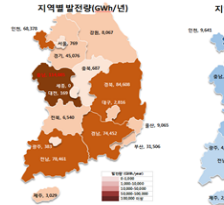
저탄소 미래도시에서 요구되는 환경·에너지 복합플랜트 기술선점으로 국·내외 신규 플랜트 사업의 선도가 가능하다.



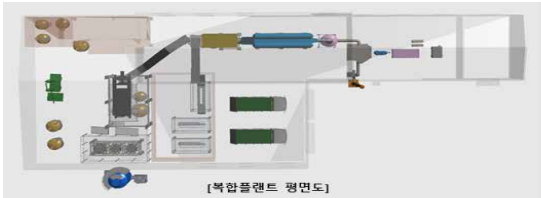
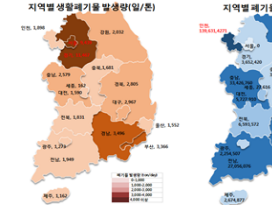
■ 폐기물의 발생지 처리 원칙 - “편의 및 환경문제 간 충돌(NIMBY)”



• 지역별 발전량 & 소비량



• 지역별 폐기물 발생량 & 처리량



- 논문 저온 열원 활용 디스크 건조기를 이용한 하수슬러지 수열탄화물 건조 효율 평가 등 SCI(E)급 11건, 비SCI급 5건 논문 게재
- 특허 복합플랜트 핵심설비 관련 설계/제작 특허 등 출원 8건, 등록 2건
- 특수성과
- 2016~2019년 기간 동안 네 차례의 플랜트분야 통합워크샵 추진을 통한 플랜트분야에서의 복합플랜트 활용 및 연계방안 도출
- 2016~2019년 기간 동안 네 차례의 ICOG(국한지 오일·가스 국제컨퍼런스) 개최 등 추진단 활동을 통한 관련분야 연구자 기술교류 추진

건물 내·외 공간의 상세한 정보 확인 및 시각화 가능

2019 국토교통 R&D 성과사례집

54

건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼은 건물의 실내·외 공간정보 서비스를 위한 솔루션으로, 기존 3차원 GIS 기술과 BIM 기술의 장·단점을 상호 보완한 3차원 건설공간정보 실내·외 통합 솔루션이다. 국가, 도시, 단지, 건물, 룸, 부재까지 BIM 기반으로 실내·외 공간을 연속적으로 시각화할 수 있으며, 3차원 지도 위에서 상세한 건물 정보를 제공할 수 있는 기술이다.

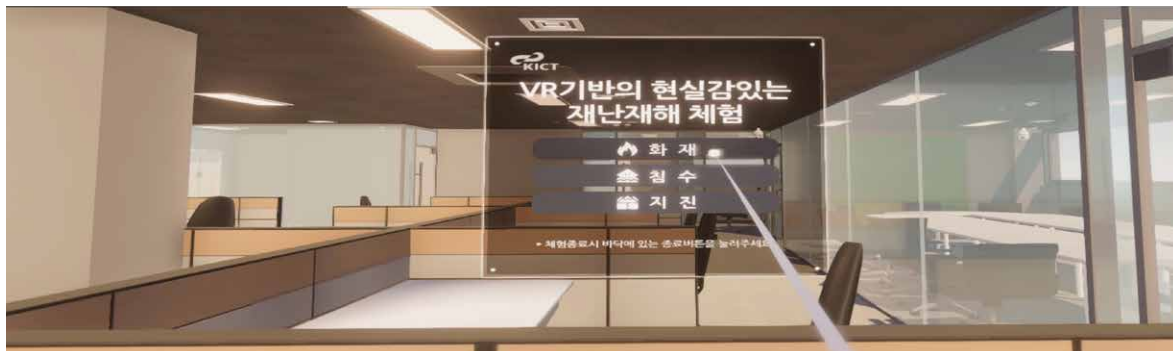
- 세부과제명 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼
- 연구기간 2018년 1월 ~ 2018년 10월
- 총연구비 496(백만원)
- 연구자 남상관 (주)올포랜드 스마트공간융합연구소 전무이사



■ 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 증강현실 HMD 적용화면



■ 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 가상현실 HMD 적용화면



국민편의 Welfare R&D

55



주요성과

건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 개발 및 GS(Good Software)인증 취득

실내·외 공간정보 Seamless 시각화 환경을 구축하여 시설물관리, IoT 센서관리, 재난재해관리 등의 분야에서 활용할 수 있는 BIM/GIS 융합 플랫폼을 개발하여 스마트시티로 한 발짝 더 다가갈 수 있는 환경을 제공하였다. 또 맵프라임쓰리디 v1.0 - GS인증 1등급을 취득했다.

BIM/GIS, 실내공간정보, 스마트시티 관련 국가연구사업 및 공공사업 적용을 통한 상용화 추진

건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 주요 기술을 Web, VR, AR 버전으로 패키징하여 MapPrime3D Web, MapPrime3D VR, MapPrime3D AR로 제품화하여 국가연구사업 및 공공사업 납품 실적을 달성하였다.

연구목적

기존의 3차원 공간정보 서비스는 도시의 겉모습만 담아낼 수 있다는 한계가 있었다. 최근 도시의 겉과 속을 모두 담을 수 있는 서비스 기술이 요구가 높아짐에 따라 BIM/GIS 융합 기술의 개발이 필수적이다. BIM을 이용한 스마트 빌딩 솔루션과 실내공간정보를 연계한다면 건물, 재난재해 모니터링 등 건물 또는 도시와 관련된 다양한 서비스들을 제공할 수 있으며, 이와 함께 BIM/GIS 융합 기술의 영향력은 점차 확대될 것이다.

연구의 차별적 특징

실내·외 연속적(Seamless) 공간정보 처리 기술

IFC(BIM데이터 표준 포맷)과 CityGML(GIS데이터 표준 포맷)간의 변환 및 통합을 통해 사용자에게 실내·외 공간정보를 연속적으로 표현할 수 있다. 변환 및 통합 과정에서 오는 데이터 손실 방지와 대용량 자료 처리를 위하여 국제 표준 변환 포맷 기반의 안정적 데이터 변환을 수행하였다. 기존 3차원 공간정보 기술은 실내와 실외 공간을 연속적으로 표현하지 못하고 서로 분리하여 표현하였으나, '실내·외 공간정보 처리 기술'을 활용하여 하나의 환경에서 실내·외를 연속적으로 서비스하는 것이 가능해졌다.

BIM/GIS 통합 공간 및 속성 검색 기술

기존 BIM 기술은 단일 건물만 표현하고 가시화할 수 있었으나, 본 기술은 여러 개의 건물을 지도상에 표현하고 동시에 처리할 수 있으며 건물에 대한 속성정보 또한 여러 건물을 대상으로 통합적으로 조회·처리가 가능하다. 또 절대좌표를 갖고 있지 않은 건물 BIM 데이터를 절대좌표 기반의 3차원 GIS 환경에서 서비스할 수 있다는 점에서 타 기술 대비 우수한 편이다.

공간 및 속성 LOD 기반 부재단위 정보조회 기술

기존 공간정보 SW들은 건물 단위로 검색 및 속성조회가 가능하였으나, 본 기술은 건물 뿐만 아니라 건물 내부의 룸정보, 기둥이나 보 등의 부재(객체)단위로 정보를 조회할 수 있다. 또 대용량 데이터를 빠르게 처리하기 위하여 데이터별 LOD(Level Of Depth) 구성을 통해 단계별 시각화 방안을 연구하여 BIM 기반의 3차원 객체들을 더욱 빠르고 효율적으로 가시화할 수 있다.

웹&가상/증강현실 등 다양한 클라이언트 제공 및 사용자 편의기능 지원

웹 표준을 준수한 non-plugin 방식의 WebGL 버전, HMD(Head-Mounted Display) 기반의 가상/증강현실 클라이언트, 고품질 3D 그래픽을 지원하는 Unity3D 등 다양한 버전의 클라이언트를 제공하여 사용자에게 다양한 선택의 폭과 경험을 제공한다. WebGL 기반 클라이언트는 공공데이터 OpenAPI 연계 기능을 지원하고, PC보다 성능이 낮은 HMD 기기에서 대용량의 BIM 데이터를 가시화하고 사용자에게 서비스를 제공할 수 있는 경량화 기술을 갖췄다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

디지털트윈, 스마트시티 구축 활용 기술

개발 기술은 첨단소방방재, 재해재난, 도시계획/관리 등에서 시뮬레이션 및 공간분석을 통해 의사결정을 신속·정확하게 지원할 수 있는 공공분야 3차원 공간정보산업과 같은 공공서비스 산업을 활성화할 수 있으며, 향후 디지털트윈 구축이나 CPS(사이버물리시스템) 연계 개발을 위한 기반 플랫폼으로의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

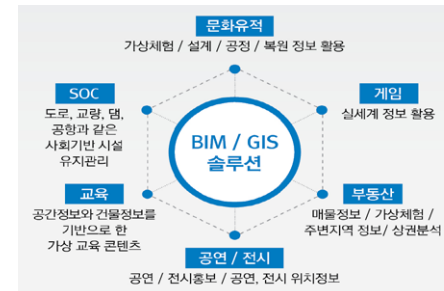
2. 사회경제사업화부문

인프라 개발을 통한 관련 사업의 활성화

BIM과 건설IT 신기술(모바일, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술, 3D시뮬레이션 등)과의 결합을 통한 효율적인 공사관리 및 시설물관리가 가능하여 관련 분야의 신규 시장을 창출할 수 있다. 이밖에 건설공간정보 통합정보 분류체계를 제시하여 중앙정부/지자체/민간 또는 건설/GIS분야 별로 개별적으로 관리·운영되어오던 관련 데이터베이스를 본 연구의 성과를 기반으로 통합 또는 연계함으로써 유관기관 간의 업무 효율성을 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다.

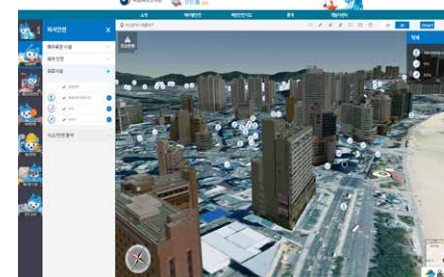


■ 건설공간정보(BIM/GIS)핵심 플랫폼 활용 분야

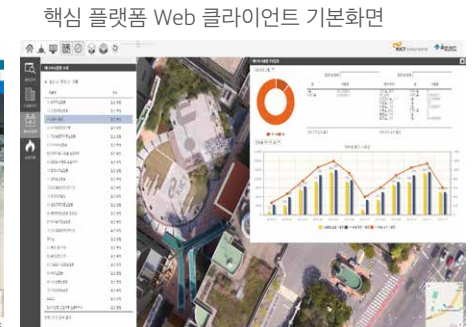


■ 공공사업 적용 사례

(해양조사원 해양공간정보제공서비스)



■ 건설공간정보(BIM/GIS)핵심 플랫폼 Web 클라이언트 기본화면



- **특허** 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 활용 분야 중 하나인 가상현실, 증강현실, 3차원 실내공간정보 서비스에 관한 출원 2건, 특허 2건
- **기술이전** 건설 BIM 기반 3차원 GIS 플랫폼 솔루션 개발(2017~2018)
- **사업화** - 기존업체 상품화: MapPrime3D Web (19억62백만원)
- 기존업체 상품화: MapPrime3D VR (58백만원)
- **특수성과** GS(Good Software)인증 1등급(맵프라임쓰리디 v1.0)
- **인력양성** 신규 채용 연구원 7명

2019 국토교통 R&D 성과사례집

58

고속으로 주행하는 고속철도에서는 차량뿐만 아니라 교량, 터널 및 노반 등 구조물과 궤도, 전차선 그리고 신호시스템이 정상적으로 작동하도록 설치되고 유지관리 되어야 한다. 이에 따라 고속선의 시설물에 대해 월 1회 종합검측차를 이용하여 검측을 수행하고, 이상개소에 대해서는 관련 규정에 따라 유지보수를 실시하고 있다. 본 기술은 검측차에 탑재되는 여러 검측모듈 중의 하나이다.

- 세부과제명 고속철도 차량진동 및 승차감 IoT계측시스템 상용화
- 연구기간 2016년 6월 ~ 2018년 4월
- 총연구비 3600(백만원)
- 연구자 최일윤 한국철도기술연구원 책임연구원



■ 고속검측시스템 개발현황 개요도



국민편의 Welfare R&D

59



차량진동과 승차감 계측결과를 분석하여 진동발생구간 및 승차감 이상개소에 발견하고, 궤도 유지보수에 활용할 수 있도록 시스템을 개발했다. 이 시스템은 고속철도 차량 설치하여 시운전 시험을 통해 성능을 검증받았다.

고속철도의 안전하고 쾌적한 서비스를 제공하고자 영업운행 중인 고속철도 차량에 설치하여 고속철도 운행 시 실시간으로 측정이 가능하며, 담당자가 차량에 탑승하지 않고 사무실에서 원격으로 측정할 수 있다. 이상개소 발생 시 유지보수 담당자에게 자동으로 경보가 통보된다.

기술부족으로 인하여 종합검측차 개발 관련 전량 해외 수입에 의존하고 있으며, 해외에서 도입한 검측차가 최고속도 170km/h에 불과하여 300km/h로 운행하는 KTX 주간에는 종합검측차를 투입하여 선로 및 전차선 등을 검측할 수 없어 KTX가 운행이 중단된 야간시간에 검측을 수행하고 있는 실정이다. 이에 따라 종합검측차 기술 국산화를 위한 국가연구개발사업(2013~2018년)중 하나로 궤도, 전차선 및 신호를 검측하는 검측기술을 연구 및 개발하였다.

해외 관련 규격(EN)에서 요구하고 있는 신호처리 및 분석 기능이 탑재되어 있으며, 측정위치의 정확도를 높이기 위한 기능을 보유하고 있다.

진동이 과다하게 발생하여 철도차량의 안전이 우려되는 경우에는 유지보수 담당자에게 발생위치와 측정내용을 SMS 통보하는 기능을 보유하고 있다.

원격접속을 통하여 전원을 관리하는 기능이 있으며, 차량에 탑승하지 않고 원격으로 측정해 모니터링 및 결과전동을 수행이 가능하다.

■ 원격 접속시 시스템 구성



■ KTX 고속철도 상용화 현황



■ SRT 고속철도 상용화 현황



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

영업열차에 설치하여 실시간으로 궤도 이상개소 확인

영업운행하는 차량에 계측시스템을 구축함으로써 상시적으로 측정이 가능해 궤도이상개소를 초기에 발견이 가능하다. 또 검측차에서 검출되지 않는 취약개소 발견에도 활용할 수 있다. 향후 차량진동가속도 측정결과에 대한 빅데이터 분석을 통하여 낮은 비용으로 궤도결함개소의 조기 발견에도 용이할 것으로 보인다.

2. 사회경제사업화부문

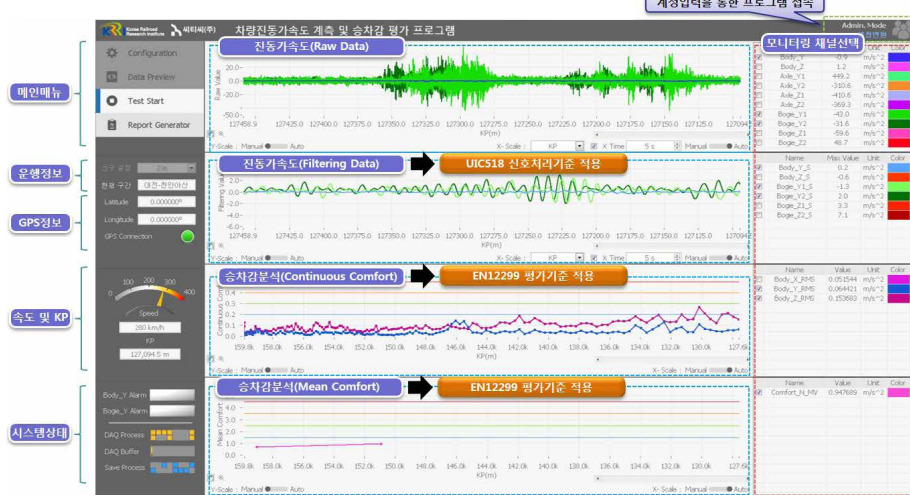
해외 수입 대체 효과

고속철도 선로관리를 위한 차량진동 측정장비는 해외 수입에 의존하고 있었으며, 측정인력이 차량에 직접 탑승하여 수동으로 계측을 수행하여야 하는 어려움이 있었다. 본 연구 개발을 통하여 국산화 개발에 의한 수입대체 효과 및 원격계측에 의한 비용 절감 등을 기대할 수 있다. 이밖에 실시간 주행안전 및 승차감 모니터링을 통한 선로유지보수 효율화로 안락하고 안전한 대국민 철도서비스 제공이 가능하다.

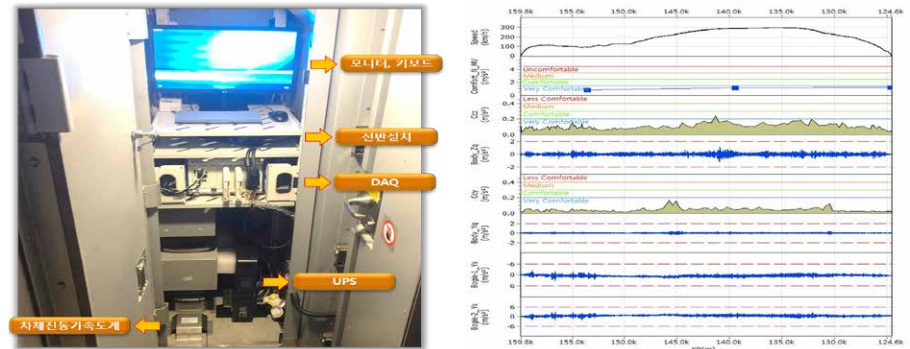
구분		기대 효과		
계측시스템 구축 국산화		계측시스템 구축 국산화		
상용화에 따른 총 비용절감(수동계측 비용절감 등)		31억/10년		
연료지 절감 효과 (2016.12월 기준)	구분	무전충전 전기버스	디젤버스	CNG 버스
	월연료비	3,266,280원	5,263,626원	4,903,246원
	절감효과 디젤 대비 38%, CNG버스 대비 33% 비용 절감(경유 : 1400L/원, CNG원/㎡ 기준)			



■ 실시간 모니터링 화면



■ SRT 계측시스템 설치 사진



- 논문 : 검측차 검측정보를 활용한 자갈도상 유지보수 스케줄링 연구 등 검측자료를 활용한 궤도유지보수 방안 관련 논문 3건
- 기술이전 : - 궤도 개별 결함에 의한 횡방향 승차감 산정 프로그램 등 승차감 분석 프로그램
- 타코미터 펄스신호를이용한위치및속도산정기술 등 위치동기화 기술 특허
- 사업화 : - KTX 차량진동 및 승차감 계측분석 시스템(202백만원)
- SRT 차량진동 및 승차감 계측분석 시스템(323백만원)

자율주행자동차 상용화를 위한 인프라 구축

2019 국토교통 R&D 성과사례집

62

4차 산업혁명의 대표적인 주자로 표현되는 자율주행자동차는 미래 산업을 이끄는 대표적인 분야로서 미국, 유럽을 비롯한 주요 선진국에서는 기술선점을 위해 관련 기술 개발을 경주하고 있다. 자율주행자동차는 기존의 자동차에 비해 교통사고 감소효과가 90% 이상에 이를 것으로 예상, 인간이 운전에서 자유로워질 수 있기 때문에 보다 생산적이고 다양한 활동을 가능케 할 것으로 기대되고 있다. 이에 세계 주요 각국은 자율주행자동차 및 관련 기술 개발을 위해 민간의 기술개발 지원 및 관련 정책을 수립하는 등 노력을 경주하고 있다. 우리나라는 ‘2020년 레벨3 자율주행자동차의 상용화’를 목적으로 관련 제도 및 인프라를 개발·제공하는 것을 목표로 설정하고 있다.

- **세부과제명** 자율주행 실험도시 구축(K-City의 성공적 구축 및 자율차 상용화 지원)
- **연구기간** 2018년 1월 ~ 2019년 6월
- **총연구비** 10330(백만원)
- **연구자** 신재곤 한국교통안전공단 자동차안전연구원 실장



■ K-City 전경



국민편의 Welfare R&D

63



주요성과

국내 실 도로 환경 재현

자동차안전연구원 주행시험장 내(경기도 화성시 소재)에 자율차를 대상으로 다양한 형태의 시험이 가능하도록 K-City를 구축하였다. 32만㎡(약110만평) 규모로 자동차전용도로, 도심부, 커뮤니티부, 교외도로, 자율주차시설 등을 구축하여 국내의 실제 도로와 유사한 환경을 제공하고 있어 실 도로에서 시험하는 것과 동일한 평가가 가능하다.

세계 최초의 5G 통신망 구축

자율주행자동차 및 커넥티드 자동차를 대상으로 다양한 통신관련 시험을 수행할 수 있도록 SKT, KT, LGU+ 등 국내 통신 3사와 업무협약 체결하여 K-City 전구간에 5G 통신이 가능하다. 이는 전 세계 최초로 5G 상용망이 구축되었으며 5G뿐 아니라 4G, WAVE, 5G-V2X 등 다양한 V2X 통신 환경을 제공한다.

세계 최초의 자율차 안전기준 마련

K-City 구축의 모태가 된 ‘자율주행자동차 안전성 평가기술 및 테스트베드 개발’ 연구 과제를 통하여 K-City 시설활용 및 레벨3 자율주행자동차에 대한 연구를 통해 평가기술을 개발하고 안전기준안을 세계 최초로 마련(2019. 8)했다.

연구목적

세계 주요 각국에서 자율주행자동차 및 관련 기술 개발을 위해 민간의 기술개발 지원 및 관련 정책을 수립하는 등 노력을 기울이는 상황에서 우리나라 역시 ‘2020년 레벨3 자율주행자동차의 상용화’를 목적으로 관련 제도 및 인프라를 개발·제공하는 것을 목표로 설정하고 있다. 이를 위해 자율차 안전기준안을 마련하고 지원 인프라 확충을 위해 정밀지도도를 제작한다거나 기술개발 지원을 위해 자율주행 테스트베드 구축, 해킹방지 보안기술 개발 등이 도출되고 있는 실정이다.

연구의 차별적 특징

전 세계 최대의 자율차 평가환경 제공

우리나라에 구축된 K-City는 미국, 유럽 등 주요 국가의 자율주행자동차 평가환경과 비교해 보다 다양한 형태의 평가가 가능하다. 미국의 M-City는 23종, 중국의 Nice City는 17종, 영국의 MIRA는 23종의 평가환경을 제공하고 있는데 반해 우리나라의 K-City는 35종의 평가환경을 제공하고 있다.

세계 최초의 5G 통신망이 적용된 자율차 전용 테스트베드

자율주행자동차는 주변의 자동차 내지 인프라 등과 다양한 정보를 주고받음으로써 다양한 서비스를 구현할 수 있다. 이에 자동차 제조사를 비롯한 통신, 전자, IT기업 등에서 자율차의 통신과 관련한 시험과 평가가 필요한데, K-City는 실험실 환경이 아닌 실제의 5G망이 전 세계 최초로 테스트베드에 설치·제공되고 있으며, 이외 4G, WAVE 등 다양한 통신환경을 제공하고 있다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

민간의 기술개발 비용절감 및 경쟁력 강화

테스트베드는 필요성과 효용성은 절실하지만 구축에 상당한 기술과 자금이 필요해 민간에서는 엄두를 내기 어려운 분야이다. 하지만 구축된 K-City 시설을 민간에 (무상)제공함으로써 민간의 기술개발을 위한 비용 절감을 유도하고 있다. 또 세계 최고 수준의 시설에서 다양한 형태의 시험이 가능하기 때문에 민간의 기술개발 기회가 확대되어 기술향상과 더불어 경쟁력을 제고시키는 것이 가능하다

2. 사회경제사업화부문

자율차에 대한 대국민 수용성 제고

자율주행자동차 테스트베드인 K-City의 활용 및 시설지원 등을 통해 민간의 활용도가 높아지고 이를 통해 자율주행자동차 및 관련기술 개발이 활발히 이뤄짐에 따라 자율주행자동차에 대한 일반의 신뢰성이 향상될 것으로 예상된다.

사회적 비용 대폭 절감

자율주행자동차의 운행으로 인해 기존 자동차 대비 인적요소가 사라져 교통사고가 90%이상 줄어들 것으로 예상하며, 차량 또는 인프라간 통신 등을 통한 운행으로 교통정체가 상당 부분 해소되어 사회적 비용이 대폭 줄어들 것으로 기대된다.

자동차 및 관련 산업 활성화 유도

K-City 시설 제공을 통해 자율주행자동차 개발에 소요되는 비용을 절감하고 해당 인프라 활용 등을 통한 기술개발을 통해 자율차 핵심기술 선점 및 생산으로 요소기술 분야의 기술향상, 그리고 다양한 산업의 성장이 예상된다. 또한 자율자동차의 운행으로 인한 자동차 운전자의 시간확보로 인해 인포테인먼트 및 이동통신 시장도 동반하여 성장할 것으로 보인다.



■ 국내 통신 3사 업무협약 체결

SK텔레콤 주식회사	주식회사 케이티	LG유플러스
일시 ■ 2017. 9. 22.	일시 ■ 2018. 11. 24	일시 ■ 2019. 9. 5
내용 ■ 세계 최초 5G 기반 자율차 관련 연구 기반마련 ■ V2X, HD-Map 등 자율차 관련 안전서비스 개발 등	내용 ■ K-City 내 5G 서비스 제공 ■ 무선보안 등 5G 인프라를 활용한 자율주행자동차 공동 연구과제 수행 및 기술개발 등	내용 ■ K-City 내 5G 서비스 제공 ■ 통신인프라(5G, C-V2X 등) 기반의 자율주행자동차 분야에 대한 기술발전 활성화를 위해 상호 협력
		

■ 세계 최초 5G 통신을 이용한 자율주행



- 논문 자율주행자동차 안전성, 테스트베드 구축, 자동차내부통신 보안 등과 관련하여 국내외 학술지 논문 및 학술발표대회논문 총 115건 달성(학술지논문 21건, SCI(E) 논문 6건, 학술대회발표 88건)
- 특허 차량 네트워크 통신보안 관리 방법 등 특허 출원 10건, 특허 등록 7건
- 안전기준 - 세계 최초의 레벨3 자율주행자동차 안전기준 마련
- 세계 최초의 자동차 사이버보안 가이드라인 마련
- 시설구축 - 자율주행자동차 전용 테스트베드 구축(32만㎡)
- 국내 통신 3사(SK, KT, LGU+)의 5G 통신망 구축
- 5G, 4G, WAVE, 5G-V2X 등 다양한 통신환경 제공
- 기술지원 - 중소기업, 대학 대상 시설 무상 지원 : 39개 기관(24개 대학, 15개 중소기업) 598회
- 대학생 자율주행차 경진대회(2019.7) : 11개 대학 12개 팀
- 국제 창작차 경진대회(2019.9) : 15개 대학 16개 팀

국산화된 도로교통 시스템으로 해외 시장 개척

2019 국토교통 R&D 성과사례집

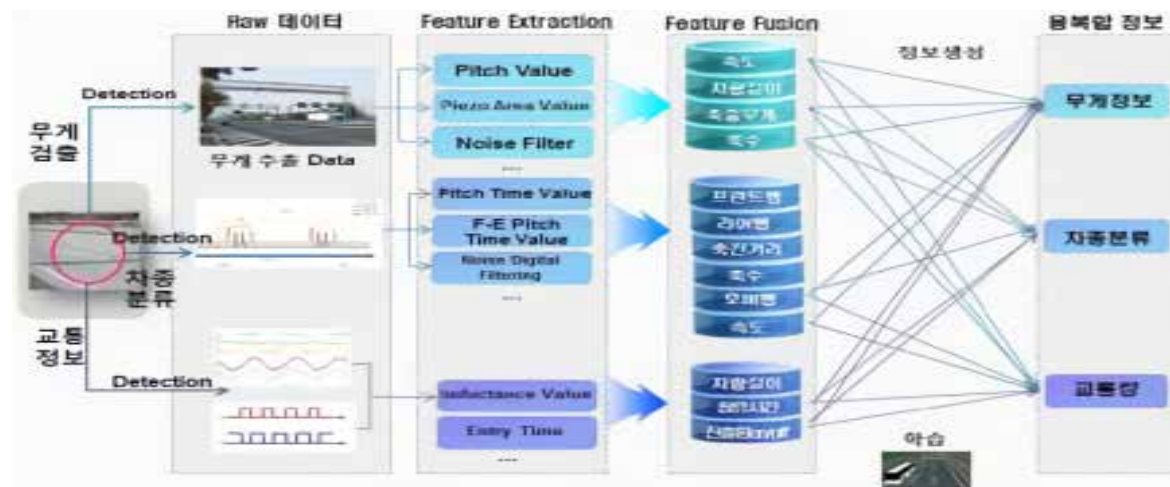
66

국가 주요 도로망의 효율적 운용 및 유지보수를 위해서 다양한 FTMS체계가 활용되고 있다. 특히 이들 중 VDS, AVC 및 WIM은 가장 핵심적인 역할을 하는 시스템으로 약 10,000여대 이상이 전국 주요 도로망에 운용 중이다. 이 시스템들을 이용하여 교통량, 차종, 평균 속도 등의 정보들을 수집하여 통합 도로교통량정보 체계를 운용함으로써 국가 주요 핵심 도로망의 유지관리(재포장, 나들목 증설, 차선증설 등)를 위한 국가 차원의 도로교통 기본자료 수집을 위한 체계로 활용하고 있다.

- **세부과제명** 도로교통 시스템 운영유지보수 관리비용 절감 및 세계표준규격의 원격검침형 AVC/VDS/WIM 융복합 시스템과 교통류 센서 개발
- **연구기간** 2018년 1월 ~ 2018년 10월
- **총연구비** 614(백만원)
- **연구자** 조성윤 주식회사 노바코스 개발팀 연구소장



■ AVC,VDS,WIM 융복합시스템의 데이터 흐름도



국민편의 Welfare R&D

67



주요성과

AVC/VDS/WIM 융복합 장비 상용화

국내 단일 장비 구성의 단점을 보완하여 중복투자 방지 및 다양한 교통정보를 얻을 수 있다. 또 관련 장비의 해외 수출로 인하여 외화수입 증대 및 수입 대체 효과로 외화 지출이 감소했다.

온도센서 일체형 WIM/AVC Class I 급 PVDF센서 상용화

노면온도 정보를 취득하여 다양한 교통정보를 제공할 수 있으며, 정보수집 센터를 활용해 노면상태(결빙, 안개등) 및 노면변화(마모, 파손등) 알고리즘을 이용하여 새

원격 모니터링 장비 상용화

단독형 장비는 기존 단일 장비에 설치가 가능하여 늘어나는 유지보수 비용 획기적 절감할 수 있으며, AVC/VDS/WIM 융복합 장비와 일체형으로 제작되어 해외시장 경쟁력을 확보할 수 있다.

연구목적

당사가 보유하고 있는 핵심원천 기술들을 이용 국제규격에 상응하는 S/W 기반의 AVC/VDS/WIM 통합 시스템을 개발하고 이 시스템에 IoT 기반기술을 이용한 원격 검침 기능(Remote sensing)을 개발함으로써 막대한 도로운용 유지 보수 예산을 절감할 수 있다. 또 교통류 센서의 온도감지 기능 부가된 PVDF Class I급 센서를 국산화함으로써 외화 손실을 해소하고 센서류의 설계 및 제작 원천 기술을 확보하여 해외 시장 개척에 적극 활용할 수 있다.

연구의 차별적 특징

PVDF기반 전용 센서 제작 기술

국내외에서 주로 사용되는 미국 MSI社 피에조센서는 PVDF Type의 특성상 입력신호의 오차 및 간혹 발생하는 노이즈로 인해 Raw데이터의 신뢰성을 의심받고 있다. 본 연구과제에서는 Class I 급 PVDF센서 국산화를 통해 센서부에서 발생하는 검출파형으로 주행차량의 제원(전장, 축수, 축거, 윤거, 윤거비, 윤폭비, 하중 등)의 정확도를 높이고, 입력신호 증폭을 이용한 Threshold level방식 적용과 입력신호 On/Off 시간 오차최소화의 피에조 센서 처리 기술을 적용해 신뢰성을 높였다.

Class I 급 PVDF 센서 제조 기술

국내외의 피에조센서(정밀도 Class I/Class II) 시장은 미국 MSI社가 독점하고 있으며, 국내 또한 전량수입에 의존하고 있는 실정이었다. 이에 당사는 '피에조센서 및 제조방법 (특허번호 제1472550호)'을 기반으로 정밀도 Class II급 AVC 전용 피에조센서 개발을 시작해 상용화했으며

유사환경 기술시험 단계인 ‘TRL 6’단계를 진행 중으로 단계별 검증을 통한 성능을 확인했다. Class I 급 센서는 본 과제를 통해 국내에 상용화된 Class II 급 PVDF 피에조센서의 제조 기술을 바탕으로 Class I 급 PVDF 피에조센서 개발에 성공하여 국내외 독점시장에 진출하는 교두보를 마련했다.

센서 설계 및 제작기술 확보

외산장비에 수입종속성이 많았던 제품을 국산화하여 기술 의존 및 종속에서 벗어나 안정적인 사후관리와 제품공급이 가능하며, 기존 외산(MSI) Class II급 수준의 압전센서를Class I급 수준으로 상향 개발하여 고부가가치의 ITS 원천기술을 확보했다.

구분	PVDF 피에조센서	크리스탈 피에조센서	세라믹 피에조센서
제조사	Novacos T사	K사, I사	I사
가격	저가	고가	고가
내구성	4,000만축 이상	2,000만축 이상	2,000만축 이상
설치방법	쉬움	어려움	어려움
크기	소형	대형	대형
이동 편리성	쉬움(휠 가능)	어려움(바 형태)	어려움(바 형태)
시공시간	1시간 이내	1일 이상	1일 이상
사용시스템	Class I : H-WIM Class II : AVC 무인단속	Class I : H-WIM	Class I : H-WIM
온도변화에 따른 출력변화	높음	낮음	낮음

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

95%이상 정확도의 PVDF 피에조 센서 및 융복합 시스템을 국산 기술

AVC/VDS/WIM용 센서 설계 및 제작 원천기술 확보와 응용분야의 발전을 기대할 수 있다. 특히 국내 기술기반 센서 신뢰도 및 내구성 관련 기술 및 실시간 교통류 센서 원격검침 기술을 통한 교통 데이터 분석 응용분야 관련 기술의 표준을 제시했으며 첨단교통정보분야, 첨단대중교통분야 및 도로분야에 획기적 효과로 교통혼잡 완화, 교통위반 감소, 물류비 절감 등을 기대할 수 있다.

2. 사회경제사업화부문

도로교통 시스템 운영유지보수 관리비용 최소화 및 해외시장 개척

국내 고속도로 및 지방도에 설치하여 연간 30억원 매출 발생(국내 피에조 센서 점유율 1위)하고 있으며 또한 해외(터키, 호주, 브라질, 스페인 등)시장을 개척할 수 있다. VC/VDS/WIM 통합 솔루션 시스템 개발에 의한 도로, 교통관리 유지보수 서비스 품질 개선과 함께 교통정보제공 데이터 마켓 활성화로 거래/유통 촉진시키고 교통류 시스템 관련 중소/중견기업 성장 기반을 확충했다.



■ 일체형 센서 원격 모니터링 공인 시험 진행



■ 일체형 센서 원격 모니터링 장비 설치



■ 안동 실증 시험



- **특허** 센서 원격검침 시스템 기술, 온도센서 일체형 센서 제작기술, 융복합시스템 기술 등 등록 1건, 출원 2건
- **기술이전** - PVDF기반 전용 센서 제작 기술
 - Class I 급 PVDF 센서 제조 기술
- **사업화** - 국내 고속도로 및 지방도에 설치하여 연간 30억원 매출
 - 2016년도부터 2019년까지 해외(터키, 호주, 브라질, 스페인 등)시장 수출 누적액 25만불 예상
- **특수성과** - 신뢰성 인증(R인증) AVC 융복합 센서 수집 S/W 및 장비 센터운영(저작권 등록증)
 - 세계 대륙별 주요 ITS기업과 기술 및 업무 협약으로 해외시장 진출 교두보 마련

핵심기술 자립화

다 함께 편안하고 따뜻하고 쾌적한 공동체의 삶을 위하여
공공복지기술이 더 세심하고 더 완벽한 그림을 그린다.
국민복지의 마지막 퍼즐을 맞추는 때까지 국토교통R&D는 계속될 것이다.

Core R&D

국내 최초 저탄소 소재 활용한 친환경 교량기술의 탄생
세계 최초 모듈러 중소형 LNG 저장탱크 제작기술 구현
우리나라 환경에 최적화된 교량 형식의 강합성 거더 실용화
교량 모든 형식에 적용 가능한 저소음 신축이음장치 개발
철도차량용 능동조향기술 국내 독자 개발로 세계 시장 선점
운송장비 기술개발로 도로화물 운송 효율성을 높인다

국내 최초 저탄소 소재 활용한 친환경 교량기술의 탄생

일반적으로 강재 교량은 부식을 방지하기 위해 도장(paint)을 하고, 교량을 사용하는 중에도 열화 되는 도장을 보수하기 위해 주기적으로 재도장을 하는 등의 비용이 발생하고 있으며, 안전사고나 환경 문제 등에 대한 어려움도 가지고 있다. 이러한 강재 교량의 단점을 보완하여 유지관리 비용을 절감하고 탄소발생을 줄일 수 있는 친환경 교량 기술을 도입이 필요하다.

- **세부과제명** 기존 교량에 비해 유지관리비용과 탄소발생을 저감할 수 있는 친환경 교량기술을 국내 최초로 개발
- **연구기간** 2018년 2월 ~ 2019년 1월
- **총연구비** 1214(백만원)
- **연구자** 성택룡 포스코 기술연구원 철강솔루션연구소



■ 개발 기술의 개요

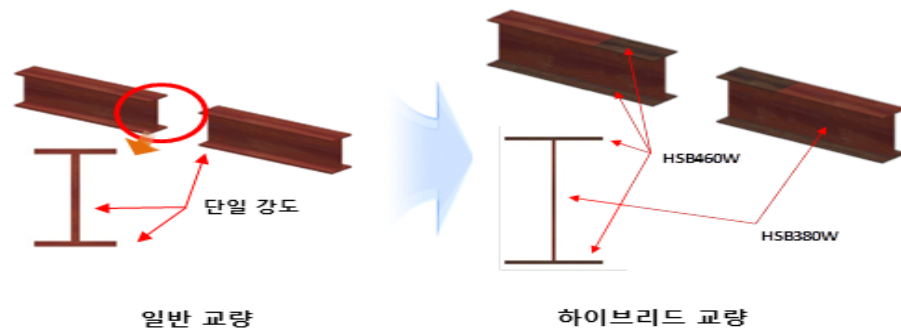
- **공용 중 재도장 불필요 (무도장 내후성강)**
- 유지관리비 저감, 친환경성 확보



내후성강의 단면도

강종	고성능 내후성강 (HSB380W)
항복강도	380MPa (판두께별 동일) 항복강도 7~16% 상승
충격인성	47J@-5°C

- **고성능 내후성강의 하이브리드 적용 기술**
- 고성능내후성강(HSB-W) + 용접재료
- 필요시 이중강도 강재의 하이브리드 설계



주요성과

고성능 내후성강의 교량 적용기술 개발

고성능 내후성강을 용접 제작할 수 있는 용접 재료와 함께 제작할 때 필요한 기술을 개발, 내후성강의 기본 특성인 내후성능을 가속 노출 및 장기 노출 시험을 통해 검증했다. 또 보다 경제적으로 설계를 할 수 있도록 서로 다른 강도의 강재로 교량을 만들 수 있는 하이브리드 설계 기술을 개발해 교량에 적용할 때의 경제성에 대해 평가/제시했다.

설계기준과 시방서에 규정된 안전도 검증

강재를 교량으로 적용할 때 안전한지를 확인하기 위해 교량의 피로성능이나 구조적인 안전성을 대/소규모 실험을 통해 검증했다. 이러한 결과를 종합, 교량에 적용하는데 필요한 정보를 모아 교량적용 지침을 개발했다.

개발한 기술의 현장 실증 완료

건설 중인 서해선 복선전철 사업의 삽교천을 횡단하는 삽교교가는 총 길이 400m의 복선전철용 교량이다. 이 교량을 개발한 고성능 내후성강 교량으로 제작하고 가설까지 완료했으며, 현장에 적용해 검증까지 모두 완료 및 확인하였다.

고성능 내후성강 교량기술의 최초 개발

용접재료 개발과 제작성능 검증으로 하이브리드 설계를 가능토록 하였고, 교량 구조성능, 부식성능 및 경제성 평가를 통해 고성능 내후성강의 상용화 기반을 처음으로 구축하였다.

연구목적

내후성강 교량은 일반 강재 교량과 달리 도장과 재도장이 필요하지 않아 환경부하 및 유지관리 비용을 절감할 수 있는 교량 기술로, 기존 내후성강보다 항복강도가 7~16% 높고 판두께 증가에 따라 항복강도가 감소되지 않는 고성능 내후성강(HSB-W)을 교량에 적용할 수 있도록 하는 핵심 기술을 개발하고자 하였다.

연구의 차별적 특징

국가 비용, 환경부하 저감 및 건설분야 안전도 개선에 기여

이 기술을 적용하면 재도장에 필요한 비용은, 도로교는 42% 절감, 철도교에서는 30%를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 또 수명기간 동안의 환경부하를 나타내는 LCA(Life Cycle Assessment) 평가결과 일반 강재 교량과 비교하여 22.2%를 절감할 수 있었다.

연구수행중 실제 교량에 현장적용하여 실증까지 완료

연구수행 기간 중 서해선 복선전철 사교고가를 고성능 내후성강 교량으로 제작하고 건설하여 실증까지 완료했다.

구분	개발기술	일반 강교량
기능/성능	무도장 사용가능	초기 도장 및 재도장 실시
장/단점	항복강도가 판두께에 따라 일정. 하이브리드 구현가능 용접재료 검증개발	초기 및 재도장 비용증가
경제성 (공사비, 유지관리비, 공사기간 등)	초기 제작비 지수 : 91~97 100년 비용 지수 : 100	초기 제작비 지수 : 100 재도장비 포함 100년 비용지수 : 150

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

교량 건설 및 유지관리 주체를 통해 채택가능

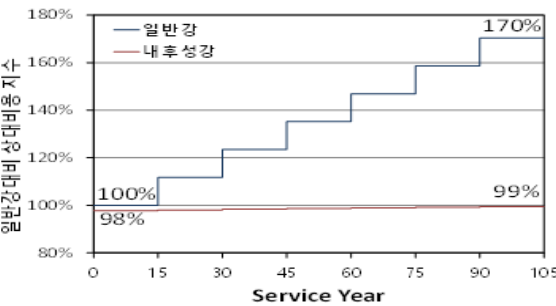
국토교통부, 지자체 및 한국도로공사 등과 같은 교량 발주기관은 이 교량의 채택을 통해 앞으로 비용절감과 환경부하를 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 받침이나 신축이음을 제거하는 일체화기술과 함께 적용하면 maintenance 최소화 교량 패키지가 가능하다.

2. 사회경제사업화부문

교량 건설과 유지관리에 따른 비용, 환경부하 및 안전성 제고

일반 강재교량과 비교 시 철도교 30% 절감, 도로교는 42%를 절감할 수 있고, LCA는 22.2%를 절감할 수 있다. 또 재도장 공사가 위험 혹은 불가하거나, 재도장에 의한 환경오염이 문제가 되는 현장(상수원 보호구역 등)에 대해 강교량 적용이 가능하다.

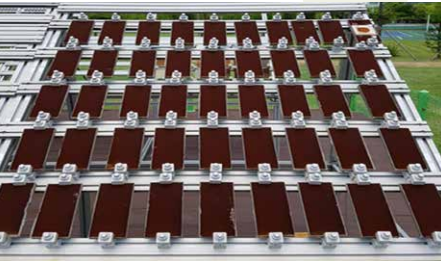
■ 내후성강 교량의 100년간 경제성(제작비 및 재도장비용)



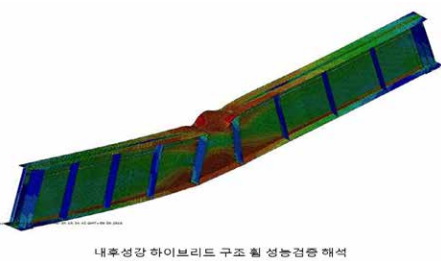
■ 내후성강의 용접 및 제작성능 실험 검증



■ 내후성강의 장기 내부식성 실험 검증



■ 내후성강 하이브리드 거더 휨 성능검증 실험 및 구조해석



■ 서해선 사교고가 제작 및 가설로 현장실증



- 논문 저탄소 PSC거더 및 장수명 강교량 기술의 성능검증 결과중심의 논문 작성
- 특허 개발기술의 구조적 컨셉과 구현방법 관련 특허 등록
- 기술이전 장수명 강재 접합 및 제작기술 (정부납부기술료 2.15억원)

세계 최초 모듈러 중소형 LNG 저장탱크 제작기술 구현

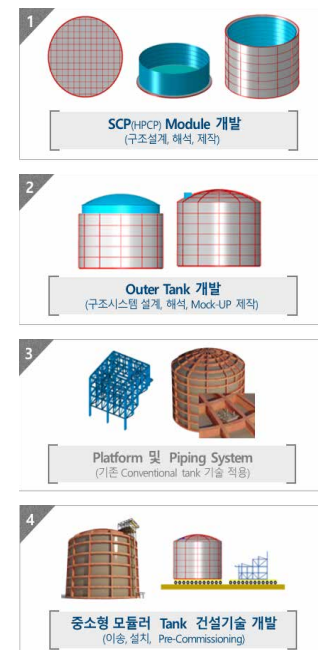
2019 국토교통 R&D 성과사례집
76

세계적으로 친환경 에너지인 LNG 사용 수요가 증가하고 있으며, 이에 따라 LNG 저장탱크 건설 공사도 증가 추세에 있다. LNG 저장탱크를 건설하기 위해서는 많은 비용과 긴 공사 기간을 투입해야 한다. 이를 공장에서 미리 제작하여 운송이 쉽도록 하는 모듈화 기술은 LNG 탱크의 건설 비용 및 기간을 줄일 수 있어 신기술로 주목을 받고 있다.

- **세부과제명** SCP(Steel Concrete Panel) 모듈 개발 및 모듈러 LNG저장탱크 제작기술 선도로 글로벌 시장 노크
- **연구기간** 2019년 1월 ~ 2018년 5월
- **총연구비** 1209(백만원)
- **연구자** 심우승 현대중공업 한국조선해양 미래기술연구원



■ 모듈러 LNG 저장탱크 건설방법



국민편의 Welfare R&D
77



주요성과

국제 기술인증 확보

모듈형 LNG 저장탱크는 개발 실적이 없고, 설계 기준이 정립되어 있지 않기 때문에 기술의 타당성과 안전성에 대한 검증이 필요하다. 모듈형 LNG 저장탱크는 국제 인증기관인 미국의 ABSG 컨설팅에서 기본 설계 승인을 획득하고, 노르웨이 DNV-GL에서는 새로운 형식의 구조물에 대한 신기술 인증 절차를 완료함으로써, 오일 메이저에서 프로젝트 추진에 앞서 요구하는 인증 절차를 완료했다.

다양한 시험을 통한 모듈화 부재 안전성 확보

선제작 및 운송이 쉬운 강-콘크리트 복합 부재를 설계에 적용하기 위한 구조 안전성 시험을 수행하였으며, 부재의 거동 특성을 설계에 반영하였다. 또 화재 및 충돌 등 사고 상황에서의 구조 안전성을 확인하였다.

시장 수요 분석

기존 방식의 LNG 저장탱크 시장에서 차별화 전략을 수립하기 위해 모듈형 LNG 탱크의 가격 경쟁력을 분석하여, 극지 및 오지에서의 경쟁력을 확인하였다.

■ 국제인증(신기술 사용적합성 평가)



■ 해외 메이저사(SHEEL) 기술홍보 및 국내 홍보



연구목적

일반적인 LNG 저장탱크는 건설 현장에서 제작, 조립 및 설치까지 진행한다. 이에 반해 모듈형 LNG 탱크는 공장에서 미리 제작한 후 육상 및 해상으로 운송하여 설치 현장에서의 작업을 최소화함으로써 공사 기간과 비용을 단축하는 것을 목표로 한다. 이를 위해서는 설계 단계에서 모듈의 운송이 가능하도록 부재를 경량화하고 운송-설치-운전 등 다양한 조건에서의 안전성을 확보하는 것이 필요하다.

연구의 차별적 특징

모듈화 부재 성능 및 제작성 검증

선제작/운반/조립 과정을 고려해 개발된 모듈화 부재는 대규모 제작성 및 사용성 시험을 통해 안전성을 확인하였다. 또 대해 해외 신기술 인증 절차를 거침으로써 개발된 부재의 기술 타당성을 검증하였다. 모듈화 부재의 제작 및 정도 관련 기술은 다양한 건설 분야에 응용 적용 가능하다는 점에서 건설 기술의 경쟁력 확보에 기여했다.

청정에너지 인프라 구축 기여

LNG 사용 수요가 증가하면서 개발지의 저장탱크 소형화 및 벙커링용 중소 탱크 수요 증가에 대응하여 가스의 개발과 사용 측면에서 다양한 선택의 폭을 제공할 것으로 예상된다. 이를 통해 도서 지역 등에 안정적이고 친환경적인 에너지 공급도 가능할 것으로 전망된다

■ 모듈러 LNG저장탱크 차별성



■ SCP용 고성능 특수 혼화제 및 외조모듈(시제품)



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

대규모 모듈화 기술 활용

LNG 저장탱크의 모듈화 기술은 LNG 분야뿐 아니라, 작업조건이 열악해서 작업자의 접근이 어려운 토목 공사에도 응용이 가능하다. 모듈화를 통해 현장에서의 작업을 최소화함으로써 공사기간 단축, 공사비용 절감 효과를 볼 수 있다.

2. 사회경제사업화부문

LNG 수요 증대 및 인프라 개발

LNG 저장탱크의 모듈화를 통한 경제성 개선으로 과도한 초기 투자비용으로 개발 타당성이 떨어질 수 있는 극지 및 오지에서의 LNG 인프라 개발 수요를 확대할 수 있다. 또 강화되는 선박의 배기가스 배출 규제를 만족하기 위해 기존 디젤연료 추진 선박이 LNG 추진 선박으로 전환되어 관련 LNG 벙커링 시설이 급격히 늘어날 것으로 예상되는데, 모듈화 기술을 적용한 LNG 저장탱크 시장에서 강한 이점을 가질 수 있다.



■ 강판-콘크리트 합성구조(SCP)



- 논문 강판-콘크리트 합성구조의 외조 적용 및 콘크리트 충전성능 등에 관한 연구 등의 논문 작성
- 특허 모듈러 LNG 저장탱크 제작기술 관련 특허 3건, 출원 13건
- 특수성과 - ABSG, DNV-GL 기술 국제인증
- 모듈화 부재 Open Mock-up 제작
- 수상실적 2019년 국토교통기술대전 우수연구자 포상(국토교통부 장관상)
- 사업화 콘크리트 충전기술을 활용한 CFT 시험체 제작, 브리콘 (85백만원)

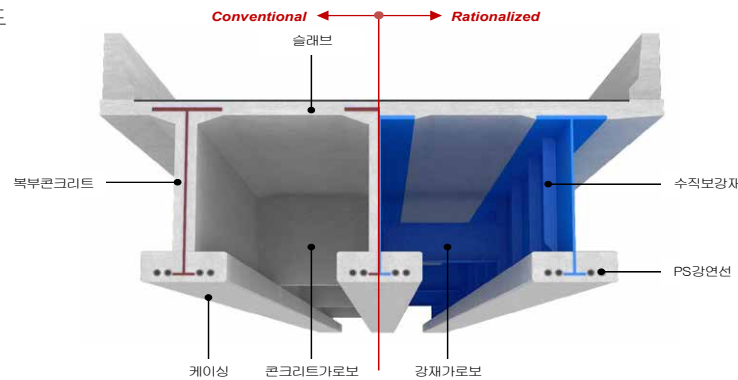
우리나라 환경에 최적화된 교량 형식의 강합성 거더 실용화

교량 슬래브와 함께 슬래브 위를 주행하는 차량하중을 지지하는 구조물을 거더라 부르고 거더가 강재와 콘크리트로 이루어진 것을 강합성 거더라고 한다. 강합성 거더는 가장 낮은 형고(거더 두께)로 가장 길게 시공할 수 있어서 지형이 복잡한 우리나라 환경에 적용성이 우수하고 하천에서는 홍수여유고 확보에 유리해 중소교량에 많이 이용되는 기술이다.

- 세부과제명 슬래브와 복부 단면을 개선한 저형고·장경간 프리스트레스트 강합성 거더(경량 Precom거더) 실용화
- 연구기간 2016년 4월 ~ 2017년 4월
- 총연구비 437(백만원)
- 연구자 김충언 (주)삼현피에프 기술연구소 연구소장



■ 대표도



주요성과

슬래브 작업성 개선

강합성 거더의 슬래브 시공을 어렵게 만드는 것은 고공에서의 인력작업으로 모든 작업을 사람이 해야 한다. 지상 작업에 비해 속도가 더디고 추락 사고나 낙하로 인한 2차 사고 우려까지 크다. 그래서 고공 작업량이 적을수록 시공성과 안전성이 우수하다고 할 수 있다. 경량 PRECOM은 복부콘크리트 단면 생략을 통해 슬래브 작업량을 1/2 이상 줄일 수 있음을 확인하였다.

실물모형 실험체로 구조안정성 인증

총길이 50m, 높이 3.3m인 철도교 실물모형 실험체를 제작하고 하중을 가력하여 구조성능을 평가하였다. 엄격하고 까다로운 철도교 평가기준을 모두 통과하였고 이론값과 측정값이 0.2% 오차를 보여 하중크기에 따른 저항능력을 잘 예측하는 결론을 얻었다.

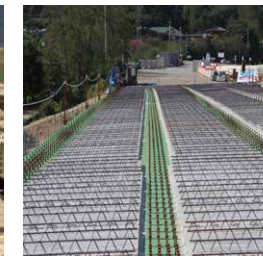
실교량 적용 과정을 통해 현장의 Needs 부합 확인

대형차량이 수시로 다니는 고속도로 횡단 현장과 열차 운행시간을 피해 심야만 시공해야 하는 현장에 실교량을 적용하면서 본 기술이 현장의 요구에 잘 부합하고 있음을 확인하였다.

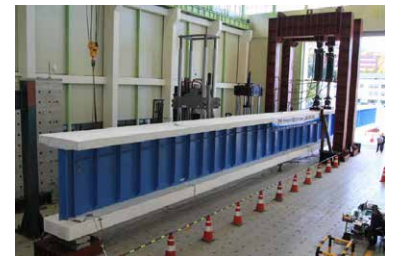
■ 재래식 슬래브 시공



■ 콘크리트 패널 슬래브 시공



■ 철도교 복선 50m 실물모형 구조성능검증



연구목적

노동집약적인 재래식 시공은 인건비 상승으로 인해 더 이상 경제적인 대안으로 보기 어렵다. 또 작업자 추락 및 낙하와 같은 후진국형 재해는 인명 뿐 아니라 사회경제적 손실을 초래한다. 최근 강합성 거더의 슬래브 작업성과 안전성 개선을 요구하는 사례가 늘어나고 있는 상황으로, 몸통에 해당하는 복부콘크리트를 제거하고 강재 복부판에 보강재를 설치하여 구조안정성을 확보하는 등 강합성 거더 단면을 합리적으로 개량한 경량 PRECOM은 이러한 문제점을 해결하기 위한 목적으로 개발되었다.

연구의 차별적 특징

합리적인 단면 구현

종래의 설계 방식에서 불합리한 부분을 크게 개선하였고 제작 측면에서는 일련의 시행착오를 겪으면서 가장 효율적인 시공 방법을 도출하였다.

우수한 경관성

콘크리트 교량과 구별되지 않던 기존 강합성 거더의 외관과 달리 복부 도색이 가능해 주변환경과 조화를 이룰 수 있다.

공사기간 단축

공장에서 미리 만들어져 나오는 슬래브를 프리캐스트 바닥판이라 한다. 긴급 복구공사나 공사기간 단축이 중요한 현장에 많이 적용되는 유용한 공법임에도 기존 강합성 거더는 구조 특성상 프리캐스트 바닥판을 적용하지 못한다. 경량 PRECOM은 프리캐스트 바닥판 시공이 가능하여 공사기간을 크게 줄이고 이로 인한 간접적인 경제성까지 확보했다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

동종 형식 중 세계 최장길이 70m 구현

콘크리트로 강재 단면을 모두 덮어버리는 기존 시공 방식에서 탈피함으로써 거더에 작용하는 하중이 2배 이상 감소되어 종래 기술보다 16% 더 길게 교량길이를 연장할 수 있다.

2. 사회경제사업화부문

우리나라 환경에 최적화된 교량 형식

우리나라는 지형이 복잡하고 집중호우와 태풍 등 재해가 빈번한 자연환경을 가지고 있다. 강합성 거더는 다양한 환경에 대한 적응성이 우수하고 슬림하면서도 길게 시공할 수 있어 유수의 흐름을 저해하는 요소를 최소화한다. 경량 PRECOM은 강합성 거더 중 가장 경제적인 공법으로서 기존 기술 대비 공사비를 20% 절감하면서 긴급복구시 신속한 대처가 용이하다. 날렵한 외관은 운전자에게 개방감을 줄 수 있고, 복부의 도색은 주변환경과 조화를 이루어 지역사회 랜드마크로 활용할 수 있다.



■ 경량PR01



■ 도로교



■ 도교 (옥구교)



■ 소사원시보도육교



■ 도로교 연속교 250m 구조성능검증



■ 성산교 (도로교)



- 논문 프리스트레스트 강합성거더의 분절접합부 구조거동에 관한 실험적 연구
- 특허 복합 형식의 연속화 교량의 상부구조체 및 그 시공방법 외 3건 등록
- 사업화 군장국가산단 인입철도 제2공구 노반건설공사 외 3개소 현장적용 실적(총 35억97백만원)

교량 모든 형식에 적용 가능한 저소음 신축이음장치 개발

신축이음장치는 교량의 온도, 크리프, 이동하중 등에 의한 신축거동을 수행하는 장치이다. 이런 신축이음장치는 공용중 상시 차량하중으로 충격을 받고 빈번하게 파손되어 많은 사회적 비용을 필요로 한다. 또 신축이음 장치에서 발생하는 충격과 소음으로 많은 민원이 발생하는 등 사회적 문제를 발생시킨다. 이런 신축이음장치의 사회적 비용감소, 환경소음 문제 등의 문제점을 해결할 필요가 있다.

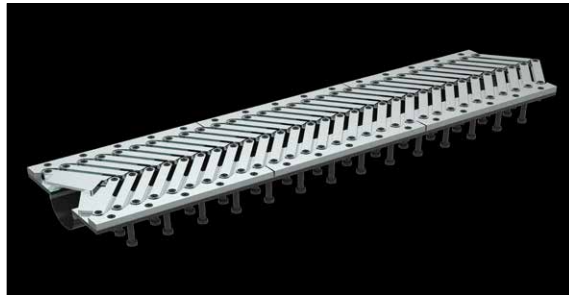
- 세부과제명 초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발
- 연구기간 2016년 4월 ~ 2017년 4월
- 총연구비 188(백만원)
- 연구자 나준수 진형건설(주) 기술연구소 과장



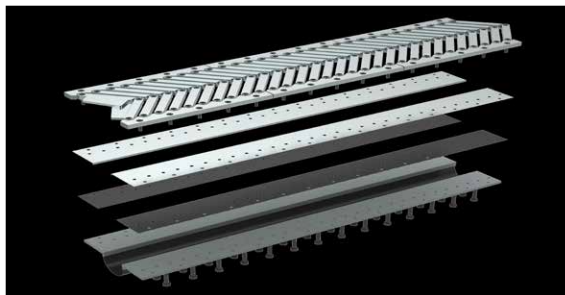
■ 굴절형이물질방지



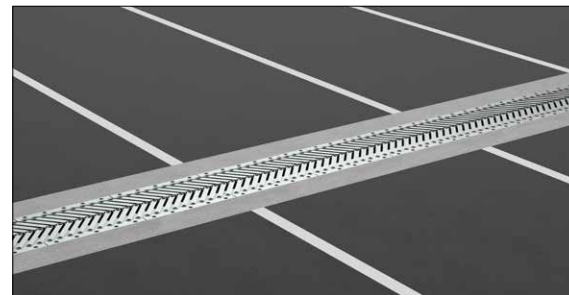
■ jhr



■ jhr 분해도



■ jhr 설치도



주요성과

세계 유일 좌우 연결형 신축이음장치 개발

저소음 굴절형 신축이음장치는 좌우 링크 연결형 신축이음장치다. 링크는 회전거동을 하며 교축 및 교축 직각방향으로 신축거동을 수용한다.

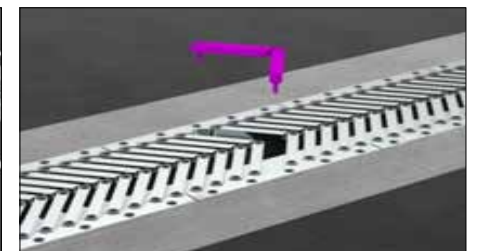
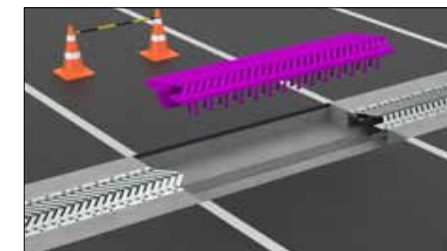
충격과 소음이 감소된 신축이음장치 개발

이번 개발된 신축이음장치는 차량 주행 중 충격을 저감하고 승차감을 향상시키며 소음을 저감시킬 수 있다. (핑거형 대비 9.1dB, 레일형 대비 21.6dB)

이물질 차단으로 장기간 사용가능한 신축이음장치 개발

이물질 방지판을 구비하여 상시 이물질을 차단할 수 있고, 이물질 방지판 양 끝단 경사로를 통해 이물질 배출함으로써 장기간 사용이 가능해졌다.

■ 교축직각거동



연구목적

신축이음장치는 충격 과 소음, 잦은 파손으로 환경소음, 유지보수 비용 등이 발생하는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 신축이음장치 충격과 소음을 감소시킬 수 있는 방법을 고안하며, 신축이음장치의 잦은 파손 문제를 분석하고 원인을 찾아 해결할 수 있는 방안을 연구했다.

연구의 차별적 특징

좌우 링크 연결 형태 등 유리한 구조 형상

좌우 링크를 연결하여 링크의 회전으로 교량 신축거동 수용이 가능하며 구조형태가 양단지지(단순보) 형태로 이상화 되어 구조적으로 성능이 우수하다. 링크의 회전을 교축 및 교축직각 거동 또는 곡교 및 사교 적용 가능, 종단 구배 교량 적용이 가능하다. 특히 차량 주행면의 이격공간이 최소화됨으로써 충격이 감소하고 동시에 소음도 감소하는 효과가 있다.

이물질 방지 및 방수 처리 등 경제적 이점

이물질 방지판을 구비하여 상시 이물질 차단 및 고무방수재 터짐 방지 등 신축이음 수명이 장기화됐다. 특히 이물질 방지판을 양끝단 경사로 적용해 자연적 신축거동으로 이물질 배출이 가능하다. 이밖에1단계 이물질 차단판 방수, 2단계 U형 배수로 방수, 3단계 고무방수재 방수 등 방수 처리 성능이 뛰어나고 파손시 차로별 부분 보수도 가능해져 경제적인 이점이 많다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

신축이음장치의 문제점인 파손현상, 보수 및 교체, 소음 등의 문제점 해결

교량 모든 형식에 적용이 가능하며 기존 신축이음장치의 문제점인, 보수, 교체, 소음 등의 문제점을 여러 방면에서 해결할 수 있게 됐다.

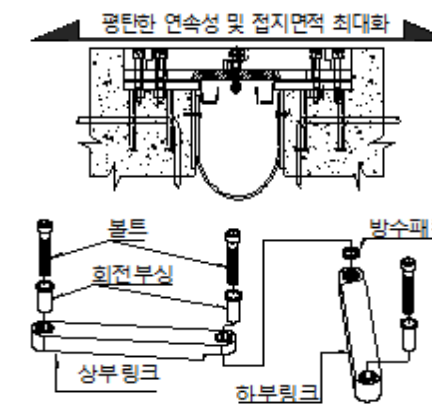
2. 사회경제사업화부문

사회적 비용 감소 및 기술 개발로 해외 진출 교두보 마련

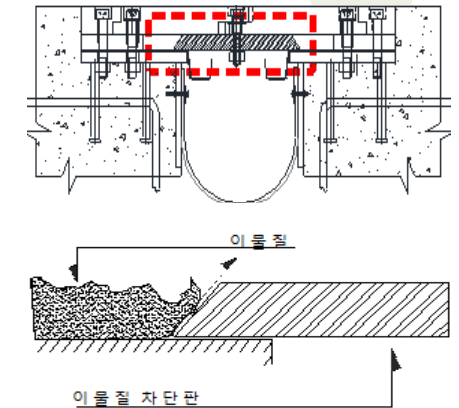
신축이음의 이물질로 인한 파손현상 등을 방지함으로써 보수비용 감소는 물론 환경 소음 문제점도 해결할 수 있게 됐다. 본 과제를 통한 특허로 신기술인증을 받고 사업화함으로써 해외 진출의 교두보도 마련할 수 있게 됐다.



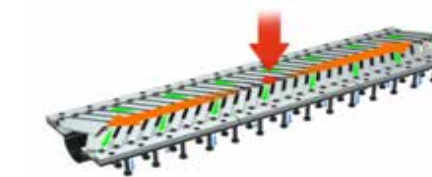
■ 좌우링크 건설 형식



■ 이물질 차단 기능



■ 하중분배효과



■ 초장대교량적용 확장성



- 논문 굴절형 신축이음장치의 피로내구성 평가: 비SCI
- 특허 교량용 신축이음장치, 메달기 방식의 신축이음장치 및 그 설치방법 등 국내 2건, 해외 1건
- 사업화 용담대교 외 10개 현장 (약 30억)
- 특수성과 - 연구논문 우수상(한국방재학회)
- 건설신기술 841호 인증

철도차량용 능동조향기술 국내 독자 개발로 세계 시장 선점

2019 국토교통 R&D 성과사례집
88

능동조향기술은 철도차량이 곡선구간을 주행할 때 과도하게 발생하는 차륜의 마모와 소음을 줄이는 친환경 기술로 ‘산업통상자원부 신기술(NET) 인증’, 2019 기계의 날 ‘올해의 10대 기계기술’로 선정되기도 했다. 철도차량에 능동조향기술을 적용할 경우 차륜 수명이 최소 60% 이상 연장되어 차량 유지보수 비용을 획기적으로 절감하고 소음·분진 발생으로 인한 민원도 크게 줄일 수 있으며 기존 철도차량의 주행성능을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 기술로서 비약적인 발전이 가능한 분야다.

- **세부과제명** 차륜마모 및 소음저감을 위한 전동차량용 능동조향 대차 기술
- **연구기간** 2017년 13월 ~ 2018년 12월
- **총연구비** 1867(백만원)
- **연구자** 허현무 한국철도기술연구원 차세대철도차량본부 수석연구원



■ 능동조향대차 특징

도시철도차량용
능동조향대차
고유모델개발

- 1 곡률센서
- 2 조향구동기
- 3 조향메카니즘
- 4 조향제어기

01 실용성이 우수한 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 적용

- 철도차량 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 개발
- 센서부 시제 전동차 적용, 곡률반경 추정시험 결과, 선로제표 대비 오차 ±5% 이내

02 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 적용

- 고추력 영구자석형 3상 동기모터 개발
- 음답특성이 일호한 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 개발 (추력 50N, 행정거리 ±5.5mm, 응답속도 0.3~2)

03 조향각 구현이 우수한 조향 메커니즘 적용대차

- Push-Pull 방식 조향 메커니즘 적용, 연속 조향각 구현 성능 0.5deg
- 차륜의 공각각 및 종/횡방향 적용력 최소화
- 조향기능 최소곡선 R250
- 소형, 컴팩트한 대차구조

04 곡률반경 실시간 추정 Radial steering position 연속 조향각 제어

- 곡선구간 곡률반경에 따른 조향각 목표치 실시간 계산 알고리즘
- Fail-safe 기능 포함, Fail mode 전환 시 수동형 대차모드 전환

특징

- 철도차량용 능동조향대차 고유모델 독자 개발 및 원천기술 확보
- 실용성이 우수한 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 적용
- 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 적용
- 조향각 구현이 우수한 조향 메커니즘 적용 대차구조
- 최고수준의 탁월한 조향성능 : 조향각 0.5deg, 횡압 80% 저감, 소음 4.4dB 저감
- 도시철도차량 적용, 영업선 시운전 성능검증 완료 (세계 최초)

국민편의 Welfare R&D
89



주요성과

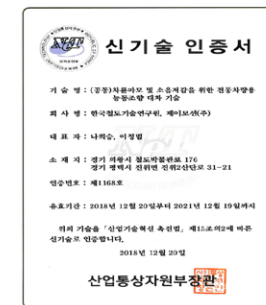
철도차량용 능동조향기술 국내 독자개발 성공

능동조향 대차는 센서부, 조향구동부, 제어부로 구성되어 있으며, 실용성이 우수한 곡률반경 실시간 추정기술 적용 능동조향시스템과 경량 고추력 Electro-mechanical 형식 구동부 및 조향각 구현 성능이 우수한 조향메커니즘(조향각 0.5deg 구현, 조향최소곡선 R250, 추력 5톤 이상) 개발을 성공적으로 수행했다.

세계 최초 도시철도차량용 능동조향기술 영업선 성능시험 완료

능동조향장치의 조향성능과 시제대차의 동적거동(주행안전성, 승차감, 차륜소음 등)을 시험 평가하기 위하여 서울교통공사 8호선 1편성을 대상으로 시험열차를 구성하고 국내시운전 및 영업선 시운전을 완료하였다. 시운전 성능시험결과 세계 최고수준의 조향성능을 확인하였다.

구분	개발 내용
곡률추출	선로제표상 곡률반경의 오차 ±5%이내
조향각	목표조향각의 오차 ±10% 이내 충족
횡압	기존 차량 대비 차륜횡압 최대 80% 이상 저감
차륜 소음	최대 4.4dB 저감
주행안전(탈선계수)	0.95 → 0.28로 저감 (주행안전 약 3배 향상)



연구목적

기존 철도차량은 자동차와 달리 조향장치가 없기 때문에 곡선부 주행 시 조향기능 미흡으로 차륜, 레일의 과도한 마모, 소음 및 분진 발생 등의 문제점을 가지고 있다. 이는 환경오염 및 공기질 악화로 인한 여객의 편의성을 저하시키며, 차륜-레일의 조기 삭정, 교체로 인한 유지보수 증가, 임시 검수로 인한 차량 가용성 저하로 철도 경쟁력 저하의 요인이 된다. 이를 해결하기 위하여 급곡선 주행 시 윤축을 능동적으로 조향 제어함으로써 공격각 발생을 억제하고 원활한 곡선주행을 도모하기 위한 능동조향기술 개발 연구를 진행했다.

실용성이 우수한 곡선 감지 센서부

능동조향을 위해 개발된 곡선 감지 센서부는 기존의 곡선 선로정보를 이용하거나 자이로 센서등을 이용한 곡률추정 방식에 비하여 실용성 및 신뢰성이 우수한 곡률반경 실시간 추정기술을 적용하였으며 최소곡선반경 감지는 반경 75m까지 가능하다.

조향각 구현 기능이 우수한 능동조향시스템

능동조향시스템을 철도차량 대차의 윤축을 곡선구간의 곡률반경 중심에 부합하게 정렬시켜 연산을 수행하고 구동부를 통해 윤축의 미흡한 조향성능을 구현한다. 조향 구동부는 추력 5톤 이상, stroke $\pm 5.5\text{mm}$ 의 소형·고추력 Electro-mechanical 형식으로 일본 조향각 0.26deg보다 탁월한 0.5deg 구현이 가능하며, 횡압 저감 또한 일본 30% 대비 80% 이상 저감으로 2배 이상 뛰어난 성능을 가지고 있다. 또한 Compact한 설계로 신차 제작 또는 기존 차량의 대차 개조 시 적용이 용이하며 자기진단, 고장진단, 고장시 경보알림, 비상 정지등의 Fail-safe 기능도 포함돼 있다.

연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

능동조향기술 국내 독자 개발을 통한 원천기술 확보

철도차량용 능동조향시스템 고유모델 국내 독자개발(세계 3번째)을 통하여 고전적 철도차량 설계기술의 성능 한계를 극복하고 곡선부 주행성능을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 Track-friendly 친환경 능동형 철도차량 주행장치 원천기술 확보했다. 또 급곡선 운용빈도가 높은 도시철도차량용 능동조향대차를 개발하여 세계 최초로 영업선 성능 검증시험을 완료했다.

2. 사회경제사업화부문

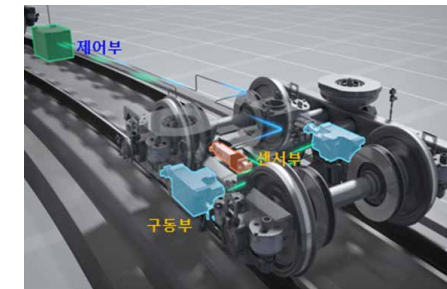
철도차량 시장서 기술적 우위 통한 시장 선점

미래 철도차량 주행장치 핵심기술로서 현재 태동기에 있는 능동형 철도차량 시장에서의 기술적 우위를 통한 시장 선점할 수 있다. 기존 철도차량 대비 차륜수명을 최소 60% 연장이 가능하며, 차륜 레일의 마모, 손상으로 인한 궤도 유지보수 비용 절감, 급곡선 소음 및 분진 발생 저감, 유지보수비용 저감, 차량 가용성 제고로 인한 영업이익 제고 등의 편익이 기대된다. 또 개발된 철도차량용 능동조향대차 기술은 도시철도 전동차, 경전철, 기존선 운용철도차량 등의 주행장치로 활용될 예정이다.

※ 능동조향기술 적용에 따라 차륜, 레일 유지보수비용 저감, 분진 및 소음 저감, 차량 가용성 제고 등의 편익 제고. 능동조향대차 적용 차량 1량당 편익은 연간 약 28백만원, 25년간 약 700백만원으로 분석됨.



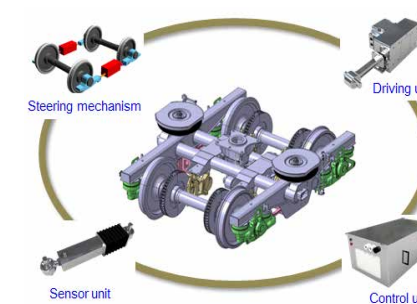
■ 능동조향대차 기술의 구성



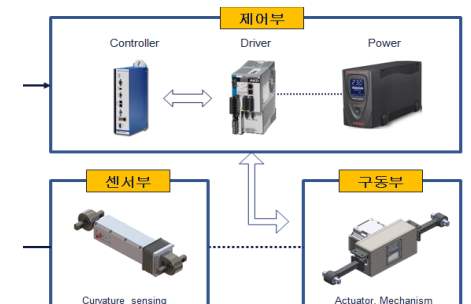
■ 능동조향대차 시제



■ 능동조향 핵심 기술



■ 능동조향시스템 구성도



- 논문 능동조향대차 기술개발관련 시제대차 해석 및 시제에 대한 성능평가결과와 국내외 논문 게재 8건(SCI 2건 포함), 발표 25건
- 특허 능동조향대차 고유모델 개발관련 핵심원천기술에 대한 특허 확보 등 출원 14건, 등록 10건(PCT 1건 포함)
- 기술이전 철도차량용 능동조향대차 기술 등 3건(기술료 1.95억원)
- 사업화 경량 고토크 구동모터 기술이전 상용화 착수 등 상용제품 판매(71백만원)
- 수상실적 - 한국철도학회 2018 철도 10대기술 선정: "차륜 마모, 소음 저감을 위한 도시철도차량용 능동조향대차"
- 산업통상자원부 신기술(NET) 인증: 제1168호, "차륜 마모 및 소음 저감을 위한 전동차량용 능동조향대차 기술"

운송장비 기술개발로 도로화물 운송 효율성을 높인다

2019 국토교통 R&D 성과사례집

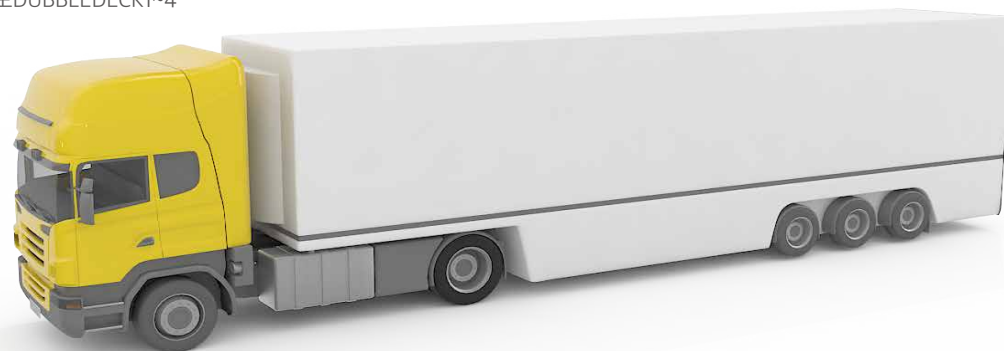
92

2017년 기준 국내 수단별 수송 분담율을 살펴보면 도로화물 수송실적이 91.09%로 절대적인 비중을 차지하고 있으며, 도로 위주의 화물운송 체계 고착화로 인해 수송비 부담 증가, 교통 혼잡, 대기오염 및 소음, 도로파손, 대형교통사고 등 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 이러한 물류활동 환경부하 저감에 대한 사회적 요구에 대응하기 위해 화물자동차 유류비 절감이나 화물 처리능력 향상 기술개발에 대한 관심이 늘고 있는 실정이다.

- **세부과제명** 트레일러 경량화 설계, 공기저항저감 장치 및 운송용기 최적화를 통하여 도로화물 운송 시 연료사용량 절감을 가능하게 하는 기술개발
- **연구기간** 2014년 6월 ~ 2018년 6월
- **총연구비** 7865(백만원)
- **연구자** 노홍승 한국교통연구원 물류연구본부 연구위원



■ 개념도DUBLEDECK1~4



국민편의 Welfare R&D

93



주요성과

고강도 강판적용 및 구조개선을 통한 경량화 및 적재용량이 향상된 트레일러 기술

기존 6.5톤의 3축 평판트레일러 차중을 5.2톤으로 경량화(유류비 저감 효과 2.7%, 적재중량 증가, 판매가 인상폭 10% 이내 확보)했으며, 기존 4.82톤의 벌크트레일러 차중을 4.45톤으로 경량화(연비 개선 효과 2.9%, 적재중량 증가, 판매가 인상폭 10% 이내 확보), 기존 72.9m²의 카고트레일러 적재공간을 85.8m²으로 증가시킴으로써 적재공간을 85.8m²인 17%를 추가했다.



효율 향상을 위한 공기 와류 저감 장치 기술 및 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 기술

화물차 운행 중 연료저감을 위한 사이드스커트(장착 시 3%), 보트테일(장착 시 4%) 등 공기저항 및 공기와류 저감 장치를 개발했다. 이를 통해 평균 운행연비가 약 5% 가량 개선됐으며 온실가스 배출 3% 감축 등 환경적인 요소도 고려했다. 또 기술 및 화물운송 연료소비량 및 적재효율 향상을 위한 무동력/에너지 고효율 온도유지 운송용기 및 고효율 접이식 용기를 개발해 기존 롤테이너 대비 36% 경량화, 구매단가 인상폭 10% 이내, 회수효율성 200%가 개선됐다.



연구목적

도로화물 운송 시 연료사용량을 절감하기 위한 친환경 운송장비 기술개발을 위해 기술개발의 타당성을 검토하고 국내 실정에 맞는 새로운 국산기술 개발과 해외 선진기술을 국산화하기 위한 기술개발이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 국내 화물운송시장 환경에 적합하고 미래 시장성에 기반한 도로화물 연료사용량 및 온실가스 감축 국산 화물운송장비 기술개발을 목표로 트레일러 경량화 및 적재용량 향상 등에 대한 연구를 진행했다.

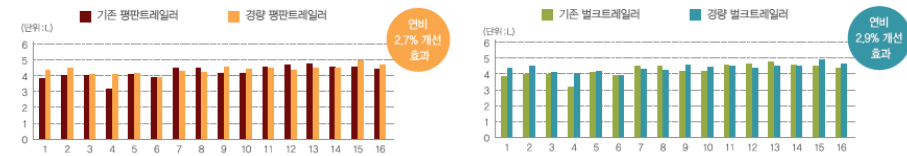
연구의 차별적 특징

운송 기술 개발 및 상용화

도로화물 운송 효율성에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인(연비개선, 차주수입 증대, 환경부하 경감)의 개선을 위해 도로화물 운송 요소인 트레일러를 비롯해 공기저항저감 키트, 운송용기 등에 대한 기술을 개발했다. 특히 개발된 장비들의 구매 단가 인상폭을 평균 10% 가량 낮추는 가격 절감을 통해 이를 상용화하여 시장 보급이 용이할 수 있도록 했다.

제작 기술의 국산화로 국가 기술경쟁력 확보

공기저항저감장치 설치로 경제적인 효과 외에도 운행 안정성도 향상되는 효과를 가져왔다. 특히 연구과정 간 국산고강도강 소재의 활용성을 제고하고 Stub-Axle 제작 기술의 국산화하는 등 국가 기술경쟁력을 확보할 수 있도록 했다.



연구 성과의 파급효과

1. 기술부문

관련 기술 개발로 적재용량과 물류안전도 증대

화물차 공기저항 저감장치에 대한 풍동실험을 통해 객관적인 효과검증과 관련 공기저항 저감 장치 표준 개발 가이드라인 제시를 통해 관련 제품의 개발 및 홍보, 판매 지원이 가능하다. 또 적재량 증대를 위한 불법구조 변경, 과적으로 인한 도로파손 등이 감소하면서 도로유지 비용은 절감하고 적재용량이 늘어나면서 물류안전도 역시 높아졌다.

2. 사회경제사업화부문

화물차주 근로여건 개선 및 수입 증진

화물자동차운전자의 운송거부 사태가 지속적으로 발생하고 있는 상황에서 화물차주의 순수입을 증대시켜 화물차주 근로여건 개선됐다. 컨테이너 트레일러 샤시 무게를 1톤 저감 시 현행과 동일한 유류비로 30만 톤(연간 300일 운행 시) 화물을 더 운송할 수 있거나 절감되는 유류비만큼 컨테이너 트레일러 운전기사의 수입을 증진시키는 등 영업용 화물차량 연비개선 3% 효과 시 온실가스 비용 134백만 원(시장점유 10% 가정 시), 670백만 원(시장점유 50% 가정 시) 절감이 가능하다.



■ 경량 평판트레일러



■ 경량 벌크트레일러



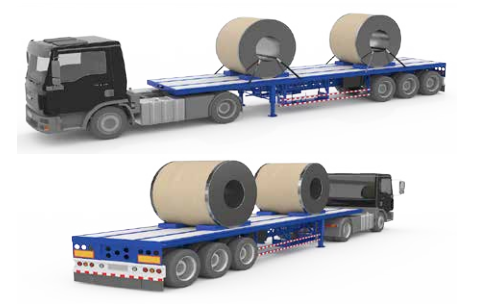
■ 적재용량확장다용도카고트레일러



■ 벌크1~2



■ 평판1~2



■ 접이식 돌리 랙 겸용 컨테이너



>>



■ 접이식 롤 컨테이너



>>

- **특허** 트레일러 경량화, 공기저항 저감, 운송용기 최적화 설계 각 분야의 개발기술 특허등록 및 출원 달성
- **기술이전** - 고강도 강판소재 및 구조개선을 통한 경량 평판 및 벌크 트레일러 기술
- 스텐드 액슬(Stub Axle) 적용 적재용량 향상 트레일러 기술
- 화물차 운행 중 연료저감을 위한 공기저항 및 공기와류 저감장치 기술
- 레일을 구비하는 랙 컨테이너 및 접이식 롤 컨테이너
- **사업화** - 경량 평판트레일러 37대 판매(9억5천만원)
- 경량 벌크트레일러 4대 판매(1억6천만원)
- 사이드스커트 1대 판매(4천2백만원)