국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원

경기도 안양시 동안구 시민대로 286 송백빌딩 2~6F
Tel. 031-389-6363~4 Fax. 031-389-6436 http://www.kaia.re.kr

비매품
94530
9 788994 071671
ISBN 978-89-94071-67-1

2015 국토교통R&D 우수성과25선

국토교통부

국토교통과학기술진흥원



# 2015 국토교통R&D 우수성과 25선

국민의 행복한 삶
국토교통기술로 열어갑니다

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원

# 2015
# 국토교통R&D
# 우수성과 25선

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원

# 발간사

## 국민의 행복한 삶,
## 국토교통기술로 열어갑니다.

국토교통R&D의 연구성과 홍보 및 확산을 위해 우수성과 사례집을 발간한지도 올해로 일곱 번 째입니다. 우수성과 사례집 발간을 통해 그간의 성과를 여러분들에게 소개할 수 있게 되어 수확의 기쁨만큼이나 가슴이 벅차오르는 것 같습니다.

소중한 결실을 얻게 되기까지 그 동안 연구성과 창출을 위해 많은 노력과 심혈을 기울여주신 연구진들에게 이 자리를 빌려 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

많은 분들이 잘 알고 있듯이, 국토교통R&D는 국민의 편의와 복지, 안전 등 삶의 가치와 직접적인 관련이 있는 만큼 국가적으로도 매우 중요한 분야입니다. 더욱이 정부는 과학기술을 통한 신산업 창출을 강조하면서, 미래의 국가경쟁력 제고를 위해 R&D에 대한 관심과 투자를 높이고 있습니다. 국토교통R&D 역시 국토공간의 미래 가치를 창출하는 핵심 분야로 앞으로 그 위상과 중요성은 한층 높아질 것으로 예상됩니다.



## 국민 모두가 행복한 삶을 누릴 수 있는
## 국토교통기술을 위해,
## KAIA가 선도해 나가겠습니다.



이번에 여러분에게 소개하게 될 「2015년 국토교통R&D 우수성과 25선」은 지난해 국토교통R&D로 추진했던 과제 중 연구성과를 평가하여 우수한 25개 과제를 선정하여 정리한 것입니다. 국토교통분야의 선도기술 개발로 국가경쟁력 확보에 기여하게 될 '세계 일류기술'과 '핵심기술 자립화', 안전사회 구축을 위한 '재난대응 안전 기술', 국민행복 제고를 위한 '공공복지 기술', 창조경제를 주도할 '사업화 유망기술'에 이르기까지 다양한 기술들이 소개됩니다.

미약하지만 「2015년 국토교통R&D 우수성과 25선」책자를 통해 우리나라 국토교통분야의 우수한 기술이 널리 공유되기를 바라며, 국토교통 R&D의 중요성에 대해 여러분들과 함께 공감하고 체감하는 소중한 기회가 되기를 바랍니다.

앞으로 우리 진흥원은 국토교통R&D 우수성과 발굴과 연구성과 실용화에 집중하여 국민이 체감하고 공감할 수있는 연구성과가 창출될 수 있도록 지속적으로 노력하겠습니다.

끝으로 국토교통R&D가 창조적 국토공간을 구현하고 국가의 미래를 열어가는 핵심분야가 될 수 있도록 여러분의 지속적인 관심과 지원을 부탁드립니다.
감사합니다.

2015년
국토교통과학기술진흥원장 김병수

# CONTENTS
## 국토교통R&D 우수성과 25선


### 세계 일류기술 World Class R&D

16 최고 수준의 한국형 인공리프 개발을 통한 미래가치 창출
높은 파도에 따른 해안재해와 인명피해를 최소화하기 위한 한국형 다기능 인공리프개발

20 우리나라 실내공간정보 기술, 세계로 나아가다!
3차원 실내공간정보 구축기술 및 실내외 공간정보 통합운영기술

24 한옥설계를 쉽고 빠르게
한옥 설계 자동화 프로그램 개발

28 ICT 기술 융합으로 고속열차의 위치를 정확하게 검지한다
400km/h급 고정밀 철도 위치검지 기술개발

32 자동 도로조사 및 안전점검 차량 '아라서'
알아서 도로정보를 분석하는 '아라서'

### 핵심기술 자립화 Core R&D

38 초고속 네트워크 구축을 통한 이용자 편리성 향상과 이동시간 단축
대륙횡단의 꿈을 실현시켜주는 초고속 자기부상철도 기술

42 레이더보다 더 정확하고 실시간으로 항공기의 위치를 탐지할 수 있는 차세대 항공기 위치탐지 시스템
항공감시용 ADS-B 핵심기술개발

46 교량의 실시간 움직임을 ±10mm까지 정밀하게 분석할 수 있는 기술 개발
범지구 위성항법시스템(GNSS) 기반 케이블교량 모니터링 기술

50 민 · 군 공동활용이 가능한 중대형 항공기 다이나모 장비 구축
중대형 항공기 제동장치 정밀시험 장비(Dynamometer) 국산화

54 최고 난이도 숏크리트 공법 개발
봅슬레이 트랙 첨단시공기술 국산화

58 독자 설계기술 개발 및 국산화를 통한 고속철도 안정성 향상 및 고유 브랜드화
성능이 우수하고 유지보수성이 향상된 고속철도형 분기기 국산화 기술

### 재난대응 안전 기술 Safety R&D

64 진화된 공항 포장 평가 기술로 녹색공항 운영의 새로운 발걸음을 내딛다
저탄소 녹색공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발

68 효율적 하천이용과 안전한 친수활동을 위한 웹 및 앱기반 예보시스템 구축
하천정보 분석모델 및 예·경보 시스템

72 확공시스템을 이용한 영구앵커 공법의 혁신
그라우팅전에 인장이 가능한 영구앵커

76 미래의 교통상황을 예측한다
패턴 DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발

### 공공복지 기술 Welfare R&D

82 물 걱정 없이 지속가능한 수막재배 기술이 실현된다
농가보급이 용이한 대수층 순환식 수막재배 시스템

86 플로팅 건축을 통한 평안하고 창조적인 공간 실현
안전하고 친환경적인 플로팅 건축 설계 기술

90 최첨단 관측장치를 통한 지하수의 과학적 관리로 지하수 활용 극대화
SMART한 수변지역 지하수 관리기술 개발

94 고효율 · 고온수 개발을 통한 지열히트펌프의 끊임없는 진화
지하수 열원을 이용한 냉난방시스템 개발

### 사업화 유망 기술 Business R&D

100 국내 유일 70m 철도교가 가능한 강합성거더를 만들다
장경간 강합성거더(SBarch 합성거더)의 철도교 실용화 기술개발

104 도로 위에 설치된 교통관리 센터
첨단도로교통 시설물 통합제어 기술 개발(ITS통합제어기)

108 단조롭고 투박함에서 벗어나, 이제는 수려한 미관을 갖춘 PSC-I빔 시대!
아치형상의 수려한 미관을 갖추고 경제성을 향상시킨 PSC-I 빔 교량 공법(APC빔)

112 살아 움직이는 도시
실시간 위치기반 서비스를 위한 응용프로그램 개발

116 정확하고 빠른 설계품질 확보를 위해 스마트한 BIM기술 개발
설계품질혁신을 위한 개방형 BIM 기술개발

120 국가에는 기술경쟁력을, 운영기관에는 운영비용절감을, 승객에게는 저비용 편리 서비스 제공
기존의 전동차 기술을 획기적으로 향상시킨 차세대 전동차와 신뢰성 평가 기술 확보



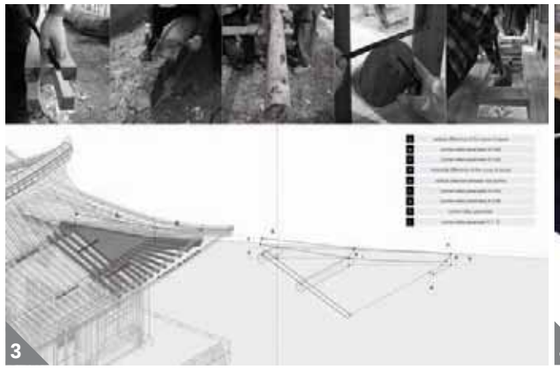
# 사진으로 보는
# 2015
# 국토교통R&D
# 우수성과 25선



## 세계 일류기술
## World Class R&D


1


2


3


4

1 높은 파도에 따른 해안재해와 인명피해를 최소화 하기 위한 한국형 다기능 인공리프 개발
2 실내공간정보 국제표준 'IndoorGML v1.0' 제정
3 한옥 자동 설계 프로그램 개발
4 400km/h급 고정밀 철도 위치검지 기술개발
5 자동 도로조사 및 안전점검 차량 '아라서'



5

## 핵심기술 자립화
## Core R&D


1


2


3



4


5


6

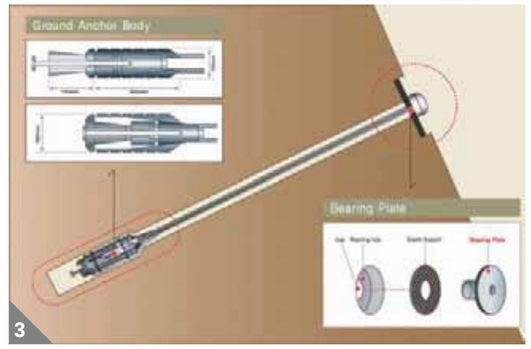
1 대륙횡단의 꿈을 실현시켜주는 초고속 자기부상철도 기술
2 항공감시용 ADS-B 핵심기술개발
3 범지구 위성항법시스템(GNSS) 기반 케이블교량 모니터링 기술
4 중대형항공기제동장치정밀시험장비(Dynamometer)국산화개발
5 봅슬레이 트랙 첨단 시공기술
6 고속철도용 분기기 국산화 기술개발 및 성능평가



## 재난대응 안전 기술
## Safety R&D


1


2



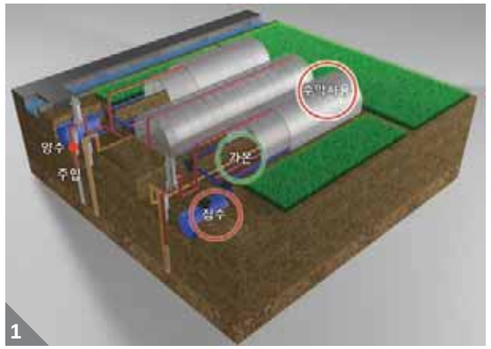
3



4

1 저탄소 녹색공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발
2 사용자의 편의성 및 정보관리를 위한 하천 정보예보시스템
3 그라우팅전에 인장이 가능한 영구 앵커
4 패턴 DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발

## 공공복지 기술
## Welfare R&D










1 농가보급이 용이한 대수층 순환식 수막재배 시스템
2 안전하고 친환경적인 플로팅 건축 설계 기술
3 SMART한 수변지역 지하수 관리기술 개발
4 지하수 열원을 이용한 냉난방 시스템 개발



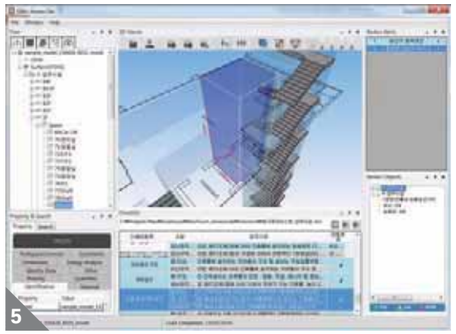
## 사업화 유망 기술
## Business R&D











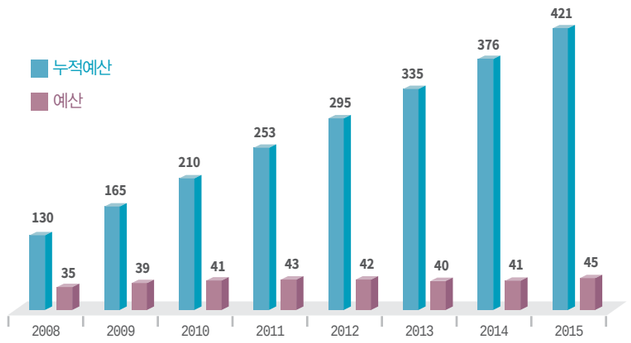
1 장경간 강합성 거더의 철도교 실용화 기술개발
2 첨단도로교통 시설물 통합제어 기술 개발(ITS통합제어기)
3 아치형상의 수려한 미관을 갖추고 경제성을 향상시킨 PSC-I 빔 교량 공법(APC-빔)
4 실시간 위치기반 서비스를 위한 응용프로그램 개발
5 설계품질혁신을 위한 개방형 BIM 기술개발
6 기존의 전동차 기술을 획기적으로 향상시킨 차세대 전동차와 신뢰성 평가 기술 확보

# 국토교통R&D 사업 투자 현황

**’94~’15년까지 총 42,143억원 투입** ✱ 건설R&D 분야 18,267억원, 교통R&D 분야 20,044억원

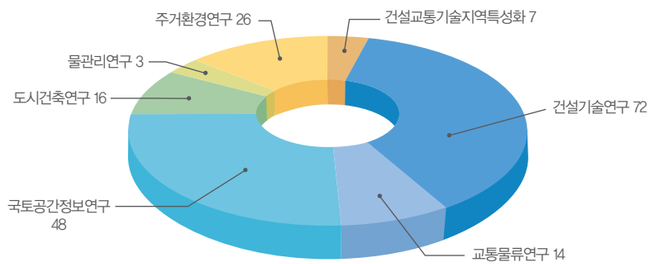
### 국토교통R&D 투자 현황

(단위: 백억 원)



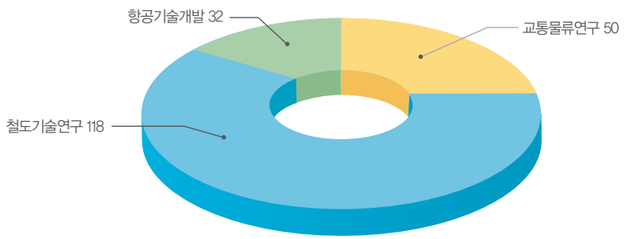

### 건설R&D 분야

(단위: 백억 원)




### 교통R&D 분야

(단위: 백억 원)




* 국토교통기술촉진연구, 국토교통기술사업화지원의 경우 동 통계에서 제외



# 국토교통R&D 사업별 투자 및 주요 성과 현황('10~'14)

### 건설기술연구사업
- 예산: 2,603억원
- 논문: 836건
- 특허출원·등록: 999건
- 기술계약: 100건
- 현장적용비용절감: 619억원

### 물관리연구사업
- 예산: 995억원
- 논문: 455건
- 특허출원·등록: 208건
- 현장적용비용절감: 28억원

### 플랜트연구사업
- 예산: 1,598억원
- 논문: 281건
- 특허출원·등록: 262건
- 기술계약: 13건
- 현장적용비용절감: 54억원

### 도시건축연구사업
- 예산: 2,414억원
- 논문: 1,040건
- 특허출원·등록: 861건
- 기술계약: 117건
- 현장적용비용절감: 794억원

### 주거환경연구사업
- 예산: 234억원
- 논문: 83건
- 특허출원·등록: 34건
- 기술계약: 8건

### 국토공간정보연구사업
- 예산: 545억원
- 논문: 139건
- 특허출원·등록: 131건
- 기술계약: 26건
- 현장적용비용절감: 83억원

### 교통물류연구사업
- 예산: 2,515억원
- 논문: 303건
- 특허출원·등록: 785건
- 기술계약: 72건
- 현장적용비용절감: 8억원

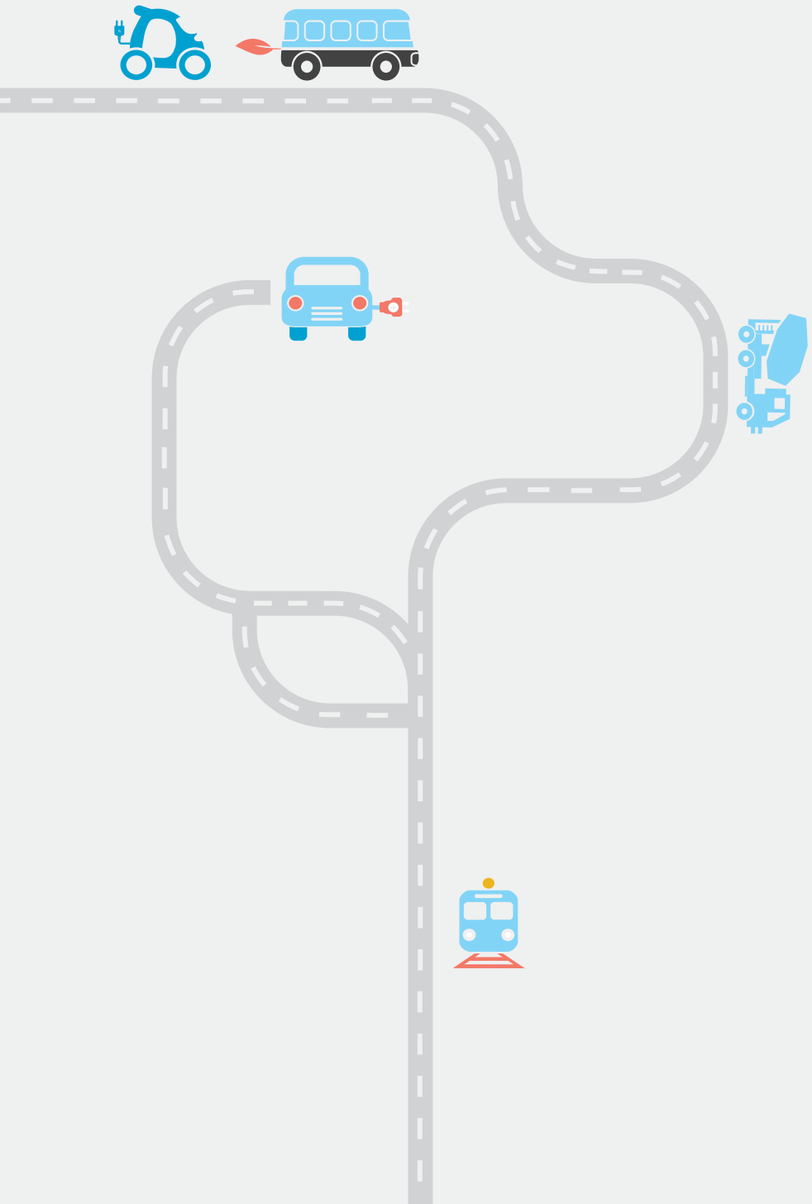
### 철도기술연구사업
- 예산: 5,682억원
- 논문: 154건
- 특허출원·등록: 672건
- 기술계약: 65건
- 현장적용비용절감: 97억원

### 항공기술연구사업
- 예산: 2,096억원
- 논문: 81건
- 특허출원·등록: 98건
- 기술계약: 15건

### 국토교통기술촉진사업
- 예산: 1,156억원
- 논문: 449건
- 특허출원·등록: 547건
- 기술계약: 61건
- 현장적용비용절감: 21억원

### 국토교통기술사업화지원사업
- 예산: 274억원
- 논문:27 건
- 특허출원·등록: 151건
- 기술계약: 42건
- 현장적용비용절감: 9억원

### 건설교통기술지역특성화사업
- 예산: 346억원
- 논문: 270건
- 특허출원·등록: 150건
- 기술계약: 13건
- 현장적용비용절감: 108억원







# 세계 일류기술

# World Class R&D

국토교통R&D는 첨단 핵심기술 연구를 거듭하여 세계 최고 수준의 기술을 확보하고 있습니다. 선진국을 제치고 세계 최초·최고 수준으로 개발된 기술들은 향후 고부가가치를 창출하고 세계 시장에서의 주도권을 선점할 수 있는 기반이 될 것입니다. 국토교통 분야의 국가 경쟁력을 강화하고 기술 선도국으로서의 입지를 확고히 하기 위해, 오늘도 수많은 기술들이 개발되고 있습니다.

World Class R&D

세계 일류기술 | 국토교통기술지역특성화



# 최고 수준의 한국형 인공리프 개발을 통한 미래가치 창출

## 높은 파도에 따른 해안재해와 인명피해를 최소화하기 위한 한국형 다기능 인공리프개발



**연구책임자** 김 화 중
**소 속 기 관** 경북대학교
**이 메 일** kimwj@kru.ac.kr
**전 화 번 호** 053-950-5596
**연 구 기 간** 2012.09~2016.11

**연 구 진**
허동수(경상대학교)
김규한(가톨릭관동대학교)
박원경(대영ENG.), 안성모(삼성물산)
정원무(KIOST), 권혁문(영남대학교),
최병욱(KCL)

매년 심각해지는 해안침식 문제, 지자체 및 사회 구성원의 니즈, 새로운 블루오션인 해양건설산업 발전에 따른 해양건설재료 기술력 확보, 환경 친화적 기술개발을 통한 관광가치 확보를 위해 한국형 인공리프의 연구개발이 시급한 상황이다. 동 성과는 기존 기술대비 제어성능 20% 향상된 파도제어기술 확보와 해양생물의 생활환경보전기능이 강화된 해양구조 개발, 해양토목 재료기술 연구역량강화를 통한 기술개발로 기존 재료 대비 20% 향상된 성능 확보를 목표로 한국형 다기능 인공리프를 개발하였다.

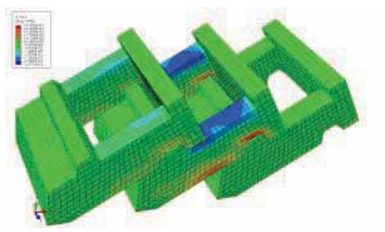
인공리프는 파랑에너지 감쇄를 목적으로 수중에 평행하게 설치한 구조물로 해안침식을 방지하고 해안의 경관을 보전하고 조망권을 확보하며 해안 환경 및 생태계 보호할 수 있기 때문에 최근 해안침식의 방지목적으로 인공리프에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다. 인공리프는 수면 하에 설치되는 구조물로 설계는 제체의 파괴에 대한 피복층 블록 또는 사석의 이동에 주안을 두고 진행되고 있다. 대부분 국내에서는 인공리프를 기존 방파제용으로 개발된 TTP를 쓰고 있어 많은 효과를 얻지 못하는 상황이다. 기존 해외연구에 따르면 해안침식 저감기술의 연구개발 흐름은 강성공법〉연성공법〉복합공법 순서로 진행되고 있고, 더욱 효율적인 공법을 위해 다양한 소재의 개발도 진행되고 있는 것으로 판단된다. 따라서, 기초기술 확립 및 실용화를 위해서는 요소기술에 관한 연구 외에도 제조단가 및 효율 면에서 경제성을 해결할 수 있는 상업적 연구가 병행되어야 하는 상황이다.



〈3차원 실해역 모형 시현회(테스트베드)〉

본 연구에서는 해상설치용 다기능 인공리프 개발에 적용할 수 있는 HYMO-WASS-2D, HYMO-WASS-3D, DEM-WASS-2D 수치모델을 개발하였다. 이 수치모델은 많은 수치적 연구에서 우수성이 확인된 최신의 파동장 모델(LES-WASS-2D, LES-WASS-3D)을 토대로 2·3차원 지형변동 모델 그리고 개별 요소법(DEM)과 결합하여 개발한 새로운 양방향 연성해석모델이다. 단면 지형변동 및 국부세굴을 예측할 수 있는 HYMO-WASS-2D와 DEM-WASS-2D는 파랑-흐름 내에서 해빈을 비롯한 구조물 주변의 지형변동을 해석할 수 있는 수치모델이다. 특히, DEM-WASS-2D는 기존 방법에서 탈피하여 지반을 이루고 있는 개개 입자의 이동특성을 분석하여 해안 및 해양 구조물 저면 국부세굴을 직접 모의할 수 있다.

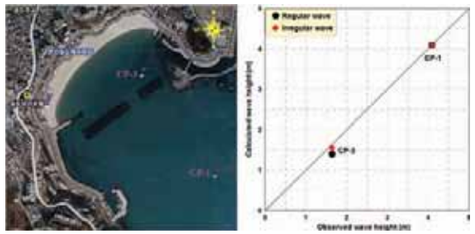
파랑·인공리프·지형의 상호작용을 직접 해석 가능한 수치모델 개발은 국제 최고 수준의 수치모델로서 차별성을 가지고 있고 인공리프의 파랑제어를 높은 정도로 재현 가능하며, 지형변화를 고려하여 인공리프 및 지반의 안정성을 검토할 수 있다. 한편, 기존 인공리프보다 파랑저감율을 향상시킬 수 있는 EREEB(17%~29%)와 Multi-Chamber Block(65%~71%)을 개발하고 다기능 인공리프의 수리특성 지표를 작성하였다. 이와 같은 고파랑 제어, 구조적 안정성 및 어장환경복원 기능 인공리프 개발을 통해 고파랑에 의한 연안재해로부터 지역주민을 보호하고 지역경제 활성화에 기여할 수 있게 되었다.



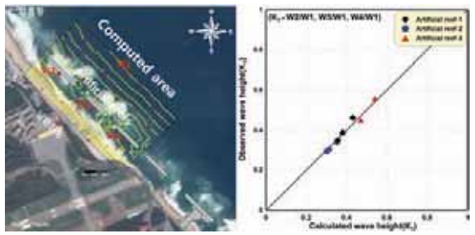
〈다기능 인공리프 수치해석〉



〈다기능 인공리프 제작〉



〈부산 송도 적용〉




〈강릉 남항진 적용〉



## 연구진 한마디




수중구조물을 설치하는 연안정비계획의 특성상 정부와 실 설치 해역 지자체와의 유기적인 협력이 반드시 필요하며 현재 그 성과로 울진군과의 Test-bed 추진을 위한 통합워크숍과 긴밀한 협의를 통해 대상지를 결정하였다. 연구성과 공유는 물론 울진포럼, 울진군 Test-bed 후보지 방문, 기관업무회의 및 연구단 실무자 회의 등 연구성과의 효율적 관리와 연구성과 공유를 통한 연구기관과 연구진간의 소통을 위한 다양한 노력을 통해 성과를 이루어냈다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Fuzzy Model Forecastingof Off Shore Bar-shape Profilesunder High Waves<br>· Rip Current Monitoring Using Video Analysis |
| 지식재산권 | · 인장시험기를 구비하는 인장시험장치 및 인장시험방법<br>· 세굴 방지용 블록 |
| 기술이전 | · 에코리프 블록(이도건설) 5,500,000원 |
| 현장비용절감 | · 원도 양양 남애해수욕장 전면 해상 , 비용절감액 : 213,124,000원<br>· 강원도 속초해수욕장 전면 해상 , 비용절감액 : 97,386,000원 |
| 기타 | · 해안침식 관련 제작 지원한 다큐멘터리 전국방영 |

World Class R&D

세계 일류기술 | 국토공간정보연구사업

# 우리나라 실내공간정보 기술, 세계로 나아가다!

## 3차원 실내공간정보 구축기술 및 실내외 공간정보 통합운영기술 개발




**연구책임자** 최 현 상
**소 속 기 관** 한국건설기술연구원 ICT 융합연구소
**이 메 일** hyunsang@kict.re.kr
**전 화 번 호** 031-910-0331
**연 구 기 간** 2011.12~2016.06

**연 구 진**

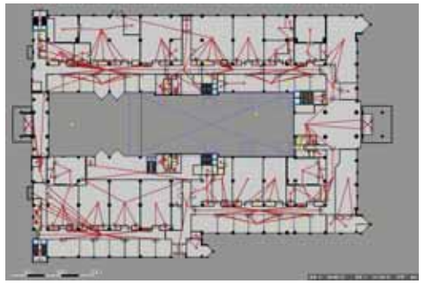
이지영(서울시립대), 이기준(부산대)
허준(연세대), 황선휘(버츄얼빌더스)
이봉준(씨엠월드), 이준휘(롯데정보통신)



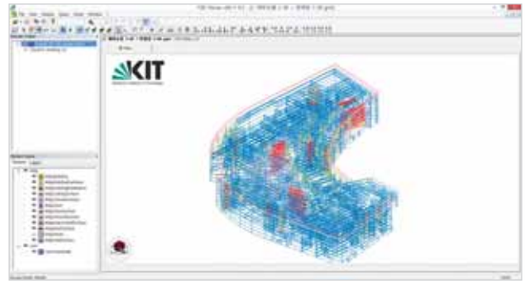

도시로의 인구집중에 따른 공간부족 문제 등을 해결하기 위해 건물의 대형화, 복잡화가 빠르게 진행되고 있다. 특히, 우리나라와 같이 인구밀도가 높고, 도시 주거율이 높은 나라일수록 건물의 대형화와 복잡화는 필연적인 현상이다. 건물 대형화에 따른 실내공간의 복잡화는 일상생활에 많은 불편을 줄 뿐만 아니라 화재 등의 재난에 효과적으로 대처하기 어렵고, 넓고 복잡한 실내공간 안에 있는 다양한 시설물을 효율적으로 관리하는 데도 어려움이 따른다. 국민 생활의 80~90%가 이루어지는 실내공간에서의 이런 어려움을 해결할 수 있는 서비스와 다양한 공간정보 콘텐츠(예 : 실내 길안내)에 대한 수요가 증가하고 있다. 지금까지의 공간정보(GIS) 서비스는 대부분이 실외공간에 집중되어 있었지만, 최근에는 실내공간 중심의 새로운 비즈니스 시장이 열리고 있다. 실내공간은 실외공간과는 다른 특성을 가지고 있어 실내공간정보 서비스 개발을 위해서는 새로운 기초이론과 데이터모델, 표준개발 등이 필요하고, 이를 활용한 관리시스템이나 서비스 개발에 있어서도 새로운 접근 방법이 필요한 상황이다.

OGC(Open Geospatial Consortium)의 IndoorGML은 실내공간의 위치기반 서비스 제공에 있어 가장 기초가 되는 실내 네트워크와 위상(위치간의 관계성)을 구축하기 위한 국제 표준이다. IndoorGML은 2012년 3월 최초 회의를 시작으로 약 2년 9개월 동안 12회의 대면회의와 다수의 원격회의를 거쳐 2014년 12월에 OGC IndoorGML ver 1.0의 국제 표준으로 제정되었다. 국제표준 제정을 위해 부산대학교 이기준 교수(의장)과 서울시립대학교 이지영 교수(부의장)을 중심으로 다수의 해외 연구진들이 편집자로 참여하여 IndoorGML 작업반을 구성하였으며, 이를 통해 국내 연구진의 연구결과가 국제표준에 반영되는 성과를 거두었다. OGC의 표준은 무료로 개방되어있어 OGC 홈페이지를 통해 IndoorGML의 XML 스키마, 표준 문서 등을 확인 할 수 있다.

또한 IndoorGML 국제표준을 기반으로 실내 길안내 서비스를 할 수 있는 시범 서비스를 개발하였다. 공동연구기관인 롯데정보통신의 협조로 잠실 롯데월드몰에 대한 전방위 영상을 취득하여 길안내 서비스, 순찰 동영상 및 CCTV 동영상을 활용한 보안 솔루션을 구현하였다. 롯데월드몰의 실내공간 데이터를 공개하여 실내공간 정보서비스의 국제적 테스트베드로 만드는 작업도 병행하였다. 이를 통해 실내 경로안내, POI 저작 도구 및 검색 기능, 미니맵 기능 등을 구현하므로서 실내 네비게이션 서비스를 위한 핵심기술을 확보할 수 있었다.



〈IndoorGML 적용 사례(연세대학교 공학관)〉




〈CityGML 및 IndoorGML 적용 사례(롯데월드몰)〉

본 과제에서는 IndoorGML 국제표준과 함께 실내공간정보와 실외공간정보를 함께 표현할 수 있는 통합운용 플랫폼인 'CRETA'를 개발하였다. 'CRETA' 플랫폼은 실내서비스 뿐만 아니라 여행/위치정보, 교통·물류관제, 부동산·상권 분석 등 다양한 민간분야 공간정보 비즈니스에 필요한 기능을 가지고 있다. 또한, Mash-up 기술을 적용하여 타 분야 정보와의 융합이 가능하도록 개발하였다. Web, Mobile, Kiosk 등 멀티 디바이스 환경에서 3차원 실내안내와 위치정보 서비스를 구현할 수 있도록 개발 환경을 제공하고 있고, 앞으로 개발될 다양한 기능들을 쉽게 추가 또는 확장할 수 있도록 구성되어 있다. 우선은 유동인구가 많고 이용빈도가 많을 것으로 예상된 대형 쇼핑몰에 대해 적용하였으며, 앞으로 공공과 민간의 다양한 분야에 대한 기술 적용을 확대해 나갈 계획이다.




〈연구성과 국제화 및 실용화 추진 계획〉

도시로의 인구집중에 따른 수요증가와 함께 건축 기술의 비약적인 발전에 힘입어 초고층 건물이 늘어나고 있다. 초고층 건물은 화재나 생화학 오염 등의 재난 발생시 복잡한 실내구조로 인해 대피시간이 오래 걸림에 따라 대규모 인명피해의 발생위험이 높다. 본 연구를 통해 개발된 실내공간정보 표준과 실내외 통합운용 기술을 재난 대피 시뮬레이션에 적용하므로서, 날로 높아지는 실내공간에서의 대형 재난을 예방하고 대처할 수 있는 대응체계 마련에도 기여할 수 있다. 이러한 국제수준의 실내공간정보 연구를 통해 우리 국민들이 보다 안전하고 편리한 생활을 누릴 수 있고, 우리나라의 공간정보 기술력이 한층 높아지기를 희망한다.



〈실내공간정보기반 보안관제 사례(롯데월드몰)〉




〈실내공간정보구축 사례(롯데월드몰)〉



## 연구진 한마디


서울시립대
이지영


부산대
이기준


연세대
허준


버츄얼빌더스
황선휘


씨엠월드
이봉준


롯데정보통신
이준휘

IndoorGML의 OGC 표준 제정을 위한 작업반 구성 당시, 국제 표준을 추진할 수 있는 인력이 부족했다. 이에 따라, 국내에서는 ISO, TTA 등에서 활동한 경력이 있는 서울시립대 이지영 교수와 부산대 이기준 교수를 주축으로 경험 있는 해외 연구진과의 교류를 통해 IndoorGML의 국제 표준 제정 추진을 시작하였다. 다행스럽게 CityGML을 OGC 표준으로 제정할 때 활동한 독일의 Thomas H. Kolbe 교수와 네덜란드의 델프트 공대 연구진과의 수차례의 교류를 통해 IndoorGML의 표준 제정에 동참하겠다는 의사를 이끌어 낼 수 있었다. 이러한 국제 협력은 IndoorGML 표준 제정 활동의 후반기에도 영향을 끼쳐, 유럽의 i-Location 프로젝트 등에 IndoorGML 개념이 활용될 수 있게 협력하는 등 국내 연구진의 주도아래 국제협력체계를 공고히 하여 IndoorGML이라는 훌륭한 성과를 도출 할 수 있었다.
IndoorGML의 OGC 표준 제정 막판까지 최종 승인여부에 대해 연구진들은 긴장을 놓을 수 없었고, 수차례의 수정과 피드백 과정을 거친 끝에 2014년 12월 최종적으로 OGC 표준 제정 승인을 받게 된다. 이는 공간정보 분야에서 국내 연구진 주도로 제정된 최초의 국제표준이라는 점에서 국내 공간정보 분야의 위상을 드높임과 동시에 국제적으로도 실내공간에 관한 높은 자위를 인정받은 결과라 할 수 있다

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Semi-automated approach to indoor mapping for 3D as-built building information modeling(SCIE)<br>· Bore-Sight Calibration of Multiple Laser Range Finders for Kiematic 3D Laser Scanning Systems(SCIE)<br>· Development of Kinematic 3D Laser Scanning System for Indoor Mapping and As-Built BIM Using Constrained SLAM(SCIE)<br>· Ensemble of ground subsidence hazard maps using fuzzy logic<br>· Location K-anonymity in indoor spaces(SCIE) 외 국내논문 다수 |
| 지식재산권 | · 3차원 지형정보 가시화 프로세서 및 그 동작방법(국내특허, 10-1548647)<br>· 3차원 객체 표현 방법, 3차원 객체 위상 질의 처리 방법 및 이를 적용한 장치(국내특허, 10-1169663) 외 다수 출원 중 |
| 지식재산권 | · 실내공간정보 표준 CityGML 및 IndoorGML관련 기술 지도(2013)<br>· 실내외 공간정보 연계를 위한 전방위영상 취득기술 및 지오레퍼런싱 알고리즘(2015)<br>· 3차원 지형정보 프로세서(2015) |
| 사업화 매출액 | · 버츄얼빌더스, 410,500천원 |

World Class R&D
세계 일류기술 I 도시건축연구사업

# 한옥설계를 쉽고 빠르게

## 한옥 설계 자동화 프로그램 개발



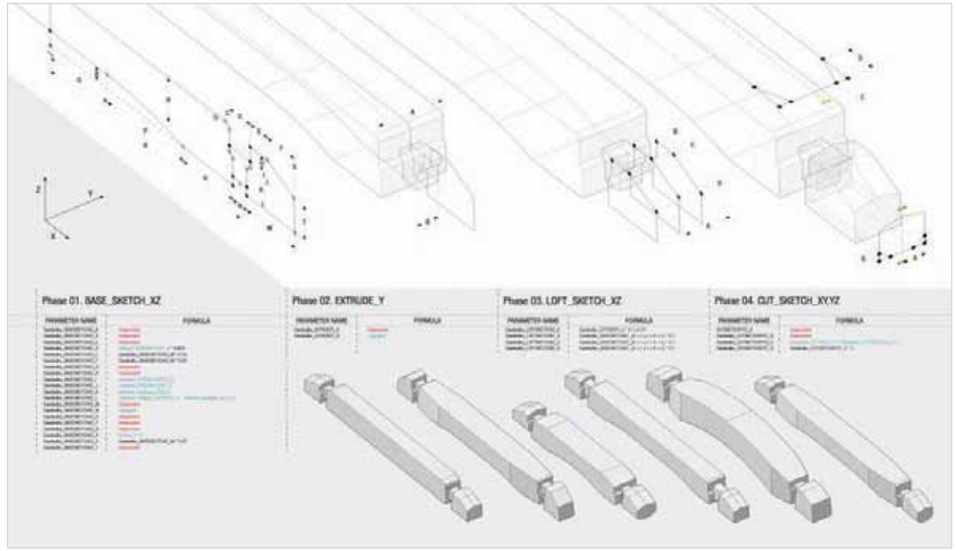

**연구책임자** 전봉희
**소속기관** 서울대학교
**이 메 일** jeonpark@snu.ac.kr
**전화번호** 02-880-7090
**연구기간** 2009.12~2016.10

**연 구 진**
서효원, 이헌진
허유진, 박일향
이수연, 최남섭
권진경(이상 서울대학교)




한옥은 우리 고유의 주거건축으로 신한옥과 관련된 기술은 현재의 개발이 국내외를 통틀어 최신 성과라고 할 수 있다. 본 기술개발에 사용된 BIM 설계 기술은 현재 초고층 빌딩 건설 등 대규모 건설 프로젝트에 세계적으로 널리 사용되고 있는 기술이다. 본 연구는 첨단 건설 기술을 전통 건축물인 한옥의 건설 과정에 접목을 시도한 연구개발이다.

최근 전통문화의 현대화를 통한 국가 브랜드 가치 향상과 고유한 주거문화에 대한 관심이 높아짐에 따라 신한옥 건설시장이 주목 받는 추세다. 그러나 한옥은 전문지식을 갖추어야만 설계가 가능하여, 신한옥 건설시장이 확대하고 있음에도 기존 건축가 및 건설업자들의 신한옥 건설시장 진입은 어려운 형편이다. 따라서 한옥 시장은 일부 생산주체에 제한되어 있으며, 한옥 관련 정보는 일반에 공개되어 있는 문화재 한옥 관련 정보로 국한되어 있다. 이러한 한옥 건설시장의 정체를 극복하기 위해서는 새롭게 한옥시장으로 진입하고자 하는 건축가와 건설업자들이 손쉽게 접근하여 이해하고 활용할 수 있는 한옥건설정보 생산이 필수적이다. 동 성과는 BIM기술을 접목한 한옥 설계 자동화 프로그램을 개발하여 한옥 도면을 빠르고 간편하게 작성할 수 있도록 하였다. 작성된 한옥 도면은 실제와 같은 3차원으로 표현되며 관련 정보가 함께 기록되기 때문에, 누구나 쉽게 이해가 가능하며, 직관적인 의사소통이 가능한 장점이 있다. 동 성과는 한옥 설계 난이도를 혁신적으로 낮추어 기존 건축가와 건설업자들의 한옥 건설시장 진입을 용이하게 함으로써 한옥 보급에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

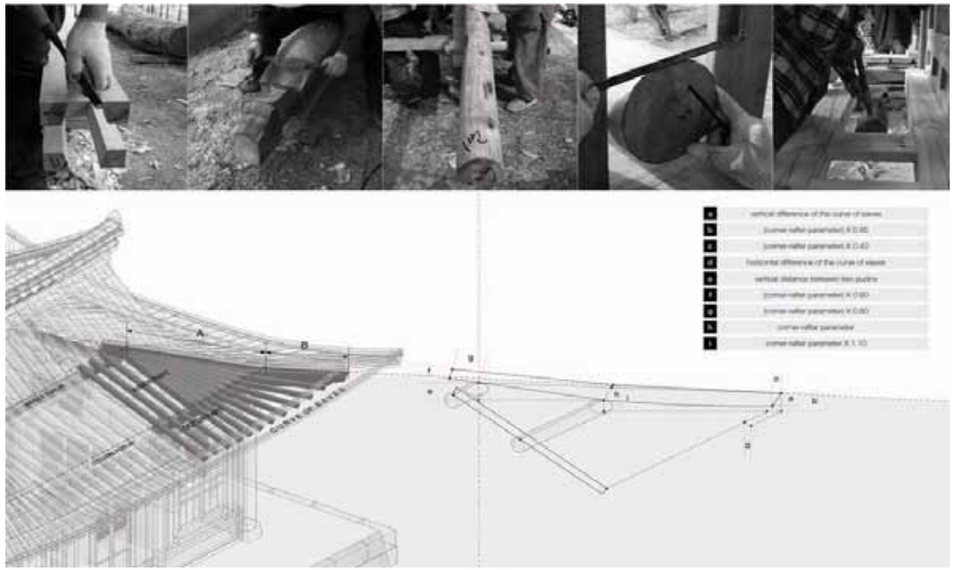



〈한옥의 구조 원리가 반영된 단위부재 모델링〉

한옥 설계 자동화 프로그램은 한옥을 짓는 데 필요한 단위부재를 3차원으로 모델링하고, 이것들이 한옥의 구축원리에 따라 자동으로 조립되는 프로그램이다. 한옥을 구성하는 2만여 개의 단위부재를 형상기반 모델링 기법을 이용하여 70여 개의 기본 부재로 압축하여 모델링 하였고, 70여 개의 기본 부재들은 사용자가 자유롭게 그 형상을 변형 시킬 수 있다. 제작된 단위부재들은 한옥의 시공과정과 부재간 상관관계에 따라 컴퓨터 연산에 의해 자동으로 조립된다.

동 성과는 한옥 설계 기술의 난이도를 낮추어 누구나 손쉽게 한옥을 설계 할 수 있도록 하여 한옥 설계 분야의 저변을 확장하였다. 또한 3차원 한옥 모델링 기술을 확대하여 한옥 설계 분야뿐만 아니라 부재 생산, 견적 및 적산, 신 부재 개발 등의 새로운 분야에 적용할 수 있는 기반을 마련하였다.

신한옥 건설은 꾸준히 늘어날 전망이며, 도서관, 유치원, 관공서와 같은 공공 건축물도 한옥으로 지어지는 등 대형 한옥 건축 프로젝트 사례가 증가하고 있다. 연구진이 개발한 한옥을 3차원으로 자동 모델링 하는 기술은 한옥 건설분야에 BIM 도입의 전제가 되는 기반기술로서 본 기술을 통해 전통 건축물인 한옥에 첨단 건설기술의 적용이 가능하게 될 것으로 전망된다. 한옥과 BIM 기술의 만남은 물량산출 자동화, 공사관리의 최적화, 신부재 개발 등 한옥관련 제반 분야에 큰 혁신을 가져올 것이다.



〈한옥의 시공과정을 분석하여 자동으로 부재가 조립되는 한옥 3차원 디지털모델링 프로그램 완성〉



## 연구진 한마디



본 연구에서 가장 힘들었던 점은 전통기술과 현대기술의 융합과정이었고, 이 과정에서 많은 시행착오가 있었다. 하지만 바로 이 점이 본 연구의 가장 큰 장점인 동시에, 연구진에게 가장 큰 보람을 주었던 점이기도 하다. 연구자에게 전혀 새로운 분야를 연구하여 접목하는 시도는 매우 큰 도전이고 어려움이지만, 앞으로도 많은 분야에서 이러한 융합연구의 시도가 이루어지고, 우리 연구진과 같은 보람을 공유할 수 있다면 좋겠다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Parametric Modeling Methodology for Roof Components of the Traditional Korean House with Focus on Chu-nyeo, Gal-mo-san-bang, and Seon-ja-yeon<br>· Design Integrated Parametric Modeling Methodology for Han-ok<br>· 한옥의 조형원리를 반영한 파라메틀릭 모델링 방법론 |
| 지식재산권 | · 파라메트릭 디스크립션 방법<br>· 한옥 BIM 모델링 자동화 모듈<br>· 파라메트릭 구동에 의한 한옥 지붕 부재의 모델링 방법 |
| 기술이전 | · 파라메트릭 구동에 의한 한옥부재의 모델링 방법 |
| 표창 | · 제47회 과학의날 미래창조과학부장관 표창 |

World Class R&D
세계 일류기술 | 철도기술연구사업

# ICT 기술 융합으로 고속열차의 위치를 정확하게 검지한다

## 400km/h급 고정밀 철도 위치검지 기술개발




**연구책임자** 이 재 호
**소 속 기 관** 한국철도기술연구원
**이 메 일** prolee@krri.re.kr
**전 화 번 호** 031-460-5436
**연 구 기 간** 2013.05~2016.12

**연 구 진**
이재호(한국철도기술연구원), 유일선(한국철도시설공단)
안일엽(전자부품연구원), 이승원((주)썬웨이브텍)
박경철((주)티엘씨테크놀로지), 지정근(유경제어(주))
하동수(한국과학기술원)




『국가철도망 구축계획(2011~2020)』에 따라 철도 선로용량 증대 및 유지보수 효율성 향상을 위해 보다 정밀한 철도 위치정보 요구가 증대하고 있다. 또한, 기존 철도차량 위치검지는 열차 위치정보가 제한적이고 정밀도가 낮아 유지보수에 장시간이 소요되어 신속대응이 곤란했다. 본 연구에서는 철도위치 정보의 정확성과 활용성 증대가 가능하도록 차상중심 위치검지 시스템 개발 및 성능평가를 통한 실용화 핵심기술 구현에 목표를 두고 연구를 진행하고 있다.

현재 유지보수용 철도차량의 주기적인 점검운행을 통해 철도 인프라 시설의 이상 유무를 파악하고 있으나, 선로상 이상 지점의 확인은 유지보수 작업자에 의한 기준선로거리정보(KP:Kilometer Post)의 직접적인 확인 또는 철도차량 차륜센서를 이용한 확인만 가능한 상황이다. 이에 따라 선로상 이상 지점의 위치검지 정확도 개선을 통한 유지보수 효율성 향상에 대한 필요성이 대두되고 있다. 특히, 국가연구개발사업을 통해 개발 중인 고속종합검측차량을 300km/h 이상의 고속환경에서 운영하기 위해서는 고정밀 철도 위치검지 기술의 개발이 필수적이다. 철도 인프라 시설의 각종 이상 유무 검측정보에 대한 검측위치 정확도 향상은 기존의 유지보수작업 대비 적재적소의 유지보수작업을 가능하게 하며, 이를 통해 유지보수 효율성 향상과 철도시스템의 운영효율성 개선을 기대할 수 있다.




〈HEMU-430X에 탑재된 위치검지정보 융합처리장치〉



〈트랜스폰더 시스템 고속시험 지그〉

열차위치검지시스템은 400km/h의 고속이동 환경에서 ±1m 수준의 고정밀 위치정보를 제공하기 위하여 절대위치검지 기술(GPS, 트랜스폰더 시스템) 및 상대위치검지 기술(관성센서, 차륜센서)을 융·복합하여 철도환경에 적합하도록 개발하였으며, HEMU-430X 탑재시험을 통해 호남 고속선에서 성능평가를 수행중에 있다. 또한, 철도환경에서 정확하고 안정적인 열차의 위치검지를 위해 각 위치검지기술의 실차 데이터 분석을 통한 위치센서의 오차저감 및 철도교통용 위치검지 알고리즘 연구를 수행하고 있다.

철도교통용 트랜스폰더 시스템은 기존 상용제품 대비 크기와 가격을 낮추기 위하여 저전력, 고속인식 신호처리 기술 및 내환경성 품질강화 설계기술을 개발하였다. 실험실 환경에서 실제 열차와 유사한 속도로 트랜스폰더 시스템 고속 인식 테스트를 수행하기 위해 고속시험 지그를 개발하였으며, 철도환경 적용성을 검증하기 위하여 HEMU-430X를 시험열차로 활용하여 호남 고속선에서 실차 테스트를 수행하였다. 또한, 트랜스폰더 시스템의 안전성을 확보하기 위하여, 철도시스템에 대한 안전성 평가기준인 IEC62278, IEC62279 및 IEC62425 규격에 명시된 수명 주기별 안전성 활동을 수행하고, 독립안전성평가기관을 통해 독립안전성평가를 수행하고 있다.

향후, 열차위치검지시스템을 고속 및 일반 검측차량에 우선 적용하고 선로, 전기, 신호, 통신 등 각종 철도시설물 검측설비와 연계함으로써 검측지점에 대한 검측정확도 향상 및 유지보수 효율성 개선을 도모할 수 있다. 트랜스폰더의 품질안전 인증으로 열차제어 적용시 안전성을 확보할 수 있으며, 유지보수 시간단축에 의한 유지보수 예산 절감율 5% 가정 시 총 244억원 절감이 가능하다.


〈트랜스폰더 리더〉


〈트랜스폰더 태그〉


〈트랜스폰더 프로그래머〉



## 연구진 한마디



위치검지정보 융합처리장치 및 트랜스폰더 시스템은 고속철도 선로 변에 설치된 가선, 궤도회로 등의 지상 전기/신호설비 및 열차에 설치된 차상 전기/신호장비로부터 발생하는 전자기 간섭의 영향을 받으며, 위치검지센서 중 하나인 관성센서의 경우 고속 주행 시 발생하는 차량의 진동에 의해 영향을 받기 때문에, 개발 과정에서 실차 성능 검증이 필수적으로 요구됩니다. 실차 성능 검증을 위한 성능평가 인프라를 호남고속선에 구축하기 위하여 정읍-익산 사이 28km 구간을 직접 걸으며 트랜스폰더 태그를 설치하고, HEMU-430X를 활용하여 주야간에 실차 테스트를 수행하였습니다. KTX 등 영업열차의 운행이 종료된 후 야간에 실차 테스트를 수행하기 위하여 밤을 함께 지새웠던 동료들에게 감사하고, 시작품들이 실차 환경에서 정상적으로 동작하는 것을 확인하였을 때의 성취감이 기억에 남습니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Design of FFT-Based TDCC for GNSS Acquisition<br>· High-speed Train Navigation System based on Multi-sensor Data Fusion and Map Matching Algorithm<br>· Vehicular Cooperative Navigation Based on H-SPAWN Using GNSS, Vision, and Radar Sensors<br>· 열차위치검지 시스템을 위한 관성센서 데이터 분석 연구<br>· 철도교통 트랜스폰더 태그의 선로변 설치를 위한 내환경성 연구 |
| 지식재산권 | · 이동 태그를 검지하는 시험 장치(10-1488295)<br>· 선로에 설치된 트랜스폰더의 상태를 파악하는 시스템 및 그 방법(10-2014-0019929) |

World Class R&D
세계 일류기술 I 교통물류연구사업



# 자동 도로조사 및 안전점검 차량 '아라서'

## 알아서 도로정보를 분석하는 '아라서'



**연구책임자** 윤 덕 근
**소 속 기 관** 한국건설기술연구원
**이 메 일** dkyun@kict.re.kr
**전 화 번 호** 031-910-0159
**연 구 기 간** 2010.12~2012.12

**연 구 진**
성정곤, 박재홍(한국건설기술연구원)
이수범, 임준범(서울시립대학교)
김현진(교통안전공단)
정철기, 이진각, 김현호(로드코리아)
문희창(언맨드솔루션)

연간 점검할 수 있는 도로의 연장은 극히 제한적이며, 도로교통 안전진단이나 도로 안전점검 시 조사항목과 평가항목이 많아 전문가들이 일일이 현장에 나가 점검하고 있는 실정이다. 많은 지방도로는 도면이 없어 측량 작업을 선행한 후 평가를 수행하는 어려움이 존재한다.  이에 한국건설기술연구원에서는 신속하게 도로의 정보를 수집하고 수집된 정보를 이용하여 도로의 잠재적 위험요소를 판단할 수 있는 도로안전점검 차량인 아라서(ARASEO, Automated Road Analysis and Safety Evaluation Tool)를 개발하였다.

연간 약 5천명의 사망자가 발생하는 교통사고 줄이기는 국가적으로도 중대한 관심사로써, 이명박 정부 당시 2009년을 교통사고 줄이기 원년의 해로 선포한 이래 우리나라는 도로 환경 측면, 운전자 측면, 차량 측면 등 다각도로 교통사고 줄이기를 추진해왔다. 이에 국토교통부는 주로 교통사고가 발생한 지점들에 대하여 위험도로개선사업, 사고 잦은 곳 개선사업, 도로교통안전진단, 도로안전점검 등의 사업을 매년 수행하고 있다. 한편, 국내외 도로를 이동하며 도로의 정보를 신속하게 수집하기 위한 기술은 존재한다. 이러한 기술은 이동측량시스템(Mobile Mapping System)이라 하여 주로 도시모델링, 도로 영상정보 수집, 도로 포장정보 수집 등 여러 분야에서 활용되고 있으나, 도로안전에 적용하여 활용하고자 하는 시도는 전 세계적으로 사례가 거의 없어 동 성과가 세계 최초라고 볼 수 있다.
도로교통 안전점검 장비(ARASEO)는 부위별로 장착된 센서로부터 다양한 정보를 수집하며, 이를 수집된 단순 텍스트 형태의 자료를 로 활용하여 도로관리 및 안전점검에 필요한 정보로 가공할 수 있는 기술을 확보하였을 뿐 아니라 도면화 및 안전성 분석을 성공적으로 수행하게 하였다.

| 장비명 | 기존 기술 | | 동 성과 개발 기술 |
|---|---|---|---|
| | HAWK EYE | ARAN | ARASEO |
| 제조사(국명) | ARRB(호주) | Roadware(캐나다) | 건설연(한국) 등 |
| 활용사례 | 시설물 조사용<br>안전점검에 활용 | 주로 포장 조사용 | 안전점검 가능 |
| 선형 분석 | 선형 자동분석 불가<br>주행궤적만 표출 가능 | 선형 자동분석 불가,<br>주행궤적만 표출 가능 | 선형(평면, 종단, 편경사)<br>자동분석 가능 |
| 도로 도면화 기능 | 없음 | 없음 | 있음 |
| 도로 시설물 | 사진만 촬영 | 사진만 촬영 | 시설물 자동인식,<br>표지종류 위치 측정 가능 |
| 포장상태/<br>노면온도/<br>노면마찰력 | 평탄성/소성변형 | 평탄성/소성변형 | 평탄성/소성변형<br>노면온도/노면마찰력<br>물고임 여부 가능 |
| 도로안전성 분석 | 분석자 판단 | 분석자 판단 | 안전성 자동분석과 결과<br>표출 및 보고서 출력 가능 |
| 가격 | 6억('09 ~ '10년 가격) | 10억 | 6억 |

〈기존 기술과 ARESEO 비교〉

도로교통 안전점검 장비(ARASEO)는 부위별로 장착된 센서로부터 다양한 정보를 수집하며, 이를 수집된 단순 텍스트 형태의 자료를 활용하여 도로관리 및 안전점검에 필요한 정보로 가공할 수 있는 기술을 확보하였을 뿐 아니라 도면화 및 안전성 분석을 성공적으로 수행하게 하였다. 동 성과는 이동측량 차량시스템을 도로분야에 적용하여 도면화 및 안전성 분석을 성공적으로 수행하게 하였다. 장비를 이용한 자동 도로 분석 및 안전성 분석은 선진국 대비 100% 이상의 기술력도 확보하였다. 안전 점검 측면에서는 기존 전문가가 장비 없이 현장에서 안전점검을 수행한 경우 100km 구간에 2인 분석 시 30일이 소요된 반면, 동 성과는 분석 기간을 1주일로 단축하였다. 전통적인 측량의 경우 동 성과에 비해 더 많은 정보를 수집하긴 하여도 10km 도면 작성에 최소 2주, 약 2,000만원 이상을 소요하는 반면, 동 성과는 도로관리 및 안전점검에 필요한 정보만을 추출하여 2일에 400만원으로 비용을 약 20% 수준으로 절감하였다. 인건비 측면에서도 기존 기술이 3,500km 안전점검 수행 시 연간 인건비가 약 2.1억원 소요되나, 개발기술은 5,250만원 수준으로 75%의 절감 효과가 있을 것으로 기대되며, 10년간 조사인력 및 장비 비용은 약 9.4억원으로 36%의 비용이 절감된다.




〈ARASEO 차체 부위별 기능〉

1 : 카메라 및 레이저를 이용하여 도로 시설물 영상 수집, 자동 차로 폭 정보 수집, 도로 폭 정보 수집
2 : GPS 및 차량 자세 정보를 수집할 수 있는 센서 INS를 이용하여 도로의 선형 정보 수집
3, 5 : 레이저 센서와 적외선 카메라를 이용하여 도로의 소성변형 및 물고임을 예측
4 : 레이저 스캐너를 이용하여 도로 폭 및 가드레일, 중앙분리대 여부 판단
6 : 레이저와 적외선 센서를 이용하여 노면온도와 노면 거칠기를 계측하여 동절기 노면 결빙 예상 구역 판단



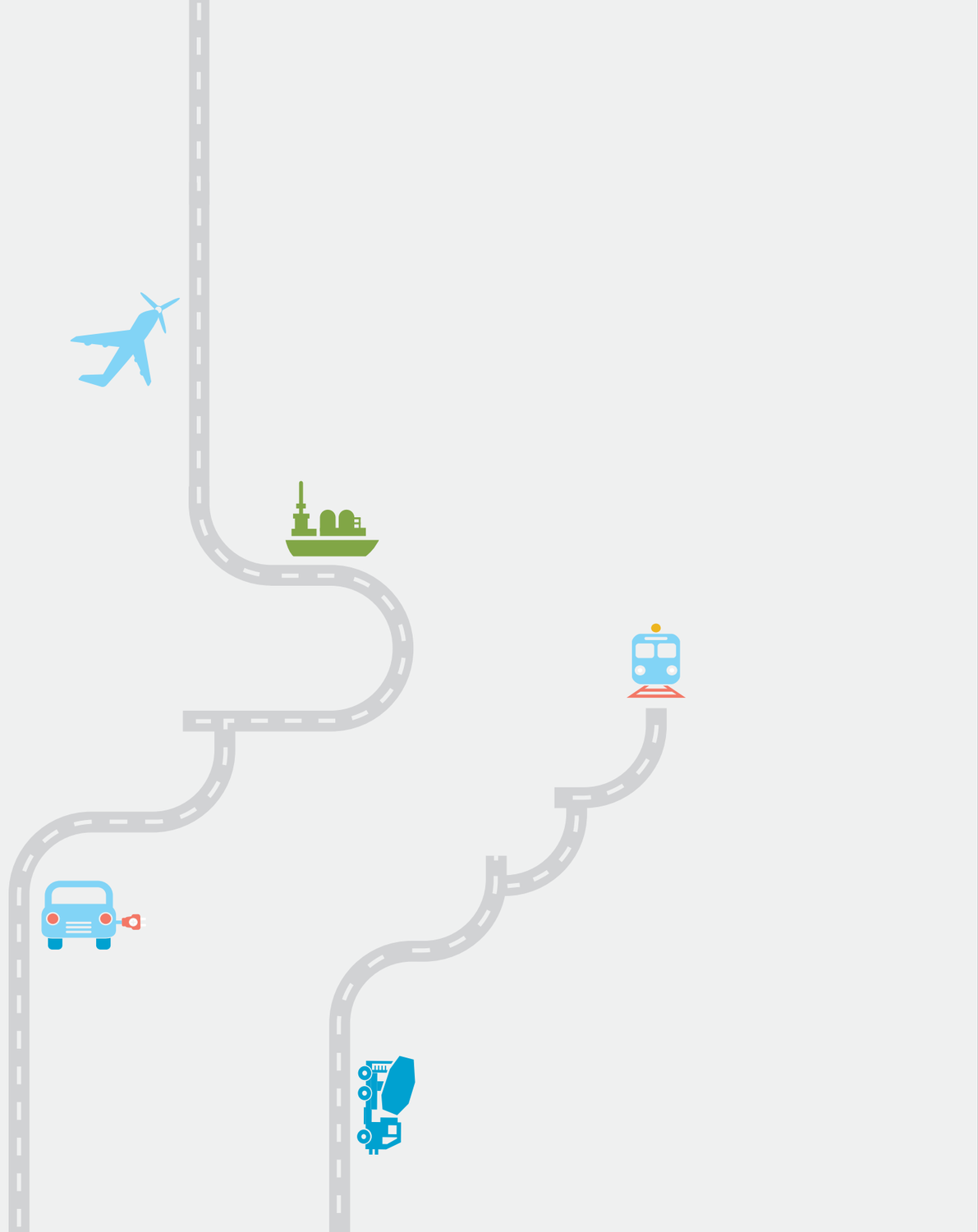
## 연구진 한마디



본 개발 장비의 이름은 '아라서'입니다. 당초 연구진들끼리 모여서 장비의 이름을 작명하는데 우리의 기술을 잘 표현하면서도, 무엇인가 사람들에게 쉽고, 친숙하게 다가갈 수 있도록 노력을 하였습니다. 동 연구의 목적은 도로의 정보를 자동으로 수집하고 분석할 수 있는 기술을 확보하여, 도로를 조사하는 차량과 분석 프로그램이 사람의 개입을 최소화하고 '알아서' 도로를 조사하고 분석할 수 있는 시스템을 만드는 것이 목적이었습니다. 장비의 이름을 '알아서'로 했으면 좋겠다는 의견이 제시되었으나, 우리 기술을 좀 더 돋보이게 하면서도 세계시장에서도 통용될 수 있도록 영문화하기에 용이한 이름이 필요 하였습니다. 이때부터 '알아서'와 발음이 유사한 '아라서'를 기본으로 작명을 시작하여, '자동으로 도로를 분석하고 안전을 평가할 수 있는 툴(Automated Road Analysis and Safety Evaluation Tool)'의 앞의 이니셜을 딴 ARASEO가 탄생하게 되었습니다. 현재 '아라서'의 장비는 공공기관에 무상이전으로 활용되고 있으며 민간 기술이전을 통해 새로운 시장을 개척하고 있습니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · Development and Identification Algorithm for Horizontal Alignment using Attitude and Positional Data of Vehicle |
| 지식재산권 | · 실측자료를 이용한 도로 자동 도면화 방법 |
| 기술이전 | · '도로 조사 차량을 이용하여 도로 및 시설물 정보를 수집, 자동으로 분석하고 도면화 하는 기술', 로드코리아, 고정 50,000천원, 경상 4% |





# 핵심기술 자립화
# Core R&D

국토교통R&D는 기존에 국외에서 수입하던 핵심기술을 국산화하여 주요 기술의 국외 의존도를 낮추고 국내 기술 수준을 향상시키고 있습니다. 이를 통해 국외 기술 수입료를 절감할 뿐 아니라, 향후 세계 시장을 선도할 수 있는 기술 기반을 마련하여 국가 경쟁력을 향상시키는 데에 이바지하였습니다. 더 나은 미래를 위한 국토교통 기술의 자생화, 국토교통R&D가 이루어 가겠습니다.

Core R&D

핵심기술 자립화 I 철도기술연구사업

# 초고속 네트워크 구축을 통한 이용자 편리성 향상과 이동시간 단축

## 대륙횡단의 꿈을 실현시켜주는 초고속 자기부상철도 기술




연구책임자 한 영 재
소 속 기 관 한국철도기술연구원
이 메 일 yjhan@krri.re.kr
전 화 번 호 031-460-5614
연 구 기 간 2011.12~2015.03

연 구 진
한영재, 조정민, 이진호 외(이상 한국철도기술연구원)
한형석, 김창현, 하창완 외(이상 한국기계연구원)
정남철, 유감두, 김 훈 외(이상 한국철도시설공단)
이은규, 이영호, 윤일로 외(이상 우진산전)


지구온난화 및 원유 공급 감소 또는 고갈로 에너지 효율성이 높고 저탄소 녹색성장을 주도할 수 있는 철도산업에 대한 관심이 고조되고 있다. 최근 기상이변에 따른 폭우, 폭설, 지진, 태풍등과 같은 악천후에도 지속적으로 운행이 가능한 새로운 교통수단에 대한 필요성이 증가하고 있다. 동 연구성과는 리니어 추진시스템 설계/제어 요소기술 및 툴을 확보하고, 선진국 주도의 리니어 추진 시스템 기술 종속 탈피 및 독자적 기술을 확보하여 초고속 자기부상철도 기술을 국내 기술로 개발하는 데 성공하였다.

현재 초고속 자기부상열차는 상용화 시대 개막 및 상용화 준비 단계에 있다. 2004년 1월 중국 상하이 30km 노선 개통(영업최고속도 : 시속 450km)을 시작으로 2007년부터 일본의 상용화 차량 모델 개발 및 상용화 차량 시험을 위한 야마나시 시험선을 확장하는 등 실용화 또는 실용화를 위한 국외 활동이 증가되고 있다. 일본에서는 동경과 나고야 구간을 연결하는 추오신간선을 초고속 자기부상철도로 운행하기로 결정한 후, 현재까지 42.8km를 연결한 상태이다. 국내에서는 국가기간교통망 계획 및 국가철도망계획구축에 맞추어 개방 및 다핵연계형 국토구조 형성을 위한 종합기간 교통망 구축, 합리적인 수송분담과 연계를 통한 통합교통체계 구축, 반일생활권의 국가기간교통망 구축 및 자립형 지역발전 지원을 위한 교통체계를 구축하고 있다.



〈차량 정면도〉



〈차량 측면도〉

초고속 자기부상 차량은 전체 시스템의 가장 중요한 서브 시스템 중의 하나이다. 이번 연구를 통해, 국내 최초로 실규모급의 차량에 대한 부상과 안내기술을 확보하였다. 참고로, 초고속 자기부상열차의 부상/안내/제동시스템은 주행 중 차량의 부상/안내/제동에 필요한 힘을 전자기력을 이용하여 생성해주는 시스템이다. 모든 시스템은 전자기력을 이용하므로 가이드레일과 비접촉으로 동작되는 것이 특징이다. 대용량 선형동기모터를 국내 최초로 개발하고, 이를 제어하기 위한 컨버터, 인버터 등을 설계, 제작 및 시험할 수 있는 기술을 보유하게 되었다. 또한, 국내 최초로 IEC61850 기반의 전력감시장치를 구축하였다. 이를 통해 실시간으로 각종 전기장치의 상태를 모니터링하고 제어할 수 있게 되었다. 이를 통해 550km/h 속도로 높이기 위한 핵심기술들을 대부분 확보하게 되었다.

초고속 자기부상철도는 추진, 전력, 차량 등의 여러 서브시스템들로 구성되어있다. 각 구성품에 대한 성능시험과 조합시험이 끝난 후에 오송기지에서 종합시운전 시험을 수행하였다. 이를 위해 국내 최초로 실규모 단거리 시험선을 구축하였다. 검수고에서는 차량에 대한 전반적인 점검을 수행할 수 있도록 되어 있으며, 가이드웨이는 초고속 자기부상 차량의 하중을 지지하여 지반까지 안전하게 전달할 수 있는 조건을 충분히 만족할 수 있는 강도를 가지도록 설계 및 제작되었다.

본 연구성과를 통해 리니어 추진시스템 설계/제어 요소 기술 및 툴을 확보하고, 선진국 주도의 리니어 추진 시스템 기술 종속 탈피하고 독자적 기술을 확보하게 되었다. 초고속 자기부상열차 가이드웨이의 요구조건 및 설계기준 정립에 활용되어 가이드웨이 경제성 제고에 기여할 것으로 기대된다. 과다 설계에 따른 시공비 증가를 억제함으로써 건설비 대비 약 20% 절감이 가능할 것으로 추정된다. 또한, 친환경 미래 신교통 시스템 구축을 위한 기반 기술을 확보하고, 철도 교통분야 미래 신성장동력을 창출할 수 있게 되었다.

동 성과에서 친환경 미래 신교통 시스템 구축을 위한 기반 기술을 확보하고, 철도 교통분야 미래 신성장동력을 창출할 수 있게 되었다. 미래형 교통수단에 대한 일본, 독일, 미국 등 선진국과 강력한 후발주자인 중국의 기술선점 및 특허장벽을 극복하고, 국내 원천기술의 개발에 따른 국제표준화 기여 및 해외시장을 선점할 수 있게 되었다.



〈단거리 시험선〉



〈에너지 저장장치〉



## 연구진 한마디



독일, 일본 등의 초고속 자기부상철도 기술을 보유하고 있는 국가에서 극도의 보안을 유지하고 있는 기술을 개발하는 사업이므로 실제 기술개발에 애로사항이 많았다. 국내 최초로 LSM단품을 제작한 후에 공장에서 처음 시험을 할 때, 제작된 시험지그가 휘면서 시험이 실패할 때는 모두 연구개발이 쉽지 않다는 생각을 하였다. 두 번의 실패 후, 시험지그를 새로 제작한 후에 다시 시험하여 기준값 이상의 토크가 나왔을 때는 함께 파이팅을 외치며 기뻐하였다.
사업 초기에는 LSM에 대전류가 흐르기 때문에, 위치검지시스템에 노이즈가 발생하여 정상적인 위치정보 파악이 힘들지 않을까? 라는 의견들이 많았다. 그러나, 실제 사업 추진시에는 PWM 컨버터의 안정화와 부상시스템의 안정화에 많은 시간과 연구인력을 투입하였다. 또한, 150m 단거리 시험선의 한계로 인해 충돌의 위험성이 높기 때문에, 최고속도를 달성하는데 많은 고생을 하였다. 우리 손으로 만든 초고속열차가 한반도를 넘어 대륙을 횡단하는 날이 오기를 기대해본다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · A Study on the Sensor Applications for Position Detection and Guideway Monitoring in High Speed Maglev<br>· Design of Position Estimator for Propulsion Inverter Driving Long Stator LSM in High Speed Maglev<br>· 초고속 자기부상철도 기술개발 동향조사 및 분석<br>· 위치신호 보상 및 추정을 통한 초고속 자기부상철도 추력 성능 향상<br>· 초고속 자기부상열차용 LSM 설계 및 추력 측정 시험 |
| 지식재산권 | · LS-LSM 기반 자기부상열차의 추진인버터 위상제어를 위한 차량위치 추정장치<br>· 자기부상시스템의 위치센서와 가속도센서를 이용한 실시간 궤도상태 모니터링장치<br>· 자기부상열차의 자기부상시스템 제어신호를 이용한 실시간 궤도 상태 추정 기술 발명<br>· 단차부가 형성된 콘크리트 거더와 마운팅부재를 구비한 가이드웨이 구조물 및 그 시공 방법<br>· 초고속 자기부상철도 궤도 상태 검측 장치 |

Core R&D

핵심기술 자립화 I 항공안전기술개발사업

# 레이더보다 더 정확하고 실시간으로 항공기의 위치를 탐지할 수 있는 차세대 항공기 위치탐지 시스템

## 항공감시용 ADS-B 핵심기술개발

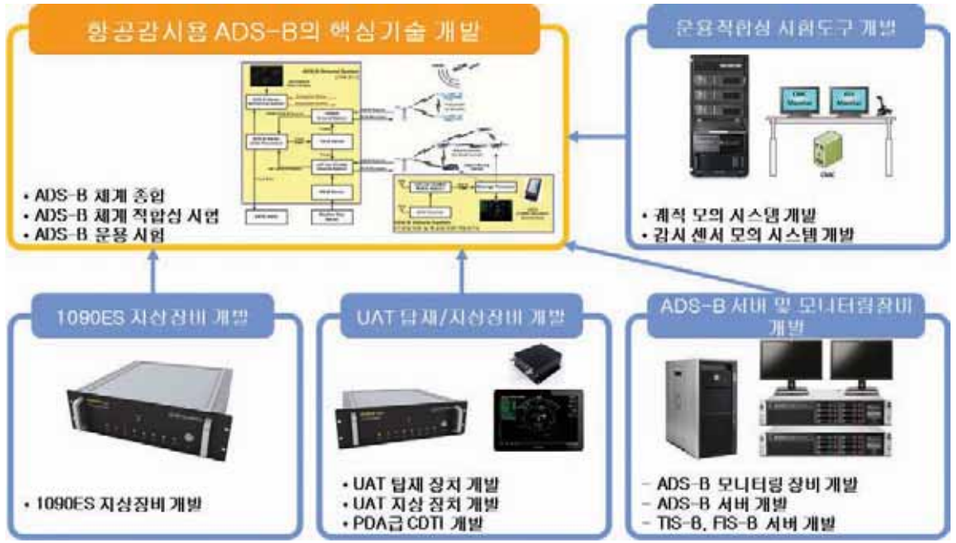



**연구책임자** 한 상 현
**소 속 기 관** AP우주항공(주)
**이 메 일** hansfrog@apspace.co.kr
**전 화 번 호** 02-2026-7819
**연 구 기 간** 2010.09~2014.09

**연 구 진**
염재흥(AP우주항공)
염찬홍, 김서원, 전대근(KARI)
양현배(KAC)
윤완오(인하대학교)
정진하(아이엔텍)


항공 교통량 증가에 따라 기존 레이더만으로는 항공교통관제의 한계점에 이를 것으로 예측됨에 따라, 기존 레이더의 감시 성능을 극복하고 이를 보완하기 위해 연구를 수행하였다. 동 성과는 차세대 항공기 위치탐지시스템 원천기술 확보 및 국제 기술기준에 적합한 시스템을 개발하여, ICAO에서 권고하는 국제 표준 데이터링크 기술 개발에 성공하였다.

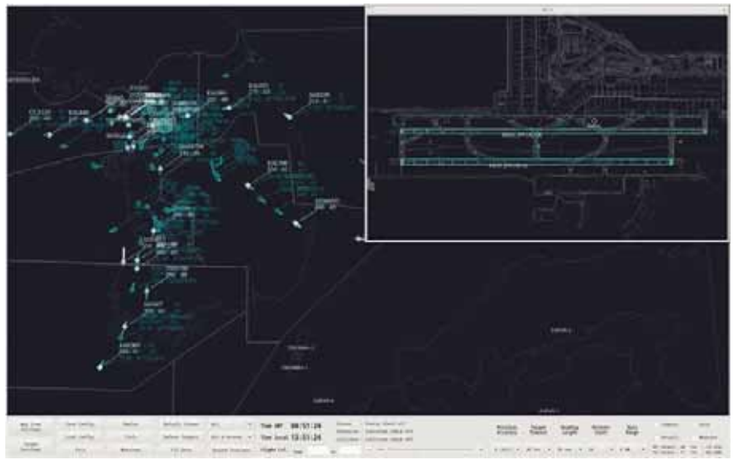
국내 ADS-B 시스템 구축 시, 외국에서 도입된 장비로 구축한다면 해외 구매에 따른 기술 종속, 시스템 도입 비용 과다 지출, 운용/유지비 증가, 국제기준변경에 따른 수정/보완 등의 문제가 발생하며 차세대 항공관제시스템과의 통합 필요 발생 시 해외에 전적으로 의존하여야 하는 문제점이 있다. 이를 극복하기 위해, ADS-B 시스템의 국산화에 대한 국가적 필요가 제기되어 왔으며, 동 성과는 항공기 위치탐지기술의 국산화를 통해 국내 공항 및 항공로상에 항공감시시스템에 국산장비를 구축할 수 있는 성과이다. 항공감시용 ADS-B 시스템은 무선 데이터링크를 통하여 자동으로 항공기의 정밀 위치, 속도, 고도, 상태 정보와 항공기 식별부호 등을 1초 간격으로 방송하는 시스템이다. 항공 교통량 증가에 따라 기존 레이더만으로는 항공교통관제에 한계점에 이를 것으로 예측됨에 따라, 기존 레이더의 감시 성능을 극복하고 이를 보완하기 위해 차세대 항공감시 시스템의 활용이 적극 필요하다. 항공기의 식별부호, 위치, 속도, 방향 등의 데이터를 주기적으로 알려주는 ADS-B는 항공기 조종사 및 관제사들에게 탁월한 업무환경을 제공하여 지속적으로 증가하는 항공교통량 처리에 효율성을 더하는 동시에 산악이나 장애물 등의 저고도 비행에도 최적의 효과를 발휘해, 항공안전확보에 기여하게 된다.




〈ADS-B 지상국 시스템 시제품〉

국제민간항공기구(ICAO)를 중심으로 선진 항공국가들은 디지털 기술과 인공위성 기술을 기반으로 하는 위성항행시스템(CNS/ATM) 개발 및 실용화 추진 중이다. 선진국은 ADS-B 지상국 시스템을 상용화하여 구축을 완료하였고 ADS-B 의무화 시점에 맞춰 사전 운용시험을 개시하고 있다. 미국은 2020년 1월부터 ADS-B(1090ES, UAT) 장착 의무화(2014년 3월 기준, 573개 무선국 설치)가 실현되었으며 유럽 역시 2015년 1월부터 ADS-B 탑재를 의무화하고 있다.

동 성과는 차세대 항공기 위치탐지기술을 활용하여 기존 레이더로 감시가 어려운 저고도 운항 항공기를 원활한 감시를 가능케 하며, 레이더의 위치정보 갱신율은 5 ~ 12초인 것에 비해 ADS-B 시스템의 위치정보 갱신율은 1초 간격으로 감시 기능이 더욱 강화되었다. 한편 국산화를 통해 향후 해외 수출을 추진할 수 있을 것으로 기대되어 외화 획득 등 고부가가치 산업 창출에 기여할 수 있다.



〈항공교통정보 현시화면〉





〈항공감시용 ADS-B 테스트베드〉



## 연구진 한마디




위성항행시스템의 새로운 기술변화 추세에 맞춰 현행 레이더보다 항공기 감시 성능이 뛰어난 차세대 감시시스템인 ADS-B 시스템 개발 착수를 시작한지도 어느덧 5년의 시간이 흘렀습니다. 2010년 9월 ADS-B 연구개발 사업을 착수하여, 2012년 12월 ADS-B 시제품 개발에 성공하여 ADS-B가 탑재된 항공기로부터 데이터를 수신할 수 있는 결실을 맺었습니다. 국제 기술기준인 ICAO, RTCA, EUROCAE를 만족하기 위해 현장에서 많은 어려움을 겪었으며, 우여곡절 끝에 김포공항('13년 8월) 내에 테스트베드를 구축하게 되었습니다. 2013년 9월부터는 김포공항과 한서대 태안비행장에 테스트베드 시설을 구축하여 국제기술기준에 근거한 비행시험 및 운용시험을 수행하면서 ADS-B 원천기술 확보에 성공하였습니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| **지식재산권** | · 무선통신 시스템에서 피크 클리핑 방법 |
| **사업화매출액** | · 한국항공우주연구원 고흥항공센터에 UAT 지상장비 구축(1억 6,400만원) |

Core R&D

핵심기술 자립화 I 건설기술연구사업

# 교량의 실시간 움직임을 ±10mm까지 정밀하게 분석할 수 있는 기술 개발

## 범지구 위성항법시스템(GNSS)기반 케이블교량 모니터링 기술




**연구책임자** 남 순 성
**소 속 기 관** (주)이제이텍
**이 메 일** ssnam@ejtech.net
**전 화 번 호** 031- 711 - 4880
**연 구 기 간** 2009.11~2013.03

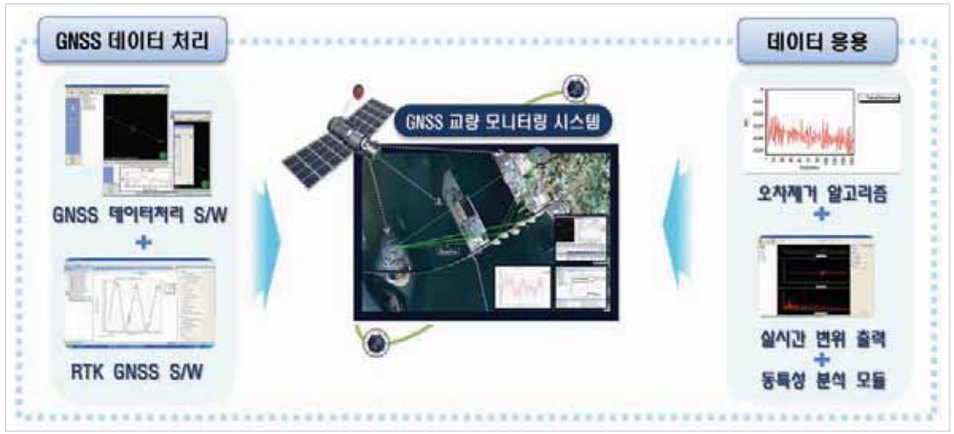
**연 구 진**
문대중, 김원, 권형석, 임관혁, 정지원
정진우(이상 (주)이제이텍)


안정적인 절대변위 측정을 통한 교량의 형상관리 및 동특성 분석이 가능한 3방향 절대 변위 계측 센서 및 이를 활용하여 기상 영향을 많이 받는 기존 센서의 한계를 극복한 GNSS 기반 케이블교량 모니터링 기술을 개발하였다.

사장교, 현수교와 같은 케이블 교량의 장경화에 따라 기상의 영향, 관측점 확보의 어려움, 상대변위 측정 등 기존 변위 모니터링 기술이 가지는 한계점을 해결하기 위한 노력이 증대되고 있다. 기존 변위 계측센서로 사용되어 온 레이저 기반 센서들은 가시거리 확보, 타깃과의 거리, 기상 영향으로 인해 장대 케이블 교량의 경우 한계점이 발생하며, 타 센서를 이용한 우회적인 변위 계측 방식은 변환 함수식 및 잘못된 센서 설치에 의한 오차가 크게 발생하는 문제점이 있다. 이와 같이 교량이 장대화 되고 구조물이 복잡해질수록 측정 지점의 환경 조건에 상관없는 3방향 절대 변위 계측 센서 및 이를 활용한 모니터링 시스템이 필요한 실정이다.

국내의 경우,『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에 의거하여 사장교, 현수교 등과 같은 특수교량에 상시 유지관리를 위한 모니터링 시스템을 구축하여 운영 중에 있다. 이와 관련된 정책으로는 2007년 건설교통부에서 발간한 특수교 유지관리 매뉴얼이 배포되어 있는 실정이며, 2014년 특수교에 대한 효율적인 관리를 위하여 한국시설안전관리공단에서 연구용역을 진행하여 법령화를 준비하고 있는 실정이다. 해외의 경우, NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)를 통해 교량의 점검 및 평가를 실시하여 운영·관리하고 있다.

사장교, 현수교와 같은 케이블교량의 장경화에 따라 기상의 영향, 관측점 확보의 어려움으로 교량 모니터링 시스템의 필요성이 부가되고 있으나 상대변위 측정 등 기존 교량 모니터링에서 변위 계측센서로 사용되어 온 레이저 기반 센서들은 가시거리 확보, 타깃과의 거리, 기상 영향으로 인해 장대 케이블 교량 모니터링에 한계점 있고, 타 센서를 이용한 우회적인 변위 계측 방식은 변환 함수식 및 잘못된 센서 설치에 의한 오차가 크게 발생하는 한계점이 있어 측정 지점의 환경 조건에 상관없는 3방향 절대 변위 계측 센서 및 이를 활용한 교량 모니터링 시스템을 개발하였다.




〈GNSS 기반 케이블 교량 모니터링 시스템〉

GNSS 기반 케이블교량 모니터링 기술은 기상 영향을 많이 받는 기존 센서의 한계를 극복하여 안정적인 절대변위 측정을 통한 교량의 형상관리 및 동특성 분석이 가능하다는 장점이 있다. 장대 교량의 안정성과 사용성을 합리적으로 확보하고 유지 관리하기 위해서는 구조 반응들을 주기적으로 평가할 필요가 있으므로 토목 구조물의 안정성과 사용성을 평가하기 위한 GNSS (Global Navigation Satellite System) 기반의 교량 거동 모니터링 시스템을 개발하였다. 또한, 교량의 특정 개소에 GNSS 계측기를 설치하여 3차원 변위를 측정하며, 교량 변위 거동 모니터링 및 동특성 분석이 가능하여 교량의 실시간 움직임을 ±10mm까지 정밀하게 분석할 수 있는 기술을 개발하였다.

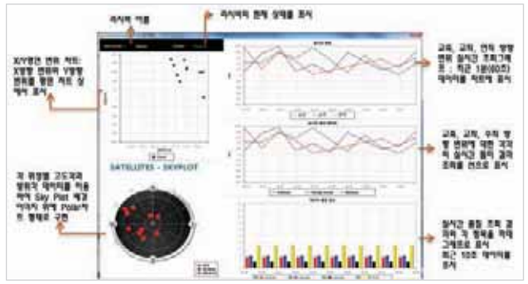
GNSS 기반 케이블교량 모니터링 시스템은 구조물의 변위 뿐만 아니라 가속도, 동특성 및 형상관리가 가능한 시스템으로 기존 교량 계측 시스템에서 사용하던 경사계, 가속도계 및 레이저 변위계 등을 대체할 수 있으며, 3경간 현수교를 대상으로 구축비용을 산정 시 기존 대비 약 39% 가량 절감할 수 있으며 장기적 교량 유지관리 비용 절감 뿐만 아니라 케이블교량의 유지관리 시장 진출 및 GNSS를 활용한 차세대 모니터링 시장 선점이 가능할 것으로 기대될 뿐만 아니라 초고층 건물, 댐 등 교량 이외 타 구조물에 변위 거동 모니터링 및 동특성 분석 등에 활용이 기대된다.

| | 현재 기술 | 개발 기술 |
|---|---|---|
| 개선 내용 | ○ 데이터 샘플링 : 최대 20Hz<br>○ 분석 범위 : 변위<br>○ 미들웨어 사용여부 : 필요<br>○ 필요 서버 PC : 2대<br>○ 교량 형상관리 : 불가능 | ○ 데이터 샘플링 : 최대 50Hz<br>○ 분석 범위 : 변위, 가속도, 동특성 분석<br>○ 미들웨어 사용여부 : 불필요<br>○ 필요 서버 PC : 1대<br>○ 교량 형상관리 : 가능 |
| 구축 비용 | ① 416,265,425 원 | ② 252,140,517 원 |
| 절감액 | ① – ② 164,124,908 원 (절감율 : 39.43%) | |

〈기존 계측 시스템과 개발 GNSS간 구축 비용 비교(3경간 현수교 예시)〉



〈GNSS 운영 SW 메인 화면〉



〈데이터 조회 모듈〉



## 연구진 한마디



일신우일신(日新又日新)하는 미래 창조적 마인드를 갖자!
불꽃축제 시 타상연화로 인한 교량 안전성을 평가하고자 하였을 때 국내는 물론 해외에서도 이와 같은 사례가 전무한 실정이여서 실마리를 찾고자 여러 대학 교수님의 자문을 얻고 연구원들의 아이디어를 제안하면서 우리 개인들의 능력은 점차 향상되었으며, 꾸준하고 지속적으로 고민하고 생각하는 자만이 열매를 얻을 수 있다는 것을 연구원들을 보면서 다시 한 번 느끼게 되었다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 동특성 분석기능을 포함한 통합형 GNSS 기반 교량 모니터링 방법 |
| 기술이전 | · (주)이제이텍, 169,260,000원 |
| 사업화 | · 말레이시아 제2페낭대교 교량 및 도로구조물 계측시스템 구축사업 12,000,000,000원 |

Core R&D

핵심기술 자립화 I 항공안전기술개발사업

# 민 · 군 공동활용이 가능한 중대형 항공기 다이나모 장비 구축

## 중대형 항공기 제동장치 정밀시험장비(Dynamometer) 국산화



**연구책임자** 김 정 일
**소 속 기 관** (주)데크카본
**이 메 일** scarbide@dacc21.com
**전 화 번 호** 063-715-2506
**연 구 기 간** 2011.12~2015.10

**연 구 진**
조동환(금오공대 산학협력단)
이성규(뱅크정밀)
정근성((재)한국탄소융합기술원)

우리나라는 선진국의 높은 기술진입 장벽으로 인해 항공안전을 담보하는 핵심부품인 항공기 제동장치의 제작·수리기술은 물론 제작·수리 후 성능시험 능력의 부족으로 항공기의 제작·수리·시험 일체를 미국 등 외국에 의존하여 매년 약 500억원의 외화를 유출하고 있다. 본 연구진은 2011년부터 상공제품의 국산화 능력 배양을 위해 항공기용 제동장치의 정밀시험장비(Dynamometer)와 브레이크 디스크 재생 수리 기술의 국산화 연구에 착수하였으며, T-50 훈련기부터 B-747급 중대형 항공기까지 시험 가능한 세계 최고 수준의 항공기 제동장치 시뮬레이션 장비 구축 및 시험평가 기술의 국산 자립화에 성공하였다.

항공기 제동장치의 핵심소모품인 브레이크 디스크는 일반적으로 대략 6개월 사용하면 마모되어 교체 또는 수리가 필요하고, 제작·수리 시 정밀시험장비(Dynamometer)를 사용하여 안전성을 확인 받아야 한다. 동 성과는 그 동안 미국, 러시아, 프랑스 등 우주항공산업 강대국들만이 보유한 기술인 항공기 제동장치 정밀시험장비를 세계 최고 수준으로 국산 자립화에 성공한 사례이다. 다이나모장비는 항공기의 이륙·착륙시의 제동상황과 극한 항공기 비상제동상황의 이륙포기중량(RTO : Refused Take Off)에서의 제동을 재현하여 항공기 브레이크 제동장치의 안정적 제동성능을 평가하는 장비로 각 기종별 이륙·착륙시 동일한 제동에너지와 조건을 구현하고, 실제 항공기 브레이크와 타이어를 결합하여 제동 시 동일한 환경에서 브레이크 제동을 구현하는 장비이다.




〈항공기 복합 제동시험장치(Dynamometer)〉

이번에 개발한 장비는 2015년 8월까지 군항공기 등을 대상으로 시범운영을 거쳐 2015년 말부터 항공기 제동장치 정밀시험 지원센터를 구축하여 공익적 목적으로 실용화 서비스를 제공할 예정이다. 또한, 항공기 제동장치(브레이크 디스크)의 재생수리기술(Refurbishment)도 2015년 8월까지 개발을 완료하고 군수부문과의 협력을 통하여, 그 동안 취약했던 항공정비산업 발전의 기틀을 마련할 예정이다. 이번 항공기 제동장치의 정밀시험장비(Dynamometer) 국산화 개발사업이 시범 운영을 거쳐 2015년경에 본격적으로 개시될 경우, 그 동안 외국에 의존해오던 항공기 제동장치 등의 정밀 성능시험이 우리 기술로 가능해져 연간 약 500억원의 수입대체 효과가 있고 최근 국민적 관심이 높아진 항공안전에도 많은 기여를 할 것으로 본다.

항공기의 브레이크 시험능력 확보로 핵심 소재부품이자 소모성 제품임에도 불구하고 전량 수입에 의존하는 탄소 브레이크 디스크를 국내 미래 핵심전략산업으로 발전시킬 수 있는 기반을 구축하였다. 또한, 특화된 항공기 제동장치 시험센터 운영으로 고부가가치 국가 핵심부품의 양산지원과 항공부품 및 정비산업을 체계적으로 발전시켜 우리나라가 환태평양지역을 주도하는 항공기술 강국으로 도약할 수 있는 가능성을 열어주었다. 또한, 항공기 기체구조를 제외하고 카본섬유가 가장 많이 사용되고 있는 항공기 카본 브레이크의 원소재인 카본 원소재 생산, 브레이크 생산, 시험평가 인증이 원 스톱으로 이루어질 수 있도록 전북 전주지역에 첨단 항공부품의 Value Chain을 완성하였다. 이를 통해 항공기 제동장치 부품(브레이크, 휠, 타이어, Landing Gear)의 투자유치와 MRO 부품사업과 연계하여 국내에 특화된 제동장치 MRO 사업과 항공기 제동종합시험센터로 발전할 수 있다.





〈군용 중대형 항공기 RTO 시험〉



## 연구진 한마디




R&D 연구를 진행하면서 많은 어려움과 문제에 직면할 수 있습니다. 이 때 너무 지나치게 앞만 보고 달리는 것보다는 잠시 쉬어갈 수 있는 포인트가 필요합니다. 쉼표는 숫자 9와 닮았습니다. 1에서 9까지 열심히 달려왔다면 10으로 넘어가기 전에 잠시 쉬어가라는 뜻입니다. 항공기 정밀시험장치 설치 및 시운전 완료 후 F-15 규격시험을 진행할 때 많은 어려움이 있었습니다. 이 때 무리하게 계속적으로 시험을 진행하였다면 성공적으로 규격시험을 맞추었을지 의문입니다. 성과를 위해 함께 달려와준 연구인력들과 그동안 지친 몸과 마음을 달래기 위해 모든 걱정과 근심을 내려놓고 1박 2일 워크숍을 다녀왔습니다. 이를 통해 마음과 몸을 충전할 수 있는 계기가 되었으며, 다시 한번 할 수 있다는 굳은 다짐을 하고 돌아와 성공적으로 시험을 마칠 수 있었습니다. 절대로 쉼표에 인색하지 마십시오. 쉼표를 찍을 줄 아는 사람만이 마침표를 찍을 수 있습니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 항공기 브레이크 디스크 테스트장비<br>· 항공기 브레이크 디스크 및 이를 만드는 방법 |
| 기타 시설·장비 구축 및 시험 | · 정밀 시험장비(Dynamometer) 방진시스템<br>· Hydraulic Test Stand<br>· Small Dynamometer<br>· 군용 중대형 항공기 브레이크규격시험 및 수명시험<br>· T-50, F-16 (B32,B52) 군용기 브레이크 규격시험<br>· B747 대형 민항기 브레이크 규격시험 |

Core R&D

핵심기술 자립화 I 국토교통기술지역특성화

# 최고 난이도 숏크리트 공법 개발

## 봅슬레이 트랙 첨단시공기술 국산화



**연구책임자** 윤 경 구
**소 속 기 관** 강원대학교
**이 메 일** kkyun@ kangwon.ac.kr
**전 화 번 호** 033-250-6236
**연 구 기 간** 2013.06~2017.02

**연 구 진**
남궁경, 이겨레, 한승연(이상 강원대학교),
김용곤, 최성용, 엄영도(이상 대상이앤씨㈜)

2018 평창동계올림픽은 국가 브랜드 향상 및 선진국 진입의 상징적 계기 등 국가 발전의 획기적인 전기 마련과 지역 발전의 지속 가능한 유산 창출을 목표로 성공적인 개최를 위하여 다양한 분야에서 매진하고 있다.

이에 각종 경기장 시설물 중 봅슬레이 트랙 시공기술 개발 및 국산화의 필요성이 증대되고 있으며 향후 동계올림픽 유치 국가의 시장 점유율 제고를 위하여 본 기술의 개발이 요구된다. 또한 개발된 기술을 적용하여 국제적으로 실용화 기술을 확보하고 해외시장 선점 환경 조성이 필요하다. 동 성과는 이에 부응하는 전 과정의 성과 구축 및 기술 검증을 통하여 봅슬레이 트랙 첨단 시공기술의 개발 및 국산화에 성공하였다.

2013년 6월부터 봅슬레이 트랙 시공기술 검증 전까지 자체적으로 두 차례의 Mock-up Test를 수행하여 기술력을 확보하였으며 추적조사를 통하여 노하우를 축적하고 이를 기반으로 국제봅슬레이스켈레톤연맹, 국제루지연맹, 동계올림픽 추진본부, 설계사, 시공사, 국외 시공전문가 등 관계자가 참여한 가운에 2014.06.03~06일 동안 평창 알펜시아에서 Mock-up Test를 수행하였다. 단 한차례의 Mock-up Test로 봅슬레이 트랙 첨단 시공기술 검증 및 국산화에 성공하여 100% 국내 순수 기술이 적용되고 있다.



〈자체 1차 Mock-up시험(2014.5)〉



〈1차 Mock-up 시험(2014.6)〉

봅슬레이 트랙의 시공기술은 현재 일부 국가만 보유하고 있는 숏크리트 공법 분야의 최고난도 기술로서 본 성과를 통해 순수 국내 기술력을 바탕으로 시공 능력을 자립화(국산화)하여 해외 기술 경쟁력 확보에 기여할 것이다. 또한 봅슬레이 트랙 시공기술은 구조성능을 확보할 수 있는 다양한 형태의 3차원 구조물 시공에 응용이 가능하므로 획일화되고 정형화된 구조물 형상에서 벗어나 숏크리트 공법을 적용한 박판다중곡면 구조물 시공기술로 활용이 가능하다.

2018 평창 동계올림픽에 요구되는 각 종 경기장 시설물 중 봅슬레이 트랙을 순수 국내 기술력으로 시공하고 있어 성공적인 개최를 위한 발판을 마련하였으며 약 100억원의 기술 수입대체 효과를 창출할 것으로 예상된다. 봅슬레이 트랙 시공기술은 구조용 숏크리트 공법 분야의 최고난도 기술로서 향후 다른 분야로의 확대 적용 등으로 기대되는 부가적인 성과는 수입대체 효과를 능가할 수 있을 것이다.

2018 평창동계올림픽 유치 및 성공적인 개최는 국가 브랜드 향상 및 선진국 진입의 상징적 계기 등 국가 발전의 획기적인 전기 마련과 지역 발전의 지속 가능한 유산 창출이 가능하다.



〈봅슬레이 트랙 조감도〉




〈봅슬레이트랙 첨단시공 기술 국산화〉



## 연구진 한마디



봅슬레이 트랙 시공기술 검증을 위하여 자체적인 기술력 및 노하우 확보 등 철저한 사전 준비를 바탕으로 단 한 차례의 Mock-up Test를 통하여 기술력 검증 및 국산화에 성공한 것이 동 성과의 자랑이다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 고성능 습식 숏크리트 조성물을 이용한 봅슬레이 경기장의 시공방법(2014.04.28) 중국 출원<br>· 고성능 숏크리트와 보강부재를 이용한 합체식 사면 보강방법(2014.06.30) 등록<br>· 기포숏크리트를 이용한 콘크리트포장 시공방법(2014.09.15) 등록 |
| 사업화매출액 | · 슬라이딩센터(봅슬레이,스켈레톤,루지경기)건설공사 트랙 숏크리트, 대상이앤씨㈜ (3,028,300,000)<br>· 슬라이딩 센터 건설공사 트랙 Mock-up Test, 대상이앤씨㈜ (330,000,000원)<br>· 북한강자전거길 인증센터 화장실 설치 공사, 대상이앤씨㈜ (108,000,00원) |

Core R&D

핵심기술 자립화 I 철도기술연구사업

# 독자 설계기술 개발 및 국산화를 통한 고속철도 안정성 향상 및 고유 브랜드화

## 성능이 우수하고 유지보수성이 향상된 고속철도형 분기기 국산화 기술




**연구책임자** 김 만 철
**소 속 기 관** 한국철도기술연구원 고속철도연구본부
**이 메 일** kimmc@krri.re.kr
**전 화 번 호** 031-460-5321
**연 구 기 간** 2013.05~2017.06

**연 구 진**

고태환, 김대상, 배영훈 외(이상 한국철도기술연구원)
윤성순, 장윤호, 최유복 외(이상 한국철도시설공단)
황광하, 윤변현, 황경종 외(이상 삼표이앤씨㈜)
김남전, 김종팔, 전승배 외(이상 ㈜제이케이에스)

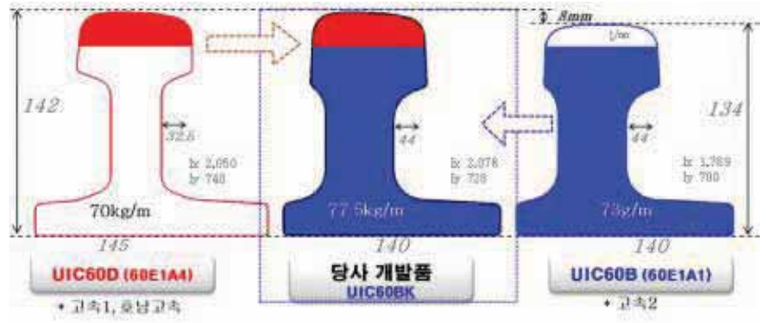



세계 4위 수준의 430km/h 고속열차(HEMU-430X) 기술 개발 등 세계 수준의 기술 개발성과를 구축했음에도 불구하고, 고속철도 인프라 핵심기술중 하나인 고속분기기의 경우 단순히 기술을 도입 · 제작 또는 주요 부품 및 시스템을 수입 · 적용함에 따라 기술 종속 및 이에 따른 장애 발생시 조기 대처 능력 부족으로 차량 지연, 승객 불편 및 불안감이 증가하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 이러한 기술적 한계를 극복하고 고속철도 안정성 향상 및 확대되는 세계 고속철도 시장에 능동적으로 대처를 위한 독자 브랜드 고속분기기 개발을 위해서 연구개발을 수행하고 있다.

고속분기기는 선로를 교차시켜 열차를 고속으로 인접한 다른 선로로 이동시키기기 위해 설치되는 선로상의 장치를 의미하며, 선로의 3대 취약개소 중 하나로, 포인트부, 리드부 및 크로싱부로 구성된다. 텅레일은 기본 레일에 붙였다 떼였다 하여 열차가 지나갈 길을 조정하며, 선로전환기는 텅레일에 힘을 가하여 기본 레일에서 전환하게 하는 중요 구성품이다. 국내 고속분기기에 적용된 텅레일 및 경부고속철도 2단계(동대구-부산간)에 적용된 유압식 선로전환기는 전량 국외에서 수입 적용되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 분기기/차량 I/F 해석 전용 Tool Kit을 개발하였고, 이를 이용하여 차량동력학 주행안전성 해석을 수행하여, 한국형 고속분기기 최적 텅레일 단면 및 포인트부 선형을 개발하였고, 개발된 선형을 고려한 포인트부 개량 방안과 유지보수성 확보를 위한 크로싱부 개량 방안을 정립하였다. 또한 개발된 최적 텅레일 단면의 소재 국산화를 위해 제작설비(롤, 유도설비, 시압연 방안 등)를 구축 중에 있다.



〈크로싱부 개량(안)〉



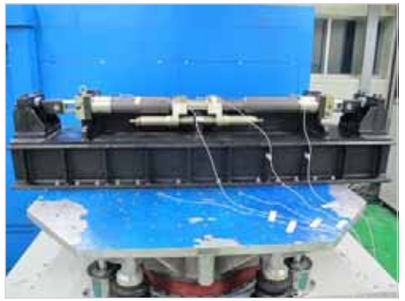

〈한국형 고속분기기 최적 텅레일 단면(안)〉

유압식 선로전환기중 중요 장치인 쇄정실린더 국산화 개발을 위해 경부고속철도 2단계 유압식 선로전환기 장애요인 분석을 통한 성능개선 및 진동저감 방안을 도출하였고, 시제품을 제작하여 성능시험을 추진 중에 있다. 이러한 연구를 통해 고속분기기에 대한 기술 종속국에서 탈피하고 고유 브랜드화를 통해 확대되고 있는 세계 고속철도 시장에 능동적으로 대처하기 위한 기반을 구축하는데 기여할 것이다.

분기기/차량 I/F 차량동역학 해석기법 개발 및 설계기술 확보를 통해 최적 텅레일 단면 및 선형을 개발하여 승차감((Jerk ≤ 1.73m/s3) 70〈V≤170km/h) 및 주행 안전성(공격각 ≤ 1°)을 향상시켰으며, 핵심부품의 국산화 및 고유 브랜드화를 통해 약 416억원의 수입대체 효과가 기대되며, 약 250조원의 세계 시장에 대한 기술경쟁력 기반을 구축하였다.

| 구 분 | 수입대체효과 | 비 고 |
|---|---|---|
| 텅레일 | 45억원 | 유지보수용 소재 약 1,480톤(약 3천원/kg) |
| 분기기 | 350억원 | 경부고속2단계 하이드로스타 외산분기기 대체 35틀(10억원/틀) |
| 유압식 선로전환기 쇄정실린더 | 21억원 | 경부고속2단계 하이드로 외산 유압식 선로전환기 쇄정실린더 부분의 수입금액이 71.7억이며, 국산화시 50.2억이 추정되어, 수입대체효과는 약 21억원으로 산출 |
| 계 | 416억원 | |

〈고속철도형 분기기 기술개발로 인한 수입대체효과〉





〈첨단부 및 크로싱부 쇄정실린더 시제품〉



## 연구진 한마디



2010년 11월 1일에 경부고속철도 2단계 구간(동대구–부산)이 개통되어 착공 19년 만에 전 구간 완전 개통되어 국제적으로 고속철도 기술강국으로서 한층 향상된 위상이 개통 초기 전량 국외에서 수입된 선로전환기의 장애로 저하되는 것을 보고 자괴감이 컸다. 이로 인하여 설계기술 개발 및 국산화의 필요성이 인식되어 연구개발을 추진하였으며, 그 결과 한국형 고속분기기 최적 텅레일 단면 및 포인트부 선형을 개발하였고, 개발된 선형을 고려한 포인트부 개량 방안과 유지보수성 확보를 위한 크로싱부 개량 방안을 정립하였다. 또한 개발된 최적 텅레일 단면의 소재 국산화를 위해 제작설비(롤, 유도설비, 시압연 방안 등)를 구축 중에 있다.
향후 시제품 제작을 통한 운행선상의 시험부설 및 성능검증과 관련하여 매우 어렵고, 위험성이 큰 분야의 연구가 진행예정이지만, 성공적 연구개발을 통해 국내 고속철도의 운행안전성 향상 및 세계 고속철도 시장에 능동적으로 대처하기 위한 기반을 구축하는데 기여할 것이다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · 열차 주행안전성 해석을 위한 분기기 모델링 툴킷 개발 및 적용 |
| 지식재산권 | · 철도차량용 레일<br>· 고속분기기 단면 차량동역학 해석 툴킷 |







# 재난대응 안전 기술
# Safety R&D

재난과 재해로부터 국민을 보호하고 보다 안전한 생활환경을 제공하기 위해 국토교통R&D는 다양한 기술을 개발해왔습니다. 천재지변은 물론 생활공간에서 수시로 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하여 국민 삶의 질을 개선하고 더 많은 국민들이 안전하고 행복하게 생활할 수 있는 국토를 만들어가기 위해 오늘도 다양한 기술 개발에 힘쓰고 있습니다.

Safety R&D

재난대응 안전기술 I 국토교통기술촉진연구사업

# 진화된 공항 포장 평가 기술로 녹색공항 운영의 새로운 발걸음을 내딛다

## 저탄소 녹색공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발




**연구책임자** 조 윤 호
**소 속 기 관** 중앙대학교
**이 메 일** yhcho@cau.ac.kr
**전 화 번 호** 02-820-5336
**연 구 기 간** 2011.12.23.~2015.02.28


### 연 구 진


최성철, 장승환, Lin Wuguang 외 (이상 중앙대), 김동석, 박주헌, 임채용, 박 철 외 (이상 쌍용양회)
권수안, 황성도, 안지환, 김영민 외 (한국건설기술연구원), 이명현, 권순원, 조남현 외 (이상 인천국제공항공사)
박준상, 김혁중, 박한수 외(금호석유화학), 한형섭, 이동규, 이남주 외(이상 동남기업)
윤경구, 박철우, 주민관 외(강원대학교), 곽평진, 조희형, 김태훈, 정우영, 이제일 외(이상 한국공항공사)
문형철, 김종호, 이형도 외(이상 로드텍), 서영찬, 권홍준 외(이상 한양대학교)
양성철, 박종원 외(홍익대학교), 배종오, 전준범 외(삼우MC), 김인섭, 홍종신 외(상봉ENC)
임승욱 외(WPRG), 김인태 외(명지대학교), 정진훈, 박주영 외(인하대학교)
유승권, 윤한주, 안병남, 이종근 외(유신), 이동현, 김지원 외(토탈페이브시스템)
이금승 외(에이인더티앤에스)




항공기 착륙 시 항공기 타이어와 포장면 사이에 마찰열이 발생되면서 활주로 표면에 항공기 타이어 자국이 생기며 항공기 타이어 자국이 퇴적된 형태 즉, 고무퇴적물(이하 rubber deposit)은 항공기의 착륙 시 미끄럼 저항을 떨어뜨릴 수 있는 요인이다. 이는 항공기 주행 및 이착륙 시 안전 운영에 영향을 주기 때문에 국내외 공항에서는 rubber deposit 제거를 통한 표면 마찰력을 회복을 위한 제거 주기 및 마찰력 측정 주기에 대한 기준(국내의 경우 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)기준을 준용)을 마련하고 다양한 기술을 이용하여 제거하고 있다. 이러한 rubber deposit을 제거하기 위한 대표적인 기술로 고압살수(이하 water-jet)을 사용하여 공항 포장 유지보수 하고 있으나 water-jet 사용 시 높은 수압으로 표면을 직접 타격하게 되어 아스팔트 포장 표면부에 많은 파손(박리 및 탈리 등)이 발생되어 공항 포장 유지보수 시 심각한 문제로 대두되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고무 퇴적물 제거 시 포장 파손을 최소화하기 위해 아스팔트 포장 재료 및 사전처리제를 개발하여 공항 유지관리에 있어서 저탄소 녹색공항을 실현하고 그와 동시에 포장 재료에 의한 FOD(Foreign Object Debris) 가능성을 줄여 항공기 및 이용자의 안전 확보에도 기여하고자 하였다.

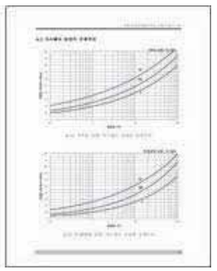
미국에서 사용되는 PCI기준을 국내 공항 포장에 적용함에 있어, 많은 문제들이 제기 되어왔고, 기존 PCI에서 다루는 결함 및 측정 기준이 국내 포장의 현실을 원활히 반영하지 못하여, 국내 실정에 맞는 포장상태지수 개발이 필요에 따라 지침서(안)에 대한 연구를 진행하였다. 따라서 본 연구에서는 공항포장 분야에서 포장평가 및 유지보수에 관한 현행기준을 개선하여 국내 공항의 포장여건을 반영한 기준을 마련하고, 공항포장 유지보수 실무자 및 전문가 의견을 반영한 활용성이 높은 기준을 제공함으로써 포장 공용성 및 유지관리 기술을 향상시키고자 하였다.





〈개발고무제거 처리제 살포 및 Water-jet 수압적용〉







〈공항 포장상태지수 평가 지침서(안) 및 전산화 프로그램〉

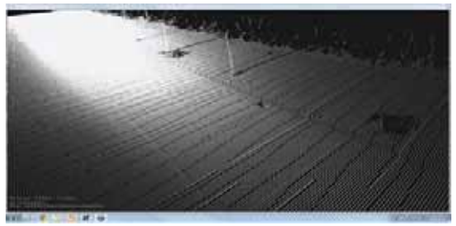
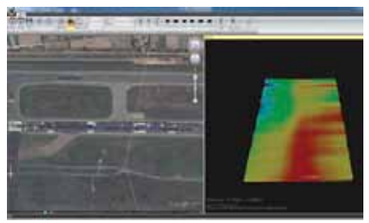
공항 포장은 도로 포장에 비해 상대적으로 중량이 큰 항공기를 지탱하고 있다. 항공기의 교통하중, 환경하중, 그리고 지역 여건에 따른 지반 침하 등으로 인한 표면 변형의 발생형태가 도로 포장과는 많이 상이한 형태를 나타내고 있다. 포장면의 평탄정도를 나타내는 대표적 지수인 국제 평탄성 지수(International Roughness Index)는 차량을 기반으로 포장상태를 정량적으로 표현하는 지수이므로 항공기가 지상 이동시 포장면의 불규칙성에 의한 영향을 반영하지 못하므로 정량적인 평가가 불가능하다. 또한 기 사용중인 포장 평탄성(요철) 측정장비로는 효율적인 조사 및 요철관리가 불가능하므로, 고속의 공항 요철을 조사할 수 있는 측정장비가 요구되고 있다. 따라서 본 연구를 통해 국제민간항공기구(ICAO)에서 권고하는 공항포장의 요철관리기준에 적용할 수 있는 알고리즘, 측정장비 및 관리 프로그램을 개발하여 이를 공항운영에 적용할 수 있는 기반기술을 개발하는 것이다.

고무제거 사전처리제 사용 시 기존 고수압 water-jet만을 사용 시 발생하는 파손을 저감하여 유지보수 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 고무제거에 사용되는 기술의 다양성을 확보하여 새로운 패러다임을 제공할 수 있다.
개발된 KPCI를 통해 합리적인 공항포장상태 평가와 적절한 보수주기를 결정하게 됨으로써 공항 포장의 유지보수 비용 절감에 기여하고, 공항의 운영자 및 관리자 뿐 아니라 공항관리 정부기관 및 담당자, 이용자와 의사소통의 수단으로 사용될 수 있다. 설계는 기초 연구를 통한 연구단의 결과를 적용하는 인천 공항 공사의 후속 과제로 인해 5년 내에 실용화가 가능한 프로그램 개발 예정 중에 있으며, 시공 및 재료 분야는 기존 포장의 내구성 향상을 위한 최적 배합의 현장 적용이 김포 및 김해 공항에 적용될 예정이다.

공항 포장 요철 측정장비는 한국공항공사에서 발주한 3D장비 제작사업에 참여하여 일본, 캐나다 등 유수한 외국업체와의 경쟁에서 우위를 점하고 수입대체 효과를 가져왔다.




〈공항포장 요철조사시스템 및 현장 조사 예〉

〈3차원 요철데이터 및 공항포장요철 분석프로그램〉



## 연구진 한마디



본 연구는 공항 활주로 touch down 지역의 고무퇴적물 위에서 첫발을 내딛으면서 시작되었다. 고압살수를 적용해 고무 퇴적물을 제거한 아스팔트 포장 바닥은 마치 폭풍이 휩쓸고 나간 것처럼 포장 표면재료가 많이 손실되었고, 그루빙의 흔적이 희미해진 상태였다. 이러한 파손을 최소화하기 위해 해외에서 사용되는 화학처리제를 사전 적용하고 적용 수압을 낮춰 파손을 줄이고자 하였다. 그러나 해외 제작사에서는 화학처리제 판매 대신, 해외 제작사에서 직접 시연하는 것을 제안하였다. 이는 비용적인 면에서 경제적이지 않으며 해외의존도를 높일 것으로 판단되어, 국내 화학업체와 협력하여 제품을 만들고자 하였다. 추진 결과, 해외 제품보다 더 친환경적이고 연구목적에도 부합하는 재료를 만들 수 있었다. 다양한 포장 영향성, 장비와의 조합성의 검토를 통해 최적의 재료를 1차적으로 만들었고, 이를 시험포장을 통해 현장 적용성을 검증하였다. 포장 영향성 및 마찰력 영향성 측면에서 성공적인 결과를 얻었고 실제 공항현장에 적용하기 위해 2016년 상반기 시험시공을 진행할 예정이다. 또한 공항 활주로의 고무퇴적물 제거를 위한 다양한 기술 적용 가이드 라인을 공항공사 자체 규정으로 반영할 수 있도록 노력하고 있다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 특허등록 | · 인천국제공항공사(2015), 공항 활주로의 고무퇴적물 제거제 조성물 및 그 제거 방법 10-2015-0027431(출원)<br>· 로드텍(2012), 노면 프로파일 측정 시스템 및 방법, 10-2012-0085152<br>· 로드텍(2013), 노면의 3D 프로파일 측정방법, 10-2013-0056655 외 4건 |
| 시제품 제작 | · 고속요철측정기<br>· 차원 공항 요철 조사시스템 |
| 소프트웨어등록 | · 한양대학교 에리카 산학협력단, 인천국제공항항공사, 한국공항공사(2015.02), “한국형공항 포장상태지수 산출 전산화 프로그램”, 등록번호 : C-2015-008028 |
| 지침 및 Guide Line 제시 | · 공항포장의 Rubber Deposit 제거 기술 선정에 대한 Guideline(안)<br>· 공항포장상태지수 평가 지침서(안) |
| 논문 | · 조남현 등(2014), Development of a Rutting Performance Model for Asphalt Concrete Pavement based on Test Road and Accelerated Pavement Test, KSCE Journal of Engineering 18(1), SCI(E)<br>· 서영찬, 박대욱, 조남현, 권수안(2012), “Prediction of Permanent Deformation in Full-Scale Accelerated Pavement Testing”, KSCE Journal of Engineering, 16(4), SCI(E) |

Safety R&D

재난대응 안전기술 I 물관리연구사업

# 효율적 하천이용과 안전한 친수활동을 위한 웹 및 앱기반 예보시스템 구축

## 하천정보 분석모델 및 예·경보 시스템



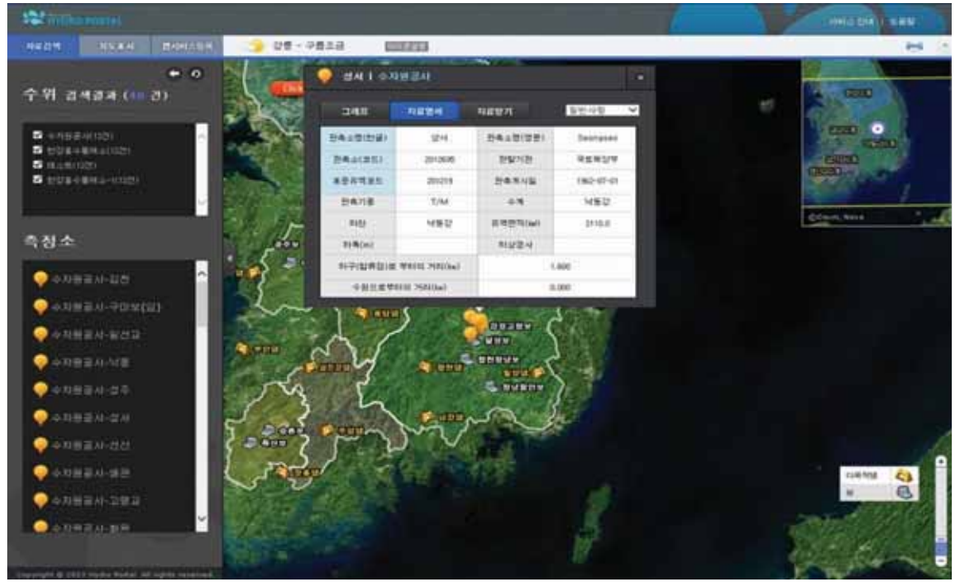

**연구책임자** 서 일 원
**소 속 기 관** 서울대학교
**이 메 일** seoilwon@snu.ac.kr
**전 화 번 호** 02-880-7345
**연 구 기 간** 2011.12~2017.06

**연 구 진**
김성은, 최황정, 신재현, 박인환
최수연, 김준성, 정성현, 백동해(이상 서울대학교)




하천의 고유 기능 중 치수, 이수 기능과 더불어 친수기능의 중요성이 부각되고 있다. 효율적인 하천 이용과 안전한 친수 활동을 위해서는 하천의 수리, 수질에 대한 기준을 설정하고 친수활동정보를 제공할 필요가 있다. 우리나라의 경우 이러한 하천에서의 친수활동을 위한 수리, 수질, 친수활동 정보의 생성 및 제공 기술이 미흡하기 때문에 최신의 ICT 기술을 접목한 지능형 하천정보 분석 및 제공 시스템을 개발하였다.

미국, 호주, 영국, 홍콩 등 외국의 경우 하천 및 해변 친수활동을 위한 다양한 친수정보를 제공하고 있으며, 영국 등에서는 이러한 정보를 웹기반 서비스뿐만 아니라 모바일 앱을 통해서도 제공하고 있다. 외국의 예보시스템에서 제공하는 친수정보 중 수질의 경우 데이터기반 모델에 의해 정보를 생성하여 제공하고 있으나, 대부분 실시간의 수질상태를 예측하여 이를 제공하는 시스템에 머물고 있는 실정이다. 이번에 개발된 RIVERCAST-K의 경우, ANN 및 HPG에 의해 다음 날의 수리 및 수질을 예측하고 이를 친수활동지수로 산정하는 예보시스템이므로 외국의 시스템에 비해 진일보한 기술이라 할 수 있다.



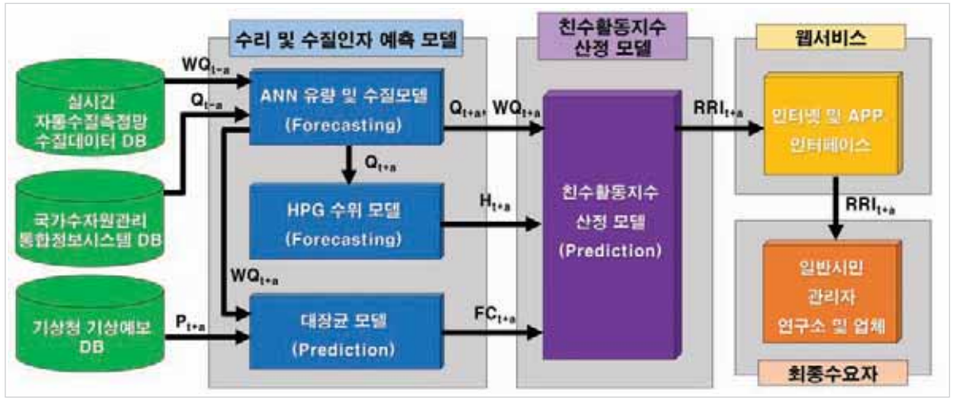

〈친수활동지수 예보 웹서비스 시스템〉

하천에서 친수활동을 수영, 수상스키, 보트타기와 같은 입수형 친수활동과 하천변 자전거타기, 산책, 캠핑 등 비입수형 친수활동으로 분류한 후 각 각에 대한 수리, 수질 조건을 설정하고, 친수활동지수를 개발하였다. 또한 입수형 친수활동 시 하천 수질이 나쁠 경우, 수인성 질병, 눈병 혹은 피부질환 등의 발생을 방지하고 시민들의 안전을 확보하기 위하여 적절한 기준을 설정하고 친수활동지수 예보모델을 개발하였다.

통상적으로 사용하고 있는 물리 기반 모델의 한계성을 보완하기 위해 데이터마이닝 기법 중 하나인 ANN을 이용하여 하천 유량 및 수질 등의 하천정보를 분석하고 예측할 수 있는 모델을 개발하였다. 이 모델을 통해 기존에 존재하는 일 단위 자료를 이용하여 예보목표일의 수질과 유량을 예측한다. 모델은 시험 적용 구간인 낙동강에 구축되어 낙동강 주요지점의 다음 날 DO, 탁도, 클로로필 a와 같은 수질과 유량을 예측할 수 있도록 하였다.

수리거동곡선(Hydraulic Performance Graph; HPG)을 사용하여 신속하고 정확성 있는 일차원 수위예측 결과를 제시하는 물리 기반 수위예측모델을 개발하였다. 특정 하천 구간에서 가능한 모든 흐름 조건에 대해 1차원 흐름 방정식 계산을 미리 진행하여 유량-수위 관계에 대한 데이터베이스를 작성한 후, RIVERCAST-K 시스템의 유량예측 ANN모델과 연계하여 예보시스템의 수위 예측을 담당한다. 현재 낙동강 8개 보 구간의 유량-수위 결과가 작성되어 있어서 해당 구간의 하천시설물 관리에 활용이 가능하다.

하천 이용에 대한 중요 정보인 친수활동지수 예보를 통해 일반 시민들이 안전하고 쾌적하게 하천 친수 활동을 영위할 수 있다. 또한 향후 미래에 예상되는 하천의 수리, 수질 환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 예측 기술을 개발함으로써 하천관리 및 하천 이용을 극대화 할 수 있다.




〈친수활동지수 모식도〉



## 연구진 한마디



RIVERCAST-K가 현재의 모습을 갖추기까지 개발 과정은 많은 연구자들의 지속적인 협력과 협동의 과정이라 할 수 있다. 그 이유는 RIVERCAST-K가 분석모델, 데이터베이스, 웹서비스 등의 다양한 요소가 모인 종합 시스템이기 때문이며, 이로 인해 각 요소의 개발을 맡은 많은 연구원들이 하나의 통합된 시스템 개발을 위해 협력하고 협동해야 했기 때문이다.
국내외 많은 연구진들의 노력으로 개발된 RIVERCAST-K는 앞으로 남은 연구기간 동안의 연마를 통해 2016년초에 완성된 시스템을 출시할 예정이다. RIVERCAST-K는 국내에서 연구개발이 미진했던 하천정보 분석 및 제공 기술 분야에서 지대한 역할을 할 것으로 기대되며, 이로 인해 우리나라의 하천관리는 물론 시민들의 하천이용에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 확신한다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Artificial Neural Network Ensemble Modeling with Conjunctive Data Clustering for Water Quality Prediction in Rivers<br>· Artificial Neural Network Ensemble Modeling with Exploratory Factor Analysis for Steamflow Forecasting<br>· 수리거동곡선 모형의 개발 및 적용<br>· 수질인자의 합성에 의한 하천의 레크리에이션 지수 모델의 개발 |
| 사업화매출액 | · (특허) 로지스틱 대장균 반응함수와 퍼지 수질 소속함수를 합성하여 하천 레크리에이션 지수를 산정하는 방법<br>· (특허) 결합적 클러스터링 기법과 앙상블 모델링 기법을 이용한 인공신경망 모델 개발 방법<br>· (프로그램) 하천예보모델-레크레이션 지수(Rivercast-PRI)<br>· (프로그램) 하천예보모델-수리거동곡선 전처리(Rivercast-HPG, PPI) |

Safety R&D
재난대응 안전기술 I 국토교통기술사업화지원

# 확공시스템을 이용한 영구앵커 공법의 혁신

## 그라우팅전에 인장이 가능한 영구앵커



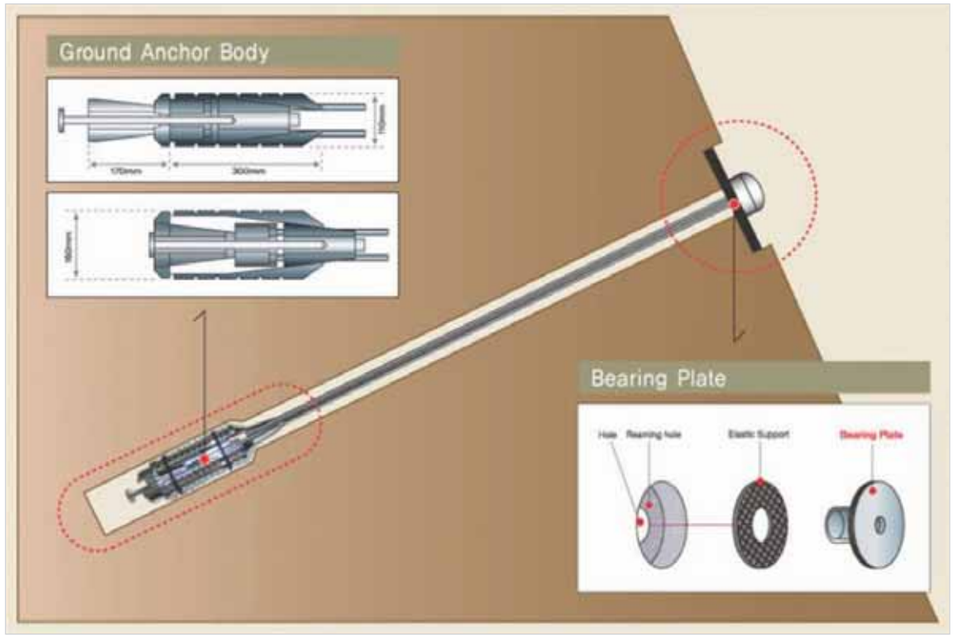

**연구책임자** 민 경 남
**소 속 기 관** 세종이엔씨
**이 메 일** knmin4183@naver.com
**전 화 번 호** 042-828-6262
**연 구 기 간** 2012.08~2014.01

**연 구 진**
정찬묵(우송대학교), 이재원(세종이엔씨)
민광근(세종이엔씨), 이중관(세종이엔씨)
이동원(세종이엔씨), 김진희(세종이엔씨)




최근 장마철 국지성 호우로 발생하는 지반재해의 대부분은 비탈면 붕괴이며, 토사유실에서부터 우면산 붕괴와 같은 대규모 산사태까지 비탈면 붕괴로 인한 사고의 발생이 증가하고 있는 실정이다. 이러한 대규모 비탈면 붕괴에 대한 대책으로 가장 활용성이 뛰어난 앵커분야의 기술개발이 중요하며, 그 중에서도 문제 발생이 집중되고 있는 앵커 정착부 및 두부 개선에 대한 연구가 절실한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 확공기술을 이용한 그라우팅 전 인장이 가능한 기술개발과 앵커두부를 지표에 근입시켜 안정성 증대 및 경관성 향상에 초점을 두고 연구를 진행하였다.

기존의 지압형 앵커는 정착부 확공없이 천공한 후 공벽을 압착하거나 쐐기형태로 박히는 형식의 앵커체를 사용하기 때문에 하중지지방식은 실질적으로 마찰형 앵커와 유사한 형태이다. 따라서, 그라우팅 전 지압저항력 발휘가 곤란하고 그라우팅 후 인장을 실시하기 때문에 정착부 그라우트체에 하중집중과 강연선 처짐 시 그라우트체의 품질저하가 발생하게 된다. 또한, 앵커두부가 불규칙한 지표면에 돌출되어 있어 안정성 및 시공성 저하가 발생하며 거대 콘크리트 구조물의 외부노출로 경관성이 떨어진다.
이에 본 연구에서는 확공시스템을 통한 지압저항력 발휘로 그라우팅 전 인장이 가능하고 돌출된 앵커 두부를 지표에 근입시켜 안정성 증대 및 경관성이 향상된 전면확공지압형 앵커를 개발하였다.

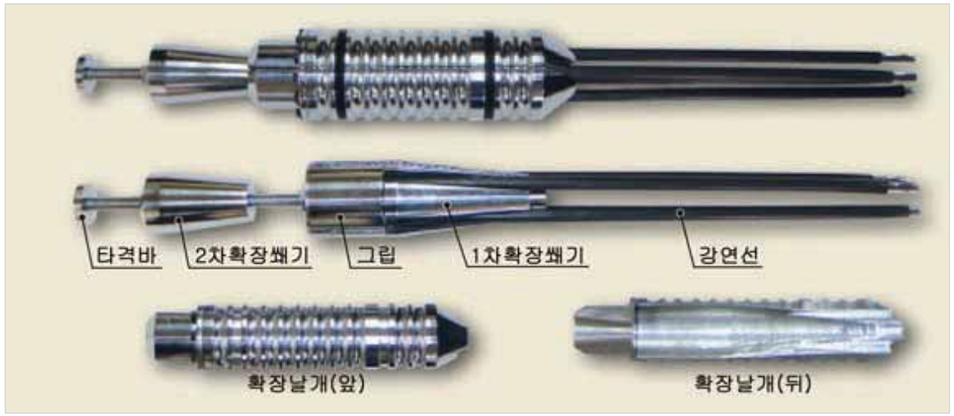



〈전면확공지압형 앵커 개요도〉

동 기술의 주요구성은 정착부 확장날개를 가진 앵커체와 앵커두부의 지표근입 지압판으로 구성된다. 확공비트를 이용하여 정착부 확공 후 확장날개를 가진 앵커체를 삽입함으로써 확장날개에 의해 지압저항력이 발휘되는 구조로 그라우팅 전 인장이 가능하다. 지표근입 지압판은 앵커두부가 설치되는 지표면을 확공하여 수압구조물과 지압판이 일체화된 지압판을 지표내로 근입시킴으로써 앵커 두부처리를 단순화 하였다.

동 기술은 기존 마찰형 앵커대비 정착장 길이를 감소시켜 재료비 감소, 공사기간 단축효과가 있으며 정착장 길이가 감소하여도 확장날개에 의한 지압저항력 발휘로 기존 마찰형 앵커와 동등한 안전율을 확보한다. 확공부 지압저항력 구현은 그라우팅 전 인장이 가능하도록 하고 그라우트 품질을 향상시키며 양생기간이 불필요하기 때문에 공기단축 효과가 있다. 또한, 지압판 설치와 동시에 인장을 수행할 수 있으므로 대형장비 투입시간이 최소화 되어 경제적으로 유리하다. 지표근입 지압판은 수압구조물과 지압판을 일체화시킨 기술로 설치가 용이하며 지표내로 근입되기 때문에 낙석, 낙반과 같은 외부하중에 대해 안정성이 증대되고 표면식생 및 부분녹화가 용이하여 경관성이 향상된다.

동 성과는 본 연구진이 세계 최초로 개발한 기술로 세계적으로도 가장 우수한 기술수준에 있으며 지반보강 및 기초분야 원천기술을 확보함으로써 비탈면 보강 뿐 만 아니라 향후 옹벽보강, 부상방지 앵커, 기초보강 등 다양한 지반보강 공사에서 활용이 기대된다.




〈전면 확공지압형 앵커체〉



## 연구진 한마디



금번 연구개발은 현장시험을 통한 적용성 평가가 중요한 요소인데 현장섭외에서부터 지반 및 현장조건, 한정된 연구비와 연구기간까지 극복해야 할 문제가 많았습니다. 참여연구진은 여러 가지 악조건에서도 도전정신과 기술개발에 대한 열정으로 무사히 현장시험을 완료하고 만족스러운 성과를 도출하였습니다. 어떠한 조건이든 구성원이 하나가 되고 한결같은 열정으로 도전한다면 최악의 조건에서도 최선의 결과를 얻을 수 있을 것입니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · 지압형 앵커의 지압력 산정에 관한 실험적 연구<br>· 실모형실험을 통한 지압형 앵커의 지압력 평가 |
| 지식재산권 | · 타격쐐기를 구비한 다중 확장 영구앵커 구조체<br>· 다중 확장 영구앵커 시공 방법<br>· 이중쐐기에 의해 확장되는 영구앵커 구조체 |
| 사업화매출액 | · 운문댐 비상여수로 공사(1,734,700천원)<br>· 고속국도 제1호선 영동~옥천간 확장공사(462,000천원)<br>· 청산 명티지구 급경사지 붕괴위험지역 정비사업(36,000천원) |

Safety R&D

재난대응 안전기술 I 교통물류연구사업

# 미래의 교통상황을 예측한다

## 패턴 DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발




**연구책임자** 김 영 호
**소 속 기 관** 한국교통연구원
**이 메 일** ykim@koti.re.kr
**전 화 번 호** 044-211-3131
**연 구 기 간** 2012.08~2015.12

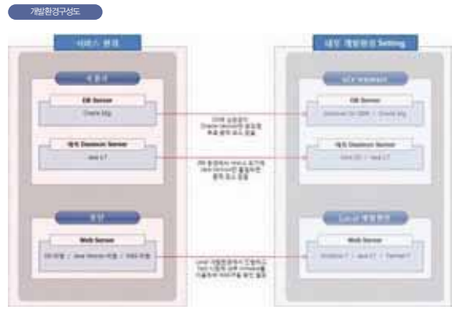
**연 구 진**

김영호, 박민주, 강우진 외(이상 한국교통연구원)
오승, 백승원, 장성욱 외(이상 ㈜유투앤소프트)
장양중, 권오영, 전종수 외(이상 ㈜엘비씨소프트)
박은미, 오현선 외(이상 목원대학교)
오철, 정은비 외(이상 한양대학교)
장기태, 김형주 외(이상 한국과학기술원)




전 세계적으로 교통예측기술을 개발하고 있고, 특히 유럽과 미국에서 유·무료로 서비스를 제공하고 있다. 하지만 아직 초보적인 수준으로 각종 이벤트 발생시 이를 반영하지 못한채 예측하고 있는 수준에 불과하다. 동 성과는 한정된 교통인프라를 보다 효율적으로 이용하기 위한 새로운 시도로서 SOC 예산 급감에 대한 기존 도로의 효율적 활용, 세계 최고 수준의 스마트 인프라를 활용하여 예측정보 사업 분야의 국제 경쟁력 확보, 예측 교통정보 생성 및 제공 분야의 공공분야와 민간부문의 역할 정립을 위하여 반드시 필요한 연구이다.

본 연구는, 시간적으로 1시간 이내의 단기예측과 1시간 이후의 중장기 예측으로 구분하고, 상황별로 Normal Condition, 공휴일 및 기상, 공사, 사고를 포함한 각종 이벤트 상황에 따라 예측 알고리즘을 개발하여 각 상황에 맞는 예측정보를 내고자 하였다. Normal condition의 중장기 예측치를 예보정보(향후 24시간)와 관측 강우량 정보(과거 3시간)에 강우정보가 포함될 경우 기상 패턴을 반영한 중장기 예측치로 대체하였다. (강우 정보가 없는 경우 normal condition값 적용–요일 제약) 중장기 예측은 6시간 단위의 기상예보와 1시간 단위의 강우량 관측치를 기반으로 정보갱신주기(예보:3시간, 관측: 1시간)와 동일하게 반복 수행하였다. 6시간 단위 기상예보를 기상청 구분 기준으로 분류하고 독립적으로 과거 자료에서 검색하였고, 이를 통해 성과에 이르는 연구를 수행할 수 있었다.




〈개발 환경 구성도〉




〈시스템 구성도〉

서울시 7개축 도시고속도로(경부고속도로, 올림픽대로, 강변북로, 동부간선도로, 내부순환도로, 북부간선도로, 서부간선도로)를 대상으로 각 상황에 따른 예측 알고리즘을 개발하여 평균적으로 MAPE기준 약 5 ~ 18% 정도의 정확도를 달성하였다. 수집하고 있는 정보의 한계로 인하여 예측정보 또한 정확도에 있어 그 한계가 있지만, 10%대의 높은 정확도의 결과를 보이고 있다. '14년도 추석과 '15년도 구정 동안의 예측정보를 서울시에 제공하여 신뢰도를 검증하였다. 또한, '15년도 추석명절을 맞이하여 명절기간동안 서울시내의 교통흐름을 예측하는 대시민 서비스를 시작하였고, 계속하여 단기 및 중장기 예측서비스를 제공중이다.

본 연구는 영국의 HIGHWAY AGENCY, 독일의 Bayern Info, 프랑스의 Autoroutes처럼 모든 국민이 미래의 다양한 교통상황 정보를 제공 받을 수 있고, 도로관리청은 교통상황예측 정보를 활용하여 선제적 교통운영 전략을 수립할 수 있도록 공공부문에서 구축한 검지시스템에 기반한 교통상황예측정보 산출 알고리즘과 교통상황예측 및 평가관리시스템을 구축하는 것으로, 본 연구의 성과물인 교통상황 분석 및 예측 시스템은 지자체의 교통정보센터 또는 민자고속도로 주식회사에서 보다 효과적으로 도로 시설물을 활용하기 위하여 예측정보 기반 선제적 교통관리전략 수립에 활용 가능하다. 운전자에게 예측정보를 다양한 형태(Naver,Daum과 같은 포털사이트, 내비게이션이나 스마트폰, 각 지자체 교통 정보웹사이트 등)으로 제공하여 trip planning을 가능하게 한다.



〈교통상황 예측 분석 시스템〉



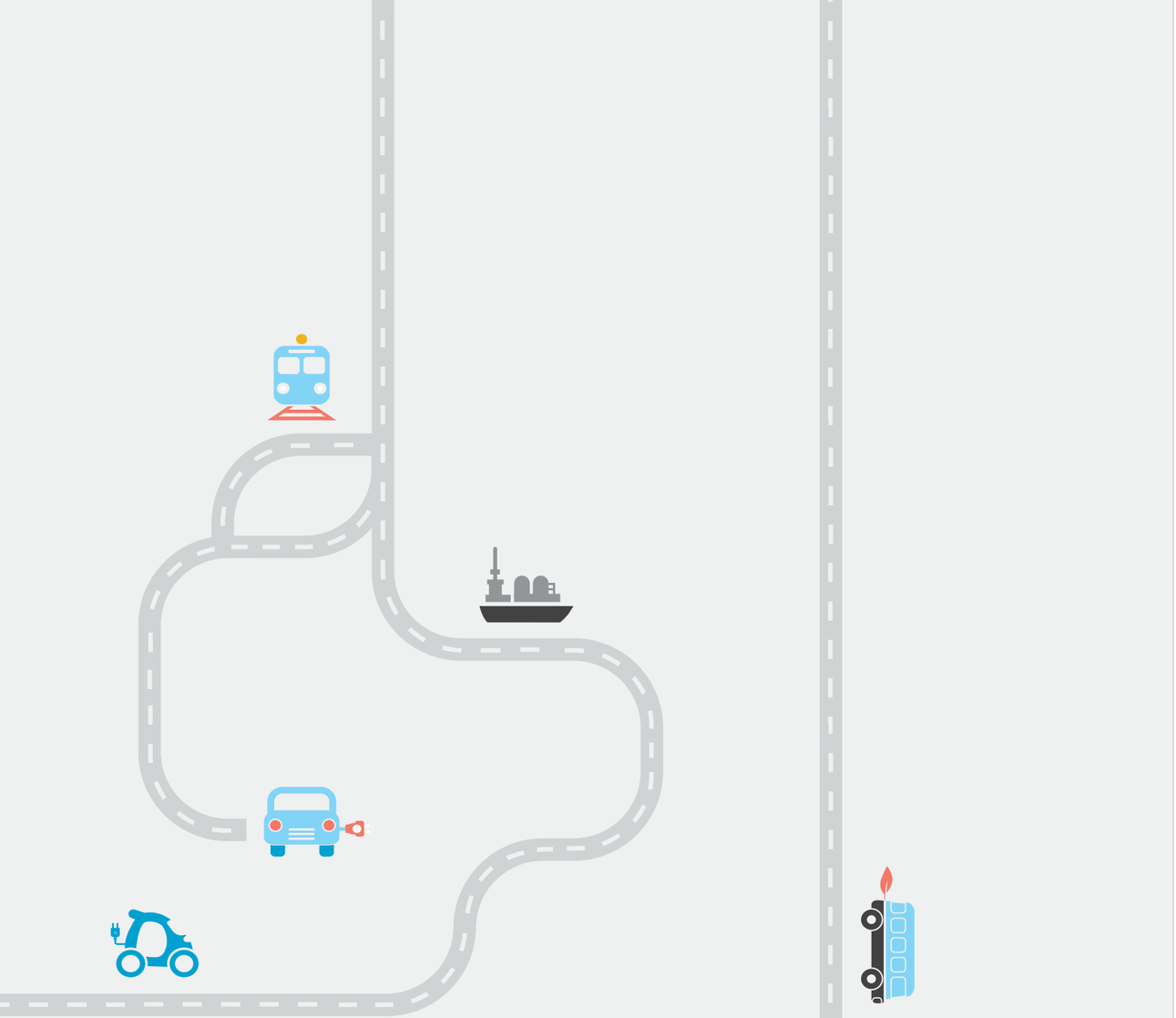
## 연구진 한마디



우리는 교통상황예측기술개발 연구를 시작하기 전부터 '교통상황 예측이 가능할까?', '교통상황예측정보가 제공되어 사람들의 통행패턴이 달라지면 정확도가 떨어질텐데, 그래도 예측정보제공이 의미가 있을까?'라는 두 질문에 시달려야 했다. 이 두 질문은 연구기간 내내 한시도 우리 연구진의 머릿속을 떠나지 않았다. 3년의 고민 끝에 얻은 결론은 양질의 교통정보가 축적되어 있다면 교통운영목적의 교통상황예측은 가능하고, 예측정보가 항시 제공된다면 정보 제공으로 인한 변동성도 감소되어 예측정보의 정확도가 감소하지 않을 것이란 점이다. 물론, 예측정보 산출과 제공에 대한 검증과 보완은 계속 진행되어야 할 것이다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 교통링크 속도 예측 방법 및 이를 위한 장치<br>· 교통영향권에 대한 중장기 예측방법<br>· 미래 교통 상황 예측 시스템<br>· 정체 시공간 패턴 자동인식 시스템 및 그 방법 |







# 공공복지 기술
# Welfare R&D

국민에게 더 좋은 환경과 더 편안한 삶을 제공하기 위해서는 끝없는 에너지 문제, 심화되는 도심 문제 등 사회 문제를 해결하고 다양한 주거 수요 등 국민의 요구를 충족시킬 수 있어야 합니다. 개인이 해결할 수 없는 이러한 사회적 이슈들을 풀어내기 위한 국토교통R&D의 책임이 높아지고 있습니다. 국민 편의를 증진하고 삶의 질을 향상시키는 공공 서비스, 국토교통R&D가 제공하겠습니다.

Welfare R&D
공공복지 기술 I 물관리연구사업

# 물 걱정 없이 지속가능한 수막재배 기술이 실현된다

## 농가보급이 용이한 대수층 순환식 수막재배 시스템

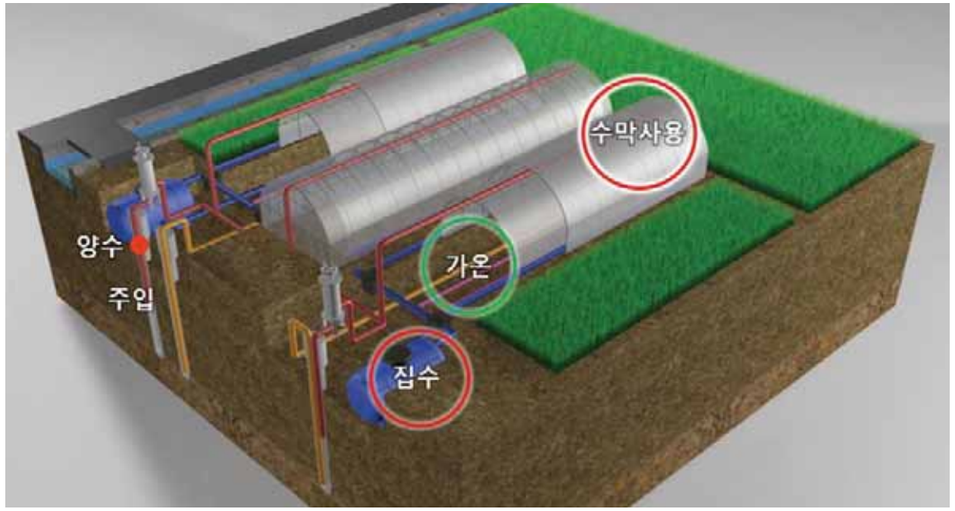


**연구책임자** 김 용 철
**소 속 기 관** 한국지질자원연구원
**이 메 일** yckim@kigam.re.kr
**전 화 번 호** 042-868-3086
**연 구 기 간** 2011.10~2016.06

**연 구 진**
문상호, 이봉주, 김성윤 외(이상 한국지질자원연구원)
김춘식, 이광진, 이주현 외(이상 (주)한서엔지니어링)
정일문, 장선우, 박승혁 외(이상 한국건설기술연구원)
구민호, 이현주, 임성민 외(이상 공주대학교)
김형권, 백이, 전정길, 이재한(이상 국립원예특작과학원)

본 연구진은 지하수위 복원과 고갈방지를 위한 '대수층 순환식 수막재배 시스템'을 개발하여 청주시 상당구의 시설농가 2곳에 하루 180㎥ 규모의 시설을 구축하여 실증을 완료하였다. 이 시스템은 한번 사용한 지하수 뿐 만 아니라 버려지는 빗물도 이용할 수 있어서 지하수 고갈문제를 해결할 수 있다. 기후변화에 따른 극심한 가뭄에도 오래 견딜 수 있는 지속가능한 지하수 사용 농업시설로 언론보도 이후에 많은 농가와 지자체에서 문의가 쇄도하고 있다.

수막재배는 겨울철 일몰 후 다중 비닐하우스 지붕 사이에 지하수를 뿌려 수막(water curtain)을 형성하여 낮 동안 데워진 하우스 내부 열의 유출을 막는 난방 시설재배 농법이다. 지하수의 연중 평균 수온이 15℃ 내외로 계절에 따른 변화가 작은 특징을 이용한다. 우리나라의 수막재배용 지하수 사용량은 연간 약 8.3억㎥으로 전체 농업용 지하수 사용량의 40%를 차지할 만큼 상당하다. 지하수 과잉 사용에 따른 지하수 고갈로 매년 1-2월에는 난방비 지출이 증가하고, 더 많은 지하수를 사용하기 위해서 고심도 지하수 관정을 경쟁적으로 개발하면서 지하수 고갈의 악순환이 반복되고 있다. 또한 농촌지역도 시설재배 시설이 고밀도로 증가하면서 도시와 같이 빗물의 자연 함양량이 감소하여 이러한 지하수 고갈을 가속시키고 있다.
이러한 문제를 해결하고자, 사용한 지하수를 보일러로 가온한 후 재사용하는 부분 순환식 재배 기술과 지하수 사용량을 절약할 수 있는 안개 수막기술 등이 개발되어 일부 농가에 보급되고 있으나, 난방비 부담과 지하수 고갈, 수막수 동결현상을 충분히 해결하지 못하고 있는 실정이다. 또한 기존 방식들은 시설하우스 지붕에 떨어지는 빗물을 인공함양하는 기술과 연계시키지 않아 소중한 수자원을 흘려보내고 있다.

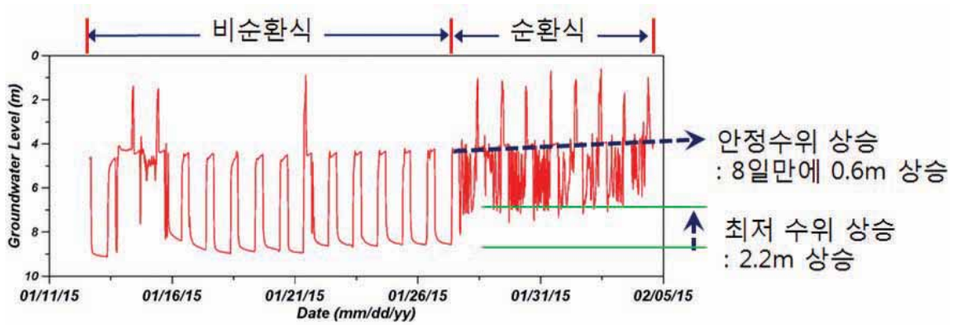



〈대수층 순환식 수막재배 시스템 개념도〉

또한 본 시스템에는 연구팀이 개발한 한 관정에서  주입과 양수를 동시에 할 수 있는 복합관이 적용되었다. 이는 기존에 농가들이 사용하고 있는 지하수 관정을 사용할 수 있기 때문에 추가 시추로 인한 비용이 들지 않는 장점이 있다. 또한 주입하는 물의 온도를 회복하기 위해서 신재생에너지인 태양열 및 지하에 존재하는 지열과 지하수열을 안정적인 열원으로 사용할 수 있어서 겨울철 시설재배농가의 난방비도 절감할 수 있다.

본 시스템은 영세하고 고령화된 국내 농가의 현장 특성을 고려하여 저렴한 적정기술과 운영이 쉬운 자동화시스템을 융합하였다. 이에 더해 첨단 기술에 친숙한 젊은 선도농가를 대상으로 스마트폰을 이용하여 원격으로 시스템을 운영/관리할 수 있는 스마트 자동화 시스템도 개발하여 다양한 농업 현장에서 쉽게 적용할 수 있도록 하였다.

앞으로 기술홍보, 지침마련, 정책반영, 지원사업 도출, 농가 자부담 시장 형성의 단계별 접근을 통해 국내 시장을 형성할 계획이다. 대수층 순환식 수막재배 시스템 설치/시공/운영/관리에 관한 기술보고서를 발간하여 전국 지자체에 배포할 것이며, 지역 지하수 관리 기본계획에 반영하여 긍정적인 정책적 환경을 조성하고, 시행초기에는 중앙정부 및 지자체 지원사업을 통해 본 기술을 보급하고, 궁극적으로는 단가절감 노력을 통해 농가 자부담으로 기술이 보급될 수 있는 환경을 형성한다는 계획을 세우고 있다. 본 기술이 전국 11,000 ha의 수막재배 지역으로 전파될 경우 지하수 수자원은 연간 약 2억 5천만 ㎥을 절약할 것으로 추정된다. 농가는 안정적 지하수자원 확보로 난방용 유류비 및 전기료를 절감할 수 있고 작물의 상품성 향상으로 소득 증가가 기대된다.




〈사용한 지하수의 대수층 순환으로 회복된 지하수위〉



## 연구진 한마디



'연구는 1년 365일 진행된다?' 수막재배 시스템'을 개발하기 위해 본 연구진은 실제 농사를 하고 있는 시설하우스를 대상으로 연구를 진행해야 했습니다. 비닐하우스 내부 공사는 농사를 잠시 쉬는 한 여름 온실 내부 기온이 약 50 ℃에 육박하는 날, 외부 공사는 기을 추수가 끝나 중장비가 진입할 수 있는 추운 겨울에 작업을 하며 우리 농민들에게 진정으로 도움이 될 수 있는 연구가 무엇인지 끊임없이 고민하는 나날이었습니다. 첨단 IT 기술, 스마트한 사물 인터넷이 아니더라도, 이제 그만 농사지어야지 하면서도 자고 일어나면 다시 비닐하우스로 나서시는 농민들을 생각하며, 이들에게 진정으로 도움이 될 수 있는 필요한 기술이 무엇인지 고민하고, 익숙한 재료들을 이용하여 기술을 구현하는 것이 최고 난이도 연구개발과제라는 것을 절실히 깨달았습니다. 수없이 실증연구현장을 방문하여 눈앞에 펼쳐진 무수한 딸기들을 보고도 절대 흔들리지 않았던 지조있는 연구진들과 함께하여 현장에 도움이 되는 멋진 성과물을 만들어내지 않았나 자평해봅니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지적재산권 | · 시추비용을 획기적으로 절감할 수 있는 단공 양수–주입 복합관<br>· 초기 우수 배제, 저장, 인공함양 기술<br>· 대수층 순환식 수막재배 통합 시스템 실용화<br>· 관정 배치 최적화 프로그램 개발<br>· 수막재배 지역 지하수–지표수 연계 물수지해석 기술 |

# 플로팅 건축을 통한 평안하고 창조적인 공간 실현

## 안전하고 친환경적인 플로팅 건축 설계 기술



**연구책임자** 문 창 호
**소 속 기 관** 군산대학교
**이 메 일** mchangho@kunsan.ac.kr
**전 화 번 호** 063-469-4782
**연 구 기 간** 2010.12~2015.06

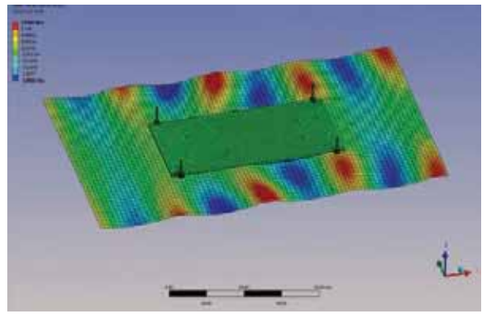
**연 구 진**
이영욱, 이성수, 양인환, 김용이, 송석기, 박성신, 안홍섭
이상학(이상 군산대), 송화철, 박동천, 박수용, 이한석, 도근영
황광일(이상 한국해양대), 송진규, 황재승, 허정원
한동엽(이상 전남대) 홍경표(씨포트), 김석구(쓰리디엔지니어링)
이우호(티섹구조엔지니어링), 박형권(대들보구조)
김정길(상지엔지니어링), 황동곤(우원엠엔이), 정현(오션스페이스)



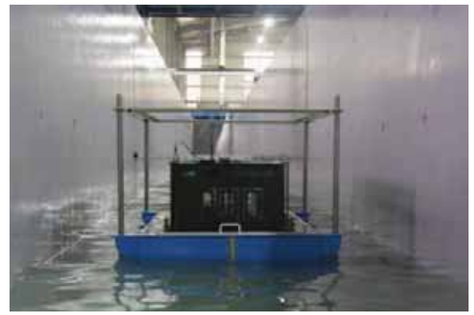
지구 온난화에 따른 해수면 상승, 탄소배출량의 증가에 따른 환경문제 제기, 지속적으로 증가되는 해양레저 · 스포츠 관련시설, 수상에 힐링(healing)환경의 조성 및 관련 법규 기반 정비의 필요성이 지적되고 있으며, 호남권에서의 수상 공간에 대한 친환경적 개발이 가능한 플로팅 건축의 기술이 요구되고 있다. 이에 동 성과는 함체 위에 건립되는 건축물의 수직하중과 환경하중에 대하여 안정성과 진동에 대한 쾌적성 및 유지관리의 우수성과 내구성을 확보하고자하는 '플로팅 건축 구조시스템 설계기술', 플로팅 건축에 대한 공간계획, 쾌적환경 기술, 시공기술 등에 대한 플로팅의 요소기술을 개발하고 관련 법·제도 정비를 연구하는 '플로팅 건축 공간 설계 기술'의 정립이 필요함. 이에 동 성과는 부유식 구조에서, 플로팅 건축 연구단 연구자가 주관하여 정온수역에 위치하는 플로팅 구조물을 대상으로 한 구조설계기준을 작성하였다.

동 성과는 부유식 구조에서, 플로팅 건축 연구단 연구자가 주관하여 정온수역에 위치하는 플로팅 구조물을 대상으로 한 구조설계기준을 작성하고, 플로팅 구조물의 상부 구조와 하부 함체의 해석과 설계 절차에 대한 사항을 기술하며 철근콘크리트와 철골구조, 목구조 등과 같은 설계에 관련된 내용을 기술하여 플로팅 건축 구조설계의 기준안을 제시하였다.

플로팅 건축물에 대한 법·제도가 미비하기 때문에 법적 지위가 불명확하여 플로팅 건축의 설계 및 조성 등 관련 산업 활성화에 많은 제약이 되고 있어, 법 · 제도 개선을 위하여 군산시 및 국토교통부와 지속적인 협의를 진행하였으며, 플로팅 건축을 위한 관련 법 · 제도를 제안하였다. 즉 공청회 등을 통하여 군산시에 '부유식 건축물 조례(안)'를 제안한 바 있다. 이에 군산시에서는 조례를 대신하여 '수면위에 건축하는 건축물 적용의 완화 운영기준(군산시 고시 제2015-82호, 2015.06.15.)'을 제정하여 고시하여 플로팅 건축 활성화를 위한 기반을 조성하였고, 또한 국토교통부는 2015년 4/4분기까지 '부유식 건축물 제도화 등 건축 관련 법 · 제도 정비'를 추진할 계획을 발표하여, 2016년부터는 법 · 제도 미미에 따른 장애가 제거될 것으로 예상된다.



〈플로팅 구조물의 파랑 중 응답 해석〉



〈플로팅 구조물의 모형 실험〉

한편 수상에 설치되는 플로팅 건축물은 재해에 쉽게 노출되어 있으며, 재해 시 피난에 어려움이 예상된다. 일반 건축물에 적용되는 방재 및 피난 기준은 플로팅 건축물에 적용하기에는 무리가 있기 때문에, 플로팅 건축물 특성을 고려한 새로운 방재 및 피난 기준을 제안하였다. 대한건축학회 기술표준으로 제정하고자 기술표준위원회에 '플로팅 건축물 피난 및 방재 계획 기준(PR-AIK-C-001-2015)'을 제출하여 심의 중에 있다.

플로팅 구조물의 진동은 함체와 파랑하중의 상호작용에 의하여 형성되는 동적특성에 의해 지배적인 영향을 받게 되므로, 무엇보다 진동현상을 설명할 수 있는 모델이 요구된다. 이러한 동적 모델을 기반으로 동요진동을 저감할 수 있는 진동제어장치에 대한 축소모형을 제작하여 자유진동, 수조실험을 통한 제어효과를 검증하였으며, 영상기반 거동을 측정하는 소프트웨어를 개발하고 다양한 실험에 적용하여 동적운동을 계측할 수 있는 시스템을 개발하였다.

플로팅 건축을 위한 새로운 법·제도 및 기술표준 제안을 통하여 수해양 건설산업 활성화를 위한 제도적·기술적 근거가 마련되어, 신산업의 등장으로 일자리를 창출하는 창조경제를 실현 가능할 것으로 보인다. 한편, 플로팅 건축기술에 의하여 건립된 건축물은 주변 자연환경이 양호하여 문화예술공연 개최 및 지자체나 민간단체의 각종 행사 및 홍보가 가능함에 따라 주민들의 접근성이 향상되어 수해양 문화·레저 생활을 즐기는 것이 보편화 될 것으로 기대된다.



〈Mock-up 실험체 진수〉



## 연구진 한마디



4차년도 연차평가 과정에서 플로팅 건축 연구단이 테스트베드를 하지 못했기 때문에 요소기술 검증을 위한 목업(mock-up)실험을 하라는 평가위원들의 지적이 있었다. 시간과 예산의 어려운 여건에서도 4가지 목업실험을 진행하였다. 함체는 속이 비어있는 콘크리트 직육면체이며, 바닥면까지 한 번에 타설이 불가능하기 때문에 바닥 슬래브를 1차 타설한 후, 벽면 및 상부 슬래브를 동시에 타설하였다. 육상에서 함체 위에 상부구조물(풍력 터빈 및 가드)을 설치한 후, 크레인으로 바다에 진수시켰는데, 실험체가 떠있기는 하나 전도 위험성이 발견되어, 안전성을 검토하기 위하여 일단 육상으로 철수하였던 적도 있다. 함체의 크기(넓이나 깊이)에 비하여 상부구조물의 크기와 높이가 과다했기 때문에 무게중심이 위로 이동하였으며, 메타센터를 계산하여 안정성을 확인 후 2차로 진행하였다. 이때 안전성을 확보하기 위하여 상부구조물은 제거하고 함체만 진수하여 관련 실험을 진행하였다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Control of floor vibration and noise using multiple tuned mass dampers |
| 저서 | · 플로팅 건축, 새로운 건축 패러다임 |
| 지식재산권 | · 강성조절이 가능한 계류 돌핀 |
| 기술이전 | · (주)티섹구조엔지니어링(10,000,000원) |

Welfare R&D

공공복지 기술 I 물관리연구사업

# 최첨단 관측장치를 통한 지하수의 과학적 관리로 지하수 활용 극대화

## SMART한 수변지역 지하수 관리기술 개발




**연구책임자** 김 지 욱
**소 속 기 관** 한국수자원공사 K-Water 연구원
**이 메 일** ddochi@kwater.or.kr
**전 화 번 호** 042-870-7644
**연 구 기 간** 2011.10~2016.06

**연 구 진**

김덕근, 배종섬, 이승현, 김태형외 (K-water)
현민호외(하이드로넷)
신진수, 성민준외(티아이랩)
윤희성(KIGAM), 김선근(대전대)
함세영(부산대), 정교철(안동대)




기후변화 및 4대강 살리기 사업으로 국내 수자원 및 수문환경이 변화함에 따라 효율적이고 체계적인 지하수 개발과 보전관리가 더욱 중요해지고 있으며, 지하수 계측 및 관리기술에 대한 기술개발이 진행되고 있으나 현장적용 연구가 선진국에 비해 매우 미흡한 수준으로, 센서/전극/증강현실 분야는 개발 어려움에 따른 위험부담으로 일반 기업에서 접근이 어려워 해외 기술의존도가 높은 상황이다.

본 연구에서는 지하수 관리기술의 일환으로 대하천변 주변지역에서의 지하수위 변화에 따른 저지대 지하수의 취약성 평가, 하천수위 변화에 의한 지하수위 변화 예측에 대한 평가시스템을 개발하고 Web GIS로 표출하는 기술을 개발하였다. 지하수 홍수지도, 취약성 평가시스템, 지하수위 예측시스템을 활용하여 전국 홍수 대책용 기본자료 활용이 가능하며, 수변지역에서 하천수-지하수 수변구역 관리에 유용하게 활용할 수 있다.

Smart한 지하 시설물 관리 및 운영에 효과적인 활용을 위하여 눈에 보이지 않는 지하 수자원시설물을 GPS와 3차원 자이로센서가 통합된 장치를 활용하여 3차원 증강현실로 표현이 가능한 기술을 개발하였고, 카메라 및 위치정보를 이용해 오차범위 50cm 이내로 원거리에 위치한 사물, 지점 등의 경위도 좌표를 취득해 3차원으로 표현하여 계측되는 자료의 수치와 관련 영상을 실시간으로 표현해 지하수 관측정의 효율적 관리에 사용될 수 있다. 본 증강현실 개발 툴킷은 지하수 정보 외에도 지질정보, 도로, 수도, 건설 정도 등 목적에 따라 다양한 분야의 관리기술로 활용이 가능하다.



〈개발된 자동관측정〉

또한 지하수 계측장비를 국산화, 관측정의 획기적 소형화, 양방향 통신기술을 통한 데이터 신뢰성 향상 및 지하수관측정 설치/운영 비용절감에 기여하였다. 자동관측정 설치공간 최소화(기존 9㎡ → 1㎡)를 통해, 공간적 제약에 의해 설치 위치 선정에 어려움을 겪었던 지하수 자동관측정 확대가 가능하게 되었으며, 기존 자동관측정 설치에 소요되는 비용을 50% 수준으로 절감이 가능하게 되었다. 태양전지를 사용한 자동계측 시스템 저전력 소모 기술개발, 데이터 소통률 향상으로 격오지 원격제어 통신 가능지역 확대로 지하수 관측망 설치가 용이해졌으며, CDMA를 통한 양방향성 통신망 프로토콜 구현으로 데이터 수신율을 기존 20% 수준에서 90%로 향상하여 제품의 업데이트 혹은 계측 정보 변경 시 자료의 끊김 현상을 제거함으로써 데이터 전송의 안전성 및 신뢰성을 향상시켰다. 연구를 통해 개발된 지하수 자동관측 원격제어 시스템은 부산 사상구, 대전 대덕구, 강원도 원주시와 춘천시, 충청남도 계룡시, 아산시, 경상남도 창원시, 양산시, 남해군 등 8개 지자체에 판매되어 설치, 운영중에 있다.

본 연구를 통해 개발된 최신의 지하수 자동계측 시설, 최첨단 지하수 관리기술은 데이터의 신뢰도 향상, 비용절감 뿐 아니라 우리나라 지하수 자원을 효율적으로 이용하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.



〈기존 자동관측정〉



## 연구진 한마디




태풍 삼바로 비가왔을 때 침수조사를 위하여 현장에 나간 적이 있습니다. 엄청난 비와 바람을 맞으며, 침수조사를 하는 가운데 우산은 너덜너덜해지고, 비를 피한다고 우의를 입었음에도 속옷까지 흠뻑 젖고, 하천조사를 하는데 불어난 물에 자칫 연구원이 휩쓸려갈 뻔 한 아찔한 순간까지 있었습니다. 토양 수분을 측정하기 위하여 상주보 인근에서 5일을 밤낮으로 교대하면서 조사를 진행하고 있을 때 처음에는 동네분들이 의심과 호기심이 가득한 눈초리를 보냈습니다. 더군다나 비까지 세차게 내리는 날에는 차량 한쪽에 쭈그리고 앉아서 라면으로 요기를 때우며 주민들의 따가운 눈총을 받았습니다. 그러나 며칠 후 궁금한 것을 이것저것 물어보시고 직접 수확한 과일 등을 가져다 주시면서 격려해주셔서 마지막날까지 무사히 조사를 마치고 내려왔던 기억이 있습니다. 이런 보람 속에서 관정내장형 원격장치와 자동 수질측정 장치의 국산화 개발에 성공해, 국내 기술로 SMART한 수변지역 지하수 관리가 가능하게 되었습니다. 이미 지역지하수 관측망 11개에 본 기술이 구축되었으며, 기존 기술과 비교하여 연간 약 50% 이상의 경제적 비용이 절감될 수 있을 것으로 기대되어 세계 최고의 기술이라는 긍지와 자부심을 갖고 계속하여 연구해 나갈 것입니다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Optical distruibution of groundwater monitoring wells near the river barrages of the 4MRRP using a nummerical model and topographic analysis<br>· A comparative study on forecasting groundwater level fluctuations of national groundwater monitoring networks using TFNM, ANN and ANFIS<br>· A method to improve the stability and accuracy of ANN– and SVM–based time series models for long–term groundwater level prediction |
| 지적재산권 | · 원거리 목표물의 좌표 산출 시스템 및 방법<br>· 수위 보정용 초음파 센서를 구비한 다항목 지하수 수질계측기<br>· 지하수관측망 원격 모니터링(WEB)<br>· 경제조건을 고려한 인공신경망 기반 지하수위 예측 시계열 모델(ANNBC) |
| 사업화 매출액 | · 지자체 지역지하수관측망 구축(계룡시, 춘천시, 진주시, 밀양시, 창원시, 양산시, 남해군, 부천시) |

Welfare R&D
공공복지 기술 I 물관리연구사업

# 고효율·고온수 개발을 통한 지열히트펌프의 끊임없는 진화

## 지하수 열원을 이용한 냉난방시스템 개발



**연구책임자** 김 은 오
**소 속 기 관** 대성히트펌프
**이 메 일** ehkim@daesung.co.kr
**전 화 번 호** 043-882-8105
**연 구 기 간** 2011.10~2016.06

**연 구 진**
이강근(서울대학교)
윤운상(넥스지오㈜)
이영민(한국지질자원연구원)
최종민(한밭대학교)

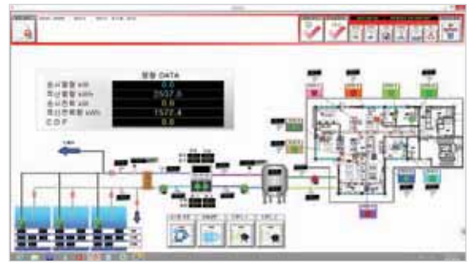
지열히트펌프는 냉매를 압축, 응축, 팽창, 증발시킴으로써 실내 공간을 쾌적하게 냉방 또는 난방시키는 장치를 히트펌프라고 한다. 본 연구진은 이코노마이즈 사이클을 이용하여 버려지는 응축열을 재활용할 수 있는 시스템 기술을 적용하여 효율성을 높이고, 고온수 출탕이 가능한 지열히트펌프를 개발하였으며, 열량, 효율, 온도, 유량, 가동상태값 등을 원격으로 자동 제어할 수 있는 모니터링 시스템 개발에 성공하였다.

전세계적으로 에너지 자원이 점차 고갈되어 가고 있으며, 최근의 리비아, 시리아 등 아프리카와 중동지역의 민주화 운동 등 급변하는 국제 정세로 인해 에너지 가격이 급등하고 있다. 이에 에너지 소비에 비해 부존에너지가 부족한 우리나라는 대체에너지 개발과 에너지 재활용이 매우 시급한 과제이다. 특히 우리나라의 에너지 소비는 매년 약 10%라는 경이적인 증가율을 보이고 있기 때문에 지열(geothermal) 에너지를 비롯한 태양에너지, 풍력, 조력 발전 등을 통한 대체 에너지의 개발의 필요성이 크게 증가하고 있다.

개방형 지중 열교환기는 지하수의 거동이 활발한 천수 대수층 내의 지하수를 활용하여 지하수 대류의 영향을 덜 받는 폐쇄형 지중 열교환기에 비하여 지하수지질 환경에 대한 복합적인 이해가 필수적이나, 현재까지 수변지역 지하수 활용 지상설비의 최적 설계에 관한 연구는 매우 부족한 상황이다. 따라서 수변지역 지하수를 에너지원으로 활용가능하고 다양한 부하에 대응가능한 열펌프 유닛의 설계 및 기반기술을 확보하여 선진국과의 기술격차 감소 및 기술개발 후발국과의 기술 차별화를 달성하여 국가 에너지 절감 및 국제적 환경규제에 대응할 필요가 있다.



〈지열히트펌프 부품설계〉



〈원격 모니터링 시스템 구축 및 활용〉

기존 기술의 경우, 난방 시 온수를 65℃ 정도까지 사용하게 될 경우 압축기 토출온도가 135℃ 이상 수준으로 상승되어 에너지 효율이 낮고, 압축기의 기계적인 손상으로 수명을 단축시켜는 단점이 있었다. 그러나 본 기술은 응축열 재활용 시스템을 적용하여 65℃의 고온에서도 압축기 토출온도를 105℃ 미만으로 유지되도록 안정적인 설계하였고, 응축열을 재활용함으로써 전체적인 냉매 순환량을 증대시켜 냉,난방 시스템의 효율 및 성능을 향상시키게 하였다. 본 기술개발로 압축기의 신뢰성이 확보되어 수명저하 예방하였으며, 또한 고온수 출탕을 이룸에 따라 설치 비용을 약 20%의 절감 효과를 기대할 수 있다. 또한 고온출탕으로 레지오넬라 균 등의 사멸효과를 높여 기존기술과 비교하여 위생적인 이점을 가진다.

※ 기존 기술 : 이코노마이져 시스템 기술 미적용 ⇒ 효율低, 온수출탕 55도

※ 개발 기술 : 이코노마이져 시스템 기술 개발 ⇒ 효율高, 온수출탕 65도

녹색성장의 기치 아래 지열 개발이 활성화되고 있으나, 지하수보다 효율이 상대적으로 낮은 지중열 활용기술 개발에 편중되어 있었다. 그러나 지하수 열원을 이용한 본 냉·난방시스템은 고온에서 출탕이 가능해짐에 따라 에너지 효율이 향상되어 기존 대비 10%의 전기세 절감효과가 기대되며, 위생문제를 해결함으로써 신규 수요 창출이 가능해졌다. 최근 교토협약 등 친환경 에너지 자원에 대한 정책적 수요가 급증하는 가운데, 본 시스템의 개발로 고효율, 고온수 시장 활성화에 초석이 될 것으로 기대하며, 향후 대형 시장에서도 본 시스템이 확장 적용될 경우 국가산업 발전에 큰 기여를 할 것으로 예상한다.




〈지열히트펌프 개발품 양산화〉



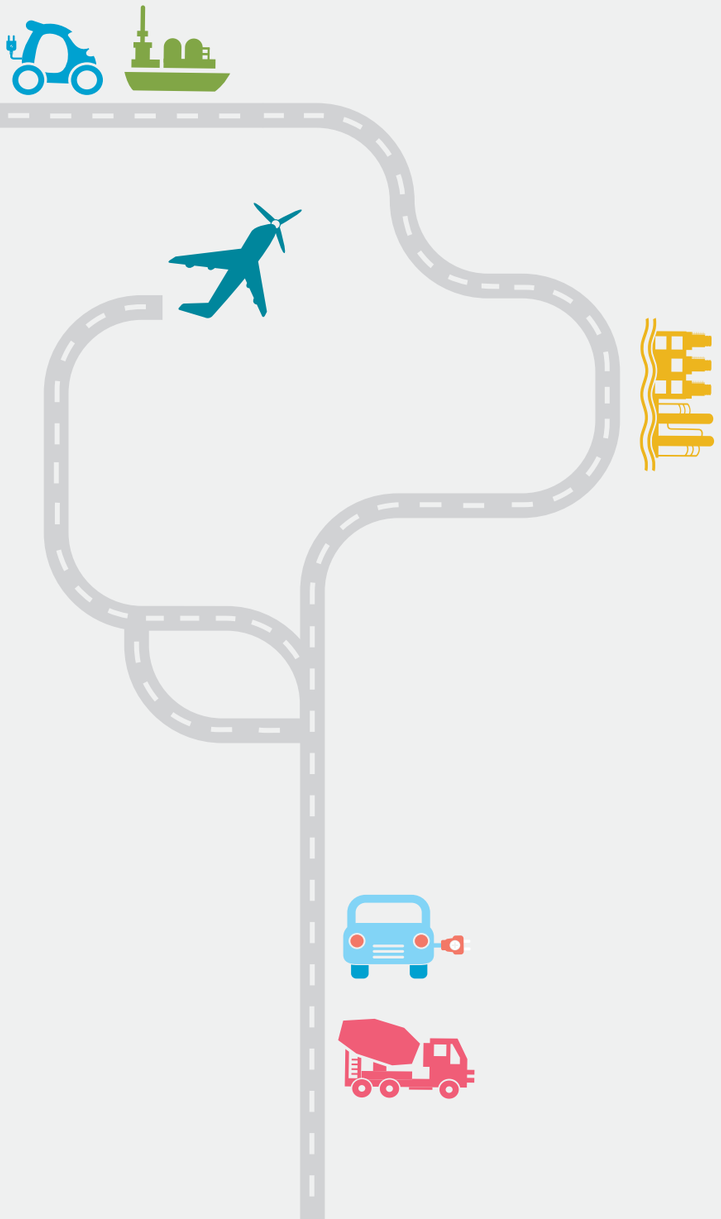
## 연구진 한마디



지열히트펌프 상용화를 위해서는 한국냉동공조인증 센터(공인시험)에서 성능 및 효율 인증시험을 거쳐 최저 효율이상이 되어야 상용화가 가능하다. 신재생에너지설비인증 시험을 진행하면서 인증기준보다 매우 높은 효율로 인증을 취득하여 신재생 주관기관인 에너지관리공단에서 본 제품에 대해 의심의 눈초리로 보아서 당황 했었다. 인증시험이 끝나고 추가로 재시험은 요청이 있어서 다시 검증시험을 했지만 동일한 결과로 업계 최고의 효율이 나왔다. 2014년부터 에너지관리공단에서 지열히트펌프에 대해 효율을 강화시키는 법령을 시행하여 난방효율(COP)가 4.0 이상이 나오는 사례가 없었는데, 본 개발품의 경우 COP가 4.12로 인증을 받아서 업계에서 놀라움을 금치 못했으며, 기술의 한계는 무한함을 실에로 보여준 사례라 할 수있어, 개발에 참여한 연구원의 긍지를 높여 주었다.
기술의 한계는 없으며 끝임없는 도전정신과 열정을 가지면 목표 성취의 길은 항상 함께 할 것 이다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Numerical Verification of Hyporheric Zone Depth Estimation using Steamed Temperature<br>· Groundwater Pumping Effeicts on Contaminant loading Management in Agricultural Regions<br>· Thermal Characteristics and Bacterial Diversity of Forest Soil in the Haean Basin of Korea<br>· 한국중부지역의 화강암 열물성 |
| 지적재산권 | · 히트펌프 이코노마이저, 히트펌프 및 이를 이용한 냉난방시스템<br>· 충적 대수층을 이용한 지하수열활용 저장시스템<br>· 바이패스 밸브를 이용하는 히트펌프 시스템 및 그 작동방법 |
| 기술이전 | · 신재생에너지 설비인증 |
| 사업화 매출액 | · 지열히트펌프 20RT 판매 |





# 사업화 유망 기술
# Business R&D

국토교통R&D에서 개발한 기술은 뛰어난 활용도를 배경으로, 사업화되어 실제 현장에서 널리 쓰이고 있습니다. 미래 기술 수요에 대응하여 고효율, 고속화, 자동화 등의 기술 개발과 발전을 이뤄내고, 나아가 이렇게 개발된 기술의 사업화를 통해 새로운 국가 성장 동력을 창출하고 국부 창출의 기반이 되는 창조경제의 발판을 마련하고 있습니다.

Business R&D

사업화 유망 기술 I 국토교통기술사업화지원

# 국내 유일 70m 철도교가 가능한 강합성 거더를 만들다

## 장경간 강합성 거더(SBarch합성거더)의 철도교 실용화 기술개발




**연구책임자** 원 용 석
**소 속 기 관** 혜동브릿지(주)
**이 메 일** yswon35@naver.com
**전 화 번 호** 070-8255-8248
**연 구 기 간** 2010.12~2012.01

**연 구 진**
정수길
진동섭(이상 혜동브릿지(주))




교량은 도로 및 철도의 연속성을 위하여 강, 계곡 등과 같은 교량하부의 장애요소를 넘어 횡단하기 위해 설치되는 필수적이고 중요한 구조물로 무엇보다 안전이 최우선과제이다. 동 성과는 우수한 구조적 안정성 확보는 물론, 고가인 강재의 사용량을 절감시켜 국가예산 절감, 심미성 강화를 동시에 이루는 데 성공했다. 세계 최초이자 유일의 기술로서 세계시장으로의 수출 역시 기대된다.

종래 기술은 강교적용에 있어 강재의 비효율적인 사용으로 인해 강재량이 과다하여 경제성 측면에서 불리하고, 무거운 중량으로 인해 장경간 적용시 제약이 있었다. 동 성과는 U형 단면과 I형 단면을 효율적으로 결합시켜 최적 단면을 구현하였고, 박스 내부에 충전(아치)콘크리트가 타설되어 압축 강도면에서 취약성을 갖고 고가인 강재를 대신하여 압축보강재를 생략, 강재와 충전콘크리트의 합성구조에 의해 압축응력을 지지하여 약 30% 강재량을 절감시켜 경제성을 확보하였다.
한편 안전성 확보를 위해 SBarch합성거더만의 구조적메커니즘을 통해 진동 및 처짐 등의 구조적 성능을 개선하였다. 또한, 끊임없는 연구와 20m 실물파괴실험, 69m 현장재하실험, 국내 최초 60m 장경간 철도교 정·동적 재하실물실험, 세계 최초 105m 도로교 상부거치시연회 등 다수의 실물실험으로 성능검증 및 문제점을 파악 보완 하고 있으며 향후 105m 도로교에 대한 차량하중재하실험을 진행중에 있다.



〈SBarch 합성거더 60m 철도교 실물실험〉



〈도로교 105m 거치시연 전경〉

철도교 설계기준 분석 및 도로교 설계기준과의 비교를 통해 설계 모델을 개발하였다. 또한 철도교를 대상으로 설계된 SBarch 합성거더교로 동적해석을 수행하고 교량의 동적응답을 다각적으로 수집하였다. 열차의 주행으로 인한 철도교의 실질적인 거동은 교량의 종류와 형식, 교량, 열차의 동적특성, 궤도의 상태, 열차의 주행 속도 등 여러 요인에 인해 변화하는 점을 고려하여 동적거동분석을 수행하였다. 설계 시 시공단계별 하중상태에 따라 설계, 시공 단계별 발생응력의 안전성을 검토하여 3차원 해석을 수행하였다. 해석결과 2D 설계와 유사한 값을 나타내고 있어 허용응력의 85% 수준으로 설계된 2D 설계는 안전측 설계라 판단하였으며 3D 해석결과 아치콘크리트는 단부에서 일부 인장응력이 발생하나 전단면 압축상태로 아칭효과가 발생하고 있음을 확인하였다.

2014년 총 10,565 백만원의 사업화 매출액이 발생하였다. 개별사업화 성과로는 상무평화공원 순환도로 개설공사를 통해 공원 내 설치교량에 아치형상의 측면 미관이 우수한 SBarch를 적용하여 문화공간을 창출하였고, 고속국도 제 30호선 상주-영덕간 건설공사(제 10공구)에서 강재중량 감소를 통해 크레인 가설을 용이하게 해 시공성 및 경제성을 향상시켰다. 성남-여주 복선전철 제5공구 건설공사를 통해 국내 철도교 장경간 60m 강합성거더의 첫 적용 사례로써 보다 긴 경간을 구성해 교각수를 줄여 형하공간 확보하였으며, 수도권서부고속도로 (수원-광명) 민간투자사업 건설공사를 통해 까다로운 현장조건에 의한 가설의 어려움을 해결하고 강재량 절감을 통한 경제성을 향상시켰다.



〈상무평화공원 순환도로 개설공사〉



〈고속국도 제 30호선 상주-영덕간 건설공사 제 10공구〉



〈성남-여주 복선전철 제5공구 건설공사〉



〈수도권서부고속도로 (수원-광명) 건설공사〉



## 연구진 한마디



SBarch합성거더는 기존의 강교와는 차별화된 기술력을 적용한 거더로써 U형 단면과 I형 단면의 최적 구성과 콘크리트 충진에 대한 범위 선정에 있어 많은 어려움을 겪었지만 현재 다수의 현장 적용과 신기술등록 및 국내 및 세계최초의 실물실험을 통해 높은 기술력의 강교시장에 한차원 높은 수준의 독보적인 기술력을 입증하여 많은 자부심을 느끼고 있다.
기존 강박스의 문제점인 과다한 강재량과 사용성 불량의 단점을 보완하고자, U형 단면을 아치형상으로 변단면 배치하고, 그 내측하면에 아치콘크리트를 일정한 두께로 타설하여 압축강도 및 처짐과 비틀림에 대한 강성을 확보하고자 하였으며 거더의 중간 복부와 하부 인장부에는 I형 단면을 배치하여 효율적인 단면을 구성하고자 했다. 연구과정에서 U형단면과 I형단면의 가장 합리적인 구성을 찾고자 모든 연구진의 역량을 집중 투입했고 실물실험, 3차원 모델링 등을 통해 구현에 성공하였다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 교량시공용합성거더 |
| 사업화 매출액 | · 익산일반산업단지 진입도로개설공사(3,276,900천원)<br>· 수도권서부고속도로(수원-광명) 민간투자사업 건설공사(1,944,800천원) |
| 현장비용 절감 | · 고속국도 제600호선 부산외곽순환 고속도로 건설공사 제10공구(1,904,000천원) |

Business R&D

사업화 유망 기술 I 교통물류연구사업

# 도로 위에 설치된 교통관리 센터

## 첨단도로교통 시설물 통합제어 기술 개발(ITS통합제어기)




**연구책임자** 조 용 성
**소 속 기 관** 한국지능형교통체계협회
**이 메 일** standard@itskorea.kr
**전 화 번 호** 031-478-0403
**연 구 기 간** 2011.12~2015.05

**연 구 진**

손승녀, 강동윤, 장기훈 외 (이상 한국지능형교통체계협회)
김광섭, 허재동, 김장환 외 (이상 휴앤에스(주))
한동진, 임정민, 김대완 외 (이상 지슨(주))
박연섭, 구자열, 엄호성 외 이상 (주)한일STM)
이정준, 박창길, 전혜선 외 (이상 모루시스템(주))
서준석, 이호영, 윤준영 외 (이상 서진이엔에스(주))
김승준, 김원호, 이진학 외 (이상 서울연구원)
김경석, 권진경, 신의섭 외 (이상 공주대학교)




ITS 통합제어기는 임베디드기술을 적용하여 다양한 ITS 현장장비를 기존대비 70%이상 축소된 크기의 하나의 함체에서 통합제어·관리함은 물론 현장의 교통 환경을 스스로 판단하여 즉각적인 교통관리가 가능하도록 개발하였다. 본 연구진은 개발과 동시에 사업화를 위하여 국제표준을 반영한 개발 기술을 ITSK 단체표준으로 제정 고시함으로써 국내 보급기반은 물론 해외 수출 경쟁력까지 갖추는데 성공하였다.

현재 ITS 현장시설은 대략 5~8개의 장비가 동일위치에 설치되고 있으나, 장비별 1:1 개별 설치 운영 중인 제어기로 인해 중복 구축에 따른 재원 낭비, 보행환경 저해 등의 사회적 문제를 야기하고 있고, 기존 제어기는 비표준화에 따른 장비 설치 · 교환의 유연성 부족, 개별시스템의 전력수급 및 유지관리 비효율에 따른 운영상 문제가 야기됨에 따라 개선이 필요하였다.

유럽 및 미국, 일본 등 선진국에서는 V2I 기술 등 첨단기술을 활용한 다양한 ITS 시스템 구축을 계획하고 있어 노변장치의 양적인 확대가 예상되는바 이에 대한 소형화, 통합화, 표준화 기술이 요구되었다.
이에 본 연구진은 임베디드 기술을 적용하여 에너지효율을 향상시키고, 기능을 고도화 시켰음은 물론 기존제어기대비 70%이상 축소된 초소형의 통합제어기를 개발하였다.
ITS 통합제어기는 현장의 설치여건을 반영하여 다양하게 적용할 수 있도록 지주삽입형, 터널형, 슬림형, 스마트 형 등 다양한 유형으로 개발하였고, 하나의 장비만 설치될 경우를 대비하여 별도의 제어기 설치 없이 독립적으로 설치 및 운영이 가능한 5종의 제어기 일체형 장비도 개발하였다.




〈ITS통합제어기의 유형〉

통합제어기는 기존 센터를 통해서만 수행 할 수 있었던 돌발상황 관리와 같은 교통관리 전략을 현장에서 즉각적으로 수행할 수 있도록 개발하는데 성공함으로써 교통안전성 향상에 크게 이바지 할 수 있을 것으로 기대된다.




〈현장기반 교통관리 전략 수행 기능〉

국제경쟁력 확보는 물론 상호호환성 확보를 위하여 ISO 국제표준과 세계시장에서 부각되고 있는 NTCIP 미국표준을 적용하였고, 이를 바탕으로 관련기술은 ITSK 단체표준으로 제정 고시함으로써 기술보급 확산기반을 구축하였다.
뿐만아니라 ITS통합제어기는 우리나라가 선도적으로 개발한 세계적인 우수 기술로써 근래 ISO 국제 표준 총회를 통해 국제 표준화를 추진하고 있다.




〈상호 호환성 관련 국제 표준을 반영한 ITSK 단체 표준 제정 성과〉

ITS통합제어기는 해외 개발 사례가 없는 원천기술로써 연간 1조 4,000억원 규모인 해외 제어기 시장에서의 경쟁력 확보가 가능할 것으로 기대되며, 구축 및 운영/유지관리비 절감 및 사회비용 감소에 기여할 것으로 기대된다.



## 연구진 한마디



개발과정에서 가장 큰 애로사항은 사용자가 원하는 수준의 성과물을 만들기 위해 개발자를 설득하는 일이였다. 좁혀질 것 같지 않던 연구자와 개발자간의 견해차이도 3년간의 연구기간을 동고동락하면서 한마음이 되었고, 모두의 열정과 노력이 결실을 맺어 성과점검보고회에서는 평가위원들로부터 연구성과 100% 달성을 인정받아 우수성과로 선정되는 영광을 얻었다. 디트로이트, 도쿄 세계대회 등 국제 전시에 참가했을 때에는 주요기술로 선정되어 ITS데일리 뉴스에 통합표준제어기가 소개되었을 정도로 해외의 관심도 높아 향후 수출에 대한 전망도 밝은 것으로 기대된다. 연구는 종료되었지만 우리는 개발성과의 사업화를 위해 끊임없이 노력을 경주할 것이다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 개방형 통합 플랫폼 함체<br>· 슬라이딩 및 회전가능한 랙 내장형 지주<br>· 함체고정장치<br>· 분산형 교통신호제어기<br>· 최소접점 솔더방식의 교통신호용 피시비 보드 |
| 기술이전 | · 휴앤에스 4건 총 45,392,000원<br>· 지슨 2건 64,089,000원<br>· 한일STM 1건 24,773,000원 |

Business R&D
사업화 유망 기술 I 국토교통기술사업화지원

# 단조롭고 투박함에서 벗어나, 이제는 수려한 미관을 갖춘 PSC-I빔 시대!

## 아치형상의 수려한 미관을 갖추고 경제성을 향상시킨 PSC-I 빔 교량 공법(APC빔)



**연구책임자** 김 철 호
**소 속 기 관** 에이스이엔씨
**이 메 일** ky5015@naver.com
**전 화 번 호** 031-421-3883
**연 구 기 간** 2009.04~2010.08

**연 구 진**
전혜관(에이스이엔씨)
김동조(에이스이엔씨)

경제적이며 구조적으로 우수하고 합리적인 연속화 구현은 물론 기존의 획일적이고 불량한 미관을 개선하기 위한 새로운 공법의 필요성이 증대됨. 이에따라 기존 연속화 방법에서 발생되는 바닥판 횡 균열 문제를 해결하고 더 나아가 변단면 PSC-I빔만의 합리적인 연속화 공법을 개발하여 경제성을 향상시키는 것을 목표로 하였다.

기존의 PSC-I빔은 시공성과 경제성을 장점으로 하여 교량의 상부구조 형식으로 널리 사용되는 공법이나, 경간장의 함께 불량한 미관으로 그 적용에 제한이 있다. 이로 인하여 경간장이 길어지거나 미관이 고려되는 교량의 건설에 있어서는 부득이 고가의 강박스거더, PSC박스 등이 사용되고 형하고 제약이 있는 경우에는 프리플랙스빔 등이 사용되고 있는데 이로 인한 건설비용의 증가는 큰 부담이 아닐 수 없다. 이에 합리적인 단면구성과 긴장효율을 최대화 할 수 있는 긴장시스템의 단순화로 시공성을 감안한 경간장 증대를 가능하게 하고 빔 하연을 아치형태로 제작하여 미관을 향상시킬 수 있는 빔의 개발이 필요하였다.



〈용장교〉



〈대리교〉

기존의 PSC-I빔은 단순한 공정으로 경제성을 바탕으로 널리 사용되어 왔다. 2000년대 들어 고강도 콘크리트의 보급과 외국 사례들에 대한 연구가 활발히 진행되어 국내에도 경간장을 50m까지 증대시키고, 형고를 줄일 수 있는 많은 개량형 PSC-I빔들의 개발이 계속되어 왔다. 하지만, 이러한 형태의 빔들은 긴장공정을 하중단계별로 나누어 도입하는 이른바 다단계 긴장방법을 적용하고 있다. 하지만, 추가적인 긴장으로 인한 공사비 증가와 외부에 돌출된 정착장치로 교량의 미관을 저해하는 요인으로 지적되고 있다.
이에 외부의 하중에 저항하는 긴장력을 일반 PSC-I빔과 동일하게 제작장에서 1회에 도입할 수 있는 합리적인 단면을 구성하여 시공의 단순화 한 것이 핵심이다.

연속교의 구성 시 철근에 의한 연결방법과 강선에 의한 연속화 방법이 있다. 전자는 동일 경간장에서 중앙부의 형고를 감소시키고, 추가적인 긴장작업 없어 경제적이고 단순하게 시공이 가능한 방법이며, 후자는 슬래브와 거더의 합성 이후에 작용하는 하중에 의해 발생하는 부모멘트 구간에 강선을 이용한 압축력 도입으로 저항하는 연속화 방법이다.

빔을 변단면으로 제작하기 위하여 토사, 콘크리트, 강재 등을 이용하는 제작방법에 대한 연구가 이루어졌으며, 이와 관련한 지적재산권 획득과 실제 현장에서의 측량과 강재거푸집의 곡면형태 구현으로 아치형태의 빔을 제작하는 시공기술이 개발되어 현장에서 시공이 이루어지고 있다.



〈대구신천좌안도로 대구광역시〉



## 연구진 한마디




새로운 기술이나 공법을 개발한다는 것은 무에서 유를 창조하는 것이 아니라 기존 기술의 문제점들을 확실히 파악하고, 그 대안이나 보완점들을 연구하다 보면 도출되는 것이다. 말로 설명하기 힘든 어려운 난관을 연구진들과 극복해나가면서 아무도 생각하지 못했던 기술들을 현장에서 구현해갈 때 가장 보람이 있었다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 프리캐스트 교대흉벽을 이용한 반일체식 교량 및 그 시공방법(10-1452178) |
| 사업화매출액 | · 고속국도 제30호선 상주-영덕간 건설공사(제7공구)(1,144,000천원)<br>· 선장-염치간 국지도 확포장공사(691,680천원)<br>· 고속국도 제600호선 부산외곽순환건설공사(제11공구)(290,400천원)<br>· 그 외 15건의 사업화매출액 성과에서 총 2,328,551천원의 매출액 발생 |

Business R&D

사업화 유망 기술 | 국토공간정보연구사업

# 살아 움직이는 도시

## 실시간 위치기반 서비스를 위한 응용프로그램 개발




**연구책임자** 유 기 윤
**소 속 기 관** 서울대학교
**이 메 일** kiyun@snu.ac.kr
**전 화 번 호** 02-880-1355
**연 구 기 간** 2011.12~2016.06

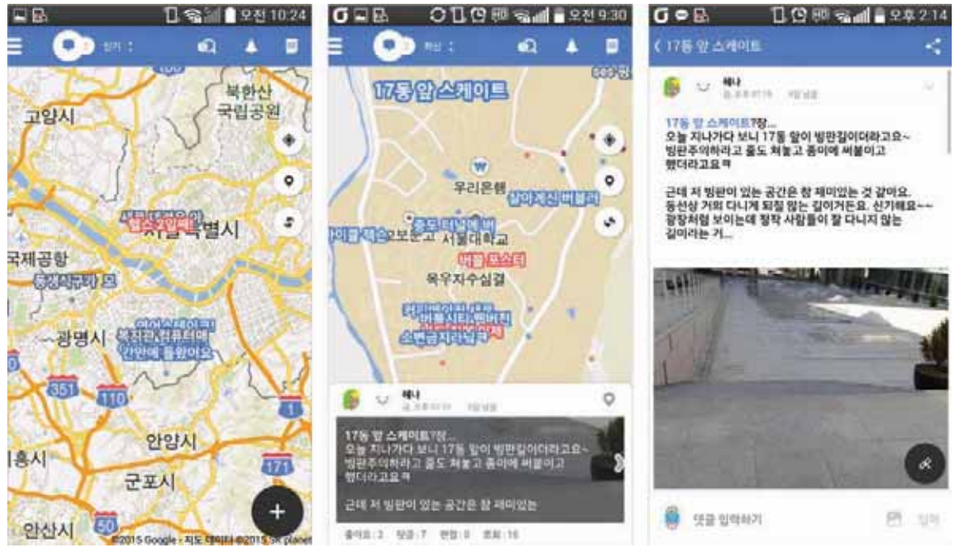
**연 구 진**

김지영, 김정옥, 노건일 외(이상 서울대학교)
편무욱, 엄은정, 문수정 외(이상 건국대학교)
이승우, 배상원, 박종구 외(이상 ㈜로딕스)
오세홍, 이종오, 이규영 외(이상 ㈜시터스)




최근 생활 활동 기반의 완전한 공간정보 서비스 제공을 위하여 생태정보(정주, 이동, 연결)의 실시간 제공과 공간검색, 각종 생활 이벤트 등 살아 있는 공간정보 서비스 기술에 대한 요구가 증대되고 있다. 한편 미국의 Google Earth를 비롯하여 국내 V-world의 공간정보 구축과 서비스 기술은 3차원 공간정보에서부터 다차원 공간정보를 연계시킨 서비스로 진화하고 있다. 동 성과는 다차원적인 공간정보를 기반으로 하여 사람들의 다양한 생태정보와 이벤트 정보들을 연계시켜 다양한 환경에서 활용할 수 있도록 실시간으로 제공하는 개념인 Realtime Digital Map(이하 RDM)에 대한 기반기술들을 개발하고자 하였으며, 이를 통해 한 단계 높은 수준의 실시간 다차원 공간정보 서비스를 제공하고자 하였다.

본 연구의 핵심기술들을 활용하여 개발한 버블시티는 위치 기반의 익명 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service, SNS)로, 특정 공간에서 올라오는 메시지들을 지도 위에서 실시간으로 볼 수 있는 기능을 제공한다. 앱 이름인 버블은 지껄이다(burble)는 의미와 함께 거품(bubble)처럼 메시지가 터진다는 중의적인 의미를 담고 있다. 버블시티는 타임라인 형식으로 위에서 아래로 메시지를 보여주는 기존의 SNS와는 달리 사용자가 본인의 위치 위에 메시지를 띄우는 식으로 되어 있다. 즉, 지도 위에 메시지가 실시간으로 업로드되는 방식이다. 타 SNS와 비교했을 때 버블시티가 가지는 차별성이자 중요 컨셉은 익명 서비스라는 점과 사용자가 미리 지정한 시간(최소 1시간, 최대 4주)이 지나면 메시지가 자동적으로 사라진다는 점이다. 본 서비스는 지도 위에 시각적으로 메시지를 표현하고 실시간으로 전달하는 기능, 관련된 메시지들을 서로 연결하는 기능, 일정한 범주 안에 있는 사람들을 친구처럼 묶어 주는 기능, 그리고 특정 사람이 올린 메시지를 기반으로 사람과 사람을 연결하는 기능 등이 구현되어 있다. 버블시티는 현재 안드로이드 버전으로 개발되었으며, 구글 플레이스토어에서 다운로드 하여 사용할 수 있다.



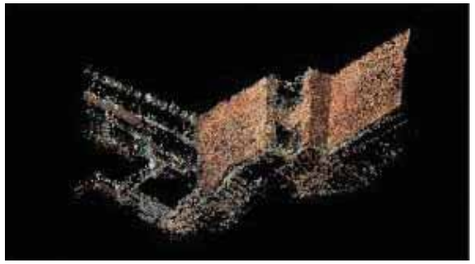

〈버블시티 동작 화면〉

드라마하우스 역시 본 연구의 핵심기술들을 기반으로 개발되었으며, '내'가 중심이 되는 서비스를 제공한다. 즉, 연예인, 작가 등의 유명인이 아닌 사용자 개인들이 주인공이 되어 직접 자신만의 이야기를 만들어낼 수 있는 공간을 제공하는 것을 목표로 개발되었다. 따라서 사용자들이 '내'가 중심이 되는 서비스라는 것을 인지할 수 있도록 하는 요소들을 UI(User Interface)에 반영하였으며, 이러한 점이 페이스북, 트위터, 인스타그램, 블로그 등 기존의 SNS와 차별되는 점이라고 할 수 있다. 드라마하우스에서 제공하는 기능을 통해 사용자들은 자신만의 이야기를 만들어 다른 사람들이 볼 수 있도록 해당 컨텐츠를 방영할 수 있으며, 다른 사람들의 이야기도 시청할 수 있다. 각 드라마에는 해당 내용과 관계된 위치정보를 포함시킬 수 있다. 드라마하우스는 현재 안드로이드 버전으로 개발되었으며, 구글 플레이스토어에서 다운로드 하여 사용할 수 있다.

동 성과를 통해 공간 및 비공간 정보를 이용한 다차원 공간정보의 구축, 융합, 활용 및 시계열적인 관리가 가능함으로써 공간정보기술의 혁신 선도 및 신규 GIS 시장을 창출할 수 있다. 또한, 전 세계적으로 요구되고 있는 실시간으로 변화하는 현장 공간정보 및 객체의 모니터링이 가능한 연계 기술을 개발하여 관련 분야의 기술을 선도하고 주도권을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 더욱이 기존 3차원 공간정보 구축 및 지도제작의 단점인 느린 갱신주기를 보완하고, 일반 사용자들도 쉽게 사용 가능한 보편적인 광학장비를 이용하여 정확도 높은 3차원의 공간정보를 생성할 수 있으며, 이에 따라 (근)실시간으로 지형 및 지물의 변화를 반영 가능하고, 다양한 종류의 영상데이터를 활용가능하다는 점에서 기존 공간정보 데이터 구축과 지도제작 방법을 개선할 수 있다.



〈Stereo CCTV를 이용한 3차원 공간데이터 구축 기술〉



〈Multi-Source data를 이용한 (근)실시간 공간데이터 구축 기술〉



## 연구진 한마디



연구에 참여한 팀원들 각자 연구주제를 정하고 실험을 해가면서 관련 있는 논문들을 읽고 실험 결과를 보면서 관련 논문을 내기 시작했다. 몇몇 개의 주제는 연구를 진행하기 어려운 점도 있었으나, 실용화를 생각하면서 창의적인 내용들로 연구를 채워나가기 시작했다. 아무도 하지 않은 것은 곧 우리가 하는 것이 정답이기 때문이다. 이 과정에서 무수한 회의, 연구 성과물의 청사진을 그리기 위한 다방면의 리서치가 있었다. 개발한 어플리케이션에 대해 언론의 관심을 받게 되었고 그 덕에 일간지를 비롯한 다양한 매체를 통해 성과를 보도할 수 있었다. 일단 언론에 보도가 되자 많은 분들의 격려가 뒤따랐고 연구를 하는 과정에서의 어려움을 잊고 지속적으로 노력할 수 있는 동력이 되었다. 주위의 관심을 받는다는 점은 오랜 연구과정에서 단비와도 같이 긍정적 역할을 해 주는 것 같다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · New POI construction with street-level imagery<br>· Tagging-the-triangle algorithm for partitioning features with inconsistent boundaries |
| 지식재산권 | · 연속지적도의 다축척 모델 생성 방법<br>· 수치지형도 네트워크 데이터에 대한 다축척 모델 생성 방법 |
| 기술이전 | · 드라마하우스 어플리케이션, ㈜시터스, 계약금 5,000,000원<br>· "실시간 CCTV를 활용한 3D Reconstruction Algorithm의 Know-How"에 관한 기술이전, ㈜로딕스, 계약금 5,000,000원<br>· "Multi-source data를 활용한 3D Reconstruction Algorithm의 Know-How"에 관한 기술이전, ㈜로딕스, 계약금 5,000,000원 |

Business R&D
사업화 유망 기술 I 도시건축연구사업

# 정확하고 빠른 설계품질 확보를 위해 스마트한 BIM기술 개발

## 설계품질혁신을 위한 개방형 BIM 기술개발

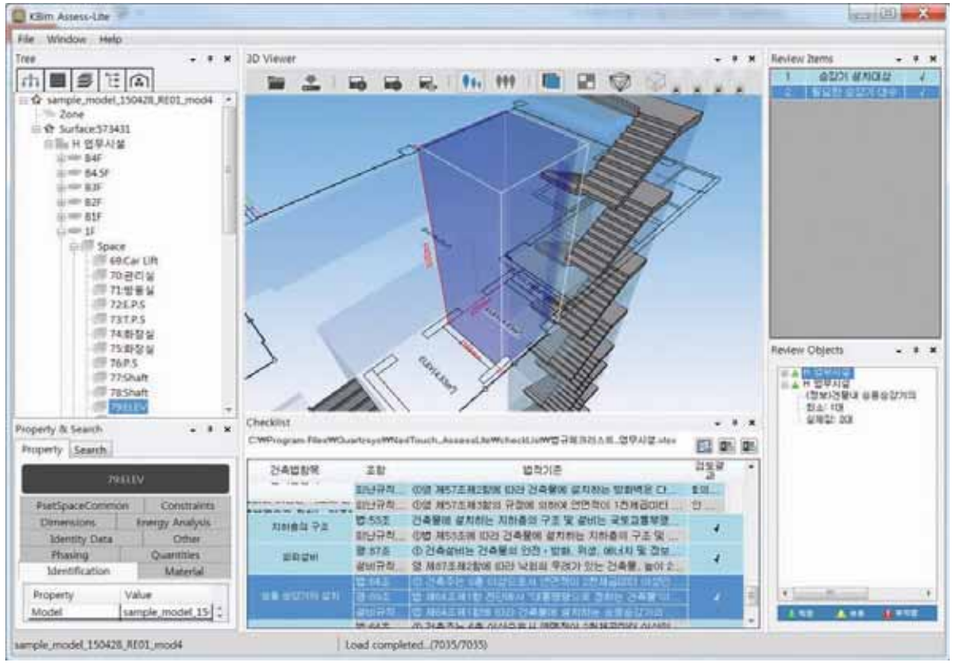


**연구책임자** 김 인 한
**소 속 기 관** 경희대학교
**이 메 일** ihkim@khu.ac.kr
**전 화 번 호** 031-201-2926
**연 구 기 간** 2013.11~2016.11

**연 구 진**
추승연(경북대학교), 유정호(광운대학교)
박문서(서울대학교), 이진국(한양대학교)
임진혁(대한건축사협회), 진창환(해안종합건축사사무소)
손영석(석영시스템즈), 김구택(코스펙이노랩)
김철(솔리데오시스템즈)

작성된 BIM모델이 설계자가 원하는 설계품질을 충족하는지 여부를 자동으로 평가하는 프로그램인 KBim Assess-Lite는 객관적인 검토기준(규칙)에 의한 체계적인 설계품질 평가를 지원한다. 건축법규 및 제기준에 대한 설계검토뿐만 아니라 설계자가 검토하고자 하는 특정한 품질항목에 대한 규칙을 직접 신규 제작/수정/삭제할 수 있어, 설계자가 원하는 설계품질에 대한 다각적인 검증을 가능하게 한다.

최근 대형화, 복합화된 비정형 건축물들의 등장으로 2차원 도면을 바탕으로 한 기존 설계방식의 한계가 발생하고 있으며, 동시에 타 산업분야에 비해 낮은 건축분야의 설계 생산성 향상이 요구되고 있다. 이와 같은 건설 산업 환경의 변화에 적극적으로 대응하기 위한 설계분야의 BIM 표준, 제반 인프라 확장 개발이 필요하며 실증을 통해 이를 실무산업계에 확산 보급하는 것이 시급하다.
설계품질 검증 자동화를 위해 검토기준(규칙) 중 핵심 건축법규 및 제기준을 논리규칙화시키는 시스템인 KBim Logic을 개발하였다. 대상법규의 법규문장을 객체, 속성 및 함수로 정의하여 자동화 법규검토 프로그램에서 활용될 수 있는 규칙으로 만드는 논리규칙화를 위한 체계 및 변환 모듈을 개발하였고, 규칙을 지속적으로 갱신하고 보완하기 위한 웹기반 데이터베이스를 구축하였다. KBim Logic을 통해 법규문장의 논리화 및 수정, 편집이 가능하며, 동시에 규칙의 지속적이고 체계적인 관리를 할 수 있다.




〈KBim Assess-Lite 프로그램 건축법 64조 검토 화면〉

BIM기반 설계도서의 정보요구와 정보표준 규격을 분석하여 도출한 최적화 설계도서 작성기준에 따라 건축도면과 구조도면, 구조계산서, 수량산출서에 대한 BIM 표준설계도서의 견본세트를 구축하였다. 또한 BIM 모델에서 자동으로 인허가 등에 필요한 BIM 표준설계도서를 추출할 수 있는 프로그램인 KBim D-Generator를 개발하였다. 업무의 효율성을 증가하기 위한 목적으로 인허가 이전까지의 BIM기반 협업프로세스를 구축하고 이를 지원하기 위한 BIM기반 설계협업지원시스템인 KBim Collaboration을 개발하였다. 본 시스템은 KBim Assess-Lite, KBim D-Generator, KBim Submission 등 본 과제에서 개발되는 다양한 프로그램과 연동되어 프로젝트 및 BIM 모델 등의 정보를 관리한다.

동 성과에서 개발한 BIM 설계품질 검증기술 및 인증체계와 BIM 인허가 도면생성 자동화 기술을 통해 인허가 업무의 30% 상당을 자동화함으로써, 인허가 과정에서의 보완이 불필요하며 업무 소요시간을 최소 30%에서 최대 50%로 단축할 수 있을 것을 예상한다. 한편 동 성과에서 개발한 BIM 설계품질 검증기술은 국내 설계분야 실정에 맞는 BIM환경을 조성하여, BIM 도입의 활성화를 촉진하고 건설-IT융합 분야의 혁신기술 확보로 인한 고부가가치의 창출이 가능하다.



〈KBim D-generator의 건축도면 추출 화면〉



## 연구진 한마디



BIM기술이 세계적으로 확산되고 다양한 분야에서 활용되며, BIM모델의 품질에 대한 연구가 전 세계적인 주목을 받고 있다. 본 과제의 연구 또한 개방적이고 국제적인 기준수립을 통해 건설환경의 변화를 이끄는 국제조직인 buildingSMART의 참여국들에게 큰 관심을 받고 있다. 이에 본 연구책임자인 김인한 교수는 2014년 10월 buildingSMART International에 정보기술 조직인 Regulatory Room을 발의하여 본 과제의 연구진들과 함께 법규검토 자동화 기술 개발의 선도적인 역할을 수행하고 있다. Regulatory Room은 BIM기반 인허가 법규검토를 위한 절차, 요소기술, 가이드 등 국제 기술표준을 개발하는 전 세계적 협의체로써 노르웨이, 핀란드, 스웨덴, 오스트리아 등 10개국 이상의 정부관계자, 연구자, 실무자들과 본 연구의 내용을 중심으로 인허가 법규검토 자동화에 대한 논의가 진행되었으며, BIM기반 법규검토 자동화를 위한 논리규칙, 요구정보 정의, 가이드라인, 지원 소프트웨어 개발을 위한 국제 기술표준 개발에 대한 주요 안건들을 토의하고 있다. BIM기반 인허가 법규검토는 BIM기반의 타 기술에 대비하여 개발 초기단계에 머무르고 있으며, 국가적 차원의 기술 확보 사례는 대한민국이 유일하여 본 연구에 대한 지속적인 개발 고도화를 통해 국제특허 등록 및 원천기술 선점과 기술 선도국의 지위를 유지할 수 있을 것으로 예상된다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 논문 | · Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings<br>· Development of an Open BIM-based Legality System for Building Administration Permission Services<br>· BIM-based building energy load calculation system for designers |
| 지식재산권 | · BIM을 이용한 건축 설계 단계의 법규 사전검토 방법<br>· 개방형 BIM을 기반으로 하는 에너지 성능 지표 연산 방법 |

Business R&D
사업화 유망 기술 I 철도기술연구사업

# 국가에는 기술경쟁력을, 운영기관에는 운영비용절감을, 승객에게는 저비용 편리 서비스 제공

## 기존의 전동차 기술을 획기적으로 향상시킨 차세대 전동차와 신뢰성 평가 기술 확보



**연구책임자** 김 길 동
**소 속 기 관** 한국철도기술연구원
**이 메 일** gdkim@krri.re.kr
**전 화 번 호** 031-460-5710
**연 구 기 간** 2011.12~2015.04

**연 구 진**
박현준
이장무
이한민
김재원(이상 철도연)

최적의 조향기능을 적용하여 유지보수 비용 절감 및 소음을 저감하고 신뢰도 8,000 car-km를 달성하여 세계 최고수준의 신뢰도를 확보한 세계최초 200kW급 직접구동전동기를 개발하는 연구이다.

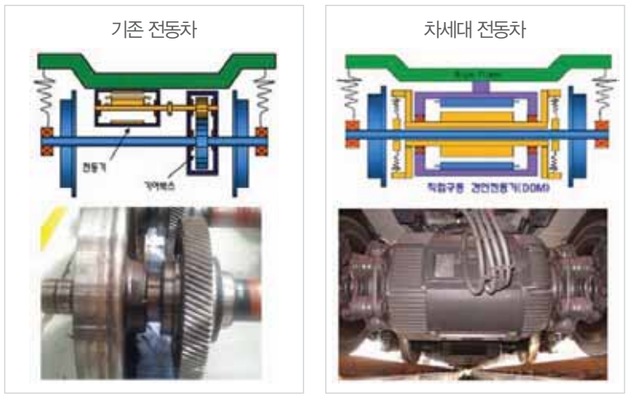
도시철도차량은 지하구간의 분진, 미세먼지 등이 차량을 움직이는 전동기로 유입되고 있어 잦은 유지보수가 필요하다. 또한 차량과 차량사이 이동통로인 갱웨이에 전기설비들이 장착되어 있어 통로가 좁아 이동이 불편하고 차량의 제동시 발생하는 에너지에 대한 재활용률이 낮아 에너지 효율성이 높지 않은 실정이다. 이에 본 연구를 통해 기존 전동차 기술을 획기적인 향상시켜 신뢰성, 안전성, 운영효율성, 친환경성, 첨단성을 겸비한 차세대 첨단 도시철도 시스템 개발하였다. 개발된 차량시스템은 신뢰성 검증을 위해 10만km 주행시험을 통해 신뢰도 변경추이를 확인하고 신뢰성 데이터를 축적하여 실용화를 대비하였다.



〈차세대 전동차 전경〉



〈직접구동전동기 개별사진〉




〈기존 전동차와 차세대 전동차와의 전동기 비교〉

전동차 사용에너지를 절감시키고 유지보수기간을 3년에서 9년으로 연장시켜 유지보수비용을 줄였으며 곡선구간이 많은 국내 도시철도 구간에 최적인 조향기능을 적용하여 유지보수 비용 절감 및 소음을 저감하였고, 기존 시스템과 달리 인버터 동작이 중단되어도 운행할 수 있도록 설계되어 신뢰성을 향상시켰다. 설치 필요 전기설비를 줄여 갱웨이를 1.4배 넓혀 실내를 쾌적하게 하고, IT기술을 이용하여 차원 높은 실시간 승객서비스를 제공하며, 친환경냉매 사용 및 CO2감지센서를 통해 실내 쾌적성을 향상시켰다. 그리고 주행시험을 통해 발생한 신뢰성 데이터를 토대로 문제를 해결하고 시스템 개선을 통해 신뢰도를 향상하여 누적 11.5만km 주행을 통해 신뢰도 11,026 car-km로 목표 신뢰도 8,000 car-km를 달성하여 세계 최고수준의 신뢰도를 확보하였다.

차세대전동차 주행시험을 통해 철도시스템을 포함한 다양한 최첨단 대형 복합 교통시스템의 신뢰성과 안전성 확보를 위한 정성/정량적 신뢰성 분석 및 평가 기술 확보하였으며, 유지보수 과정의 고장자료를 이용하여 신뢰성을 추정할 수 있는 기술 통계적 근거를 확립하였다. 이같은 기술 확보는 세계 철도차량 시장에서 국내 철도시스템의 위상을 드높일 수 있어 기술 개발이 갖는 경제적인 측면 및 타산업에 미치는 기술 파급효과가 클 것으로 기대된다.



〈차체 대차 분리〉



〈대차 DDM 분리〉



〈차륜삭정을 위한 대차 이동〉



〈DDM 휠 분리〉



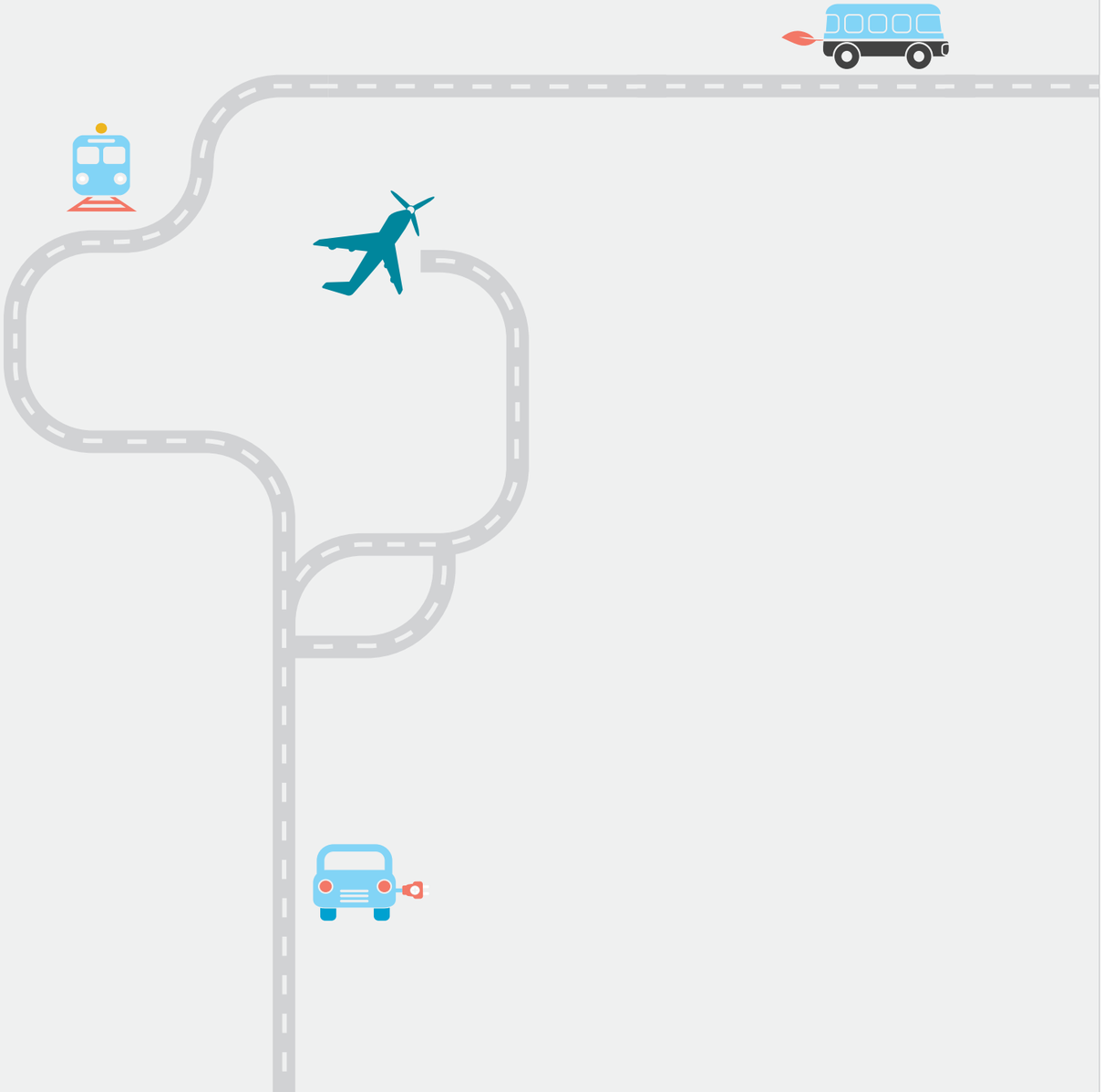
## 연구진 한마디



본 연구가 구체화된 2006년 당시, 당시 영구자석을 적용한 적도 없는데 한술 더 떠서 축에 직접 모터가 붙는 구조의 직접구동 전동기를 개발한다고 할 때 주변사람과 평가위원들도 불가능하다고 지적하였는지만 우리는 성공 하였다. 개발하는 과정에서 우리나라에 대용량 영구자석전동기 제어 경험이 없어 오랜 기간을 소비하면서 제 성능을 발휘되기까지 많은 고생이 있었다. 이제는 개발된 기술로 차세대전동차를 10만키로 신뢰성 시험을 하여 승객의 편의성을 증대시키고, 전기에너지를 절감하고, 도시철도 운영기관의 운영비용을 절감시키는 차세대 전동차 개발은 세계철도를 선도하고, 친환경 녹색철도 구현에 이바지할 것으로 보인다.

## 주요 개발 성과

| | |
|---|---|
| 지식재산권 | · 승강장 안전선 및 선로 감시시스템 |
| 기술이전 | · 확장형갱웨이 관련 기술 및 노하우<br>· 대차단위 제동장치 |
| 신기술 인증 | · 도시철도용 직접구동 견인전동기 기술 |



# 2015 국토교통R&D 우수성과 25선

**발 행 인** 김병수
**발 행 처** 국토교통과학기술진흥원 산업진흥본부 성과관리실
**발 행 일** 2015년
**펴 낸 곳** (주)테크노베이션파트너스
**디 자 인** 화이트릴리디자인

**편집위원** 국토교통과학기술진흥원
유해운 산업진흥본부장
이종석 성과관리실장
김경현 연구원
김세녕 연구원

**편 집 자** (주)테크노베이션파트너스
오동훈 파트너
이선영 선임연구원
김지현 선임연구원

이 책에 수록된 내용 중 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.
경기도 안양시 동안구 시민대로 286 송백빌딩
Tel. 031-389-6416, Fax. 031-381-9922

* 이 책의 판권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.
* 이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가 없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.