15RDPP-C1
07686-01

IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획

2018

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Land Infrastructure and Transport
R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

국토교통연구기획사업 기획연구 최종보고서

R&D /
17RDPP-C138966-01

IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획

최종보고서

2018. 10.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발” 기획과제의 최종 보고서를 제출합니다.

2018. 10.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 권수안
연 구 원 : 이문섭
연 구 원 : 전성일
연 구 원 : 남정희
연 구 원 : 황성도
연 구 원 : 김병곤
연 구 원 : 강태욱
연 구 원 : 김영민
연 구 원 : 최지영
연 구 원 : 이강훈
연 구 원 : 마상준

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17RDPP-C13
8966-01</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2017. 12. 26
~2018. 8. 25</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">권수안</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 11명
내부: 11명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 79,000 천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 79,000 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 명
내부: 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">한국건설기술연구원 인프라안전연구본부
도로관리통합센터</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 도로 포장은 플랜트 생산, 운반, 시공 등의 품질관리 과정에 있어, 단계별 품질확인 절차가 있으나, 이에 대한 신뢰성 미확보 사례 다수 발생
• 최근 기술 융합의 혁명적 변화를 기반으로 한 ‘4차 산업혁명’이 크게 대두되고 있으며, 건설분야에서도「건설기술진흥 기본계획」에 이를 반영하여 진행중
• 효과적인 도로포장 품질관리 기술 개발을 기획하기 위해 국내·외 시장, 정책, 기술발전 동향 및 기술현황을 분석
• 기술수요 및 예측조사를 통하여 필요한 기술 분류체계를 수립하고 중점 추진분야 및 세부목표 도출
• 목표 1 : 도로포장 시공 현장의 품질관리 신뢰성 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20% 향상
• 목표 2 : 도로포장 시공 현장별 일관성 있는 시공 품질관리 수준 확보를 통한 아스팔트 포장 공용수명 20% 향상
• 목표 3: Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 구축
• 핵심 연구분야로 생산 시설 및 품질관리 시험장비의 IoT 센서 융합 장치, 인텔리전트 페이버(IP) 및 컴펙트(IC), Infra IoT 클라우드 기반 포장 공사 품질 정보 관리 기술 등의 기술 개발을 통한 도로포장 품질관리 시스템 기획</td><td colspan="3">보고서 면수 : 284</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td>사물인터넷, 데이터 베이스, 도로포장, 품질관리,</td></tr>
<tr><td>영어</td><td>IoT(Internet of Things), Database, Pavement, Quality Control</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성

- 기술의 정의

  - 본 기술은 도로포장의 품질 혁신을 위하여 '스마트 센서를 이용하여 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 확인하고 관리 시스템을 통해 데이터베이스(DB)화 하여, 품질관리 투명화, 체계화 및 정보화 할 수 있는 IoT 기반 도로포장 관리 시스템 개발'로 정의 함

- 연구 필요성

  - 도로 포장의 플랜트 생산, 운반, 시공 등의 품질관리 과정에 있어, 단계별 품질확인 절차가 있으나, 이에 대한 신뢰성 미확보 사례 다수 발생

    - 국토교통부에서 실시한 도로포장 품질점검('14) 결과, 품질시험 관련 항목들의 기준대비 적합성이 타 항목들(시설상태, 시공방법 등) 보다 상대적인 낮은 것으로 나타남

    - 포장 파손의 원인 분석을 위해서는 생산, 시공 등에 대한 투명하고, 체계적인 품질관련 DB 구축 시스템이 부재하여 하자보수에 대한 책임 규명 불명확

  - 기술 융합의 혁명적 변화를 기반으로 한 '4차 산업혁명'이 최근 크게 대두되고 있으며, 건설분야에서도「건설기술진흥 기본계획」에 이를 반영하여 진행중

    -「제6차 건설기술진흥 기본계획」의 추진 방향은『Smart Construction 2025』으로, 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술개발을 비젼으로 하고 있음

  - 미국 FHWA(Federal Highway Administration), AASHTO는 IC(Intelligent Compaction) 시방 지침 발간하고 기술 브리프를 제공

    - 인텔리전트 다짐(IC. Intelligent Compaction) 장비 기술 개발은 포장 시공 품질 개선 및 작업 시간 단축을 2000년대 중반 이후 건설현장에서 활용되고 있음

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경 분석

● 정책 동향 분석

- 도로포장 시공 및 유지관리 전 분야의 문제점과 개선방안 등을 종합적으로 검토하여 도로포장 품질관리 개선대책 마련
- 주요 개선방안으로 통계적 품질관리 운영체계 도입 및 시스템 개발, 내구성 품질관리 방안 등의 아스팔트 혼합물 품질 관리 방안을 마련하고, 국도 노선에 대한 공간저보 구축 등의 모든 현장의 품질관리자료를 D/B화하여 통계적 품질관리 운영체계 도입방안 모색
- 해외 대부분의 나라에서 IoT 산업의 중요성과 성장 가능성을 알고 IoT 기술력 및 산업 성장을 위한 정부적 차원에서의 대응이 이루어짐

● 시장 동향 분석

- 국내 IoT 사업체의 80% 이상이 종사자 수 50인 미만의 중·소형 사업체로 이들을 안정적으로 운영하고 성장할 수 있도록 지원하는 것이 중요함
- 국내 IoT 서비스 분야의 경우 사업체 수가 가장 많으나 사업 매출액 규모가 디바이스, 네트워크, 플랫폼에 비하여 매우 작아 기업이 영세할 것으로 평가되므로 IoT 서비스 기업의 경쟁력 강화와 시장 확장을 위한 대안이 필요함
- IoT는 모든 사물을 인터넷에 연결하여 실시간으로 데이터를 주고받는 4차 산업혁명의 핵심 기반기술로 주목받으며 관련 시장이 매우 커지고 있음

● 기술 동향 분석

- 국내 콘크리트 포장의 주요 파손 유형은 줄눈부 결함/단면보수구간 재파손과 기존 아스팔트 절삭 덧씌우기 구간 재파손으로 조사되었으며, 유지보수 대안으로는 시멘트 및 아스팔트 콘크리트 덧씌우기가 가장 효과적인 것으로 판단됨

Ⅳ. 연구개발과제 구성 및 추전전략

● 연구개발과제 구성

- ‘4차 산업혁명 기술을 활용한 도로 포장 시공의 스마트화’이라는 비전을 바탕으로 ‘도로 포장 기술 수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발’이라는 구체적인 목표를 제시함
- 이의 실현을 위해 3개의 중점추진 분야 및 9개의 핵심과제를 제시함

- **1 세부 : 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발**

  1-1 : 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

  1-2 : IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

  1-3 : 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

- **2 세부 : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발**

  2-1 : 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

  2-2 : IoT 기반 인텔리전트 페이버(IP) 및 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

  2-3 : 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용 기준 개발

- **3 세부 : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술**

  3-1 : 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술

  3-2 : 도로포장공사 공간정보 구축기술

  3-3 : 도로포장품질관리 서비스 기술

● 추진전략

- 5년간 전체연구비 218.24 억(정부출연금 비중 162.57 억원) 규모의 연구단 형태로 추진

목 차

1장 **기술의 정의 및 필요성** ····· 1

1절. 기술의 정의 및 기획연구의 범위 ····· 1

1. 기술의 정의 ····· 1
2. 기획연구의 범위 ····· 1

2절. 과제추진 배경 및 필요성 ····· 1

1. 국내 도로포장 품질관리 현황 ····· 1
2. 정책적 필요성 ····· 7
3. 경제적 필요성 ····· 8
4. 기술적 필요성 ····· 10
5. 연구의 시급성 ····· 12

2장 **국내·외 동향 및 환경분석** ····· 15

1절. 국내·외 정책 동향 ····· 15

1. 도로 포장 품질관리 관련 국내외 정책 동향 ····· 15
2. IoT 건설 관련 국내외 정책 동향 ····· 21
3. 소결 ····· 23

2절. 국내·외 시장현황 및 전망 ····· 24

1. 국내 도로 건설 관련 시장 전망 ····· 24
2. IoT 건설 관련 국내외 시장 동향 ····· 26
3. IoT 관련 국내 시장 장비 활용 수준 ····· 29
4. 기존 기술 문제점 및 개선점 ····· 34
5. 소결 ····· 35

3절. 기술동향 분석 ····· 36

1. 도로 포장 품질관리 기준 분석 ····· 36
2. 기술 및 논문현황 분석 ····· 46
3. 특허 분석 ····· 72
4. 연구개발 인프라 분석 ····· 91
5. 국내 기 수행된 연구과제 현황 분석 ····· 93
6. 소결 ····· 93

4절. 기술수요 및 예측조사 ····· 95

1. 기술수요조사 개요 ····· 95

2. 기술예측조사 ····· 101
3. 소결 ····· 109
5절. 기술개발 추진방향 정립 ····· 110
1. SWOT 분석 ····· 110
2. Issue Tree 분석 ····· 111
3. 연구개발 추진 방향 정립 ····· 113

3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 115

1절. 비전 및 목표 ····· 115
1. 비전 및 목표 ····· 115
2. 설정근거 ····· 116
3. 단계별 목표 ····· 120
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 121
1. 현황 및 미래상 ····· 121
2. 중점 추진분야 ····· 124
3절. 연구개발과제 구성 ····· 128
1. 후보 기술아이템 선정 ····· 128
2. 연구개발과제 구성 ····· 132
4절. 핵심과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 137
5절. 과제 간 연계관계 ····· 155
6절. 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 156
1. 기술로드맵 ····· 156
2. 성과로드맵 ····· 168
7절. 기술효과 및 성과 활용 방안 ····· 192
8절. 연구수행체계 제안 ····· 195

4장 사전 타당성 검토 ····· 199

1절. 분석의 틀 ····· 199
2절. 기술적 타당성 ····· 200
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 200
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 207
3. 기존 연구과제와의 중복성 ····· 210

3절. 정책적 타당성 ····· 211
1. 국가전략적 중요성 ····· 211
2. 상위 계획과의 부합성 ····· 212
3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계 ····· 212
4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안 ····· 213
4절. 경제적 타당성 ····· 214
1. 경제성 분석 ····· 214
2. 사회·국가적 파급효과 ····· 217
3. 과학기술적 파급효과 ····· 218

5장 인력투입 및 소요예산 산정 ····· 219
1절. 인력투입계획 ····· 219
1. 연차별 투입 연구인력 ····· 219
2. 상세 투입 연구인력 ····· 220
3. 총괄 소요예산 ····· 223
4. 예산항목별 소요예산 ····· 224

6장 과제 제안요구서 ····· 231
1절. 총괄 과제 제안요구서(RFP) ····· 231
2절. 세세부별 과제 제안요구서(RFP) ····· 242
1. 1세부 - 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발 ····· 242
2. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발 ····· 249
3. 3세부 - Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 ····· 256
3절. 평가기준 설정 ····· 262
1. 평가항목 ····· 262
2. 가점 및 감점 기준 ····· 264

7장 참고문헌 ····· 267

1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 기획연구의 범위

1. 기술의 정의

- 본 기술은 도로포장의 품질 혁신을 위하여 '스마트 센서를 이용한 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 확인하고 관리시스템에서 데이터베이스(DB)화 하여, 품질관리를 투명화, 체계화 및 정보화 할 수 있는 IoT 기반 도로포장 관리 시스템 개발'을 위한 것으로 정의 함

2. 기획연구의 범위

- 본 연구는 'IoT 기반 도로 포장 건설관리 시스템 개발'을 위한 기획연구로, 도로 포장의 최적 품질 관리 기술 실용화 목표를 달성하기 위해 IoT를 이용한 품질관리 방법을 선정 한 후 본 연구를 위한 RFP를 작성하는 것이 기획연구의 범위임
- 기획연구를 통해 도로 포장의 품질관리의 실태를 검토하고, 대안별 품질관리 방법, 경제성 및 서비스 수준을 고려하여 IoT를 활용한 최적 품질관리 기법을 기획연구에서 선정하며, 선정된 품질관리 기법 실용화를 위한 장비 및 시방서 개발 등을 본 연구에서 수행함
- 이러한 연구를 수행하기 위해 첫째, 관련 기술 동향분석을 실시하고 둘째, 기술수요조사 및 세부과제 도출 후 셋째, 세부실행계획 및 실용화 방안을 설정하고, 최종적으로 보고서 및 과제공모를 위한 RFP 작성과 평가기준을 작성할 예정임

2절 과제추진 배경 및 필요성

1. 국내 도로포장 품질관리 현황

- 국내 도로의 총연장은 108,780km로서 매년 도로관리연장의 증가와 사용기간 경과에 따른 노후도가 점차 높아지고 있는 실정임.

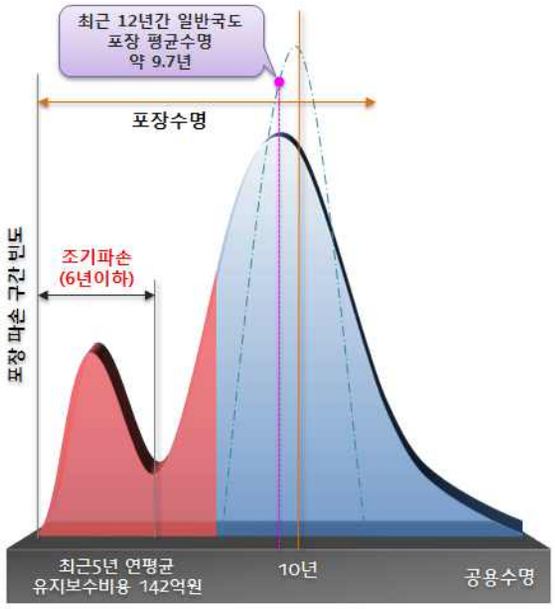
〈도로 포장 현황〉

(단위 : km)

구 분	계	고속국도		일반국도		지방도 등
		아스팔트	콘크리트	아스팔트	콘크리트	
포 장	92,826	1,863	2,575	13,598	160	74,630
비포장	7,602	-		56		7,546
합 계	100,428	4,438		13,814		82,176

※ 2016년말 기준 도로현황조서(국토교통부) 적용, 미개통도 8,352Km는 제외
※ 콘크리트 포장 연장은 2014년말 기준

- 최근 온난화에 따른 이상기후로 동절기의 장기적인 혹한 및 잦은 폭설, 하절기의 집중호우 등으로 포트홀(Pot Hole) 등 포장파손 급증하고 포장파손이 급증함에 따라 안전성·주행성이 악화되어 교통사고 위험성이 증대하고 유지보수비는 증가추세임.



〈도로 포장 공용 수명〉

- 일반국도의 아스팔트 포장도로 설계수명은 10년으로 설계되어 있으나 포장의 조기 파손으로 국가 예산이 낭비, 2014년까지 조기파손으로 인한 평균 유지보수 비용에 약 142억원이 투입
- 조기파손 사례는 납품 플랜트의 생산시설 부적합, 생산 및 시공 품질관리 미흡 등이 주요 원인이며, 도로포장 시공 현장의 생산 및 시공 품질관리 비표준화로 인해 품질관리 결과의 신뢰성 보장이 어려움(현장별 품질관리 자료관리 방식 다름)이 있으며, 또한 발주기관에 따라 품질관리 방식이나 요구 기준이 다르며 대부분 자체 성적서에 의해 품질관리 되고 있음.

〈아스팔트 포장관련 서울·경기권역 발주기관에 따른 품질관리 방식〉

구분	서울지방국도관리청	도로공사	서울시	서울시구청	경기도	시·군	민자 고속도로
적용 표준	국토교통부 시방서	고속도로표준시방서 국토교통부시방서	서울시 자체시방 (=국토부 시방)	서울시자체 시방 단체표준	단체표준	단체표준	국토교통부 시방
품질 관리	플랜트시험실 시공사및감리원	플랜트시험실 시공사및감리원 도로공사품질팀	플랜트 시험실 시공사 및 감리원	플랜트 시험실 시공사 및 감리원	플랜트시험실 시공사및감리원	플랜트 시험실 시공사및감리원	플랜트시험실 시공사 및 감리원
	플랜트자체 성적서	플랜트자체성적서	서울시 품질 시험소	플랜트자체 성적서 서울시품질 시험소	플랜트자체성적서	플랜트자체 성적서	플랜트자체 성적서
	설계시공인기관 의뢰 년1회공인기관 의뢰	설계시적정성검토후공인 기관의뢰. 도로공사품질질팀 수시입회검사, 무작위 직접검사. 6개월 기준으로 적정성재 검토.	선정, 관리시험 실시	년간공인기 관의뢰 관리시험 의뢰	년간 공인기관 의뢰	년간 공인기관 의뢰	설계시공인 기관의뢰 년1회공인 기관의뢰

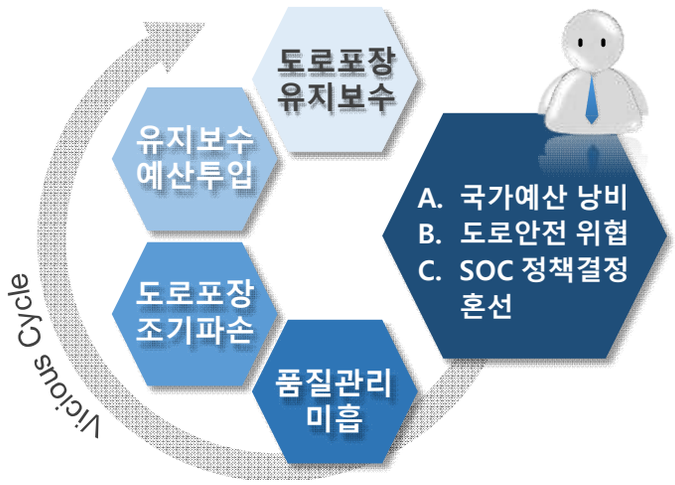
〈콘크리트 포장관련 서울·경기권역 발주기관에 따른 품질관리 방식〉

구분	서울지방국토관리청	도로공사	서울 도시공사	경기 도시공사	민수	시, 도	철도시설공단
적용 표준	국토부시방서	도로공사표준 시방서	KS표준	KS표준	KS표준	KS표준	KS표준
품질 관리	시공사 및 감리원 입회하플랜트 시험 기사가현장시험	시공사및감리원 입회하플랜트시험 기사가현장시험	시공사 및 감리원 입회하플랜트 시험 기사가현장 시험	시공사 및 감리원 입회하플랜트 시험 기사가 현장시험	시공사 및 감리원 입회하플랜 트시험 기사가 현장시험	시공사 및 감리원 입회하플랜트 시험 기사가 현장시험	시공사 및 감리원 입회하플랜트 시험 기사가 현장시험
	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체성적서	플랜트자체성적서, 현장시험실구비시 현장자체성적서	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체 성적서	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체 성적서	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체 성적서	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체 성적서	플랜트자체 성적서, 현장시험실 구비시 현장자체 성적서
	년간공인기관 의뢰 현장채취공인 기관 의뢰(일부)	설계시 공인기관의뢰. 년1회공인기관의뢰 도로공사품질질팀 수시입회검사, 무작위 직접검사.	년간공인기관 의뢰 현장채취공인 기관 의뢰(일부)	년간공인기관 의뢰 현장채취공인 기관 의뢰(일부)	년간공인기 관의뢰 현장채취 공인기관 의뢰(일부)	년간공인기관 의뢰 현장채취공인 기관 의뢰(일부)	년간공인기관 의뢰 현장채취공인 기관 의뢰(일부)

- 특히, 도로포장 품질관리를 포함한 시공관련 기본정보가 텍스트 기반으로 관리되어 객관적인 노선현황 관리와 포장파손 상태 파악 곤란하며, 포장상태 조사 및 분석방법에 따른 포장관리 D/B의 신뢰도가 낮아 통계분석이 어려움

가. 아스팔트 콘크트 포장의 품질관리 현황

- (생산시설부실) 아스팔트 플랜트 시설에 대한 점검 부실
  - 현재 아스팔트 혼합물은 단체표준(별첨1)으로 시설 점검을 플랜트업체 자체 단체인 한국아스콘 공업협동조합연합회에서 수행하여 점검에 대한 신뢰도 부족
  - 생산 및 저장시설, 시험장비 등의 설비가 미흡한 플랜트 다수
  - 기준에 적합한 포장재료 생산에 차질
  - 조달청은 아스팔트 콘크리트를 불법 하청생산 하거나 규정된 재료량을 사용하지 않은 등의 불법 행위를 한 21개 업체 적발 (2017년 5월 22일, 연합뉴스)



〈도로 포장 품질관리의 악순 환〉

- (기준미준수) 시공과정에서의 장비관리 미흡 및 시방기준 미준수
  - 도착, 포설 및 다짐 시의 온도 관리 미흡
  - 다짐장비의 제원확보, 포장장비 등의 관리 미흡
  - 시험포장 시에 적용한 장비와 다른 장비 및 시공방법(다짐횟수, 포설속도 등) 적용

● (관리기능약화) 도로포장 품질에 대한 관리 감독기능 미흡

- 포장시공관리를 위해 책임감리제도를 운영하고 있으나 형식적인 품질관리로 포장품질 저하
- 포장재료에 대한 점검 및 시공 시 시방규정 준수 여부 점검 부실
- 관리 감독(감리)에 대한 벌점제도와 재시공 등의 조치를 취할 수 있는 법적근거는 있으나 시공관리 데이터 부족 및 재시공에 따른 시간적, 경제적 제약으로 실제 시행은 어려움

나. 시멘트 콘크리트 포장의 품질관리 현황

- 2000년대 이후 코크리트 포장 시공 후 1-5년 이내 포장의 조기파손 사례가 급증하고 있음

〈콘크리트포장 줄눈부 파손사례〉

- 이에 대한 주요한 원인으로 콘크리트의 생산·시공 및 품질관리에 문제가 꾸준히 제기되고 있으나, 시공관련 서류상으로 모든 공정에서 품질기준이 만족한 것으로 되어 있음. 이로 인한 하자관련 분쟁이 증가하고 있는 추세임
- 도로포장에서 하자가 발생할 경우 하자원인(설계, 재료, 건설사업관리 등)을 규명하기 위한 객관적인 시스템이 현재 없는 상태임(한국도로학회, 2015)
- 한국도로공사는 자체 연구용역에서 파손유역에 따른 책임소재를 구분한바 있으나, 이것이 실제 하자 책임소재를 구분하는 기준으로 사용하고 있지는 않음

〈파손유형에 따른 책임소재(한국도로공사, 2015)〉

파손유형	파손원인	책임소재
시공 후 소성수축 또는 건조수축에 의한 균열	기상조건에 의한 영향	원도급사
	콘크리트 타설/양생에 의한 영향	하도급사(포장전문업체)
	부적절한 줄눈절단시기	하도급사(포장전문업체)
콘크리트 슬래브 두께	시공측량/페이버 장비 문제	하도급사(포장전문업체)
팝아웃(pop-out) 스케일링(scaling) 파손	과도한 블리딩/양생 문제	하도급사(포장전문업체)
	콘크리트 공기량 부족	원도급사 하도급사(레미콘플랜트)
스폴링(spalling) 파손	부적절한 줄눈절단	하도급사(포장전문업체)
	콘크리트 공기량 부족	원도급사 하도급사(레미콘플랜트)
평탄성 문제	페이버 장비/시공 문제	하도급사(포장전문업체)
	원활한 콘크리트 공급이 이루어지지 못한 문제	원도급사 하도급사(레미콘플랜트)

- 콘크리트 생산 측면에서 원자재의 품질저하, 품질변동성, 혼합물 품질 기준 미흡 등이 원인일 수 있음
- 특히 골재의 품질확보를 위해 함수율과 이물질 함유량 관리가 중요한데, 이에 대한 적절한 관리 부족으로 콘크리트 혼합물의 품질변동을 크게 유발하고 있음
- 또한 콘크리트 혼화재의 품질변동이 콘크리트 혼합물의 품질변동을 일으키며, 플라이애시의 경우 미연탄소분이 기준치를 초과할 경우 콘크리트 혼합물의 공기량관리를 어렵게 할 수 있음
- 콘크리트를 생산하여 운반 후 현장 도착에까지 일정한 시간이 소요되는데, 이때 슬럼프와 공기량 손실(loss)이 발생할 수 있으며, 이 손실량을 분석하여 현장 도착 기준에 맞게 혼합물 생산이 이루어져야 함. 실제 현장에서 이에 대한 적절한 대처가 이루어지는지 의문. 특히 손실량은 동일한 배합에서도 대기상태에 따라 달라지기 때문에 세심한 관리가 필요함
- 콘크리트 포장 시공 측면에서는 슬리폼페이버의 운영 미숙, 부적절한 양생제 살포, 현장 가수 등에 콘크리트 포장의 파손을 일으킬 수 있음

〈양생제 부적절 살포에 따른 콘크리트 표면 파손 형상〉

〈현장 가수에 따른 콘크리트 표면 파손 형상〉

2. 정책적 필요성

가. 4차산업혁명의 도래

- 인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결기반의 지능화 혁명 도래
- 대통령직속 4차산업혁명위원회를 설립하였고, 이를 운영하기 위한 『4차산업혁명위원회의 설치 및 운영에 관한 규정』을 제정
- 4차산업혁명의 근간이 되는 과학기술발전지원, 인공지능, ICT 등 핵심기술확보 및 기술혁신형 연구개발 성과창출 강화에 관한 사항에 대하여 심의 조정 역할 수행

나. 제6차 건설기술진흥기본계획 추진 방향

- 제6차 기본계획의 추진 방향은 『Smart Construction 2025』으로, 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술개발을 비젼으로 하고 있음
- 주요 전략-Ⅰ으로는 4차산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성이고, 기술개발, 고부가 산업 육성, 건설 안전강화의 분야를 두고 있음

〈제6차 기본계획의 추진 방향 주요 전략-Ⅰ〉

분야	중점 추진 과제
기술개발	• 스마트 건설기술을 토한 생산성 향상 • 해외 수요 댕형 건설기술 개발
고부가 산업 육성	• 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화 • 건설 Big Data 유동을 통한 신사업 육성
건설 안전 강화	• 건설의 안전·환경 관리

● 주요 전략-Ⅱ으로는 글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도 개선으로, 산업 개편 육성, 건설인력 교육, 기준제도 등의 분야를 두고 있음

〈제6차 기본계획의 추진 방향 주요 전략-Ⅱ〉

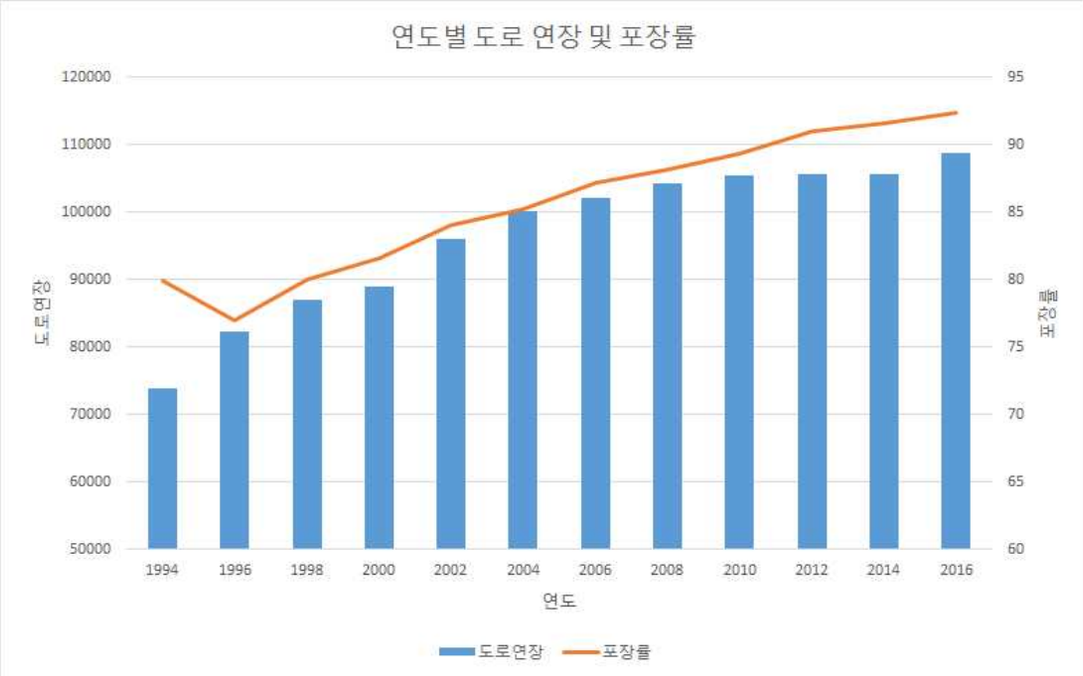
분야	중점 추진 과제
산업 개편·육성	• Eng의 역량 강화 및 해외진출 지원 • 국제 기준에 부합 하는 제도 구축
건설인력·교육	• 글로벌기준에 맞는 경력 관리체계 구축 • 국제경쟁력을 갖춘 기술인력 육성
기준·제도	• 기술력 중심의 발주·심의 강화

다. 도로 포장 분야에서도 BIM 설계 기법과, IoT시설물 유지관리 등과 연계하기 위한 시공 분야에서의 데이터 축적 및 관리 체계가 필요함. 도로분야의 설계, 시공, 유지관리를 서로 유기적으로 연동할 수 있도록 Smart Construction System이 필요함

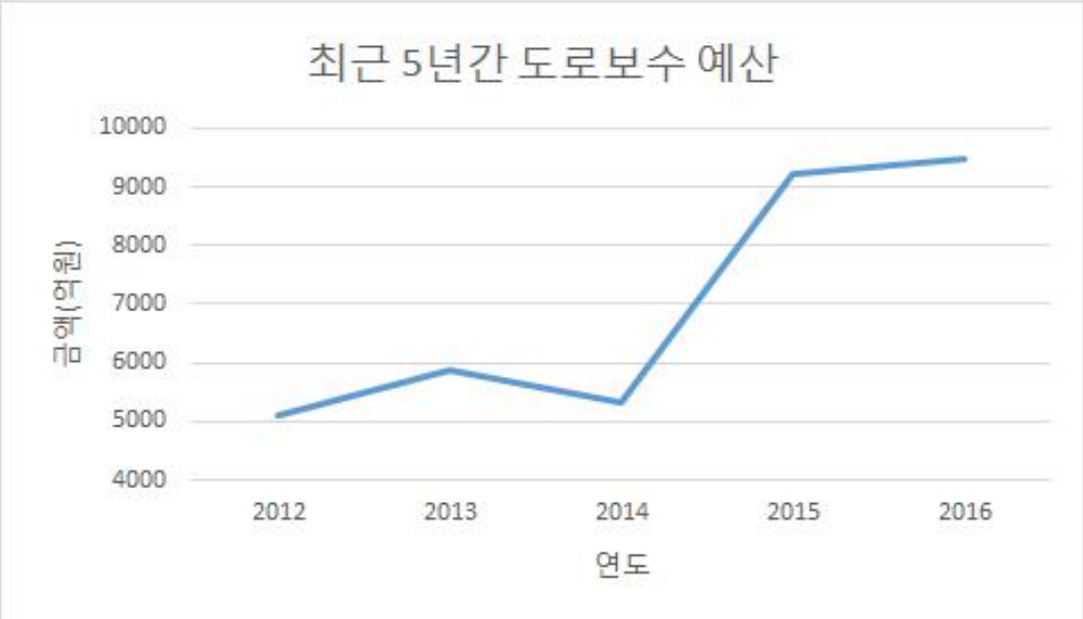
3. 경제적 필요성

가. 국내 도로포장 연장 및 포장률 증가에 따른 유지보수 비용의 증가

● 국토교통 통계연보(2017, 국토교통부)에 따르면 연도별 도로 연장은 지속적으로 증가하여, 현재 108,779km이며, 이중 도로 포장률도 점차로 증가하여 92.4%에 이르고 있음. 도로연장이 증가하고, 포장률의 증가 및 재령의 증가에 따라 포장 유지보수 비용도 점차로 증가하고 있는 추세임



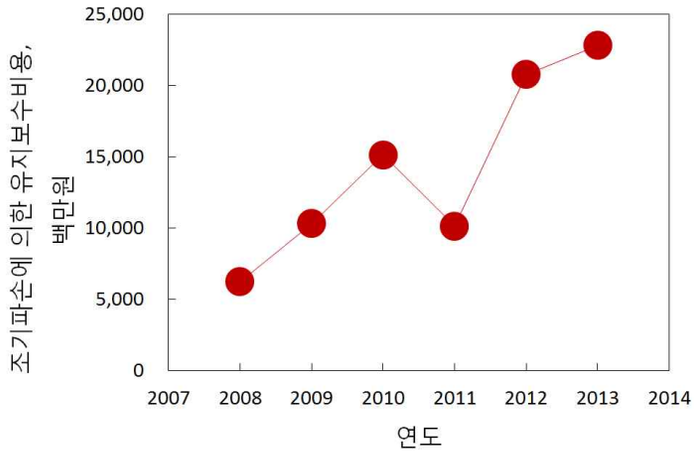
〈연도별 도로 포장 연장 및 포장 율〉



〈최근 5년간 도로포장 유지보수 현황 추이〉

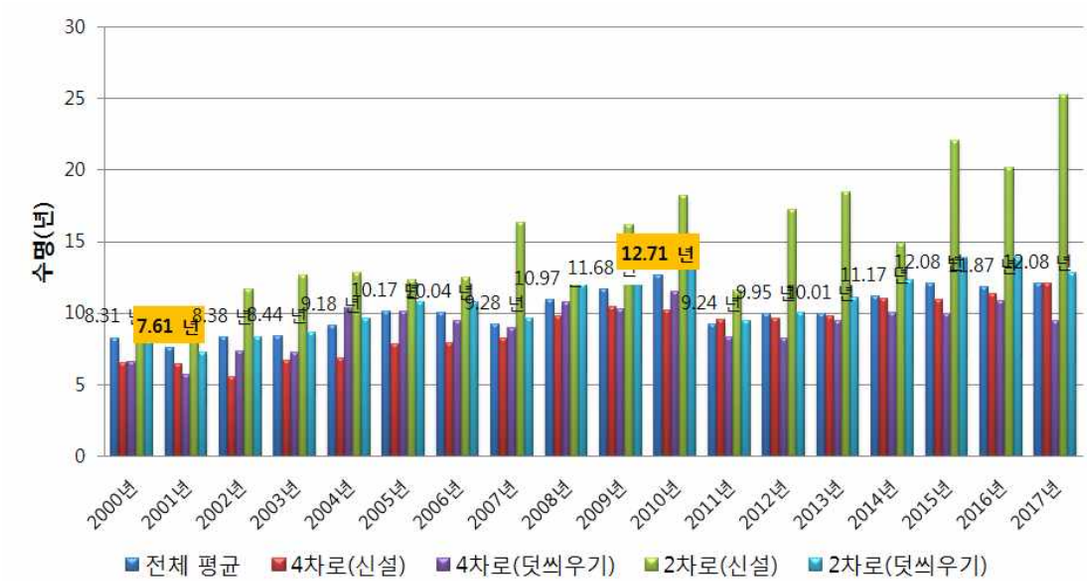
나. 품질관리 수준의 향상에 따른 포장 수명의 증가

- 도로 포장 설계에서는 포장 수명을 10년으로 가정하고, 10년 후 덧씌우기를 수행하는 것으로 가정하고 있음. 그렇지만, 도로 포장 생산 및 시공과정에서 품질관리가 미진할 경우 포트-홀, 소성변형 등과 같은 파손이 6년이하에 발생하는 조기 파손이 존재하여, 예산 낭비 및 이용자 불편을 초래함



〈6년이하 조기 파손에 의 유지보수 비용 현황〉

- 국토교통부에서 매년 수행하고 있는 일반국도 유지관리시스템(PMS, Pavement Management System)의 DB를 분석한 결과 일반국도 아스팔트 포장의 평균 수명은 약 10~12년 정도로 유지되고 있음을 알 수 있음. 조기 파손을 없애고, 포장의 품질관리 수준을 향상시키면, 약 15년 정도로 포장 수명을 증가시켜 선진국 수준으로 향상시킬 수 있음



〈연도별 일반국도 아스팔트 포장 평균 수명〉

4. 기술적 필요성

가. 도로포장 품질관리의 신뢰성 미비

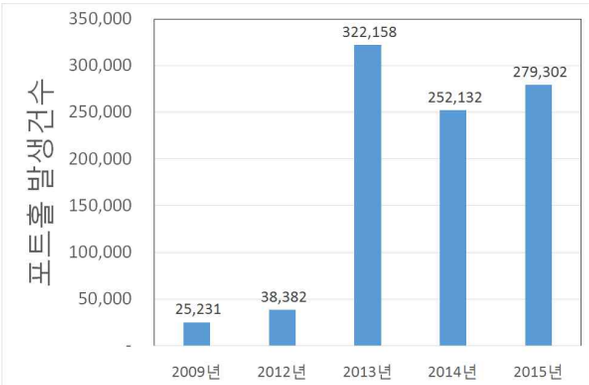
- 도로 포장의 플랜트 생산, 운반, 시공 등의 품질관리 과정에 있어, 단계별 품질확인 절차가 있으나, 이를 관리하는 품질확인(QA, Quality Assurance)이 신뢰성있게 수행되지 못하는 사례가 발생함.

- 국토교통부에서 도로포장 품질점검('14)는 수행한 결과 품질기준 적합율이 55%로 낮아, 이를 개선하기 위한 방안이 시급히 필요하다고 판단됨

● 포장 파손의 원인 분석을 위해서는 생산, 시공 등에 대한 시공 품질관련 DB가 구축되어 있어야 하나, 이에 대한 시스템이 구축되어 있지 않아, 책임 규명이 명확하지 않은 문제점 있음

나. 도로의 품질 수준 향상 필요

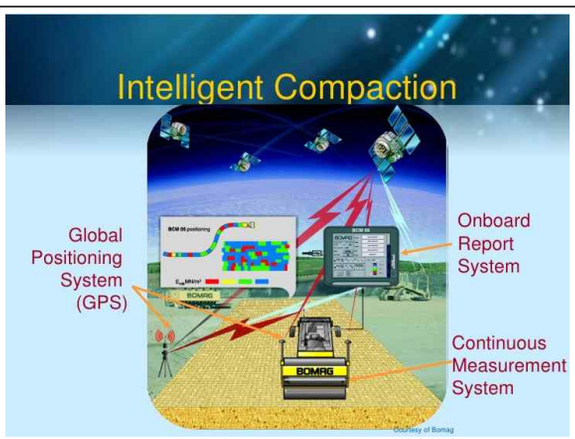
● 최근들어 기후변화에 따른 집중 호우 빈도가 증가하고, 계절별 급격한 온도 변화로 포트-홀, 소성변형 등의 발생이 급증하고, 이와 관련한 민원 소송도 증가



〈포트홀 예시 및 발생건수 현황〉

● 미국 등 선진국에서는 도로 포장의 공용 성능 향상을 위해 Intelligent Compaction 시스템, 초음파 온도 확인 체계 등을 도입하고, 이를 공사비에 반영함으로서, 포장 수준 향상을 유도함

Intelligent Compaction Roller



Intelligent Compaction System

〈인텔리전트 컴팩션의 주요 사양 및 원리〉

다. ICT 기술을 활용한 건설 생산성 향상 및 해외 건설 경쟁력 강화

- 도로포장 공사는 생산, 운반, 시공이 동시에 연속적으로 발생하는 사업이므로, QA/QC를 위한 인력 및 장비 등이 많이 소요되어, 건설 생산성이 떨어지는 문제점이 있음. 이를 개선하기 위해서는 IoT, GPS 활용 등 ICT 기술 도입이 필수적임

  - 현장에서 QC/QA를 수행할 때 종이 양식에 기록하는 것이 아닌, 스마트 폰 등을 활용하여 Cloud에 저장하거나, IoT를 활용하여 측정 자료가 바로 서버에 기록하는 등 Paperless 시스템의 도입 가능

- 도로 설계를 BIM으로 설계될 경우, 시공에서의 품질 자료를 연동시켜서 DB구축하는 체계를 만들게 되면, 향후 유지관리 체계를 운영할 때, 신뢰성있는 원인 분석 및 예측이 가능함

- 도로 포장 공사에 사용되는 재료(바인더, 골재 등)의 물리적 특성 자료, 현장별 시공 품질 성능 등의 DB를 구축하게 되면, 향후 Big Data 분석을 통해 지역별, 현장별 특성 분석 및 건설 기준(설계기준 및 시방서)의 입력변수에 필요한 근거 마련이 가능

- 해외 현장에서도 ICT를 활용한 도로 공사를 수행할 경우 건설 생산성 향상 및 도로 품질 수준 향상에 따른 수주 경쟁력 강화에 도움이 될 것으로 판단됨

5. 연구의 시급성

가. 포트-홀 등의 파손으로 운전자 안전 위해 및 소송 증가

- 최근들어 포트-홀 파손에 따른 차량의 파손 및 운전자 위해가 발생하여, 운전자의 민원 소송이 증가하고 있음. 특히, 이상기후에 따라 겨울철 폭설 및 혹한, 여름철 우기때 게릴라성 집중 호우로 인해 집중적으로 발생

  - 아스팔트 포장에서는 포트-홀, 피로균열

  - 콘크리트 포장에서는 스폴링 등의 파손이 주로 민원 발생 요인임

나. 조기 파손에 따른 이용자 불편 초래 및 유지보수 예산 낭비 초래

- 조기 파손 발생 구간을 유지 보수하기 위해 차로를 차단하게 되면, 이로 인해 교통 체증이 발생하고, 추가적인 교통 사고 발생할 우려가 있음

- 일반국도의 경우 매년 조기 파손에 따른 유지보수 비용이 100억이상이 투입되고 있는 실정이어서, 고속국도, 시도 등을 포함하게 되면 매우 큰 예산이 낭비되고 있음을 알 수 있음

다. 해외 건설 공사의 수주 경쟁력 강화

- 해외 건설 공사에서의 생산성 향상에 따른 수익성을 확보하고, 건설의 품질 수준을 향상시킴으로 인해 국내 건설회사의 수주 경쟁력에 도움이 될 수 있을 것이라 판단됨

라. 건설공사의 투명화

- 도로포장 품질관리는 체계는 검증없이 서류상으로만 확인된다는 문제를 안고 있어, 현실적으로 도로 포장 품질관리가 제대로 이행되는지에 대한 관리체계가 시급히 마련되어야 함.
- 현행 도로 포장의 품질관리의 경우 건설기술관리법 등의 국가 법령상에서는 다양한 기준이 마련되어 있으나 실제 현장에서는 형식적으로만 이행되고 있어 전반적으로 품질관리 체계의 변화가 필요함

2장 국내·외 동향 및 환경분석

1절 국내·외 정책 동향

1. 도로 포장 품질관리 관련 국내외 정책 동향

가. 아스팔트 포장 시공 품질관리 국내 정책 동향

(1) 국토교통부 : 도로포장 품질관리 개선 종합대책(2013년)

- 도로포장 시공 및 유지관리 전 분야의 문제점과 개선방안 등을 종합적으로 검토하여 도로포장 품질관리 개선대책 마련
- 주요 개선방안으로 통계적 품질관리 운영체계 도입 및 시스템 개발, 내구성 품질관리 방안 등의 아스팔트 혼합물 품질 관리 방안을 마련하고, 국도 노선에 대한 공간저보 구축 등의 모든 현장의 품질관리자료를 D/B화하여 통계적 품질관리 운영체계 도입방안 모색

(2) 국토교통부 : 도로포장 품질관리시스템(PQMS) 시범사업 추진(2014년, 2016년)

- 국토교통부에서는 실질적이고 효과적인 도로포장 품질관리 체계 구축을 위해 품질관리 주체별 현장 적용성 평가를 위해 도로포장 품질관리시스템(PQMS)을 개발하여 지방청별 시범사업 현장을 선정하여 시범사업을 실시함
- 지방청별 시범사업 현장을 선정하여 2014년 1차 시범사업과 2016년 2차 시범사업을 실시하여, 도로포장 현장의 감리단, 시공사, 생산회사(아스팔트 플랜트)를 대상으로 PQMS 교육, 자료입력 확인, 시공현장 품질관리(온도관리, 포설두께, 코어채취 등) 조사를 수행함
- 시범사업 추진 결과 실무자들의 Mobile 활용, Paperless 등의 요구가 있었음

(3) 한국도로공사

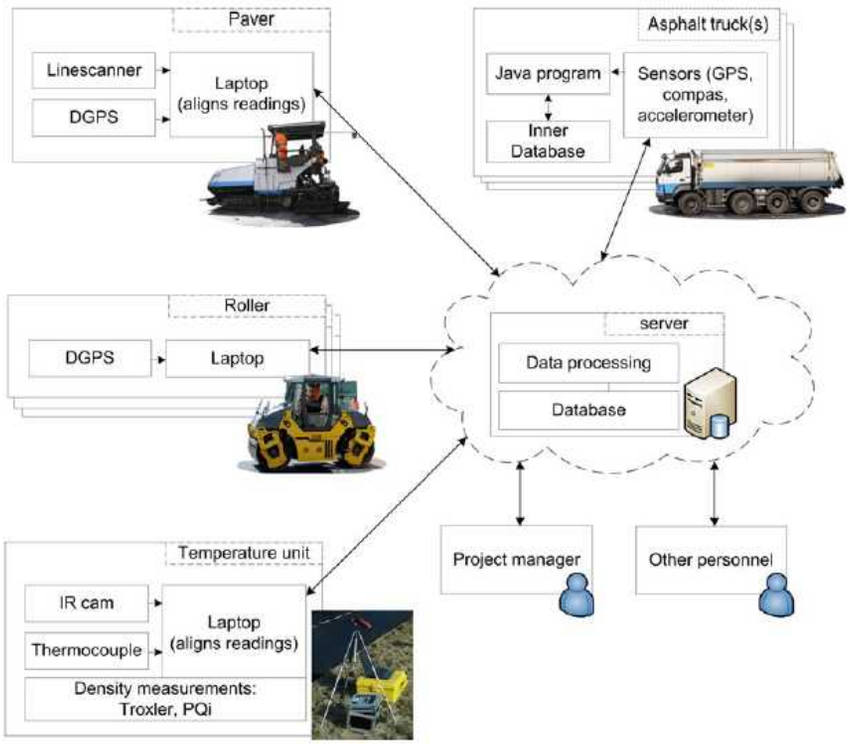
- 한국도로공사에는 시공후 최종 결과물의 포장에 대한 품질평가를 강화하기 위해 지불규정등의 도입을 검토하였으나, 충분한 검토 및 관련규정 등의 개정이 수반되어야 함으로 우선적으로 고속도로에서 현장 시공의 품질 정도를 평가하는 품질성과지수(QPI, Quality Performance Index)를 도입하여 품질평가를 수행하고 있음

- QPI는 품질관리 척도로서, 현장 성과물의 성능 및 기능에 대한 객관적 평가로 산정된 계량화된 지수이며, 2008년도 고속도로 건설공사 품질성능지수(QPI)를 개발하고 시범평가를 실시하여, 2009년도에는 전 사업단에 확대 적용함. 그리고 현재까지 매년 1회씩 품질성능지수 평가를 실시하여 평가결과를 통해 건설사업단과 지역본부의 조직업적평가에 반영하고, 우수 종합건설회사와 전문건설업체에게는 입찰시 가점제도 등을 반영하여 담당업무 기관 및 업체에게 품질향상을 도모함

나. 아스팔트 포장 시공 품질관리 국외 정책 동향

(1) 유럽의 정책 동향

- 2017년 유럽아스팔트포장연합(EAPA)에서는 최신의 아스팔트 포장 품질관리와 관련된 연구결과에 의해 개발된 각종 장비 및 기술(아스팔트 물류정보 시스템, 포설정보, 연속다짐제어 시스템, 정보모니터링 등)을 종합하여 적용 가능한 이상적인 아스팔트 포장관리 가이드(The Ideal Project)를 제시함

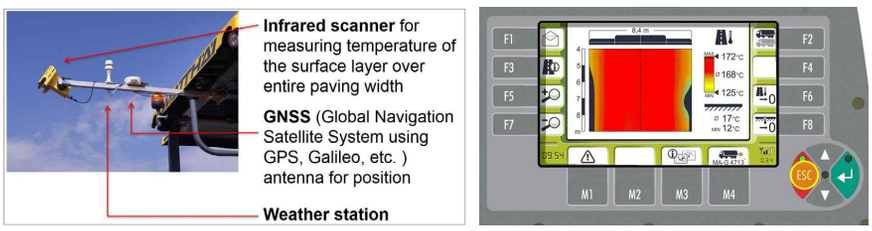


〈유럽아스팔트포장연합의 이상적인 포장관리 개념〉

- 아스팔트 물류정보 시스템(ALIS, Asphalt Logistic Information System)은 아스팔트 플랜트에서 혼합물을 상차한 트럭의 혼합물 종류 및 무게, 출발 시간, 이동 위치 및 도착 예정시간 등의 정보를 실시간으로 관련 정보가 제공됨

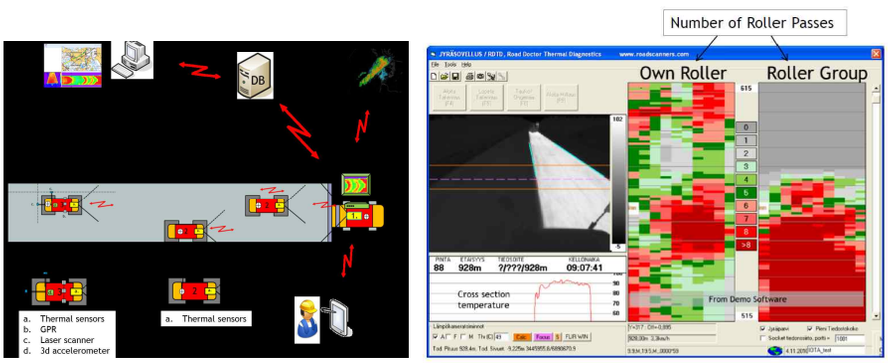
〈아스팔트 물류정보 시스템(ALIS)〉

- 아스팔트 포장 현장에서 시공관리를 통해 포장 수명을 증진시키는 중요한 요소 중의 하나인 포설 온도 관리이며 열적외선 장치(IR-Scanner)와 GNSS(Global Navigation Satellite System using GPS or Galileo)를 활용한 포설정보 기술(Information Technology on the Paver)을 통해 포설 온도정보를 제공받아 온도 분리(temperature segregation)를 아스팔트 페이버에서 직접 확인하여 대책을 마련할 수 있음



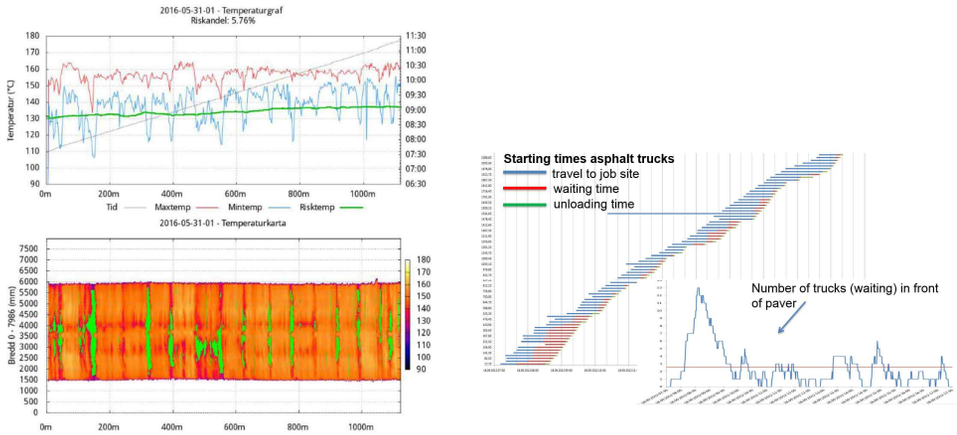
〈포설정보 센서 및 모니터링 장비〉

- 연속 다짐제어 시스템(Continuous Compaction Control System)은 다짐롤러에 설치되어 있는 위치정보시스템(GPS)와 온도센서를 활용해 각각의 개별 장비뿐만 아니라 전체 다짐 장비들의 다짐 속도 및 횟수, 위치, 온도 상태 측정하여 현장에서 바로 확인가능하며, 작업자들은 이러한 정보를 참고하여 시공에 적용함. 또한 현장에서 측정된 다짐 관련 정보들은 원격으로 메인 서버에 전달되어 저장 및 보관되고, 시공관리자 및 감독관에게도 모바일 폰(mobile phone)으로 실시간으로 정보가 제공됨



〈연속다짐제어 시스템 개념 및 현장 다짐 정보〉

- 각종 센서 및 장비를 통해 측정된 정보들은 메인 서버에 저장되어 데이터베이스화(DB)하여 아스팔트 혼합물의 운송 정보와 포설 및 다짐시의 시공정보를 분석하여 원인 및 추적조사가 가능하고 근본적인 현장 문제점을 개선하는데 활용됨



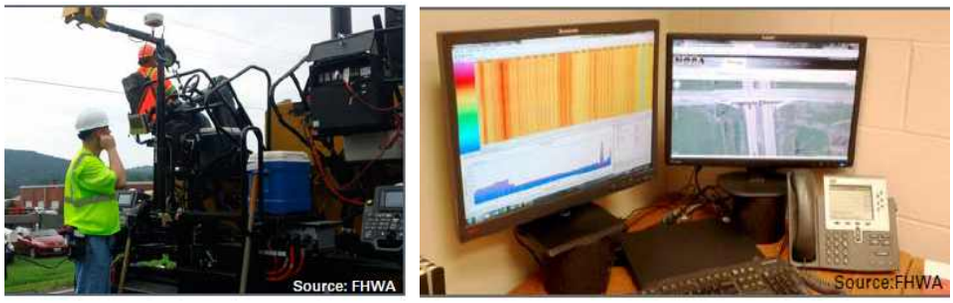
〈현장 시공 정보 분석 결과(예시)〉

(2) 미국의 정책 동향

- 실시간으로 도로포장 시공현장을 확인하여 기존의 품질관리 문제를 개선하고자 미국의 주요 도로관리 기관인 FHWA(the Federal Highway Administration), AASHTO(the American Association of State Highway and Transportation Officials), 그리고 TRB(the Transportation Research Board)가 공동으로 참여하여 SHRP2(The second Strategic Highway Research Program)를 수행함

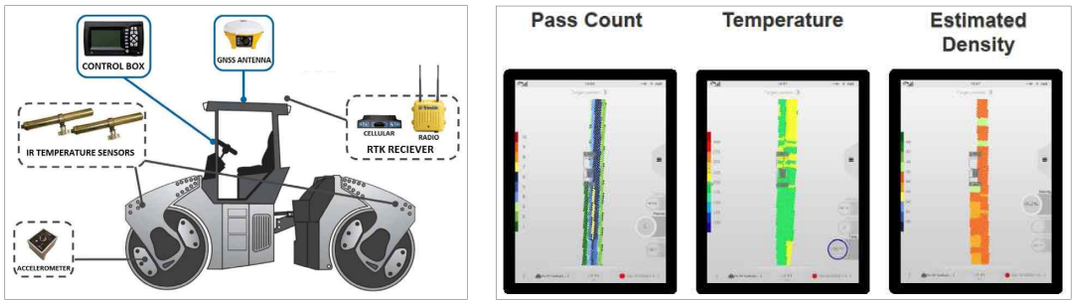
- 여러 가지 SHRP2의 프로그램 중에 'Technologies to Enhance Quality Control on Asphalt Pavements (R06C)' 연구는 실시간으로 아스팔트 포장시공 현장을 열화상 이미지(Infrared imaging)와 GPR(Ground-penetrating radar) 정보를 활용하여 아스팔트 콘크리트 포장체의 균일성을 측정하여 품질관리(QC)에 적용함으로써, 제한된 포장시공 정보를 얻을 수밖에 없었던 기존의 품질관리 방식을 개선하는 장점을 가짐

- 균일한 아스팔트 콘크리트 포장 시공
- 향상된 현장다짐 밀도 확보
- 아스팔트 혼합물 생산자, 시공자, 감독관 간의 정보공유 및 의사소통 향상
- 포장면의 평탄성 향상
- 하자 발생시 감독기관과 시공자의 분쟁 감소



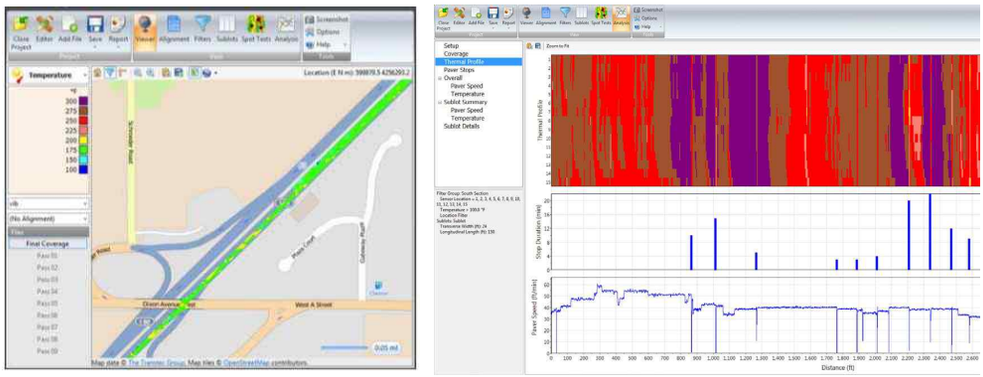
〈실시간 아스팔트 포장시공 관리 시스템(SHRP2)〉

- 현재 FHWA와 AASHTO에서는 아스팔트 포장 및 토공사의 표준 규격으로 지능형 시공정보 관리(ICDM, Intelligent Construction Data Management)의 IC 시스템(Intelligent Compaction)과 열화상 포설시스템을 적용하여 관리하도록 하고 있고, 미네소타 교통국(Mn DOT), 오리건 교통국(O DOT) 등에서는 이를 표준 관리 규격으로 적용하고 있고 표준 규격을 채택하여 현장에 적용하고 있는 주 교통국(US DOT)의 수가 증가하고 있음. IC 시스템은 다짐 장비에 각종 측정장비(IR Temperature sensor, GNSS Antenna, Accelerometer, Control Box)를 장착하여 다짐 횟수, 온도, 밀도 등의 정보를 제공함



〈Intelligent Compaction 시스템〉

- 2016년 미네소타 교통국(Mn DOT)에서는 지능형 시공정보 관리 시스템(ICDM) 가이드(Veta 4.0)를 제시하고 IC 시스템(Intelligent Compaction)과 열화상 포설추적 시스템(Paver-mounted Thermal Profiler System)에서 측정된 정보들을 분석하여 품질관리에 적용하도록 함

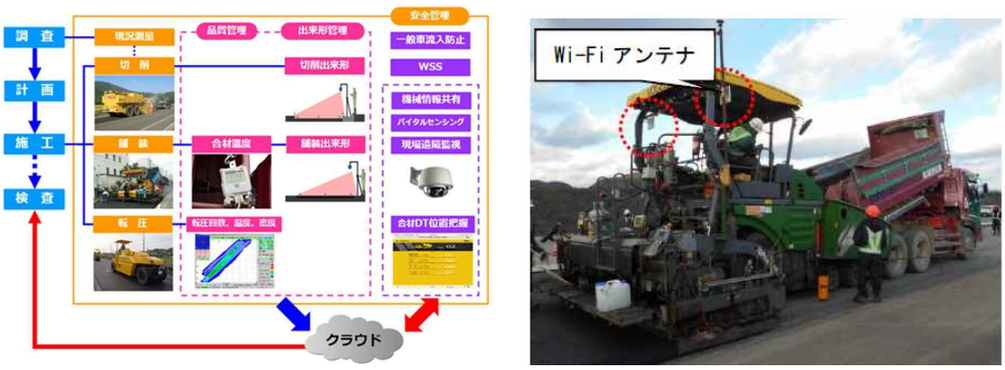


〈지능형 시공정보 관리 시스템(ICDM)〉

(3) 일본의 정책 동향

- 일본의 국토교통성은 2016년도부터 건설 현장의 생산성 향상을 목표로 건설 공사의 조사·측량, 설계, 시공, 검사, 유지 관리 등의 일련의 건설 생산 공정에서 3차원 데이터 등을 활용하는 'i-Construction'을 도입 하고 있음. ICT 기술을 전반적으로 적용하고 토공 및 콘크리트 공사의 생산성 향상을 목적으로 실시함

- 포장 공사에서도 2017년부터 신설 아스팔트 포장 공사에서 ICT 포장 공사를 적용하고 있으며, 특히 유지보수 포장공사에서는 ICT와 IoT를 활용하여 검토 현장을 실시간으로 연결하여 데이터를 공유하여 기술성, 생산성 향상 및 안전성 향상을 병행하는 'N-PNext(NIPPO-Paving Next)'를 통해 생산 및 시공 품질 관리를 통한 검사 및 서류의 제출까지 Wi-Fi를 적용한 인터넷 환경을 마련하여 클라우드 통신 인프라 시스템(クラウドを 通信インフラの構\築)을 구축함



〈N-PNext 개념도 및 Wi-Fi 환경 구축〉

- N-PNext(NIPPO-Paving Next)는 덤프 트럭 화물칸에 설치 한 Wi-Fi 온도계로 아스팔트 혼합물의 온도를 측정 데이터가 자동으로 클라우드에 모으고 저장되어 출력됨. 또한 아스팔트 피니셔에 설치되어 있는 네트워크 카메라를 통해 시공 상황이나 교통상황을 확인하여 현장의

품질관리 및 안전관리에도 활용되고, 차세대 전압 관리 시스템(タブレット、スマートフォン)은 다짐장비의 전압 상태 정보를 측정 및 확인하여 품질관리에 활용함. 이러한 모든 데이터들이 클라우드 시스템를 통해 태블릿 PC 또는 스마트 폰으로 덤프 트럭 도착시간, 아스팔트 혼합물의 온도 등의 정보가 전송되어 생산자, 시공자, 감독관이 정보를 공유함

〈클라우드 시스템에 의한 실시간 정보 공유〉

2. IoT 건설 관련 국내외 정책 동향

가. 국내 정책 동향

- 과학기술정통부에서 국민 안전과 직결되는 재난·재해 분야 및 생활안전 분야의 IT융합 기술혁신을 위한 R&D 투자와 현장에서 즉시 활용할 수 있는 지능화된 기술개발을 위한 연구지원을 지속적으로 확대 중임(정보통신산업진흥원, 2017)

  - 개방형 클라우드 플랫폼의 생태계 확장을 위한 R&D가 과기정통부 지원 하에 한국정보화진흥원이 주관하여 추진하고 있음

  - K-ICT 전략에 따른 IoT 실증단지 조성 및 스마트시티 지정 사업 등을 실행 중이며 2016년 시맨틱 기술과 지능형 IoT 기술을 주요 골자로 한 IoT 발전전략을 수립하고 정책 실행 중

  - LPWA(Low Power Wide Area) 서비스 확산을 위해 900MHz 대역 출력 기준을 기존 10mW에서 최대 200mW로 상향하는 기술 기준을 개정함

나. 해외 정책 동향

  - 4차 산업혁명에서 IoT 관련 기술이 타산업과의 융합 확대를 통해 커다란 영향을 미칠 것으로 예상됨에 따라 각 국의 IoT 관련 산업의 성장을 위한 정책이 마련되고 있음

- 미국

  - 2008년 IoT를 2025년까지 국가경쟁력에 영향을 미칠 6대 혁신 기술 중 하나로 선정하여 많은 산업 분야에서 IoT 활용 계획을 수립하여 실행하였음

- 스마트시티, 시마트 인프라 등 혁신 기술개발 및 IoT 활용에 따른 경제성장을 유도 중
- ICT 융합 전 분야의 근간이 되는 스마트, 고신뢰 SW 기술 분야에서 타국가 대비 독보적인 기술력을 보유하고 있으며, 미래 융합원천기술 선점을 위한 대규모 R&D 투자를 지속하고 있음
- IoT 산업 시장이 커짐에 따라 IoT 환경에서의 보안과 정보보호 문제가 발생함에 따라 연방거래위원회를 중심으로 IoT 환경에서의 보안 및 개인정보보호 관련 정책적 논의를 진행 중임.

● 중국

- IoT를 「2006-2020년 과학기술 중장기 발전계획」에 포함, 국가 주요 기술부문으로 지목하고 IoT 산업 활성화를 위한 정책을 적극 추진 중
- 2010년까지 약 70억 위안(약 1조 2천억 원)을 IoT 관련 R&D에 지원
- 2013년 2월 중국 정부의 사물인터넷에 관한 정책 방향성을 담은 「사물인터넷의 건강한 발전에 관한 지도 방안」을 발표하여 사물인터넷 구성 요소별 정책 주체 간 원활한 정보 교환으로 시너지 효과를 창출하는 한편 보안 관련 연구·개발을 보다 강화할 것임을 강조하였음
- 충칭의 난옌지역에 「중국 국가 사물인터넷산업 시범기지」를 설립하여 중국의 3대 통신회사인 중국전신, 중국이동, 중국렌통과 마이크로소프트 등 ICT기업 40여 개가 입주하여 있음
- 정부주도로 중국스마트홈산업연합을 구성하여 스마트홈시스템 엔지니어 육성 시스템 구축, 스마트홈 기술 시범 플랫폼 개발 및 서비스 개발 추진 중임

● 일본

- IoT 등 첨단기술 발전에 대응해 이를 활용한 혁신과 새로운 비즈니스 창출을 위한 투자 지원·인프라 환경 정비 등 총체적 정책 마련 강조
- 미국 기업에 비해 IoT 분야 경쟁력이 뒤처졌다고 판단하며 정부적 차원에서 선도적 인프라 정비와 기술 개발을 적극 독려
- IoT 추진 컨소시엄을 발족(2015.10)하여 IoT 산업의 전방위적 지원을 시행
- 2025년 모든 일상생활 영역에서 IoT 파급효과를 극대화할 수 있는 액션 플랜을 구체화함(2016.07)

3. 소결

가. 국내 정책 동향

- 국토교통부와 한국도로공사에서는 도로포장의 품질관리 개선을 위한 품질성능지수(QPI) 및 품질관리시스템(PQMS) 등을 개발하여 시범평가를 실시하여 현장에 적용하고 있으나, 도로포장 현장의 실질적이고 구체적인 데이터 측정 및 확보를 위한 데이터 베이스 시스템이 마련되어 있지 않음. 그리고 한국도로공사의 품질성능지수(QPI)는 시공후의 품질 결과를 평가하는 방식으로 현장에서 즉각적인 품질개선이나 생산 및 시공 정보에 대한 연속적인 평가 반영이 불가함.

- 따라서, 기존의 도로포장 품질관리의 문제점을 개선하기 위해서는 현장의 각종 데이터를 실시간으로 연속적이고 객관적으로 아스팔트 혼합물 관리, 아스팔트 플랜트 관리, 운반 및 시공 관련 데이터를 수집 및 분석하여 문제점을 파악하고 혼합물의 생산 및 시공 공정별 품질관리 정보(생산, 운반, 다짐, 온도 데이터 등) 등을 현장에서 실시간으로 측정 및 평가할 수 있는 장비 개발(Hard ware 측면)과 각종 현장 데이터를 D/B화하고 데이터를 분석하여 활용할 수 있는 프로그램(Soft ware 측면)의 개발이 동시에 이루어져야 함.

- 또한 텍스트 기반의 도로포장 기본정보 입력이 아닌 객관적이고 통계분석이 가능한 신뢰도가 높은 구체적이고 실질적인 현장 데이터 확보하여 발주청, 감리단, 시공사, 아스콘 플랜트별로 원활한 품질관리 관련 정보를 실시간(real-time)으로 현장의 품질 관리 자료를 실시간으로 입력 및 확인할 수 있는 현장용 휴대 단말기 및 운영 시스템을 개발 현장에서 즉각적으로 분석 및 대처할 수 있는 시스템 개발이 요구됨

- IoT 서비스 및 관련 산업의 시장 진출을 가로막는 법·제도적 규제를 전반적으로 재검토하고 공공부문이 선도적으로 IoT를 도입하여 IoT의 공급과 수요를 균형적으로 확대하는 것이 필요함

  - IoT 관련 기업의 대부분을 차지하는 중소기업의 경쟁력을 강화하고 시장의 규모를 확장시킬 수 있도록 제도적 도움이 필요함

나. 해외 정책 동향

- 유럽, 미국, 일본 등의 해외 도로관리 기관들에서는 이미 도로포장 시공 장비들(덤프 트럭, 페이버, 다짐장비 등)에 위치 및 온도 측정 센서를 설치(Hard ware 측면)하여 실시간으로 연속적이고 객관적인 데이터를 수집 및 분석하여 즉각적으로 현장에서 모니터링하여 활용함. 그리고 현장에서 측정된 각종 관련 정보들을 분석할 수 있는 통계 및 분석 프로그램(Soft ware 측면)을 개발하여 시공 관리시 문제점 분석과 차후 개선책 마련에 활용함

- 해외 대부분의 나라에서 IoT 산업의 중요성과 성장 가능성을 알고 IoT 기술력 및 산업 성장을 위한 정부적 차원에서의 대응이 이루어짐

- IoT가 일상 활동의 다양한 영역에서 연결되면서 사람, 사물, 공간, 데이터 등 모든 것이 연결되는 IoT 환경에서의 개인정보보호와 보안 이슈가 제기될 것이며 이를 위해 해외 각 국에서는 관련하여 법제화 방향 등이 논의 중임

2절 국내·외 시장현황 및 전망

1. 국내 도로 건설 관련 시장 전망

가. SOC 관련 정부 예산 변화

- 정부 주도의 SOC 관련 건설 예산은 전반적으로 매년 6.8% 정도 감소가 예상되며, 항공, 공항, 물류 부문 등에는 새로운 건설 계획에 따라 예산 규모가 일부 확대될 가능성이 있으나 산업단지 개발은 큰 폭의 투자 축소가 예상됨

- 14년부터 19년년 동안의 SOC 분야의 투자 계획을 살펴보면, 도로 부문에서 연평균 8.6%로 지속적인 건설 발주의 감소가 예산되어 신규 건설보다는 기존 노후 도로의 유지보수 부문의 예산 증액이 이어질 것으로 예측됨

✓ '16년 이후 SOC 분야 예산편성은 전반적으로 연평균 △6.8%씩 감소 예정

✓ 항공·공항, 물류 부문을 제외한 전반적으로 SOC 투자는 감소 예상

※ 산업단지 부문이 가장 크게 축소(향후 5년 연평균 △18.6)되고 전반적으로 투자 축소 예정

※ 다만, 동남권 신공항 건설이 계획 확정되면 이를 반영하여 예산규모는 다소 확대될 가능성 상존

✓ '15년 발전플랜트, GTX 등 대형 토목공사 발주가 대부분 완료, '16년 중에는 GTX 잔여 구간 발주 등 감소

| SOC 분야 투자계획(십억원)

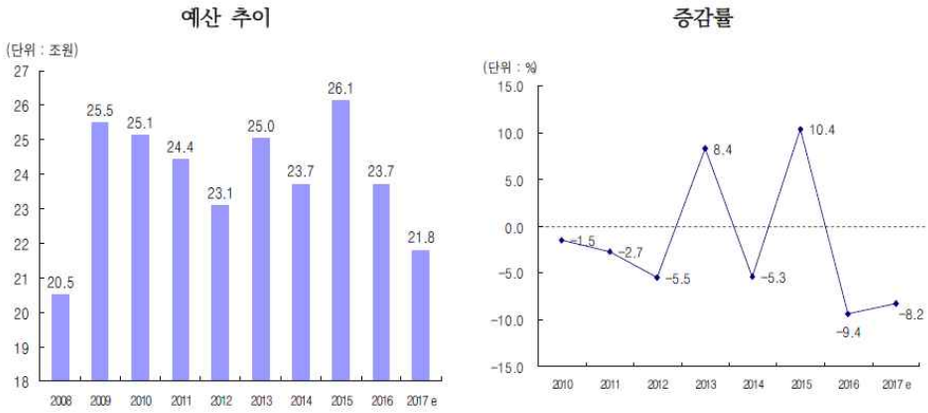
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	연평균(%)
합계	23,690	24,809	23,312	21,097	19,726	18,720	△6.8
교통 및 물류	18,894	20,295	19,433	17,589	16,493	15,732	△6.2
도로	8,470	9,085	8,372	7,366	6,809	6,346	△8.6
철도·도시철도	6,803	7,405	7,183	6,414	5,987	5,737	△6.2
해운·항만	1,505	1,664	1,718	1,599	1,474	1,443	△3.5
항공·공항	101	136	144	151	165	171	5.8
물류 등 기타	2,015	2,005	2,016	2,059	2,059	2,036	0.4
지역개발	4,796	4,512	3,880	3,508	3,233	2,988	△9.8
수자원	2,383	2,273	2,175	1,968	1,806	1,654	△7.6
지역 및 도시	1,514	1,349	1,075	1,029	985	942	△8.6
산업단지	899	890	630	512	443	391	△18.6

자료 : 기획재정부, "2015~2019 국가재정운용 계획"

IBK기업은행 8

〈SOC 분야 투자 현황〉

- 최근 10년 동안 정부의 SOC 부문에서 예산 추이에서도 전반적인 감소가 뚜렷하며, 특히 2015년 10.4%의 예산 증액 이후 매년 8~9% 이상으로 큰 폭의 예산 감소가 이러지고 있는 실정임



주 : 2009년, 2013년, 2015년은 추가경정 예산이 포함된 금액임.
자료 : 기획재정부.

〈정부 OSC 예산 추이〉

나. 도로 부문의 정부 예산 변화

- 이러한 SOC 부문의 정부 예산 감소에 따라 도로 건설에서도 시장 규모가 지속적으로 축소되는 경향이 뚜렷할 것으로 예상됨

- 이는 정부 SOC 예산의 세부 분야별 내용에서 볼 수 있듯이, 도로는 다른 물류 관련 시설물 건설 예산에 비해 연 평균 약 11.1%로 급격한 예산 감소가 이러지고 있는 것으로 나타남

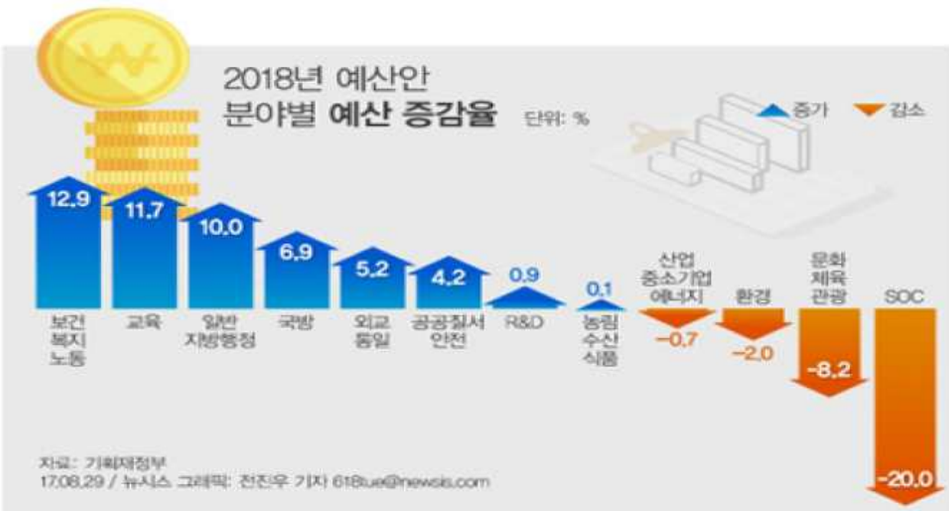
〈정부 SOC 예산의 세부 분야별 내용〉

(단위 : 억원, %)

구분	2010년 예산	2011년 예산	2012년 예산	2013년 예산 (추경 포함)	2014년 예산	2015년 예산 (추경포함)	2016년 예산_A	2017년 예산(안)_B	증감률 (B/A, %)
▪ 도로	80,038	74,487	77,614	91,667	84,695	93,541	83,409	74,134	-11.1
▪ 철도 (도시철도 포함)	53,512	54,055	61,141	69,913	68,032	81,578	74,646	68,041	-8.8
▪ 항만 · 공항	19,283	17,012	17,056	16,121	16,060	18,524	19,645	17,417	-11.3
교통 SOC 계	152,833	145,555	155,811	177,701	168,787	193,643	177,700	159,592	-10.2
▪ 수자원	51,076	50,182	29,020	23,694	23,830	24,655	21,496	18,612	-13.4
▪ 물류, 지역 및 도시 등	47,198	48,669	46,095	45,638	44,279	43,161	37,758	39,418	4.4
기타 SOC 계	98,274	98,851	75,115	96,332	68,109	67,816	59,254	58,030	-2.1
총계	251,106	244,406	230,926	250,261	236,895	261,459	236,953	217,622	-8.2

자료 : 기획재정부.

- 2018년의 정부 예산에서도 SOC 부문은 가장 큰 폭의 감소율인 20%로서 관련 건설 산업의 축소와 더불어 재조정 등이 예상됨. 이는 SOC 부문이 건설에서 유지보수 시장으로 산업의 재조정과 업계의 변화가 이루지는 계기가 됨을 의미함



자료: 기획재정부, 뉴시스 신문기사 재인용

구 분	2017년	2018년(안)	비 고
도로	74,089	54,424	국도 건설(2.7조→1.8조)
철도 및 도시철도	71,437	47,143	일반철도 건설(4.4조→2.0조)
해운 및 항만	17,607	17,021	항만개발 및 관리(1.5조→1.3조)
수자원	18,108	16,762	하천관리 및 홍수예보(1.6조→1.5조)
지역 및 도시	12,028	15,536	도시정책(0.2조→0.5조)
물류, 항공 및 산단	28,086	26,272	산업단지(0.5조→0.3조)
합 계	**221,354**	**177,159**	**전년대비 20% 감소**

자료: 기획재정부

〈2018년 분야별 예산안〉

- 따라서 이러한 도로 건설 부문의 전반적인 정부 예산 감소에 따라 관련 산업의 체질 개선과 함께 건설 관련 효율성 제고를 위한 시공 장비의 자동화와 인력 효율화 등의 업계 노력과 관련 기술의 개발이 요구됨

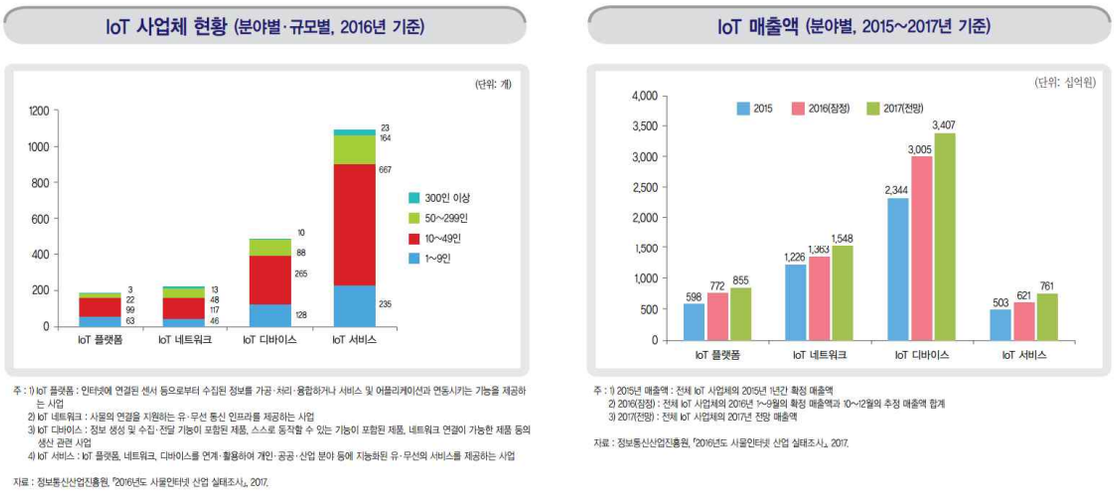
- 이와 더불어 정부 예산의 효과적인 집행을 통한 도로 시설물의 수명 연장 등이 요구되고 있어 시공 품질관리 수준 향상을 위한 관련 기술 및 기준 등의 정비가 더욱 필요한 것으로 사료됨

2. IoT 건설 관련 국내외 시장 동향

가. 국내 시장 동향

- IoT는 모든 사물을 인터넷으로 연결하는 것을 의미하는 4차 산업혁명의 핵심 기술로 활용영역이 광범위함

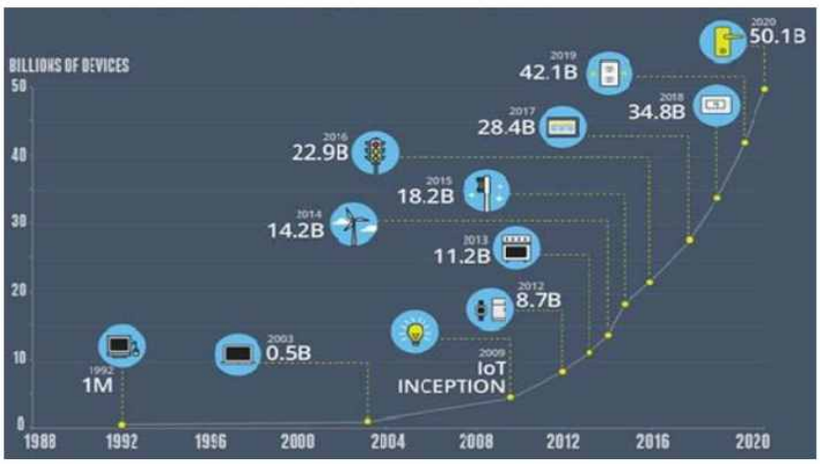
- 국내 IoT 사업체는 서비스 분야(54.7%)가 가장 많고 그 다음으로 디바이스(24.7%), 네트워크(11.3%), 플랫폼(9.4%) 순서이나 매출액의 50% 이상이 IoT 디바이스 분야에서 발생하고 있음
  - 국내 IoT 사업체의 80% 이상이 종사자 수 50인 미만의 중·소형 사업체임
  - 2017년(전망) IoT 산업 매출액은 약 6.6조원으로 디바이스 분야 매출액이 3.4조원을 차지하고, 그 다음으로 네트워크, 플랫폼, 서비스 순서임



〈사물인터넷 사업체 및 매출액(국회입법조사처, 2017)〉

나. 해외 시장 동향

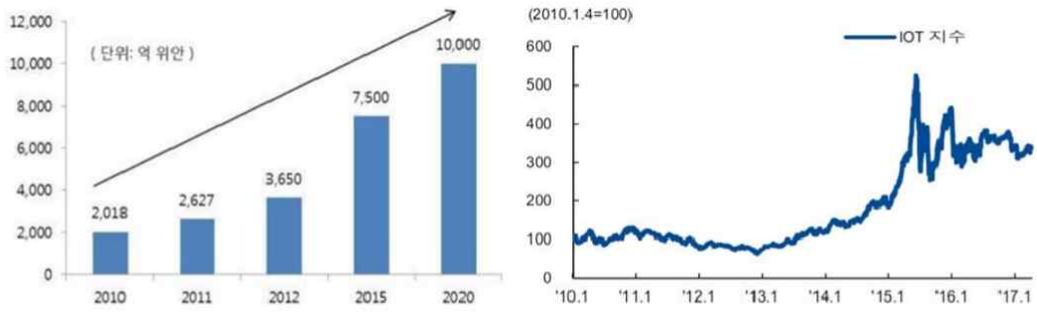
- IoT의 본격적인 도입과 센서 가격의 하락, 실시간·지능형 개인맞춤 서비스가 가능해지며 인터넷에 연결되는 사물의 수가 급격히 증가하였음
  - 생활 밀착형이고 지능화된 센싱 융합 서비스 및 차세대 디바이스 규모가 증가할 것으로 전망(정보통신기술진흥센터, 2017)



<자료> Infrafocus

〈사물인터넷의 연도별 성장 및 디바이스 확장 전망(정보통신기술진흥센터, 2017)〉

- 2016년 IoT 시장은 스마트 가전, 스마트폰, 수송기기 등의 증가로 데이터 수집을 위한 통신 인프라의 수요가 높아져 160억 달러(약 18조원) 시장 규모로 성장하였음
  - 2023년이 되면 10배 이상 늘어난 1천 950억 달러(약 224조원)에 달할 것이라 전망(리포츠 앤 리포츠, 2017)
- IoT 시장은 개인보다는 기업 간 거래에서 큰 경제적 파급 효과를 유발할 것으로 예상
  - Mckinesy는 공장, 도시 및 건강 등 9개 분야의 IoT 경제적 파급효과가 2025년까지 최소 3.9조 달러에서 최대 11.1조 달러에 이를 것으로 전망(2015)
- 미국
  - Statista에 따르면 2020년까지 IoT 시장의 주요 3대 분야(스마트홈, 스마트시티, 커넥티드 카) 중 하나인 스마트홈 시장은 약 430억 달러로 성장할 것이며, 가장 큰 비중을 차지하는 미국 시장은 2017년 146억 4,9000만 달러에서 2020년 284억 6,800만 달러로 성장할 것으로 전망함
  - 애플, 아마존, 페이스북 등은 지능형 클라우드 인프라를 기반으로 인공지능(AI) 개인화 비서 서비스 공개
  - IBM은 IoT를 이용한 도시와 기업의 효율성을 높이는 스마트 플래닛 서비스 진행
- 중국
  - IoT 관련 업체 수가 중국이 전 세계의 7.7%를 차지, 일본(3.4%), 한국(2.1%)보다 높음
  - 2020년까지 세계적으로 약 2000억개 이상의 디바이스가 연결될 것이며 이 중 약 95%가 중국에서 만들어질 것으로 예상
  - 사물인터넷을 국가 주요 기술부문으로 지목하고 정부의 지원을 받으며 시장 규모가 2012년 3,650억 위안을 기록하였고 2020년에는 1조 위안을 돌파할 것으로 예상



(가) 중국 사물인터넷 시장규모

<자료> 清科研究中心, KOTRA 샤먼 무역관

(나) 중국 사물인터넷 테마 지수

<자료> Wind, NH 투자증권

〈중국의 IoT 시장 및 관련 테마 지수 추이(정보통신기술진흥센터, 2017)〉

● 일본

- IoT 서비스, 표준화 부문 등에서 미국의 기업들에 비해 경쟁력이 뒤처져있으나, 오므론(Omron) 등 일본의 100개 기업이 2020년까지 모든 사물, 사람이 인터넷과 연결된 IoT가 창출하는 데이터를 매매·중개하는 유통시장을 출범할 계획임

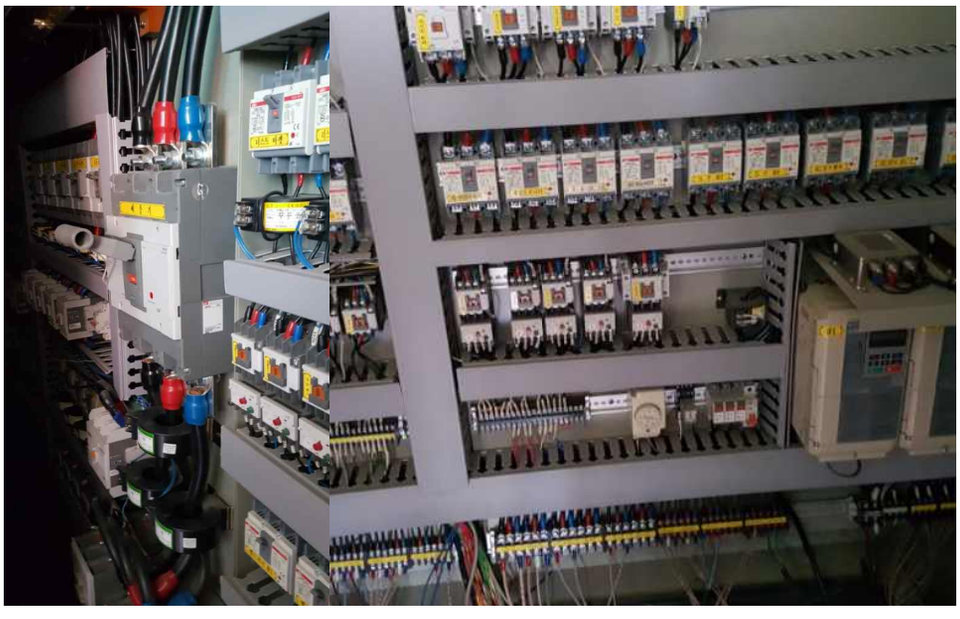
3. IoT 관련 국내 시장 장비 활용 수준

가. 생산 플랜트 장비

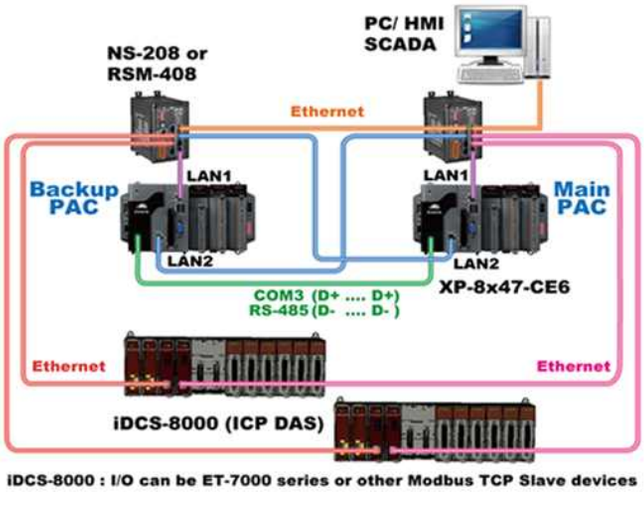
● 포장 재료 생산 플랜트 영역에서 IoT 관련해 현장 적용되고 있는 주요 기술은 크게 다음과 같음

기술 항목	내용
스카다	• 스카다(SCADA. (Supervisory Control And Data Aquisition)는 산업 제어 시스템(Industrial Control Systems)에 사용되는 설비, 공장 제어 감시 컴퓨터 시스템으로 RTU(Remote Terminal Unit)를 통해 데이터 수집, 기록, 표시함. HMI(Human Machine Interface)와 데이터 저장장치가 포함될 수 있으며, 제어값 이상 범위 데이터 발생 시 시 안전 기능 등이 포함되어 있음. 대부분의 플랜트 제어를 위해 스카다 시스템이 표준처럼 사용되고 있음
데이터베이스	• 스카다에서 송수신되는 데이터를 기록, 보관, 분석하기 위한 목적에서 설치되는 데이터 관리 시스템
모드버스	• 모드버스(MODBUS)는 프로그래밍 가능한 로직 컨트롤러(PLC, Programmable Logic Controllers)를 지원하기 위해, 1979년 슈나이더 일렉트로닉에 의해 발표된 직렬 통신 프로토콜. 클라이언트-서버 모델이며, 서버에 해당하는 마스터가 항상 활성화되어 있어야 함. 높은 네트워크 오버헤드를 가지며, RTU가 추가될수록 서버에 부하를 줌
MQTT	• MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)는 통신 프로토콜 중 하나로, IoT 데이터 메시지 교환에 많이 쓰이는 경량 데이터 통신 방식임. MQTT는 publish-subscribe 구조이며, 경량 데이터 송수신 및 무선에 특화되어 있음
RTU	• RTU는 현장의 센서, 엑추에이터 장치에서 디지털 및 아날로그 데이터를 주고 받기 위한 원격 말단 장치로 통신포트를 통해 스카다와 연결됨
PLC	• PLC는 전자적 메커니즘으로 공정을 제어하는 데 사용하는 소형 컴퓨터로 스마트 팩토리 구현에 필요한 장비임. Ladder diagram으로 프로그래밍을 할 수 있으며, 정해진 로직대로 연결된 장비를 제어함
엑추에이터	• 모터나 스위치와 같이 물리적인 영향을 주기위한 장치를 말하며, 전기, 전자 장치에 의해 제어되는 PLC와 함께 연계되어 사용됨
센서	• 물리 변화량을 전압이나 전류로 변환하는 장치로 ADC(Analog to Digital Converter)와 함께 사용됨
보안	• 생산 플랜트에 사용되는 SCADA나 PLC가 해킹되었거나 잘못된 데이터가 입력될 경우 큰 사고가 발생할 가능성이 있음. 이와 관련해, 인터넷망 분리, 인증, 암호화 보안 기술이 적용될 수 있음. 하지만, SCADA 모니터링 시스템이 인터넷에 연결되어 있을 경우에는 해킹이 가능함이 보고된 적이 있음(TRITON Malware Targeting Critical Infrastructure Could Cause Physical Damage, The Hacker News, 2017)
통신	• 통신은 일반적으로 TCP/IP 스택에서 실행됨. 센서, PLC, 스카다와 연결되는 통신 방식은 다양하며, 이더넷, RS-232C, RS-485 등이 있음. 일반적으로 플랜트 각 관제점 제어를 위한 센서와 엑추에이터는 제어의 안전성을 위해 유선으로 연결되는 것이 일반적임. 현장 여건상 부득이할 경우, 무선을 사용함. 다만, 외부 시스템 데이터 전송을 위해, 인터넷과 같은 외부망과 연계하는 경우가 있을 수 있으며, 이 경우 일부 무선통신이 사용될 수 있음. 다만, 외부망과 연결될 경우, 보안이 취약해지며, 게이트웨이 등의 부가 장치가 필요해 질 수 있음

〈S사 포장 생산 플랜트 및 스카다 시스템 예〉



〈S사 포장 생산 배선용 차단기 및 제어 패널〉



〈스카다 시스템 구축 사례(ICPDAS)〉

- 현장에서는 플랜트 제어용으로 스카다를 사용하고 있으며, IoT 클라우드 플랫폼에 연결해 데이터를 취합 및 분석하는 사례는 보안 등의 문제로 많지 않음. 스마트 팩토리 구현을 위해 IoT 연계와 관련된 기술이 개발되고 있는 중임
- PLC는 각 채널에 연결된 센서 데이터 센싱 및 액추에이터 제어를 프로그래밍 할 수 있음. PLC는 설비 제어 시스템을 레고블럭처럼 용도에 맞게 연결해 개발하기 편함. 국내에서 사용되는 PLC 장비는 주로 지멘스, 슈나이더, 론웍(LonWorks), LS산전과 같은 업체에서 판매하고 있음
- 모드버스는 OSI 모델 2 스택 위에서 동작하며, 마스터-슬래이브 아키텍처를 사용한다. 모드버스는 빌딩 자동 제어 시스템의 표준 통신 프로토콜이 되었다. 모드버스는 산업용 전자기기를 연결하는 일반적인 사용 방법이다.
- 모드버스는 동일한 네트워크에 연결된 센서 장치와 통신하여, 온도, 습도를 측정하고, 컴퓨터에 그 결과를 전달할 수 있도록, 장치간 통신을 지원. 단일 비트 데이터를 통해, 스위치 릴레이를 ON/OFF할 수도 있음
- 모드버스는 다중 마스터-슬래이브 응용, 센서 및 계측기, 산업 네트워킹, 건물 및 인프라 설비 제어, 교통 및 에너지 응용 시스템, 시스템 감시 및 데이터 취득, 과학/공학 분야 장비 및 연구용 등에 사용됨
- 스카다는 휴먼-머신 인터페이스(HMI. Human-Machine Interface. 데이터를 인간에게 친숙한 형태로 변환해 보여주는 장치. 이를 통해 공정을 감시/제어함), 감시 시스템, RTU, PLC, 통신 네트워크로 구성됨
- 스카다 시스템에 사용되는 프로토콜은 가볍게 동작할 수 있는 것을 사용. 널리 사용되는 것 중 하나가 모드버스, RP-570, 프로파이버스(profibus), 코니켈(Conitel) 등이 있음
- 참고로, 빌딩 자동 제어에 특화된 BACNet(백넷)은 "A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks" 약자로, 빌딩 자동 제어 및 네트워크 표준 프로토콜
- BACNet은 미국 냉조 공조 학회 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)의 주도로 개발되어, 미국 및 유럽의 표준이 되었다. 현재 30여개국 이상에서 사용
- BACnet은 빌딩 자동 제어를 위한 제어기간 상호연동을 위한 표준 모델를 정의. 이를 위해 객체지향 접근 방법을 사용. 빌딩에서 제어하고자 하는 장치는 모두 객체, 속성, 서비스로 표현. BACNet은 OSI의 물리적인 통신 레이어 연결에 RS-232보다 장거리 통신에 성능이 좋은 RS-485를 사용함
- 이와 유사한 BAS(Building Automation System) 표준으로 유럽을 중심으로 개발된 KNX가 있음. BACNet과 KNX 네트워크 연계를 지원하는 게이트웨이 지원

나. 포장 시공 장비

- 아직 국내 포장 시공 현장에서 IoT 기술은 활용 사례가 보고된 바는 없음. 현재 국내 포장 시공 수준은 GPS를 이용한 현장 품질 관리가 연구되고 있는 수준이며, 현장은 노후화된 포장 장비가 활용되고 있는 경우가 많음. 국내에서 활용되는 포장 장비는 수동식으로 기능이 단순한 편임

〈포장 시공 현장 모습 예〉

〈페이버 장비 기능 버튼 예〉

다. 포장 재료 시험

- 포장 품질 관리를 위한 재료 시험은 시편을 샘플링하여 실험실에서 검수자가 실험하여, 밀도, 강성, 입도 등을 확인하고, 수기로 기록하여, 발주처 감독자에게 제출하고 있으며, 수작업 기반으로 IoT 기술 활용 사례는 없음

- 몇몇 전자화된 품질 테스트 실험 기구는 RS-232C 시리얼 포트에서 데이터 전송 방법을 제공하고 있음. 다만, 현장에서 해당 기능을 사용하는 경우는 많지 않으며, 수기로 데이터를 기록함. 이 과정에서 실수로 인한 오기, 누락 등이 발생될 수 있음

〈전자식 포장 품질 테스트 기구 예(S사 제공)〉

라. 인프라 IoT 클라우드 플랫폼

- 국내에서 사용되는 대부분의 클라우드 플랫폼은 AWS(Amazon Web Service), 마이크로소프트의 Azure 와 같이 상용화된 제품이며, 기술 독점임. 일부 오픈소스 기반 클라우드 플랫폼이 있으나, 안정성이나 가용성면에서 부족한 면 있음

  - 이외 국내에서 개발된 클라우드 플랫폼은 웹하드와 같은 데이터 저장 기능, 운영체제 서버 제공, 데이터베이스 서버 제공 등 특정 기능만 지원하여, 클라우드 플랫폼으로 보기에는 무리가 있음

  - 본 기획에서 언급되는 인프라 IoT 클라우드 플랫폼은 최소한 데이터, 서비스, IoT 장비 등록, 관리 및 고장 진단, 데이터 처리 및 분석 기능을 포함해, 특히, 포장시공 품질관리에 특화된 기능을 API와 같은 인터페이스로 제공해 주어야 함

- 건설 및 건축 관점에서 클라우드 플랫폼의 주요 분야는 스마트 홈, 스마트 빌딩과 같은 분야에 국한되어 있으며, 인프라 분야에서 클라우드 플랫폼 기반 서비스 개발 및 활용은 그 사례가 발표된 바가 없음

4. 기존 기술 문제점 및 개선점

- 포장시공과 같은 현장 중심 인프라 IoT 품질관리 서비스 및 데이터 교환을 위한 프로토콜은 현재 개발된 바가 없음
  - 품질관리 목적에 특화되지 않은 범용 IoT 프로토콜 활용 시 데이터 의미 해석에 대한 오해가 발생할 수 있고(도메인 지식 누락), 서비스 개발 시 많은 개발 노력이 들고(재활용성 문제), 목적에 명확하지 않은 데이터 교환 방식으로 인해 오류 데이터 발생 가능성이 높으며(상호운용성 문제), 이로 인한 데이터 무결성 등에 문제가 발생할 수 있음
  - 이와 같은 이유로 인프라 품질관리 서비스 특화된 TCP/IP기반 서비스 레이어 스펙 정의 및 기술 개발 필요
- 본 연구 목적에 특화된 데이터 처리, 연계를 지원하는 IoT 클라우드 플랫폼 기술 개발을 통해, 품질관리 IoT 데이터 처리, 분석, 관리 기능을 각 서비스에서 구현하는 것이 아닌 API 등 인터페이스를 통한 기능 재활용 지원 필요
  - 본 연구에서는 이와 관련해 포장시공 품질관리에 특화된 기능을 공통적인 인터페이스를 설계 및 개발하여 제공하고, 서비스에서는 제공된 인터페이스를 이용해 개발하는 방식으로 플랫폼 지향적인 시스템을 개발할 필요가 있음
  - 이를 통해, 공간정보시스템 등 다양한 이기종 데이터가 연계되어 분석 및 가시화되는 뷰(view)를 유스케이스 관점에서 손쉽게 개발할 수 있을 것임
  - 플랫폼 기반 서비스의 손쉬운 개발과 관리는 인프라 품질관리 서비스 마켓과 같은 생태계 개발을 가능하게 것으로 기대함
- 다양한 문제가 발생할 수 있는 시공현장 환경을 고려한 센싱 및 통신 기술의 활용 방법 도출 및 지침 개발이 필요함
  - 현재는 IoT 관련 통신 방법이 실내에 국한되어 있는 측면이 있음. LoRA와 같이 일부 실외에서 사용할 수 있는 통식 방식이 있으나, 아직, 포장공사 품질관리에 필요한 원활한 데이터 통신을 얼마나 지원할 수 있는 지 연구된 바는 없음

5. 소결

가. 국내 시장 분석

- 국내 IoT 사업체의 80% 이상이 종사자 수 50인 미만의 중·소형 사업체로 이들을 안정적으로 운영하고 성장할 수 있도록 지원하는 것이 중요함
- 국내 IoT 서비스 분야의 경우 사업체 수가 가장 많으나 사업 매출액 규모가 디바이스, 네트워크, 플랫폼에 비하여 매우 작아 기업이 영세할 것으로 평가되므로 IoT 서비스 기업의 경쟁력 강화와 시장 확장을 위한 대안이 필요함

나. 해외 시장 분석

- IoT는 모든 사물을 인터넷에 연결하여 실시간으로 데이터를 주고받는 4차 산업혁명의 핵심 기반기술로 주목받으며 관련 시장이 매우 커지고 있음
  - 특히 IoT 인프라 확대와 기업 및 소비자의 수요 증가에 힘입어 관련 시장규모는 지속적인 성장세를 유지할 것으로 예상됨

3절 기술동향 분석

1. 도로 포장 품질관리 기준 분석

가. 도로 포장 품질관리 관련 국가 기준, 시방서, 지침 분석

- **(국가기준)** 도로 포장과 관련된 국가 기준은 국토교통부에서 발간한 국토교통부 도로설계 기준과 도로공사 표준시방서가 있음
  - **(도로설계 기준/KDS 44 00 00)** 건설기술진흥법 제 44조(설계 및 시공기준)의 규정에 따라 도로시설을 설계할 때에 적용하여야할 최소한의 일반적·기술적 기준으로 도로 이용자의 편의와 도로안전도 향상 도모를 목적으로 제정
  - **(도로공사 표준시방서/KCS 44 10 00)** 건설기술진흥법 제44조 및 동법 시행령 제65조 제6항에 따라 시설물의 안전 및 공사시행의 적정성과 품질확보 등을 위하여 시설물별로 정한 표준적인 시공기준을 정하기 위해 작성한 표준시방서로 도로법에서 정한 도로공사에 대하여 적용하며, 필요할 경우 이에 준하는 도로공사에도 적용 가능
- 도로공사 표준시방서에서는 도로 포장 공사의 품질관리를 위해 ① 품질관리 계획, ② 품질시험 및 검사, ③ 현장실험실, ④ 시공 허용오차, ⑤ 시공확인 및 점검 등 품질관리 계획에서 확인/계획까지 전반적인 품질관리 절차를 규정하고 있음
  - 도로포장 공정 단계별 품질관리는 공정 별 KCS 코드 체계에 명시된 품질기준 및 절차를 준용하여야 함

〈KCS 코드 체계의 품질기준〉

아스팔트 포장(KSC 44 50 10)

- **(혼합물의 품질 및 입도규정)** 기준 적합여부 판정 및 각 재료에 대한 시험결과를 시공 전에 공사감독자에게 제출 및 승인
- **(다짐밀도, 계획고와의 차이, 층 두께)** 시험포장을 통해 확인 및 감독자 승인
- **(평탄성)**

측정방법	기준치
3m 직선자	도로중심선에 직각 또는 평행으로 대었을 때 가장 오목한 곳이 3mm 미만
7.6m 프로파일 미터	· 일반도로 본선 토공부 : Prl 100mm/km 이하 · 교량접속부를 포함한 교량구간 : Prl 200 mm/km 이하 (단, 확장 및 시가지 도로의 경우 본선은 Prl 160 mm/km 이하, 교량구간, 인터체인지 및 램프구간은 Prl = 240 mm/km 이하)

→ 평탄성 기준에 어긋나는 부분은 공사감독자의 지시를 받아 재시공(비용은 수급인 부담)

콘크리트 포장(KCS 44 50 15)

(평탄성)

측정방법	기준치
7.6m 프로파일 미터	· 요철 5mm 미만, 5mm 이상 부위는 절삭 · 본선 토공부 및 편도 4차로 이상 터널 : Prl 160mm/km 이하 (단, 현장여건상 대형 조합장비의 투입이 불가능한 경우, 종단경사 5% 이상 및 평면곡선반지름 600 m 이하 구간은 240 mm/km 이하)
기타 도구	공사 감독자 승인 필요

→ 평탄성 기준에 어긋나는 부분에 하여는 재시공 또는 수정 (비용은 수급인 부담)

- **(두께)** 타설 후 측면에서 100m 마다 측정하며, 측정한 평균두께가 설계두께보다 5% 이상 얇을 경우에는 재시공
- **(품질시험)** 시료의 채취 및 시험은 모두 수급인이 실시하고 그 결과는 공사감독자에게 서면으로 제출 및 확인 필요

● **(전문시방서)** 국내 도로포장 공사에서 준용되고 있는 전문시방서는 크게 한국도로공사에서 발간**한** 고속도로 전문시방서와 국토교통부에서 발간한 일반국도 전문시방서가 있음

- **(고속도로 전문시방서)** 시설물별 표준시방서를 기본으로 고속도로 건설공사의 전 공종을 대상으로 하여, 한국도로공사가 발주하는 고속도로의 토목 공사 및 기타 이들에 유사한 단위공사의 시공 또는 공사시방서의 작성에 활용하기 위한 종합적인 시공기준

※ 단위공사 설계자는 전문시방서를 참고로 하여 필요한 시설물별 공종을 재편집하여 공사시방서를 작성하여야 함

- **(일반국도 전문시방서)** 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조 제6항에 따라 건설공사 관리에 필요한 사항에 대한 건설공사의 전문시방서로 일반국도의 건설, 관리 및 기타 이설도로와 유사한 공사에 하여 적용하며, 필요할 경우 이에 준하는 도로공사에도 적용 가능

● 고속도로 전문시방서에서는 표준시방서와 동일하게 품질관리에 대한 전반적인 내용을 적용범위, 품질관리계획, 품질시험·검사, 현장시험실, 품질시험·검사 의뢰, 시공허용오차, 시공 확인, 점검 및 보증서 등의 제출, 품질의식교육 등으로 구분하여 수록하고 있으며, 아스팔트 및 콘크리트 포장과 관련하여 각 장에 별도의 품질관리 및 검사 방안을 제시하고 있음

- **(아스팔트 콘크리트 포장)** 아스팔트 콘크리트 표층의 품질관리를 위해 시공 전에 각 혼합물의 품질 및 입도규정에 적합한지를 판정하여야 하며, 각 재료에 한 시험결과를 시공 전에 감독원에게 제출하여 승인을 받은 후 시공 하여야 함

- 계약상대자는 시험시공에 의한 다짐밀도, 계획고와의 차이, 층 두께 등을 확인하여 감독원의 검사를 받아야 함

- 평탄성의 경우, 표준시방서와 달리 IRI 기준을 추가하고 있으며, 미끄럼 저항에 대한 기준을 포함하고 있음

〈아스팔트 포장 평가 항목〉

평가 항목	기준치
평탄성	• 본선 토공부 : PrI 80mm/km 이하, IRI 1.6m/km 이하 • 현장여건 상 대형 조합장비의 투입이 불가능한 경우,(교량 접속부를 포함한 교량 구간, IC 및 JC 램프) : PrI 160mm/km, IRI 2.0m/km 이하 (단, 확장공사에서 단순 편측확장 공사는 PrI 160mm/km 이하)
미끄럼 저항	• ASTM E 274 측정기준에 의거 미끄럼 마찰값(SN) 50 이상

- **(시멘트 콘크리트 포장)** 시멘트 콘크리트의 경우에도 품질관리 및 검사 절에서 평탄성 및 두께 측정, 그리고 품질시험에 대하여 규정하고 있다.

- 평탄성의 경우, 표준시방서와 달리 PrI와 IRI를 검사 기준으로 하고 있으며, 기준은 다음과 같음

① 본선 토공부 : PrI 80mm/km 이하. IRI 1.6m/km 이하

(단, 현장여건상 대형 조합장비 투입이 불가능한 경우, 교량접속부를 포함한 교량 구간, IC 및 JC 램프 구간에는 PrI 160mm/km 이하, IRI 2.0 이하)

② 확장공사에서 단순 편측확장 공사의 경우, PrI 160mm/km 기준만 적용

- 일반국도 전문시방서에서는 아스팔트 콘크리트 포장공사와 시멘트 콘크리트 포장 공사로 구분하여 품질관리에 대한 내용을 제시하고 있음

  - **(아스팔트 콘크리트 포장)** 중간층, 표층 및 특수포장용 재료에 한 품질관리는 사 용 전에 실시하여 각 재료의 품질 및 입도 규정에 적합한 지를 판정하여야 하며, 각 재료에 한 시험결과를 감독자에게 제출하여 승인 받아야 함

  - 각 층을 시공한 후에는 계획고와의 차이, 규정밀도, 층 두께 등을 규정된 방법에 따라 확인하여야 하며, 공종별 재료의 품질 및 규격은 다음과 같음

〈아스팔트 포장 품질기준〉

시험종목 \ 공종			아스팔트 콘크리트 중간층	아스팔트 콘크리트 표층	시험 방법
굵은 골재 품질	밀도(표면건조)		2.5이상	2.5이상	KS F 2503
	흡수량(%)		3.0이하	3.0이하	KS F 2503
	안정성감량(%)		12이하	12이하	KS F 2507
	마모감량(%)		35이하	35이하	KS F 2508
	편장석함유량(%)		30이하	30이하	KS F 2575
	피복면적(%)		95이상	95이상	KS F 2355
다짐도(%)			96이상	96이상	
규격	폭(mm)			-25이내	
	두께(%)		+10 ~ -5		
	평탄성 PrI (mm /km)	일반도로		토공부 : 80이하 교량접속부 : 160 이하	
		확장 및 시가지도로		토공부 : 160이하 교량접속부 : 160 이하	

  - **(시멘트 콘크리트 포장)** 시멘트 콘크리트 포장 공사의 경우, 대표적인 품질검사항목으로 평탄성과 슬래브 두께를 제시하고 있으며, 모든 결과는 공사 감독자에게 확인 및 승인이 필요함

  - 일반국도 전문시방서 시멘트 콘크리트 포장 공사 품질관리 및 검사에 대한 내용은 도로공사 표준시방서의 기준과 동일

- **(지침)** 국토교통부에서는 아스팔트 콘크리트 포장, 시멘트 콘크리트 포장 시공 지침을 제정하여

재료부터 시공, 품질관리 까지 도로포장에 대한 배합설계, 품질기준, 품질관리 등 도로포장 생산 및 시공에 대한 전반적인 기준을 제시하고 있음

- **(아스팔트 콘크리트 포장 시공 지침)** 아스팔트 콘크리트 포장의 품질관리의 경우, 아스팔트 포장용 자재에 대한 선정시험과 시공과정에서의 관리시험으로 나누어 관리하여야 하며, 각 재료(아스팔트 골재, 채움재, 순환골재, 유화 아스팔트, 아스팔트, 혼합물)에 대한 품질기준을 제시하고 있음

- 또한 아스팔트 포장의 종류(가열, 중온, 상온, 재활용, 배수성 등)에 따른 품질기준을 다르게 제시하고 있으며, 포장의 종류에 따라 시공자는 각 품질기준에 적합하도록 품질관리를 수행하여야 함

- 각 소요 재료의 품질은 아스팔트 혼합물의 품질 및 성능에 직접적인 영향을 미치는 만큼 재료별로 필요한 품질시험을 실시하여야 하며, 포장용 아스팔트 혼합물 재료에 대한 품질시험 항목과 기준은 상기의 표 및 지침내 기준을 참조함

- 또한, 각 소요 재료 및 아스팔트 혼합물의 품질시험 항목과 기준을 바탕으로, 생산 제품의 품질 변동에 주요하게 영향을 미칠 수 있는 주요 인자(골재의 함수량 및 입도 등)별 IoT 적용 항목 및 우선순위를 도출하여 아스팔트 콘크리트 포장의 품질관리를 수행하여야 함

- **(시멘트 콘크리트 포장 시공 지침)** 시멘트 콘크리트 포장 재료와 철망, 철근, 다웰바, 타이바 등 시멘트 콘크리트 포장에 사용되는 강재 및 줄눈재에 대한 품질 판정에 대한 내용을 제시하고 있음

- 포장 시멘트 콘크리트 재료의 품질시험은 시멘트, 골재, 혼화제, 혼합물로 구분하여 각 재료에 대한 품질 기준을 제시하고 있으며, 강재의 경우, KS 제품 여부 및 그렇지 않을 경우, 품질을 증명할 수 있는 방법에 의해 품질을 판정해야 함

- 또한 두께, 폭, 평탄성에 대한 관리 기준을 제시하고 있으며, 관리 기준은 표준시방서와 동일함

- 시공 재료의 품질은 완성품의 품질에 직결되는 것인 만큼 재료별 필요한 시험을 실시하여야 하며, 포장용 시멘트 콘크리트 재료에 대한 품질시험 항목과 기준은 아래와 같음

- 또한, 아래의 품질시험 항목과 기준을 바탕으로, 콘크리트 혼합물의 품질 변동에 주요하게 영향을 미칠 수 있는 주요인자(골재의 표면수 및 미립분 함량 등)별 IoT 적용항목 및 우선순위를 도출하여 시멘트 콘크리트 포장의 품질관리를 수행하여야 함

〈도로포장 품질관리 시험 항목〉

시험항목		시험방법	목적	표준	비고
시멘트	시멘트의 물리시험	KS L 5100~5112	시멘트의 적부		시험성적표에 의할 수 있음
골재	체분석	KS F 2502	골재의 적부, 배합설계		
	굵은 골재의 비중과 흡수량	KS F 2503	〃		
	알칼리골재 반응성	ASTM C1260	ASR에 의한 균열과 스폴링 파손 방비	14일 재령에서 골재의 팽창이 0.1% 미만	
	점토덩어리	KS F 2512	골재의 적부	잔골재 1.0% 이하 굵은 골재 0.25% 이하	
	0.075mm (No.200) 체통과량시험 씻기 시험	KS F 2511	골재의 적부	잔골재 3.0% 이하 굵은 골재 1.0% 이하	
	연석, 편평석 시험	KS F 2516	굵은 골재의 적부	50%이하	
	유기물	KS F 2510	잔골재의 적부	표준색보다 엷은 것	표준색보다 진하면 모르타르의 압축강도 비교시험을 한다.
	안정성	KS F 2507	골재의 적부	잔골재 10% 이하 굵은 골재 12% 이하	
	마모	KS F 2508	굵은 골재의 적부	25%이하	
	굵은골재의 단위용적중량	KS F 2505 KS F 2506	배합설계		
혼화제	AE 제 감수제	KS F 2560	혼합제의 적부		플라이 애쉬는 KS L 5405의 격에 맞아야 한다.
혼합물	시멘트 콘크리트의 워커빌리티	KS F 2402	배합설계	타설장소에서 슬럼프 10~60mm	단위수량의 최대 사용을 경우에 따라 규정한다.
	시멘트 콘크리트의 공기량	KS F 2417	배합설계	타설 장소에서 4 ~ 7%	
	시멘트 콘크리트의 휨 강도	KS F 2407 KS F 2408 KS F 2403	배합설계, 물, 촉진제 착색제 등의 적부	배합강도	
	시멘트 콘크리트의 인장강도	KS F 2423 KS F 2408 KS F 2403	관리에 필요한 수치의 결정	배합강도	재령 28일의 휨강도와 재령 7일의 인장강도의 관계를 구해두는 것이 좋다.
	시멘트 콘크리트의 압축강도	KS F 2405 KS F 2403	관리에 필요한 수치의 결정	배합강도	재령 28일의 휨강도와 재령 7일의 압축강도의 관계를 구해 두는 것이 좋다.

- 국내 도로포장과 관련된 국가 기준, 전문시방서, 포장 지침에서는 아스팔트 콘크리트 포장, 시멘트 콘크리트 포장으로 크게 나누어 재료, 혼합물에 대한 품질기준과 도로포장 시공 당시 검사해야하는 기준을 명식하고 있음

- 특히, 평탄성, 두께 등은 모든 기준에서 관리하여야할 인자로 제시하고 있음
- 하지만, 대부분의 기준은 발간 주체가 국토교통부임에도 불구하고 평탄성, 재료 품질 기준 등이 일부 상이하여 실제 현장에서 준용하여야 할 기준치에 대한 혼란 가능성이 존재하고 있는 것으로 분석됨

나. 도로 포장 품질관리 관련 법규 분석

- 국내 도로 포장 시공 품질관리를 위한 관련 규정은 건설기술진흥법(법, 시행령, 시행규칙)에 그 근거를 두고 있음. 건설기술진흥법 제55조(건설공사의 품질관리)에 따르면 건설공사의 품질확보를 위하여 품질관리 계획 또는 품질시험계획을 수립하고 이에 따라 업무를 수행토록 명시하고 있으며, 이에 따라 시공사(발주자로부터 건설공사를 도급받은 건설업자)에서는 도급에 의해 품질관리를 이행하는 것임.
- 또한 동법 제57조(건설자재.부재의 품질확보)제4항에 따르면 국토교통부장관은 건설자재·부재의 품질이 적절한지 확인할 수 있으며, 확인 결과 건설공사에 사용하는 것이 적합하지 아니하다고 인정되는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장에게 시정명령 등 필요한 조치를 하도록 요청할 수 있음.

〈건설기술진흥법-품질관리〉

제1조 목적
이 법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.
제55조 건설공사의 품질관리
① 건설업자와 주택건설등록업자는 대통령령으로 정하는 건설공사에 대하여는 그 종류에 따라 품질 및 공정 관리 등 **건설공사의 품질관리계획**(이하 "품질관리계획"이라 한다) 또는 시험 시설 및 인력의 확보 등 건설공사의 품질시험계획(이하 "품질시험계획"이라 한다)을 수립하고, 이를 **발주자에게 제출하여 승인**을 받아야 한다. 이 경우 발주청이 아닌 발주자는 미리 품질관리계획 또는 품질시험계획의 사본을 인·허가기관의 장에게 제출하여야 한다. ② 건설업자와 주택건설등록업자는 품질관리계획 또는 품질시험계획에 따라 **품질시험 및 검사를 하여야 한다**. 이 경우 건설업자나 주택건설등록업자에게 고용되어 품질관리 업무를 수행하는 건설기술자는 품질관리계획 또는 품질시험계획에 따라 그 업무를 수행하여야 한다. ③ 발주청, 인·허가기관의 장 및 대통령령으로 정하는 기관의 장은 품질관리계획을 수립하여야 하는 건설공사에 대하여 건설업자와 주택건설등록업자가 제2항에 따라 품질관리계획에 따른 **품질관리를 적절하게 하는지를 확인**할 수 있다. ④ 품질관리계획 또는 품질시험계획의 수립 기준·승인 절차, 제3항에 따른 **품질관리의 확인 방법·절차와 그 밖에 확인에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.**

- 『건설공사 진흥법』에서 위임된 사항인 『건설기술진흥법 시행령』에 따라 건설기술정보체계의 구축(제39조), 감독 권한대행 등 건설사업 관리의 시행(제55조), 발주청의 업무범위(제56조), 건설사업관리의 업무범위 및 업무내용(제59조), 건설기준의 관리(제65조), 건설공사의 시행과정(제67조), 준공(78조), 건설공사의 부실측정(87조), 건설공사 현장 등의 점검 등(제88조), 품질시험 및 검사(91조), 품질관리의 지도/감독 등(제92조), 품질관리의 확인(94조) 등을 수행함.

〈건설기술진흥법 시행령〉

제59조 건설사업관리의 업무범위 및 업무내용

① 법 제39조제1항에 따른 건설사업관리의 업무범위는 다음 각 호에 따른 단계별로 구분한다.
1. 설계 전 단계
2. 기본설계 단계
3. 실시설계 단계
4. 구매조달 단계
5. 시공 단계
6. 시공 후 단계

② 제1항에 따른 단계별 업무내용은 다음 각 호로 한다. 〈개정 2017.12.29.〉
1. 건설공사의 계획, 운영 및 조정 등 사업관리 일반
2. 건설공사의 계약관리
3. 삭제 〈2017.12.29.〉
4. 건설공사의 사업비 관리
5. 건설공사의 공정관리
6. 건설공사의 품질관리
7. 건설공사의 안전관리
8. 건설공사의 환경관리
9. 건설공사의 사업정보 관리
10. 건설공사의 사업비, 공정, 품질, 안전 등에 관련되는 위험요소 관리
11. 그 밖에 건설공사의 원활한 관리를 위하여 필요한 사항

③ 감독 권한대행 등 건설사업관리에는 다음 각 호의 업무가 포함되어야 한다.
1. 시공계획의 검토
2. 공정표의 검토
3. 시공이 설계도면 및 시방서의 내용에 적합하게 이루어지고 있는지에 대한 확인
4. 건설업자나 주택건설등록업자가 수립한 품질관리계획 또는 품질시험계획의 검토·확인·지도 및 이행상태의 확인, 품질시험 및 검사 성과에 관한 검토·확인
5. 재해예방대책의 확인, 안전관리계획에 대한 검토·확인, 그 밖에 안전관리 및 환경관리의 지도
6. 공사 진척 부분에 대한 조사 및 검사
7. 하도급에 대한 타당성 검토
8. 설계내용의 현장조건 부합성 및 실제 시공 가능성 등의 사전검토

제59조 건설사업관리의 업무범위 및 업무내용
9. 설계 변경에 관한 사항의 검토 및 확인 10. 준공검사 11. 건설업자나 주택건설등록업자가 작성한 시공상세도면의 검토 및 확인 12. 구조물 규격 및 사용자재의 적합성에 대한 검토 및 확인 13. 그 밖에 공사의 질적 향상을 위하여 필요한 사항으로서 국토교통부령으로 정하는 사항 ④ 법 제39조제3항에 따라 시행하는 설계용역에 대한 건설사업관리에는 다음 각 호의 업 무가 포함되어야 한다. 1. 건설공사 관련 법령, 법 제44조제1항제1호 및 제2호에 따른 건설공사 설계기준 및 건 설공사 시공기준에의 적합성 검토 2. 구조물의 설치 형태 및 건설공법 선정의 적정성 검토 3. 사용재료 선정의 적정성 검토 4. 설계내용의 시공 가능성에 대한 사전검토 5. 구조계산의 적정성 검토 6. 제74조에 따른 측량 및 지반조사의 적정성 검토 7. 설계공정의 관리 8. 공사기간 및 공사비의 적정성 검토 9. 제75조에 따른 설계의 경제성등 검토 10. 설계안의 적정성 검토 11. 설계도면 및 공사시방서 작성의 적정성 검토 ⑤ 제1항부터 제4항까지에서 규정한 건설사업관리의 업무내용에 관하여 필요한 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

- 『건설공사 진흥법』 제55조부터 제61조의 규정에 따라 제정된 『건설공사 품질관리 업무 지침』에 따라 발주자, 품질검사를 대행하는 건설기술용역업자가 건설공사 품질관리, 레미콘·아스콘 품질관리, 레미콘 현장배치플랜트 설치 및 관리 업무를 효율적으로 수행하게 하기 위하여 업무수행의 방법 및 절차 등 세부기준에 따름.

- 포장공사를 수행함에 있어, 공사 감독자의 역할(제5조), 시공자의 역할(제6조), 품질관리 계획서의 작성기준(제7조), 품질시험기준(제8조), 품질관리의 적정성 확인기준(제10조), 품질관리 규정의 수립(제13조), 자체 품질관리(제23조), 자재 공급원 승인(제32조), 시공 품질관리 시험/검사 등(제38조)을 수행함.

- 건설사업관리시스템은 지방국토관리청에서 발주되는 도로 및 하천의 건설사업 정보를 관리하는 시스템으로 건설사업정보시스템 운용지침에 근거하여 운영되며, 도로 건설 공사의 품질관리 계획 및 결과를 건설사업관리시스템에 전자문서로 제출하고 있음.

- 건설사업정보시스템 운용지침은 건설공사지원통합정보체계의 구축에 의해 개발된 건설사업정보 시스템을 업무에 활용하기 위하여 필요한 세부항목을 정의한 국토교통부 행정규칙임.

〈건설사업정보시스템 운용지침〉

제1조 (목적)
본 지침은「건설기술진흥법」 제19조와 같은 법 시행령 제41조에 따른 건설공사지원통합정보체계의 구축에 의해 개발된 건설사업정보시스템을 업무에 활용하기 위하여 필요한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.
제2조 (용어정의) 제6호
"건설사업관리시스템"이란 도로 및 하천건설사업의 기획, 설계, 시공, 준공에 이르기까지 전 업무단계에서 발생하는 공사현황정보, 도급내역정보, 공정정보 등 각종 공사정보를 관리하고, 발주청과 수급인 간에 계약에 명시된 자료를 인터넷을 통해 교환·공유함으로써 건설사업관리 업무를 지원하는 시스템을 말한다.
제6조 (건설사업관리시스템)
① 담당자는 지방국토관리청에서 발주되는 도로 및 하천의 건설사업관리 업무 중 다음 각 호의 업무에 건설사업관리시스템을 활용하여야 한다. 1. 사업·공사 및 용역의 등록 2. 「건설사업관리시스템에 의한 전자문서의 처리」 고시에 따른 발주청과 수급인간의 문서유통 3. 수급인이 분기별로 보고하는 공사 및 용역 대장의 승인 4. 수급인이 주별로 보고하는 건설사업관리 일일업무일지 및 월별로 보고하는 건설사업관리 보고서의 승인 5. 수급인이 보고하는 공정보고, 설계변경, 기성보고, 품질관리, 안전관리비 등의 승인 6. 공사 및 용역의 준공 처리 7. 설계·준공도서 성과품의 검수 및 등록 8. 그 밖의 필요한 업무 ② 담당자는 제6조제1항의 업무 외에 국도·국가지원지방도 사업계획 수립 시 발생되는 계획수립조사, 의견수렴, 관계기관협의, 고시 등 관련자료를 건설사업관리시스템에 입력·관리하여야 한다. ③ 담당자는 분기별로 업무절차서 및 체크리스트를 활용하여 건설공사와 설계용역에 대한 입력자료를 확인하여야 하며, 수급인이 설계자용·시공자용·감리자용 체크리스트를 활용하여 입력자료를 점검하도록 관리하여야 한다. ④ 지방국토관리청장은 제6조제1항의 업무에 대하여 입력현황을 분기별로 확인하는 등 자료의 신뢰성을 확보하여야 하며, 입력결과를 매분기 다음 월 20일까지 전담기관의 장에게 제출하여야 한다.

- 건설사업정보시스템 운용지침의 근거법령으로 건설공사 지원 통합정보체계 구축에 관한 기본계획을 기반으로 건설정보시스템을 구축하여 운영하도록 강제하고 있음.

〈건설기술진흥법-정보관리〉

제19조(건설공사 지원 통합정보체계의 구축)
① 국토교통부장관은 건설공사 과정의 정보화를 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하도록 하기 위하여 건설공사 지원 통합정보체계의 구축에 관한 기본계획(이하 "통합정보체계 구축계획"이라 한다)을 수립하여야 한다. ② 통합정보체계 구축계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 건설공사 정보화의 기본목표 및 추진방향 2. 건설공사 과정의 정보화를 촉진하기 위한 시책 3. 건설공사 지원 통합정보체계 구축을 위한 공동사업의 시행 및 표준화 4. 건설공사 지원 통합정보체계 구축에 관한 각종 연구·개발 및 기술 지원

제19조(건설공사 지원 통합정보체계의 구축)
5. 건설공사 지원 통합정보체계를 이용한 정보의 공동활용 촉진 6. 그 밖에 건설공사의 정보화 촉진을 위하여 필요한 사항 ③ 국토교통부장관은 통합정보체계 구축계획을 수립할 때에는 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후에 중앙심의위원회의 심의를 받아야 한다. 통합정보체계 구축계획 중 제2항제1호부터 제3호까지의 사항이나 그 밖에 대통령령으로 정하는 내용을 변경하려는 경우에도 같다. ④ 국토교통부장관은 통합정보체계 구축계획을 수립할 때에는 「국가정보화 기본법」 제6조에 따른 국가정보화 기본계획 및 같은 법 제7조에 따른 국가정보화 시행계획과 연계되도록 하여야 한다. ⑤ 국토교통부장관은 관계 중앙행정기관, 지방자치단체 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관 등 관계 기관의 장에게 건설공사 지원 통합정보체계의 구축·운영에 필요한 자료 또는 정보의 제공을 요청할 수 있다. 이 경우 자료 또는 정보의 제공을 요청받은 기관의 장은 특별한 사유가 없으면 요청에 따라야 한다. ⑥ 국토교통부장관은 국토교통부장관이 정하여 고시하는 전담기관으로 하여금 건설공사 지원 통합정보체계를 구축·운영하게 할 수 있다. 이 경우 국토교통부장관은 전담기관의 장에게 필요한 사업비에 충당하도록 출연할 수 있다. ⑦ 제6항에 따른 전담기관의 관리, 그 밖에 건설공사 지원 통합정보체계의 구축·운영 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

건설기술진흥법 시행령 제41조 (건설공사 지원 통합정보체계의 구축·운영)
① 국토교통부장관은 법 제19조제1항에 따른 건설공사 지원 통합정보체계 구축에 관한 기본계획을 5년 단위로 수립하고, 이를 체계적으로 추진하기 위하여 연차별 시행계획을 수립하여 시행하여야 한다. ② 국토교통부장관은 건설공사 지원 통합정보체계의 효율적인 구축과 활용 촉진을 위하여 다음 각 호의 업무를 수행할 수 있다. 1. 건설공사 지원 통합정보체계의 구축·운영에 관한 각종 연구개발 및 기술 지원 2. 건설공사 지원 통합정보체계의 구축을 위한 공동사업의 시행 3. 건설공사 지원 통합정보체계의 표준화 4. 건설공사 지원 통합정보체계를 이용한 정보의 공동 활용 촉진 5. 그 밖에 건설공사 지원 통합정보체계의 구축·활용 촉진을 위하여 필요한 사항 ③ 제1항과 제2항에서 규정한 사항 외에 건설공사 지원 통합정보체계의 구축·운영에 필요한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

- 건설기술진흥법제2조제1호의 건설공사에 대해 정의하고 있는 법령으로 주용 내용은 다음과 같음.

〈건설산업기본법〉

제2조(정의)제4호
"건설공사"란 토목공사, 건축공사, 산업설비공사, 조경공사, 환경시설공사, 그 밖에 명칭에 관계없이 시설물을 설치·유지·보수하는공사(시설물을 설치하기 위한 부지조성공사를 포함한다) 및 기계설비나 그 밖의 구조물의 설치 및 해체공사 등을 말한다. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 공사는 포함하지 아니한다. 가. 「전기공사업법」에 따른 전기공사 나. 「정보통신공사업법」에 따른 정보통신공사 다. 「소방시설공사업법」에 따른 소방시설공사 라. 「문화재 수리 등에 관한 법률」에 따른 문화재 수리공사

2. 기술 및 논문현황 분석

가. 도로 포장 공용성 증진을 위한 품질관리 인자 분석

(1) 아스팔트 콘크리트 포장

㉮ 개요

- 아스팔트 콘크리트 포장은 아스팔트 혼합물의 생산, 운반과 현장 포설 및 다짐 과정의 적정 품질관리 적용에 따라 교통 개방에 함께 공용성의 차이를 나타냄
- 아스팔트 플랜트에서의 생산 공정에서 품질기준에 적합한 소요 재료 선정과 제조 설비에서 최적의 아스팔트 혼합물이 생산해야만 함. 특히 골재 입형과 입도는 아스팔트 혼합물의 공용성능에 직접적인 영향을 주는 인자로서 생산 과정에서 콜드빈 관리 및 핫스크린과 핫빈 관리가 적절하게 이루어져야 함
- 현장 포설 및 시공 공정에서는 아스팔트 혼합물의 운반 과정에서 골재분리 및 온도분리가 발생되지 않도록 중점적으로 관리되어야 함. 그리고 포설 과정에서 포설면의 온도 및 골재 분리가 발생되지 않도록 균질한 포설면의 관리와 시공 이음부의 다짐밀도 저하을 최소화할 수 있도록 해야 함
- 또한 다짐 과정에서는 다짐롤러 운행 작업별로 규정된 온도에서 다짐이 이루어질 수 있도록 해야 하며, 동절기인 경우에는 특히 다짐 과정 중의 포설면 온도 관리에 중점을 두고 작업을 해야 함
- 이러한 아스팔트 포장의 공용성에 직접적인 영향을 미치는 품질관리 인자를 아스팔트 혼합물의 생산과 현장 시공 공정으로 나누어 분류하면 다음과 같음

- 소요 재료 : 골재 편장석률, 골재 파쇄면 비율, 골재 입도, 잔골재 모래당량, 아스팔트 PG 등급
- 아스팔트 혼합물 배합설계 : 공극률, 포화도, 골재간극률 (이하 기층용), 공극률, 포화도, 골재간극률, 인장강도비, 동적안정도, 간접인장강도 (이하 표층용)
- 아스팔트 혼합물 생산 : 최적 아스팔트 함량, 골재입도
- 아스팔트 혼합물 현장 시공 : 다짐도, 포장두께, 평탄성

〈아스팔트 포장의 공용성 영향 인자 〉

구 분	품질관리 인자	포장 공용성	비 고
소요재료	골재편장석률 골재파쇄변 비율 골재입도 잔골재 모래당량 아스팔트 PG 등급	소성변형, 균열 소성변형 소성변형, 균열, 노면결함 균열 소성변형, 균열(피로, 저온)	품질 기준값의 적합성 여부 평가
배합설계	공극률 포화도 골재간극률 인장강도비 동적안정도 간접인장강도	소성변형, 균열 소성변형, 균열 소성변형, 균열 포트홀, 박리 소성변형 균열	품질 기준값의 만족 여부 평가
생산관리	아스팔트혼합물 온도 아스팔트 함량 골재입도	소성변형, 균열, 노면결함 소성변형, 균열 소성변형, 균열, 노면결함	규정값의 과소/과다 관리
시공관리	다짐도 포장두께 평탄성	소성변형, 균열 균열 주행성	규정값의 과소/과다 관리

㉯ 생산 및 시공 공정별 인자 특성

- 아스팔트 콘크리트 포장용으로 사용되는 아스팔트 혼합물의 소요 재료에 대한 품질관리는 장기 공용성을 좌우하는 가징 기본적인 인자로서 배합설계와 시공 전에 적합성을 관리해야 함

  - **[골재]** : 아스팔트 혼합물에 사용되는 골재는 굵은골재와 잔골재로 구분하여 품질관리가 이루어져야 함. 특히 아스팔트 콘크리트 포장의 소성변형 관련 공용성에 직접적인 영향을 미치는 품질관리 기준은 굵은골재의 입도와 입형이므로 골재원의 변화 여부를 지속적으로 관리해야 함

  - **[아스팔트]** : 아스팔트는 아스팔트 혼합물의 부착성과 접착성을 좌우하는 요소로서 아스팔트 콘크리트의 균열, 소성변형, 수분저항성 등 공용성에 적접적인 영향을 미치는 품질관리 인자임. 따라서 아스팔트 플랜트와 반입되는 아스팔트의 경우에는 기후 및 교통 조건을 반영한 품질관리 기준인 PG 등급 기준에 따라 적합성 여부를 확인해야 함

- **「아스팔트 혼합물」**의 배합설계는 아스팔트 플랜트의 생산을 위한 기본적인 과정으로서 아스팔트 콘크리트 포장의 장기적인 공용성 확보 여부를 판단하는 품질관리 인자임. 따라서 아스팔트 혼합물의 공급원 승인서 제출 과정에서 최적의 배합설계가 이루어졌는지 여부를 관리해야 함.

  - 포장의 공용성에 영향을 미치는 품질기준은 용적 물성으로서 공극률, 포화도, 골재간극률이 해당됨.

  - 이 외에 포장 성능과 관련된 품질기준은 동적안정도, 인장강도비, 간접인장강도

  - 이 중에서 용적 물성은 아스팔트 포장의 균열과 소성변형 발생에 영향을 미침

  - 또한 동적 안정도는 소성변형 저항성, 인장강도비는 포트홀 등 수분 저항성, 간접인장강도는 균열 저항성을 평가하는 인자임

- 따라서 포장의 공용성을 고려하여 품질기준값을 만족하는 아스팔트 혼합물의 배합설계가 우선적으로 이루어져야 함

● 아스팔트 혼합물의 생산관리는 아스팔트 포장의 시공 품질 및 공용 수명과 직접적인 영향을 미치는 요소이므로 아스팔트 혼합물 온도, 아스팔트 함량, 골재입도 및 입형 등의 인자에 대한 품질관리가 이루어져야 함

- **「아스팔트 혼합물 온도」**는 현장의 포설 및 다짐 과정에서 다짐도에 영향을 미치는 요소이므로 적정 온도 범위 내에서 생산이 이루어져야 함. 만약 생산 온도가 높으면 아스팔트 과도한 노화 현상을 유발하여 노면 결함 또는 균열 등의 공용성 문제의 원인을 제공하며 시공 과정에서 과도한 다짐밀도를 나타내어 소성변형 발생 가능성을 높아짐. 반대의 경우 생산 온도가 낮으면 포설 및 다짐 과정에서 다짐 저하을 초래하여 균열 및 노면 결함을 나타냄

- **「아스팔트 함량」**은 아스팔트 혼합물의 다짐 밀도에 영향을 미쳐 균열 및 소성변형 등의 공용성에 영향을 미치는 인자임. 즉 아스팔트 함량이 낮으면 아스팔트 포장의 다짐 밀도를 저하시켜 균열 및 노면결함 등 발생시킬 가능성이 높아지며, 반대로 아스팔트 함량이 높으면 아스팔트 포장의 강성 특성을 저하시켜 소성변형 등을 발생시킬 가능성이 높아짐

- **「골재입도 및 입형」**은 아스팔트 혼합물의 강성 특성을 좌우하여 소성변형 등의 공용성에 영향을 미치는 인자임. 즉 골재입도의 변동은 포장의 공용성에 직접적인 영향을 미치므로 생산 과정에서 최소화하는 품질관리를 시행해야 함

● 아스팔트 혼합물의 생산 품질관리에 중요한 요소인 아스팔트 플랜트의 생산 공정 관리 시스템의 개선이 필요함. 이를 위해 현행 아스팔트 플랜트에 구축되어 있지 않은 골재 및 아스팔트 등의 재료원 관리 계측 모듈, 생산 온도 관리를 위한 각 시설별 계측 모듈, 골재 입도의 변동성을 최소화하기 위한 핫스크린 및 오브플로우 등 검사 계측 모듈과 계측된 자료를 자동으로 클라우드로 전송하기 위한 관련 시스템의 개발 및 설치 등이 이루어져야 함

- 콜드빈의 골재는 일정 기준 이상의 건조 상태를 유지하여야 하므로 함수량을 자동 계측하고 측정 결과를 클라우드로 자동 전송하는 시스템이 필요함

- 아스팔트 혼합물의 생산 온도를 일정하게 유지하기 위해서는 드라이어 및 핫엘리베이트 및 핫빈에 대한 골재 온도 관리기 중요하므로 각 시설별로 온도를 계측하고 측정 결과를 클라우드로 자동 전송하는 시스템이 필요함

- 골재 입도를 일정하게 관리하기 위해서는 체가름 시설의 자동 관리가 필요하므로 이를 위해 핫스크린의 망 상태를 자동 계측하고 필요한 대응 조치를 제시할 수 있는 시스템이 필요함

● 아스팔트 혼합물의 시공 관리는 아스팔트 포장의 소성변형 및 균열 등의 포장 공용성에 가장 밀접한 영향을 미치는 요소임. 따라서 다짐도, 포장두께, 평탄성의 인자를 중심으로 시공 과정에서 변동성을 최소화할 수 있도록 적절한 품질관리가 이루어져야 함

- **「아스팔트 포장의 현장 다짐도」**는 포설 및 다짐 작업 과정에서 결정되며, 이와 관련된 품질관리 항목은 상기의 아스팔트 혼합물 생산 및 운송 과정과 밀접한 연관성을 가지고 있음. 이러한 현장 다짐도는 아스팔트 포장의 소성변형 및 균열 등 장기적인 공용성에 직접적인 영향을 미치는 인자임. 즉 현장 다짐도가 기준값에 미달한 경우에는 포장층의 과다한 공극율로 인해 피로 및 저온 균열 등의 조기 파손을 발생시키며, 기준값보다 높은 경우에는 포장층의 과소한 공극율로 인해 강성 특성에 영향을 주어 소성변형 등의 조기 파손을 발생시킴

- **「아스팔트 포장의 다짐 두께」**는 교통량에 의한 피로 균열 등 공용성에 직접적인 영향을 미치는 인자임. 즉 포장층의 다짐 두께가 과소한 경우 교통 하중에 대한 구조적인 지지력에 영향을 미쳐 피로 균열을 발생시키는 주요 요인이 됨

- **「아스팔트 포장의 평탄성」**은 차량의 주행성을 영향을 미치는 주요 인자임. 따라서 시공 과정에서 연속적인 포설 및 다짐 작업이 이루어지도록 아스팔트 혼합물의 포설면 온도 관리가 균질하게 이루어지고 시공 중 다짐 롤러의 운행 패턴 및 횟수 등에 주의하여 품질관리가 이루어져야 함

(2) 콘크리트 포장

- 콘크리트 포장 공용성 증진을 위한 주요 품질관리 인자를 크게 생산공정, 현장재료품질관리, 시공, 유지관리 단계별로 구분하여 분석하였음

- 생산공정의 주요품질관리 인자는 구성재료의 투입량, 굵은골재 및 잔골재의 표면수율, 콘크리트 믹서 배합시간, 생산시 혼합물 온도 등으로 구분할 수 있음

  - **[구성재료의 투입량]** : 콘크리트 재료의 품질관리 시작은 각 구성재료 개개의 성능이 시방서의 요구조건을 만족한다는 기본 가정 하에 계량에서부터 시작된다고 해도 과언이 아님. 콘크리트 1회분의 비비기 양은 작업효율, 공사비 등에 큰 관계가 있으므로 공사종류 및 규모, 콘크리트를 치는 양, 비비는 설비 및 운반방법 등에 따라 적당하게 정하여야 함. 재료는 질량으로 계량하는 것을 원칙으로 하나 물과 혼화제 용액은 체적으로 계량하여도 상당한 정밀도로 계량할 수 있음. 혼합물의 계량이 정확히 이루어지지 않을 경우, 목적한 재료의 품질을 확보할 수 없기 때문에 장기 공용성 증긴을 위해서는 가장 철저하게 관리되어야 하는 부분임.

〈 (a) 레미콘 회사의 자동계량 시스템

(b) 콘크리트 생산 자동화 관리 시스템 〉

- **[굵은골재 및 잔골재의 표면수율]** : 포장용 시멘트 콘크리트 생산 공정에서 가장 변동성이 많은 부분이나 상대적으로 골재의 표면수에 대한 변동성 및 이의 보정이 쉽지 않은 공정임. 골재의 표면수율은 사용수량에 미치는 영향이 크므로, 표면수율을 적절한 빈도로 시험하여 그 결과를 반영한 현장배합을 기준해서 계량하는 것은 소정의 배합으로 콘크리트를 만드는데 대단히 중요함. 또한 골재의 함수상태는 시간 및 저장방법에 따라 변하기 쉬우므로 함수상태를 안정되게 유지시키는 것이 매우 중요함. 골재의 표면수율의 시험 방법에는 KS F 2509, KS F 2550 외에 메스실린더를 사용하는 방법, 적외선으로 건조하는 방법, 전기저항 또는 유전율(誘電率)을 이용하는 방법, 중성자를 이용하는 방법, 카바이트를 이용하는 방법 등 여러 가지가 있으나 현장에서 적용하기는 쉽자 않음. 이와 같은 여러 가지 방법에는 장단점이 있으므로 시험방법의 선정에 있어서는 시험에 요하는 시간, 시험횟수, 시험의 정밀도, 경제성 등을 고려하여 그 현장에 가장 적합한 방법을 선택하는 것이 좋음. 최근에는 골재 저장 빈의 출구에 골재 표면수량 센서를 부착하여 표면수율을 측정 및 배합보정하여 균질한 품질을 확보하는 시설도 적용되고 있음.

- **[콘크리트 믹서 배합시간]** : 균등질의 콘크리트를 얻을 수 있을 때까지 충분히 비비기 위해서는 비비기 성능이 좋은 믹서를 사용하여 적절한 재료의 투입순서 및 비비기 시간으로 콘크리트를 비벼야 함. 재료를 믹서에 투입하는 적당한 순서는 믹서형식, 비비기 시간, 골재종류 및 입도, 단위수량, 단위시멘트량, 혼화재료 종류 등에 따라 다르므로 KS F 2455에 의한 시험, 강도시험, 블리딩시험 등의 결과 또는 실적을 참고로 해서 정하는 것이 좋음. 일반적으로 물은 다른 재료보다 먼저 넣기 시작하여 그 투입 속도를 일정하게 유지하고, 다른 재료의 투입이 끝난 후 조금 지난 뒤에 물의 주입을 끝내도록 하면 만족스러운 결과를 얻을 수 있음. 비비기 시간은 시험에 의해 정하는 것을 원칙으로 하며, 비비기 시간에 대한 시험을 실시하지 않은 경우 그 최소시간은 가경식 믹서일 때에는 1분 30초 이상, 강제식 믹서일 때에는 1분 이상을 표준으로 해서 사용하고 있음.

〈 (a) 일반 레미콘 회사의 강제식 믹서

(b) 강제식 믹서 배출구 형상 〉

- 현장재료 품질관리 주요 인자는 혼합물 슬럼프, 혼합물 공기량, 압축강도 혹은 인장강도 등으로 구분 할 수 있음

- **[혼합물 슬럼프]** : 시멘트 콘크리트의 작업성을 평가하는 방법으로는 KS F 2402의 콘에 의한 슬럼프 시험을 주로 이용함. 슬럼프시험은 현장에 도착한 시멘트 콘크리트가 소정의 워커빌리티를 갖고 있는지 또는 시멘트 콘크리트의 품질이 변동하고 있는지를 판단하는데 참고가 되므로,

워커빌리티의 변화가 확인된 경우에는 소정의 시멘트 콘크리트 재료와 소정의 방법에 의해 시멘트 콘크리트가 정상적으로 만들어지고 있는가, 골재입도가 설정된 범위 내에 있는가, 골재의 표면수율이 적정하게 관리되고 있는가 등을 검토할 필요가 있음.

- **[혼합물 공기량]** : 공기연행(AE) 시멘트 콘크리트에서는 같은 시멘트 콘크리트 재료를 사용하여 같은 배합의 시멘트 콘크리트로 작업을 진행하고 있는 경우라도 골재입도, 기온 등이 변화하면 공기량이 상당히 변하는 경우가 있음. 이 공기량 변동은 시멘트 콘크리트의 워커빌리티, 강도 및 내구성 등에 영향을 있으므로 공기연행 시멘트 콘크리트를 사용할 경우에는 공기량이 적절한지를 확인하기 위해 시험을 실시할 필요가 있음. 특히, 동결융해 작용에 대한 저항성에 주는 영향은 크며, 동결융해 작용에 대한 저항성을 검사할 필요가 있는 경우에는 운반차마다 공기량을 확인하여야 함

〈 (a) 워커빌리티 측정

(b) 공기량 측정 〉

- **[압축강도 혹은 인장강도]** : 압축강도 시험에 쓰이는 공시체는 일반적인 경우 동일 배치에서 샘플링하여 3개 이상의 공시체를 제작하며, 압축강도 시험결과의 평균치를 대표값으로 함. 이 경우 콘크리트의 시료채취방법 (KS F 2401), 공시체 제작방법 (KS F 2403) 및 압축강도 시험방법 (KS F 2408)을 따르며 필요한 경우 공시체의 제작횟수, 제작갯수, 재령 및 양생방법을 변경하여 적용할 수 있음. 압축강도 시험 빈도 는 최소 1회/일, 배합변경 시 및 일체식은 300㎥ 마다 1회이며 덧씌우기식은 50㎥ 마다 1회 실시함. 특히 현재 표준시방서 상에서는 압축강도 대신 인장강도를 품질관리 기준으로 선택하고 있으나, 품질관리의 효율성 향상 측면에서는 압축강도로 품질관리 하는 방안으로 추진할 필요가 있음

〈 (a) 압축공시체 제작 (현장)

(b) 압축강도 시험 〉

- 시공 품질관리 주요 인자는 포설 두께, 페이버 운행 속도, 바이브레이터 진동수, 포장체 온도, 양생 관리 등으로 구분할 수 있음

- **[포설 두께]** : 시멘트 콘크리트 슬래브의 두께는 포장체의 수명과 장기 공용성에 많은 영향이 있는 항목임. 두께를 측정하는 방법은 코아를 채취하는 방법 또는 비파괴 기법을 활용하여 측정하는 방법 등이 있으며, 포장의 기준이 되는 높이는 린 시멘트 콘크리트의 최종 마무리되는 면의 높이를 활용함. 특히 전통적 관점의 포장설계법의 기본이 두께 설계법임을 감안할 때 설계 요구되는 두께의 확보는 가장 기본적인 품질관리 항목임

- **[페이버 운행 속도]** : 시멘트 콘크리트 포설 방법은 고정 거푸집을 사용하는 인력에 의한 방법과 슬리폼 페이버를 이용한 장비에 의한 방법이 있으나 국내에서는 주로 슬리폼 페이버를 이용하여 시공이 이루어지고 있음. 1 차 포설된 혼합물은 슬립폼 페이버에 의해 최종적으로 소요의 폭과 두께에 맞게 성형하는 것을 2차 포설이라 하며, 페이버 포설 속도는 일정하게 유지하면서 연속시공이 가능토록 하여야 함. 일반적으로 페이버 운행 속도는 1.2 - 1.8 m/min 이하로 진행되어 한다. 페이버 운행속도가 너무 빠를 경우 다짐이 제대로 이루어지지 않을 수 있으며, 너무 느릴 경우에는 과진동이 발생할 우려가 있음

- **[바이브레이터 진동수]** : 일반적으로 콘크리트 포장에 사용되는 콘크리트 슬럼프는 저슬럼프이므로 바이브레이터에 의한 진동이 중요함. 페이버가 정지할 때는 바이브레타의 작동을 중지하여 골재분리 및 시멘트풀이 상부로 밀려 올라오는 현상을 방지하여야 함. 진동기 삽입깊이 및 진동수는 전단면이 균일한 다짐이 되도록 조정하고, 특히, 다웰바 어셈불리를 건드리지 않도록 주의하여야 함. 일반적으로 바이브레이터진동수는 8,000 v/min을 유지할 경우 연행공극 손실을 억제할 수 있는 것으로 알려져 있음

- **[포장체 온도]** : 시멘트 콘크리트를 타설할 때 시공 당일 평균 기온이 4℃ 이하로 내려가는 것이 예상되면 한중 시멘트 콘크리트 시공을 해야 하며, 시공 당일 평균 기온이 25℃ 이상이 우려되면 서중 시멘트 콘크리트 시공을 해야 함. 여름철 기온이 높고 일사량이 많은 경우 시멘트 콘크리트 수화열의 급상승으로 인한 급격한 온도 변화로 초기 균열이 발생할 가능성이 큰데, 이때 차광막을 사용하면 일사량에 의한 온도상승을 크게 줄일 수 있음. 이와같이 포장체 온도는 외부기온에 의한 영향, 양생조건, 포장 재료 종류에 따라 다양하게 변할 수 있으며, 초기 포장체 온도 관리를 적절히 하지 못할 경우에는 장기 공용성에 악영향을 끼칠수 있으므로 철저하게 관리할 필요가 있음

- **[양생 관리]** : 양생이란 시멘트 콘크리트 슬래브의 표면 마무리가 끝나고 교통 개방 까지 사이에 소요의 형상과 품질이 얻어지도록 하기 위하여 시멘트 콘크리트 슬래브에 실시하는 보온, 습도 조정 등의 작업을 말함. 양생을 실시하는 방법은 피막 양생제 살포하는 피막 양생 및 양생포 덮게를 사용하는 습윤 양생 방법 등이 있다. 피막 양생제는 시멘트 콘크리트 슬래브 표면에 블리딩으로 인한 물기가 없어진 직후에 2회 이상 나누어 얼룩이 없도록 충분히 살포해야 한며, 양생제살포양은 0.4 ~ 0.5 l/m^2로 함. 피막 양생제의 사용양은 제품의 규격과 시험 살포를

통하여 결정되어야 함. 습윤 양생을 실시 할 경우에도 1차로는 피막양생을 실시 한 후 양생포 덮게 등을 이용하여 2차 습윤양생을 실시해야 함. 철저한 초기 양생관리는 콘크리트 포장의 장기공용성을 확보할 수 있는 가장 효율적인 방법이므로 양생에 대한 적극적인 모니터링이 필요함

〈 (a) 피막양생방법

(b) 습윤양생 방법 〉

- 유지관리 측면에서 포장 공용성 증진을 위해서 모니터링 해야 할 인자로는 평탄성, 소음, 마찰저항성 등으로 구분할 수 있음
- 콘크리트 포장 공용성 증진을 위한 주요 품질관리 인자는 크게 생산공정, 현장재료품질관리, 시공, 유지관리 단계로 구분되어지나 각각의 과정이 유기적으로 연결되어 있으므로 시멘트 콘크리트 포장 시공현장에서 재료 및 시공 시 발생할 수 있는 문제점에 대하여 Feedback process 구축하여야 함.

  - **[타설 장소에서 slump 문제]** : 타설 장소에서 시멘트 콘크리트의 슬럼프는 10 ~ 60mm가 표준으로서, 이를 만족하지 못할 경우에는 운반차마다 또는 배치마다 목축 등으로 컨시스턴시와 이상한 변화의 유무를 관할하며, 150m^{2}마다 1회 이상으로 슬럼프를 측정하여 배치플랜트에 이상유무를 전달, 콘크리트 혼합물을 생산하는 과정에서의 잔골재의 표면 수량, 배합설계(단위수량, 감수제 등)를 재검토 하여야하고, 이를 수정할 수 있도록 Feedback process를 구축하여야 함.

  - **[양생제 살포 문제]** 피막양생방법은 양생제를 살포하여 콘크리트 포장 표면의 소성수축 균열을 방지할 수 있는 방법으로, 피막 양생제는 시멘트 콘크리트 슬래브 표면에 블리딩으로 인한 물기가 없어진 직후에 2회 이상 나누어 얼룩이 없도록 충분히 살포해야 한다. 양생제 살포양은 0.4 ~ 0.5 l/m^2로 하고, 피막 양생제의 사용양은 제품의 규격과 시험 살포를 통하여 결정되어야 한다. 그러나 양생습도 변화, 양생제 살포량의 부족 구간을 스마트 영상분석 등을 통하여 실시간으로 모니터링하여 양생피막 불건전 구간에 양생제를 재 살포 할 수 있는 Feedback process를 구축하여야 함.

나. 센서/계측 및 통신 기술 동향 분석

(1) 센서

검출대상	센서의 종류	접촉/비접촉	특징
물체의 유무	마이크로 스위치	접촉	스프링에 의해 구동되는 핀에 따라 접점의 개폐가 이루어지는 스위치 물체의 유무에 따라 핀을 동작시키는 것에 의해 검출
	홀 소자	비접촉	전류가 흐르고 있는 반도체 칩에 전류에 수직인 자기장을 걸면 전류와 자기장에 직각인 방향으로 기전력이 생기고(홀 효과), 그 기전력에 따른 전위차를 측정하여 자기장을 검출합니다. 자기력을 가진 물체의 유무 검출이 가능합니다.
	광전 센서	비접촉	광전 센서는 빛을 내는 투광부와 빛을 받는 수광부로 구성되어 있습니다. 투광된 빛이 검출 물체에 의해 가려지거나 반사하거나하면 수광부에 도달하는 빛의 양이 변화하므로 수광부는 그러한 변화를 검출한 후 전기 신호로 변환해서 출력합니다. 사용되는 빛은 가시광(주로 빨강, 색 판별용으로 초록, 파랑)과 적외광입니다.
	유도형 근접 스위치	비접촉	검출 코일에 교류 전류를 흘려 교류 자기장을 발생시켜서, 그 자기장에 의해 생기는 피검출 물체의 과전류에 따른 자기 손실을 임피던스로 측정하여 피검출 물체의 유무를 검출합니다. 피검출 물체는 과전류를 발생시키는 물체이어야 합니다.
	정전 용량형 근접 스위치	비접촉	피검출 물체와 센서 사이에 생기는 정전 용량은 거리에 따라 변화합니다. 그 변화하는 정전 용량을 측정하여 피검출 물체의 유무를 검출합니다. 피검출 물체는 금속과 같은 도체뿐 아니라 수지나 물과 같은 물질도 검출할 수 있습니다.
	리드 스위치 (자기형 근접 스위치)	비접촉	강자성체 금속이 불활성 가스와 함께 용기 안에 봉지된 구조를 하고 있습니다. 일반적인 상태에서는 접점은 열려 있지만, 외부 자기장이 가해지면 내부의 자성체가 자석이 되어 서로 당김으로 인해 접점이 닫히는 것을 이용하여 자기나 자기를 띤 물질을 검출합니다.
위치, 변위, 치수	퍼텐쇼미터	접촉	구조는 가변 저항기와 같고 각도와 저항값 사이에 상관관계가 있는 것을 이용하여 저항값을 측정하는 것으로 회전각을 검출합니다.
	차동 변압기	접촉	1차 코일과 2차 코일, 가동식 코어(철심)로 구성됩니다. 이 가동 코어가 가동 코어가 피측정 물체와 연동하여 움직였을 때 변화하는 유도 기전력을 측정하는 것으로 피측정 물체의 변위를 검출합니다.
	리니어 인코더	접촉	인코더란 변위량을 펄스 형태로 출력하여 그것을 카운트하는 것으로 검출하는 센서입니다. 리니어 인코더는 직동형 인코더라고도 하고 직선 변위량을 검출합니다.
압력, 응력, 변형, 토크, 중량	스트레인 게이지	접촉	금속선이나 호일을 변형시키면 단면적이 변화하여 전기 저항이 커집니다. 이러한 특성을 활용하여 피측정 재료에 스트레인 게이지를 접착시키고 저항을 측정하는 것으로 재료의 변형이나 신축을 검출합니다.
	감압 다이오드	접촉	pn 접합이나 금속-반도체 접촉(쇼트키) 다이오드의 접합부에 집중 압력을 가하면 순방향과 역방향 모두 전류가 증가하는 것을 이용하여 압력을 검출합니다. 이러한 현상은 반도체 결정에 압력을 가하면 전기 저항이 변화하는 피에조 효과라고 합니다.
	로드 셀	접촉	스트레인 게이지를 이용한 힘 검출기입니다. 검출하는 힘의 방향에 따라 압축형 로드 셀, 인장형 로드 셀, 압축 인장 겸용형 로드 셀이 있습니다.
	다이어프램	접촉	다이어프램은 얇은 평면 모양의 막입니다. 압력을 받으면 중앙부에 변위와 변형이 생기고 그것을 측정하여 압력을 검출합니다.
	부르동관	접촉	부르동관은 C 모양을 띤 관 형태의 밀폐용기입니다. 용기가 압력에 의해 변형되는 것을 이용하여 압력을 검출합니다.
	벨로즈	접촉	벨로즈는 바깥 둘레에 뱀 비늘 모양의 깊은 주름이 있는 얇은 원통입니다. 이러한 원통에 압력을 가하면 신축하는 것을 이용하여 압력을 검출합니다.
각도	리졸버	접촉	유도 교류 서보 모터와 비슷한 구조로 되어 있으며, 회전자와 고정자 양쪽으로 권선 방향이 직교하는 2상 코일이 감겨 있습니다. 고정자 2상 코일에는 교류를 흘려 회전자의 회전에 따라 2상 코일로부터 출력되는 전압의 위상 변화를 측정하여 각도를 검출합니다.

검출대상	센서의 종류	접촉/비접촉	특징
	퍼텐쇼미터	접촉	구조는 가변 저항기와 같고 각도와 저항값 사이에 상관관계가 있는 것을 이용하여 저항값을 측정하는 것으로 회전각을 검출합니다.
	로터리 인코더	접촉	인코더란 변위량을 펄스 형태로 출력하여 그것을 카운트하는 것으로 검출하는 센서입니다. 로터리 인코더는 회전형 인코더라고도 하고 회전 변위량을 검출합니다.
속도, 회전수	초음파 센서	비접촉	검출 물체에서 초음파가 차단된 경우나 검출 물체의 표면에서 반사되어 나오기까지의 시간을 측정하여 출력 신호를 얻습니다.
	레이저 도플러속도계	비접촉	피측정 물체에 레이저 빛을 쬐었을 때의 산란광이 도플러 효과에 의해 속도에 따라 주파수가 변화하는 것을 이용하여 그 변화를 입사광과 산란광의 광비트 신호로 측정하여 속도를 측정합니다.
	속도계용 발전기	접촉	속도에 비례하는 회전을 발전기에 접속하여 속도에 따른 발전을 한 후, 그 발전량을 측정하여 속도를 검출합니다.
	로터리 인코더	접촉	인코더란 변위량을 펄스 형태로 출력하여 그것을 카운트하는 것으로 검출하는 센서입니다. 로터리 인코더는 회전형 인코더라고도 하고 회전 변위량을 검출합니다.
가속도, 진동	압전 소자	접촉	압전체에 압력을 가하면 전압이 발생하는 피에조 효과를 이용해서 진동 등을 전압으로 변환한 후, 그 전압을 측정하는 것으로 진동을 검출합니다.
	MEMS 가속도 센서	비접촉	반도체 프로세스 기술을 활용하여 미세 구조체를 만드는 기술인 MEMS(Micro Eletro Mechanical Systems)을 이용해서 제조한 가속도 센서입니다. 감지 기구의 차이에 따라 피에조 저항형, 정전 용량형, 열 감지형이 있습니다.
온도	바이메탈	–	선팽창 계수가 다른 두 개의 금속을 포개어 붙인 구조를 하고 있으며, 그 구조가 온도에 따라 변형되는(휘는) 것을 이용하여 온도를 검출합니다.
	열전대	–	서로 다른 금속을 접합할 때 어떤 접합점과 다른 쪽 접합점에 온도차가 있는 경우에 생기는 열기전력(제벡 효과)를 측정하여 온도를 검출합니다.
	저항 측온체	–	금속선이 온도에 따라 저항이 변화하는 것을 이용하여 저항을 측정하여 온도를 검출합니다. 금속으로는 백금이 이용되는 경우가 많습니다.
	서미스터	–	코발트, 니켈, 망간 등의 금속 화합물 분말과 2개의 도선을 소결하여 제작합니다. 화합물의 혼합비에 따라 특성이 변화합니다. NTC 서미스터는 온도의 상승에 따라 저항이 감소하고 PTC 서미스터는 반대로 저항이 증가합니다. 저항 측온체보다 감도가 높은 특징이 있습니다.
	광고온계	비접촉	물체의 열방사를 이용하여 비접촉으로 온도를 측정하는 센서입니다. 구체적으로는 측정기 안의 측정 필라멘트 휘도를 피측온체 휘도와 일치시켜 필라멘트에 흐르는 전류로부터 필라멘트 온도를 측정하고, 그것이 피측온체의 온도와 같다고 합니다.
자기	리드 스위치 (자기형 근접 스위치)	비접촉	강자성체 금속이 불활성 가스와 함께 용기 안에 봉지된 구조를 하고 있습니다. 일반적인 상태에서는 접점은 열려 있지만, 외부 자기장이 가해지면 내부의 자성체가 자석이 되어 서로 당김으로 인해 접점이 닫히는 것을 이용하여 자기나 자기를 띤 물질을 검출합니다.
	자침	비접촉	자석을 자유롭게 회전시킬 수 있는 구조를 가진 센서입니다. 외부 자기장의 영향으로 자석이 움직이는 것에 의해 자기를 검출합니다. 가장 간단한 예로는 방위 자침(나침반)이 있습니다.
	홀 소자	비접촉	전류가 흐르고 있는 반도체 칩에 전류에 수직인 자기장을 걸면 전류와 자기장에 직각인 방향으로 기전력이 생기고(홀 효과), 그 기전력에 따른 전위차를 측정하여 자기장을 검출합니다. 자기력을 가진 물체의 유무 검출이 가능합니다.
	자기 저항 소자 (MR센서)	비접촉	자기에 의해 저항값이 변화하는 자기 저항 효과를 이용한 소자입니다. 자기 저항 효과는 보통의 금속에서도 볼 수 있는 성질이지만, 물질과 구조를 연구함에 따라 초거대 자기 저항 효과라고 하는 저항 변화율의 증가가 발생합니다.
빛	포토다이오드 포토트랜지스터	비접촉	충분한 에너지를 가진 광자가 pn 접합이나 pin 접합에 들어가면 전자를 들뜬상태로 만들어 자유 전자와 자유 정공 쌍을 생성합니다. 이러한 캐리어는 광전류

검출대상	센서의 종류	접촉/비접촉	특징
	포토사이리스터		가 되고, 생성된 광전류로 다이오드 특성을 변화시키거나 트랜지스터나 사이리스터를 동작시키는 소자입니다.
	광전자 증배관	비접촉	광전 효과를 이용하여 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 광전관을 기본으로 하여 전류 증폭 기능을 추가한 고감도 빛 검출기입니다. 윗부분으로부터 빛이 입사하는 '헤드 온'형과 측면에서 빛이 입사하는 '사이드 온'형이 있습니다.
	CCD 이미지 센서	비접촉	수광 소자에 빛이 닿으면 전하가 발생하고, 그 전하를 전하 결합 소자(CCD: Charge Coupled Device)라고 하는 회로 소자를 이용하여 전송하여 빛을 검출하는 촬상 소자입니다.
	CMOS 이미지 센서	비접촉	수광 소자인 포토다이오드에 축적된 전하를 각각의 화소에서 전압으로 변환, 증폭하여 읽기, 빛을 검출하는 촬상 소자입니다. 잡음이 크므로 용도가 한정되어 있지만, 소형이고 저소비 전력의 장점이 재조명을 받아 빈번하게 사용되고 있습니다.

(2) IoT 통신 기술 동향 분석

방식 / 항목	비셀룰라 기반 저전력광역 IoT		셀룰라 기반 저전력광역 IoT				
	SigFox 솔루션	LoRa 솔루션	LTE-MTC (Cat 0)	LTE-eMTC (Cat-M)	NB-IoT		5G NB-IoT (mIOT,cIoT)
					NB-LTE	NB-CIoT	
표준	SigFox 자체 규격	LoRa Alliance v1.0 개방형 표준 IEEE 802.15.4g기반	3GPP Rel. 12	3GPP Rel. 13~14	3GPP Rel. 13~14	3GPP Rel. 13~14	3GPP Rel. 15 & Beyond
채널수신대역폭	200KHz	500/250/125KHz	1.4MHz	1.4MHz	0.2MHz	0.2MHz	0.2MHz~
최대 전송속도 (DL/UL)	UL:160,DL:600bps 140 메세지/일	EU:250bps~50Kbps, US:980bps~21.9Kbps	1Mbps/1Mbps	1Mbps/1Mbps	200Kbps/ 200Kbps	10kbps	–
다원접속	C-UNB with FH	DSSS UL SF EU: 7~12 US: 7~10	OFDMA/OFDMA	OFDMA	OFDMA/GMSK or SC-FDMA	OFDMA/ FDMA	NB-OFDMA, NB-NOMA
변조방식	UL: D-BPSK DL: GFSK	Chirp Spread Spectrum	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM	GMSK	–
듀플렉스 모드	HFDD	HFDD	FDD/HFDD/TDD	HFDD/TDD	HFDD	HFDD	HFDD
Payload(Bytes)/ 프레임길이	DL: 0~32, UL: 0~34/	255	수 백~수 천/ 1ms	수 백~수 천/ 1ms	수 백~수 천/ 1ms	수 백~수 천/ 10ms	–
단말송신전력	10uW~100mW	EU: 14dBm US: 20(typ)/30dBm	23dBm	20dBm	23dBm	23dBm	–
사용대역(MHz)	ISM Bands (EU868/US902)	ISM Bands (EU:867~869MHz, US: 902~928MHz)	LTE대역 내	LTE대역 내	LTE대역 내, 보호대역, 전용대역	전용대역	–
가격/단말모뎀 복잡도 (Rel. 8, cat 4기준)	$5	$5	$9~13/40%	$3~4/20%	$2~3/15%	$2~3	〈$2~3
수신감도 (dBm)	DL: −129 UL: −139	−111~−148, −140@150bps, −102@300kbps	−117	−117	0.8485273	–	–
배터리 수명 2000mAh기준	7.5년	8.75년		1.5년	–	–	–
가입사용료	$1/년/개	$1/년/개	$2~9/월/개	$2~9/월/개	TBD	TBD	TBD
통신거리	15km이하, 도심(3~10km), 시골(30~50km)	도심 2~15km, 시골 30km	2.5~5km	2.5~5km	2.5~5km	2.5~5km	2.5~5km
표준완료 및 상용화 일정	2014 상용화 서비스 중	2015. 6 2015말 상용화 예정	2015. 3 상용화	2016. 3/ 2017년경	2016. 3 2017년경	2016. 3 2017년경	2019 2020년경

- 크게 전용(Proprietary) 저전력광역 IoT와 셀룰러 기반의 저전력광역 IoT방식이 있으며, 각각의 솔루션들이 어떤 특징을 지니는지, 현재까지의 IoT 서비스의 단점 즉 배터리 수명, 통신거리, 모뎀 가격, 개별사용료 등을 어떻게 극복하여 광대역 IoT에 활용할 수 있는지의 관점에서 살펴볼 필요가 있음

- SigFox의 경우, 통신거리 15km, 배터리 수명 20년, 메시지 당 12바이트, 하루에 최대 140개 메시지 송신(듀티 싸이클 1%), 양방향 통신, 간단한 네트워크 인프라, 저 쓰루풋 무선망, UNB특허기반, -142dBm수신감도 기반의 망이라 주장된다. 에너지 효율에 역점을 둔 것이 특징이다. 연간 디바이스 당 사용료가 1유로~14유로이며, NTT DoCoMo, 텔레포니카, SKT, 삼성 등이 투자하였고 프랑스 오렌지 사업자가 이것으로 상용화하여 운용 중이며 미국으로 진출 준비 중

- LoRa는 배터리 수명 10년 이상, 통신거리가 도심지역에서 2~15km, 시골에서 30km, 지하에서 1~2km, 실내에서 2~3km, 대역폭 125KHz, 최대송신전력 14dBm이며 주파수 ISM 밴드(유럽 868/ 미국915MHz)에서 동작하며, 마찬가지로 전송속도는 낮추며 수신감도가 최대(-138dBm)가 되도록 대역확산 방식으로 설계한 기술이다. 스타토폴로지, 전송속도 300bps, 게이트웨이 당 수만개 IoT 디바이스 접속 가능한 것이 특징임. 현재 단말 및 게이트웨이 솔루션 등이 상기의 얼라이언스 멤버를 통해 상용화되어 있고, 국내에서는 SKT가 이를 활용하여 사물인터넷을 활성화를 추진 중

- 전용 NB-IoT의 경우, 우리나라에서는 한 채널이 200KHz로 규정되어 있으며, 활성화 방안의 일환으로 900MHz 대역(917~923.5MHz)의 소출력 IoT 출력 기준을 기존 최대 10mW에서 실내 공동사용을 위해 채널 26~32번을 최대 25mW, 실외고정, 점대다점 통신을 위해 채널 20~32번을 200mW로 상향하는 개정된 기술기준이 6월말 확정될 예정임

다. 국내외 IoT 건설 장비 및 시스템 기술 조사 및 분석

(1) 도로 포장

- 인텔리전트 다짐 장비

  - 인텔리전트 다짐(IC. Intelligent Compaction) 장비 기술 개발은 포장 시공 품질 개선 및 작업 시간 단축을 위해 2000년대 중에서 말까지 이루어졌음. 이 결과로 2000년대 중반 건설현장에서 활용되고 있는 IC 장비가 개발되어 활용되고 있음

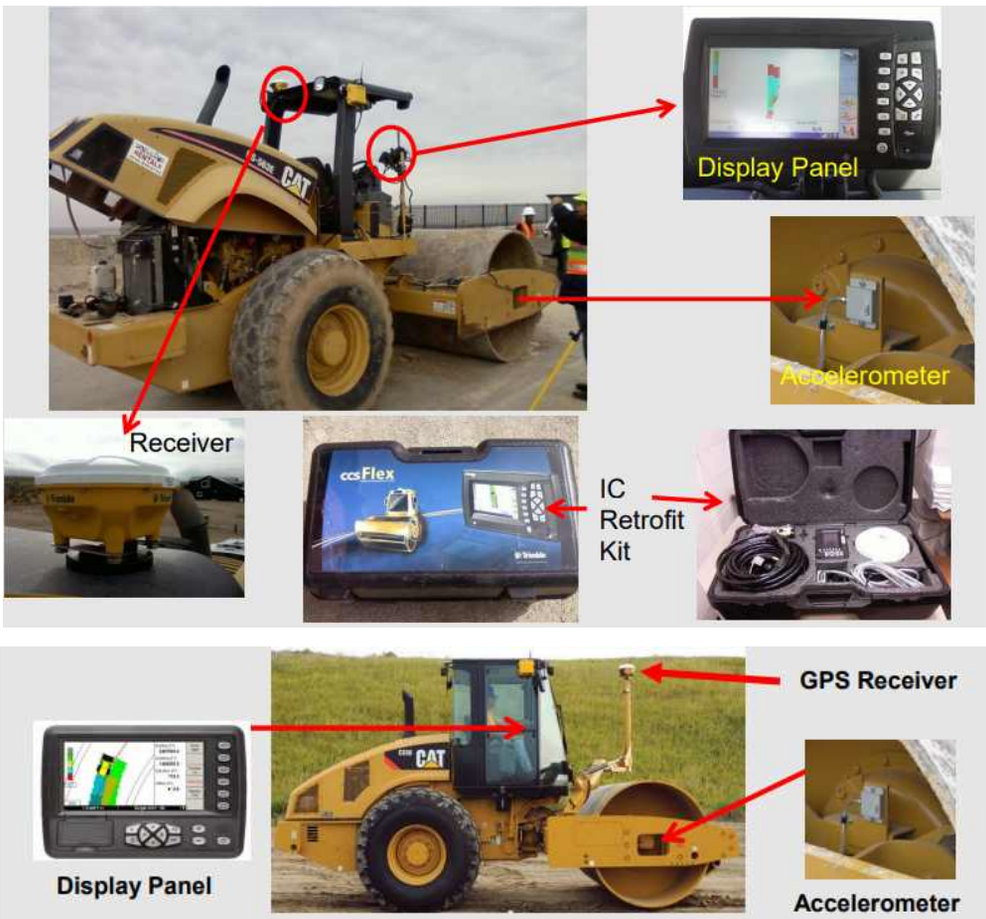
  - 국내 포장 시공 현장에서 IoT 기술은 활용 사례가 보고된 바 없음. 국외의 경우에도 콘크리트 포장의 경우에는 상용화되어 있지 않음. 단, 일부에서 기존 콘크리트 페이버에 스마트 센서를 추가하여 활용된 사례가 있음.

  - 외산 기술(스마트 센서를 이용한 센싱 기술)의 국산화를 통하여 국내 SOC 시설물의 현장 품질관리수준을 향상시키고, 공용수명을 증진시키기 위하여 국비 지원을 통한 관련 기술 개발이 필요함. 또한 이를 통하여 유지비용절감효과를 얻을 수 있음.

〈IC 활용 시 이익 ICTS(Intelligent Construction Technical Support)〉

이익	내 용
시공 품질인지	시공자가 실시간 다짐, 포장 온도, 경로 다짐 횟수(pass count data), 사전 시공 문제 확인 등이 가능함
밀도 및 표면처리 개선	현재 포장 다짐 상태에 대한 이해 가능
다짐 패턴 개선	경로 커버리지 최적화. 야간 작업 용이
운영 비용 절감	효과적인 인력 및 장비 운용
문서화	품질 제어 및 데이터 사후 분석 및 처리

- IC 기술 개발은 미국이 주도. 시스템 구조는 크게 다음 그림과 같으며, 가속도계(Accelerometer), GPS 리시버(Receiver), IC(Intelligent Compaction)키트로 구성됨

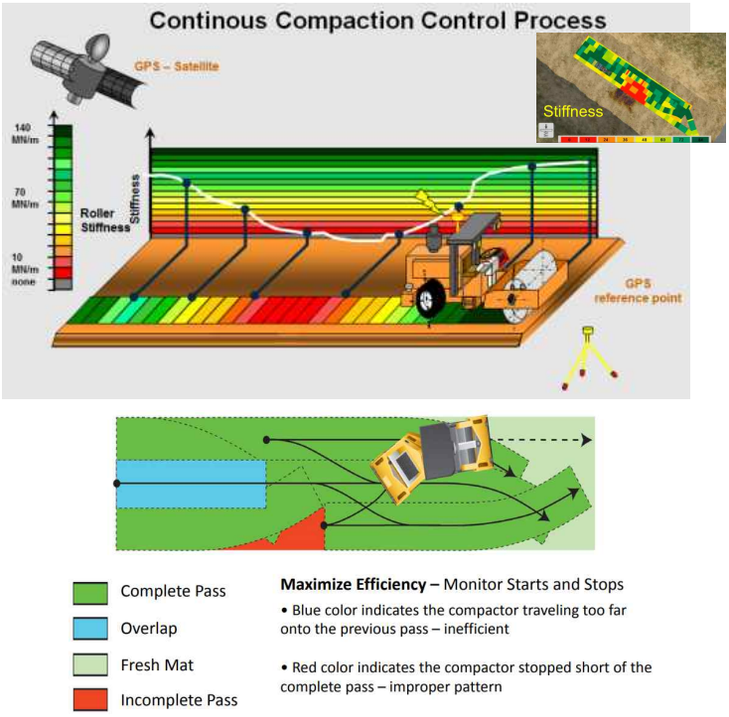


〈IC 장비 구성요소(Jimmy Si, Richard Williammee, San Antonio, 2015, Intelligent compaction, TxDOT)〉

〈IC 장비 시스템 구성요소 기능〉

구성요소	기 능
가속도계	가속도계는 X, Y, Z 축 가속도 측정하는 센서임. 장비의 다짐 진동 패턴 데이터를 측정해, IC 키트로 전달함.
적외선 열화상센서	IR(infrared Receiver) 적외선 열화상 센서는 다짐이 적합한 포장 온도를 측정하기 위해 사용함
GPS 리시버	GPS 센서로부터 현재 장비의 위치 좌표값을 얻어, IC 키트로 전달함. GPS 기준점이 되는 레퍼런스 포인트가 필요.
IC 키트	각 센서 데이터를 전달받아, 현재 포장 위치의 다짐 위치, 포장 밀도, 포장 강성(stiffness), 온도를 계산함
디스플레이	IC 키트에서 계산된 다짐 위치, 밀도, 강성, 온도 정보를 화면에 가시화함

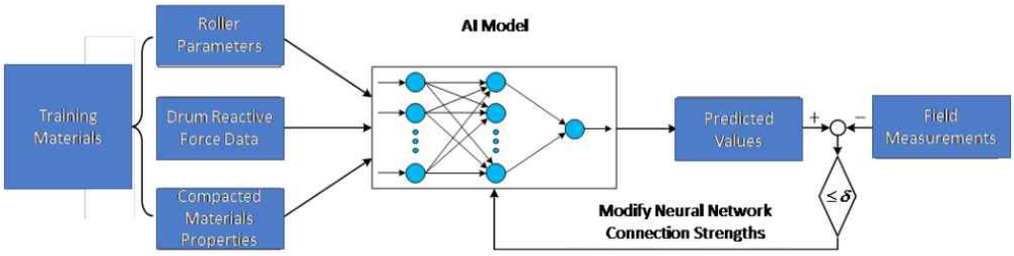
- IC 장비 각 구성요소 기능을 이용해, 현재 다짐 위치의 포장 밀도, 강성을 계산하여, 시공자에게 전달해 줌으로써 시공 품질을 개선함. 참고로 볼보는 실시간 포장 밀도 계산 기술을 개발하여, 2015년 IC에 채택함(Construction Equipment, 2015.3, VOLVO to launch intelligent compaction system with real-time asphalt density calculation)
- GPS는 정확도 높은 GNSS(Global Navigation Satellite System) 활용. 참고로, 정확도는 SBAS(Satellite Based Argumentation System. 위성기반 오차보정 시스템) 경우 1미터급, RTK(Real Time Kinematic. 실시간 이동 측위)는 밀리미터급 제공
- IC 데이터 관리는 현장 관리에서 클라우드 기반으로 발전하고 있음
- IC 장비 운용 핵심은 다음 그림처럼 운전자가 장비 운용할 때 다짐 위치에서 다짐으로 계산된 강성이 충분한 값 이상이 되도록 시공 품질을 유도하는 것에 있음



〈인텔리전트 다짐 장비 시스템 운용 프로세스
(상: TxDOT, 하: Intelligent Compaction Discussion, CAT〉

- IC는 ICMV(Intelligent Compaction Measurement Value)를 측정하여, LWD(Lightweight Deflectometer), DCP(Dynamic Cone Penetrometer), PLT(Plate Loading Tests)값으로 변환될 수 있음. 참고로, 다짐 장비 회사는 ICMV를 측정하는 방법을 특허로 기술 보호하고 있음

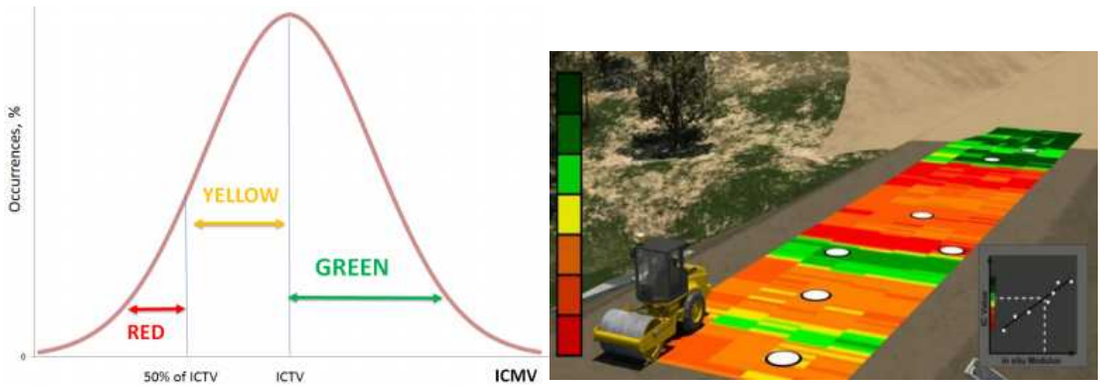
- ICMV계산은 다짐 진동, 편심, 진폭, 주파수, 속도, 토양 종류, 함수비, 혼합율, 온도, 지지 조건 등에 영향을 받음. ICMV는 동적, 정적 모델 계산 방법이 있으며(FHWA, 2017, ICMV), 현재는 롤러 파라메터, 드럼 반동 데이터, 다짐 재료 속성, 예측값 및 실제값을 이용해 밀도 예측하는 기술이 발전되어 있음



〈신경망 기반 ICMV 계산 프로세스(FHWA)〉

- FHWA는 ICMV 기술 개선을 위해 1단계(주파수 응답 기반 경험적 솔류션), 2단계(롤러 반동 데이터 기반 경험적 에너지 솔류션), 3단계(단순화된 정적 계산 메커니즘), 4단계(동적 메커니즘), 5단계(동적 신경망 메커니즘)를 제시하고 있음

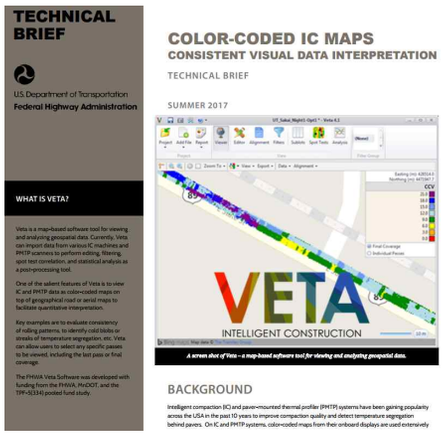
- IC는 ICMV 데이터를 활용해, 강성과 다짐 경로(pass)를 제공함. 다음 그림과 같이 다짐 횟수와 충분한 다짐 정도는 정규분포로 표현될 수 있음. 이를 다짐 정도를 표현하는 CCM(Color-Coded Maps)로 표현함



〈인텔리전트 다짐 CCM〉

- TxDOT(Texas Department Of Transportation)에서는 IC기술을 잘 활용하기 위해서는 발주자 및 현장 실무자 교육, GPS 설치, 체계적인 데이터 관리 등이 필요하다고 밝히고 있음. 아울러, IC기술 현장 도입에 대한 비용 문제가 있음. 참고로, FHWA는 IC 도입 비용 분담 프로그램 제공

  ※ The Federal share payable may be increased by up to 5 percent of the total project cost, not to exceed 100 percent, for projects determined to meet the requirements specified in 23 U.S.C. 120(c)(3)



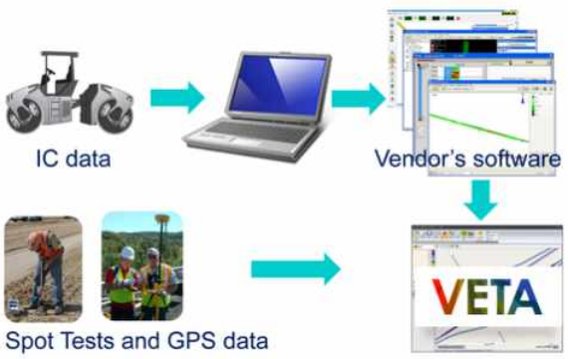
Comparison of FHWA and AASHTO IC Specifications

	FHWA	AASHTO
GPS Verbiage	HPPS	RTK-GPS
GPS Verification Tolerance	±12 inch	±6 INCH
Temperature Verification Tolerance	No	±5°F
Require Alignment Files	No	Yes
Dept. Approval of Rollers	No	Yes
Roller Vendors Listed	No	No
Test Strip Required	Yes	Yes
Pre-Construction Mapping	Yes	No
Veta Required	Yes	Yes
IC Training	4-8 hours	Required
IC Training Includes Veta	Yes	No
Data Submittal	Daily	Daily
IC-Based Acceptance	No	No
Basis of Payment	Lump Sum	Lump Sum

〈IC 기술 브리프(FHWA)〉

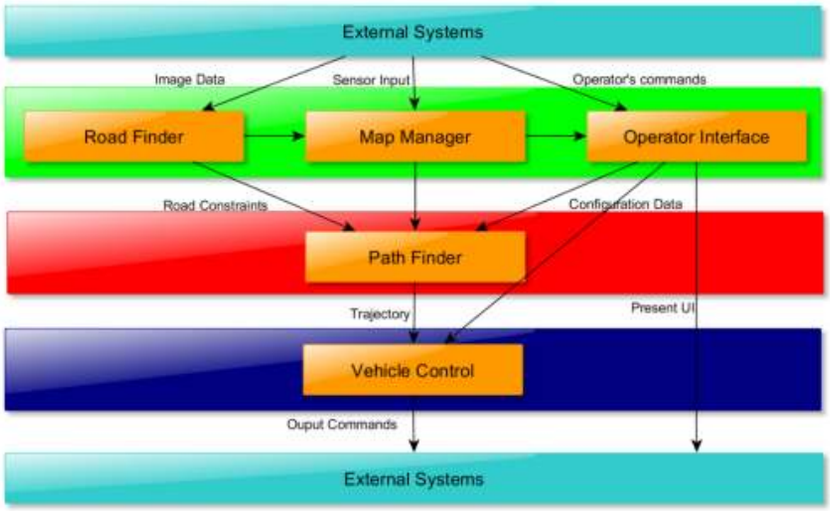
- 미국 각 주에서는 인텔리전트 다짐 장비 활용 시 필요한 지침을 개발해 발주기관 및 실무자들에게 배포하여, 기술 활용을 돕고 있음. FHWA(Federal Highway Administration), AASHTO는 포장 엔지니어링 전문사들의 도움을 받아 IC 시방 지침 발간하고 기술 브리프(FHWA)를 제공하는 노력을 하고 있음

- ICTS는 지능형 건설(Intelligent Construction)를 지원하는 VETA 소프트웨어를 개발해 릴리즈하고 있음



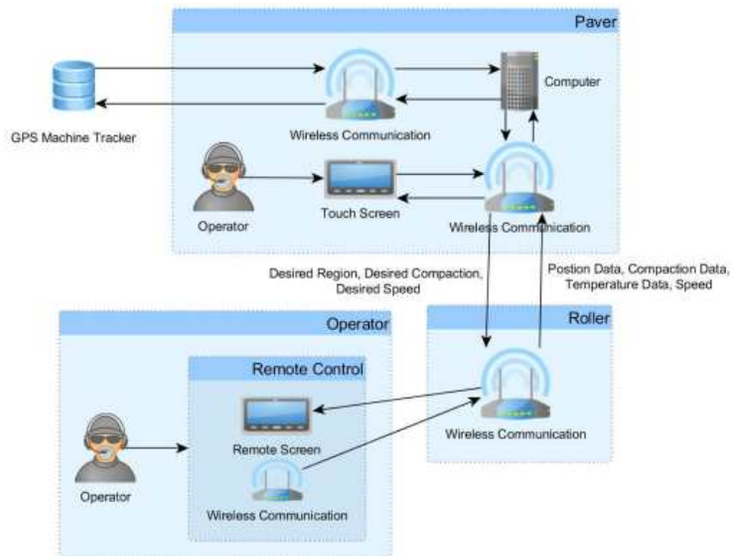
〈VETA 소프트웨어(ICTS)〉

- VETA는 운영자 및 관리자 의사결정을 지원해 줄 수 있음. 의사결정 시스템은 도로 탐색, 맵 관리, 운영 인터페이스, 차량 제어로 구성됨



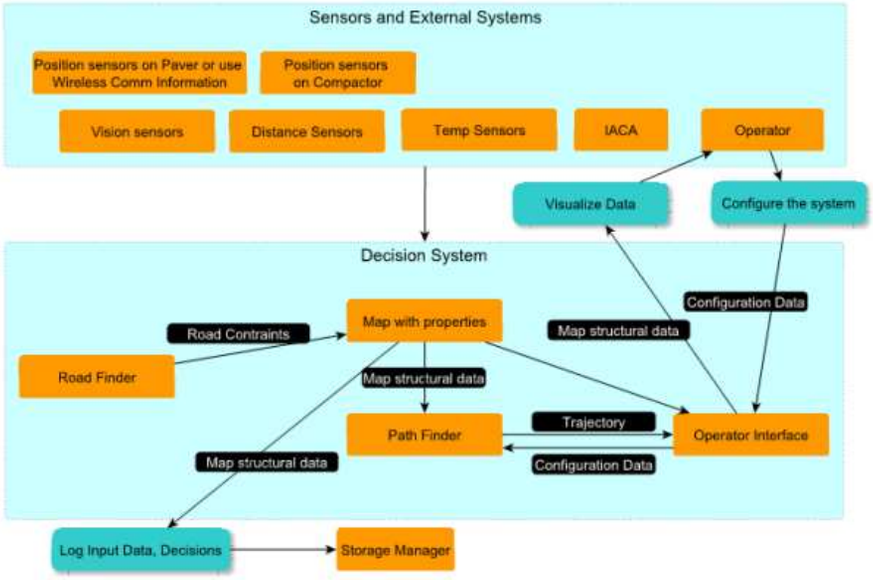
〈의사결정 시스템 구조도(Shuo Yang, 2014, Iowa State University)〉

- IC 센싱된 데이터는 다음과 같이 무선 통신으로 모니터링 운영자에 전달되고, 서버에서 관리될 수 있음



〈IC와 외부 시스템 간 통신 구조(Shuo Yang, 2014, Iowa State University)〉

- IC 데이터 처리 방식은 다음 그림과 같이 시스템 각 구성요소 간 메시지 교환 방식임. 참고로, 무선 통신의 경우 IoT 메시지 교환 표준 프로토콜은 MQTT, CoAP, RESTful API, HTTP 등이 사용됨



〈IC 데이터 처리 구조 개요도(Shuo Yang, 2014, Iowa State University)〉

라. 논문동향 분석

(1) IoT 기반 도로포장 관련 논문 동향 분석

- IoT 기반 도로포장 건설관리 관련 국내에 발표된 논문현황을 분석
- ‘IoT+건설’, ‘IoT+도로’, ‘사물인터넷+건설’, ‘사물인터넷+도로’, ‘스마트모니터링+건설’, ‘스마트모니터링+도로’ 키워드로 검색한 결과 논문 18건이 검색됨
- IoT를 기반으로 하는 개념은 최근에 대두된 개념으로 논문의 개수는 많지 않음
- 적용 대상물로 분류한 결과 ‘건설현장’을 주제로 하는 논문이 7건으로 39%를 차지하였으며, ‘모니터링’을 내용으로 하는 논문이 7건으로 39%를 차지함
- 도로포장 현장에서 IoT를 활용한 건설관리를 주제로 하는 논문은 발견되지 않아 이에 대한 연구는 없는 것으로 분석됨

〈IoT 관련 도로포장 분야 논문 분석 현황〉

㉮ 품질관리 관련

논문제목	출판정보	논문내용
IoT 기반 글로벌 스마트 시티 기술 개발 동향	정승명 외 2인(2017), 한국통신학회	본고에서는 최신 정보통신기술을 활용하여 구축된 스마트 시티에 사용된 주요 IoT 플랫폼 기술들을 소개하고, 이러한 사물인터넷 기반 미래 글로벌 스마트시티 구조를 제시하고 관련기술 개발 및 검증을 통하여 글로벌 스마트시티 구축을 위한 EU 중심의 대규모 실증 사업인 SynchroniCity 프로젝트에 대하여 소개한다.
IoT 기반의 건설현장 자원 통합 관리 시스템 연구	유무영, 최창식 (2017), 한국콘크리트학회 학술대회 논문집	본 연구는 프로젝트 통합관리를 위하여 빅데이터/인공지능/IT/IoT를 접목한 새로운 형태의 클라우드 플랫폼 기반의 건설 프로젝트 통합관리 시스템을 설계하고, 자원을 관리하는 새로운 방법들을 제안하였다. 그리고 실제로 구현된 시스템을 통하여 제안된 방법이 실현 가능함을 보여준다.
IoT 기술 기반의 산악지 모니터링 시스템 개발	김균태 (2017), 한국산학기술학회 논문지	본 연구에서는 기존의 유선기반 산악지 모니터링 시스템을 개선하여, IoT기술이 적용된 산악지 실시간 모니터링시스템을 구축하고, 현장적용성을 평가하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기존 산악지 시설물 현황과 모니터링 현황을 조사·분석하고, 기존 유선 모니터링 기술을 분석하였다. 둘째, IoT기반 모니터링을 위한 시나리오를 개발하고, 이에 적합한 RF통신모듈과 RF통신모듈 인터페이스, 전원부, 태양전지 등 센서노드를 개발하였다. 셋째, K대 현장에 테스트베드를 구축하고, 이에대해서 현장적용성 실험을 수행하였다. 그 결과 초기 무선통신의 오류를 보완한 이후에는 유선시스템과 동일하게 데이터가수집되는 것으로 나타났다. 넷째, 개발된 시스템을 활용하면, 약 25%(4시간)의 공기단축과 약 3~52%(8~119만원) 수준의 비용절감이 가능할 것으로 예상된다. 다섯째, 피복케이블 운반과 같이 위험한 작업환경인 사면현장에서 수행해야 하는 작업들중 일부를 제거함으로써, 작업원의 안전도를 크게 향상시킬 수 있다. 본 연구의 한계로는, IoT환경에 최적화된 센서를 사용하지 못하였고, 센서노드의 수가 적다는 점을 들 수 있다.
IoT를 접목한 지하철 객차 내 혼잡도 평준화 시스템 설계	김미례, 조인호 (2016). 한국산학기술학회 논문지	본 연구는 효율적인객차 및 역사 내 혼잡도 완화를 위해 IoT를 접목한 혼잡도 평준화 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템을 바탕으로 예상효과 분석을 진행하였고, 분석 결과 한 객차에 승차하는 인원이 기존 34명에서 최대 20명으로 감소되는 효과가 나타났다. 이와 더불어 기존 첨두시 20대의 열차 운행대수가 24대로 증차될 수 있다고 분석되면서 운영 효율성 측면에서 효과가 있을것으로 사료된다

논문제목	출판정보	논문내용
도시철도에서 사물인터넷(IoT)의 활용에 관한 연구	허성태, 최승호 (2015), 한국철도학회 학술발표대회논문집	도시철도에서는 IoT라는 용어가 일반화되기 이전부터초기 단계의 IoT 서비스로서 RF 교통카드 시스템과 출입문 통제시스템 등과 같은 USN(Ubiquitous Sensor Network)에 기반한 실시간 모니터링 시스템이 다양한 분야에서 활용되고 있다. 본 논문에서는 서울도시철도공사에 적용된 IoT 서비스에 대해 살펴보고 개선점을 제시한다.
물관리 분야에서의 IoT 기술 사례연구	신강욱, 홍성택 (2015), 한국통신학회 학술대회논문집	IoT 분야의 급격한 기술 개발에 따라 다양한 분야에서의 적용 사례가 발표되고 있다. 그러나, 물관리 분야에서의 IoT 기술은 적용 타당성에 대한 분석과 검증이 적극적으로 이루어진바가 거의 없다. 따라서, 본 연구에서는 하천을 비롯한 저수지 등의 다양한 수원, 안정적인 물공급을 위한 수처리시설과 공급계통, 그리고 각 가정에서 안심하고 음용할 수 있는 수질정보제공 등 물관리 분야에 있어서 적용 가능한 IoT 기술을 분석하였다. 또한, 현재 운영중인 기존 시스템에 적용된 IoT 유사 사례에 대한 운영 결과를 분석하고, 향후 IoT기술의 확대 적용에 따른 제한사항을 조사하여 활용성을 높이도록 제안하였다.
공공 도로건설사업에서의 원격 현장모니터링 적용방안에 관한 연구	옥 현, 김성진 (2013), 한국산학기술학회 논문지	공공 도로건설사업은 국토교통부 소속기관 중 하나인 지방국토관리청에서 발주되며 각 건설현장은 공사관리관을 두어 관리하고 있다. 공사관리관은 다수의 공사현장을 수시로 방문하여 현장을 점검·감독함에 따라 현장까지 이동하는데 많은 시간과 비용이 소요됨으로 현장관리 업무의 효율화가 요구되고 있다. 이에 공사관리관의 업무효율성 제고를 위해 현장방문을 최소화하고, 원격지에서 공사 진척현황을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 현장모니터링 관리 체계의 도입이 필요하다. 본 연구에서는 공공 도로건설공사를 대상으로 웹카메라(Web camera)를 활용한 원격 현장모니터링시스템을 구축하였다. 또한 10개 건설현장을 선정하여 시범적용을 실시하고, 효과분석을 통해 적용성을 검증하였다. 적용성 검증 결과, 웹카메라를 활용한 원격 현장관리는 기존 현장관리 방식에 비해 약 35% 정도의 비용 절감효과를 갖는 것으로 분석되었다. 마지막으로 현장모니터링 관리 체계의 적용을 위한 가이드라인 마련과 도입방안을 검토하고, 개선방안을 제시하였으며, 이를 통해 불필요한 현장방문을 최소화하고, 현장의 취약지점에 대한 위험요소를 사전에 차단하여 각종 재난 및 재해를 사전에 예방할 수 있도록 하였다. 아울러 안전사고 예방과 부실시공의 근절을 통한 시설물의 품질을 향상시키리라 기대된다
사물인터넷 기반 건설 프로젝트 성과측정원형 개발	이형국, 이홍철, 이동은 (2015), 대한건축학회 논문집	본 연구는 인력중심인 기존 현장데이터 수집 및 처리 기법의 한계들 (예, 시간 소모적임, 부정확, 비효율적임)을 로봇 및 정보기술을 응용하여 효율화하는 진도관리 시스템을 제시한다. 본 시스템은 공정이하 수준에서 발생하는 기성(시간, 비용 및 품질) 정보를 실시간 수집하는 편의성을 확보하기 위해 기성 정보를 적시에 수집 및 추적하는 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기반 성과측정 시스템을 제시한다.

논문제목	출판정보	논문내용
사물인터넷 기반 빅데이터 분석을 활용한 스마트 건설안전관리 프레임워크 개발에 관한 연구	홍민영, 박주연, 이희림, 임채은, 장혜진, 손정욱 (2017), 대한건축학회 학술발표대회 논문집	따라서 본 연구에서는 최근 중요성이 부각되고 있는 사물인터넷과 빅데이터 분석의 활용을 목표로 삼고 건설현장에서 수집할 수 있는 다양한 데이터에서 의미 있는 정보를 추출하여 스마트 건설안전 관리 프레임워크를 개발하고자 한다.
사물인터넷 기술 기반의 건설 작업자 안전 관리 방안	류한국 (2017), 대한건축학회 학술발표대회 논문집	이에 본 연구는 건설 현장의 설비 등의 시설물 중심, 작업자 중심, IoT 기술을 적용한 수동적·능동적 안전시스템으로 구분하여 건설 현장 작업자들의 안전 관리 방안을 제시하고자 한다
사물인터넷을 활용한 BIM기반 건설 진도율 모니터링 시스템	손상혁, 이동은(2015), 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집	건설 진도율은 프로젝트의 진행과정의 정보를 제공함으로써 계획 대비 실적비율의 파악 및 분석을 위한 중요한 정보를 제공한다. 신속하고 정확한 진도율 측정은 프로젝트의 문제점을 조기 파악하고 선제적 의사결정을 제공한다는 점에서 성공적인 프로젝트 조달을 위해 필수적이다. 따라서 본 연구는 사물인터넷 및 BIM을 활용한 실시간 건설 진도율 추적 및 기록 체계를 개발하는 것을 목표로 한다.
IT건설융합 스마트빌딩 기술	김형석 (2011), 한국통신학회지	본고에서는 IT기술과 건설기술의 융합 기술로서 스마트빌딩 기술에 대해 서술한다. 고층 빌딩의 안전성 평가를 위한건물구조 건전도 모니터링 기술, 빌딩 실내에 쾌적한 공기환경을 유지하기 위한 스마트 공기질/환기제어시스템 기술, 빌딩 설계부터 빌딩 사용단계까지 빌딩정보의 체계적인 데이터 관리를 위한 빌딩정보 모델링 기술과 빌딩 운영관리 인터페이스 기술 등에 대하여 소개한다.
USN 연동성을 고려한 실시간 국토모니터링 테스트베드 구축방안	이종욱, 서석빈, 김영주, 박상준, 김광은, 김대영 (2008), 한국정보과학회 학술발표논문집	유비쿼터스 센서네트워크는 초소형 센서들로 구성된 망으로써 환경 및 재난 재해, u-City 건설, 스마트 하이웨이, 방범 및 국방, 시설관리, 유통, 등과 같은 다양한 분야에 사용할 수 있는 유비쿼터스 사회의 핵심 요소이다. 이것은 실시간 네트워크를 통해 전송 또는 관리되고 언제, 어디서나, 어떠한 대상과 의사소통이 가능한 지능형 컴퓨팅 환경을 구현하는 것이다. 그러나 이러한 기술을 바탕으로 하는 기존의 시스템들은 특정분야를 위한 독자적인 프로토콜이나 저전력 통신을 제공하는 ZigBee 기반으로 설계되었기 때문에 소규모 범위에서만 서비스 제공이 가능하며 시스템간의 연동이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 센서네트워크간의 연동성을 고려한 대규모 실시간 모니터링 시스템을 설계하여 다양한 분야로 서비스할 수 있는 테스트베드 구축에 대한 방안을 제시하고자 한다. 여기서 모니터링 대상은 국토의 지반, 환경, 그리고 도심지역 등이다. 이렇게 제시된 방안은 국내실정에 적합한 모니터링 시나리오를 작성하여 테스트베드를 구축 시에 요구된 사항들에 대한 정당성을 입증한다

논문제목	출판정보	논문내용
건설IT융합기술 : 스마트빌딩 기술 개발 사례	백윤철, 김형석(2013), 한국통신학회지	본고에서는 건설기술과 IT기술이 융합된 건설IT융합기술에서 스마트 빌딩과 관련하여 안전, 건강, 편의, 에너지를 위한 기술들로 분류하여 사례와 함께 서술한다. 고층 빌딩의 안전성을 위한 건축 구조물 건전도 모니터링 기술, 빌딩 실내 또는 지하 주차장에서 쾌적한 공기 환경을 유지하기 위한 스마트 환기제어시스템 기술, 빌딩 정보의 체계적인 데이터 관리를 위한 빌딩정보모델링 기반의 센서와 영상 인터페이스, 스마트 빌딩 네트워크 관리 시스템에 관하여 소개한다. 또한, 에너지 절감을 위한 빌딩 에너지 관리 시스템에 관하여 냉난방, 조명, 환기설비, 전력모니터링 관련 기술에 대하여 설명한다. 이러한 기술들을 적용한 스마트 빌딩은 유무선통신, 스마트디바이스와 같은 IT기술을 건축공학 및 빌딩자동제어, 설비 기술에 적용하여 빌딩 사용자에게는 안전 및 최적 환경을 제공하고 빌딩 소유주나 관리자에게는 관리비용 절감, 관리 편의, 빌딩가치 상승 등을 제공할 수 있다.
고층 빌딩을 위한 다용도 스마트 융합 센서 개발	용흥, 차주헌 (2013), 대한기계학회 춘추학술대회	본 논문에서는 고층빌딩에 있어서, 인체감지 센서를 통하여, 평상시에는 조명 및 냉난방 기기에 사용되는 전기 에너지를 획기적으로 절감을 유도함과 동시에, 화재발생 시에는 빌딩 내에 거주하는 사람들의 존재 여부 및 그 위치 정보를 관제 센터에 통보해주는 다용도 스마트 융합 센서 시스템을 제안한다. 다용도센서 구현하기 위해서 모두 4개의 센서, 즉 열에너지를 감지하는 서모파일 센서(8~10)와 거리를 측정하는 초음파 센서, 화재 발생 유무를 감지하는 화재감지 센서, 열 변화를 감지하는 PIR 센서(1,12)로 구성되며, 조명 스위치 및 냉난방 기기 제어장치와 관제 센터에 정보를 전달하기 위한 무선 통신부를 포함하고 있다. 그리고 이 센서들의 데이터를 취합할 수 있는 DAQ 장비를 AVR ATmega128 을 이용하여 제작하였다.
지그비 통신을 이용한 건설 현장 안전 관리 시스템	창호, 김강희, 김지원, 최상방 (2017), 전자공 회논문지	최근 대규모 또는 소규모 건설 현장을 살펴보면 추락, 충돌 등의 사고가 빈번하게 발생한다. 이러한 사고는 인명 피해뿐만 아니라 경제적으로 크나큰 손실을 가져온다. 대규모 건설 현장의 경우 안전 관리 시스템을 사용하여 산업 재해를 줄이고 있지만, 소규모 건설 현장의 경우 호환성 및 설치 비용 등의 문제로 사용하지 못하고 있다. 소규모 건설 현장의 경우 보호 장비만착용해도 산업 재해를 줄일 수 있다. 이에 본 논문에서는 소규모 건설 현장뿐만 아니라 대규모 건설 현장에서도 사용 할 수 있는 안전 관리 시스템을 제안한다. 안전 관리 시스템은 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템으로 구분된다. 스마트 모듈은 안전모에 탈·부착이 가능하며, 사용자의 현재 상태를 중계기 및 게이트웨이를 통해 모니터링 시스템으로 전송한다. 중계기는 스마트 모듈로부터 받은 데이터를 게이트웨이로 재전송하며, 게이트웨이는 중계기로부터 받은 데이터를 모니터링 시스템으로 전송한다. 모니터링 시스템은 스마트 모듈로부터 온도, 고도, 조도, 이미지 데이터를 전송받아 현시함으로써 관리자에게 사용자의 상태를 알려준다. 관리자는 모니터링 시스템을 통해 실시간으로 사용자의 상태 파악 및 위급 상황 발생 시신속하게 조치 할 수 있다.

논문제목	출판정보	논문내용
LoRaWAN을 이용한 가로등 관리 시스템	이예원, 유지영, 신수용, 채석 (2017), 한국통신학회논문지	기존에 개발된 스마트 가로등 관리 시스템은 도로에 설치된 가로등을 관리 및 유지보수하기 위해서 많은 시간과 비용이 필요하여 현재까지도 보급률이 매우 낮다. 따라서 본 논문에서는 기존의 가로등 관리 시스템들과 달리 장거리 통신이 가능하며 초기비용 및 유지비용이 상대적으로 저렴한 Long Range Wide-Area Network (LoRaWAN)통신을 이용한 가로등 관리 시스템을 제안한다. 또한 가로등의 상태 및 가로등 주변의 환경을 GUI에서 실시간 모니터링 및 제어를 하여 설치된 가로등에 문제가 발생 시 빠른 시간 내에 이를 확인할 수 있다. 마지막으로 구현된 시스템의 LoRaWAN 통신 테스트 및 센서 정확도 테스트를 실시하여 시스템의 성능을 검증한다.
고속 철도 교량의 구조 건전성 모니터링을 위한 스마트 무선 센서 프레임워크 개발	김은주, 박종웅, 심성한(2016), 한국산학기술학회논문지	우리나라 철도 영업 구간중 철도교량은 2012년 기준 약 25%를 차지한다. 이러한 교량 구조들은 시공 직후부터 열차의 충격하중, 태풍, 선박 및 차량 충돌 등 다양한 하중을 받게 된다. 특히 고속 철도 교량의 경우, 열차의 속도로부터 전가되는 매우 큰 충격하중을 받게 되며, 이러한 교량에 가해지는 충격 응답을 분석하는 것은 교량의 안전성 평가에 매우중요하다. 최근 무선 센서를 이용해 교량의 건전성을 평가하는 연구들이 주목받고 있다. 무선 센서는 가격 및 설치의 용이성으로 인해 교량의 응답계측에 유용하게 적용되고 있다. 하지만 고속철도 교량에서 발생하는 충격 하중은 그 지속시간이 10 초 내외로 매우 짧게 발생하므로, 기존 무선 센서의 시스템의 자체 실행 후 시간 지연으로 인해, 이러한 충격하중의 계측은매우 어렵게 된다. 따라서 본 연구에서는 철도 교량의 충격하중에 의한 구조물의 응답을 계측하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 프레임워크를 제안한다.

(2) ICT 관련 논문 동향

- IC연구는 크게 다음 범주로 연구되고 있음

〈IC 연구〉

범주	내용
ICMV, CCV(Compaction Control Value)	ICMV, CCV 계산 및 현장값 예측 방법에 대한 연구. 이 연구는 정적 모델, 동적 모델, 신경망 모델 등의 접근 방법을 취하고 있음
시뮬레이션	FEM등 시뮬레이션 모델을 이용한 포장 재료 응력, 변형률 값 예측 연구. 이 연구는 IC가 재료에 미치는 영향을 분석해, IC 메커니즘 개선에 도움을 줌
HW(Hardware) 시스템	IC를 구성하는 시스템 구조 및 개선에 대한 연구
SW(Software) 시스템	IC운영 SW 개발 연구
스마트 센싱	IC시스템 운영을 위한 가속도계, GPS, IR 열화상카메라 등 데이터 취득 및 처리 방법 연구
데이터 통신 및 관리	현장 및 원격 데이터 관리를 위한 기술 연구. 서버, 클라우드, 네트워크 기술 포함
지침	IC기술의 효과적 활용을 위한 지침 연구
사례 연구	IC적용 사례에 대한 B/C(Benefit/Cost)분석 및 베스트프렉티스 제공

㉯ 품질관리 관련

논문제목	출판정보	논문내용
Implementation of Intelligent Compaction Technology for Embankment Subgrade Soils, Aggregate Base, and Asphalt Pavement Materials	Chang, GK; Xu, Q; Rutledge, J; Horan, R; Michael, L; White, D; and Vennapusa., FHWA, 2012	노상, 골재 기층, 아스팔트 포장 IC 기술 구현에 관한 내용 기술
A study on Intelligent Compaction and Inplace Asphalt Density	Chang, GK; Xu, Q; Rutledge, J; and Garber, S., FHWA, 2014	IC와 아스팔트 다짐 밀도 계산 방법 제안
Assess Asphalt In-Place Density with Intelligent Compaction Measurements	Chang, GK; Gallivan, VL; and Xu, Q., Proceedings of 12th International Society of Asphalt Pavements (ISAP) Conference, Raleigh, North Carolina, 2014	IC 밀도 평가 방법 제안
Dynamics Principle and Engineering Application for Continuous Compaction Control of Fill Engineering of Subgrade	Xu, G. a book in Chinese, Science Publication Company, Beijing, China, pp 471, 2016.	노상 다짐 제어를 위한 동적 모델 제안
The Principle of CCC and IC	Xu., G. presentation, International Conference on Transportation Infrastructure and Materials, China, 2017.	IC와 CCC(Continuous Compaction Control) 기본 원리 및 동작 메커니즘 기술
Intelligent Compaction Models, ICMVs, and Technical Classification	Xu., G; and Chang, GK. FHWA, 2017	ICMV 계산 모델 분석
Evaluation of intelligent compaction for asphalt materials	Qinwu Xu; George K. Chang. Automation in Construction, 2012	Sakai 사 CCV경향과 강성값 분석 및 평가
Development of a systematic method for intelligent compaction data analysis and management	Qinwu Xu;, George K. Chang; Victor L. Gallivan, Construction and Building Materials, 2012	IC 데이터 분석을 위한 시스템적 방법을 제안
Improving Quality Control of Hot-Mix Asphalt Paving with Intelligent Compaction Technology	Robert D; Horan; George K; Chang, Qinwu Xu; Victor L. Gallivan, Transportation Research Record,	Hot-Mix 아스팔트 포장의 품질 관리를 위해 IC를 적용하는 방법과 효과를 제안

논문제목	출판정보	논문내용
Experimental and numerical study of asphalt material geospatial heterogeneity with intelligent compaction technology on roads	Xu., G; and Chang, GK. Construction and Building Materials, 2014	IC 적용 시 이질적인 지질에 따른 통계적 결과를 분석함
Numerical Simulation of Intelligent Compaction Technology for Construction Quality Control	FHWA, 2014	시공 품질 제어를 위한 FEM기반 IC 수치해석 시뮬레이션 모델 연구
VETA software userguide	Intelligent Construction Technical Support, 2017	IC운영을 위해 개발된 소프트웨어 지침
Smart Pavement Monitoring System	FHWA, 2013	스마트 포장 모니터링 시스템 기술 및 구조 기술
Health monitoring of pavement systems using smart sensing technologies	Shuo Yang, 2014, Iowa State University	스마트 센싱 기술을 활용해 포장 공용성 모니터링 기술 개발

3. 특허 분석

가. 특허 조사 분석 범위

- 본 분석에서는 IoT 기반 도로 건설관리 시스템 개발 분야에 관하여 2017년 11월까지 출원공개된 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국의 특허를 분석 대상으로 함

(1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

㉮ 분석대상특허

- 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2016년부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 1996년도(1996.01.01.)~2015(2015.12.31.)년도 까지 한정함

〈검색 DB 및 검색범위〉

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	WIPS ON	1996.01.01.~ 2017.11.30.	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)	WIPS ON		
	일본 (JPO)	WIPS ON		
	유럽 (EPO)	WIPS ON		
	중국 (SIPO)	WIPS ON		

(2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

㉮ 기술분류체계

- 본 특허기술동향조사 분석에서는 연구자와의 논의를 거쳐 확정된 중분류 및 소분류 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시함

〈분석대상 기술분류〉

대분류	중분류 및 소분류	검색개요(기술범위)
IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 (A)	IoT 기반 도로 포장 품질관리 관련기술 (AA)	기본적으로 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에 있어서 주로 도로포장 및 시공현장 데이터 관리 및 모니터링 기술 관련하여 유효특허로 선별함 품질관리 이외의 포장생산 및 시공장비 관련 기술은 유효특허에서 제외하였음
	IoT 기반 도로 포장 생산, 시공 장비 관련기술 (AB)	기본적으로 IoT 기반 도로포장 건설 관리 시 사용되는 시공장비 및 시공장비의 실시간 데이터 관리, 모니터링 기술에 관련하여 유효특허로 선별함 도로포장 생산 및 시공장비 이외의 품질관리 기술은 유효특허에서 제외하였음

㉯ 핵심 키워드 및 검색식 도출

- 본 특허기술동향조사의 각 기술분류별 특허검색을 위한 핵심 키워드는 연구자와의 논의를 거쳐 도출하였으며, 도출한 키워드를 조합하여 각 소분류 기술별 검색식을 작성함. 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)의 건수는 다음 표와 같음

〈기술분류체계에 따른 Raw Data 건수〉

중분류 및 소분류	검색 건수(Raw Data)					
	한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (SIPO)	계
IoT 기반 도로 포장 품질관리 관련 기술 (AA)	1,019	461	300	97	3,265	5,142
IoT 기반 도로 포장 생산 시공 장비 관련 기술 (AB)	634	432	128	79	2,831	4,104
총계	1,653	893	428	176	6,096	9,246

㉰ 유효 특허 선별 기준 및 결과

- 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)에서 본 특허기술동향조사의 대상이 되는 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈제거 기준을 연구자와의 논의를 거쳐 작성하였으며, 이를 기준으로 각 소분류별 국가별 유효특허를 추출함. 추출한 유효데이터를 대상으로 본 조사 정량분석을 진행함

〈분석대상 기술분류〉

대분류	중분류 및 소분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 (A)	IoT 기반 도로 포장 품질관리 관련 기술 (AA)	기본적으로 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에 있어서 주로 도로포장 및 시공현장 데이터 관리 및 모니터링 기술 관련하여 유효특허로 선별함 품질관리 이외의 포장생산 및 시공장비 관련 기술은 유효특허에서 제외하였음
	IoT 기반 도로 포장 생산, 시공장비 관련 기술 (AB)	기본적으로 IoT 기반 도로포장 관리 시 사용되는 시공장비 및 시공장비의 실시간 데이터 관리, 모니터링 기술에 관련하여 유효특허로 선별함 도로포장 생산 및 시공장비 이외의 품질관리 기술은 유효특허에서 제외하였음

〈유효특허 선별결과〉

Raw-data	유효특허	비율
9,246	476	5.15%

대분류	중분류 및 소분류	유효데이터 건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (SIPO)	계
IoT기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 (A)	IoT 기반 도로포장 품질관리 관련기술 (AA)	121	44	33	9	102	309
	IoT 기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술 (AB)	17	93	27	30	0	167
총 계		138	137	60	39	102	476

㉱ 분석 방법

- 본 특허기술동향조사는 특허동향분석(정량분석) 및 지재권 중심의 핵심기술분석(정성분석)으로 나누어 분석을 수행함

① 특허동향분석

- 특허동향 분석은 특허기술 Landscape와 주요 출원인 분석, 세부기술별 Landscape로 나누어 분석함
- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(SIPO)등 주요 국가별 기술개발 활동현황, 내·외국인 특허출원 동향, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 단계를 분석함
- 주요 출원인 분석에서는 상위 다출원인을 도출하여 해당 출원인의 기술 확보력, 주력 기술분야, 특허출원 밀집도 등을 분석함
- 세부기술별 Landscape에서는 세부기술별 국가별 특허점유율 및 증가율 등을 분석하여 각 기술별 특허출원 경향 및 기술 특성, 상대적인 유망함 정도를 파악함

② 지재권 중심의 핵심기술분석

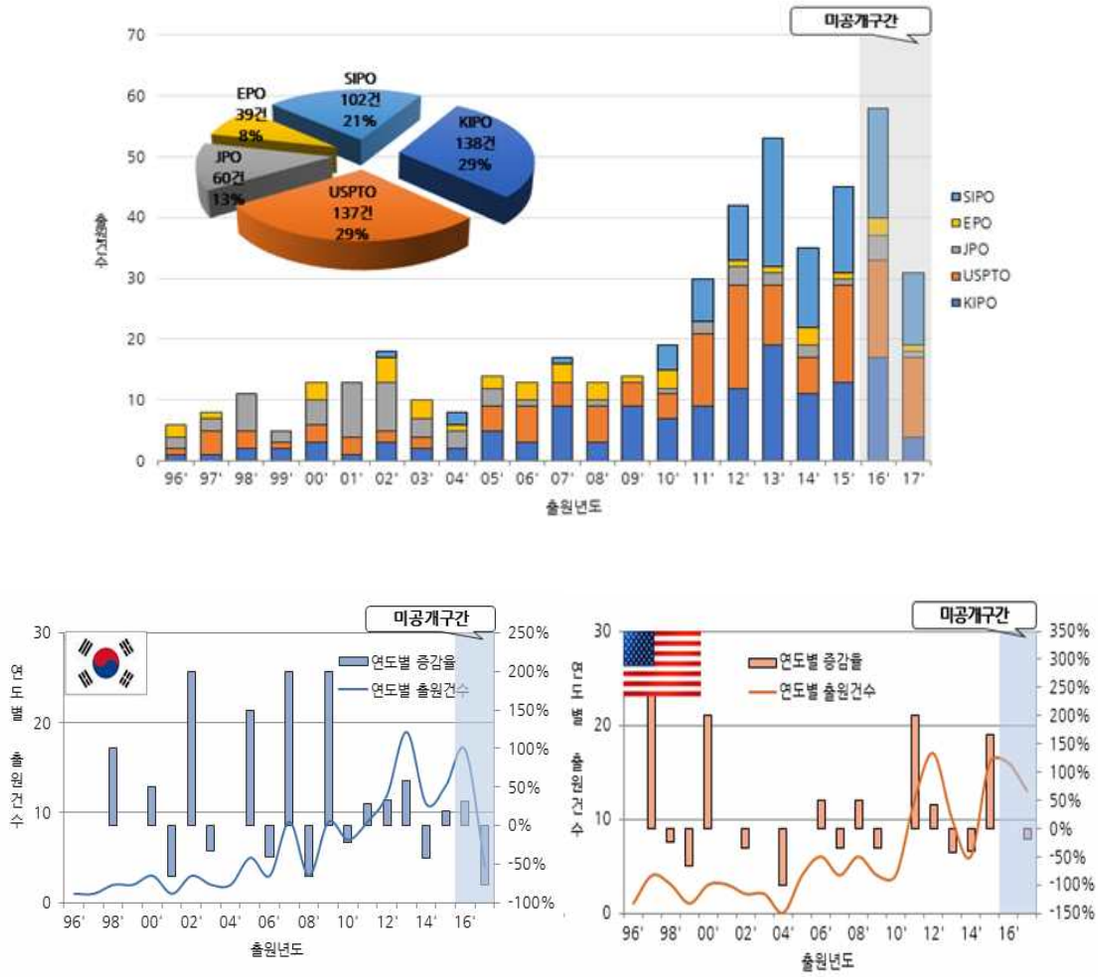
- 지재권 중심의 핵심기술분석은 OS-Matrix 분석과 핵심특허 시계열 매트릭스 분석으로 나누어 분석함
- OS-Matrix 분석은 특허 청구항에 기재된 기술의 해결목적(Objectives)과 해결수단(Solutions)을 추출하여, 특허데이터 기준의 기술 공백영역과 집중영역을 탐색함

- 핵심특허 시계열 매트릭스 분석은 해결목적과 해결수단을 축으로만 사용하지 않고 출원년도 축을 도입하여 출원년도에 따른 해결목적과 해결수단을 한 눈에 파악할 수 있고, 특허기술을 시계열적으로 펼쳐 주요 기술별 연구개발 흐름 및 변화추이를 살펴봄으로써, 과거부터 현재까지의 특허데이터 흐름을 토대로 우리 기술의 향후 연구개발 방향 결정에 참고할 수 있음

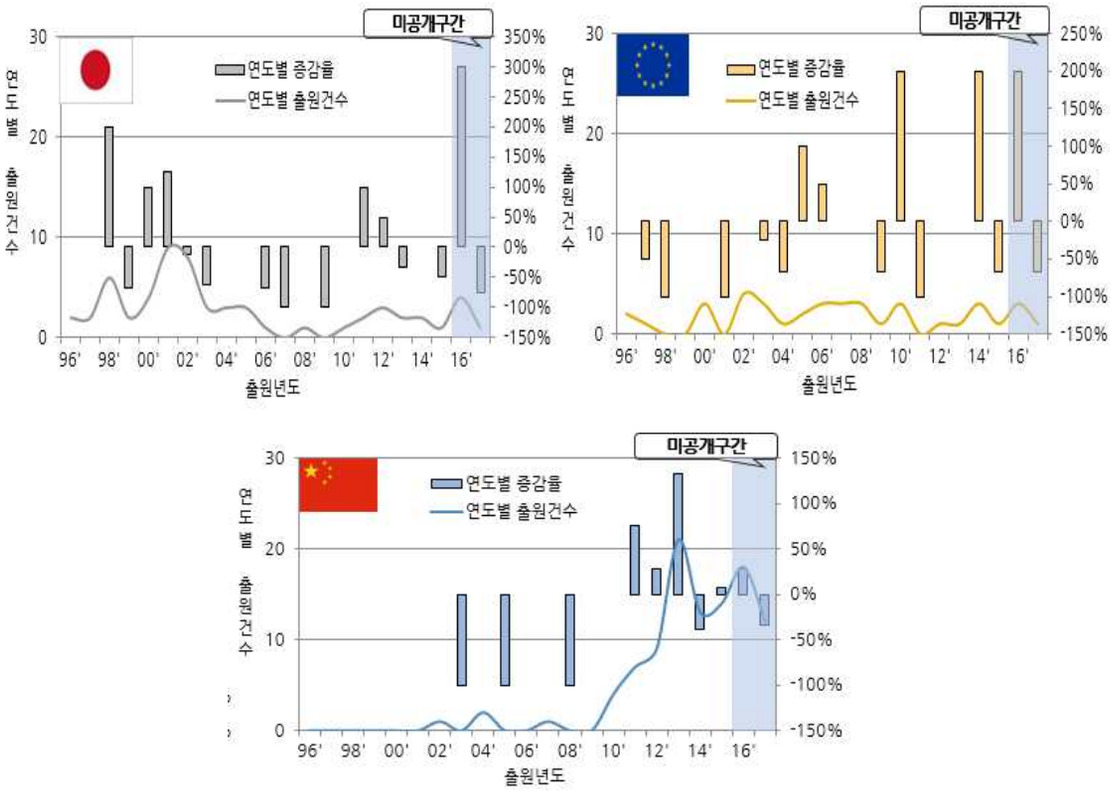
나. 특허기술 Landscape

(1) 주요 국가별 연도별 출원동향

- 본 분석의 목적
  - 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(SIPO) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 해당 기술을 선도하는 국가 파악
  - 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악



〈주요 출원국 연도별 특허동향〉



〈주요 출원국 연도별 특허동향〉

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간인 1976년부터 최근 2016년까지 증감을 반복하며 증가하는 추세를 나타내고 특히, 최근에 특허 출원이 급격히 증가하는 추세를 나타내었는데 이는 한국과 미국이 2010년부터 특허 출원이 급증하여 영향을 준 것으로 파악됨

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 138건(29%), 미국(USPTO) 137건(29%), 중국(SIPO) 102건 (21%), 일본(JPO) 60건(13%), 유럽(EPO) 39건(8%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 IoT 기반 도로포장 건설관리 이슈에 관심이 많은 한국(KIPO)이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

- 1976년인 분석구간 초기에는 일본이 주도하였고, 1996년부터 한국이 특허출원을 시작하면서 최근까지 한국과 미국의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있어 전반적으로 한국과 미국의 증감에 따라 전체 동향 또한 증감하는 추세를 나타내고 있음

- 한국(KIPO) 특허동향 : IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에서 한국(KIPO)은 138건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 1996년부터 특허 출원을 시작하여 최근까지 증가세를 나타내고 있으며 특히 2010년부터 급격한 증가세를 나타내고 있음

  - 특히 한국의 특허 동향 형태는 전체 특허 흐름과 비슷한 형태로, 다출원 기준에서 주도적인 위치였음을 알 수 있음

- 최근 2012년부터 급격히 특허 출원이 증가하는 추세를 나타냄. 해당 구간의 다출원 기관을 살펴본 결과, 다양한 출원인이 특허를 출원한 것으로 나타나, IoT 기반 도로포장 건설관리 기술 이슈에 대해 많은 관심과 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

● 미국(USPTO) 특허동향 : IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술 기술에서 미국(USPTO)은 137건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기부터 최근까지 꾸준한 특허 출원 활동을 나타내고 있음

- 미국의 경우 특히 분석구간 중, 후기에 주도적인 위치에 있던 것으로 파악되며, 현재까지 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타나 한국과 함께 기술시장을 주도하고 있는 것으로 판단됨

- 한국과 함께 2010년부터 급격한 증가세를 나타내며 증,감을 반복하는 등의 꾸준히 특허출원이 증가하는 추세를 나타내고 있음

● 일본(JPO) 특허동향 : IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에서 일본(USPTO)은 60건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기인 1998년부터 증감을 반복하며 특허 출원을 유지하다가 2006년 이후 경제위기로 인해 특허출원이 급격히 감소하였으나, 최근 2012년부터 다시 특허출원이 증가하는 경향을 보임

- 일본은 2000년대 후반부터 특허 출원이 감소하여 한국 및 미국과는 대조적인 양상을 나타내고 있음

- 일본 특허에서 HITACHI 기업의 출원활동이 가장 활발한 것으로 나타남

● 유럽(EPO) 특허동향 :IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에서 유럽(EPO) 특허는 39건으로 분석구간 전체에서 미미하게 출원을 지속하고 있는 것으로 나타남

- 분석의 범위가 되는 유럽 특허는 유럽 개별 국가별로 직접 출원한 특허가 아닌 유럽특허청(EPO)을 통해 지정국을 정하여 출원하여 개별국과의 특허 분포와 차이가 있음

- 유럽 특허에서 분석 초기부터 최근까지 독일의 JOSEPH VOEGELE와 Wirtgen의 출원활동이 가장 활발한 것으로 나타남

● 중국(SIPO) 특허동향 : IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술에서 중국(SIPO)은 102건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2002년부터 특허 출원을 시작하여 최근까지 증가세를 나타내고 있으며 특히 2010년부터 급격한 증가세를 나타내고 있음

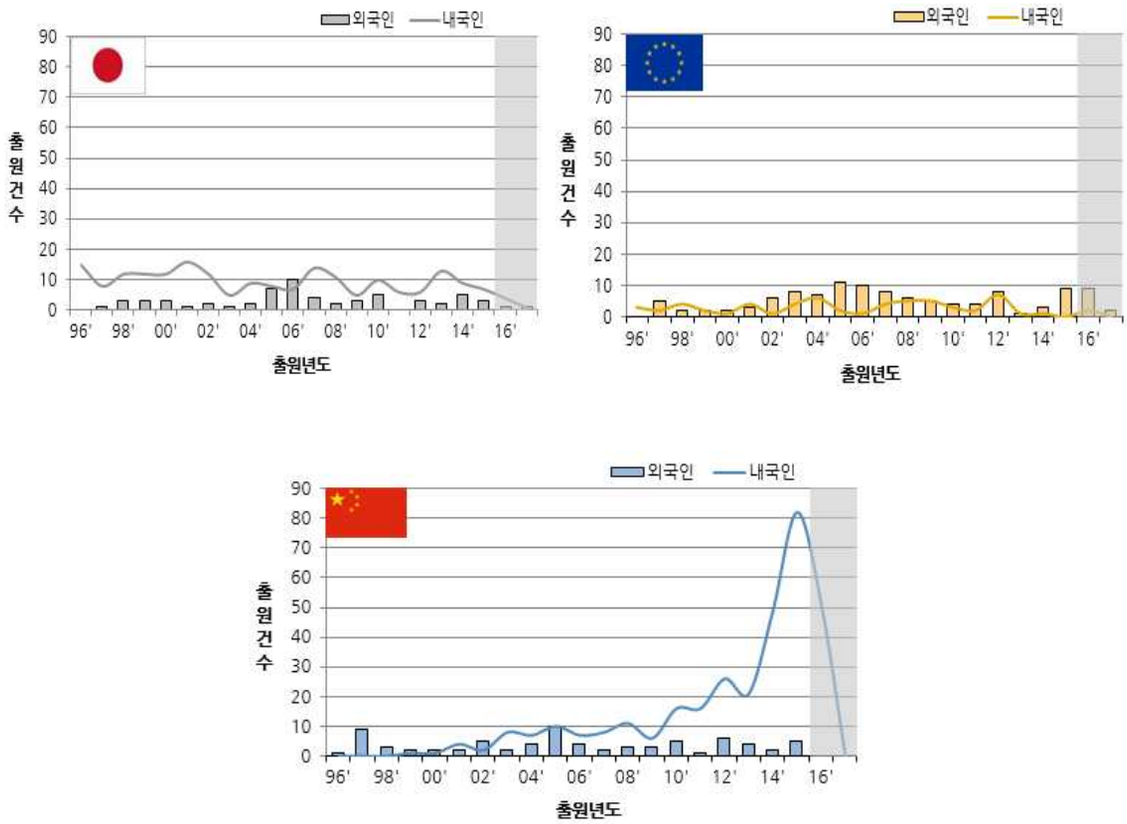
- 중국은 2000년대 중반부터 급격하게 출원이 증가는 추세를 나타내며 최근까지 증감을 반복하며 꾸준히 출원을 지속하고 있는 것으로 나타나, IoT 기반 도로포장 건설관리 기술 이슈에 대해 많은 관심과 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

(2) 주요 국가별 내·외국인 출원동향

● 본 분석의 목적

- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(SIPO) 국가별 출원인 국적을 구분하여 내국인과 외국인의 출원 분포를 파악
- 국가별 외국인 국적별 출원건수를 분석하여 해당 국가 내 국외 기술의 유입 상황 및 국외 기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추
- 과거부터 최근까지의 국가별 내·외국인 출원건수를 비교하여 해당 국가 내에서 기술개발을 주도하는 내·외국인 여부의 변화 추이를 파악

〈주요 출원국 연도별 내·외국인 특허출원 현황〉



〈주요 출원국 연도별 내·외국인 특허출원 현황〉

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 국가별 내외국인 출원된 특허는 한국(KIPO) 117건(30%), 미국(USPTO) 108건(28%), 중국(SIPO) 72건(19%), 일본(JPO) 55건(14%), 유럽(EPO) 35건(9%)이며, 내·외국인의 특허출원 비율 및 현황은 국가별로 상이함
- 한국, 미국, 일본, 중국 및 유럽 모두 내국인의 특허 출원 비중이 높은 것으로 나타났으며, 특히 한국, 일본 및 유럽은 내국인의 특허 출원 비중이 매우 높은 것으로 나타남
- 한국(KIPO)의 내·외국인 특허출원 현황 : 한국(KIPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 97% (113건), 외국인 3% (4건)의 비율이 나타남

  - 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타나며, 최근 10년 구간에서의 내·외국인 출원 비중의 큰 변동이 없는 것으로 나타나 여전히 자국 중심의 출원 경향임을 알 수 있음
  - 한국(KIPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 전체 구간에서는 스웨덴 국적의 출원인이 3명으로 많은 특허를 출원하였음

- 미국(USPTO)의 내·외국인 특허출원 현황 : 미국(USPTO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 50% (54건), 외국인 54%(50건)의 비율이 나타남

- 내국인(50%) 및 외국인(54%)의 출원 비율이 거의 유사한 것으로 나타남
- 미국(USPTO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 독일 국적의 출원인이 35건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 일본, 캐나다, 이탈리아 등 국적의 출원인이 미국 내 특허를 출원하였음

● 일본(JPO)의 내·외국인 특허출원 현황 : 일본(JPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 89%(49건), 외국인 11%(6건)의 비율이 나타남

- 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타나며, 최근 10년 구간에서의 내·외국인 출원 비중의 큰 변동이 없는 것으로 나타나 여전히 자국 중심의 출원 경향임을 알 수 있음
- 일본(JPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 독일 국적의 출원인이 4건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 미국 등 국적의 출원인이 일본 내 특허를 출원하였음

● 유럽(EPO)의 내·외국인 특허출원 현황 : 유럽(EPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 89%(31건), 외국인 11%(4건)의 비율이 나타남. 유럽 특허에서의 내국인은 유럽연합(EU)가입국 국적의 출원인을 의미하고 외국인은 그 외 국적의 출원인임

- 유럽특허는 내국인(89%) 및 외국인(11%)의 비율로 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타남
- 유럽(EPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 미국 및 일본 국적의 출원인이 2건으로 가장 많은 특허를 출원하였음

● 중국(SIPO)의 내·외국인 특허출원 현황 : 중국(SIPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 61% (44건), 외국인 39%(28건)의 비율이 나타남

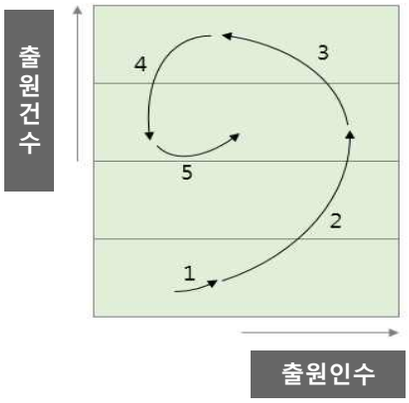
- 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타나며, 최근 10년 구간에서의 내국인의 출원비중이 급격히 증가하는 것으로 나타나자 자국 중심의 출원 경향임을 알 수 있음
- 중국(SIPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 독일 국적의 출원인이 35건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 일본 국적의 출원인이 13건으로 가장 많은 특허를 출원하였으며, 독일, 스웨덴, 한국 등 국적 출원인이 중국 내 특허를 출원하였음

(3) 특허기술 성장단계

- 본 분석의 목적

  - 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악

  - 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(SIPO) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석



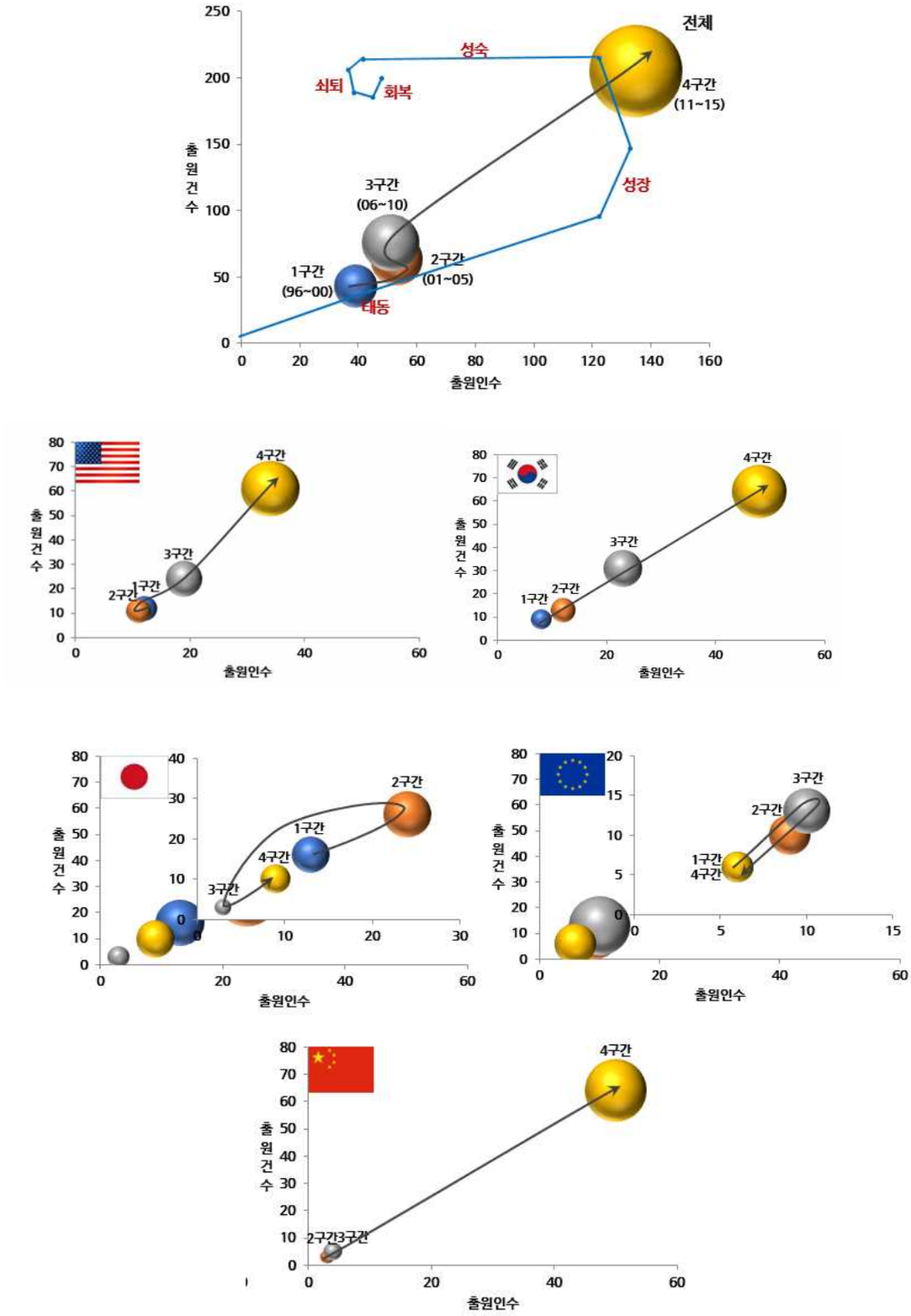
1.태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
2.성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
3.성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
4.쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의정체 또는 감소
5.회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

〈특허기술 성장단계별 의미〉

- 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함

- 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계이며, 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음. 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수 대비 해당 구간의 증가 건수, 기술 분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음. 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진 출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임. 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있으며, 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이 개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음

- 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음



〈주요 국가별 특허기술 성장단계〉

- 특허기술을 기반으로 IoT기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 성장단계는 최근 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로, 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음

- 2구간(2001년~2005년)에서 3구간(2006년~2010년)까지 출원인수와 출원건수가 주춤거리는 추세를 나타냈지만 전반적으로 분석 구간 초기 구간인 1구간(1996년~1999년)부터 최근 구간인 4구간(2011년~2015년)까지 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하는 양상으로 성장기 단계의 형태가 나타남. 특히 3구간(2006년~2010년)부터 4구간(2011년~2015년)까지 출원인과 출원건수가 급격히 증가하는 추세를 보임

- 한국(KIPO) 특허기술 성장단계 : 한국(KIPO)의 특허기술 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음

  - 초기 구간인 1구간(1996년~2000년)에서 4구간(2011년~2015년)까지 출원건수가 꾸준히 증가하는 것으로 나타남

  - 한국의 특허기술 성장단계는 1구간에서 4구간까지는 전체 성장단계 형태와 유사하게 나타남

- 미국(USPTO) 특허기술 성장단계 : 미국(USPTO)의 특허기술 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음

  - 1구간에서 2구간까지 출원인수과 출원건수가 큰 변화 없이 유지되다가 3구간(2006년~2010)부터 4구간(2011~2015)까지 상당수의 출원건수 및 출원인이 증가하는 형태가 나타남

  - 미국의 특허기술 성장단계는 1구간에서 4구간까지는 전체 성장단계 형태와 유사하게 나타남

- 일본(JPO) 특허기술 성장단계 : 일본(JPO)의 특허기술 성장단계는 2구간부터 3구간 까지 감소하는 추세를 보이다가, 3구간부터 4구간까지 출원건수와 출원인수 모두 증가하는 형태로, 해당기술의 회복단계로 해석할 수 있음

  - 1구간에서 2구간까지 증가하는 경향을 보이다가 경제위기로 인해 2구간에서 3구간까지 감소하는 경향을 나타냄. 3구간(2006~2010)부터 최근 4구간(2011~2015)까지 출원건수와 출원인수 모두 증가는 것으로 나타나 회복기 단계의 형태가 나타남

  - 일본의 특허기술 성장단계는 전체 성장단계에 있어서 3구간에서 4구간에 감소하는 형태와 유사하여 전체 성장단계에 일부 영향을 미치고 있는 것으로 나타남

- 유럽(EPO) 특허기술 성장단계 : 유럽(EPO)의 특허기술 성장단계는 출원건수와 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음

  - 2구간에서 3구간까지 상당수의 출원건수 및 출원인이 증가를 하였으나, 3구간 이후부터 최근구간까지 출원건수가 감소하고 있는 것으로 나타나 쇠퇴기 단계의 형태가 나타남

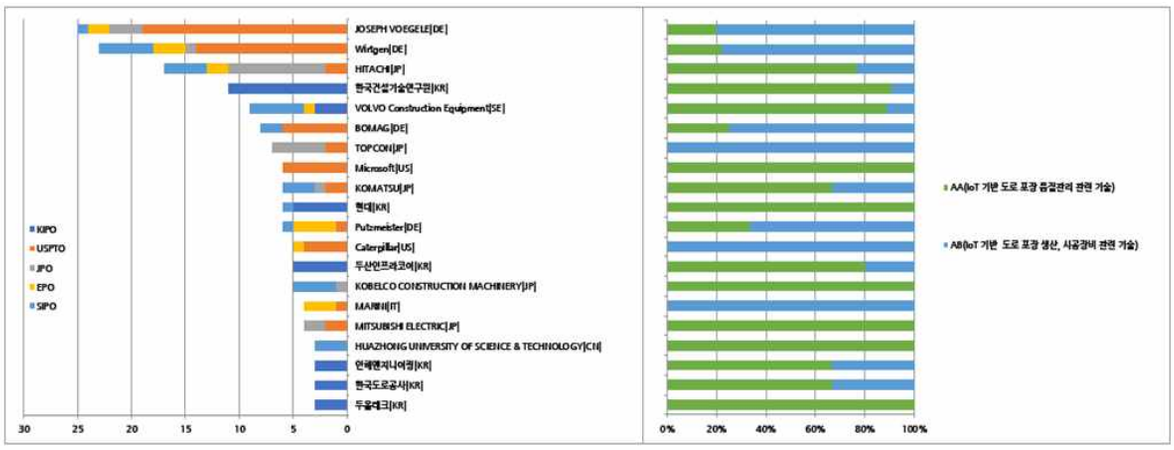
- 유럽의 특허기술 성장단계는 전체 성장단계 형태와 상이하고 전체 상장단계에 영향을 미치고 있지 않는 것으로 나타남

● IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 성장단계는 최근구간에서 출원인수와 출원건수 모두 증가하는 형태가 나타나는 바, 이후 구간에서도 동일한 형태로 유지되어 출원건수가 증가할 수 있는 여지가 있으며, 한국(KIPO)의 특허기술 성장단계의 경우 출원건수와 출원인수 모두 지속적으로 증가할 것으로 보임

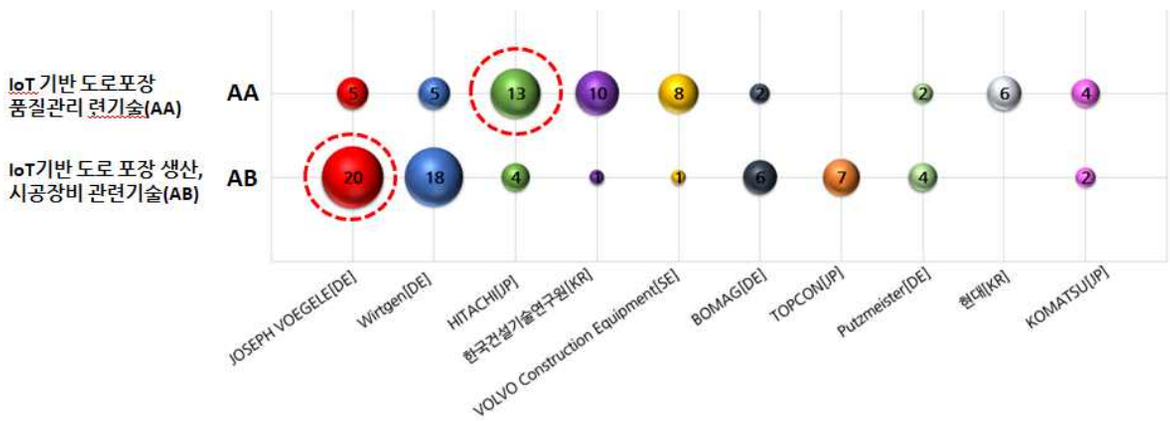
(4) 주요 출원인 특허동향

● 본 분석의 목적

- 주요 출원 기관 및 기업의 출원건을 세부기술별로 구분하고 보유 제품 및 연구개발 내용을 연결하여 각 기관 및 기업별 주력 세부기술분야 및 공백 영역을 파악



〈주요 출원인 국가별/기술분류별 출원 동향〉



〈주요 출원인별 주력기술분야 분석〉

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술과 관련하여 주요 출원인별 주력하는 세부 기술분야를 살펴보면, 다출원 1위 및 2위로 독일의 JOSEPH VOEGELE 및 Wirtgen이 차지하였으며AA 및 AB 기술 모두 특허를 출원하고 있는 것으로 파악됨 상위 3위 출원인인 일본의 HITACHI는 AA 기술인 IoT 기반 도로포장 품질관리 관 련기술에 집중하고 있는 것으로 파악되며, 상위 4위인 한국건설기술연구원은 IoT 기반 도로포장 품질관리 관련 기술에 집중하고 있는 것으로 분석됨

- 한국건설기술연구원의 경우 AA, AB기술 모두에 특허를 출원하고 있는 것으로 나타났으며, 일본의 TOPCON, 미국의 CATERPILLAR 및 이탈리아의 MARINI이 IoT 기반 도로포장 품질관리 관련 기술인 AA기술에 집중하는 것으로 분석되며, 미국의 MICROSOFT, 한국의 현대와 두올테크, 일본의 MITSUBISHI ELECTRIC및 중국의 HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY이 IoT 기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술인 AB 기술에 집중하는 것으로 나타남

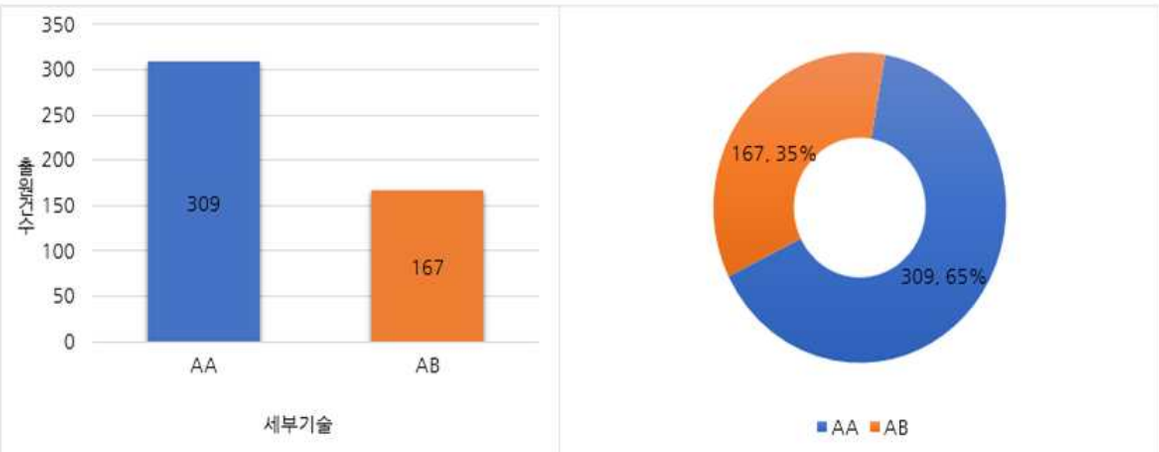
- 주요 출원인별 주력 세부기술분야를 살펴보면, AA기술분류의 경우 일본의 HITACHI, 한국의 한국건설기술 원구원, 스웨덴의 VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT 등이 IoT기반 도로포장 품질관리 관련기술을 다수 보유하고 있고, AB기술분류의 경우 독일의 독일의 JOSEPH VOEGELE(DE)및 Wirtgen(DE), 일본의 TOPCON 등이 IoT기반 도로포장 생산, 시공장비 관련한 특허기술을 보유하고 있는 것으로 파악됨

(5) 세부기술별 특허동향

- 본 분석의 목적

  - 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(SIPO) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 각 세부기술을 선도하는 국가 파악

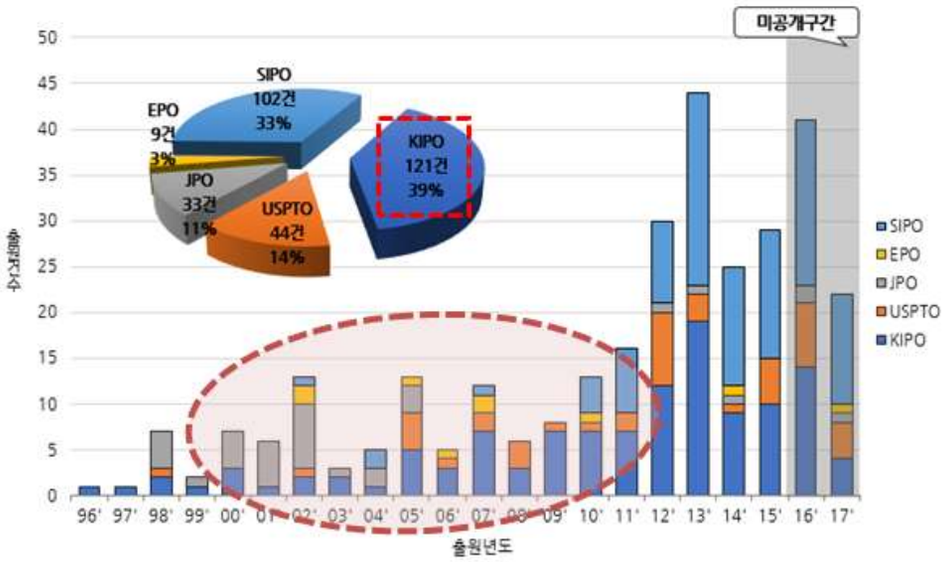
  - 과거부터 최근까지의 세부기술별 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 각 세부기술에서의 위치 파악



〈세부기술별 특허건수 현황〉

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발기술(전체) 관련하여 전체 세부기술 중 IoT 기반 도로포장 품질관리 관련기술 (AA)과 관련된 특허의 비중이 가장 높은 것으로 나타났음
- AA 기술 다음으로 IoT 기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술(AB)의 특허 비중이 높은 것으로 나타났으나, AA에 비해 특허 출원이 저조한 것으로 분석됨

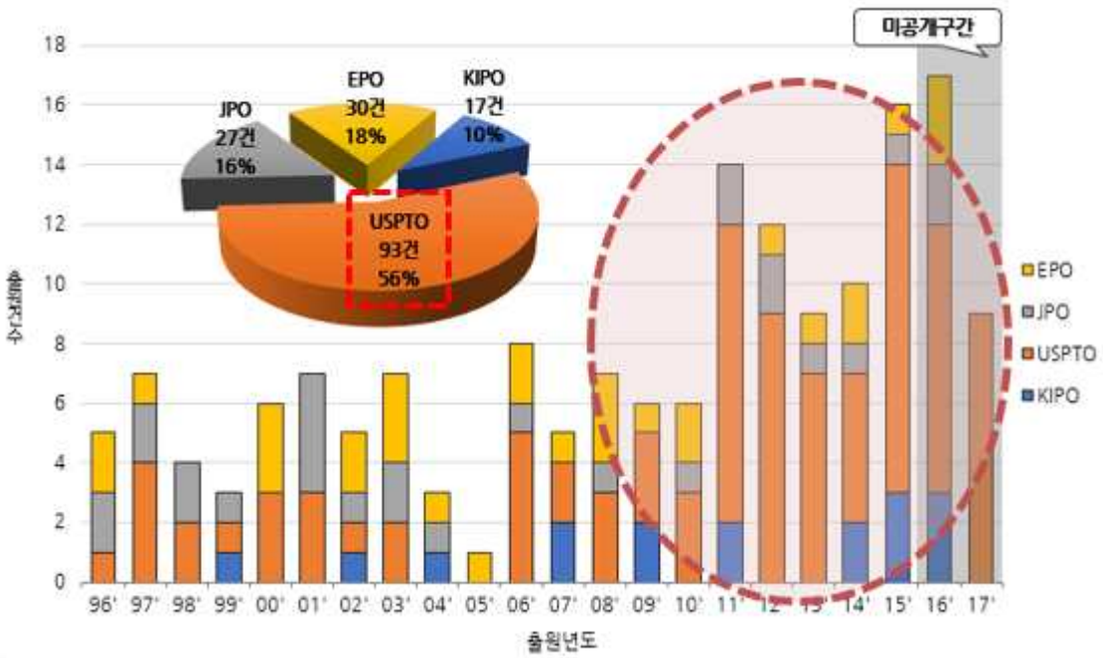
㉮ IoT 기반 도로포장 품질관련 기술(AA)



〈주요 출원국 연도별 특허동향〉

- IoT 기반 도로포장 품질관련 기술(AA)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 121건(39%), 중국(SIPO) 102건(33%), 미국(USPTO) 44건(14%), 일본(JPO) 33건(11%), 유럽(EPO) 9건(3%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 한국이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있음
- 2000부터 2011년까지 증감을 반복하며 증가 추세를 나타내다가 2012년부터 급격한 증가를 나타내고 있음
- 본 세부기술과 관련된 전체 특허 동향에서 증감을 반복하며 증가 추세를 타내다가 2012년부터 급격한 증가 추세를 나타내는 바, 중국과 한국의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있음. 구체적으로 분석 구간 초,중반에서 미국 출원 증감에 따라 전체 동향 또한 증감하는 추세를 나타내며, 최근 구간에서 중국과 한국 출원의 증감이 전체 동향에 영향을 주는 것으로 나타남

㉯ IoT 기반 도로포장 시공장비 관련 기술(AB)



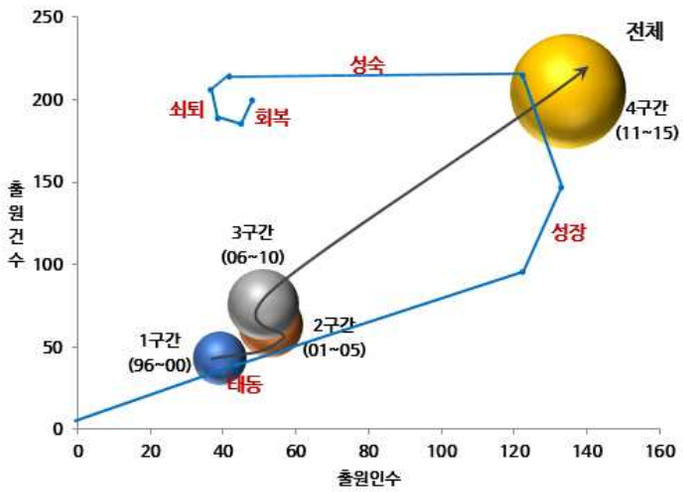
〈주요 출원국 연도별 특허동향〉

- IoT기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술(AB)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 미국(USTPO) 93건(56%), 유럽(EPO) 30건(18%), 일본(JPO) 27건(16%), 한국(KIPO) 17건(10%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 미국이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있음
- 분석구간 초기부터 2010년까지 증감을 반복하지만 전반적으로 증가 추세를 나타내고 있고, 2016년에 가장 많은 특허를 출원한 것으로 파악되며, 1999년부터 한국 특허 출원이 시작되어 최근에 증가하고 있는 것으로 분석됨
- 미국과 유럽의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있어 미국과 유럽의 출원 증감에 따라 전체 동향 또한 증감하는 추세를 나타내며, 일본의 출원 또한 동향에 영향을 주는 것으로 나타남

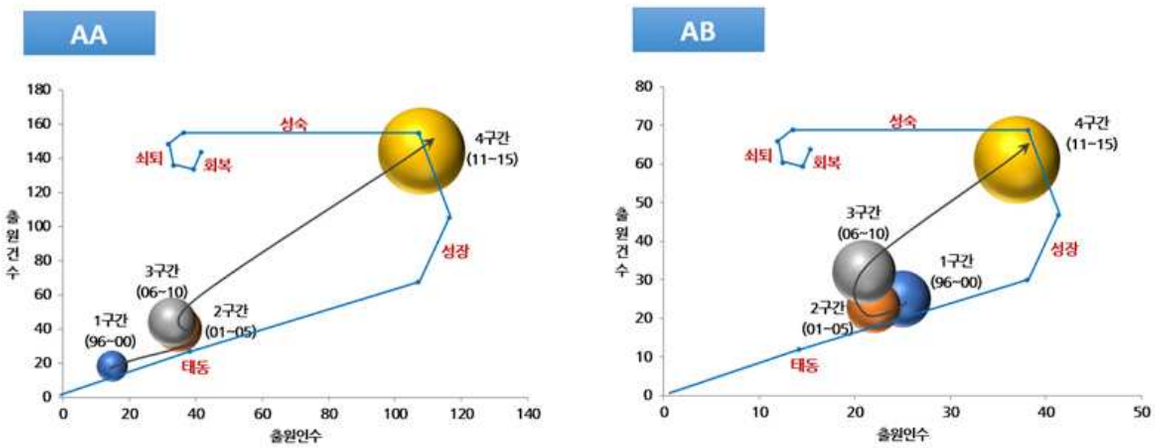
(6) 3-2. 세부기술별 특허기술 성장단계

● 본 분석의 목적

- 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 세부기술별 특허기술 성장단계를 파악
- 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO)및 중국(SIPO) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석



〈IoT 기반 도로포장 품질관리 관련 기술 (TOTAL) 특허기술 성장단계〉



〈세부기술별 특허기술 성장단계(AA~AB기술)〉

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술(TOTAL)의 세부기술별 특허기술 성장단계를 분석하고자, 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(1996년~2000년), 2구간(2001년~2005년), 3구간(2006년~2010년), 4구간(2011년~2015년)을 설정하였음
- IoT 기반 도로포장 품질관리 관련기술(AA)의 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석되며 1구간에서 4구간까지 전체 성장단계 형태와 유사하게 나타남
- IoT 기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술(AB)의 성장단계는 출원인과 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석되고, 1구간에서 2구간에는 출원건수와 출원인수가 감소하다가 3구간에서 4구간까지 급격히 증가하는 형태를 보이며 전체 성장단계 형태와 유사하게 나타남
- IoT 기반 도로포장 품질관리 관련기술(AA) 및 IoT 기반 도로포장 생산, 시공장비 관련기술(AB)의 성장단계는 전반적으로 1구간부터 최근구간까지 출원건수와 출원인수가 증가하는 형태를 나타내고 있으며, 이후 구간에서 출원건수와 출원인수 모두 지속적으로 증가할 것으로 보임

다. 소 결

- 특허 동향 분석 유효데이터
  - IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술 분야의 특허 동향 분석은 1996년부터 2015년까지 출원공개 및 출원등록된 유효 특허 건수 476건을 분석 대상으로 하였음
- 전체 연도별 특허출원 동향
  - IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간인 1996년부터 최근 2015년까지 증감을 반복하며 증가하는 추세를 나타내고 특히, 최근에 특허 출원이 급격히 증가하는 추세를 나타내었는데 이는 한국이 2012년부터 특허 출원이 급증하여 영향을 준 것으로 파악됨
- 내외국인 특허출원 동향
  - IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 주요출원국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국 모두 내국인의 특허 출원 비중이 높은 것으로 나타났으며, 특히 한국, 일본 및 유럽은 내국인의 특허 출원 비중이 매우 높은 것으로 나타남

● 기술시장 성장단계

- 특허기술을 기반으로 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 성장단계는 최근 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로, 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음

● 주요 출원인 분석

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술과 관련하여 독일 국적 기업인 JOSEPH VOEGELE 및 Wirtgen, 등이 상위 1,2위의 주요 출원인으로 파악되었으며, 그 뒤를 이어 일본의 HITACHI, 한국의 한국건설기술연구원 및 스웨덴의 VOLVO Construction Equipment가 상위 3, 4 및 5위를 차지한 것으로 분석됨.
- 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 80%가 산업계로 나타나 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있음

● 세부기술별 특허동향

- IoT 기반 도로포장 품질관리 관련기술(AA)의 주요 출원인을 살펴보면, 일본 국적 기업인 HITCHI, 한국 국적 기업인 한국건설 기술연구원 등이 최다수의 특허를 보유하고 있어 해당 기술은 다출원 기준으로 일본 및 한국이 주도하고 있는 것으로 파악되고 한국 국적의 출원인으로 한국건설기술 연구원, 현대 및 두산인프라코어가 파악되었으며, 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 대부분이 산업계로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있음

● 검토의견

- IoT 기반도로포장 품질관리 관련기술 분야의 기술시장이 성장기에 있어 특허 공백 분야에 대해서는 신규성을 기반으로 하는 기술 선점과 특허 집중 분야에 대해서는 진보성을 기반으로 하는 차별화된 기술 개발을 위해 향후 지재권 확보 전략에 있어 연구 기획 시 주도면밀하게 분석할 필요가 있음

4. 연구개발 인프라 분석

가. 국내 연구 인프라

(1) 한국건설기술연구원 도로 연구소

- 한국건설기술연구원은 재료 개발 단계에서 필요한 실내시험장비 및 개발된 재료의 성능평가를 위해 필요한 물성분석에는 MTS, UTM, 인스트롱 등을 사용할 수 있으며, 공용중인 포장분석을 위한 장비로 HWD, FWD, ARAN, PIECE 등 공용성 분석 장비들의 활용이 가능함
- 또한 포장가속시험기의(HVS-Dynatest) 활용을 통해 신규 유지보수 시스템의 공용성의 실증이 가능하며, 이와 더불어 각종 계측기 매설 및 이를 분석하기 위한 동적·정적 데이터로거로 구성된 데이터획득 시스템이 갖추어져 있음

〈보유 연구 인프라 현황 예〉

포장가속시험기	만능재하시험기
3축 압축시험기	인장압축 UTM 장비

나. 선진국 대비 국내 인프라 수준

〈기술분야별 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준〉

기술분야		인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
			부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	콘크리트 플랜트 생산시설 자동화 계측 및 지능형 품질관리 시스템 개발	전문인력 보유정도			○		
		산학연 공동연구기반		○			
		국제기술협력기반	○				
		기술 투자지원	○				
	IoT 기반 콘크리트 포장 현장시공 품질관리 기술 개발	전문인력 보유정도			○		
		산학연 공동연구기반		○			
		국제기술협력기반	○				
		기술 투자지원	○				
IoT를 활용한 아스팔트 콘크리트 품질/시공 관리 연구	자동 계측 센서를 활용한 지능형 아스팔트 혼합물 생산 품질관리 기술 개발	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
	IoT 기반 아스팔트 포장의 인텔리전트 시공 품질관리 패키지 기술 개발	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
	IoT 기반 포장 품질확보를 위한 현장 작업관리(공정, 품질) 모델	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				

다. 소 결

- IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템 개발을 위한 국내 전문 연구 인력 수준의 경우 선진국과 비교하여 동등한 수준으로 판단되고 있으나, 산학연 공동연구기반, 연구기자재, 기술구축 정도 및 연구시설 설비는 다소 부족한 것으로 평가됨

- 특히 매크로(macro) 거동 측정 및 분석을 위한 장비는 비교적 잘 갖추어져 있으나, 파손 원인의 명확한 규명을 위한 마이크로(micro) 수준의 장비는 추가적인 구축 노력이 필요하다고 판단됨

- 또한 국제기술 협력 기반, 기술 투자지원 등 실제 잘 조직된 연구 인력 및 우수한 연구시설을 활용한 연구비 지원 규모 면에서는 여전히 선진국에 비해 부족한 실정으로 분석됨

5. 국내 기 수행된 연구과제 현황 분석

가. 도로 포장

사업명	과제명	연구내용
정부수탁	기후변화에 대비한 도로 포장 품질관리 시스템 개발	도로포장 품질관리 시범 프로그램 개발

나. 기존 기술과의 차별성 확보 방안

- 2013년 도로포장 시공 품질관리 시스템의 현장 적용성 여부 및 실효성 판단을 목적으로 '현장 기술 중심의 도로 포장 시공 품질관리시스템 개발' 연구를 수행하여 도로포장 품질관리 시범 프로그램 개발
- 시범 사업에 적용된 프로그램을 업그레이드 하여 IoT를 이용한 데이터 및 품질데이터의 실시간 수집하여 관리 할 수 있는 프로그램 개발

6. 소결

가. 도로 포장 품질관리

- 국내 도로포장 시공 품질관리는 건설기술진흥법에 근거를 두고 있음. 건설공사의 품질확보를 위해서 건설기술진흥법 제55조(건서공사의 품질관리)에 따라 품질관리 및 품질시험 계획을 수립하고 이에 따라 품질관리 업무를 수행하도록 명시되어 있음.
- 또한 동법 제57조(건설자재,부재의 품질확보)제4항에 건설자재,부재의 품질 적절성을 확인하고 그에 따른 조치를 취하도록 하고 있음.
- 건설사업정보의 체계적 관리를 위해 건설기술진흥법제19조, 동법 시행령 제41조를 건설 통합정보 체계의 구축·운영 및 건설사업정보시스템 운용지침의 근거로 하고 있음.
- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템의 제도적·체계적 운영 근거 마련을 위해 건설기술진흥법의 개정 및 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 운용지침의 개발 필요.

나. 기술 및 논문 현황 분석

- IoT를 기반으로 하는 개념은 최근에 대두된 개념으로 논문의 개수는 많지 않음

- 적용 대상물로 분류한 결과 '건설현장'을 주제로 하는 논문이 7건으로 39%를 차지하였으며, '모니터링'을 내용으로 하는 논문이 7건으로 39%를 차지함
- 도로포장 현장에서 IoT를 활용한 건설관리를 주제로 하는 논문은 발견되지 않아 이에 대한 연구는 없는 것으로 분석됨

다. 특허 분석

- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술 분야의 특허 동향 분석은 1996년부터 2015년까지 출원공개 및 출원등록된 유효 특허 건수 476건을 분석 대상으로 하였음
- IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간인 1996년부터 최근 2015년까지 증감을 반복하며 증가하는 추세를 나타내고 특히, 최근에 특허 출원이 급격히 증가하는 추세를 나타내었는데 이는 한국이 2012년부터 특허 출원이 급증하여 영향을 준 것으로 파악됨
- 특허기술을 기반으로 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기술의 성장단계는 최근 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로, 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음
- IoT 기반도로포장 품질관리 관련기술 분야의 기술시장이 성장기에 있어 특허 공백 분야에 대해서는 신규성을 기반으로 하는 기술 선점과 특허 집중 분야에 대해서는 진보성을 기반으로 하는 차별화된 기술 개발을 위해 향후 지재권 확보 전략에 있어 연구 기획 시 주도면밀하게 분석할 필요가 있음

라. 연구개발 인프라 분석

- IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템 개발을 위한 국내 전문 연구 인력 수준의 경우 선진국과 비교하여 동등한 수준으로 판단되고 있으나, 산학연 공동연구기반, 연구기자재, 기술구축 정도 및 연구시설 설비는 다소 부족한 것으로 평가됨

마. 기수행된 연구과제 현황 분석

- 2013년 도로포장 시공 품질관리 시스템의 현장 적용성 여부 및 실효성 판단을 목적으로 '현장 기술 중심의 도로 포장 시공 품질관리시스템 개발' 연구를 수행하여 도로포장 품질관리 시범 프로그램 개발
- 시범 사업에 적용된 프로그램을 업그레이드 하여 IoT를 이용한 데이터 및 품질데이터의 실시간 수집하여 관리 할 수 있는 프로그램 개발이 필요한 것으로 나타님

4절 기술수요 및 예측조사

1. 기술수요조사 개요

가. 기술수요조사의 목적 및 내용

- IoT 기반 도로 포장 건설관리 기술의 경쟁력 증진 및 실용화 추진을 위해 산·학·연의 기술수요를 적극적으로 파악하여 유망한 후보과제를 발굴하기 위한 기초자료 수집
- 본 기획연구의 목적에 맞도록 다음과 같이 2가지 분야로 구성하여 기술수요조사 실시
  - IoT 기반 도로 포장 품질관리 기술 개발
  - IoT 기반 도로 포장 통합 공정/품질관리 시스템 구축
- (기술수요조사 주요 항목) 제안기술의 개요 및 배경/필요성, 기술개발 목표와 내용, 관련기술의 선행연구 및 연구개발 동향, 적용대상 및 활용분야, 소요예산 및 기대효과 등으로 구성
- 기술수요조사서의 양식은 다음과 같음

IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획을 위한 기술수요조사서

한국건설기술연구원에서는 "IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발" 을 위해 정부 R&D사업을 기획* 중에 있습니다.

현재 건설 산업(도로, 항만, 공항 등)은 대형 기계 장비들을 이용하여 시공의 효율성을 확보하였지만, 공사의 전반적인 관리를 사람이 주도하고 있으며, 공사 인력 또한 과도하게 투입되고 있는 실정입니다.
시공자의 주관적 판단에 의해 공사가 결정되는 경우가 많으며, 도로건설의 경우 시공자의 경험적 노하우에 의존하여 공사의 시기 및 방법들이 결정되는 경우가 대부분입니다. 공사를 진행하는 과정에서 발생되는 다양한 변수들에 대응하기 위한 DB가 부족하며, 이에 시공자의 경험에만 의존하게 되었습다. 또한, 대기상태, 재료상태/품질, 장비운영방식(속도, 진동수 등) 등이 각각의 변수가 서로 상호 영향을 미치기 때문에, 시공자의 주관적 판단만으로는 합리적 결과를 내기는 어려운 실정에 있습니다.
따라서, 도로건설의 '공정관리' 와 '품질관리' 를 자동화할 수 있는 시스템 개발이 필요하고, 다양한 변수들에 대해 능동적으로 대응할 수 있는 지능형 관리 시스템이 필요한 실정입니다.

이에 폭넓은 의견수렴을 위하여 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발을 위한 기술수요조사를 실시하오니, 관련 기술분야 전문가 분들의 적극적 협조를 부탁드립니다.

이번 조사는 IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발과 관련된 니즈를 파악하는 중요한 자료로 활용하는 목적으로 사용되며, 이외의 목적으로 사용되지 않음을 약속드립니다.

* IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 기획, 발주-국토교통과학기술진흥원, 주관-한국건설기술연구원

2017. 2. 8
한국건설기술연구원
선임연구위원 권수안

조사담당자: 이문섭 수석 연구원
OFFICE: 031-910-0690
C.P: 010-5370-9790
FAX: 031-910-0161

PART Ⅱ. 제안기술 개요	
1. 제안 기술명	
2. 기술개발 목표	
3. 기술개발 내용	
4. 소요기간 및 예산	

〈기술수요조사서〉

나. 기술수요조사 절차

- (기술수요조사 설계) 다음 그림과 같이 도로포장(아스팔트포장, 콘크리트포장) 품질관리, 도로포장 생산 및 시공, IoT, 시스템, 특허 및 타당성 분석의 5개 분야에 대한 산·학·연의 전문가들을 대상으로 구성

〈기술수요조사를 위한 전문가위원회 구성〉

- (기술수요조사 실시) 선정된 대상자를 바탕으로 기술수요조사서 양식을 메일로 발송하고 약 3주후에 회수
- (기술수요조사서 분석) ① 기술수요조사 응답현황에 대한 분석 실시, ② 기술수요조사의 제안된 기술에 대한 기술분류체계와의 매칭을 통한 분석
- (기술수요조사서 활용) ① 기술분류체계 및 연구동향에 대한 분석 수정/보완, ② 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용, ③ 기획연구에서의 중점분야 선정 및 후보과제 선정을 위한 기초자료로 활용

다. 기술수요조사 활용 세부 내용

- 기술수요조사결과를 활용한 본 기획연구에서 제시한 기술분류체계 및 연구동향, 환경분석의 수정/보완
- 정부 R&D 및 도로포장 유지보수 정책과의 적합성을 반영할 수 있는 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용
- 기획연구 및 본 연구에서 수행할 필요가 있는 중점 연구분야 선정 및 수행과제 선정에 활용
- 내·외부 전문가, 담당부처 관계자 등의 의견수렴 절차를 거쳐 중점분야별 후보기술 발굴의 기초자료로 활용
- 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당함

라. 기술수요조사 발송 및 응답 결과

- 기술수요조사 대상은 기획 참여연구원, 자문위원, 외부전문가를 대상으로 메일 발송을 통해 조사를 실시하였으며, 기술수요조사 주요 수행내용은 다음 표와 같음

〈기술수요조사 주요 수행내용〉

구분	내 용
조사기간	2018년 2월 26일(월) ~ 3월 19일(금)
조사대상	- 조사대상 : 자문위원, 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사
응답자 수	- 53명 응답
기술수요조사 응답 건수	- IoT 기반 시멘트 콘크리트 품질관리 기술 개발 : 16 건 - IoT 기반 아스팔트 콘크리트 품질관리 기술 개발 : 13 건 - IoT 클라우드 기반 정보관리 기술 개발 : 24 건

마. 기술수요조사 결과 분류

- 회신된 기술수요조사서를 중점분야별/연구수행기관별로 조사 응답 현황을 분석하였으며, 그 결과는 다음 표와 같음

〈중점분야별/연구수행기관별 기술수요조사 결과〉

구분		중점분야			계
		시멘트 콘크리트 포장 분야	아스팔트 콘크리트 포장 분야	품질관리 시스템 분야	
연구 수행 기관	기업	1	5	4	10
	대학	18	15	10	43
	연구기관	-	-	-	0
	기타(협회)	-	-	-	0
	계	19	20	14	53

바. 중점분야별 기술수요조사 제안과제명 및 연구내용 분류

- 중점분야별 기술수요조사 제안과제명 및 연구내용은 다음과 같음

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	콘크리트 플랜트 생산시설 자동화 계측 및 지능형 품질관리 시스템 개발	콘크리트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발	IoT 센서를 이용한 콘크리트 구성재료 품질평가 및 의사결정 지원기술
		콘크리트 혼합물 배합설계 신뢰도 향상을 위한 운영 시스템 개발	유무선 센서를 부착한 고정/이동식 배치 플랜트의 생산 및 품질관리 자동화 기술
			IoT 기반 원자재 및 제품 품질관리 DB구축 및 빅데이터를 활용한 관리 모델
	IoT 기반 콘크리트 포장 현장시공 품질관리 기술 개발	콘크리트 혼합물 현장 품질관리 신뢰도 향상 기술 개발	굳지않은 콘크리트 특성치 점검하여 슬립폼 페이버와 배치플랜트에 피드백 절차 개발
			압력법에 의한 공기 총량 및 기포간격계수(SF) 연계 혼합물 공기량 품질관리 기술 개발
			블리딩 발생량 실시간 모니터링 기술 개발
			IoT 센서를 이용한 골재의 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측기술 개발
		IoT 기반 콘크리트 페이버 자동화 계측 및 지능형 포설 관리 시스템 개발	평탄성 실시간 모니터링 기술 개발
			페이버 포설 속도와 장기공용성(평탄성 및 내구성) 간의 상관관계 평가를 통한 최적 포설 운영 기술 개발
			페이버 다짐 속도와 연행공기량 손실간의 상관관계 측정을 통한 최적 포설 feedback 기술 개발
	콘크리트 포장 초기거동 정보화를 통한 시공 품질 향상기술 개발	유무선 온도센서를 활용한 콘크리트 양생 온도 관리 기술 개발	콘크리트 포장 시공 품질관리를 위한 IoT기반 환경 모니터링 및 실시간 현장 대응 시스템 개발
		상대습도 센서를 활용한 최적 양생 시점 및 양생제 살포량 확인 기술 개발	포장용 콘크리트의 초기 양생과정 모니터링 시스템 구축
			지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술 개발
		성숙도(Maturity) 개념 기반 최적 줄눈 시공 관리 기술 개발	현장 기상 모니터링 기반의 줄눈 절삭시기 결정기술 개발
			압전소자를 이용한 줄눈 콘크리트 포장의 줄눈생성 최적 시점 평가기술
			신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템 제안

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
IoT를 활용한 아스팔트 콘크리트 품질/시공 관리 연구	자동 계측 센서를 활용한 지능형 아스팔트 혼합물 생산 품질관리 기술 개발	아스팔트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발	아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발
			아스팔트 혼합물 배합설계 자동화를 위한 품질시험실 운영 시스템 개발
			아스팔트 혼합물 생산 품질 확보를 위한 DB 시스템 및 현장 연동 통신체계 개발
		아스팔트 혼합물 배합설계 신뢰도 향상을 위한 운영 시스템 개발	아스팔트 플랜트 원자재 투입 시설 자동화 모니터링 계측 장치 및 운영 시스템 개발
			아스팔트 플랜트 생산 시설 자동화 계측 장치 및 지능형 품질관리 시스템 개발
			아스팔트 플랜트 자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템 개발
	IoT 기반 아스팔트 포장의 인텔리전트 시공 품질관리 패키지 기술 개발	아스팔트 혼합물 수송관리 시스템 개발	아스팔트 혼합물의 재료분리 최소화를 위한 IoT 기반 현장 수송 관리 시스템 개발
		아스팔트 혼합물 현장 포설관리 신뢰도 향상 기술 개발	IoT 기반 아스팔트 페이버 자동화 계측 센서 및 지능형 포설 관리 시스템 개발
			아스팔트 페이버 운행 통제 보드 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발
		아스팔트 혼합물 현장 다짐관리 신뢰도 향상 기술 개발	다짐 롤러 운행 자동화 계측 센서 및 지능형 다짐 관리 시스템 개발
			IoT 기반 다짐 롤러 운행 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발
	현장 중심의 능동형 아스팔트 통합 시공 품질관리 시스템 기술 개발	현장 중심 품질관리 운영 시스템 개발	아스팔트 포장의 공용성 기반 지능형 통합 품질관리 시스템 및 시공 자료 공유 시스템 개발
			IoT 기반 인텔리전트 아스팔트 포장 시공 품질관리 기준 및 운영 매뉴얼 개발
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 통신 기술 개발	Infra IoT 통신 프로토콜 개발
			Infra IoT 진단 기술 개발
			Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술 개발
			Infra IoT 클라우드 관리 기술 개발
			Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 기술 개발
			Infra IoT 서비스 연계 기술

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 통신 기술 개발	포장 품질관리를 위한 IoT 센서 개발 시 데이터 교환 핵심인 Infra IoT 통신 프로토콜 기술 개발 (프로토콜 표준 기반 IoT 펌웨어 및 활용 모듈 간의 재활용성과 확장성 지원)
			Infra IoT 센서 데이터의 무결성 문제를 실시간으로 검증할 수 있는 진단 기술 개발
			포장품질관리 IoT 센서 데이터 처리 목적의 Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술 개발
			포장품질관리 IoT 센서 데이터 관리에 특화된 Infra IoT 클라우드 관리 기술 개발
			개발 기술의 플랫폼화를 통한 서비스 개발 지원을 위해 Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 기술 개발
			개발 기술의 플랫폼화를 위한 Infra IoT 서비스 연계 기술 개발(표준화된 서비스 연계 인터페이스를 통해, 간단한 설정 변경만으로 서비스 간 연계를 통한 새로운 서비스 개발을 지원하여 기능 확장성 높임)
		공간 정보 기술개발	포장품질관리 구간의 기반 데이터인 공간정보 생성을 위한, 도로포장공사 현장 공간정보 스캔(예 : 드론, 스캐너, GPS 등)과 GIS 변환 기술 개발
			포장품질관리를 위한 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
			포장품질관리를 위한 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발
			포장품질관리를 위한 공간정보-IoT 연계 기술 개발
			포장품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 기술 개발
	IoT 기반 포장 품질확보를 위한 현장 작업관리(공정, 품질) 모델	IoT 기반 현장 공정 관리 모델 개발	포장 장비의 센서로부터 수집되는 빅데이터를 분석하여 신뢰성 있는 장비의 운영현황을 분석하고, 하자원인을 규명할 수 있는 데이터베이스 구조 설계 및 분석 체계 개발
			도로공사 포장 품질확보를 위한 린 개념 기반 표준 공정관리 모델 개발
			포장공종 품질확보를 위한 공정관리 측면에서의 리스크 예측모델 개발
			모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 공정관리 모듈 개발
		IoT 기반 품질관리 모듈 개발	IoT 기반 도로포장의 시공 단계를 위한 품질관리 모델 및 절차서 개발
			IoT 기반 도로포장 품질 데이터의 유지관리 연계 활용 기술 개발
			모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 품질관리 모듈 개발
			단위 Project 및 발주 기관별 시스템 개발

2. 기술예측조사

가. 기술예측조사 개요

(1) 목적

- 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 본 기획의 기술개발 추진전략을 수립하기 위한 기초자료로 활용함

(2) 기술예측조사 절차

- (기술예측조사 설계) 예측기술명을 작성하고, 기술예측조사 항목을 결정하며 기술예측조사 대상자를 선정함
- (기술예측조사 수행) 기술예측조사 대상자 메일 발송 및 회수
- (기술예측조사 결과 분석) 기술예측조사 응답현황분석 및 예측기술의 실현시기 분포를 분석하며, 기술획득방식, 정부개입 필요성 등을 분석함
- (기술예측조사 결과 활용) 후보과제 우선순위 도출 및 TRM 작성 시 활용

(3) 기술예측조사 조사 방법

〈기술예측조사 주요 수행내용〉

구분	내 용
조사기간	2018년 3월 12일(월) ~ 3월 23일(금)
조사대상	- 조사대상 : 참여연구원, 자문위원, 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사
응답자 수	- 34 명 응답
조사항목	사회경제적 실현시기, 기술획득방식. 정부개입의 필요성, 국내기술수준

(4) 기술예측조사 조사항목 결정

- ‘최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준’은 각 기술별 최고기술을 보유한 나라의 기술수준을 100%로 가정하였을 경우 국내기술수준을 전문가 관점에서 제시
- ‘예측기술명 실현시기’는, 해당 예측기술명이 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점을 가리키며, 해당과제의 실용화 시기를 설정하는데 활용

- '예측기술명 실현시기'에 대한 세계 시기와 국내 시기와의 격차는 기술수준에 대한 격차로 해석할 수 있으며, 이는 해당과제에 대한 추진전략 설정에 활용

● '기술획득방식'은 해당 예측기술명의 기술개발을 위한 적합한 연구 주체를 조사함

- 예측기술명에 대해 아래의 4개의 조사 항목 중 적합한 연구 주체를 선택함

〈 기술획득방식 조사항목 〉

조사항목		내용
자체개발	민간주도	기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 적합
	정부주도	기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 적합
	정부민간주도	정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직
기술도입 및 공동연구		국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감

● '정부개입 필요성'은 해당 예측기술명의 개발과 경쟁력 확보를 위해 정부가 개입할 필요성 정도를 조사함

- "정부개입 필요성"은 5점 척도(매우높음 : 5점, 높음 : 4점, 보통 : 3점, 낮음 : 2점, 매우낮음 : 1점)로 조사함

(5) 예측기술명 작성

● 예측기술명은 국내·외 동향조사 및 수요조사 결과를 바탕으로 IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템 개발에 필요한 대상기술을 선정함

〈중점분야별 예측기술명〉

No.	중점분야	예측기술명
1	IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	○ IoT 센서를 이용한 콘크리트 구성재료 품질평가 및 의사결정 지원기술을 개발한다.
2		○ 유무선 센서를 부착한 고정/이동식 배치 플랜트의 생산 및 품질관리 자동화 기술을 개발한다.
3		○ IoT 기반 원자재 및 제품 품질관리 DB구축 및 빅데이터를 활용한 관리 모델을 개발한다.
4		○ 굳지않은 콘크리트 특성치 점검하여 슬립폼 페이버와 배치플랜트에 피드백 절차를 개발한다.

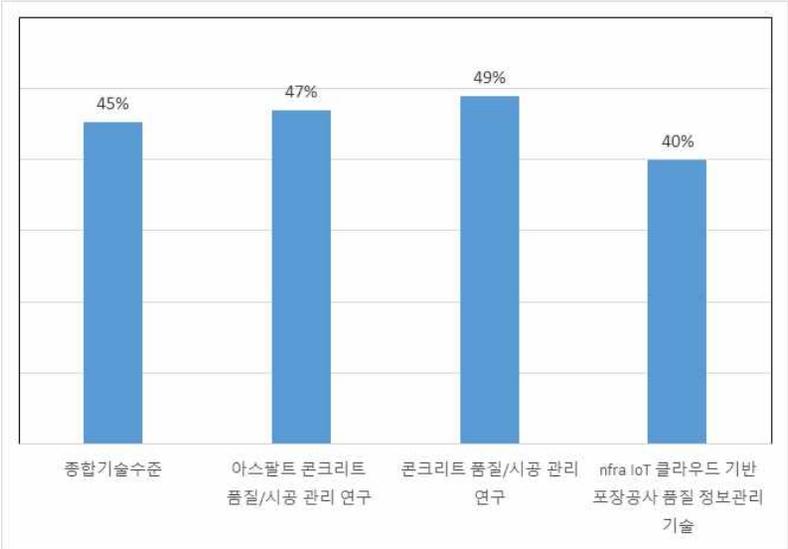
No.	중점분야	예측기술명
5	IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	○ 압력법에 의한 공기 총량 및 기포간격계수(SF) 연계 혼합물 공기량 품질 관리 기술을 개발한다.
6		○ 블리딩 발생량 실시간 모니터링 기술을 개발한다.
7		○ IoT 센서를 이용한 골재의 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측기술을 개발한다.
8		○ 평탄성 실시간 모니터링 기술을 개발한다.
9		○ 페이버 포설 속도와 장기공용성(평탄성 및 내구성)간의 상관관계 평가를 통한 최적 포설 운영 기술을 개발한다.
10		○ 페이버 다짐 속도와 연행공기량 손실간의 상관관계 측정을 통한 최적 포설 feedback 기술을 개발한다.
11		○ 콘크리트 포장 시공 품질관리를 위한 IoT기반 환경 모니터링 및 실시간 현장 대응 시스템을 개발한다.
12		○ 포장용 콘크리트의 초기 양생과정 모니터링 시스템 구축 한다.
13		○ 지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술을 개발한다.
14		○ 현장 기상 모니터링 기반의 줄눈 절삭시기 결정기술을 개발한다.
15		○ 압전소자를 이용한 줄눈 콘크리트 포장의 줄눈생성 최적 시점 평가기술을 개발한다.
16		○ 신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템을 개발한다.
17	아스팔트 품질/시공 관리 연구	○ 아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템을 개발한다.
18		○ 아스팔트 혼합물 배합설계 자동화를 위한 품질시험실 운영 시스템을 개발한다.
19		○ 아스팔트 혼합물 생산 품질 확보를 위한 DB 시스템 및 현장 연동 통신체계를 개발한다.
20		○ 아스팔트 플랜트 원자재 투입 시설 자동화 모니터링 계측 장치 및 운영 시스템을 개발한다.
21		○ 아스팔트 플랜트 생산 시설 자동화 계측 장치 및 지능형 품질관리 시스템을 개발한다.
22		○ 아스팔트 플랜트 자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템 을 개발한다.
23		○ 아스팔트 혼합물의 재료분리 최소화를 위한 IoT 기반 현장 수송 관리 시스템을 개발한다.
24		○ IoT 기반 아스팔트 페이버 자동화 계측 센서 및 지능형 포설 관리 시스템을 개발한다.
25		○ 아스팔트 페이버 운행 통제 보드 시스템 및 자동 자료 전송 체계를 개발한다.
26		○ 다짐 롤러 운행 자동화 계측 센서 및 지능형 다짐 관리 시스템을 개발한다.
27		○ IoT 기반 다짐 롤러 운행 시스템 및 자동 자료 전송 체계를 개발한다.
28		○ 아스팔트 포장의 공용성 기반 지능형 통합 품질관리 시스템 및 시공 자료 공유 시스템을 개발한다.

No.	중점분야	예측기술명
29		○ IoT 기반 인텔리전트 아스팔트 포장 시공 품질관리 기준 및 운영 매뉴얼을 개발한다.
30	Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	○ 포장품질관리용 IoT센서 데이터 교환을 위한 Infra IoT 통신 프로토콜을 개발한다.
31		○ 포장품질관리용 IoT센서 데이터 무결성 확보를 위한 Infra IoT 진단 기술을 개발한다.
32		○ 포장품질관리용 IoT센서 데이터 마이닝을 위한 Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술을 개발한다.
33		○ 포장품질관리용 IoT 대용량 데이터 관리와 공유를 위한 Infra IoT 클라우드 관리 기술을 개발한다.
34		○ 포장품질관리 서비스 개발 지원을 위한 Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 기술을 개발한다.
35		○ 서비스 간 연계 확장을 위한 Infra IoT 서비스 연계를 개발한다.
36		○ 포장품질관리의 기반 데이터인 공간정보취득/생성을 위한 도로포장공사 현장 공간정보 스캔(예 : 드론, 스캐너, GPS 등)과 GIS 변환 기술을 개발한다.
37		○ 포장품질관리에 필요한 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축 한다.
38		○ 포장품질관리에 필요한 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술을 개발한다.
39		○ 포장품질관리에 필요한 공간정보-IoT 연계 기술을 개발한다.
40		○ 포장품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 기술을 개발한다.
41		○ 포장품질관리용 클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술을 개발한다.
42		○ 모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술을 개발한다.
43		○ Infra IoT 플랫폼 기반 대용량 도로포장 품질 자료의 효율적 DB 저장 기술을 개발한다.
44		○ 원격 관리 등 도로포장 품질관리 서비스 활용지원 기술을 개발한다.
45		○ Infra IoT 가시화 플랫폼 기반 도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질 자료관리 체계 연동 기술을 개발한다.
46		○ 도로포장 품질관리 결과의 유지관리정보 연동 기술을 개발한다.
47		○ 포장 장비의 센서로부터 수집되는 빅데이터를 분석하여 신뢰성 있는 장비의 운영현황을 분석하고, 하자원인을 규명할 수 있는 데이터베이스 구조 설계 및 분석 체계를 개발한다.
48		○ 도로공사 포장 품질확보를 위한 린 개념 기반 표준공정관리 모델을 개발한다.
49		○ 포장공종 품질확보를 위한 공정관리 측면에서의 리스크 예측모델을 개발한다.
50		○ 모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 공정관리 모듈을 개발한다.
51		○ IoT 기반 도로포장의 시공 단계를 위한 품질관리 모델 및 절차서를 개발한다.
52		○ IoT 기반 도로포장 품질 데이터의 유지관리 연계활용 기술을 개발한다.
53		○ 모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 품질관리 모듈을 개발한다.

나. 기술예측조사 결과

(1) 기술수준 분석

- IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템 관련 기술수준은 최고기술보유국 대비 57% 수준인 것으로 나타났음
- 중점분야별 기술수준을 조사했을 경우, 아스팔트 콘크리트 품질/시공 관리 연구 (55%), 콘크리트 품질/시공 관리 연구 (58%), Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 (61%) 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남
- 이와 같은 기술수준 분석결과를 볼 때 도로포장의 품질관리 기술 및 시스템 등은 최선도국 대비 수준이 낮은 것으로 분석되어 기술개발이 시급함



〈IoT 기반 도로포장 건설관리 중점분야별 기술수준 분석〉

(2) 기술의 실현시기

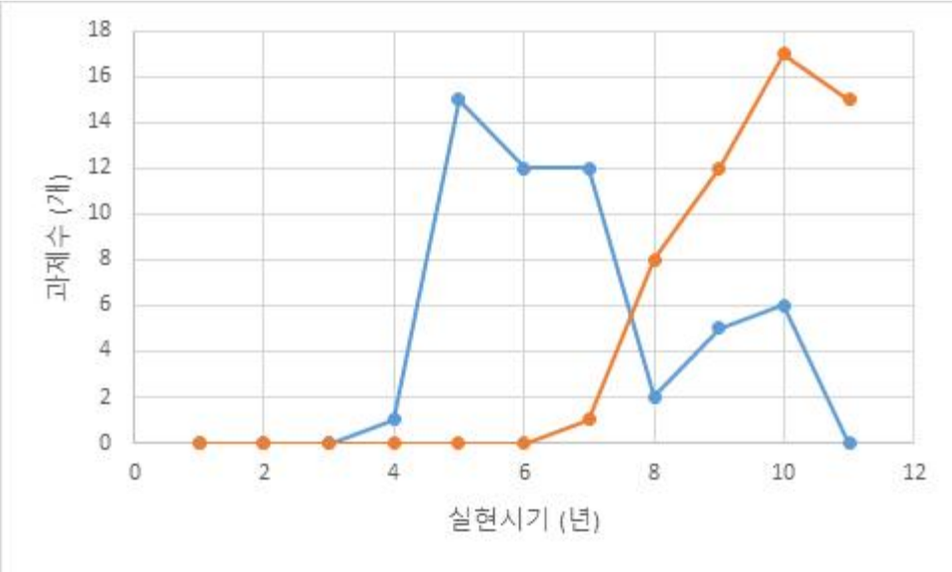
- 예측기술의 세계 실현의 경우 전체 25개 기술 중 앞으로 4년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 15개 (28%)로 가장 많았음
  - 전반적으로 세계 실현시기는 앞으로 3년에서 6년 사이에 대다수 과제의 기술적 실현이 가능할 것으로 나타남
  - ‘아스팔트 포장 지능형 다짐도 관리 시스템’ 및 ‘유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술’ 등의 기술적 난이도가 높아 세계적으로도 기술실현시기가 약 6년 이상 소요될 것으로 예상됨
- 예측기술의 국내 실현의 경우 전체 53개 기술 중 앞으로 9년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 17개 (32%)로 가장 많았음

- 국내 실현시기는 앞으로 7년에서 10년 이후에 실현될 것이라는 기술이 52개 (99%)로 대부분을 차지하고 있어 연구개발의 필요성이 증대되고 있음

- 세계기술 실현시기와 유사하게 'IoT를 활용한 아스팔트/콘크리트 품질관리' 및 'Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술' 등의 기술적 난이도가 높아 국내 기술실현시기가 약 10년 이상으로 조사됨

〈예측기술 실현시기 분포결과〉

실현시기 (몇년후)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10≤	합계
세계	과제 수	0	0	0	1	15	12	12	2	5	6	0	53
	비중 (%)	0	0	0	2	28	23	23	4	9	11	0	100
국내	과제 수	0	0	0	0	0	0	1	8	12	17	15	53
	비중 (%)	0	0	0	0	0	0	2	15	23	32	28	100



〈예측기술의 세계/국내 기술적 실현시기 분포〉

(3) 실현시기 격차

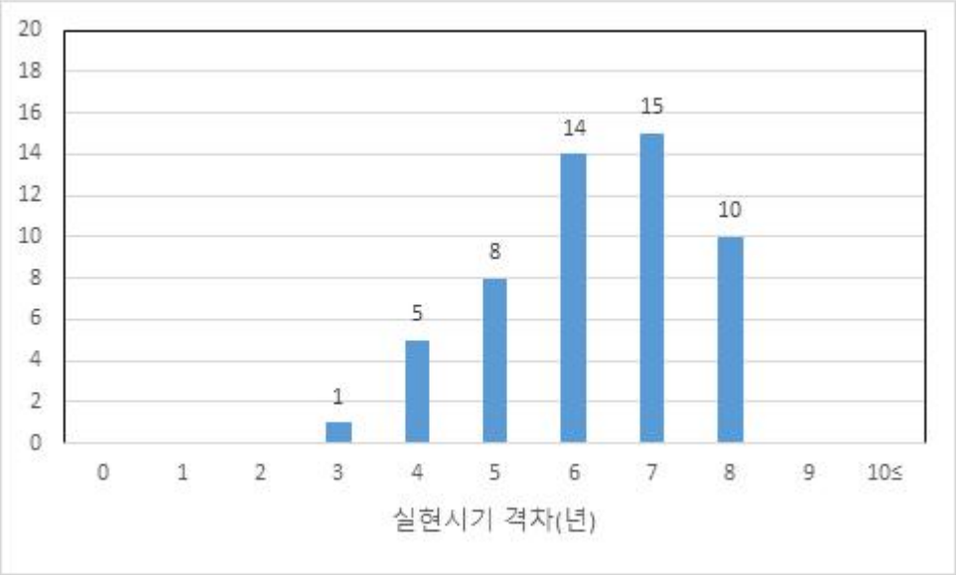
- 예측기술의 실현시기에 있어 국내와 세계의 실현시기 격차는 전체 53개 기술 중 7년 이상 격자를 보이는 기술이 15개 (28%)로 가장 많으며, 다음으로 6년 (26%), 8년 (19%) 순으로 나타남

- 국내·외 실현시기 격차가 가장 큰 분야는 'IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구(8년), 다음으로는 '아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발(7년)', 'Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술(6년)' 등으로 조사됨

- 국내외 실현시기 격차가 가장 작은 분야(3년)는 '콘크리트 포장 상부 아스팔트 덧씌우기 시공 시 필요한 시공관리(온도 및 다짐관리) 기술'로 조사됨

〈예측기술 실현시기 국내외 격차〉

기술격차		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10≤	합계
실현시기	과제 수	0	0	0	1	5	8	14	15	10	0	0	53
	비중 (%)	0	0	0	2	9	15	26	28	19	0	0	100



〈국내와 세계와의 실현시기 격차 분포〉

(4) 정부개입의 필요성

- 정부개입의 필요성을 5점 척도로 측정한 결과 평균이 3.99 수준으로 예측기술 전반에 걸쳐 정부개입의 필요성이 높은 것으로 나타났으며, ' IoT 센서를 이용한 골재의 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측기술', ' 아스팔트 플랜트 자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템 을 개발', '도로포장 품질관리 결과의 유지관리정보 연동 기술을 개발' 분야가 4.6으로 정부개입의 필요성이 가장 높은 것으로 조사됨

- 대부분은 전체 평균에 가까운 정부개입 필요성을 보였으나, 키워드 중 '신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템을 개발', '굳지않은 콘크리트 특성치 점검하여 슬립폼 페이버와 배치플랜트에 피드백 절차를 개발' 등의 분야에 대한 정부개입 필요성은 상대적으로 낮은 것으로 나타남

(5) 기술획득 방식

- 예측기술에 대한 기술획득 방식은 종합적으로 정부/민간 공동이 43.6%로 가장 많았으며 정부주도가 42.7%의 비중으로 분석됨

  - 중점분야의 경우 '아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발' 분야는 정부가 주도하여 기술개발을 해야 된다는 의견이 가장 높았으며 'IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구' 및 'Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술'는 정부/민간 공동 주도로 기술 개발해야 된다는 의견이 높았음

  - 국가 기반산업인 도로영역의 특징으로 인해 '민간주도' 및 '기술도입/국제협력'을 통한 기술획득 비중은 낮은 것으로 분석됨

〈예측기술에 대한 기술획득 방식 〉

구분	기술획득 방식 (%)				합계 (%)
	민간주도	정부주도	정부/민간 공동	기술도입 및 국제협력	
전체	7.8	42.7	43.6	5.9	100
IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	2.3	27.6	15.2	2.9	48.0
IoT를 활용한 아스팔트 품질/시공 관리 연구	4.8	9.1	20.0	2.1	36.0
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	0.6	6.1	8.4	0.8	16.0

3. 소결

가. 기술수요조사

- IoT기반 도로포장 품질관리 시스템 개발을 위한 후보과제 발굴을 위해 시멘트 콘크리트 품질관리 분야, 아스팔트 콘크리트 품질관리 분야, IoT 클라우드 기반 정보 관리 기술 개발 분야 등 다양한 분야의 전문가들을 대상으로 기술수요조사를 수행하였음
- 시멘트 콘크리트 품질관리 분야에는 16건, 아스팔트 콘크리트 품질관리 분야에 대해서는 13건, IoT 클라우드 기반 정보 관리 기술 개발 분야에 대해서 24건의 다양한 기술에 대한 수요가 집계되었음
- 시멘트 콘크리트 품질관리 분야에서는 구성재료 품질 평가 및 의사 결정 지원 기술개발, 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측 기술, 지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술 분양 등의 다양한 기술이 제시되었음
- 아스팔트 콘크리트 품질관리 분야에서는 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발, 현장 연동 통신체계를 이용한 품질관리 시스템 개발, 지능형 다짐관리 시스템 개발 등의 다양한 기술이 제시되었음
- IoT 클라우드 기반 정보 관리 기술 개발 분야에서는 Infra IoT 통신 프로토콜 개발, 빅데이터 처리/분석 기술 개발, IoT 연개 기술 개발 등의 기술이 제시되었음

나. 기술예측조사

- 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 본 기획의 기술개발 추진전략을 수립하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 기술예측조사를 실시함
- IoT기반 도로 포장 품질관리 관련 기술수준은 최고기술보유국 대비 45% 수준인 것으로 나타났음
- 예측기술의 세계 실현의 경우 전체 25개 기술 중 앞으로 4년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 15개 (28%)로 가장 많았으며, 국내 실현의 경우 앞으로 9년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 17개 (32%)로 가장 많았음
- 정부개입의 필요성을 5점 척도로 측정한 결과 평균이 3.99 수준으로 예측기술 전반에 걸쳐 정부개입의 필요성이 높은 것으로 나타났으며, 예측기술에 대한 기술획득 방식은 종합적으로 정부/민간 공동 43.6%, 정부주도 42.7% 로 순으로 나타남

5절 기술개발 추진방향 정립

1. SWOT 분석

- 국내외 동향 및 환경분석 결과를 바탕으로 연구개발과제의 구성 및 추진전략을 도출하기 위한 사전 분석으로 SWOT 분석 실시
- 정책, 시장, 기술의 내외부 환경분석 결과를 바탕으로 SWOT 분석을 수행하고, 이를 연구개발 당위성, 시급성 등과 결부시켜 연구개발 추진 전략을 수립하는데 기본 자료로 활용하고자 함
- 환경 분석으로 외부의 기회 및 위협요인을 분석하고 내부의 강점 및 약점 요인을 분석하여 핵심/세부기술을 도출하는데 참고자료로 사용할 예정임

〈SWOT분석 〉

	강점(S)	약점 (W)
내부 환경 분석	ㅇ 도로포장 관련 국내 역량 있는 연구인력 확보 ㅇ 도로포장 관련 국내 최고 수준의 기술력 확보 ㅇ 국토부 간선도로 정책 측면에서 품질관리 강화에 대한 의지가 강함 ㅇ 도로포장 조기파손에 따른 품질관리 강화에 대한 필요성을 모든 관계자들이 인식하고 있음 ㅇ 도로포장 연구를 위한 국내 최고 수준의 인프라 확보	ㅇ 도로포장 조기파손 꾸준히 발생, 유지보수 연장 지속적 증가 ㅇ 도로포장 조기파손에 대한 원인 불분명 ㅇ IoT 기반 데이터를 통합 관리할 수 있는 시스템 부재 ㅇ 새로운 제도 도입 시 도로건설 기술자들에게 줄 수 있는 인센티브 제도 부재 ㅇ 관련 유관기관 간의 상호 협조 부족
	기회 (O)	위험 (T)
외부 환경 분석	ㅇ 미래도로 구현을 위해 도로포장 파손을 최소화할 수 있는 도로건설 기술 요구 증대 ㅇ 건설현장의 노동집약성을 극복하고, IoT 융복합 기술을 활용한 자동관리시스템 필요성 부각 ㅇ 도로포장 시공품질관리 정책 패러다임 전환에 따른 품질관리 시장의 지속적 성장 예상 ㅇ 기술개발을 통한 국내 IoT 융복합 기술 산업 육성 가능	ㅇ 도로 건설 기술자의 IoT 기술 이해 부족 ㅇ IoT 기반 품질관리시스템 도입 시 기존 감독체제 수정 불가피 ㅇ 도로포장 시공 전문업체의 기술력 부족 및 영세성 ㅇ IoT 기반 품질관리시스템 도입 시 도로건설 공사비 증가 예상 ㅇ 공사계약제도 한계로 새로운 제도/기술 도입에 장애 발생 ㅇ 수십년간 쌓여온 도로 건설 현장의 관행에 의해 새로운 제도 도입 시 마찰 우려

- 각 포지션별 전략 수립을 위해 SO/WO/ST/WT 전략을 다음과 같이 수립함

〈SO/WO/ST/WT 분석〉

SO 전략	ㅇ 플랜트 품질관리 센서모듈 개발 ㅇ 도로포장 시공장비 센서모듈 개발 ㅇ 혼합물 특성 예측 센서모듈 개발 ㅇ 클라이드/모바일 기반 시스템 설계	WO 전략	ㅇ IoT 기반 도로포장 자동품질관리 시스템 개발 ㅇ 빅데이터 기반 지능형 관리 기법 개발 ㅇ 도로포장 생산 및 시공 적정성 판단 알고리즘 개발
ST 전략	ㅇ IoT 기반 자동품질관리시스템 도입에 따른 공사관리 투명화 유도, 공용수명 증진 ㅇ IoT 융복합 기술 도입을 통한 도로포장 기술력 향상	WT 전략	ㅇ 현장기술자 교육용 상세 매뉴얼 및 교육 프로그램 개발 ㅇ IoT 기반 품질관리시스템 도입을 위한 국가 제도 개선안 제시 ㅇ 테스트 베드 운영을 통해 과업기간 내 개발 기술 실용화

2. Issue Tree 분석

- 기술개발 추진방향을 정립하기 위해 다음과 같이 STEEP 분석법에 의해 사회적, 기술적, 경제적, 환경적, 정책적 측면의 도로포장 품질관리 관련 환경조사 및 동향분석을 우선 수행함
- 각 분야별 환경 및 동향 핵심 이슈를 크게 2개의 이슈 트리(issue tree)로 재분류를 하였으며, 핵심 이슈를 해결하기 위한 14개의 연구개발 테마를 도출 함

환경조사 및 동향 분석		Issue Tree	R&D Needs
사회 Social	도로관리 연장 증가, 노후화 도로 연장 증가	IoT 기반 도로포장 품질관리기술 개발 필요	(생산관리) 지능형 원자재 품질관리 기술 개발 필요
	도로포장 파손에 따른 안전성, 주행성 악화, 교통사고 위험 증대		(생산관리) 플랜트 혼합물 생산품질관리 기술 개발 필요
기술 Trchnological	도로포장 조기파손 사례 급증, 품질관리 미흡이 주요 원인		(시공관리) 페이버 자동관리 계측 기술 개발 필요
	포트홀, 스폴링 파손 급증에 따른 도로수명 단축		(시공관리) 아스팔트 다짐롤러 자동관리 계측 기술 개발 필요
	도로 노선 현황 및 시공관리정보 DB 부재		(시공관리) 콘크리트 양생 자동관리 계측 기술 개발 필요
	QA 신뢰도 낮음, 하자원인규명을 위한 객관적 시스템 부재		(생산/시공관리) 혼합물 물성 평가 계측 기술 개발 필요
경제 Economic	포장 노후화에 따른 지난 14년간 유지보수 비용 3.8배 증가	IoT 기반 도로포장 품질관리시스템 개발 필요	GIS 기반 도로건설 공사정보관리 필요
	'14년 고속국도 포장 유지보수 규모 1300억 규모		원자재 품질시험 데이터 관리 기능 필요
	도로포장 조기파손으로 한 해 평균 약 142억원 투입		혼합물 배합설계 자료 관리 기능 필요
환경 Environmental	이상기후로 인한 제설제 과다사용 및 도로포장 파손 급증		도로포장 생산 및 시공 적정성 판단 알고리즘 개발 필요
	콘크리트 재료 품질저하로 콘크리트 포장 내구성 결함 발생		도로포장 시공품질 데이터 관리 기능 필요
정책 Politic	4차산업혁명 실현을 위한 국가기술위원회 설립 및 연구지원 강화		클라우드/모바일 기반 품질관리 모니터링 시스템 필요
	건설 자동화, 빅데이터 등 융복합기술이 중점추진과제로 채택		빅데이터 기반 지능형 도로포장 품질관리 기법 필요
	설계-시공-유지관리 연동 Smart Construction System 필요		도로건설정보-유지보수정보 통합 DB 필요

3. 연구개발 추진 방향 정립

- 효율적 도로관리를 위해, 도로 시공단계에서 투명한 관리시스템 필요
- 도로포장 품질관리 미흡이 조기파손의 주요한 원인이며, 이를 극복하기 위한 투명한 관리기술 필요
- 도로관리 연장 증가, 노후도로 증가에 따른 도로유지보수비용 급증예상, 이를 해결하기 위해 도로포장 공용수명을 증진시킬 수 있는 도로시공관리기술 필요
- 도로 노선 현황 및 시공관리정보 DB 부재, 도로포장 조기파손 발생 시 시공정보 확인 불가능, 이에 도로 기본정보 및 현황관리 정보 기술 필요
- 현재 QA의 신뢰도가 낮으며, 하자발생 시 원인규명에 대한 객관적 시스템 부재, 이에 시공 전반에 대한 정보 관리가 필요
- 도로의 효율적 관리를 위해 설계-시공-유지관리 시스템의 통합 필요
- 융복합 기술 활용 건설 자동화 구현을 위한 요소 기술 개발 필요

3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

가. 비전

- 4차 산업혁명 기술을 활용한 도로 포장 시공의 스마트화

나. 목표

- 총괄 목표 : **도로 포장 기술 수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발**
- 세부 목표
  - 1세부 : IoT 기반 콘크리트 포장의 생산·시공·초기거동 품질관리 투명화·체계화·표준화 기술 개발을 통한 공용수명 20% 향상
  - 2세부 : IoT 기반 센서의 융합 기술을 적용한 아스팔트 포장의 생산 플랜트 및 시공 장비를 활용하여 아스팔트 포장의 공용 수명을 20% 연장하고 현장별로 일관성 있는 시공 품질관리 수준 확보
  - 3세부 : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 구축

비 전 : 4차 산업혁명 기술을 활용한 도로 포장 시공의 스마트화
총괄 목표 : 도로 포장 기술 수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발

• 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공 품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발 • 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발	• 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발 • IoT 기반 및 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발 • 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발	• 도로포장공사 IoT/ 가시화 플랫폼과 연계 기술 • 도로포장공사 공간정보 구축 기술 • 도로포장품질관리 서비스 기술 • 단위 Project 및 발주 기관별 시스템 구축

2. 설정근거

가. 비전 설정 근거

- 본 연구의 비전은 **"4차산업 혁명기술을 활용한 도로 포장시공의 스마트화"** 로, 전세계적으로 잇슈가 되고 있는 4차산업 혁명 기술의 접목을 통해 국내 도로 포장 기술의 발전 및 도로 산업의 해외 진출 활성화를 유도하기 위함. 본 비전은 문재인 정부 **국정 운영 5개년 계획**의 더불어 잘사는 경제 항목 중 전략4에 해당되는 "**과학기술발전이 선도하는 4차산업혁명**"과 **국토교통부의 제6차 건설기술진흥기본계획의 "Smart Constrcuction 2025"** 그리고 국토교통과학기술 연구 개발 종합계획의 **전략 1 "4차산업혁명 대응 혁신 성장동력 육성"**과 그 맥을 같이함

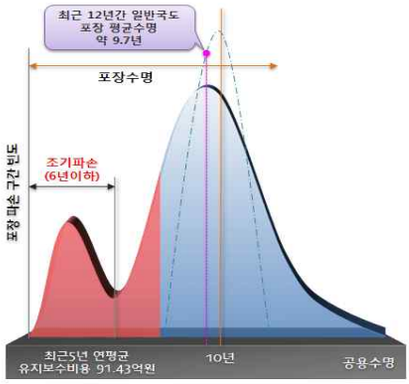
나. 목표 설정 근거

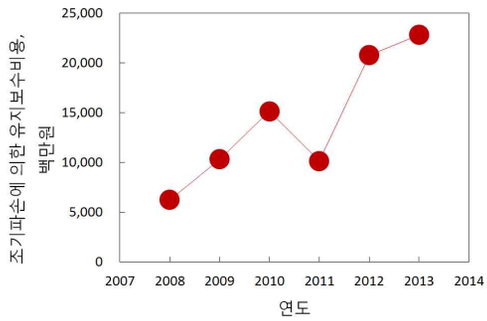
- **1세부**

  - 시멘트 콘크리트 포장의 품질 혁신을 위해 스마트 센서를 이용한 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 기록하고 현장에서 확인하며 또한 이를 관리시스템에서 **데이터베이스(DB)화** 하여, **품질관리를 투명화, 체계화 및 표준화** 할 수 있는 도로포장 관리 시스템 개발을 위한 세부목표로 **IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20 % 향상**을 목표로 설정함
  - 콘크리트 포장 재료(시멘트, 골재, 혼화제, 혼화재 등), 콘크리트 혼합물(컨시스턴시, 공기량, 슬럼프, 강도 등), 시공(페이버 속도, 진동수 등), 초기거동(온도, 습도 등) 관련 주요 품질관리 인자에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15 % 저감시키기 위하여 IoT 기반 생산·시공·초기거동의 품질관리를 투명화·체계회·표준화하며, 시범사업(현장적용, 교육, 홍보 등)으로 현장이해도 증진 및 확대적용을 통하여 품질관리 신뢰도를 향상시키는 것을 의미하고 이를 통해 궁극적으로 콘크리트 포장의 공용수명을 기존대비 20 % 향상시키겠다는 의미임

● **2세부**

- IoT 기반 센서의 융합 기술을 적용한 아스팔트 포장의 생산 플랜트 및 시공 장비를 활용하여 신설 및 유지보수 후 **아스팔트 포장의 조기 파손을 방지**하고 **10년의 설계 수명 대비 20% 연장**하는 것을 개념적 목표로 설정함





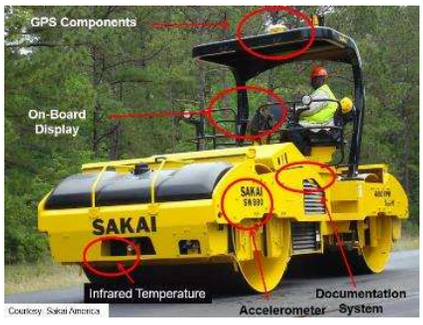
- 국토교통부의 PMS 데이터베이스 분석 결과에 따르면 아스팔트 포장의 설계 수명은 10년으로 규정하고 있으나, 포장의 시공 중 품질관리 문제 등으로 인한 6년 이하의 조기파손으로 매년 많은 예산이 투입되고 있음

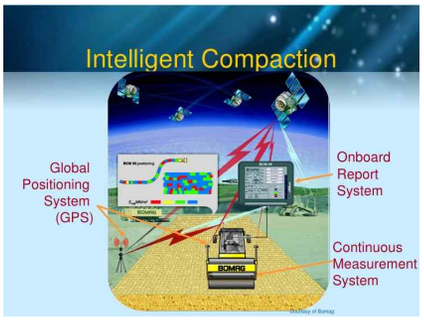
- 이러한 조기 파손의 주요 원인으로는 아스팔트 플랜트 생산 시설의 품질 변동성과 시공 현장의 공정별 투입 인력 및 장비의 노후화에 따른 품질관리 일관성 부족 등이 제기되고 있음

- 특히 아스팔트 포장의 주요한 현장 품질관리 항목인 현장 다짐도를 중위값인 공극률 6% 기준밀도 대비 98%에서 오차범위 1% 내외로 시공 품질을 확보함으로 조기 파손 억제뿐만아니라 공용수명 20% 연장이 가능함

- 개발 기술의 목표치인 조기 파손 방지 및 20% 수명 연장에 대한 검증 방안으로는 연구 성과를 **다수의 현장에 시험 적용**하여 생산 및 시공 과정의 품질 검사 및 실증 실험 등을 통해 품질의 신뢰성을 향상 시키고, **일관성 있는 품질관리 시행 여부**와 **현장 채취 시료에 대한 실내 공용성 실험 결과의 분석**을 통해 확인 하는 방법을 제안함

- 이와 더불어 개발 목표인 현장에서 IoT 센서 등을 통해 획득한 다양한 품질관리 연계 자료의 현장 활용성을 대해서는 시범 사업을 통해 실무 기술자의 의견 및 사용 장비의 생산성 등을 분석하는 방법을 제안하고 현장 이해도 향상을 위한 방안을 마련하고 홍보 및 교육 등을 통한 인식 확산을 시행함





● 3세부

- 인프라 IoT 클라우드 플랫폼 기반 **도로 포장 공사 품질관리를 위한 정보기술 개발**과 이를 활용한 **품질관리 체계의 신뢰성, 효율성 개선**. 기존 시스템 및 서비스 간 **상호운영성 확보**로 **상호연결된 서비스 확장성** 지원

〈연구 목표 기준 항목〉

항목	기준
인프라 IoT 통신 프로토콜	데이터 교환 시 손실율
인프라 IoT 진단 기술	장치 진단 기능 유무
인프라 IoT 클라우드 API	인프라 IoT 장치 생성/연결/검색/데이터교환/보안 API 유무
공간정보-IoT 연계	연계 방안 유무
클라우드 기반 도로포장 품질자료 관리 기술	시공현장별 생산 및 시공 단계별 품질자료 실시간 저장 및 활용 시스템 개발
모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술	시공현장별 생산 및 시공 품질관리 자료의 실시간 전송 및 모바일 기기를 통한 품질 적합성 확인
IoT 기반 대용량 도로포장 품질 측정 데이터 저장 기술	생산 및 시공 장비에서 취득되는 IoT기반 품질 측정 대용량 센싱 정보의 저장 및 활용
도로포장 시공현장 공간정보와 시공 및 품질 자료 연동 기술	시공현장의 공간정보 위에 품질자료를 표출하여 품질 결과를 시각적으로 확인 여부
도로포장 품질 결과의 유지관리 단계 연계·활용 기술	재료 품질, 시공 품질 결과를 도로포장 유지관리 단계로 연계할 수 있는 표준 양식 생성

- 도로 포장 건설 현장을 고려한 효율적인 IoT 클라우드 플랫폼 활용을 위한 **인프라 IoT 프로토콜 개발, IoT 장치 진단 기술, IoT에서 획득한 빅데이터를 처리 및 분석하는 기술, API(Application Program Interface)** 통한 서비스 연계 기술 제안

- 도로 포장 공사 현장의 품질관리를 위한 핵심 데이터 중 하나인 공간정보를 활용하기 위한 스캔 기술, GIS 데이터 맵핑 기술, 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계, 공간정보-IoT 연계 기술 제안

〈기존 방식 비교〉

항목	기존 개발 사례	문제점
인프라 IoT 통신 프로토콜	경량화된 IoT 프로토콜인 MQTT 등 활용	포장품질 관리 등 인프라에 특화된 서비스 제공 어려움
인프라 IoT 진단 기술	인프라 IoT 장치 진단 기술 없음	포장품질관리용 IoT 장치 이상 시 데이터 누락, 에러 등 무결성 문제 발생 가능
인프라 IoT 클라우드 API	국내 관련 기술 개발 없음. 해외 선진 기업에서 클라우드 플랫폼 개발 및 상용화 사례 있음(예. InfraKit 사 등)	포장품질관리용 타시스템과 연계된 서비스 개발 난이. 차후 필요한 서비스 개발 시 시스템 재개발로 인한 비용 낭비
공간정보-IoT 연계	표준화된 공간정보-IoT 연계 기술 개발 사례 없음	공간정보와 IoT연계를 통한 위치기반 서비스 개발 난이
클라우드 기반 도로포장 품질자료 관리 기술	클라이언트/서버 기반 어플리케이션 개발 사례 있음	전국 도로포장 시공현장에 동일한 품질기준 적용에 대한 제도화 필요
모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술	도로포장 시공현장의 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 기술 국내 개발 사례 없음.	도로포장 품질 기준의 판단 지점 결정 필요
IoT 기반 대용량 도로포장 품질 측정 데이터 저장 기술	도로포장 분야의 IoT 기반 대용량 센싱 정보 저장 기술 개발 사례 없음	여러 시공 현장의 다채널, 대용량 IoT 센싱 정보의 취득 채널 확보
도로포장 시공현장 공간정보와 시공 및 품질 자료 연동 기술	국내 관련 기술 개발 없음. 해외 선진기업에서 시공현황의 공간정보 표출 사용 사례 있음	시공현장의 공간 기반 정보 취득 방법 필요
도로포장 품질 결과의 유지관리 단계 연계·활용 기술	시공현장의 품질관리 결과의 도로포장 유지관리 단계 연계·활용 사례 없음	다양한 형태(XML, Excel 등)의 연계 자료 형식 결정 필요

- 인프라 IoT 진단기술, 인프라 IoT 클라우드 API, 표준화된 공간정보-IoT 연계 기술, 모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술, IoT 기반 대용량 품질 측정 데이터 저장 기술, 도로포장 시공현장 공간정보와 시공 및 품질 자료 연동 기술, 도로포장 품질 결과의 유지관리 단계 연계·활용 기술 등 3세부의 연구목표 대부분이 국내 개발 사례 없음(InfraKit 등 해외 상용화 사례 있음. 국내 활용 실적은 없으며, 클라우스 서비스 기반 과금체계로 프로젝트 규모에 따라 다름)

- IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템의 조기 구축을 통해 IoT 클라우드 기반 도로포장 품질관리 체계 운용의 주도적 위치를 확보하고 도로포장 품질 성능 확보의 초석을 마련

3. 단계별 목표

- 1단계, 기술개발단계 (2019~2020년)

  - 1세부 : 콘크리트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 및 포장현장 시공 품질관리 기술개발
  - 2세부 : 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리를 위한 핵심 기술인 IoT 센서 융합 체계 및 활용 기술 개발
  - 3세부 : 인프라 IoT 클라우드 기반 도로포장 품질 정보관리 프레임웍 및 시범 시스템 개발 및 홍보

- 2단계, 기술실용화단계 (2021~2022년)

  - 1세부 : IoT 기반 콘크리트포장 통합품질관리 시스템 시범사업 운영 및 평가
  - 2세부 : 아스팔트 포장의 생산 및 시공 공정별 IoT 기반 지능형 현장 시공 품질관리 기술 요소 개발 및 시험 적용을 통한 실용화 검증
  - 3세부 : 인프라 IoT 클라우드 기반 도로포장 품질 정보관리 기술 현장 적용(교육, 시범운영, 요구사항 수집 등) 및 개선

- 3단계, 기술확대단계 (2023년)

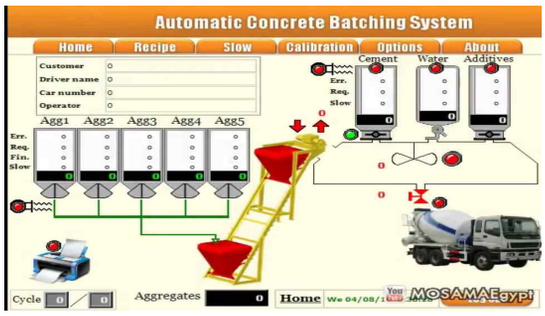
  - 1세부 : 클라우드 기반 콘크리트 포장 통합 품질관리 시스템 Feedback을 통한 실용화 검증 및 확대 보급
  - 2세부 : 현장 시범사업 확대 및 개발 성과의 실용화 완료
  - 3세부 : 인프라 IoT 클라우드 기반 도로포장 품질 정보관리 시스템 국내외 확산

2절 기술개발에 따른 미래상

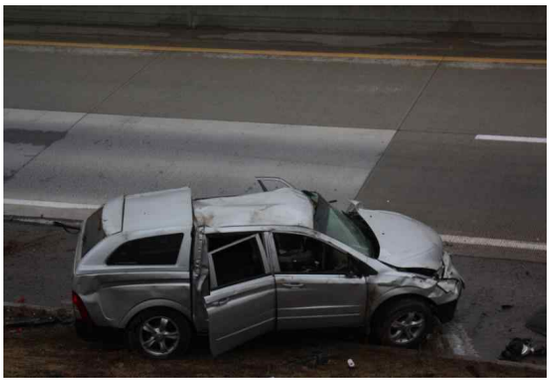
1. 현황 및 미래상

- 향후 기술개발에 따라 구현될 본 과제에 따른 미래의 이미지를 기술성능 관점에서 현재(As-Is)와 미래 (To-Be)로 구분하여 제시함

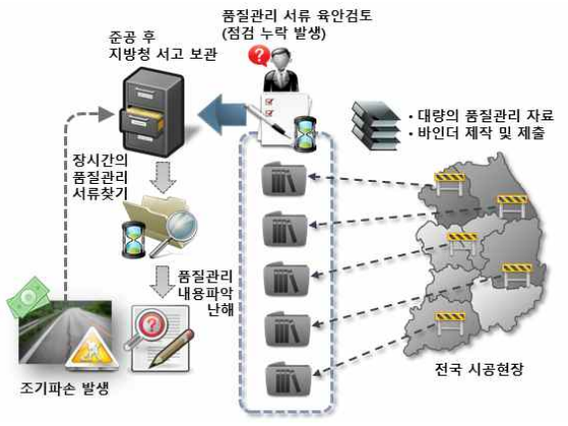
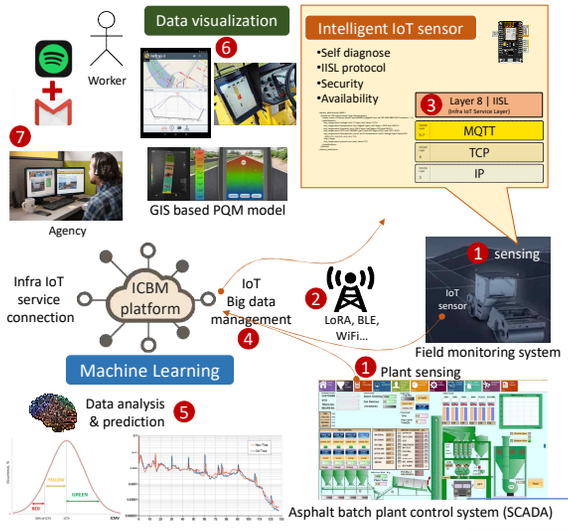
가. 1세부 : 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

AS-IS	TO-BE
	
시멘트 콘크리트 포장의 생산, 운반, 시공 단계별 품질관리 신뢰성 저하에 따른 조기파손 발생	IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20% 향상
• 콘크리트 혼합물 생산과정에서 계량 및 배합 신뢰도 점검 필요 • 콘크리트 포장 현장 재료 및 시공공정 품질관리 투명화 및 체계화 미비 • 경험에 근거한 콘크리트 포장 초기거동 분석 및 줄눈 시공 수행	• **[투명화]** IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산 품질관리 투명화 기술 • **[체계화]** IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 체계화 기술 • **[표준화]** IoT 기반 콘크리트 포장 초기거동 품질관리 표준화 기술

나. 2세부 : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술

AS-IS	TO-BE
	
시공 품질 변동성으로 조기 파손 증가/포트홀 등으로 교통사고 유발 /유지보수비 증가/주행환경 악화	조기 파손 억제에 따른 유지보수비 절감/설계 수명 확보 및 20% 연장 /쾌적한 주행환경 제공/시공 관련 빅데이터 축척
• 시공 과정의 품질 변동성으로 인한 포트홀 등 조기 파손으로 주행 환경 악화 및 유지보수비 증가 • 포장 공사 과정의 객관적인 품질관리 자료의 부재로 인한 설계 수명 저하 및 원인 분석 등 사후 조치 어려움 • 아스팔트 포장의 생산 및 시공 공정별 투입 장비의 계측 센서 부재로 인한 일관성 있는 현장 품질관리 미비 및 신뢰성 저하	• **[유지보수비용절감]** 시공 품질수준 향상으로 포트홀 등 조기 파손 억제로 유지보수비 절감 및 주행 환경 개선 • **[시공 자동화]** 아스팔트 포장의 인텔리전트 컴팩션 장비의 활용을 통한 현장 시공 품질 수준 향상 및 신뢰성 있는 빅데이터 축척 및 가이던스 기술 개발 • **[이용자 안전개선]** 아스팔트 포장의 설계 수명 확보 및 수명 연장을 통한 쾌적하고 안전한 도로환경 제공

다. 3세부 : 실시간 상호연결된 인프라 IoT 클라우드 기반 품질관리 서비스 제공

AS-IS	TO-BE
	

분리된 포장품질관리 프로세스	인프라 IoT 클라우드
• 포장품질관리 이해당사자간 분절된 프로세스, 데이터, 의사소통으로 인한 필요한 품질관리 데이터 취합, 확인, 기록 시간 및 비용 낭비 • 수작업 기반 현장 데이터 기록 시 오기, 누락, 예러 등 문제 발생으로 데이터 무결성 문제 발생. 정보 신뢰성에 나쁜 영향 미침 • 대용량 도로포장 품질자료의 종이문서 보관으로 조기 파손 원인 파악에 장시간 소요	• **[실시간 현황 관리]** 호연계된 서비스 터 취합, 확인, 기 • **[신뢰도 개선]** 자 오기, 누락, 예러 만한 요인을 최소 • **[Big Data 기반** 포장 품질자료 전 득 및 데이터베이 • **[실시간 모니터링]** – 모바일 기반 생 니터링을 통한 실현 – 시공현장 IoT 계측 결과 발생 고 모바일 디바 에 이상 상황을

2. 중점 추진분야

가. 중점추진분야 선정

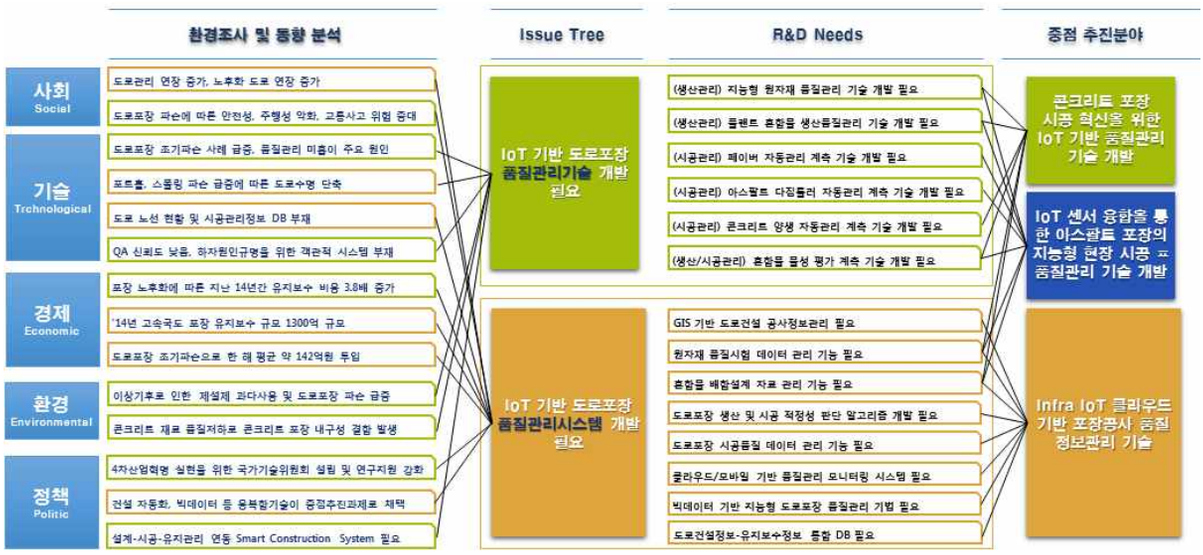
- 본 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위한 중점추진분야는 다음과 같이 '목표의 타당성/적시성/국가지원타당성' 을 고려하여 설정하였음

〈중점추진분야의 선정 기준〉

선정기준	세부내용
목표 타당성	▪ 사회경제적 니즈가 충분한가? ▪ 국토교통부의 R&D 비전 및 목표달성과 부합하는가? ▪ 본 과제의 비전 및 목표 달성과 부합하는가?
적시성	▪ 5-10년 후 최종 개발 또는 가시적 성과 창출이 가능한가? ▪ 국내에 관련 전문 인력 및 기술 인프라가 구비되어 있는가?
정부지원 타당성	▪ 민간이 독자적으로 개발하기 어려운 기술인가? ▪ 타부처 사업과의 차별성이 있는가?

- 또한 국내외 동향 및 환경에 대한 분석과 기술수요조사 과정에서 도출된 내용을 토대로 수행한 Issue Tree 분석 결과를 통해 최종 중점 추진분야를 설정하였음

〈중점추진분야 선정 과정〉



나. 중점추진분야 내용

(1) 중점추진분야 (1세부) : 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

개요	• 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발 • 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
배경	• 국내 콘크리트 포장은 20년의 수명으로 설계되어 시공되고 있으나 설계수명에 다다르기 전에 파손되어 유지보수를 필요로 하는 사례가 급증하고 있는 실정임 • 최근 스케일링, 팝아웃 등 국내 콘크리트 포장의 조기파손 사례가 급증하고 있으며, 콘크리트 생산 및 품질관리에 따른 콘크리트의 공기량 부족 및 원활치 못한 콘크리트 공급 문제가 계속 제기되고 있음. • 콘크리트 포장 파손의 원인 분석을 위해서는 생산, 운반, 시공 등에 대한 품질관련 DB가 구축되어 있어야 하나, 이에 대한 시스템이 구축되어 있지 않아, 책임 규명이 명확하지 않음. • 효율적인 관리 및 생애주기 비용을 절감하기 위하여, 고품격의 재료를 사용하여 품질관리와 시공관리를 철저를 기하여 장수명 고내구성 콘크리트포장으로 시공하는 추세임. • 콘크리트 포장은 조기파손이 발생하지 않을 경우 설계수명 기간 내에 유지보수가 크게 필요하지 않지만 조기파손이 발생할 경우에는 공용기간 내에 지속적인 유지보수가 필요하게 됨 • 정부에서 장려하는 4차산업육성에 부응하여 스마트 건설기술을 통한 콘크리트 혼합물의 품질관리 및 신뢰성있는 배합설계 시스템의 구축이 필요함 • 4차산업 혁명에서 IoT 관련기술이 타 산업과의 융합 확대로 매우 큰 영향을 미칠 것으로 전망되며, 건설산업과의 연계도 활발히 모색되고 있는 실정임
목표	• IoT 기반 콘크리트 포장의 생산·시공·초기거동 품질관리 투명화·체계화·표준화 기술 개발을 통한 공용수명 20% 향상 • 콘크리트 포장의 생산 및 시공 품질관리에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감
주요내용	• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 고도화 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈 시공관리 기술 개발

(2) 중점추진분야 (2세부) : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술

개요	• 설계 수명 확보 및 20% 수명 연장 목표 아스팔트 포장의 지능형 현장 품질관리 기술 개발 및 실용화 • IoT 기반 센서의 융합 기술 개발과 이를 적용한 시공 현장 공정별 품질 관리 장비 및 활용 기술 개발
배경	• 아스팔트 포장의 시공 과정에서 품질관리 미비 등으로 인해 10년 설계 수명에 못 미치는 6년 이하 조기 파손 발생으로 유지보수 비용이 증가하고 있어 이를 방지하고 품질관리 신뢰성을 확보하면서 설계 수명을 확보할 수 있는 현장 시공 기술 개발이 필요한 실정임 • 아스팔트 포장의 현장 공사에 사용되는 생산 시설 및 시공 장비의 운용 중 품질관리와 연계된 디지털 검측 자료의 신뢰성 확보와 전사적 활용을 위한 기술 개발이 절실히 요구됨 • 유럽 및 미국 등은 아스팔트 포장의 시공에 활용되는 인텔리전트 페이버 및 컴팩션이 다수 개발되어 현장에 사용되고 있으며, 이를 통해 공사의 품질관리 일관성 확보와 수명 연장에 기여하고 있음 • 기술적인 측면에서 아스팔트 포장의 설계 수명 확보와 품질관리 일관성 유지를 위한 생산 플랜트 및 시공 운용 장비에 첨단 IoT 기술을 활용하는 기술 개발이 기대됨 • 이러한 기술 개발은 아스팔트 포장 공사 과정의 품질관리 연계 자료의 디지털화와 현장 대응 자료로 즉시 활용되고 객관적인 자료로 축척되어 아스팔트 포장의 수명 연장을 위한 기준 개발에도 적용됨
목표	• IoT 센서 활용 첨단 품질관리 기술 적용을 통해 조기 파손 억제 및 10년 설계 수명 확보 • 인텔리전트 컴팩션 장비 등의 본격적인 현장 도입을 통한 품질관리 수준 향상으로 아스팔트 포장의 공용 수명 연장
주요내용	• 아스팔트 포장 공사의 품질관리에 활용 가능한 IoT 기반 센서 선정 및 용합 기술 개발 • 아스팔트 혼합물 생산 플랜트의 품질관리 연계 IoT 센서 융합 기법 및 장치 설계 기술 개발 • 아스팔트 혼합물 현장 공급 및 재료 분리 최소화를 위한 GPS 기반 운송 관리 기술 개발 • IoT 기반 센서 융합 기술 활용 인텔리전트 컴팩션 적용 핵심 모듈 설계 기술 및 운용 장치 개발 • GPS 및 첨단 계측 센서를 활용한 아스팔트 포장의 포설 및 다짐 시공 과정의 현장 품질관리를 위한 검사 장비 및 운용 기준 개발 • 연구 성과의 현장 적용성 검증을 위한 시험 시공 및 시범 사업 추진 및 경제성 평가

(3) 중점추진분야 (3세부) : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

개요	• 인프라 IoT 클라우드 플랫폼 기반 포장품질관리를 위한 정보기술 개발 • 인프라 IoT 클라우드 플랫폼을 기반으로 한 포장품질관리 체계의 신뢰성, 효율성 개선 • 기존 포장품질관리 시스템 및 서비스 간 상호운영성 확보로 실시간으로 연결된 서비스 개발 및 확장성 지원
배경	• 건설 분야는 비효율적인 공정, 작업이 많으며, 예측불가능하며, 일은 힘들고 위험한 직업군으로 인식. 이 문제를 해결하기 위해, CM(Construction Management), LEAN, Agile, BIM, IPD(Integrated Project Delivery)와 같은 기술 및 프로세스를 개별 시스템에 적용해 옴 • 개별적인 시스템 개선은 하였으나, 아직 다음 같은 문제가 남아 있음 1. 이해당사자가 건설 정보 통합을 위해 입력해야 하는 데이터의 양이 너무 많으며, 얼마나 입력해야 하는 지도 구분 어려움 2. 입력된 데이터의 무결성도 판단하기 어려움 3. 입력된 데이터로부터 필요한 정보만 추출하기 어려움 4. 그 정보가 의미가 있는 정보인지 판단하기 어려움 5. 프로세스 최적화 모델은 현장과 괴리되어 있다. 현장에 적용 어려움 6. 프로세스 최적화 모델링에 관련된 입력값이 많고 복잡함
목표	• 현장 및 서비스 간 상호연결 지원하는 인프라 IoT 클라우스 플랫폼 개발 • 도로포장공사 공간정보 구축 기술 개발 • 도로포장품질관리 서비스 기술
주요내용	• 인프라 IoT 통신 프로토콜 • 인프라 IoT 진단 기술 • 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 • 인프라 IoT 빅데이터 분석 기술 • 인프라 IoT 클라우드 관리 기술 • 인프라 IoT 클라우드 API (Application Program Interface) • 인프라 IoT 서비스 연계 기술 • 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 (예. 드론, 스캐너, GPS 등) • 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축 • 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 • 공간정보-IoT 연계 기술 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 • 클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술 개발 • 모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술 개발 • IoT 기반 대용량 도로포장 품질 자료의 효율적 DB 저장 기술 개발 • 도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질 자료관리 체계의 연동 기술 개발 • 도로포장 품질관리 결과의 유지관리 단계 연계 기술 개발

3절 연구개발과제 구성

1. 후보 기술아이템 선정

- **연구의 비전 및 목표를 달성**하기 위한 중점추진분야를 선정하였으며, 선정된 중점추진분야를 실현하기 위한 구체적인 연구개발 기술이 도출되어야 함
- 국내·외 환경분석 및 동향조사결과, 기술수요조사 및 예측조사, 기획연구진 및 자문회의를 거쳐 도출된 후보기술 아이템에 대해 중점추진 분야를 중심으로 **1차 상관관계 매핑(mapping)**을 실시함
- 1차 매핑결과를 바탕으로 후보 기술아이템의 수준 및 위계를 재조정하고 목표달성을 위한 **53개 후보 기술 아이템을 선정**하였음
- 선정된 후보 기술아이템에 대해 연구의 성격이 유사하거나 목표 달성을 위한 상관관계가 높은 과제를 중규모 과제로 재분류하였으며, 이를 다시 **중점추진분야/세부 추진분야/후보기술 아이템으로 분류함**

〈후보 기술 아이템 도출〉

중점추진분야	세부 추진 분야	후보 기술 아이템	
IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 기술 개발	IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구	콘크리트 구성재료 품질평가 및 의사 결정 지원기술	페이버 속도와 장기 공용성간의 평가를 통한 운영기술
	콘크리트 플레트 생산시설 자동화 계측 및 지능형 품질관리	고정/이동식 배치 플랜트 생산 및 품질관리 자동화 기술	페이버 다짐 속도와 연속공기량 상실간의 피드백 기술
	콘크리트 혼합물 현장 품질관리 신뢰도 향상 기술	원자재 및 제품 품질관리 DB 구축 및 활용	콘크리트 품질관리 실시간 현장 대응 시스템
	IoT 기반 콘크리트 페이버 자동화 계측 및 지능형 포설 관리	슬리퍼 페이버와 배치 플랜트에 피드백 절차 개발	포장 중 콘크리트 초기 양생과정 모니터링
	유무선 온도센서를 활용한 콘크리트 양생 온도 관리	공기 중량 및 기포간격계수 연계 품만을 관리	지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술
	성숙도 개념 기반 최적 줄눈 시공 관리	믹싱 발생량 실시간 모니터링	현장 기상 모니터링 기반의 줄눈 절삭시기 결정기술
		골재의 표면수 보정과 이동시간 고려 단위수량 예측	압전소자를 이용한 줄눈 생성 최적 시점 평가 기술
		경탄성 실시간 모니링링 기술	신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템
IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발	아스팔트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 원자재 품질관리	지능형 원자재 품질관리 시스템	페이버 자동화 계측 센서 및 지능형 포설관리 시스템
	아스팔트 혼합물 배합설계 신뢰도 향상	배합설계 자동화를 위한 품질시험실 운영 시스템	아스팔트 페이버 운영 통제보드 시스템 개발
	아스팔트 혼합물 수송관리 시스템	생산 품질확보를 위한 DB시스템 및 현장 연동 시스템	다짐롤러 운영 자동화 계측 센서 및 관리 시스템
	아스팔트 혼합물 현장 포설 관리 향상 기술	원자재 투입 시설 자동화 및 모니터링 시스템	롤러 운영 시스템 및 자동 자료 전송 체계
	아스팔트 혼합물 현장 다짐관리 신뢰도 향상 기술	생산 시설 자동화계측 장치 및 지능형 품질관리	공용성 기반 지능형 통합 품질관리 시스템
	현장 중심 품질관리 운영 시스템	자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템	인텔리전트 아스팔트 포장 시공 품질관리 기준
		재료 분리 최소화를 위한 현장 수송관리 시스템	
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	Infra IoT 통신기술 개발	Infra IoT 통신 프로토콜 개발	모바일 기반 토목포장 품질관리 현황 모니터링 기술
	공간 정보 기술 개발	Infra IoT 진단 기술 개발	품질자료의 효율적인 DB 저장 기술 개발
	클라우드/모바일 기반 도로 포장 관리 기술	Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술 개발	원격관리 등 토목포장 품질관리 서비스 활용 기술 지원
	IoT 기반 현장 공정 관리 모델 개발	Infra IoT 클라우드 관리 기술 개발	공간정보와 토목포장 품질자료 연동 기술 개발
	IoT 기반 품질관리 모듈 개발	Infra IoT 클라우드 API 기술 개발	품질관리 자료의 유지관리 단계 연동 기술 개발
		Infra 서비스 연계 기술	데이터 베이스 구조 설계 및 분석 체계
		토목포장 공사 공간 정보 스캔 기술 개발	팀 개념 기반 표준 공정관리 모델 개발
		공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축	공정관리 측면에서의 리스크 예측 모델
		공간 및 속성정보 품질향상 기술 개발	모바일 디바이스와 VR/AR을 이용한 공정 관리
		공간 정보-IoT 연계 기술 개발	품질관리 모델 및 절차서 개발
		공간 및 속성정보 데이터베이스 서버 기술 개발	품질 데이터의 유구지 관리 연계 활용 기술 개발
		클라우드 기반 토목포장 품질 자료 관리 기술 개발	모바일 디바이스와 VR/AR을 이용한 품질관리 모듈

〈기술개발 세부내용 후보군 1〉

구분	과제명
중점추진분야 1	IoT를 활용한 콘크리트 품질/시공 관리 연구
1-1 세부과제	콘크리트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발
1구성기술	IoT 센서를 이용한 콘크리트 구성재료 품질평가 및 의사결정 지원기술
1-2 세부과제	콘크리트 플랜트 생산시설 자동화 계측 및 지능형 품질관리 시스템 개발
1구성기술	유무선 센서를 부착한 고정/이동식 배치 플랜트의 생산 및 품질관리 자동화 기술
2구성기술	IoT 기반 원자재 및 제품 품질관리 DB구축 및 빅데이터를 활용한 관리 모델
1-3 세부과제	콘크리트 혼합물 현장 품질관리 신뢰도 향상 기술 개발
1구성기술	굳지않은 콘크리트 특성치 점검하여 슬립폼 페이버와 배치플랜트에 피드백 절차 개발
2구성기술	압력법에 의한 공기 총량 및 기포간격계수(SF) 연계 혼합물 공기량 품질관리 기술 개발
3구성기술	블리딩 발생량 실시간 모니터링 기술 개발
4구성기술	IoT 센서를 이용한 골재의 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측기술 개발
1-4 세부과제	IoT 기반 콘크리트 페이버 자동화 계측 및 지능형 포설 관리 시스템 개발
1구성기술	평탄성 실시간 모니터링 기술 개발
2구성기술	페이버 포설 속도와 장기공용성(평탄성 및 내구성)간의 상관관계 평가를 통한 최적 포설 운영 기술 개발
3구성기술	페이버 다짐 속도와 연행공기량 손실간의 상관관계 측정을 통한 최적 포설 feedback 기술 개발
1-5 세부과제	유무선 온도센서를 활용한 콘크리트 양생 온도 관리 기술 개발
1구성기술	콘크리트 포장 시공 품질관리를 위한 IoT기반 환경 모니터링 및 실시간 현장 대응 시스템 개발
1-6 세부과제	상대습도 센서를 활용한 최적 양생 시점 및 양생제 살포량 확인 기술 개발
1구성기술	포장용 콘크리트의 초기 양생과정 모니터링 시스템 구축
2구성기술	지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술 개발
1-7 세부과제	성숙도(Maturity) 개념 기반 최적 줄눈 시공 관리 기술 개발
1구성기술	현장 기상 모니터링 기반의 줄눈 절삭시기 결정기술 개발
2구성기술	압전소자를 이용한 줄눈 콘크리트 포장의 줄눈생성 최적 시점 평가기술
3구성기술	신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템 제안

〈기술개발 세부내용 후보군 2〉

구분	과제명
중점추진분야 2	IoT를 활용한 아스팔트 콘크리트 품질/시공 관리 연구
2-1 세부과제	아스팔트 혼합물 품질변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발
1구성기술	아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발
2구성기술	아스팔트 혼합물 배합설계 자동화를 위한 품질시험실 운영 시스템 개발
3구성기술	아스팔트 혼합물 생산 품질 확보를 위한 DB 시스템 및 현장 연동 통신체계 개발
2-2 세부과제	아스팔트 혼합물 배합설계 신뢰도 향상을 위한 운영 시스템 개발
1구성기술	아스팔트 플랜트 원자재 투입 시설 자동화 모니터링 계측 장치 및 운영 시스템 개발
2구성기술	아스팔트 플랜트 생산 시설 자동화 계측 장치 및 지능형 품질관리 시스템 개발
3구성기술	아스팔트 플랜트 자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템 개발
2-3 세부과제	아스팔트 혼합물 수송관리 시스템 개발
1구성기술	아스팔트 혼합물의 재료분리 최소화를 위한 IoT 기반 현장 수송 관리 시스템 개발
2-4 세부과제	아스팔트 혼합물 현장 포설관리 신뢰도 향상 기술 개발
1구성기술	IoT 기반 아스팔트 페이버 자동화 계측 센서 및 지능형 포설 관리 시스템 개발
2구성기술	아스팔트 페이버 운행 통제 보드 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발
2-5 세부과제	아스팔트 혼합물 현장 다짐관리 신뢰도 향상 기술 개발
1구성기술	다짐 롤러 운행 자동화 계측 센서 및 지능형 다짐 관리 시스템 개발
2구성기술	IoT 기반 다짐 롤러 운행 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발
2-6 세부과제	현장 중심 품질관리 운영 시스템 개발
1구성기술	아스팔트 포장의 공용성 기반 지능형 통합 품질관리 시스템 및 시공 자료 공유 시스템 개발
2구성기술	IoT 기반 인텔리전트 아스팔트 포장 시공 품질관리 기준 및 운영 매뉴얼 개발

〈기술개발 세부내용 후보군 3〉

구분		과제명
중점추진분야 3		Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술
3-1 세부과제		도로포장공사 품질관리 데이터 교환 Infra IoT 통신 기술 개발
	1구성기술	도로포장공사 품질관리 데이터 교환 infra IoT 통신 프로토콜 개발
	2구성기술	도로포장 품질관리용 Infra IoT 센서 데이터의 무결성 문제를 실시간으로 검증할 수 있는 진단 기술 개발
	3구성기술	도로포장 품질관리용 Infra IoT 센서 빅데이터 처리/분석 기술 개발
	4구성기술	도로포장 품질관리 데이터 관리 Infra IoT 클라우드 관리 기술 개발
	5구성기술	Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 기술 개발
	6구성기술	Infra IoT 서비스 연계 기술
3-2 세부과제		도로포장공사 품질관리 데이터 공간 정보 연계 기술 개발
	1구성기술	도로포장공사 품질관리 기반 데이터인 현장 공간정보 스캔(예 : 드론, 스캐너, GPS 등)과 GIS 변환 기술 개발
	2구성기술	도로포장 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
	3구성기술	도로포장 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발
	4구성기술	도로포장 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술 개발
	5구성기술	도로포장 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 기술 개발
3-3 세부과제		클라우드/모바일 기반 도로포장 품질 자료 관리·활용 기술 개발
	1구성기술	클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술 개발 개발
	2구성기술	모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술 개발
	3구성기술	Infra IoT 플랫폼 기반 대용량 도로포장 품질 자료의 효율적 DB 저장 기술 개발
	4구성기술	원격 관리 등 도로포장 품질관리 서비스 활용지원 기술 개발
	5구성기술	Infra IoT 가시화 플랫폼 기반 도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질 자료관리 체계 연동 기술 개발
	6구성기술	도로포장 품질관리 결과의 유지관리 단계 연동 기술 개발
3-3 세부과제		IoT 기반 현장 공정 관리 모델 개발
	1구성기술	포장 장비의 센서로부터 수집되는 빅데이터를 분석하여 신뢰성 있는 장비의 운영현황을 분석하고, 하자원인을 규명할 수 있는 데이터베이스 구조 설계 및 분석 체계 개발
	2구성기술	도로공사 포장 품질확보를 위한 린 개념 기반 표준공정관리 모델 개발
	3구성기술	포장공종 품질확보를 위한 공정관리 측면에서의 리스크 예측모델 개발
	4구성기술	모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 공정관리 모듈 개발
3-4 세부과제		IoT 기반 품질관리 모듈 개발
	1구성기술	IoT 기반 도로포장의 시공 단계를 위한 품질관리 모델 및 절차서 개발
	2구성기술	IoT 기반 도로포장 품질 데이터의 유지관리 연계활용 기술 개발
	3구성기술	모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 품질관리 모듈 개발

2. 연구개발과제 구성

가. 기술아이템 선정 방식

- 후보기술아이템 중 국내·외 정책동향, 시장현황, 기술수준, 국내외 특허 논문동향 조사 및 국내 연구개발 인프라 분석 결과를 바탕으로 연구진이 1차 우선 후보기술 아이템 25개 항목을 선정 후 기술예측조사에 참여한 전문가를 대상으로 53개의 기술아이템 우선순위 분석을 실시함
- 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위해 필요한 후보기술의 핵심성, 본 기술 개발에 따른 경제성, 국토교통부 지원의 필요성을 고려한 기술의 공공성, 연구개발의 시급성 등을 고려하여 기술 아이템을 선정하였음

- **기술의 핵심성** : 해당 기술의 사업 성과목표와의 부합정도 및 기술개발 가능성을 종합적으로 검토
- **기술의 공공성** : 해당 기술이 민간이 아닌 공공에서 투자하고 개발해야 하는 필요성을 검토
- **기술의 경제성** : 해당 기술 개발을 통해 얻을 수 있는 사회, 공공 측면에서의 파급효과를 검토
- **기술의 시급성** : 해당기술 개발이 국가적으로 시급한 필요성을 검토

〈후보기술 아이템 우선순위 분석〉

순위	후보기술 아이템	평가결과 (5점 척도)				
		핵심성	경제성	공공성	시급성	계
		(0.3)*	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(1.0)
1	IoT 센서를 이용한 콘크리트 구성재료 품질평가 및 의사결정 지원기술	4	3	4	3	3.6
2	유무선 센서를 부착한 고정/이동식 배치 플랜트의 생산 및 품질관리 자동화 기술	4	3	3	3	3.3
3	IoT 기반 원자재 및 제품 품질관리 DB구축 및 빅데이터를 활용한 관리 모델	4	4	4	4	4.0
4	굳지않은 콘크리트 특성치 점검하여 슬립폼 페이버와 배치플랜트에 피드백 절차 개발	4	4	4	4	4.0
5	압력법에 의한 공기 총량 및 기포간격계수(SF) 연계 혼합물 공기량 품질관리 기술 개발	4	4	4	4	4.0
6	블리딩 발생량 실시간 모니터링 기술 개발	4	4	4	4	4.0
7	IoT 센서를 이용한 골재의 표면수 보정과 이동시간을 고려한 현장 도착 단위수량 예측기술 개발	4	3	4	3	3.6
8	평탄성 실시간 모니터링 기술 개발	4	4	4	4	4.0
9	페이버 포설 속도와 장기공용성(평탄성 및 내구성)간의 상관관계 평가를 통한 최적 포설 운영 기술 개발	4	3	4	4	3.8
10	페이버 다짐 속도와 연행공기량 손실간의 상관관계 측정을 통한 최적 포설 feedback 기술 개발	3	3	3	3	3.0

순위	후보기술 아이템	평가결과 (5점 척도)				
		핵심성	경제성	공공성	시급성	계
		(0.3)*	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(1.0)
11	콘크리트 포장 시공 품질관리를 위한 IoT기반 환경 모니터링 및 실시간 현장 대응 시스템 개발	4	3	3	3	3.3
12	포장용 콘크리트의 초기 양생과정 모니터링 시스템 구축	3	3	2	3	2.7
13	지능형 콘크리트 포장 양생제 살포 기술 개발	3	3	3	3	3.0
14	현장 기상 모니터링 기반의 줄눈 절삭시기 결정기술 개발	4	3	4	4	3.8
15	압전소자를 이용한 줄눈 콘크리트 포장의 줄눈생성 최적 시점 평가기술	3	4	3	2	3.0
16	신설 콘크리트 포장 교통개방을 위한 시스템 제안	3	3	3	2	2.8
17	아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 위한 지능형 원자재 품질관리 시스템 개발	4	3	4	4	3.8
18	아스팔트 혼합물 배합설계 자동화를 위한 품질시험실 운영 시스템 개발	4	3	4	4	3.8
19	아스팔트 혼합물 생산 품질 확보를 위한 DB 시스템 및 현장 연동 통신체계 개발	4	3	3	3	3.3
20	아스팔트 플랜트 원자재 투입 시설 자동화 모니터링 계측 장치 및 운영 시스템 개발	4	2	3	3	3.1
21	아스팔트 플랜트 생산 시설 자동화 계측 장치 및 지능형 품질관리 시스템 개발	4	3	3	4	3.5
22	아스팔트 플랜트 자동화 생산 시스템 및 DB 기반 품질관리 시스템 개발	4	3	4	3	3.6
23	아스팔트 혼합물의 재료분리 최소화를 위한 IoT 기반 현장 수송 관리 시스템 개발	4	3	3	3	3.3
24	IoT 기반 아스팔트 페이버 자동화 계측 센서 및 지능형 포설 관리 시스템 개발	4	4	4	4	4.0
25	아스팔트 페이버 운행 통제 보드 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발	4	4	4	4	4.0
26	다짐 롤러 운행 자동화 계측 센서 및 지능형 다짐 관리 시스템 개발	4	4	4	4	4.0
27	IoT 기반 다짐 롤러 운행 시스템 및 자동 자료 전송 체계 개발	4	4	4	4	4.0
28	아스팔트 포장의 공용성 기반 지능형 통합 품질관리 시스템 및 시공 자료 공유 시스템 개발	4	4	4	4	4.0
29	IoT 기반 인텔리전트 아스팔트 포장 시공 품질관리 기준 및 운영 매뉴얼 개발	4	4	4	4	4.0
30	Infra IoT 통신 프로토콜 개발	4	3	4	4	3.8
31	Infra IoT 진단 기술 개발	4	2	4	3	3.4

순위	후보기술 아이템	평가결과 (5점 척도)				
		핵심성	경제성	공공성	시급성	계
		(0.3)*	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(1.0)
32	Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술 개발	4	3	4	3	3.6
33	Infra IoT 클라우드 관리 기술 개발	4	3	4	4	3.8
34	Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 기술 개발	4	3	4	3	3.6
35	Infra IoT 서비스 연계 기술	4	4	4	4	4.0
36	도로포장공사 현장 공간정보 스캔(예 : 드론, 스캐너, GPS 등)과 GIS 변환 기술 개발	4	3	4	4	3.8
37	공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축	3	3	3	3	3.0
38	공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발	3	3	4	3	3.3
39	공간정보-IoT 연계 기술 개발	4	3	3	3	3.3
40	공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 기술 개발	3	3	2	3	2.7
41	클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술 개발 개발	4	3	3	3	3.3
42	모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술 개발	3	3	2	3	2.7
43	Infra IoT 플랫폼 기반 대용량 도로포장 품질 자료의 효율적 DB 저장 기술 개발	3	3	3	3	3.0
44	원격 관리 등 도로포장 품질관리 서비스 활용지원 기술 개발	3	3	2	3	2.7
45	Infra IoT 가시화 플랫폼 기반 도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질 자료관리 체계 연동 기술 개발	3	3	3	3	3.0
46	도로포장 품질관리 결과의 유지관리정보 연동 기술 개발	3	3	2	3	2.7
47	포장 장비의 센서로부터 수집되는 빅데이터를 분석하여 신뢰성 있는 장비의 운영현황을 분석하고, 하자원인을 규명할 수 있는 데이터베이스 구조 설계 및 분석 체계 개발	4	3	4	4	3.8
48	도로공사 포장 품질확보를 위한 린 개념 기반 표준공정관리 모델 개발	3	4	3	2	3.0
49	포장공종 품질확보를 위한 공정관리 측면에서의 리스크 예측모델 개발	3	3	3	2	2.8
50	모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 공정관리 모듈 개발	4	3	2	3	3.0
51	IoT 기반 도로포장의 시공 단계를 위한 품질관리 모델 및 절차서 개발	4	4	4	4	4.0
52	IoT 기반 도로포장 품질 데이터의 유지관리 연계활용 기술 개발	3	4	3	2	3.0
53	모바일 디바이스(Tablet PC, Smartphone)와 VR/AR을 이용한 품질관리 모듈 개발	4	3	2	3	3.0

* 괄호 안은 가중치임

- 기술예측조사를 통해 수행한 사회경제적 실현시기, 기술획득방식, 정부개입의 필요성, 국내기술 수준 등을 종합적으로 반영하여 **우선순위 상위 기술 아이템을 최종적으로 핵심 기술 아이템으로 선정함**
- 또한 본 기획연구의 자문위원진을 중심으로 4차의 외부자문회의를 수행하였으며, 자문회의 의견 역시 기술아이템 선정 시 반영하였음

나. 세부과제 및 세세부과제 선정

- 위와 같이 기술수요조사를 중심으로 53개의 기술아이템 후보를 도출하고, 동향분석결과를 바탕으로 연구진이 1차 후보기술 아이템을 선정 후, 최종적으로 전문가가 참여한 기술아이템 우선순위 분석을 통해 **최종 38개의 기술아이템을 선정**하였음
- 이과 같은 **38개의 기술 아이템에 대해** 과제 간 연계성, 추진 효율성 등을 종합적으로 분석하여 3개의 중점추진분야에 대해 **9개의 대표 세세부 과제**를 다음과 같이 도출하였음

〈기술개발 세부내용 후보군〉

구분			과제명
중점추진분야 1			콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발
	1-1 세부과제		콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발
		1구성기술	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발
		2구성기술	콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 고도화 기술 개발
	1-2 세부과제		IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발
		1구성기술	IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리기술 개발
		2구성기술	IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발
	1-3 세부과제		콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
		1구성기술	IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발
		2구성기술	IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 개발
중점추진분야 2			IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술
	2-1 세부과제		IoT 기반 지능형 아스팔트 혼합물 생산 품질관리 시스템 및 현장 공급 관리 기술 개발
		1구성기술	아스팔트 플랜트 품질시험실 자동화 시험장치 개선 기술 및 메뉴얼 개발
		2구성기술	아스팔트 플랜트 생산 시설의 공정별 자동 계측 모듈 및 운용 체계 기술 개발
		3구성기술	아스팔트 혼합물의 생산 품질관리 DB 구성 요소 및 분석 기술 개발
		4구성기술	아스팔트 혼합물 현장 공급 효율화를 위한 운송 관리 기술 개발
	2-2 세부과제		IoT 기반 인텔리전트 페이버(IP) 및 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

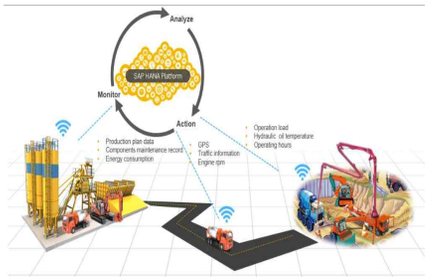
구분			과제명
		1구성기술	인텔리전트 페이버의 포설 품질관리를 위한 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발
		2구성기술	인텔리전트 다짐롤러의 다짐밀도 확보를 위한 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발
		3구성기술	현장 시험 적용 및 개선 개발
	2-3 세부과제		아스팔트 콘크리트 포장의 시공 공정별 품질관리를 위한 비파괴 현장 계측 모듈 및 운영 체계 개발
		1구성기술	시공 포장면의 실시간 온도 계측 장비 개발 및 운용 기준 개발
		2구성기술	포장층의 시공 중 다짐밀도 계측 장비 개발 및 운용 기준 개발
		3구성기술	포설 및 다짐 공정 중 평탄성 계측 장비 및 운용 기준 개발
		4구성기술	현장다짐도를 통한 포트홀 발생 위험도 예측 기법 개발
중점추진분야 3			Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술
	3-1 세부과제		도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술
		1구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 통신 프로토콜 개발
		2구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 진단 기술
		3구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 빅데이터 처리 기술
		4구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 빅데이터 분석 기술
		5구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 클라우드 관리 기술
		6구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface)
		7구성기술	도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 서비스 연계 기술
	3-2 세부과제		도로포장공사 공간정보 구축 기술
		1구성기술	도로포장공사 품질관리용 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술
		2구성기술	도로포장공사 품질관리용 공간정보 스캔-GIS 변환 기술
		3구성기술	도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
		4구성기술	도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술
		5구성기술	도로포장공사 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술
		6구성기술	도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버
	3-3 세부과제		도로포장품질관리 서비스 기술
		1구성기술	클라우드 기반 도로포장 품질자료 관리 기술
		2구성기술	모바일 기반 도로포장 시공, 품질관리 현황 모니터링 기술
		3구성기술	IoT 기반 대용량 도로포장 품질자료 DB 저장 기술
		4구성기술	도로포장 품질관리 원격관리 기술
		5구성기술	도로포장 시공현장 공간정보와 품질 자료관리 체계의 연동 기술
		6구성기술	도로포장 품지관리 결과의 유지관리 단계 연계 기술 개발

4절 핵심과제별 주요내용 및 추진전략

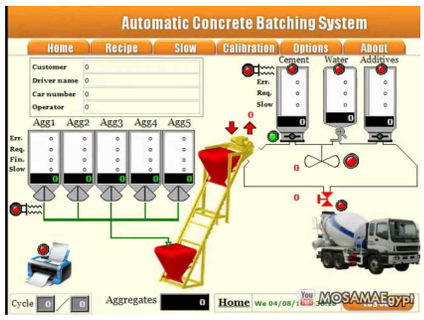
● 1세부 : 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

과제명		1-1 세세부 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발
연구개요		• 플랜트에서 생산되는 콘크리트 포장의 원자재부터 혼합물까지의 품질관리 및 재료변동성을 최소화하고 IoT를 기반으로 투명화함으로서 생산품질관리의 고도화
배경 및 필요성	정책적	• 최근 스케일링, 팝아웃 등 국내 콘크리트 포장의 조기파손 사례가 급증하고 있으며, 콘크리트 생산 및 품질관리에 따른 콘크리트의 공기량 부족 및 원활치 못한 콘크리트 공급 문제가 계속 제기되고 있음. • 콘크리트 포장 파손의 원인 분석을 위해서는 생산, 운반, 시공 등에 대한 품질관련 DB가 구축되어 있어야 하나, 이에 대한 시스템이 구축되어 있지 않아, 책임 규명이 명확하지 않음. • 정부에서 장려하는 4차산업육성에 부응하여 스마트 건설기술을 통한 콘크리트 혼합물의 품질관리 및 신뢰성있는 배합설계 시스템의 구축이 필요함.
	기술적	• 플랜트 시설별 자체적으로 진행되는 품질관리 프로세스는 있으나, 콘크리트 품질의 변동성 최소화에 대한 대응/대책이 없는 것이 현실이므로, 각가의 개벌 단위로 이뤄지고 있는 플랜트 내 모니터링 기술을 표준화, DB화, 분석, feedback, 통합화하여 관리하는 시스템이 요구됨. • 콘크리트 제조공정 중 강도, 슬럼프, 공기량 등의 품질관리는 주로 단순 배합보정, 혼화제 사용량 조정 등 재료와 배합에 치중돼 있어 신뢰성 기반의 콘크리트 혼합물 배합설계에 대한 통합적인 운영시스템이 필요함. • 기존의 개별적인 방식의 품질관리 방식에서 탈피하여, 생산, 운반, 타설하는 공정 전체가 Iot 웹 기반으로 관리되는 품질관리 자동화 기술의 구축이 요구됨
	경제적	• 최근 이상기후로 인한 혹한과 폭설, 하절기 집중호우 등 기후환경 변화와 고품질의 골재수급이 어려워졌고, 제설작업 방식의 변화와 사용량 증가 등 환경여건의 변화가 콘크리트포장의 품질 및 내구성 확보를 어렵게 하는 요인으로 작용하여 조기파손이 꾸준히 발생하여 보수비용이 증가하고 있음. • 최근 양질의 시멘트가 개발되고 있으나 산업부산물 등 혼화재와 저가골재 등의 임의사용 및 양질의 잔골재의 부족 등이 동시에 발생되고 있어 최적화된 품질관리 기법이 요구됨.
목표		• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 투명화 기술 개발 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 운반차별(또는 배치별) 시멘트 콘크리트 품질관리(워커빌러티)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감
연구내용		• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 관리 현황 및 생산설비 실태 조사 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 시스템 개선(재료품질/배합설계/계량/생산 등) 사항 도출 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • 국내·외 콘크리트 포장 원자재 품질관리(QC) 및 품질보증에(QA)에 요구되는 기초물성/계측주기 검토 • 콘크리트 포장 원자재 품질과 콘크리트 포장 품질과의 상관관계 분석 • IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질시험 항목의 적용/미적용 구분 및 근거 설정 • IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질시험결과(IoT 적용 항목 등) 모니터링 시스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 시험 적용 및 검증 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 매뉴얼 개발 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 고도화 기술 개발

	- 콘크리트 포장 품질 변동성 최소화를 위한 관리 방안 도출 • 콘크리트 포장 생산품질의 주요 변동인자(체분석/단위용적중량/표면수량/미립분 등) 분석 • 콘크리트 포장 생산품질의 주요 변동인자의 계측 방안(시험빈도 등) 표준화 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 생산품질 주요 변동인자(체분석/단위용적중량/표면수량/미립분 등) 측정 기술 표준화 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질 주요 변동인자 모니터링 시스템 구축 • 주요 변동인자의 영향에 따른 실시간 생산품질관리 방안 도출 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가기술(혼합/생산/배출과정) 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 혼합물 유변학적 특성(믹서 토크 등) 측정 기술 표준화 • 스마트 센서를 이용한 슬럼프 경시변화 및 공기량 측정 기술 표준화 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보(재료품질/배합설계/계량/생산 등)관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 모니터링 시스템 구축 - 콘크리트 포장 생산품질 문제 발생 시 현장대응(feedback) 방안 및 절차 개발 • 굳지 않은 콘크리트 현장 품질관리치를 기준으로 슬립폼 페이버와 플랜트에 실시간 현장대응(feedback) 방안 매뉴얼 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 매뉴얼 개발
최종 성과물	- 콘크리트 포장 원자재 품질관리 시스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질관리기술 개발 - 스마트 센서를 활용한 콘크리트 포장 생산품질관리 기술 - 스마트 센서를 활용한 콘크리트 유변학적 특성 평가 기술 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술



〈지능형 자재 품질관리 시스템〉



〈배치 플랜트 생산 및 품질관리 자동화 기술〉

과제명		1-2세세부 - IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발
연구개요		• 콘크리트 포장 시공현장에서 시공자료를 체계화하고 IoT 기반 인텔리전트 콘크리트 페이빙 자동화 계측 및 포설관리 통하여 시공품질관리 기술 개발
배경 및 필요성	정책적	• 콘크리트포장은 특히 초기 시공 시 품질관리 및 시공관리가 중요하며, 시공이 잘된 곳은 50년 이상 공용되기도 하나, 시공관리가 잘 안 된 곳은 매우 짧은 수명을 보임. • 효율적인 관리 및 생애주기 비용을 절감하기 위하여, 고품격의 재료를 사용하여 품질관리와 시공관리를 철저를 기하여 장수명 고내구성 콘크리트포장으로 시공하는 추세임. • 4차산업 혁명에서 IoT 관련기술이 타 산업과의 융합 확대로 매우 큰 영향을 미칠 것으로 전망되며, 건설산업과의 연계도 활발히 모색되고 있는 실정임 • 국내 발달된 IoT 기술을 건설산업에 접목시킬 필요가 있음
	기술적	• 유럽에서는 고성능콘크리트포장을 지향하여 설계수명을 35년으로 하고 있으며, 실제는 50년 이상 공용하고 있음 • 미국 캘리포니아주에서는 100년 사용가능한 콘크리트포장 시공기술을 개발하고 있으며, 이는 고품격의 재료를 사용하여 철저한 품질관리와 시공관리가 선행될 때 가능한 것임 • 콘크리트포장의 우수한 역학적 특성 및 내구성능을 고려할 때, 철저한 품질관리와 시공관리로 신설 줄눈콘크리트포장 수명을 획기적으로 연장할 수 있는 기술개발이 기대됨 • 국내 발달된 IoT 기술을 콘크리트포장 품질관리 및 시공관리에 적용하여 투명성과 신뢰성을 확보할 경우 장수명 콘크리트로 시공하게 되어 파급효과가 클 것으로 사료됨
	경제적	• 콘크리트포장의 장수명 확보로 현격한 예산절감이 기대됨 • 신설콘크리트포장의 기대수명 연장 및 생애주기비용 절감 효과가 기대됨 • 효율적인 품질관리 및 시공관리를 통해 시공비의 타당한 분배 및 사용이 가능할 것으로 기대됨 • 장수명 확보로 유지보수비용이 요구되지 않게 되어 상대적으로 현저한 유지 보수비용 절감효과가 기대됨
목표		• IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 체계화 기술 개발 • 콘크리트 포장 시멘트 콘크리트 슬래브(재료분리)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감
연구내용		• IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리기술 개발 - 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 현황 평가 • 국내·외 콘크리트 포장 시공현장 품질관리(QC) 및 품질보증에(QA)에 요구되는 기초물성/측정주기 검토 • 시공현장(발주기관 등) 콘크리트 포장 품질관리 자료 관리방식 검토 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발 • 시공현장 콘크리트 포장 기초물성(컨시스턴시/공기량/슬럼프/강도 등)과 공용성과의 상관관계 분석 • 스마트 센서를 이용한 시공현장 콘크리트 포장 기초물성(컨시스턴시/공기량/슬럼프/강도 등) 측정 기술 표준화 • IoT 기반 시공현장 콘크리트 포장 기초물성(컨시스턴시/공기량/슬럼프/강도 등) 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 환경하중 계측 방안(대기온도/습도/풍속/계측주기 등) 표준화 • IoT 기반 시공현장 환경하중 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증 • 시공현장 콘크리트 포장 시공품질관리 매뉴얼 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발 - 콘크리트 포장 페어버 운영 시스템 현황 평가 • 국내·외 콘크리트 포장 페이버 제조사별, 종류별 운영 체계 비교 분석

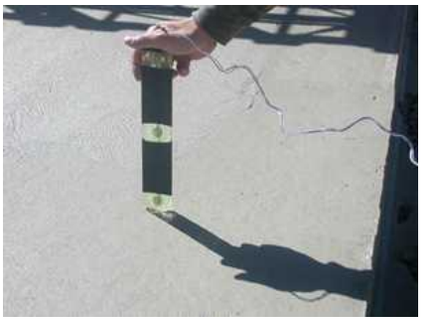
	• 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템과 공용성과의 상관관계 분석 • 인텔리전트 페이빙의 주요 영향인자(포장온도/속도/진동수 등)의 관리방안 표준화 - 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술 개발 • 인텔리전트 페이버의 계측 방안(포장온도/속도/진동수/계측위치/주기/포장두께/폭/평탄성 등) 표준화 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 모니터링 시스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발 • 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙과 공용성(강도/내구성/포장두께/폭/평탄성 등)과의 상관관계 도출 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가 • 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 매뉴얼 개발
최종 성과물	- 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 구축 - 콘크리트 포장 현장 환경하중관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술

〈IoT 를 이용한 포장시공〉

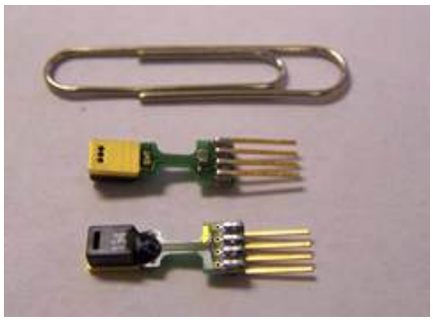
〈스마트 건설관리(SKT, 대우건설)〉

과제명		1-3 세세부 - 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
연구개요		• IoT 기술을 기반으로 시공현장에서의 환경조건(온도, 습도 등)을 고려하여 콘크리트 포장의 초기거동을 표준화하여 최적의 양상제 살포 관리 기술 및 줄눈시공관리 기술 개발
배경 및 필요성	정책적	• 국내 콘크리트 포장은 20~30년의 수명으로 설계되어 시공되고 있으나 설계수명에 다다르기 전에 파손되어 유지보수를 필요로 하는 사례가 급증하고 있는 실정임 • 콘크리트 포장은 조기파손이 발생하지 않을 경우 설계수명 기간 내에 유지보수가 크게 필요하지 않지만 조기파손이 발생할 경우에는 공용기간 내에 지속적인 유지보수가 필요하게 됨 • 콘크리트 포장의 조기파손 주요 원인으로는 콘크리트 포장 타설 직후부터 수행되는 양생 관리 및 줄눈시공 관리의 소홀함을 들 수 있으며 이에 대한 체계적인 관리 방안 마련이 필요함
	기술적	• 콘크리트 포장 시공 시 양생온도가 과다하게 높으면 수축균열 발생 등의 손상이 조기에 나타나게 되며 양생온도가 낮으면 콘크리트의 내구성이 저하됨 • 이와 같이 양생 온도는 콘크리트 포장의 거동 및 내구성에 지대한 영향을 미치는 인자이지만 이에 대한 현장 계측을 통한 기술적 관리가 적절하게 이루어지지 않는 실정임 • 콘크리트 포장 타설 후 양생은 일반적으로 피막양생제 살포 방법이 가장 널리 사용되고 있으며 필요시 양생포를 이용한 습윤양생 방법을 사용함 • 콘크리트 포장의 적절한 양생은 수분의 증발을 억제함으로써 콘크리트의 내구성 및 수밀성을 증가시키기 때문에 품질관리의 중요한 인자임 • 콘크리트 포장의 장기적인 내구성 확보를 위하여 양생제 살포시기, 살포량 등을 현장에서 실시간 제어할 수 있는 기술적 관리 방안의 마련이 필요함 • 콘크리트 포장의 줄눈 시공 시기가 적절하지 못할 경우에는 균열 및 스폴링 등의 손상이 발생하게 됨 • 콘크리트 포장의 줄눈 시공은 경험적 방법에 의존하여 줄눈 절단 시기를 결정하고 있는 실정이며 따라서 기술적 방법에 기반을 둔 체계적인 줄눈 시공 방안의 마련이 필요함
	경제적	• 콘크리트 포장은 시공 후 유지보수에 대한 비용이 적다는 장점이 있으나 조기파손이 발생할 경우 지속적인 보수가 필요하게 되어 유지보수비용이 크게 증가할 뿐만 아니라 보수를 위한 교통통제로 인해 사용자의 불편을 초래하게 됨 • 국내 콘크리트 포장에서 유지보수비용이 가장 많이 지출되는 부분은 줄눈부에서의 스폴링 등에 의한 파손을 보수하는데 사용되는 비용임 • 콘크리트 포장의 적절한 양생 및 줄눈 시공 관리를 통해 조기파손을 예방하면 유지보수에 사용되는 비용을 크게 절감할 수 있음
목표		• IoT 기반 콘크리트 포장 초기거동 품질관리 표준화 기술 개발 • 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 개발에 따른 소성수축균열 30% 저감 • 콘크리트 포장 줄눈시공 관리기술 개발에 따른 줄눈절단면파손 50% 저감
연구내용		• IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 - 콘크리트 포장 양생제 관리 기술 개발 • 콘크리트 포장 양생제 유형별 성능 비교 평가 - 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 양생제 살포 관련 인자(습도/살포시기/살포량 등) 계측 방안 표준화 • IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관련 인자(습도/살포시기/살포량 등) 모니터링 시스템 구축 - 양생제 살포 실시간 모니터링에 따른 콘크리트 포장 양생관리(재살포 구간 등) 기술 개발 • 품질관리기준, 허용값, 조치사항 등 실시간 양생제 살포 현장대응(feedback) 방안 매뉴얼 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증 • 양생제 살포 관리 매뉴얼 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 개발

	- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발 • 스마트 온도/습도센서를 이용한 콘크리트 포장 온도/습도 계측 방안(계측온도/습도/시간/위치/주기 등) 표준화 • IoT 기반 콘크리트 포장 양생온도/습도 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발 • 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 방법 비교분석을 통한 최적 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 방안 표준화 • IoT 기반 콘크리트 포장 성숙도/강도 모니터링 시스템 구축 - 콘크리트 포장 성숙도/강도 실시간 모니터링에 따른 줄눈시공관리(절단시기/구간 등) 기술 개발 • 품질관리기준, 허용값, 조치사항 등 실시간 줄눈시공관리 현장대응(feedback) 방안 매뉴얼 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증 • 줄눈시공관리 매뉴얼 개발
최종 성과물	- 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포관리 기술 - 콘크리트 포장 온도/습도 계측관리 시스템 구축 - 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술



〈양생 온도 모니터링을 통한 실시간 콘크리트 품질관리 기술 (i-Button 적용 사례)〉



〈상대습도 모니터링 센서를 통한 콘크리트 포장 양생 관리 기술 (SHT-75 적용 사례)〉

● 2세부 : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발

과제명		2-1세세부 - 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발
연구개요		• 아스팔트 플랜트 품질시험실의 IoT 기반 시험기 핵심 기술 및 운용 기준 개발 • 아스팔트 플랜트 생산 시설의 주요 장비별 IoT 센서 모듈 장치 및 운용 체계 개발 • 아스팔트 혼합물 생산 품질관리 연계 DB 구성 요소 및 분석 기술 개발
배경 및 필요성	정책적	• 아스팔트 포장용으로 사용되는 아스팔트 혼합물은 관급 발주로서 현장 중심의 QC 및 QA의 적용에 한계가 있으며 생산 과정 중의 품질관리와 연계된 계측 관련 자료가 디지털 기록으로 관리되지 않아 사후 문제 발생 시 원인 분석 및 책임 소재 판단 등에 어려움이 있음 • 아스팔트 플랜트는 다수가 영세 기업이 운영하여 업체별로 품질관리 수준 및 시설 규모가 상이하여 국가 기준에 따른 품질관리가 어렵고 지속적으로 아스팔트 혼합물의 품질 변동을 유발하고 있어 아스팔트 포장의 설계 수명 저하의 원인이 되고 있음 • 이에 국가적으로 아스팔트 혼합물의 품질 변동을 최소화하고 일관성있는 품질관리 적용 및 현장별 기술 수준을 향상시키기 위해서는 현행 품질관리와 연계된 생산 시설의 계측 시스템을 개선하여 객관성과 공정성을 가질 수 있는 디지털 자료 기록화 및 현장 활용 체계 등의 개발이 시급한 실정임
	기술적	• 기술적인 측면에서 아스팔트 혼합물의 생산 중 품질 변동성을 최소화하면서 최적의 성능을 확보함으로서 아스팔트 포장의 설계 수명 확보 및 수명 연장을 위해 필요한 기술 개발 과제임 • 현재 국내에서는 아스팔트 플랜트의 생산 품질관리와 관련하여 IoT 기반 센서 장치를 구비한 사례가 전무함 • 또한 아스팔트 혼합물의 생산 과정 중 품질 변동 및 이상 유무를 확인하고 현장에서 대응 조치하는 품질관리 시스템이 구비되어 있지 않아 현장 공급 과정에서 품질 저하에 적절히 대처하지 못함 • 아스팔트 플랜트의 생산 시설의 계측 장치에 IoT 센서 융합 기술을 활용함으로서 생산 효율적 제고 및 하자 발생 요인 제거 등이 가능할 것으로 판단됨 • 본 기술은 인적 요인에 의한 주관적 판단 개입을 최소화하고 생산 중 품질관리 연계 디지털 자료를 자동으로 기록 및 분석하고 이를 현장에 수시로 전달 및 문제점에 대한 대응 관리 방법을 제시해 줌으로서 아스팔트 혼합물의 품질 변동을 최소화하고 객관적이고 공정성을 가진 생산 관련 빅데이터를 확보하는 기술임
	경제적	• 아스팔트 혼합물의 생산 과정 중 엄격한 품질관리를 통해 현장 시공 품질 향상 및 공용 수명이 증진되어 아스팔트 포장의 생애주기 비용 절감 및 SOC 유지관리 예산의 효율성이 제고됨 • 아스팔트 플랜트의 생산 연계 빅데이터의 축적 및 분석 결과의 제공을 통해 관련 업체의 생산성 향상 및 하자 발생 요인 제거에 기여함
목표		• 아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 통한 아스팔트 포장의 수명을 20% 연장하는 IoT 센서 융합 기술 활용 아스팔트 플랜트 품질관리 기술 개발
연구내용		• IoT 기반 센서 기술 현황 조사를 통한 아스팔트 플랜트의 활용 방안 도출 및 기본 설계안 개발 - 온도 및 계량 관련 IoT 기반 센서 조사 검증 및 선정 기준 개발 - IoT 센서 기술의 아스팔트 플랜트 활용 방안 및 기본 설계안 개발 • 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목에 활용 가능한 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계 - 골재 계량 및 온도 측정 등 공용 성능 연계 IoT 센서 융합 기술 개발 - 주요 생산 시설별 IoT 센서 장치의 세부설계안 개발 • 아스팔트 플랜트의 품질시험실의 주요 시험기 대상 IoT 기반 센서 장치 개발 및 운용 매뉴얼 개발 - 마샬시험기의 IoT 계측 센서 장치 개발 및 운용 기준 개발

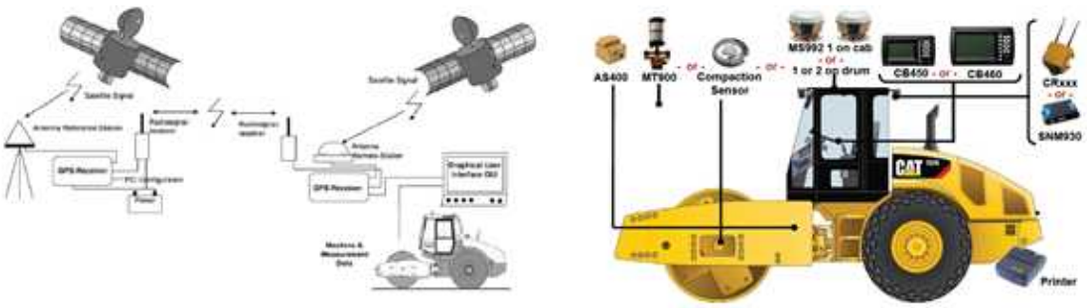
	- 밀도 측정 시험기의 IoT 계측 센서 장치 및 분석 프로그램 개발 - 품질시험실 운용 매뉴얼 개발 • 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 기반 센서 모듈 장치 개발 및 운용 체계 개발 - 생산시설 연계 연계 IoT 센서 융합 모듈 기술 개발 - 생산시 주요 시설의 온도 측정 연계 IoT 센서 융합 모듈 기술 개발 - 생산 관련 IoT 센서 융합 장치의 설치 및 운용 기준 등 유지관리 기술 및 점검 프로그램 개발 • 아스팔트 혼합물의 생산 품질관리 DB 구성 요소 및 분석 기술 개발 - 아스팔트 혼합물의 공용성능 관련 품질관리 구성 데이터 항목 결정 및 적정 품질 확보 평가 분석 논리 개발 - 생산 품질 확보를 위한 각 생산 공정별 관리 기준 및 대응 기법 개발 • GPS 및 IoT 센서를 활용한 아스팔트 혼합물의 재료 분리 최소화를 위한 운반 차량 운행 정보 시스템 및 품질관리 기술 개발 - 아스팔트 혼합물 운송 중 온도 및 골재 분리 최소화를 위한 품질 대응 논리 및 조치 기술 개발 - 최적 품질의 아스팔트 혼합물의 현장 공급을 위한 운송 트럭 운행 정보 제공 맵 개발 • 현장 플랜트 대상 시험 적용 및 피드백을 통한 기술 개선과 시범 사업 확대 • 현장 실무자의 의견 수렴 및 적용성 확대 등을 위한 이해도 향상 방안 마련
최종 성과물	• 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준 • 아스팔트 플랜트의 IoT 유지관리 보수용 검사 프로그램 및 메뉴얼 • 아스팔트 플랜트 품질관리 지능형 대응 논리 및 생산 운용 프로그램 • 아스팔트 혼합물 현장 운송 품질관리 및 추적 맵 프로그램 • 아스팔트 혼합물 현장 트럭 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준 • 현장 시험 운용

〈아스팔트 플래트 생산 시설의 계측 모식도〉

과제명		2-2세세부 - IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발
연구개요		• 아스팔트 포장의 현장 시공 과정에서 아스팔트 컴팩션의 작업 과정을 실시간 모니터링하면서 품질관리 대응이 가능한 인텔리전트 컴팩션의 핵심 운용 시스템의 개발을 위한 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발
배경 및	정책적	• 국토부에서 발표한 6차 건설기술진흥 기본계획에 따르면, 2025년까지 스마트 건설자동화 등 4차 산업혁명에 대응하는 기술 개발을 통해 건설현장 노동생산성을 40%까지 향상시키고, 안

필요성		전사고로 인한 사망자 수를 30% 감소시키는 중장기 계획이 추진되고 있음 • 전통적 노동집약적 산업인 건설산업은 저출산·고령화에 따른 노동력 감소, 노동생산성저하, 숙련기술자 부족 등으로 인해 글로벌 경쟁력은 갈수록 악화되고 있음 • 4차 산업혁명에 대비하고, 기존 제조업의 문제점을 해결하기 위해 ICT기술을 활용한 지능형 포장시공 시스템 개발을 통해 이러한 이슈들을 해결하고 건설기계 및 건설산업의 국가 경쟁력을 강화 하고자 함 • 향후 지능화된 포장시공을 위해서는 건설현장을 하나의 네트워크로 통합하고 일련의 공정들에 들어가는 장비들을 스마트 제조기반(자동화 및 모듈화)의 협업을 통한 현장관리가 가능할 것으로 예상됨 • 산업혁명 이후 농경사회에서 산업사회로, 산업사회에서 정보사회로, 정보사회에서 지식기반사회로 산업구조는 놀라운 속도로 변화하고 있지만 국내 건설 산업 및 건설기계 산업은 이미 다가온 지식기반사회에 대한 대비를 하지 못하고 있는 실정임. 보다 높은 생산성과 고부가가치 산업육성을 위해서는 ICT 기술과의 접목, 그리고 건설장비의 로봇화, 건설시공의 자동화와 인공지능을 탑재한 보다 혁신적인 솔루션이 필요한 시점임
	기술적	• 기존 포장방법의 경우, [초기측량➔말뚝설치➔스트링설치➔STA별 스트링 높이조절(레벨측량)➔피니셔 포장시공➔말뚝 및 스트링 유지관리] 의 복잡한 시공과정을 통해 진행되어 많은 측량과 인력, 시간이 소요되며 스트링설치시 수 km에 대한 레벨측량 오차 또는 측량원의 실수, 스트링 설치 후 관리미흡으로 인해 포장시공의 평탄성에 큰 영향을 미침 • 포장공사의 경우 종방향 평탄성이 매우 중요하지만 설계포장면에 대한 기준을 충족시키기 위한 별도의 포장방법 매뉴얼 또는 규정사항이 없고 피니셔 작업관리자의 경험치에 의한 시공방법에 의해 종평탄성을 확보하기 어려우며, 전구간 일률적인 평탄성을 확보하기 어려운 실정임 • 포장구간에 대한 3차원 설계데이터를 기준으로 고정밀 GPS를 통해 좌표 data를 수신하며, 해당되는 X, Y 좌표에 대한 포설높이값은 Laser 센싱을 통해 Reference String 설치없이 정밀한 포설두께 및 종평탄성을 확보할수 있는 기술임 • 인텔리전트 다짐롤러 기술은 기존 운전자의 경험 및 노하우를 기록할 수 있는 방법이 없어 다짐상태의 체계적인 기록이 없었으나 본 기술개발을 통해 다짐 장비별 다짐 장비 작동 상활을 실시간으로 기록하여 관리가 가능한 기술임 - 건설기계 자동화 시공을 통한 시공품질 확보 가능 - 고품질 도로구조물 건설을 통한 시설물 수명 연장 • 인텔리전트 다짐롤러 시스템은 개발된 단말기를 통해 다짐 시 각종 운용정보들의 관리가 자동화 되어 작업 및 품질관리의 효율성 확보로 도로관리 업무의 효율성이 획기적으로 개선될 것으로 기대됨 - 건설기계 자동화 시공을 통한 생산성 향상 효과
	경제적	• 본 포장시공 시스템은 Reference String 표식설치 및 레벨측량, 측량 및 설치인력 필요 없이 고정밀 GPS와 복합센서를 활용하여 포장설계면에 대해 정밀한 시공이 가능하기 때문에 시공전 준비에 따른 인력과 공사기간을 단축할 수 있음 • 측량 비용 감소, 시공효율 증가로 인한 공기 단축, 품질의 균일성 및 정확성 향상, 공사원가 절감, 시공 안전성 증대 등 종래 공법에 비해 높은 효율을 낼 것으로 기대됨 - 도로의 유지관리비용 절감을 통한 국가예산 절감 효과 - 작업 시 기술자의 혼선 방지를 통한 시간, 비용 절감 효과 • 국외 사례를 살펴보면 기존 방식과 인텔리전트 다짐롤러 기술을 비교해 보았을 때, 품질관리 비용과 작업시간을 단축시킴으로써 기존 방식 대비 작업효율성 약 30% 향상, 약 37%의 공사비용 절감이 가능
목표		• 고정밀 GPS와 첨단 센서 융합을 통해 사전측량 작업 및 표식설치 작업 없이 정밀 시공이 가능한 아스팔트 포장 시스템 개발 • 인텔리전트 컴팩션 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발을 통한 작업 효율 20% 향상
연구내용		• 국내외 아스팔트 포장 포설 및 다짐 장비 형식 및 장비, 포장 방법 분석 - 국외 현장 시공 장비 제조사별, 종류별 포장장비 시스템 분석 - 아스팔트 포장 포설 및 다짐 장비의 핵심 운용 기술 및 작업 프로세스 분석 - 아스팔트 포장의 현장 시공 관련 품질확인 절차 및 정밀도 확인 분석

	• 인텔리전트 컴팩션 설계 및 제작 - 인텔리전트 컴팩션 장비 운용 통합 컨트롤러 개발 - 고정밀 GPS 연동 시스템 개발 - 인텔리전트 컴팩션 장착 임베디드 디스플레이 개발 - 인텔리전트 컴팩션의 실시간 다짐도 관리를 위한 운용 SW 개발 - 인텔리전트 컴팩션의 실시간 다짐정보 전송을 위한 무선통신 모듈 개발 - 인텔리전트 컴팩션의 통합 제어 알고리즘 개발 - 인텔리전트 컴팩션 시스템 통합 및 디버깅 • 인텔리전트 컴팩션의 현장 시험 시공 적용 - 인텔리전트 컴팩션의 시제품 시험 적용 - 인텔리전트 컴팩션의 현장 적용 결과 분석 및 개선사항 검토 - 인텔리전트 컴팩션의 현장 시험 시공 적용 - 인텔리전트 컴팩션 시스템 개발 성과의 최종 보완 및 디버깅 - 개발 기술의 캘리브레이션 기술 개발 (제조사 별 장비 특성반영) • 인텔리전트 컴팩션의 품질기준 및 시방서 개발 - 해외 기준 대비 국내 현장 첨단 시공 시스템 비교 분석 - 국내 아스팔트 포장 시공 기준 및 체계 절차 조사 및 검토 - 인텔리전트 컴팩션의 현장 시공 관련 품질기준 및 적용 시방서 개발 - 국내 관련 건설 기준 및 시방서 반영 반영 마련 및 추진
최종 성과물	• RTK(Real Time Kinematics) 고정밀 GNSS 모듈 개발 • 3차원 설계 자료 컨버팅 프로그램 개발 • 인텔리전트 컴팩션의 실시간 포장두께 자동 계측 모니터 프로그램 개발 • 인텔리전트 컴팩션의 실시간 품질 측정을 위한 계측 모듈 및 구성 장치 개발 • 현장 포장 시공에 대한 Data 실시간 전송 App 개발 및 무선 통신 모듈 개발 • 인텔리전트 컴팩션 관련 시방 기준(안) 개발

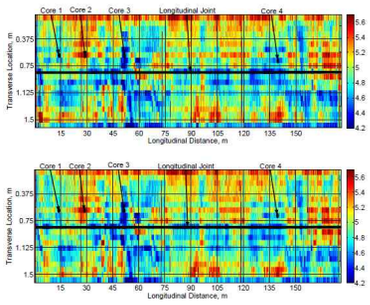


〈인텔리전트 다짐롤러 구성도〉

과제명		2-3 세세부 - 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용 기준 개발
연구개요		• IoT 융합 센서를 탑재한 현장 품질검사 장비로부터 아스팔트 시공 구간의 온도 및 다짐면의 연직변위를 측정·분석하여 시공 엔지니어에게 실시간 최적의 다짐 관리가 가능한 정보를 제공하는 기술 개발 • IoT 융합 센서로부터 획득된 정보를 바탕으로 시공 완료된 포장층의 다짐도에 대한 디지털 데이터 분석 기술 개발 • 아스팔트 포장의 현장 시공 중 다짐도에 따른 품질관리 대응 논리 개발
배경 및 필요성	정책적	• 정부는 4차산업혁명위원회의 논의를 거쳐 '혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획'을 발표하였으며 안전분야에서 노후 시설물 관리 스마트화를 명시 • 국토교통부에서는 도로포장의 시공품질 향상의 중요성을 인지하고 이를 위해 현장기술 중심의 품질관리 기준 및 시공 지침을 개발하는 연구과제를 수행 중 • 또한, 도로 정책의 일환으로 과학적 도로관리를 추진하여 자동화 조사장비를 활용, 도로의 과학적 분석을 통한 효율적 유지보수 기술 개발을 목표로 설정
	기술적	• 아스팔트 포장의 시공관리에 있어 다짐관리는 도로포장의 내구성에 가장 큰 영향을 미치는 요소임 • 아스팔트 포장의 다짐밀도는 시공현장의 대기 및 노면온도, 아스팔트 혼합물의 온도, 다짐장비 및 조건 등의 다양한 변수에 의해 영향을 받기 때문에 최대의 다짐밀도를 구현할 수 있는 최적의 다짐조건은 시공간적 변동 특성이 매우 큼 • 기존의 다짐관리는 대부분 현장 엔지니어의 경험적 판단에 의존하여 관리되고 있어 이러한 시공간적 변동 특성을 즉각적으로 반영한 과학적이고 체계적인 다짐관리는 현실적으로 매우 어려운 상황임 • 시공 현장에서는 아스팔트 혼합물 포설 및 다짐 시 온도 및 다짐횟수 등의 정보가 측정・기록되고 있으나 데이터가 제한적이고 해당 정보를 현장 엔지니어가 실시간으로 활용하는데 한계가 있고 시공 후 포장의 조기파손 발생 시 원인분석을 하는데 있어서도 어려움이 있음 • 본 연구에서는 열화상 카메라와 변위 측정 모듈이 장착된 현장 품질검사 장비를 활용하여 현장 시공 중 다양한 온도 정보와 노면의 연직 상대 변위를 측정·분석하여 최적의 다짐 조건을 도출하고 이를 현장 엔지니어에게 실시간으로 제공하여 시공 품질의 향상을 극대화 시키고자 함 • 아스팔트 포장 시공 후 현장 품질검사 장비로부터 획득한 각종 계측 디지털 정보를 사용하여 포장층의 3차원 프로파일(평탄성과 편구배)을 정량적으로 분석할 수 있는 기술 개발 • 기존의 포장 다짐밀도를 측정하기 위한 방법은 직접 코어를 채취하거나 현장 다짐 측정기(Pavement Quality Indicator, PQI)를 활용한 방법이 있으나 국부적인 다짐밀도를 산정 방법으로 전반적인 상태 평가가 불가능함
	경제적	• 선행연구에 따르면 다짐이 미흡하여 다짐밀도가 1% 상승하게 되면 아스팔트 포장의 공용수명은 약 10% 감소하는 것으로 나타남 • 본 연구를 통해 아스팔트 포장 시공관리가 과학적·체계적으로 이루어 질 경우 포트홀 및 균열과 같은 아스팔트 포장의 조기파손을 예방하여 전반적인 포장의 사용연한을 30% 이상 획기적으로 증대할 수 있을 것으로 기대되며 이를 통해 도로포장의 유지보수 비용을 기존 대비 30% 이상 절감할 수 있을 것으로 기대됨 • 또한 시공 완료 후 아스팔트 포장의 시공 품질을 자동으로 조사·분석할 수 있는 기술적 체계가 갖추어져 포장의 조기파손 가능성을 미리 예측할 수 있고 시공 중에도 다짐도 개선을 위한 기준 및 대응 방안을 마련하여 공용 수명의 증진이 기대됨
목표		• 대기 및 노면, 다짐온도(오차범위 ±3℃이내)를 측정 가능한 융합 센서를 장착한 현장 검사 장비 및 운영 기술 개발, 최적 다짐 조건 분석 소프트웨어 개발 • 현장 품질검사 장비의 융합 센서로부터 획득한 데이터를 사용하여 다짐 시공 중·후 노면의 다짐도를 분석할 수 있는 기술 개발 • 포장층의 다짐밀도를 분석할 수 있는 소프트웨어 개발

연구내용	• 아스팔트 도로 시공품질 관리를 위해 다짐온도를 측정 기법 개발 - 아스팔트 혼합물 및 포장의 온도 측정에 적합함 시스템 설계 및 구축 - 현장 실험을 통한 신뢰도 향상 및 데이터 확보 - 실시간 온도 측정 데이터 송출 시스템 개발 • 비파괴 다짐밀도 측정 시스템 설계 및 제작 - 아스팔트 포장 다짐밀도 측정에 적합한 시스템 설계 및 구축 - 반복 현장 실험을 통한 조사 신뢰도 및 데이터 확보 • 비파괴 시험장비를 활용한 아스팔트 포장의 다짐도 분석 기술 개발 - 기존 기술 동향 파악 - 비파괴 시험장비의 유전율 측정 기술을 활용한 다짐도 분석 기술 개발 - 실내 시험 다짐도 값을 이용한 개발 기술의 비교 검증 - 현장 검증을 통한 다짐도 분석 기술 수정 및 검증 - 센서의 반복 현장 실험을 통한 조사 신뢰도 및 데이터 확보 • 현장 시공 관리를 위한 현장 품질검사 장비의 운용 방안 제시 - 현장 품질검사 장비를 활용한 온도 및 다짐도 측정 매뉴얼 작성 - 현장 품질검사 장비를 활용한 품질관리 시스템 운용(안) 제시 - 시공 중·후 포장층의 다짐밀도 분석 기술 개발 • 실시간 최적 다짐조건 분석 소프트웨어 개발 - 현장조사 자료의 실시간 분석 및 가시화 기술개발 - 현장 엔지니어용 최적 다짐조건 정보제공 시스템 개발 및 검증
최종 성과물	• 아스팔트 포장의 시공 관리용 현장 품질검사 장비의 시작품 • 포장층의 다짐도분석 프로그램 • 다짐 온도 및 다짐도 분석을 통한 최적의 다짐 조건 분석 프로그램 • 현장 엔지니어 활용을 위한 최적 다짐관리용 모바일 애플리케이션 개발 • 비파괴 시험장비 데이터 분석을 통한 아스팔트 포장 다짐밀도 분석 프로그램

〈도로포장 시공관리〉

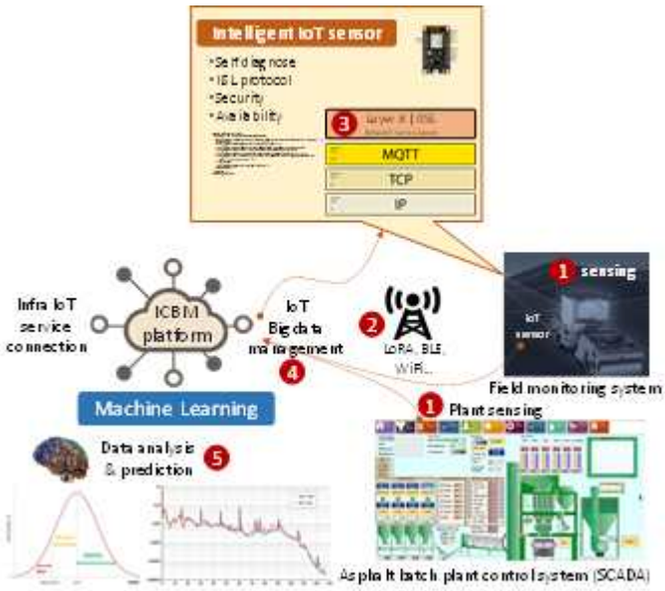


〈GPR을 활용한 다짐밀도 측정〉

● 3세부 : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

과제명		3-1 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술
연구개요		• 도로포장공사 현장 시공 장비, IoT 센서, 품질관리 장비, 모니터링 시스템 등 품질관리 관련 장비 및 시스템과 연계 및 서비스 개발 지원을 위한 플랫폼 기술
배경 및 필요성	정책적	• 국토부는 제4차 산업혁명 대응전략을 모색하기 위해 산학연 전문가와의 협업을 통해 추진 방향을 검토하여, '제4차 산업혁명 국토교통 발전포럼'을 구성해 대응전략을 발전시켜 나가고 있음(국토부, 2017) • 과학기술정통부에서 국민 안전과 직결되는 재난·재해 분야 및 생활안전 분야의 IT융합 기술혁신을 위한 R&D 투자, 현장 활용 지능화된 기술개발을 위한 연구지원 확대 중. 개방형 클라우드 플랫폼 생태계 확장 위한 R&D가 과기정통부 지원 하에 추진(정보통신산업진흥원, 2017) • '15년부터 IoT 플랫폼을 통해 다양한 도시 데이터를 수집·분석하여 문제를 해결하는 '스마트시티 실증단지' 사업 추진 중이나, 포장과 같은 인프라 시공 품질 관리에 대한 IoT 및 클라우드 플랫폼 지원 정책은 부족한 상황
	기술적	• 효과적인 포장품질 데이터 관리, 처리 및 공유를 위해, 포장품질관리에 특화된 데이터 취득, 처리, 관리에 적합한 인프라 IoT 클라우드 플랫폼 필요 • 아직, 대부분의 IoT 클라우드 플랫폼은 예측 가능한 건물 실내 환경 센서에서 취득된 데이터를 관리하는 것에 초점이 맞춰져 있음 • 실외 인프라와 같이 편차가 심한 환경에서 신뢰성이 있는 데이터 취득, 처리, 공유 및 관리를 위해서 인프라 Iot 클라우드 플랫폼 개발이 필요함 • 아울러, 인프라 데이터 및 서비스 연계를 통한 시스템 재활용 및 확장을 위해 서비스 연계 및 데이터 상호운용성을 지원하는 API 및 프로토콜 개발이 중요함
	경제적	• 인프라 품질관리 스펙과 특성을 지원하는 인프라 IoT 클라우드 플랫폼을 통해, 서비스 개발 시 재개발 비용 및 도입 시간을 단축시킬 수 있음 • 표준화된 인프라 IoT 프로토콜 기반 데이터 통신 및 서비스 연계를 통해, 시스템의 유지보수성과 재활용성이 높아짐 • 인프라 품질관리 서비스 시장 활성화에 도움을 줌
목표		• 포장품질관리 위한 IoT 센서-클라우드-서비스 연계 지원 플랫폼 개발
연구내용		• 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 동향 파악 - 도로포장 품질관리용 IoT 장치 기술 동향 조사/분석 - 도로포장 품질관리 데이터 가시화 기술 동향 조사/분석 - 도로포장 품질관리 플랫폼 동향 조사/분석 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 통신 프로토콜 - 인프라 IoT 통신 프로토콜 분석 - 도로포장 품질관리 IoT 통신 프로토콜 레이어 설계 - 도로포장 품질관리 IoT 통신 프로토콜 레이어 개발 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술 - 인프라 IoT 진단 기술 스펙 정의 - 인프라 IoT 진단 기술 스펙 개발 - 인프라 IoT 진단 기술 구현 및 검증 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 - 품질관리 목적에 따른 인프라 IoT 빅데이터 수집, 필터링 및 관리 기술 - 품질관리 목적에 따른 인프라 IoT 빅데이터 분석 기술 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술 - 인프라 IoT 진단 기술 스펙 정의(IoT 센서 취득 데이터의 가용 범위 설정)

	- 인프라 IoT 진단 기술 스펙 개발(IoT 센서 데이터 가용 범위 적용 방법 개발) - 인프라 IoT 진단 기술 구현 및 검증(IoT 센서 데이터 가용 범위 스팩 정의에 따른 진단 및 검증 기술 구현) • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 API (Application Program Interface) 및 서비스 연계 기술 - 인프라 IoT 클라우드 API 설계 - 인프라 IoT 클라우드 API 구현 - 인프라 IoT 클라우드-서비스 연계 규칙 정의 - 인프라 IoT 클라우드-서비스 연계 규칙 구현 - 인프라 IoT 클라우드-서비스 연계 모듈 개발
최종 성과물	• 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 통신 프로토콜 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 분석 기술 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 관리 기술 • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 API (Application Program Interface) • 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 서비스 연계 기술



〈도로포장공사 품질관리 관련 장비 및 시스템 연계 모식도〉

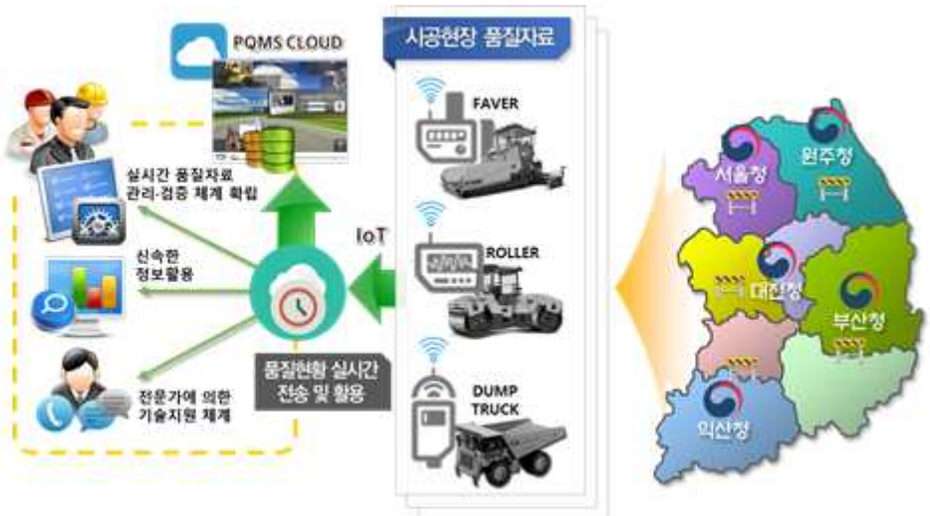
과제명		3-2 도로포장공사 공간정보 구축기술
연구개요		• 도로포장 현장 품질관리를 위한 공간정보 취득, 처리, 공유 및 관리를 위한 기술 개발
배경 및 필요성	정책적	• 국토부는 “공간정보 전용 클라우드 서비스 전략”을 통해 민·관이 함께 보다 나은 공간정보 산업 생태계를 조성할 수 있도록 노력하고 있음(공간정보 전용 클라우드 정책 포럼, 2017.9) • ‘제1차 국토교통 과학기술 연구·개발 종합계획 공청회’(2018)에서 국토교통 R&D는 향후 10년간 총 9조6000억원 예산을 투입해 4개 추진 전략에 맞춰 진행. 국토 공간 기술은 8대 핵심 과제 안에 포함되어 있음
	기술적	• 선진국을 중심으로 해외 건설현장 시공품질 관리 시 현장 품질 데이터를 공간정보와 연계해 활용하는 사례가 점차 많아지고 있음. • 특히, GIS, BIM과 같은 3차원 공간정보 모델과 외부 품질데이터를 연계한 모니터링, 분석 기술은 효과적인 현장 품질관리가 가능하도록 하여, 직관적인 공간정보 기반 품질데이터 모니터링, 시공구간 별 공사품질관리, 품질관리 기준에 못미치는 시공구역 모니터링 및 분석이 가능함 • 다만, 시공 현장의 공간정보는 현장에서 별도 측량과정이 필요하고, 높은 수작업 기반 공간정보 구축 비용이 추가되어, 기술을 적용하기가 어려움 • 현장의 포장 시공품질요소를 관리 시 필요한 공간정보 모델 구축을 위한, 비전 및 역설계 기반 공간정보 자동/반자동 구축 기술 개발이 필요함
	경제적	• 자율자동차, 스마트 건설, 스마트 시티의 기반인 공간정보 관련시장은 2020년 15조원으로 급성장할 것으로 예상됨. 국토교통부는 공간정보 융복합 신산업 창출과 역할 강화를 위해, 제 2차 공간정보산업 진흥 기본계획을 수립하고, 798억원 재원을 투입하고 있음 • 공간정보산업 진흥 기초연구에 따르면(한국국토정보공사, 2017), 세계 시장 대비해 미국은 40~50%, EU 25~30%이며, 한국은 3~4% 수준으로 시장의 중요성에 비해, 경쟁력이 낮음 • 건설 서비스 시장과 밀접한 관련이 있는 공간정보 기술 및 서비스 개발이 시급함
목표		• 도로포장공사 공간정보 구축기술 개발
연구내용		• 도로포장공사 공간정보 구축기술 동향 분석 - 도로포장공사 공간정보 구축을 위한 측위 기술 동향 분석 - 도로포장공사 공간정보 구축을 위한 스캔 기술 동향 분석 - 도로포장공사 공간정보 구축을 위한 비전 및 역설계 기술 동향 분석 - 도로포장공사 공간정보 자동 및 반자동 기술 스펙 정의 • 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 - 공간정보 스캔 기술 활용 프로세스 분석 - 공간정보 스캔 기술 활용 지침 분석 - 공간정보 스캔 기술 활용 지침 개발 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 - 공간정보 스캔-GIS 맵핑 기술 분석 - 공간정보 스캔-GIS 맵핑 기술 설계 - 공간정보 스캔-GIS 맵핑 기술 구현 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축 - 공간 속성 정보 데이터베이스 스키마 분석 - 공간 속성 정보 데이터베이스 스키마 설계 - 공간 속성 정보 데이터베이스 스키마 구현 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 - 공간 속성 정보 품질 검증 방법 분석 - 공간 속성 정보 품질 검증 기술 설계 - 공간 속성 정보 품질 검증 기술 구현 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술

	- 공간정보-ioT 연계 방법 분석 - 공간정보-ioT 연계 방법 설계 - 공간정보-ioT 연계 방법 구현 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 - 공간 속성 정보 데이터베이스 서버 구조 설계 - 공간 속성 정보 데이터베이스 서버 API 설계 - 공간 속성 정보 데이터베이스 서버 구현
최종 성과물	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버

〈공간정보 취득 및 처리, 공유 시스템 모식도〉

과제명		3-3 도로포장품질관리 서비스 기술
연구개요		• 클라우드 기반의 도로포장 품질자료 관리 기술과 IoT 기반 대용량 도로포장 품질 센싱 정보 저장 기술을 개발하고 모바일을 통해 도로포장 품질 정보를 실시간 모니터링하고 품질기준 이탈 자료에 대한 품질관리 담당자 알림을 통해 현시성 있는 도로포장 품지관리 이행 기술을 개발
배경 및 필요성	정책적	• 국토교통부는 2차 도로정비기본계획(2011~2020) 수립을 통해 도로의 중·장기 정비 계획을 수립하여 체계적 도로 건설 및 확장을 계획하고 있으며 그 대상은 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도 등 국토부에서 관리하는 도로 • 국토교통부는 일반국도의 설계수명 확보를 위해 건설공사품질관리지침, 아스팔트혼합물 생산 및 시공 지침 등 일반국도 도로포장에 대한 포장재료 생산 및 시공 단계에 대한 품질관리 제도를 시행하고 있음 • 시공현장에서는 품질관리 기준을 만족하는 형식적 서류 제출 수준에서 품질관리가 수행되고 있어 도로포장 품질관리 제도를 뒷받침할 품질기준 판정 도구 필요
	기술적	• 전국 시공현장에서 작성되는 품질자료는 대부분 엑셀파일로 작성되고 PDF 파일 형태로 작성되어 품질결과의 검증 및 도로포장 조기 파손 시 원인 규명 자료로 활용되지 못함 • 시고현장의 품질관리는 도로포장 재료와 시공 방법에 문제가 있어도 즉시 중지를 통한 시공 개선에 어려움이 있음. • 클라우드 기반의 도로포장 품질자료 관리로 도로포장 품질자료의 검증 및 조기 파손 원인 규명 등에 활용할 수 있는 품질자료 관리·활용 체계 필요 • IoT 기반 도로포장 품질관리 센싱 자료와 모바일 기반 실시간 품질자료 공유 기술 개발을 통한 품질기준 이탈 정보 발생 시 즉시 전파·조치가 가능한 실시간 품질관리 기술 필요
	경제적	• 도로포장 재료 및 시공 품질기준의 실시간 판단, 실시간 전파를 통한 도로포장재료 생산 및 시공 단계의 현시성 있는 품질관리로 도로포장 재료 재생산, 재시공에 따른 경제적 손실 최소화 • 실시간 도로포장 품질관리로 도로포장의 설계수명 확보를 통해 도로포장 공용년수 확보 및 국가 예산의 효율적 사용 • 기존 도로포장 품질관리 서류 작성의 전산화로 시공사, 생산회사, 감리의 서류 작성 소요 비용 감소 • 생산 및 시공 품질관리 자료가 IoT 기술을 활용하여 도로포장 품질관리 클라우드에 자동 취합 및 보고서 작성으로 품질자료 관리 비용 감소 • 도로포장 품질자료 전산화로 도로포장 조기 파손 시 품질 자료 검색 비용 감소 • 전체적인 품질 자료 관리 비용 감소
목표		• 클라우드 기반 도로포장 품질관리시스템 개발 및 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 기술 개발
연구내용		• 클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술 개발 - 도로포장 시공현장 별 공급원승인원, 배합설계 자료 관리 기술 - 도로포장 시공현장 별 생산 품질자료 관리 및 적합성 판단 기술 - 도로포장 시공현장 별 시공 품질자료 관리 및 적합성 판단 기술 - 품질관리 주체별 품질관리 정보 활용 기술 개발 - 배합설계 및 도로포장 시공 단계별 품질기준 관리 기술 • 모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술 개발 - 시공현장 별 스마트 센싱 시공 품질 자료의 실시간 확인 기술 개발 - 품질관리 주체(감독관, 시공사, 감리, 생산회사)별 맞춤형 품질관리 정보 제공 기술 개발 - IoT 기반 스마트 센싱 정보와 품질 기준 비교 분석을 통한 생산 및 시공 품질 적합성 판단 기술 개발 - 품질기준 이탈에 대한 품질관리 주체(감독관, 시공사, 감리, 생산회사) 별 전파 기술 개발 - 3-1세부 인프라 IoT 진단 기술과 연계하여 IoT 센서의 계측 가용 범위 이탈 여부를 실시

	간 모니터링하고 모바일 디바이스를 통해 표출 • IoT 기반 대용량 도로포장 품질자료의 효율적 DB 저장 기술 개발 - 시공현장에서 수집되는 대용량 스마트 센싱 품질 자료의 저장 기술 개발 - 대용량 도로포장 품질자료의 발주청, 시공현장, 시공사, 감리 별 분류·관리 기술 개발 • 도로포장 품질관리 원격 관리 기술 개발(WEB 및 Mobile) - 도로포장 생산 및 시공 품질관리 현황에 따른 품질관리 주체(감독관, 시공사, 감리, 생산회사) 별 원격 업무 지시 및 수신 기술 개발 • 도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질자료 관리 체계의 연동 기술 개발 - 도로포장 시공현장의 공간정보 표출 기술 개발 - 도로포장 시공현장 공간정보를 기반으로 하는 시각적 시공정보, 품질정보 제공 기술 개발 • 도로포장 품질관리 결과의 유지관리 단계 연계 기술 개발 - 도로포장 시공현장의 구간별 품질관리 자료의 도로포장 유지관리 단계로 연계 기술 개발 - 다양한 유관 시스템에서 품질관리 정보를 활용할 수 있는 표준 정보교환 포맷 개발
최종 성과물	• 클라우드 기반 도로포장 품질관리 시스템 • 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 어플리케이션 • IoT 기반 대용량 도로포장 품질자료 저장을 위한 데이터베이스 • 도로포장 품질관리 시스템과 현장 모바일 기기의 연동 기능 • 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 기능 • 도로포장 품질자료를 전파할 수 있는 품질자료 표준 포맷(XML 등)



〈클라우드 기간 도로포장 품질관리 시스템 모식도〉

5절 기술의 정의 및 기획연구의 범위

- 1세부에서는 콘크리트 포장의 생산 및 시공 과정에서의 품질확인(QA, Quality Assurance) 항목 선정 및 이들 항목에 IoT를 접목하기 위한 연구 개발, 시공 중 시공자와 감독자의 적정 시공 시기를 알 수 있는 기법을 개발하여 무선 통신으로 알려주는 기법 그리고 이들 기술에 대하여 향후 실무자가 수행하도록 매뉴얼 개발

- 2세부에서는 아스팔트 포장의 생산 및 시공 과정에서의 품질확인 항목 선정 및 이들 항목에 IoT를 접목하기 위한 연구 개발, 시공중 포장 품질의 성능을 향상시킬 수 있는 기법을 개발하여 무선 통신으로 보여주는 기법 그리고 이들 기술에 대하여 향후 실무자가 수행하도록 매뉴얼 개발

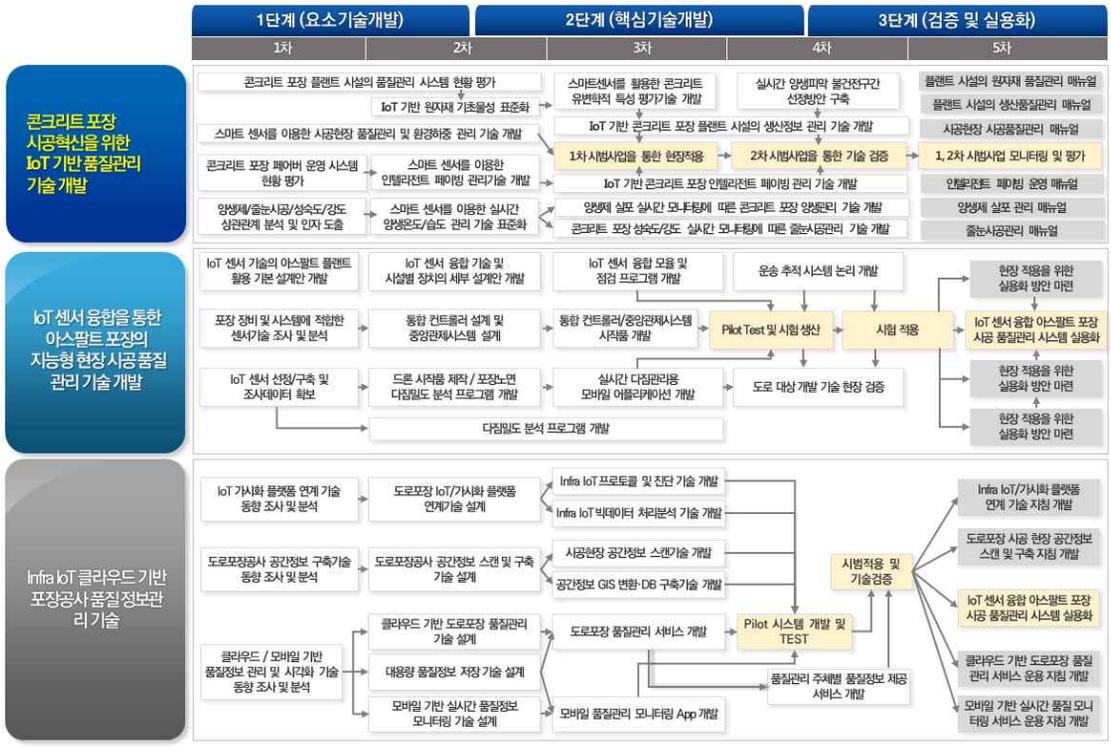
- 3세부에서는 1, 2세부에서 수행해야 하는 품질관리 절차별 항목에 대한 DB를 공간정보에서 구축되도록 시스템을 개발해야 하며, 시스템 개발은 단위 프로젝트 별 발주기관별로 구분해야 개발해야 함. 따라서, 1, 2세부 과제의 연구 성과가 매우 밀접하므로, 과제별 협업이 상당히 주요할 것으로 판단됨. 1, 2세부 매뉴얼을 통합하여, 지침 및 시방서 개발

〈기획연구 결과에 따른 비전 및 목표〉

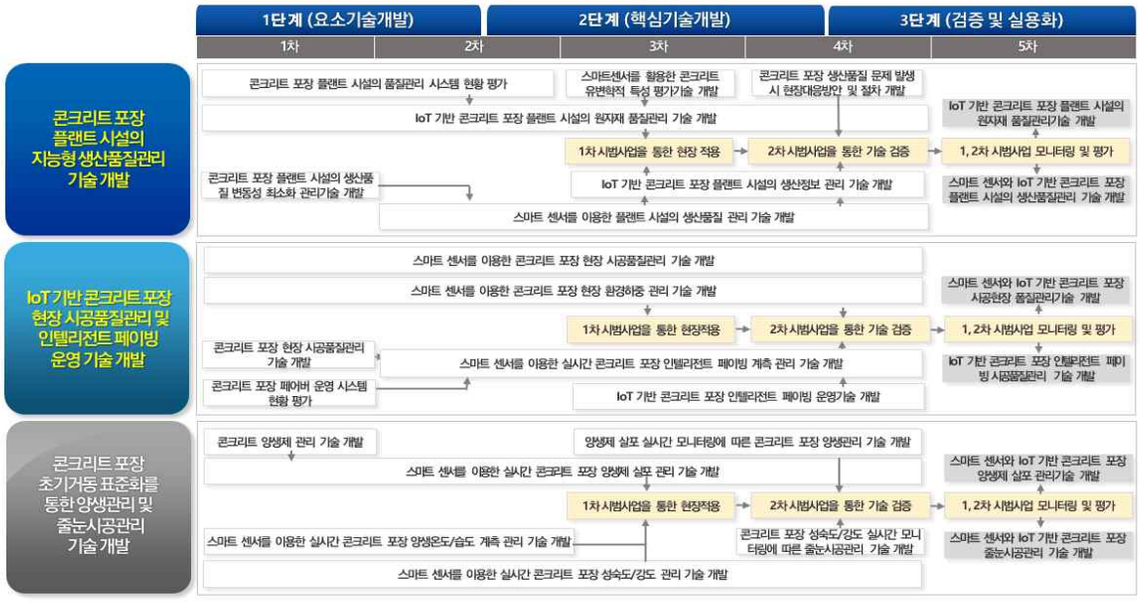
6절 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 기술로드맵

가. 총괄 기술 로드맵



나. 1세부 - 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발



● 1-1세세부 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질 변동성 최소화를 위한 관리 기술 개발	- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 관리 현황 및 생산설비 실태 조사 - 국내외 콘크리트 포장 원자재 품질관리 및 품질보증에 요구되는 기초물성/계측주기 검토 - 콘크리트 포장 원자재 품질과 콘크리트 포장 품질과의 상관관계 분석 - 콘크리트 포장 생산품질의 주요 변동인자 분석 - 콘크리트 포장 생산품질의 주요 변동인자의 계측 방안 표준화
2차년도	• 콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발	- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 시스템 개선사항 도출 - IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질시험 항목의 적용/미적용 구분 및 근거 설정 - 스마트 센서를 이용한 생산품질 주요 변동인자 측정 기술 표준화
3차년도	• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 기술 시험 적용 및 검증(1차) • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보관리 기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증(1차)	- IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질시험 모니터링 시스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 시험 적용 및 검증(1차) - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 주요 변동인자 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 혼합물 유변학적 특성 측정 기술 표준화 - 스마트 센서를 이용한 슬럼프 경시변화 및 공기량 측정 기술 표준화 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 모니터링 시스템 구축 - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(1차) - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증(1차)
4차년도	• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 기술 시험 적용 및 검증(2차) • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보관리 기술 개발 • 콘크리트 포장 생산품질 문제 발생 시 현장대응 방안 및 절차 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증(2차)	- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 주요 변동인자 모니터링 시스템 검증 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 모니터링 시스템 검증 - IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 기술 시험 적용 및 검증(2차) - 생산품질 주요 변동인자 모니터링에 따른 Big Data 분석기술 개발 및 신뢰도 검증 - 주요 변동인자의 영향에 따른 실시간 생산품질관리 방안 도출 - 실시간 현장대응 방안 매뉴얼 개발 - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(2차) - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증(2차)

연차	연구목표	연구내용
5차년도	• IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발	- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 - 1, 2차 현장 적용성 모니터링 및 분석

● 1-2세세부 - IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 현황 평가 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리기술 개발 • 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템 현황 평가	- 국내외 콘크리트 포장 시공현장 품질관리 및 품질보증에 요구되는 기초물성/측정주기 검토 - 시공현장 콘크리트 포장 품질관리 자료 관리방식 검토 - 시공현장 콘크리트 포장 기초물성과 공용성과의 상관관계 분석 - 스마트 센서를 이용한 환경하중 계측방안 표준화 - 국내외 콘크리트 포장 페이버 제조사별, 종류별 운영체계 비교 분석 - 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템과 공용성과의 상관관계 분석
2차년도	• 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리기술 개발 • 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템 현황 평가 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술 개발	- 스마트 센서를 이용한 시공현장 콘크리트 포장 기초물성 측정 기술 표준화 - 스마트 센서를 이용한 환경하중 계측방안 표준화 - 인텔리전트 페이빙의 주요 영향인자의 관리방안 표준화 - 인텔리전트 페이버의 계측 방안 표준화
3차년도	• 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증(1차) • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가(1차)	- IoT 기반 시공현장 콘크리트 포장 기초물성 모니터링 시스템 구축 - IoT 기반 시공현장 환경하중 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증(1차) - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 모니터링 시스템 구축 - 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙과 공용성과의 상관관계 도출 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가(1차) - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(1차)

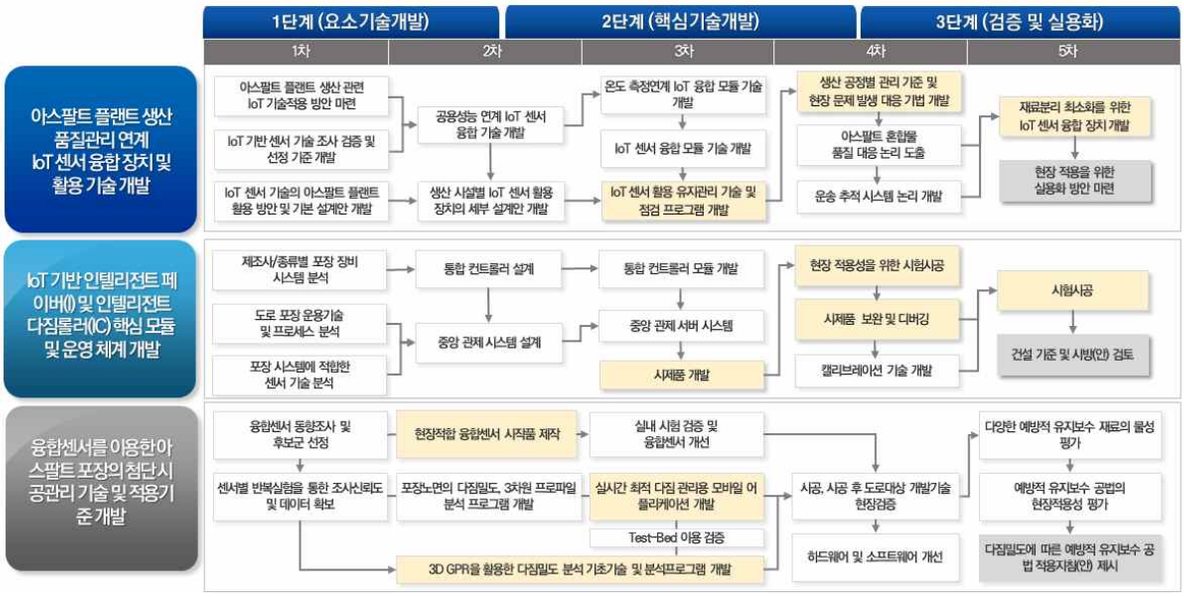
연차	연구목표	연구내용
4차년도	• 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증(2차) • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가(2차)	- IoT 기반 시공현장 콘크리트 포장 기초물성 모니터링 시스템 검증 - IoT 기반 시공현장 환경하중 모니터링 시스템 검증 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 모니터링 시스템 검증 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증(2차) - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가(2차) - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(2차)
5차년도	• 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 개발 • IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 개발	- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 개발 - IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 개발 - 1, 2차 현장 적용성 모니터링 및 분석

● 1-3세세부 - 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 콘크리트 포장 양생제 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발	- 콘크리트 포장 양생제 유형별 성능 비교 평가 - 스마트 센서를 이용한 양생제 살포 관련 인자 계측 방안 표준화 - 스마트 온도/습도센서를 이용한 콘크리트 포장 온도/습도 계측 방안 표준화 - 줄눈시공 관련인자와 콘크리트 포장 공용성과의 상관관계 분석
2차년도	• 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발	- 스마트 센서를 이용한 양생제 살포 관련 인자 계측 방안 표준화 - 스마트 온도/습도센서를 이용한 콘크리트 포장 온도/습도 계측 방안 표준화 - 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 방법 비교분석을 통한 최적 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 방안 표준화
3차년도	• 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • 양생제 살포 실시간 모니터링에 따른 콘크리트 포장 양생관리 기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장	- IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관련 인자 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증(1차) - IoT 기반 콘크리트 포장 양생온도/습도 모니터링 시

연차	연구목표	연구내용
	양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증(1차) • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발 • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증(1차)	스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 성숙도/강도 모니터링 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증(1차) - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(1차)
4차년도	• 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 • 양생제 살포 실시간 모니터링에 따른 콘크리트 포장 양생관리 기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증(2차) • 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발 • 콘크리트 포장 성숙도/강도 실시간 모니터링에 따른 줄눈시공관리 기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증(2차)	- IoT 기반 콘크리트 포장 양쟁제 살포 관련 모니터링 시스템 검증 - 품질관리기준, 허용값, 조치사항 등 실시간 양생제 살포 현장대응 방안 매뉴얼 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증(2차) - 품질관리기준, 허용값, 조치사항 등 실시간 줄눈시공관리 현장대응 방안 매뉴얼 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증(2차) - 현장 적용성 평가 및 경제성 분석(2차)
5차년도	• 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 개발 • 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 개발	- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 개발 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 개발 - 1, 2차 현장 적용성 모니터링 및 분석

다. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발



● 2-1세세부 - 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 국내외 아스팔트 플랜트의 품질관리 실태 및 계측 관련 기술 사례 분석 • IoT 기반 센서 기술 현황 조사를 통한 아스팔트 플랜트의 활용 방안 도출 및 기본 설계안 개발	• 국내 아스팔트 플랜트의 품질관리 문제점 및 개선 방안 도출 • 국내 아스팔트 플랜트의 생산 관련 계측 현황 및 생산 자동화 실태 조사를 통한 IoT 기술 적용 방안 마련 • 해외 아스팔트 플랜트의 품질관리 현황 및 자동화 관련 기술 조사 분석 • 국내외 아스팔트 플랜트의 자동화 계측 및 생산 시스템 현황 조사 분석 • 생산 시설별 품질관리 항목 및 국내외 기준 조사 분석을 통한 연구 아이디어 도출 • 생산 온도 및 골재 계량 연계 가능한 IoT 기반 센서 기술 조사 검증 및 선정 기준 개발 • IoT 센서 기술의 아스팔트 플랜트 활용 방안 및 기본 설계안 개발
2차년도	• 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목 결정 및 기준 개발 • 아스팔트 플랜트 생산 시설별 IoT 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계 개발 • 개발 IoT 센서 융합 기술의 활용성 및 장치 설계의 사용성 검증 분석	• 아스팔트 플랜트의 생산 공정 중 공용성능과 연계된 품질관리 항목의 자료 구축 방안 개발 • 아스팔트 플랜트 생산 중 골재 계량 및 온도 측정 등 공용 성능 연계 IoT 센서 융합 기술 개발 • 골재 공급 시설 및 퍼그밀 시설 등 생산 시설별 IoT 센서 활용 장치의 세부 설계안 개발 • 개발 기술의 활용성 및 설계안의 사용 검증 분석
3차년도	• 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 기반 센서 모듈 장치 및 운용 체계 개발	• 사용 골재 저장 및 이동 시설의 계량 연계 IoT 센서 융합 모듈 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
	• 아스팔트 플랜트 품질시험실의 주요 시험기에 대한 IoT 기반 센서 장치 개발 및 운용 매뉴얼 개발	• 드라이어 및 퍼그밀 시설 등 온도 측정 연계 IoT 센서 융합 모듈 기술 개발 • 아스팔트 플랜트 생산 관련 IoT 센서 융합 장치의 설치 및 운용 기준 등 유지관리 기술 및 점검 프로그램 개발 • 마샬시험기의 IoT 계측 센서 장치 개발 및 운용 기준 개발 • 기타 시험기의 IoT 계측 센서 장치 및 분석 프로그램 개발 • 품질시험실 시험기 운용 매뉴얼 개발 • 아스팔트 플랜트 대상 시험 적용 및 활용성 평가
4차년도	• 아스팔트 혼합물 생산 관련 품질관리 DB 구성 요소 도출 및 분석 기술 개발 • GPS 및 IoT 센서를 활용한 아스팔트 혼합물의 재료 분리 최소화를 위한 운반 차량 추적 시스템 기본 설계안 개발 • 아스팔트 플랜트 대상 시험 적용 및 개선 기술 개발	• 아스팔트 혼합물의 공용성능 관련 품질관리 구성 데이터 항목 결정 및 적정 품질 확보 평가 분석 논리 개발 • 아스팔트 혼합물 생산 품질 확보를 위한 각 생산 공정별 관리 기준 및 현장 문제 발생 대응 기법 개발 • 아스팔트 혼합물 운송 중 온도 및 골재 분리 최소화를 위한 품질 대응 논리 도출 및 현장 조치 기술 개발 • 운송 추적 시스템 개발 논리 및 주행 맵 설계안 개발 • 1차 현장 시험시공 적용
5차년도	• 아스팔트 혼합물 운반 차량 추적 시스템 구축 및 품질관리 기술 개발 • 아스팔트 플랜트 및 운송 시스템 대상 시험 적용 및 개선 기술 개발 • 실용화 방안 마련	• 최적 품질의 아스팔트 혼합물의 현장 공급을 위한 운송 트럭 추적 논리 및 주행 맵 완성 • 운송 트럭의 재료 분리 최소화를 위한 IoT 센서 융합 장치 개발 • 운송 추적 시스템의 시험 적용 및 개선 기술 개발 • 아스팔트 플랜트 대상 2차 시험 적용 및 개선 기술 개발 • 현장 적용을 위한 실용화 방안 마련

● 2-2세세부 - IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

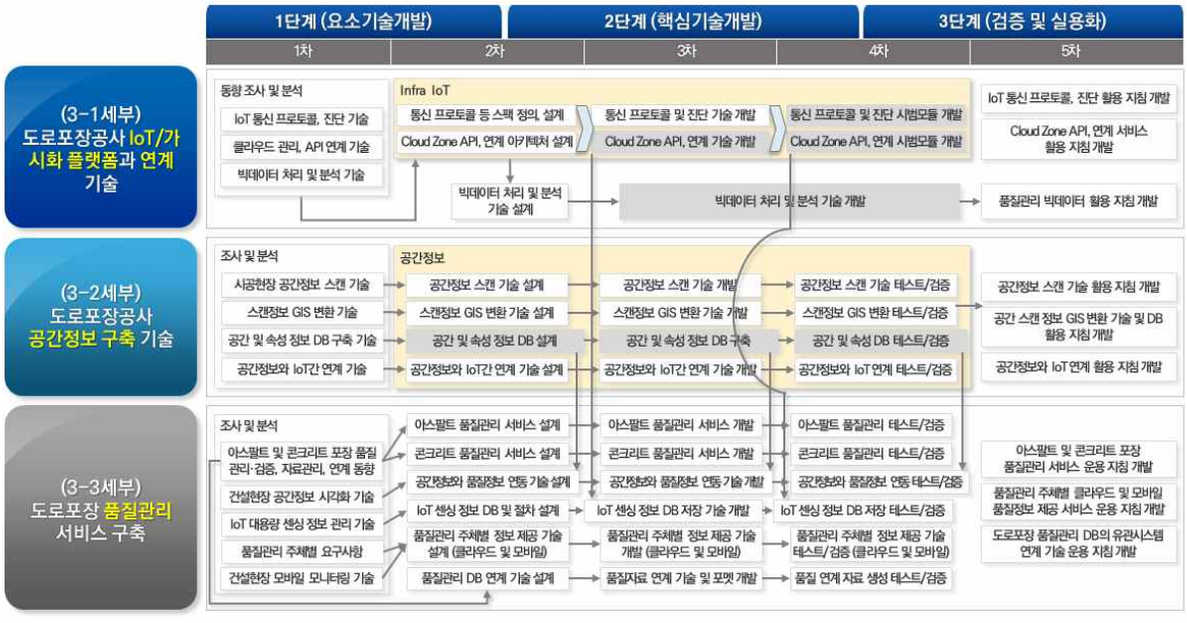
연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 국내외 아스팔트 포장 현장 포설 및 다짐 장비 형식 및 포장방법 분석 • 개발 제품 사양 정의	• 국외 장비 제조사별, 종류별 현장 포장 장비 시스템 분석 • 아스팔트 포장의 현장 장비 운용 기술 및 프로세스 분석 • 현행 아스팔트 포장의 다짐도 평가 방법 분석 • 아스팔트 포장의 현장 시공 시스템에 적용 가능한 IoT 기반 센서 기술 분석 • 통신 모듈 선정 및 각 모듈의 프로토콜 정의
2차년도	• 인텔리전트 페이버 시스템의 설계 및 시제품 제작	• RTK (Real Time Kinematics) GNSS 모듈 개발 • 일체형 GPS 기준국 및 분리형 GPS 안테나 개발 • 시스템 설계의 적합성 평가 및 개선 • 시제품 제작 및 테스트

연차	연구목표	연구내용
3차년도	• 인텔리전트 컴팩션 시스템의 설계 및 시제품 제작	• 인텔리전트 컴팩션 장비 운용 통합 컨트롤러 및 무선 통신 모듈 개발 • 인텔리전트 작업 궤적 추적을 위한 고정밀 GPS 연동 시스템 설계 • 인텔릴전트 컴팩션 장착 임베디드 디스플레이 개발 • 인텔리전트 컴팩션의 실시간 다짐도 관리 관리를 위한 운용 SW 개발 • 인텔리전트 컴팩션의 실시간 다짐정보 전송을 위한 무선 통신 모듈 개발 • 인텔리전트 컴팩션의 통합 제어 알고리즘 개발 • 인텔리전트 컴팩션 시스템의 통합 및 디버깅 • 시스템 설계의 적합성 평가 및 개선 • 시제품 제작 및 테스트
4차년도	• 인텔리전트 컴팩션의 통합 시스템 개발 및 적용성 평가	• 인텔리전트 컴팩션의 개발 시스템 시제품 시험 적용 및 보완 • 인텔리전트 컴팩션의 현장 적용 결과 분석 및 개선 사항 검토 • 인텔리전트 컴택션의 통합 운용을 위한 시스템 개발 • 인텔리전트 컴팩션 통합 시스템의 최종 보완 및 디버깅 • 개발 기술의 캘리브레이션 기술 개발
5차년도	• 인텔리전트 컴팩션의 개발 성과에 대한 시험 시공 적용 및 개선 • 인텔리전트 컴팩션의 현장 도입을 위한 품질기준 및 시방서 개발	• 해외 기준 대비 국내 현장 첨단 시공 시스템의 비교 분석 및 개선 방안 제시 • 국내 아스팔트 포장 시공 기준 및 체계 절차 조사 및 검토 • 국내외 아스팔트 포장의 현장 시공 관련 기준 및 지침 조사 • 인텔리전트 컴팩션의 현장 시공 관련 품질기준 및 적용 시방서 개발 • 국내 관련 건설기준 및 시방서 반영 방안 마련 및 추진

● 2-3세세부 - 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 아스팔트 포장 시공 관리 및 품질 계측을 위한 현장 검사 시스템 설계	• 시공 현장의 운용 가능한 IoT 융합 센서 장치 선정 및 활용 방안 마련 • 열화상 카메라, 계측 센서 선정 및 구축 • 다짐도 측정을 위한 시스템 기술 적용성 분석 및 검증 • 센서별 반복 현장 실험을 통한 조사 신뢰도 및 데이터 확보 • 센서별 데이터 분석 기술 동향 파악 • 현장 품질검사 시스템 설계
2차년도	• 아스팔트 포장의 시공 관리 및 품질 계측을 위한 품질검사 시스템의 시작품 제작 및 측정 데이터 분석 기술 개발	• 현장 품질검사 시스템의 장비 제작을 위한 센서 장착 기술 개발 및 운용 방안 마련 • 현장 품질검사 시스템 장비의 시제품 제작 • 유전율 측정 기술을 활용한 다짐도 분석 기초 기술 개발 • 다짐 시공 중 실시간 포장층의 다짐도 분석 프로그램 개발 • 현장 시공 관리를 위한 현장 품질검사 장비의 운용 방안 제시
3차년도	• 아스팔트 포장의 시공 관리 및 품질 계측을 위한 품질검사 시스템 장착 프로그램 개발 및 검증	• 아스팔트 포장의 다짐 온도 및 다짐도 분석을 통한 최적의 다짐 조건 분석 프로그램 개발 • 현장 엔지니어 활용을 위한 최적 다짐관리용 모바일 어플리케이션 개발 • 다짐도 분석 프로그램 개발 및 검증 • 시험 시공 적용 및 검증
4차년도	• 아스팔트 포장의 현장 품질검사 장비 시제품 제작 및 프로그램의 개발 현장 적용 및 검증	• 현장 품질검사 시험 장비의 시제품 개량 및 시험 검증 • 현장 품질검사 장비의 계측 자료 전송 모듈 및 분석 프로그램 개발 • 현장 품질검사 장비와 인텔리전트 시공 장비와의 통신 연계 체계 및 대응 논리 프로토콜 개발 • 개발 프로그램 현장 검증 및 개선 • 1차 현장 시험 시공 적용
5차년도	• 현장 시험 시공 적용 및 장비 보완	• 아스팔트 포장의 다짐도에 따른 공용 수명 분석 • 2차 현장 시험 시공 적용 및 보완 • 현장 품질검사 장비의 운용을 위한 기준 및 시방서 개발

라. 3세부 - Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술



● 3-1세세부 - 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술

연차	연구목표	연구내용
1차년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 동향 조사 및 분석	• 도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 동향 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 동향 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 클라우드 관리 기술, API (Application Program Interface), 서비스 연계 기술 동향 조사 및 분석
2차년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 설계	• Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 스펙 정의 • Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 설계 • Infra IoT 클라우드 관리 기술, API (Application Program Interface), 서비스 연계 모듈 아키텍처 설계
3차년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 개발	• Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 개발 • Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 개발 • Infra IoT 클라우드 관리 기술, API (Application Program Interface), 서비스 연계 기술 개발
4차년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 시범 시스템 개발 및 검증	• Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 시범 모듈 개발 • Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 시범 시스템 개발 • Infra IoT 클라우드 관리 기술, API (Application Program Interface), 서비스 연계 모듈 시범 개발 • 개발 시스템 검증
5차년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 지침 개발	• Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 활용 지침 개발 • Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 활용 지침 개발 • Infra IoT 클라우드 관리 기술, API (Application Program Interface), 서비스 활용 지침 개발

● 3-2세세부 - 도로포장공사 공간정보 구축기술

연차	연구목표	연구내용
1차년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 동향 조사 및 분석	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 스키마 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 • 도로포장공사 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술 조사 및 분석 • 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 조사 및 분석
2차년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 설계	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 설계 • 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 설계 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 스키마 설계 • 공간 및 속성 정보 품질 검증 스펙 정의 • 공간정보-IoT 연계 기술 설계 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 아키텍처 설계
3차년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 개발	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 개발 • 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 개발 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 개발 • 공간 및 속성 정보 품질 검증 모듈 개발 • 공간정보-IoT 연계 모듈 개발 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 개발
4차년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 시범 시스템 개발 및 검증	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 테스트 및 검증 • 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 테스트 및 검증 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 테스트 및 검증 • 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 테스트 • 공간정보-IoT 연계 기술 테스트 및 검증 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 테스트 및 검증
5차년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 지침 개발	• 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 활용 지침 개발 • 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 활용 지침 개발 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 활용 지침 개발 • 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 활용 지침 개발 • 공간정보-IoT 연계 기술 활용 지침 개발 • 공간 및 속성 정보 데이터베이스 활용 지침 개발

● 3-3세세부 - 도로포장품질관리 서비스 기술

연차	연구목표	연구내용
1차년도	아스팔트 및 콘크리트 포장의 도로포장 품질관리, 공간정보 등 시공현장 품질정보 시각화 동향 조사 및 분석	• 아스팔트 및 콘크리트 포장 공급원승인원, 배합설계, 생산 품질관리 동향 조사 및 분석 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 시공 품질관리 및 품질검증 동향 조사 및 분석 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 품질 자료 관리 동향 조사 및 분석 • 도로포장 품질관리 주체별 요구사항 조사 및 분석 • 도로포장 건설현장 공간정보 시각화 활용 동향 조사 및 분석 • IoT 기반 대용량 센싱 정보 저장 및 활용 기술 동향 조사 및 분석 • 건설현장 모바일 모니터링 기술 동향 조사 및 분석 • 도로포장 유지관리 단계 유관시스템 구축 및 운영 현황 조사 및 분석
2차년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 기술, 모바일 기반 실시간 현장 모니터링 기술 및 대용량 품질관리 정보 관리 기술 설계	• 아스팔트 및 콘크리트 포장 공급원승인원, 배합설계, 생산 품질 자료 관리 기술 설계 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 시공 품질관리 및 품질검증 자료 관리 기술 설계 • 도로포장 건설현장 공간정보 및 품질정보 연동 기술 설계 • IoT 기반 대용량 센싱 정보 저장 DB 및 절차 설계 • 품질관리 주체별 클라우드 및 모바일 기반 품질정보 제공 기술 설계 • 도로포장 시공현장과 품질관리 주체의 원격 연동 체계 설계 • 도로포장 품질관리 DB의 도로포장 유지관리 유관시스템 연계 기술 설계
3차년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스, 모바일 기반 실시간 현장 모니터링 서비스 및 대용량 스마트 센싱 품질 정보 관리 서비스 개발	• 아스팔트 및 콘크리트 포장 공급원승인원, 배합설계, 생산 품질 자료 관리 서비스 개발 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 시공 품질관리 및 품질검증 자료 관리 서비스 개발 • 도로포장 건설현장 공간정보 및 품질정보 연동 기술 개발 • IoT 기반 대용량 센싱 정보 실시간, 비실시간 수집 및 저장 기술 개발 • 품질관리 주체별 클라우드 및 모바일 기반 품질정보 제공 서비스 개발 • 도로포장 시공현장과 품질관리 주체의 원격 연동 서비스 개발 • 도로포장 품질관리 DB의 도로포장 유지관리 유관시스템 연계 기술 개발
4차년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스, 모바일 기반 실시간 현장 모니터링 서비스 및 대용량 스마트 센싱	• 아스팔트 및 콘크리트 포장 공급원승인원, 배합설계, 생산 품질 자료 관리 서비스 시범운영 및 검증 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 시공 품질관리 및 품질검증

연차	연구목표	연구내용
	품질 정보 관리 서비스 시범운영 및 검증	자료 관리 서비스 시범운영 및 검증 • 도로포장 건설현장 공간정보 및 품질정보 연동 기술 시범운영 및 검증 • IoT 기반 대용량 센싱 정보 실시간, 비실시간 수집 및 저장 기술 시범운영 및 검증 • 품질관리 주체별 클라우드 및 모바일 기반 품질정보 제공 서비스 시범운영 및 검증 • 도로포장 시공현장과 품질관리 주체의 원격 연동 서비스 시범운영 및 검증 • 도로포장 품질관리 DB의 도로포장 유지관리 유관시스템 연계 기술 및 표준 포맷 검증
5차년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 운용 지침 개발	• 아스팔트 및 콘크리트 포장 공급원승인원, 배합설계, 생산 품질 자료 관리 서비스 운용 지침 개발 • 아스팔트 및 콘크리트 포장 시공 품질관리 및 품질검증 자료 관리 서비스 운용 지침 개발 • 품질관리 주체별 클라우드 및 모바일 기반 품질정보 제공 서비스 운용 지침 개발 • 도로포장 품질관리 DB의 도로포장 유지관리 유관시스템 연계 기술 운용 지침 개발

2. 성과로드맵

가. 1세부 - 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

● 1-1세세부 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질 변동성 최소화를 위한 관리 기술 개발	콘크리트 포장 생산품질의 주요 변동인자 계측 방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
2차 년도	콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가	콘크리트 포장 플랜트 시설의 시스템 개선사항 도출	①	개선사항 도출	1건	작성여부	보고서
	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 원자재 품질시험 항목의 적용/미적용 구분 및 근거 설정	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
3차	IoT 기반 콘크리트	IoT기반 콘크리트	①	특허출원	1건	출원여부	출원증

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
년도	포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 기술 개발	포장 원자재 품질시험 모니터링 시스템 구축					
	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 주요 변동인자 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장 적용 여부	1건	적용 여부	보고서
4차 년도	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발	콘크리트 포장 기초물성 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발	생산품질 주요 변동인자 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장적용 여부	1건	적용 여부	보고서
5차년도	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발	콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성 여부	매뉴얼
	스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산 품질관리 기술 개발	콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성여부	매뉴얼

구분	목표		1-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				3/0		0/3	3/3
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급			1	1	1	3
		비SCI(E)급		1	1	1	1	4
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		2	2	2	2	2	10
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						2	2
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		2	2	2	2	2	10
	전문인력양성			1	1	1	1	4
	연구개발 관련 홍보						1	1
	기타 목표							

● 1-2세세부 - IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인테리전트 페이빙 운영 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발	스마트 센서를 이용한 환경하중 계측방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
2차 년도	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발	스마트 센서를 이용한 시공현장 콘크리트 포장 기초물성 측정 기술 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
	콘크리트 포장 페이버 운영 시스템 현황 평가	인텔리전트 페이버의 계측 방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
3차 년도	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발	IoT 기반 시공현장 콘크리트 포장 기초물성 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발	IoT 기반 시공현장 환경하중 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술	IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장 적용 여부	1건	적용 여부	보고서
4차 년도	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발	콘크리트 포장 기초물성 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발	시공현장 환경하중 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트	인텔리전트 페이빙 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장적용 여부	1건	적용 여부	보고서
5차 년도	스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 개발	시공현장 콘크리트 포장 시공품질관리 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성 여부	매뉴얼
	IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 개발	콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성 여부	매뉴얼

구분	목표		2-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				3/0		0/3	3/3
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급		1	1			2
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		2	2	2	2	2	10
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						1	1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수							
	국내학협회지 기술기사					1		1
	자문회의 개최		2	2	2	2	2	10
	전문인력양성		1	1	2	2	2	8
	연구개발 관련 홍보						1	1
	기타 목표							

● 1-3세세부 - 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발	대기 및 콘크리트 포장 온도/습도 게측 센서 비교분석을 통한 최적 스마트 온도/습도센서 표준화	①	센서 선정	1건	선정여부	보고서
2차 년도	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술	스마트 센서를 이용한 양생제 살포 관련인자 계측 방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포자 양생온도/습도 계측 관리 기술	스마트 온도/습도센서를 이용한 콘크리트 포장 온도/습도 계측 방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술	코크리트 포장 성숙도/강도 예측 방법 비교분석을 통한 최적 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 방안 표준화	①	표준화	1건	작성여부	보고서
3차 년도	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술	IoT 기반 콘크리트 포장 양새제 살포 관련인자 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 양생온도/습도 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술	IoT 기반 콘크리트 포장 성숙도/강도 모니터링 시스템 구축	①	특허출원	1건	출원여부	출원증

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장 적용 여부	1건	적용 여부	보고서
4차 년도	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술	양생제 살포 관련 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술	성숙도/강도 관련 모니터링 검증	①	평가결과	1건	작성여부	보고서
	현장적용성 평가	현장적용	①	현장 적용 여부	1건	적용 여부	보고서
5차 년도	스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술	양생제 살포 관리 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성 여부	매뉴얼
	스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술	줄눈시공관리 매뉴얼	①	매뉴얼	1건	작성 여부	매뉴얼

구분	목표		2-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				3/0		0/3	3/3
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급		1	1			2
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		2	2	2	2	2	9
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						1	1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수							
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		2	2	2	2	2	10
	전문인력양성			1	1	1	1	4
	연구개발 관련 홍보							
	기타 목표							

나. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발

● 2-1세세부 - 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	아스팔트 플랜트 IoT 센서 융합 기본 설계안	IoT 센서 선정 기준 및 구축 설계안 제시	①	설계안	설계안	설계안 제시 여부	보고서
2차 년도	아스팔트 플랜트 계측 항목 기준	아스팔트 플랜트 계측 항목 기준 제시	①	구성 센서 기준	기준	기준 제시 여부	보고서
	아스팔트 플랜트 생산 시설별 IoT 센서 융합 장치 설계안	시설별 IoT 센서 융합 장치 설계안 개발	①	장치 설계안	설계서	설계서 제시 연구	보고서
3차 년도	아스팔트 플랜트 생산 시설별 IoT 센서 융합 장치	시설별 IoT 센서 융합 장치 개발	①	특허 출원	1건	출원 여부	특허출원증
	품질시험실 시험기 IoT센서 장치	시험기별 IoT 센서 장치 개발	①	특허 출원	1건	출원 여부	특허출원증
4차 년도	아스팔트 혼합물 현장 운반 차량 추적 시스템 설계안	운반차량 추적 시스템 및 장치 설계안 개발	①	특허 출원	1건	출원 여부	특허출원증
	아스팔트 플랜트 현장 적용성 검증 (시험 적용)	현장 시험 운용	①	현장 적용 여부	2건	적용 여부	보고서
5차 년도	아스팔트 플랜트 현장 현장 적용성 검증(시험 적용)	현장 시험 운용	①	현장 적용 여부	2건	적용 여부	보고서
	운송 추적 시스템 현장 적용성 검증(시험 적용)	현장 시험 운용	①	현장 적용 여부	1건	작성 여부	보고서
	아스팔트 플랜트 생산 시설별 IoT 센서 융합 장치	시설별 IoT 센서 융합 장치	①	특허 등록	1건	등록여부	특허증

구분	목표		2-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				2/0	1/2	0/1	3
	소프트웨어 등록건수				1	1		2
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1	2	4
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급		1	1	1	1	4
기타 지표	정책성과	정책제안				1		1
		정책채택					1	1
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		1	2	2	1	1	7
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						2	2
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		5	2	2	2	2	13
	전문인력양성							
	연구개발 관련 홍보						1	1
	기타 목표							

● 2-2세세부 - IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	인텔리전트 시스템 운용보고서	시스템 구성요소 파악 및 운용기술	①	분석 보고서	1건	보고서 작성여부	보고서
	평가기법 조사	적합한 평가지표 선정	②	평가기술	1건	보고서 작성여부	보고서
	제품 사양서	개발제품 사양정의	③	제품사양서	1건	보고서 작성여부	보고서
2차 년도	인텔리전트 시스템설계서	구성요소별 제품설계서	①	제품 설계서	6건	제품 설계서 확인	보고서
3차 년도	인텔리전트 시스템 제작	통합컨트롤러	①	시제품	1건	시제품 확인	시제품
		GPS연동시스템	②	시제품	1건	시제품 확인	시제품
		임베디드 디스플레이	③	시제품	1건	시제품 확인	시제품
		무선통신모듈	④	시제품	1건	시제품 확인	시제품
		통합제어 알고리즘	⑤	보고서	1건	보고서 작성여부	보고서
		다짐관리 운용 SW개발	⑥	SW등록	1건	등록증	SW등록증
4차 년도	인텔리전트 시스템 통합 테스트	실험실 테스트 및 캘리브레이션 기술	①	테스트 보고서	1건	적용여부	테스트 보고서
	중앙관제 시스템	시스템 제작	②	SW등록	1건	등록증	SW등록증
5차 년도	현장 적용성 검증(시험시공)	시험시공	①	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
	시방기준 방안수립	지침	②	지침(안)	1건	작성여부	지침

구분	목표		2-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록			1/0	1/0		0/2	2
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1	1	3
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급			1	1	1	3
		비SCI(E)급		1	2	2	1	6
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수			2	2	2	1	7
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						1	1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		5	2	2	2	2	13
	전문인력양성							
	연구개발 관련 홍보						1	1
	기타 목표							

● 2-3세세부 - 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	아스팔트 포장 현장 품질검사 시스템 설계	활용 IoT 융합 센서 설계	①	센서 설계	1건	실험검증	보고서
		다짐도 측정용 장비 설계	①	센서 설계	1건	실험검증	보고서
2차 년도	현장 품질검사 시스템 시제품 제작 및 데이터 분석 기술 개발	현장 품질검사 시스템 시제품	①	시제품	1건	실험검증	보고서
		측정 데이터 분석 기술	②	분석 기법	70% 이상 정확도	실험검증	보고서
3차 년도	아스팔트 포장 현장 품질검사 시스템 장착 프로그램 개발 및 검증	최적 다짐조건 분석 프로그램	①	오차범위 (온도, 변위)	±3℃ ±1mm 이내	실대형 실험검증	보고서 동영상
		실시간 다짐관리 어플리케이션	②	정확도	90% 이상 정확도	실대형 실험검증	보고서 동영상
		다짐도 측정 프로그램 개발	③	오차율 (다짐도)	±4% 이내	실대형 실험검증	보고서 동영상
4차 년도	현장 품질검사 장비 시제품 제작 및 현장 검증	장비 시제품	①	시제품	우수	현장검증	현장시연
		시제품 현장 검증	②	오차율	±5% 이내	현장검증	현장시연
5차 년도	현장 검증	분석 및 수정 기법	②	정확도	1건	실험검증	보고서

구분	목표		2-3세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				1/0	1/1	1/1	2/2
	소프트웨어 등록건수				1	1		2
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급		1	2	2		5
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		2	2	2	2	1	9
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						2	2
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수							
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		2	1	1	1		5
	전문인력양성		1	1	1			3
	연구개발 관련 홍보				1	1		2
	기타 목표							

다. 3세부 - Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

● 3-1세세부 - 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 동향 조사 및 분석	Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 동향 조사 및 분석	①	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
		Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 동향 조사 및 분석	②	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
		Infra IoT 클라우드 관리 기술, API 서비스 연계 기술 동향 조사 및 분석	③	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
2차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 설계	Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 스펙 정의	①	프로토콜 정의서	1식	작성여부	프로토콜 정의서
		Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 설계	②	설계서	1식	작성여부	설계서
		Infra IoT 클라우드 관리 기술, API 서비스 연계 기술 설계	③	설계서	1식	작성여부	설계서
3차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 개발	Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 개발	①	시제품	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
		Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 개발	②	시제품	내부 실험 및 검증	시제품 확인	시제품
		Infra IoT 클라우드 관리 기술, API 서비스 연계 기술 개발	③	시제품	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
4차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 시범 시스템 개발 및 검증	Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 모듈 개발	①	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 시범 시스템 개발 및 검증	Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 시스템 개발	②	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
		Infra IoT 클라우드 관리 기술, API 서비스 연계 모듈 개발	③	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
5차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 지침 개발	Infra IoT 통신 프로토콜, 진단 기술 활용 지침 개발	①	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		Infra IoT 빅데이터 처리 및 분석 기술 활용 지침 개발	②	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		Infra IoT 클라우드 관리 기술, API 서비스 활용 지침 개발	③	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)

구분	목표		3-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				1/0		1/1	2/1
	소프트웨어 등록건수			1	1	2		4
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급					1	1
		비SCI(E)급		1		1		2
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수						1	1
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수					1		1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		1			1		2
	전문인력양성							
	연구개발 관련 홍보					1	1	2
	기타 목표							

● 3-2세세부 - 도로포장공사 공간정보 구축기술

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 동향 조사 및 분석	도로포장 시공현장 공간정보 스캔 및 GIS 변환 기술 조사 및 분석	①	분석 보고서	1건	작성여부	보고서
		공간 및 속성 정보 DB 스키마 조사 및 분석	②	분석 보고서	1건	작성여부	보고서
		공간 및 속성 정보 품질 검증 및 IoT 연계 기술 조사 및 분석	③	분석 보고서	1건	작성여부	보고서
2차 년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 설계	도로포장 시공현장 공간정보 스캔 및 GIS 변환 기술 설계	①	설계서	1식	작성여부	설계서
		도로포장 시공현장 공간 및 속성 정보 DB 스키마 설계	②	설계서	1식	작성여부	설계서
		공간 및 속성 정보 품질 검증 스팩 정의 및 IoT 연계 기술 설계	③	설계서	1식	작성여부	설계서
3차 년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 개발	도로포장 시공현장 공간정보 스캔 및 GIS 변환 기술 개발	①	시제품	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
		도로포장 시공현장 공간 및 속성 정보 DB 구축	②	시제품	내부 실험 및 검증	시제품 확인	시제품
		공간 및 속성 정보 품질 검증 및 IoT 연계 모듈 개발	③	시제품	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
4차 년도	도로포장공사 공간정보 구축기술 시범 시스템 개발 및 검증	도로포장 시공현장 공간정보 스캔 및 GIS 변환 모듈 테스트 및 검증	①	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
		도로포장 시공현장 공간 및 속성 정보 DB 테스트 및 검증	②	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
		공간 및 속성 정보 품질 검증 및 IoT 연계 모듈 테스트 및 검증	③	시범현장 적용 및 검증	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
5차 년도	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 지침 개발	도로포장 시공현장 공간정보 스캔 및 GIS 변환 기술 활용 지침 개발	①	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		도로포장 시공현장 공간 및 속성 정보 DB 활용 지침 개발	②	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		공간 및 속성 정보 품질 검증 및 IoT 연계 기술 활용 지침 개발	③	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)

구분	목표		3-2세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				1/0		1/1	1/1
	소프트웨어 등록건수					2		2
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급			1	1		2
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수			1			1	2
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						1	1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		1	1	1	1		4
	전문인력양성				1			1
	연구개발 관련 홍보					1		1
	기타 목표							

● 3-3세세부 - 도로포장 품질관리 서비스 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	도로포장 품질 관리 기술 및 시공 현장 및 품질 정보 시각화 동향 조사 및 분석	도로포장 품질 관리 및 검증 동향 조사 및 분석	①	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
		도로포장 품질 주체별 요구 조사 및 분석	②	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
		IoT 대용량 센싱 데이터 저장/활용 기술 동향 조사 및 분석	③	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
		건설현장 모바일 기술 동향 조사 및 분석	④	동향조사 보고서	1건	작성여부	보고서
2차 년도	클라우드·모바일 기반 실시간 품질관리 및 모니터링 기술 설계	도로포장 시공 품질자료 관리 및 검증 기술 설계	①	시스템 구축 설계서	1식	작성여부	설계서
		품질 주체별 클라우드 및 모바일 기반 품질정보 활용 기술 설계	②	시스템 구축 설계서	1식	작성여부	설계서
		도로포장 건설현장 공간정보와 품질정보 연동 기술 설계	③	시스템 구축 설계서	1식	작성여부	설계서
		대용량 IoT 센싱 자료 관리용 DB 설계	④	시스템 구축 설계서	1식	작성여부	설계서
3차 년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 및 모바일 기반 실시간 시공현장 모니터링 서비스 개발	시공현장별 도로포장 품질 및 검증 자료 관리 서비스 개발	①	시제품 개발 /SW등록	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
		시공현장별 공간 및 품질 정보 제공 서비스 개발	②	시제품 개발 /SW등록	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
		IoT 기반 대용량 센싱 자료 수집 및 저장 기술 개발	③	시제품 개발	내부 실험 및 검증	시제품 확인	시제품
		품질 주체별 클라우드 및 모바일 기반 실시간 품질정보 제공 서비스 개발	④	시제품 개발	내부 실험 및 검증	소프트웨어 등록	시제품
4차 년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 및 모바일 기반 실시간 시공현장 모니터링 서비스 시범 적용	시공현장별 도로포장 품질 및 검증 자료 관리 서비스 시범적용	①	시공현장 시범적용	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
		시공현장별 공간 및 품질 정보 제공 서비스 시범적용	②	시공현장 시범적용	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
		IoT 기반 대용량 센싱 자료 수집 및 저장 기술 시범적용	③	시공현장 시범적용	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
		품질 주체별 클라우드 및 모바일 기반 실시간 품질정보 제공 서비스 시범적용	④	시공현장 시범적용 SW등록	시범적용	시범현장별 적용	결과보고서
5차 년도	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 및 모바일 기반 실시간 시공현장 모니터링 서비스 운용 지침 개발	클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 운용 지침 개발	①	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		모바일 기반 도로포장 실시간 모니터링 서비스 운용 지침 개발	②	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)
		도로포장 품질관리 DB의 도로포장 유지관리 유관시스템 연계 지침 개발	③	지침(안)	1건	자문회의	지침(안)

구분	목표		3-3세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록				1/0		1/1	1/1
	소프트웨어 등록건수					3		3
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				1	1		2
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	1	2
		비SCI(E)급		1		1		2
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수				1		1	2
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수							1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최			1	1	1		3
	전문인력양성				1	1		2
	연구개발 관련 홍보					1	1	2
	기타 목표							

7절 기술효과 및 성과 활용 방안

세부과제	세세부과제	목표 성과물	최종 수요처	사업화 및 실용화 방안
콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발	1-1 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품 질관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 고도화 기술 개발	• 건설시공사 • 조달청 • 지자체 • 한국도로공사 • 국토교통부 각 지방청	• 포장용 콘크리트 제조를 위한 배치플랜트 설비사양 활용 • 포장용 레미콘 품질관리 지침 활용
	1-2 IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리기술 개발 IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발	• 국토교통부 • 지자체 • 도로공사 • 기업체 등 • 도로 포장 관련 연구 기관	• 개발된 인텔리전트 페이버 자동화 계측 시스템 현장 성능 평가 후 시스템 및 관리지침 제공 • 현장 시험시공을 통한 평가 후 국내 자체 사업 및 해외 공사 수행에 운영기술 및 지침 제공
	1-3 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발	IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술	• 국토교통부 각 지방청 • 지자체 • 한국도로공사 • 기업체	• 콘크리트 포장 시공 시 공용성 향상 방안으로 활용
IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발	2-1 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발	아스팔트 플랜트 생산 시설별 운용 IoT 센서 장치 및 운영 기준 아스팔트 혼합물 현장 운송 품질관리 장치 및 추적 시스템	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 광역단위지자체 • 토지주택공사 • 한국아스콘 조합연합회 • 민간기업	• 시설별 장착 센서 장치 기술 이전 • 센서 운용 체계 기술 이전 • 운송 시스템 기술 이전 • 국토교통부 등과 상용화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도
	2-2 IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발	인텔리전트 다짐롤러의 다짐밀도 확보를 위한 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 지자체 • 도로관리부처	• 한국도로공사 상용화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도 • 설치 및 활용 매뉴얼 배포 • 시방기준(안) 마련 • 해외 공사수주 경쟁력 향상에 활용 가능
	2-3 IoT 센서 융합 기술을 활용한 아스팔트 포장의 첨단 시공 관리 기술 및 적용 기술 개발	IoT 융합센서 탑재 현장 품질관리 시스템 장치 및 분석 프로그램	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 지자체 • 민간기업	• 국토교통부 및 한국도로공사 상용화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도

세부과제	세세부과제	목표 성과물	최종 수요처	사업화 및 실용화 방안
		다짐 관리 장치 및 프로그램		• 국토교통부 등과 정책적 활성화 방안을 수립하여 민간기업의 도입을 적극 추진 • 시방기준(안) 마련 • 해외 공사수주 경쟁력 향상에 활용 가능
Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	3-1 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계 기술	Infra IoT 통신 프로토콜	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 장치 기업체 상용화 및 현장 적용
		Infra IoT 진단 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 장치 기업체 상용화 및 현장 적용
		Infra IoT 빅데이터 처리/분석 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 빅데이터 처리/분석 서비스 기관 시장 확보
		Infra IoT 클라우드 관리 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 클라우드 관리 서비스 기업/기관 시장 확보
		Infra IoT 클라우드 API (Application Program Interface)	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 공공 및 민간 서비스 개발사 API 사용 라이센스 시장 개발
		Infra IoT 서비스 연계 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• Infra IoT 공공 및 민간 연계 서비스 개발 시장 확보
	3-2 도로포장공사 공간정보구축 기술	도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 도로포장공사 현장 공간정보의 효율적인 작업을 위한 스캔 지침 제공을 통해 시장 활성화
		공간정보 스캔-GIS 변환 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 스캔-GIS 변환 작업의 반자동/자동화 솔류션 개발
		공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 공간 및 속성정보 데이터베이스 시스템 개발
		공간 및 속성 정보 품질 검증 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 공간 및 속성정보 품질 검증 솔류션 개발
		공간정보-IoT 연계 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 공간정보-IoT 연계 솔류션 개발

세부과제	세세부과제	목표 성과물	최종 수요처	사업화 및 실용화 방안
		공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 공간 및 속성정보 데이터베이스 서버 개발
	3-3 도로포장품질관리 서비스 기술	클라우드 기반 도로포장 품질 자료 관리 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 시공현장별 표준화된 도로포장 품질관리 체계의 운용
		모바일 기반 도로포장 품질관리 현황 모니터링 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 발주청, 시공사, 감리가 시공현장의 품질관리 현황을 실시간 모니터링
		IoT 기반 대용량 도로포장 품질 자료의 효율적 DB 저장 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 시공 현장 품질정보의 실시간 취득·활용 기반 운영
		도로포장 품질관리 원격 관리 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 감독자와 시공현장 간 도로포장 시공 품질관리 원격 의사전달 채널 운용
		도로포장 시공현장 공간정보와 도로포장 품질자료 관리 체계의 연동 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 도로포장 품질관리 정보를 공간정보 기반의 시각화 도구를 활용하여 직관적으로 확인
		도로포장 품질관리 결과의 유지관리 단계 연계 기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 도로포장 생산 및 시공 품질 결과 자료의 표준 포맷 기반 보고서 활용

8절 연구수행체계 제안

● 연구추진체계는 1개의 연구단, 3개의 세부과제, 9개의 세세부과제로 구성하였음

연구단	세부과제	공동과제
4차 산업혁명 기술을 활용한 도로 포장 시공의 스마트화	IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도* 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20 % 향상	▪ 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발
도로 포장 기술 수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발	콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발	▪ IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발
		▪ 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
	아스팔트 포장의 공용 수명을 20% 연장하고 현장별로 일관성 있는 시공 품질관리 수준 확보	▪ 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발
	IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발	▪ IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발
		▪ 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발
	인프라 IoT 클라우드 플랫폼 기반 포장공사 품질관리를 위한 정보기술 개발과 이를 활용한 품질관리 체계의 신뢰성, 효율성 개선	▪ 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술
		▪ 도로포장공사 공간정보 구축기술
	Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술	▪ 도로포장품질관리 서비스 기술

● 테스트베드 종합 운영 계획

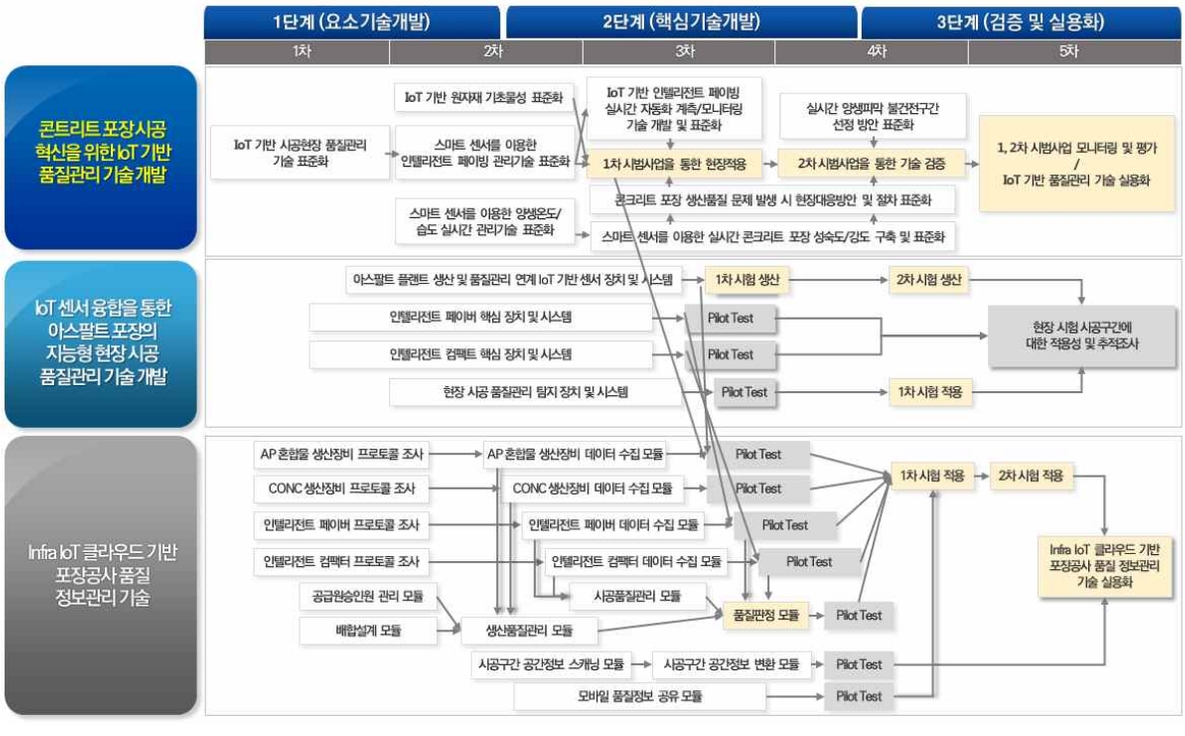
- 연구단 운영을 효율적으로 수행하고, 개발기술의 실용화를 적극추진하며, 연구성과의 유기적인 상관관계를 명확하게 하기 위해 테스트베드 종합 운영계획을 수립

- 1세부의 경우 시멘트 콘크리트 포장의 신뢰성을 향상 시키기 위하여, 원자재 및 시공 품질관리 기술 분야에서 연구를 수행하여 3차년도부터 시험 포장을 수행하여 5차년도에 현장 실용화를 목표로 하고 있음

- 2세부의 경우 IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발 분야에서 현장 시험 시공을 통해 적용 검증 및 개발 기술의 개선을 위해서 3차년도 이후부터 Pilot test, 1차, 2차 시험시공 및 장기공용성 평가를 단계적으로 수행할 필요가 있음

- 3세부의 경우 1차년도부터 개발할 기술 및 시스템의 프레임웍을 설계해 기술 개발을 가속하고, 2차년도 초반부터 시작품 개발을 통해 성능을 평가하여 실용화 가능성을 높임. 3차년도부터 통합적인 시스템 운영을 위해 각 세부와 기술연계를 시도 및 발생된 문제점을 개선함

- 종합적으로 1,2,3 세부에서 개발된 기술은 유기적으로 서로 연계되어 동시에 적용될 수 있는 것으로, 연구진행 과정에서 현장 적용이 상당히 중요할 것으로 판단됨



〈테스트베드 종합 운영 계획〉

● 국제공동연구 방안

- 개발예정기술의 완성도를 높이고, 세계 최선도 기술에 대해 국내 자체 연구개발에 따른 연구개발 리스크를 줄이고, 개발 기술의 해외 진출방안을 확보하기 위해 세세부 주제에 따라 필요 시 국제 공동연구 추진 방안 제시

- 2-2 세세부인 'IoT 기반 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발' 개발 분야의 경우, 실질적으로 국내에 적용된 사례가 거의 없으므로, 인텔리전트 다짐롤러 연구에 대해 미국에서 가장 많은 연구성과를 가지고 있고, 미국에서 연구 및 시공 경험이 있는 연구팀과 국제 공동연구를 추진하는 방안을 검토할 필요가 있음

4장 사전 타당성 검토

1절 분석의 틀

- 기술적·정책적·경제적 타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형R&D사업의 예비타당성조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

〈사전 타당성 분석의 틀〉

대분류	중분류	소분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성
		사업추진전략의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석
		기술개발의 성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안
경제적 타당성	경제성	경제성 분석
	사회국가적 파급효과	사회 및 국가적 파급효과 분석
	과학기술적 파급효과	과학기술적 및 기타 파급효과 분석

2절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 사업목표와 내용의 구체성

- "(가칭)IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 연구단"의 총괄목표를 정량적이며 구체적으로 제시함

(1) 연구비전 설정의 구체성

- 본 연구의 비전은 **"4차산업 혁명 기술을 활용한 도로 포장 시공의 스마트화"** 으로, 제 6차 건설기술진흥기본계획(국토교통부, 2018)의 핵심방향인 'Smart Construction 2025'에서 2025년까지 BIM, AI 등을 적용한 건설자동화 기술 개발과 부합하며, 현 문재인 정부에서 신설된 대통령 직속 4차산업혁명위원회의 정책목표와도 부합됨. 또한, 국내 건설산업이 해외진출할 때 경쟁력 향상에 도움이 될수 있도록 미래형 도로 건설을 위해 제시

(2) 연구목표 설정의 구체성

- IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20 % 향상

  - 시멘트 콘크리트 포장의 품질 혁신을 위해 스마트 센서를 이용한 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 기록하고 현장에서 확인하며 또한 이를 관리시스템에서 데이터베이스(DB)화 하여, 품질관리를 투명화, 체계화 및 정보화 할 수 있는 도로포장 관리 시스템 개발을 위한 세부목표로 IoT 기반 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도 향상을 통한 콘크리트 포장 공용수명 20 % 향상을 목표로 설정함

  - 시멘트 콘크리트 포장 품질관리 신뢰도 향상이란 콘크리트 포장 재료(슬럼프, 공기량, 표면수율, 강도 등) 및 시공(페이버 속도, 다짐기 진동수 등) 핵심 품질 관리 인자에 대한 표준편차(standard deviation) 범위를 기존 대비 15 % 저감시켜 품질관리 신뢰도를 향상시키는 것을 의미하고 이를 통해 궁극적으로 콘크리트 포장의 공용수명을 기존대비 20 % 향상시키겠다는 의미임

- 아스팔트 포장의 조기 파손을 방지하고 10년의 설계 수명 대비 20% 연장

  - 국토교통부의 PMS 데이터베이스 분석 결과에 따르면 아스팔트 포장의 설계 수명은 10년으로 규정하고 있으나, 포장의 시공 중 품질관리 문제 등으로 인한 6년 이하의 조기파손으로 매년 많은 예산이 투입되고 있음

- 이러한 조기 파손의 주요 원인으로는 아스팔트 플랜트 생산 시설의 품질 변동성과 시공 현장의 공정별 투입 인력 및 장비의 노후화에 따른 품질관리 일관성 부족 등이 제기되고 있음
- 개발 기술의 목표치인 조기 파손 방지 및 20% 수명 연장에 대한 검증 방안으로는 연구 성과를 다수의 현장에 시험 적용하여 생산 및 시공 과정의 품질 검사 및 실증 실험 등을 통해 일관성 있는 품질관리 시행 여부와 현장 채취 시료에 대한 실내 공용성 실험 결과의 분석을 통해 확인 하는 방법을 제안함
- 이와 더불어 개발 목표인 현장에서 IoT 센서 등을 통해 획득한 다양한 품질관리 연계 자료의 현장 활용성을 대해서는 시범 사업을 통해 실무 기술자의 의견 및 사용 장비의 생산성 등을 분석하는 방법을 제안함

● Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 구축

- 인프라 IoT 클라우드 플랫폼 기반 도로 포장 공사 품질관리를 위한 정보기술 개발과 이를 활용한 품질관리 체계의 신뢰성, 효율성 개선. 기존 시스템 및 서비스 간 상호운영성 확보로 상호연결된 서비스 확장성 지원
- 도로 포장 건설 현장을 고려한 효율적인 IoT 클라우드 플랫폼 활용을 위한 인프라 IoT 프로토콜 개발, IoT 장치 진단 기술, IoT에서 획득한 빅데이터를 처리 및 분석하는 기술, API(Application Program Interface) 통한 서비스 연계 기술 제안
- 도로 포장 공사 현장의 품질관리를 위한 핵심 데이터 중 하나인 공간정보를 활용하기 위한 스캔 기술, GIS 데이터 맵핑 기술, 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계, 공간정보-IoT 연계 기술 제안

(3) 연구내용 설정의 구체성

● 3개의 세부과제의 연구내용은 동 연구단의 총괄목표 달성을 위해 적절하게 구성되었음

- 1세부는 콘크리트 포장 품질관리 신리도 향상을 통하여 공용수명 20%향상을 위해 3개의 세세부과제를 구성함
- 2세부는 일관성 있는 품질관리 시행으로 아스팔트 포장의 공용성 향상을 위해 3개의 세세부과제를 구성함
- 3세부는 인프라 IoT 클라우드 플랫폼 기반 포장공사 품질관리를 위한 정보기술 개발과 이를 활용한 품질관리 체계의 신뢰성, 효율성 개선을 통해 기존 시스템 및 서비스 간 상호 운영성 확보와 연결된 서비스간 상호 확장성 지원를 위해 3개의 세세부 과제를 구성함
- 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술함

IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발

1세부과제 : 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

1세세부과제 : 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 고도화 기술 개발

2세세부과제 : IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

- IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

3세세부과제 : 콘크리트 포장 초기 거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

- IoT 기반 코크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 개발

2세부과제 : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술

1세세부과제 : IoT 기반 지능형 아스팔트 혼합물 생산 품질관리 시스템 및 현장 공급관리 기술 개발

- 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계
- IoT 기반 센서 기술을 통한 아스팔트 플랜트의 활용 방안 도출 및 개발
- 아스팔트 혼합물 재료 분리 최소화를 위한 운반 차량 추적 시스템 개발

2세세부과제 : IoT 기반 인텐리전트 페이버(IP) 및 인텔리전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영체계 개발

- 인텔리전트 페이버 장비 운용 컨트롤러 및 무선 통신 모듈 기술 개발
- 인텔리전트 컴팩션 장비 운용 컨트롤러 및 위치 인식 고정 PGS 연동 시스템 개발

3세세부과제 : 아스팔트 콘크리트 포장의 시공 공정별 품질관리를 위한 비파괴 현장 계측 모듈 및 운영 체계 개발

- IoT 기반 융합 센서 장착 현장 품질검사 장비 설계 및 시제품
- 현장 시공중 실시간 최적 다짐 조건 분석 소프트웨어 개발
- 비파괴 현장 다짐밀도 측정 장치의 수집 자료 활용 포장층 다짐도 분석 기술 개발

3세부과제 : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

1세세부과제 : 도로포장 공사 iOT/가시화 플랫폼과 연계기술 개발

- 인프라 IoT 통신 프로토콜 개발
- 인프라 IoT 진단 기술 개발
- 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 개발
- 인프라 IoT 클라우드 관리 기술 개발

2세세부과제 : 도로포장 공사 공간정보 구축 기술 개발

- 도로포장 공사 현장 공간정보 스캔 기술 개발
- 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 개발
- 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발
- 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 개발

3세세부과제 : 도로포장 품질관리 서비스 기술 개발

- 클라우드 기반 도로포장 품질관리 시스템
- 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 어플리케이션 개발
- 도로포장 품질관리 시스템과 현장 모바일 기기의 연동
- 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 기능

〈세부 및 세세부별 연구내용〉

나. 사업추진 전략의 적절성

(1) 사업추진전략의 구체성 및 도출근거

- 동 연구단은 정책, 시장, 기술동향 조사, 논문/특허분석, 기술수요조사, 기술예측조사를 통하여 주요 이슈와 이를 해결하기 위한 주요 기술아이템을 도출함
- 또한 연구개발과제의 추진방향 정립을 위해 SWOT분석과 이슈트리 분석을 실시하고 다음과 같은 연구개발 추진 전략을 수립함

① 콘크리트 포장 조기파손 방지 및 장수명화를 위한 IoT 기반 품질관리 개선 제시

- Smart 센서를 활용한 골재 표면수 현장 품질관리 기술 부재
- 포장용 콘크리트 제조를 위한 지능형 배치플랜트 설비 기술 부재
- IoT 센서를 활용한 콘크리트 유변학적(rheology) 특성 미고려
- 콘크리트 재료 배합설계/생산/시공 품질관리 적정성 평가 적용 사례 미흡
- 인텔리전트 콘크리트 페이빙 자동화 계측(속도,진동수 등)/모니터링 기술 부재
- 시험결과의 투명성 확보를 위한 IoT 기반 현장 콘크리트(슬럼프, 강도 등) 품질평가 시험장비 연계 기술 미적용
- IoT 기반 콘크리트포장 페이버 운영 기술 부재
- IoT 기반 콘크리트포장 현장 통합 품질관리 기술 부재
- 양생온도 모니터링(깊이, 횡방향 위치 등)에 따른 실시간 양생온도 관리기술 부재
- 습도 모니터링(살포시점, 양생제 재살포 구간 등)에 따른 실시간 포장 표면 양생제 살포 관리 기술 부재
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 예측 기술 부재
- 성숙도/강도 모니터링에 따른 실시간 줄눈시공 관리 기술 부재

② 아스팔트 포장의 현장 시공 품질수준 향상 및 공사 장비의 작업 효율 개선

- 아스팔트 혼합물 생산 공정의 적정 계측 장치 부재에 따른 품질변동 요소의 제거를 위한 대응 기법 및 시스템 부재
- 아스팔트 포장 시공 현장 공급 아스팔트 혼합물의 주요 품질 저하 원인인 재료 분리 현상의 최소화를 운송 방식의 개선 시급
- 아스팔트 포장의 현장 포설 공정에서 균일한 노면 온도 및 골재 분리 문제 발생 및 이에 따른 공용 수명 저하 발생

- 아스팔트 포장의 현장 다짐 공정에서 다짐밀도 저하에 따른 균열 및 포트홀 발생
- 아스팔트 포장의 다짐롤러 장비의 운행 제어 장치 및 관련 시스템 미비로 균질한 다짐도 및 평탄성 확보 어려움
- 아스팔트 포장 관련 시공 업체의 영세성 및 장비 노후화로 인한 시공 품질 저하 및 관련 시공 자료의 축척 부재
- 아스팔트 포장의 현장 시공 공정 중 품질검사 장비 부재
- 모든 현장 시공 품질관리 활동에 관한 디지털 자료의 부재

③ Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

- 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 마련 필요
- 도로포장공사 공간정보 구축 기술 개발 필요
- 도로포장품질관리 서비스 기술 개발 필요

● 국내 Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 국산화를 위해 정기적인 자문회의를 통해 현안 문제의 도출 및 이의 해결방안에 대해 중점적으로 기획을 추진함

● 특히, 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술, 도로포장공사 공간정보 구축기술, 도로포장품질관리 서비스 기술에 대한 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 국내 도로포장분야 전문가와 3차에 걸친 자문회의를 거쳐 연구추진 전략을 작성함

● 도로포장 재료 및 시공 품질기준의 실시간 판단, 실시간 전파를 통한 도로포장재료 생산 및 시공 단계의 현시성 있는 품질관리로 도로포장 재료 재생산, 재시공에 따른 경제적 손실 최소화와 실시간 도로포장 품질관리로 도로포장의 설계수명 확보를 통해 도로포장 공용년수 확보 및 국가 예산의 효율적 사용 기대

● 도로포장 품질관리 주체별 수행 업무 특성을 고려한 맞춤형 품질자료 관리 서비스 구축으로 품질관리 주체별로 적시에 품질관리 행위가 수행되도록 시스템 적으로 유도

● 도로포장 시공현장 별 공간정보 및 품질정보 관리 서비스 구축을 통한 시각화된 실시간 품질관리 정보 제공으로 직관적인 생산 및 시공 품질관리 업무 수행

● GIS, BIM과 같은 3차원 공간정보 모델과 외부 품질데이터를 연계한 모니터링, 분석 기술은 효과적인 현장 품질관리가 가능하도록 하여, 직관적인 공간정보 기반 품질데이터 모니터링, 시공구간 별 품질 현황, 품질관리 기준 미달 시공 구간 모니터링 및 분석이 가능함

● 인프라 품질관리 스펙과 특성을 지원하는 인프라 IoT 클라우드 플랫폼을 통해, 서비스 개발 시 재개발 비용 및 도입 시간을 단축시킬 수 있음

(2) 사업추진체계의 적절성

- 동 연구단은 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세부목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 3개의 세부과제와 9개의 세세부과제로 구성된 295.06억 원 규모의 사업 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

  - 본 사업의 연구비는 약 295.06억 원으로 국토교통과학기술진흥원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단[1] 연구수행 형태구분에 만족함

- 연구단 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술함

  - 동 연구단은 실용화 기술, 제도 개선 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연·관간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 책임자가 필요함

  - 개발 기술의 최종 보유주체가 세부과제 기술의 최종 보유 주체가 되도록 연구기관을 구성하고 핵심기술 개발단계부터 적극 참여하도록 유도

  - 연구추진 시 주관, 협동, 위탁기관 및 참여기업은 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에서 활용할 수 있도록 연구추진체계를 구성해야 함

  - 포장도로의 관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성하였음

  - 개발 기술은 발주처, 시공사, 감리 등 품질관리 주체의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성

  - 도로포장 시공현장의 시공 품질 정보를 실무자가 시각적·실시간적으로 확인하고 대응할 수 있는 품질관리 정보 실시간 수집 및 모니터링 기술 절실히 필요

  - 사무실, 시공현장 어디에서나 도로포장 품질관리 업무를 수행할 수 있는 클라우드 및 모바일 기술 기반의 투명한 도로포장 시공 품질관리 수행 체계 현실화가 가능한 기술개발주체로 구성

  - 기술경쟁력 분석을 통하여 과제관련 국내외 기술인프라 현황과 관련 연구 개발과제 수행현황을 조사할 계획

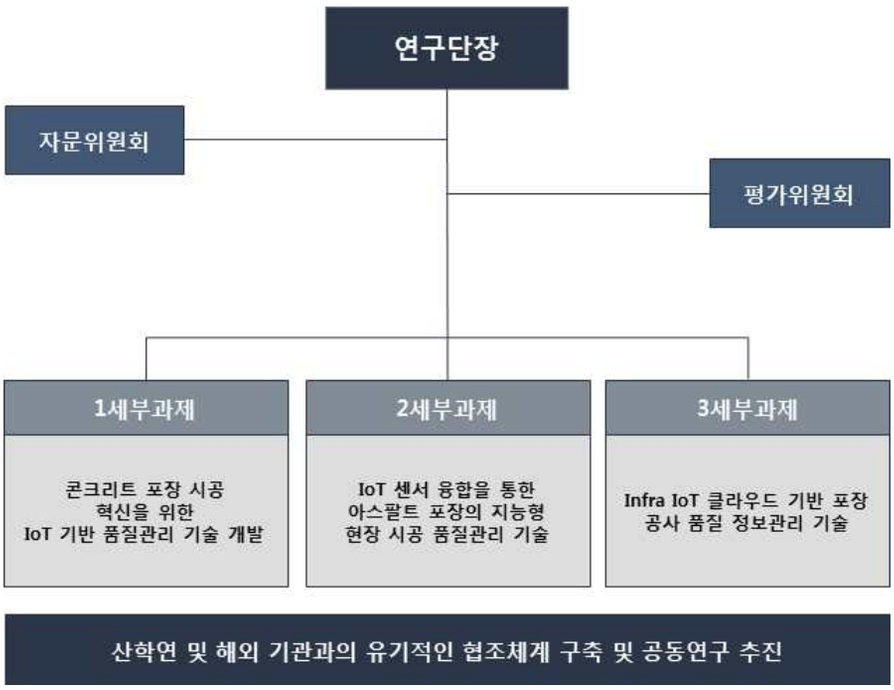
  - 과제와 관련하여 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색

  - 포장 파손 유형별 발생원인 규명을 통해 최적의 유지보수 공법 적용 논리를 개발함에 있어 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 국내 도로포장분야 전문가를 활용한 추진전략을 수립

  - 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추친체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정하고자 함

1) 연구단 규모 : 50억원 이상~300억원 미만

- 연구계획시 부터 달성이 가능한 성과목표 및 성좌지표를 제안·유도하고 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과모니터링을 실시하여 단기난 내에 실증적인 연구가 되도록 함
- 성과물의 실용화를 위해 기술실시 대상 기업을 명확히 결정하고 대상 기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립
- 본 연구단의 추진체계에 대하여 보다 세부적인 추진계획을 수립하는 것이 필요하며, 향후 본 연구단을 수행하는 총괄 주체가 세부적인 추진체계를 수행할 것으로 기대됨

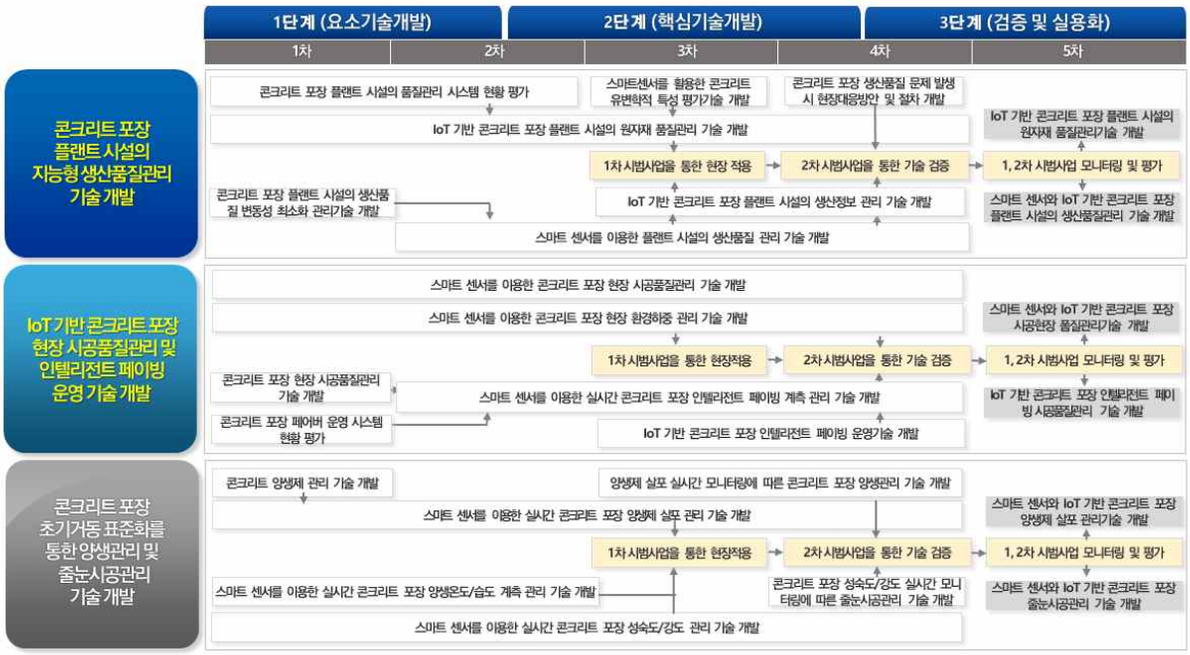


〈연구단 추진 체계〉

다. 기술개발 로드맵의 우수성

- 구성기술의 연관관계를 도식화하여 표현하여 구체성이 놓음
- 기술개발 로드맵은 사업화에 기초한 단계별 목표를 설정하고, 내실 있는 목표 달성을 위해 기술의 개선과 검증이 가능하도록 구성하였음
- 각각 세세부별 기술개발 내용이 유기적으로 결합되어 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 구성하였음
- 기술개발 로드맵을 통하여 세세부의 구성기술별 요소기술개발계획을 나타냈으며 요소기술간 선후관계를 명확하게 제시함

- 국내에서 최초로 개발되는 Infra IoT 플랫폼 기반 포장품질관리 시스템의 성공적인 개발을 위해, 플랫폼 기반 기술-서비스-현장도메인을 연계하는 통합적 관점의 연구 로드맵을 작성함
- 클라우드 및 모바일 기술을 융합한 품질관리 주체별, 프로젝트 별 도로포장 품질관리 시스템 구축으로 품질주체별 역할 맞춤형 실시간 품질관리 실현을 위한 로드맵을 제시함
- 운전자를 포함한 도로사용자와 주위 주민의 안정성과 주행쾌적성을 함께 도모하는 기술로서 기술적인 진보와 함께 건설기술의 대국민 인식전환 가능한 기술임



〈기술개발로드맵 예시(1세부)〉

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량 분석

- 도로포장 품질관리 분야는 현재 국내 도로 포장에서 다양한 형태로 단계적 적용을 추진하고 있는 분야이나, 객관화되고 통합적인 연구사례 및 연구결과에 기초하지 않고 현장 기술자의 경험적 지식과 장비에 크게 의존하여 기술이 실현되고 있는 상태로 기술적용성은 매우 높으나 기술수준은 낮은 상태로 판단됨
- 특히 도로 포장 공사 특성 상 공사기간이 짧고 공사비가 크지 않은 관계로 중소기업과 지역영세기업을 통해 이루어지고 있으므로 기술발전과 기술의 체계화가 어려운 상태임
- Infra IoT 클라우드 기반의 시공현장과의 연계성, 도로포장 품질관리 주체별 확장성을 지향하는 도로포장 품질관리 기술 개발은 국내 최초 시도이며, 이와 관련된 국내 기술 개발은 전무함.

- IT기반 도로포장 품질관리 시스템 구축의 시도는 있었으나 품질관리 단계별 연계성 미비, 생산 및 시공 품질 자료의 수동 입력, 입력된 품질자료의 검증 체계 미비 등 품질관리 단계가 분절 운영되어 실질적 품질 확인에 제약이 있음.
- 도로포장 품질관리 분야의 대부분 자료 관리는 엑셀/PDF 등 오프라인 파일 시스템과 바인더 등 아날로그 문서 관리 방법을 사용하고 있어 품질정보의 관리, 분석 및 추적에 한계가 있음
- 본 연구단 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록, 출연(연), 대학, 민간 기업체가 기술개발주체로 구성될 것이므로, 도로포장 시공현장의 실질적 품질관리를 위한 양질의 기술개발이 기대됨
- 해당 기술에 대한 경험 많은 해외 연구 인프라의 적극 활용(위탁연구 및 자문)을 통해 개발기술에 대한 완성도를 고취할 수 있음
- 국내외 기술수준에 대한 체계적인 정보 수집과 더불어 연구 로드맵이 현실적인 측면에서 도로 건설 발주 기관과 시공 주체의 요구를 충족할 수 있도록 구성되었으므로 기술개발 역량은 충분하다고 판단됨
- 도로포장 관련 국내 역량 있는 연구인력 및 국내 최고 수준의 기술력을 확보하고 있음
- 국토부 간선도로 정책 측면에서 도로 포장 품질관리를 위한 개선 의지 높음
- 포장도로의 시공 주체 및 유지관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록, 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체가 기술개발주체로 구성될 것이므로, 실용적인 측면에서 양질의 기술개발이 기대됨
- 기본연구를 통해 국내외 기술수준에 대한 체계적인 정보 수집과 더불어 연구 로드맵이 현실적인 측면에서 도로관련 유관기관 및 민간 기업체의 요구를 충족할 수 있도록 구성되었으므로 기술개발 역량은 충분하다고 판단됨

나. 기술개발의 성공가능성

- 국내외 동향 및 환경분석을 통하여 기술개발전략을 수립하는 등 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨
- 본 사업의 주안점은 개발 기술의 성공가능성 여부가 아니라, 개발 기술을 확대 적용하기 위한 전략 수립, 국가적 차원에서 국외로의 기술 수출을 위한 전략 및 인프라 구성 등의 노력이 후속되어야 할 것으로 판단됨
- 국내외 기술개발 동향 및 환경 분석을 통하여 기술개발전략을 수립하고 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨

- 국토교통부 건설공사품질관리지침, 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침 등 도로포장 품질관리 제도 및 지침 개선 연구 경험을 토대로 명확한 도로포장 품질 관리 체계를 투영하는 IoT 기반 도로포장 품질관리 시스템의 성공적 구축이 가능할 것으로 판단됨
- 국내외 동향 및 환경분석을 통하여 기술개발전략을 수립하는 등 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨
- 기술개발 성공가능성의 증진을 위해 기술적 위험요인에 대한 대책 마련, 연구개발추진전략을 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축, 실용화 촉진 방안 수립, 분야별 전문가 네트워크 활용 등에 대해 제안하고자 함
- 현재 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 추후 기술수준 및 역량 대비 기술개발 성공가능성과 시장 창출 및 진입 등 시장경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 지속적인 모니터링을 통해 효율적으로 연구의 성공적인 수행을 위한 기술개발 성공가능성을 증진시키고자 함
- 본 연구의 일부분에 해당하기는 하나 선행 과제의 시범사업을 통해 도로포장 시공 품질자료의 데이터베이스 구축·관리 가능성을 확인하였으며 본 연구를 통해 ICBMS(IoT, Cloud, Big Data, Mobile, Security) 기반의 투명성과 실시간성을 보장하는 도로포장 품질관리 시스템의 구축 가능성이 높은 것으로 판단됨
- IoT를 위한 센싱 및 통신 기술, 도로포장 시공 품질 정보 측정을 위한 센서 개발 기술, 도로 건설 현장의 스캐닝 및 공간정보화 기술, 정보의 분산·통합 관리를 위한 클라우드 기술, 정보의 실시간 공유를 위한 모바일 기술 등의 발달로 시공현장별 도로포장 품질정보 관리와 품질관리 주체별 맞춤형 품질정보 활용 체계를 구축함
- IoT 기반 품질자료 센싱, 도로 건설현장 공간 스캐닝 및 공간정보화, 클라우드 기반 도로포장 품질관리 서비스 등 각 단계의 모듈화 구축을 통해 도로 건설 현장의 규모에 따라 국내·외 어느 현장에나 적용할 수 있는 GPQMS(Global PQMS)로 성공 가능성을 확대

3. 기존 연구과제와의 중복성

● 동 연구단에서 추진하는 과제는 2단계의 기획과정을 거쳐 추진하였으며, 기획과정과 1차례의 기획타당성 평가를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화한 것으로 분석됨

- 동 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음

- 각 단계별로 전문가 워크샵을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수보고 및 1차례의 기획타당성 평가시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음

- 중복성 검토는 세부과제별로 기존과제 연구성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 연계가능 방안, 기존과제 연구성과의 성능 및 수준향상을 통한 성과의 고도화 방안으로 구분하여 분석함

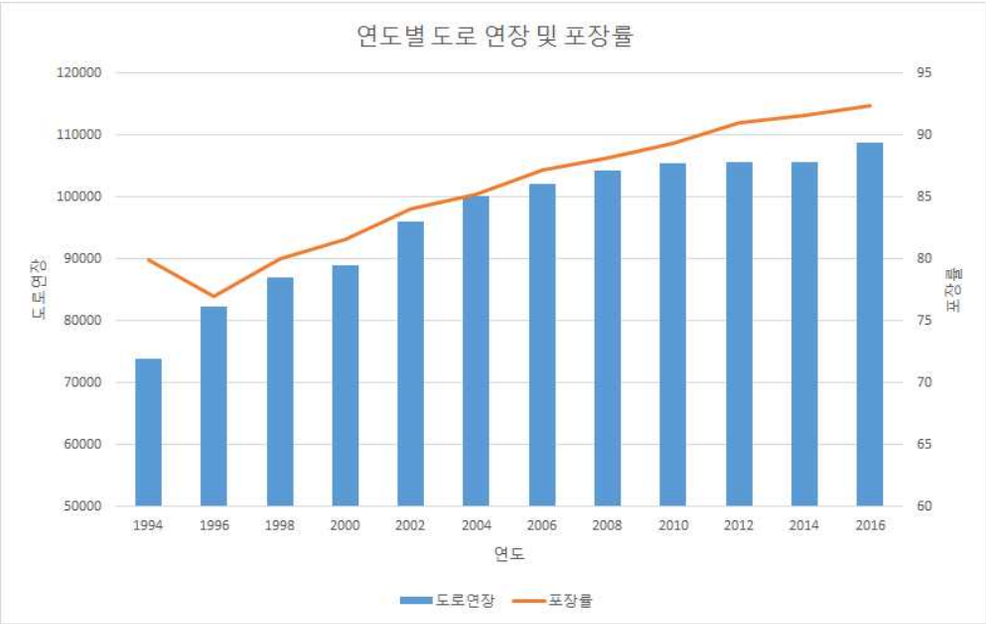
〈중복성 검토 결과〉

구 분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	기후변화에 대비한 도로포장 품질관리 시스템 연구	권수안	기후변화에 대비한 품질관리 기준 및 2017 한국형 포장 설계법 개발	- 기후변화 대비 품질 기준 개발을 통한 지침 및 시방서 제개정 - 2017 한국형 포장 설계 프로그램 개발	- 아스팔트 혼합물 수분 민감성 기준 강화 - CRCP, 자전거 도로등 품질관리 기준 개발 - 품질관리 시스템 개발 - 2017 한국형 포장 설계 프로그램 개발	신규 및 유지보수 도로에 대한 지능형 지능형 도로건설 자동화 시스템 개발	IOT 기반 지능형 도로건설 자동화 시스템 개발	- IOT 기반 지능형 자동화 시스템 개발 - 도로건설 관리 통합관리 시스템 구축

3절 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

- 국내 도로포장의 건설은 1970년 경부고속도로의 기점으로 경제성장과 맞물려서 급격하게 증가하였으며, 국토교통 통계연보(2017, 국토교통부)에 따르면, 현재 108,779km에 이르고 있으며, 이중 도로 포장율은 92.4%임.
- 국내 여객 총괄 통계를 살펴보면, 2015년 현재 일반 교통 수단 중 도로를 이용하는 여객이 차지하는 비율이 87.6%로 절대적으로 많이 이용하고 있음을 알 수 있음. 또한, 화물 총괄 통계에서도 도로의 이용 비율이 91.4%를 차지하고있음을 알 수 있음
- 자동차 등록대수의 현황을 보게되면 2004년 14,934,092에서 매년 점차로 증가하여 2016년 현재 21,803,351이 되고 있으며, 이중 화물차 역시 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있음



〈연도별 도로포장 증가율 및 포장율〉

- 최근들어 한반도에는 이상기후에 따른 극한 한파, 열대야 현상, 게릴라성 집중 호우 등이 발생하고 이로 인해 도로 포장의 조기 파손이 매우 빈번하게 발생하고 있는 현실임. 예를들어 포트-홀이라는 포장 파손은 일반인들도 쉽게 이해할 수 있는 용어로 알려지기 시작했을 정도이며, 포트-홀 파손에 따른 일반인의 민원 및 소송도 점차로 증대하고 있는 현실임
- 위와 같이 도로의 관리 연장이 지속적으로 증가하고 있으며, 도로를 이용하는 차량의 증대에 따른 도로 포장 노후화가 점차적으로 증대하고 있는 상황이어서, 운전자 안전에 위해가 되며, 관리자 측면에서는 유지보수 비용이 점차로 증가하고 있는 상황임

- 국토교통부에서 매년 수행하고 있는 일반국도 유지관리시스템(PMS, Pavement Management System)의 DB분석 결과 일반국도의 아스팔트 포장의 평균 수명은 약 10년 정도를 유지하고 있지만, 6년이하의 조기 파손 역시 발생하고 있는 현실임. 따라서, 이러한 조기 파손을 없애고, 포장의 품질관리 수준을 향상시키면, 현재의 포장 수명을 최소 13년 정도로 증가시켜 유지보수 비용을 절감하고, 운전자의 안전을 확보할 수 있음

- 또한, 국토교통부 주요정책 패러다임은 4차산업혁명 기법을 활용한 SOC 시설물의 자동화이므로, 이를 위해서는 생산 및 시공 부분에서의 자동화 및 BigData 구축 그리고 이를 활용한 건설기준의 마련 등에 있음. 생산 및 시공부분에서의 자동화를 구축함에 있어, 설계부분에서의 BIM 그리고 유지관리 부분에서의 Digital System과 연계하여, 추후 포장 파손의 원인 분석을 비롯한 기술 개발이 한층 향상 될 것이라 판단됨

- 대한민국이 해외 건설 공사를 수행하는데 있어 ICT 기법이 우수하므로, 공사현장 별 ICT기법을 활용하게 되면, 공사 현장의 운영이 투명화, 효율화를 얻을 수 있으며, 이를 기반으로 해외 경쟁력 확보에 많은 기여를 할 수 있다고 판단됨

2. 상위 계획과의 부합성

- 문재인 정부에서는 대한민국 경제의 미래 먹거리를 위해 대통령 직속기관으로 『4차산업혁신위원회』를 신설하여 각 분과별로 업무를 추진하고 있음. 이와 관련하여 2018정부 업무 보고 중에는 『4차산업혁명과 혁신 성장』이라는 주제를 선정하였음. 보고 내용 중 국토교통부에서는 새로운 성장동력을 만들어가기 위해 건설자동화 기술 개발의 착수 등을 비롯한 ICBMS(IoT, Cloud, BigData, Mobile, Security)를 활용한 기술 개발을 계획하고 있음.

- 이와 연계하여 국토교통부에서는 제6차 건설기술진흥 기본계획('18~'22)을 수립하여 공포하였음. 기본계획에 따르면, BIM·인공지능 등을 활용하여 건설자동화 기술 개발을 2025년까지 수행하는 등 4차 산업 혁명에 대응하는 스마트 건설기술 개발을 발표하였음.

- 본 연구는 도로 포장 공사의 추진에 있어, 4차산업 혁명 기술을 활용한 품질관리의 수준 향상 및 포장 수명 증대를 통한 예산절감 등이 목적이므로, 국가 정책적 방향과 정확하게 일치하고 있음

3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계

- 국토교통부는 연구개발을 통한 기대효과로 사회적 비용절감효과와 이용자 중심의 교통서비스 제공을 예상하고 있으며, 본 기획 연구의 추진으로 도로기반시설 분야의 비용절감과 도로이용자의 만족도 증가가 예상됨

- 국토교통부 제2차 도로정비기본계획의 기본방향은 효율성, 시설개량, 이용자 편의 중심으로

진행되고 있으며, 국토교통부의 도로보수 현황(2015)에 따르면 도로포장 유지 보수비가 지속적으로 증가하고 있지만 적절한 대책이 마련되어 있지 않기 때문에, 이를 극복하기 위한 방안의 마련을 위해 본 연구에 대한 지원이 이뤄질 것으로 예상됨

- 국토교통부에서는 BIM에 의한 도로설계, 도로관리의 스마트화 등을 추진하고 있으므로, 시공 부분에서도의 스마트화/자동화가 필요하다고 사료됨. 또한, 국토부에서는 도로 포장의 품질관리와 관련하여 체계적으로 운영하기 위한 사전 조사 현황 분석을 하였으며, 이에 대한 결과 분석을 토대로 투명하고 과학적인 시스템 구축을 구상하고 있음.
- 한국도로공사에서는 자체적으로 품질점검팀을 운영하고 있으나, 단위 현장별로의 세부적인 자료를 갖고 있지 못하고 있으며, 준공검사 평가를 위한 기준을 갖고 있음. 추후, 품질점검과 관련된 확대 운영을 계획하고 있어, 본 연구를 수행하게 되면 적극 협력하여 추진할 수 있을 것으로 판단됨
- 서울시의 경우에도 자체적으로 품질관리 운영을 위한 기초연구를 수행하고 있으며, 국토부와 함께 품질 개선을 위한 세미나를 수행한 사례도 있고, 품질관리 데이터를 이용한 공사비 지불 방안 연구도 수행중에 있어, 향후 본 연구 추진시 상호 적극적 협력이 용이할 것으로 판단됨
- 일반 시공회사 등에서도 공사 현장의 안전 및 품질 향상을 위한 ICT 기법을 운영하고 있어, 본 연구를 수행하게 되면, 해당 회사의 ICT 체계와 상호 협력하여 본 연구의 실용화에 많은 도움이 될 것으로 판단됨
- 본 연구에서는 과제 수행 시, 한국도로공사, 서울시, 일반 포장 시공 업체(대기업, 중소업체), 플랜트 생산 업체 등과 협의를 통해 시범 사업의 실시, 검증 평가 등을 수행하여 시스템의 완성도를 높이고자 함

4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

- 도로분야의 특성을 고려하여 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체(대기업, 중소기업, 플랜트 업체 등)를 기술개발주체로 설정하여 위험요인을 최소화하였음
- 기술개발업체의 경우, 기업 내 연구부서의 유무를 참여기준으로 적용함
- 해외의 관련 기관과의 협조/협약 체결, 기술자문 계획을 수립함
- 국내 포장 분야에서 수행되고 있는 품질 수준은 해외의 수준에 비해 떨어지는 것이 현실이지만, 본 연구에서는 이를 극복하기 위해 국내의 장점인 ICT 기법을 최대한 활용할 예정임
- 발주기관, 시공사, 생산업체 등의 품질 수준이 부족하지만, 본 연구를 통해 국내 포장 품질관리 수준을 크게 향상시킬 것으로 기대함

- 국내의 환경조건, 품질관리의 열악함으로 인해 포트-홀 등의 파손이 발생하고, 민원 제기 및 이용자 안전이 제기되고 있으므로, 품질관리의 선진화를 통해 관리 수준의 향상 및 이용자 안전을 향상 시킬 예정임
- 도로 포장 품질 향상에 따라 조기 파손이 최소화되고 이로 인한 포장 공용 수명을 10년에서 15년 정도로 향상시켜, 덧씌우기를 위한 도로 차단을 최소화하고, 유지보수 예산을 절감할 예정임
- IoT관련 기법을 도로 포장에 적용한 사례가 해외에서는 거의 없는 것으로 판단되나, 국내의 IoT 기술이 최근들어 상당히 발전해가고 있으므로, 국내의 관련 전문업체와 적극 협력하여 추진할 예정임
- 새로운 기법의 현장 적용은 매우 어려움이 현실임. 그렇지만 국토교통부 등 발주기관과 적극 협력하여, 관련 기준(시방서 및 설계기준)을 개정하고, 관련 설계도서의 개정 그리고 교육을 통해 실용화를 마련할 예정임

4절 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 경제성 분석 방법

- 비용/편익 분석(Benefit/Cost Analysis)
  - B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음
- 분석대상
  - “(가칭)IoT기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 연구단”의 성과에 대해 분석하였으며, 총괄적인 비용/혜택 분석 결과를 도출함
- 편익범위
  - 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함
  - 본 연구단의 연구기간 및 실용화 기간을 2019년~2023년으로 가정할때, 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2023년부터라고 가정함. 또한, 포장 수명은 15년으로 증대시킨 것이므로, 공용 수명 전까지는 조기 파손(6년)이 절감되는 것으로 가정함
    - ► 각 세부과제별로 2023년~2032년(10년간) 시장을 예측하여 반영하였음

● 비용의 설정

- 비용은 연구 투자비와 연구 성과에 따라 생산 및 시공 현장에서 설치해야 하는 장비 투자 비용으로 구분하여 산정하였음

- 연구투자비는 각 세부과제의 향후 5년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액으로 산정함

- 생산 및 시공 현장에서의 투자 비용은 **일반 국도 현장의 현황을 중심으로 고려**하였음. 예를들어 전국의 50개 아스팔트 플랜트, 아스팔트 포장 현장 50개소, 콘크리트 포장(생산 및 시공 일괄 가정) 5개소로 선정하였음

  ► 아스팔트 플랜트 : 5,000만원/개소 * 50개소 = 25억

  ► 아스팔트 포장 현장 : 8,000만원/개소 * 50개소 = 40억

  ► 콘크리트 포장 : 10,000만원/개소 * 5개소 = 5억

● Benefit 산출을 위한 요소

- R&D에 의한 성과를 활용하는 것은 **발주기관(국토교통부, 한국도로공사, 서울시 등)이며, 성과를 활성화하기 위해 관련 법령, 건설기준 등을 제정할 예정이므로, 성과를 2023년부터 100%활용한다고 가정하였음**

  ► 조기 파손 저감에 따른 유지보수 비용 절감 : 최근 5년간의 일반 국도 평균 비용이 약 100억/연*

  * 2016 도로보수현황 기준

  ► 포장 수명의 증대에 따른 덧씌우기 비용 저감 : 아스팔트 포장은 10년⇒12년 증대, 콘크리트 포장 20년⇒24년으로 수명 증대. 매년 일반국도 유지보수 비용 최근 3년간 평균 1,627억/연이므로, 20%* 정도의 유지보수 비용 절감 예상

  * 연구 목표의 공용성 증가 20% 수준을 준용하여 적용함

  ► 교통 차단 시간 절감에 따른 간접 비용은 포함하지 않음

나. 경제성 분석 결과

● 전체 수명 연장을 중심으로 유지보수 비용을 절감을 근거로 연구단 전체의 B/C ratio를 산정함

● 단순 수명 증가에 따른 비용 절감만 고려한 가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 2.72으로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨

- 본 연구의 성과 반영은 2023년부터 시작된다고 가정하였으며, 할인율은 5%로 가정하였음

- 편익/비용 = 2.72

(가칭)IoT기반 도로포장 건설관리 시스템 개발 연구단 B/C분석 결과

(단위:억원)

구분	Benefit		Cost
내용년수	수명증대, 조기파손 저감		연구비/투자비
	순비용	할인율(5%)고려	
2019			30.00
2020			60.00
2021			75.00
2022			70.00
2023			60.00
2024			66.97(투자비)
2025			-
2026			-
2027			-
2028			-
2029	100	74.62	-
2030	100	71.07	-
2031	100	67.68	-
2032	100	64.46	-
2033	588	360.98	
2034	588	343.79	
NPV	982.61		361.7
B/C			2.72

다. 예산 적정성 분석

● 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 최소연구 단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정비용을 분석하고 상향식 방법으로 예산을 산출함

► 세부과제별 *기획위원회를 구성하여 예산을 산출함*

► 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정

► 동 사업의 특성을 고려하여 정부주도의 기술개발이 타당하므로 정부출연금으로 구성함

- 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

  - 각 세부과제의 세세부과제별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함

    ► 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 예산을 연차별로 구분하여 제시함

    ► 각 세부과제의 공동과제별 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함

    ► 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함

    ► 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

2. 사회·국가적 파급효과

- 도로 포장의 품질관리 수준을 향상시키는 연구는 국가적으로 관리자(감리, 감독, 원청 등)의 행정 간편화를 유도할 수 있으며, 실시간으로 품질관리 DB를 서로가 공유함에 따른 투명화 등을 향상시킬 수 있음

- 도로 포장 관련 플랜트(아스팔트, 콘크리트), 운반, 시공 관련자들에게 시스템적으로 운영하는 것을 보여줌으로 인해 도로공사 공정관리의 효율성을 향상시킬 수 있는 기반이 마련됨

- 본 연구 성과를 일반국도를 대상으로 시행하겠지만, 추후 한국도로공사, 한국공항공사, 서울시 등 지자체 등으로 점차로 확산하여 도로포장 공사의 스마트화를 리딩할 것이라 예상됨

- 도로 포장의 품질관리 수준을 향상시키고, 이에 따른 평탄성/주행성의 확보 그리고 포트-홀 등과 같은 포장 파손의 저감에 따른 이용자 안전성 확보 측면에서 대국민 민원 저감 및 서비스를 증대시킬 수 있음

- 도로 포장의 품질관리 수준을 향상시킴에 따라 포장 수명의 증대되면, 유지보수 예산이 절감되고, 유지보수 공사 수행을 위한 도로차단 시간이 절감될 것으로 예상됨

- 도로 포장 공사를 수행하는데 있어, IoT를 활용한 시스템을 운영하게 되면, 전세계적으로 국내 시공회사가 해외 공사 수주 경쟁력 및 우리 기술을 해외에 홍보할 수 있어, 국가의 위상을 향상시킬 수 있는 기반이 됨

- 단순 유지보수가 아닌 파손의 정확한 원인 규명에 따른 고내구성/고기능성 중심의 유지보수를 실시함에 따라 유지보수 구간의 2차 파손 발생량을 감소하고 생애주기비용을 고려한 유지보수 공법을 적용함으로써 효율적인 유지보수 예산 운용이 가능할 것으로 예상됨

- 국내 고속도로 콘크리트 포장 중 97.5%에 해당하는 무근콘크리트 줄눈 포장의 유지보수 공사 시 최적 교통처리 방안 적용을 통해 교통지체 최소화 및 도로이용자 편의 증대 등에 따라 교통 혼잡에 따른 예산절감 및 민원 감소가 예상됨

- 정부 지원 하에 효율적인 노후 고속도로 콘크리트 포장 유지보수 시스템 적용을 실시하면 교통사고 발생량 감소 및 경제 활성화 촉진을 통해 사회기반 시설 투자에 긍정적인 효과를 불러올 것이며, 이에 따라 국가 인프라 시설 유지보수 시스템이 해외시장 관련기술 산업분야에서도 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

3. 과학기술적 파급효과

- 도로 포장공사에서의 IoT 기법, BigData, AI기법 적용 등의 4차산업 기술을 접목시키면, 포장 공정 이외의 타 공정에도 확산시킬 수 있으며, 품질관리 이외의 안전관리에도 본 기법 등을 접목시킴으로써, 도로건설 공사의 스마트화, 자동화를 이끌 수 있는 계기가 될 수 있음
- 도로 포장공사에서의 품질관리 DB를 GPS기반 공간정보와 연계시키면, 설계에 활용 중인 BIM 기술, 유지관리의 PMS 기법과 연동이 원활해 지게됨. 이 경우 설계, 시공, 유지관리가 하나의 공간정보 체계내에서의 포장 파손에 대한 원인 분석, 국내 원자재의 특성 분석 등 설계, 시공 등의 설계기준, 시방 기준의 향상을 유도할 수 있음
- 특히나, Cloud에 쌓여지는 Big Data의 경우 AI 기법을 활용하여, 지역별, 재료별 최적 배합설계기법 등을 개선할 수 있으며, 환경하중/교통하중에 따른 포장 파손의 모델 등을 유추할 수 있는 근간이 마련될 수 있을 것임. 이 경우 포장 두께/재료설계에 있어, 역학적-경험적(M-E Design)의 계속적인 개선을 수행하고, 신뢰성있는 설계법 마련에 도움이 됨

5장 인력투입 및 소요예산 산정

1절 인력투입계획

1. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
총괄		33	167	168	169	122	659
1세부	1-1	4	19	21	17	19	80
	1-2	3	12	13	12	12	52
	1-3	3	11	12	10	10	46
	소계	10	42	46	39	41	178
2세부	2-1	4	17	16	15	15	67
	2-2	4	35	35	33	27	134
	2-3	3	13	13	13	8	50
	소계	11	65	64	61	50	251
3세부	3-1	4	13	13	13	9	52
	3-2	4	11	11	13	9	48
	3-3	4	13	17	15	13	62
	소계	12	37	41	41	31	162

2. 상세 투입 연구인력

가. 1세부 - 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

● 1-1세세부 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	6	8	6	6	27	
연구보조원	1	8	8	6	8	31	
보조원	1	4	4	4	4	17	
합계	4	19	21	17	19	80	

● 1-2세세부 - IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	4	4	4	4	17	
연구보조원	1	3	4	3	4	15	
보조원		4	4	4	3	15	
합계	3	12	13	12	12	52	

● 1-3세세부 - 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	2	4	3	3	13	
연구보조원		4	3	3	3	13	
보조원	1	4	4	3	3	15	
합계	3	11	11	10	10	46	

나. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발

● 2-1세세부 - 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	6	6	6	6	25	
연구보조원	1	6	6	5	5	23	
보조원	1	4	3	3	3	14	
합계	4	17	16	15	15	67	

● 2-2세세부 - IoT 기반 인털레전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	12	12	12	8	45	
연구보조원	1	10	10	10	8	39	
보조원	1	12	12	10	10	45	
합계	4	35	35	33	27	134	

● 2-3세세부 - 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	6	6	6	4	23	
연구보조원	1	4	4	4	2	15	
보조원	-	2	2	2	1	7	
합계	3	13	13	13	8	50	

다. 3세부 - Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

● 3-1세세부 - 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	5	5	5	5	21	
연구보조원	1	5	5	5	2	18	
보조원	1	2	2	2	1	8	
합계	4	13	13	13	9	52	

● 3-2세세부 - 도로포장공사 공간정보 구축기술

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	4	4	4	4	17	
연구보조원	1	2	2	2	2	9	
보조원	1	4	4	6	2	17	
합계	4	11	11	13	9	48	

● 3-3세세부 - 도로포장품질관리 서비스 기술

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	1	6	8	6	6	27	
연구보조원	1	4	6	6	4	21	
보조원	1	2	2	2	2	9	
합계	4	13	17	15	13	62	

3. 총괄 소요예산

(단위 : 백만원)

과제	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	1,531	525	3,537	1,211	4,112	1,408	3,538	1,211	3,539	1,212	16,257	5,567
1세부	414	142	957	327	1,112	381	957	327	960	328	4,400	1,505
1-1	191	66	441	152	512	176	441	152	442	151	2,027	697
1-2	120	41	277	94	322	110	277	94	278	95	1,274	434
1-3	103	35	239	81	278	95	239	81	240	82	1,099	374
2세부	703	241	1,623	557	1,888	646	1,624	557	1,619	556	7,457	2,557
2-1	189	66	438	151	509	175	438	151	437	151	2,011	694
2-2	372	127	860	295	1,000	342	860	295	858	294	3,950	1,353
2-3	142	48	325	111	379	129	326	111	324	111	1,496	510
3세부	414	142	957	327	1,112	381	957	327	960	328	4,400	1,505
3-1	128	45	296	102	344	119	296	102	297	103	1,361	471
3-2	115	39	267	91	311	106	267	91	268	91	1,228	418
3-3	171	58	394	134	457	156	394	134	395	134	1,811	616

4. 예산항목별 소요예산

가. 1세부 - 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

● 1-1세세부 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	5.0%
	연구원	52.8	21	126	168	126	126	567	20.8%
	연구보조원	34.8	13	111	111	83	111	429	15.7%
	보조원	26.4	10	42	42	42	42	178	6.5%
소계			71	306	348	278	306	1,309	48.1%
직접비	연구장비/재료비		85	100	120	120	100	525	19.3%
	연구활동비		58	57	71	71	57	314	11.5%
	연구수당		14	61	69	55	61	260	9.5%
소계			157	218	260	246	218	1,099	40.3%
간접비			29	69	80	69	69	316	11.6%
합계			257	593	688	593	593	2,724	100.0%

● 1-2세세부 - IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	7.9%
	연구원	52.8	21	84	84	84	84	357	20.9%
	연구보조원	34.8	13	41	55	41	55	205	12.0%
	보조원	26.4	0	42	42	42	31	157	9.2%
소계			61	194	208	194	197	854	50.0%
직접비	연구장비/재료비		45	60	85	66	50	306	17.9%
	연구활동비		25	36	48	30	44	183	10.7%
	연구수당		12	38	41	38	39	168	9.8%
소계			82	134	174	134	133	657	38.5%
간접비			18	43	50	43	43	197	11.5%
합계			161	371	432	371	373	1,708	100.0%

● 1-3세세부 - 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	9.2%
	연구원	52.8	21	42	84	63	63	273	18.5%
	연구보조원	34.8	0	55	41	41	41	178	12.1%
	보조원	26.4	10	42	42	31	31	156	10.6%
소계			58	166	194	162	162	742	50.4%
직접비	연구장비/재료비		33	55	65	55	50	258	17.5%
	연구활동비		20	29	33	34	41	157	10.7%
	연구수당		11	33	38	32	32	146	9.9%
소계			64	117	136	121	123	561	38.1%
간접비			16	37	43	37	37	170	11.5%
합계			138	320	373	320	322	1,473	100.0%

나. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발

● 2-1세세부 - 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	5.0%
	연구원	52.8	21	126	126	126	126	525	19.4%
	연구보조원	34.8	13	83	83	69	69	317	11.7%
	보조원	26.4	10	42	31	31	31	145	5.4%
소계			71	278	267	253	253	1,122	41.5%
직접비	연구장비/재료비		95	108	189	148	136	676	25.0%
	연구활동비		46	80	96	70	81	373	13.8%
	연구수당		14	55	53	50	50	222	8.2%
소계			155	243	338	268	267	1,271	47.0%
간접비			29	68	79	68	68	312	11.5%
합계			255	589	684	589	588	2,705	100.0%

● 2-2세세부 - IoT 기반 인털레전트 다짐롤러(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	2.5%
	연구원	52.8	21	253	253	253	168	948	17.9%
	연구보조원	34.8	13	139	139	139	111	541	10.2%
	보조원	26.4	10	126	126	105	105	472	8.9%
소계			71	545	545	524	411	2,096	39.5%
직접비	연구장비/재료비		199	232	402	286	365	1,484	28.0%
	연구활동비		157	135	130	107	160	689	13.0%
	연구수당		14	109	109	104	82	418	7.9%
소계			370	476	641	497	607	2,591	48.9%
간접비			58	134	156	134	134	616	11.6%
합계			499	1,155	1,342	1,155	1,152	5,303	100.0%

● 2-3세세부 - 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용기준 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	6.7%
	연구원	52.8	21	126	126	126	84	483	24.1%
	연구보조원	34.8	13	55	55	55	27	205	10.2%
	보조원	26.4		21	21	21	10	73	3.6%
소계			61	229	229	229	148	896	44.7%
직접비	연구장비/재료비		71	75	100	76	118	440	21.9%
	연구활동비		24	37	75	37	90	263	13.1%
	연구수당		12	45	45	45	29	176	8.8%
소계			107	157	220	158	237	879	43.8%
간접비			22	50	59	50	50	231	11.5%
합계			190	436	508	437	435	2,006	100.0%

다. 3세부 - Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

● 3-1세세부 - 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	7.4%
	연구원	52.8	21	105	105	105	105	441	24.1%
	연구보조원	34.8	13	69	69	69	27	247	13.5%
	보조원	26.4	10	21	21	21	10	83	4.5%
소계			71	222	222	222	169	906	49.5%
직접비	연구장비/재료비		47	47	91	51	96	332	18.1%
	연구활동비		21	39	53	35	56	204	11.1%
	연구수당		14	44	44	44	33	179	9.8%
소계			82	130	188	130	185	715	39.0%
간접비			20	46	53	46	46	211	11.5%
합계			173	398	463	398	400	1,832	100.0%

● 3-2세세부 - 도로포장공사 공간정보 구축기술

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	8.2%
	연구원	52.8	21	84	84	84	84	357	21.7%
	연구보조원	34.8	13	27	27	27	27	121	7.4%
	보조원	26.4	10	42	42	63	21	178	10.8%
소계			71	180	180	201	159	791	48.1%
직접비	연구장비/재료비		31	61	81	41	71	285	17.3%
	연구활동비		21	40	48	35	57	201	12.2%
	연구수당		14	36	60	40	31	181	11.0%
소계			66	137	189	116	159	667	40.5%
간접비			17	41	48	41	41	188	11.4%
합계			154	358	417	358	359	1,646	100.0%

● 3-3세세부 - 도로포장품질관리 서비스 기술

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	5.6%
	연구원	52.8	21	126	168	126	126	567	23.4%
	연구보조원	34.8	13	55	83	83	55	289	11.9%
	보조원	26.4	10	21	21	21	21	94	3.9%
소계			71	229	299	257	229	1,085	44.7%
직접비	연구장비/재료비		81	151	122	97	143	594	24.5%
	연구활동비		37	42	62	62	51	254	10.5%
	연구수당		14	45	59	51	45	214	8.8%
소계			132	238	243	210	239	1,062	43.8%
간접비			26	61	71	61	61	280	11.5%
합계			229	528	613	528	529	2,427	100.0%

라. 세세부 과제 장비 및 시제품 소요 예산

● 시작품 목록(1천만원 이상)

세세부	시작품명	용도	비용(천원)
1-1	골재표면수 현장품질관리 시제품	스마트 센서를 활용한 골재 표면수 현장 품질관리 시제품	10,000
	배합 믹서 특성 평가용 시제품	IoT 기반 콘크리트 유변학적 특성 평가 시제품	10,000
	1차 시험시공	플랜트 콘크리트 생산 관련 현장 시험시공	30,000
	2차 시험시공	플랜트 콘크리트 생산 관련 현장 시험시공	30,000
1-2	인텔리전트 콘크리트 페이버 자동화 계측 시제품	IoT 기반 인텔리전트 콘크리트 페이버 자동화 계측 시제품	30,000
	콘크리트 현장 품질평가 시험장비 시제품	콘크리트 현장 품질평가 장비 시스템 연계 시제품	35,000
	1차 시험시공	IoT 기반 시공 품질관리 시험시공	30,000
	2차 시험시공	IoT 기반 시공 품질관리 시험시공	30,000
1-3	조기거동 정보화 시제품	콘크리트 포장 초기거동 (온도/습도/성숙도)관리 시제품	40,000
	1차 시험시공	초기거동 정보화 현장 시험시공	20,000
	2차 시험시공	초기거동 정보화 현장 시험시공	20,000

세세부	시작품명	용도	비용(천원)
2-1	아스팔트 플랜트 계측 센서 장치	아스팔트 플랜트 생산 시설 장착 계측 센서 장치의 현장 검증 및 시험 용도	200,000
	Pilot Test	현장 장착 및 시험 운용	20,000
	계측 센서 보수용 검사 프로그램	계측 센서의 유지관리를 위한 프로그램의 현장 시험 운용 및 디버깅	80,000
	시험 적용	현장 시험 적용	30,000
2-2	인텔리전트 컴팩션 장착 계측 및 제어 시스템 장치	인텔리전트 컴팩션 장착 시스템의 현장 검증 및 시험 시공	500,000
	Pilot Test	현장 시험 시공	50,000
	1차 시험시공	현장 시험시공	50,000
	2차 시험시공	현장 시험시공	50,000
2-3	현장 품질검사 장비	현장 검증 및 시험 용도	150,000
	1차 시험적용	현장 시험 검증	20,000
	2차 시험적용	현장 시험 검증	20,000
3-1	생산시설 데이터 취득	생산설비 데이터 취득 및 전송	10,000
	IoT 기반 품질자료 취합 및 전송	시공현장 품질정보 취득 및 전송	50,000
	품질자료 확인 장치	현장 데이터 확인 장치	10,000
3-2	시공현장 공간 스캐닝 장비	시공현장별 공간정보 스캐닝 장치	50,000
	공간정보 스캐닝 모니터링 장치	공간정보 스캐닝 모니터링	50,000
3-3	GIS 서버	GIS(공간정보) 관리용 서버	30,000
	DB 서버	도로포장 품질자료 저장용 데이터베이스 서버	30,000
	WEB 서버	IoT 도로포장 품질관리 서비스 용 서버	30,000
	스토리지	시공현장별 IoT 품질자료 저장소	30,000
	APP 서버	모바일 기반 실시간 품질관리 모니터링용 APP 운용 서버	20,000

6장 과제 제안요구서

1절 총괄 과제 제안요구서(RFP)

총괄과제명	IoT 기반 도로포장 건설관리 시스템 개발
1. 연구개발 목표	

○ IoT 기반 콘크리트 포장의 생산·시공·초기거동 품질관리 투명화·체계화·표준화 기술 개발을 통한 공용수명 20% 향상

○ IoT 기반 센서의 융합 기술을 적용한 아스팔트 포장의 생산 플랜트 및 시공 장비를 활용하여 아스팔트 포장의 공용 수명을 20% 연장하고 현장별로 일관성 있는 시공 품질관리 수준 확보

○ Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술 구축

2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 콘크리트포장은 특히 초기 시공 시 품질관리 및 시공관리가 중요하며, 시공이 잘된 곳은 30년 이상 공용되기도 하나, 생산 및 시공관리가 부실한 경우 조기파손이 발생되는 경향이 많음 - 최근 줄눈부 중심의 스폴링(spalling), 팝아웃 등 국내 콘크리트 포장의 조기파손 사례가 증가하고 있으며, 콘크리트 생산 및 품질관리 미비에 따른 콘크리트의 공기량 부족 및 양생 관리 문제 등이 계속 제기되고 있음 - 반면에 콘크리트 포장은 조기파손이 발생하지 않을 경우 설계수명 기간 내에 유지보수가 크게 필요하지 않는 경제적이고 효율적인 포장 형식으로 시공품질관리 향상을 통한 포장의 조기파손을 방지하는 것이 그 무엇보다도 중요함 - 아스팔트 포장의 시공 과정에서 품질관리 미비 등으로 인해 10년 설계수명에 못 미치는 6년 이하 조기 파손 발생으로 연간 142억원의 유지보수 비용이 증가하고 있어 이를 방지하고 품질관리 신뢰성을 확보하면서 설계 수명을 확보할 수 있는 현장 시공 기술 개발이 필요한 실정임

- 아스팔트 포장의 현장 공사에 사용되는 생산 시설 및 시공 장비의 운용 중 품질관리와 연계된 디지털 검측 자료의 신뢰성 확보와 전사적 활용을 위한 기술 개발이 절실히 요구됨
- 국내 아스팔트 포장 시공 관련 포장전문업체는 대부분은 10인 이하 또는 기본 장비만을 보유하고 있는 영세업체 위주의 산업 구조로서 보유 장비의 노후화가 심각하고 기술 인력 확보가 어려워 현장 시공 능력이 낮고 품질변동 및 잦은 하자 발생의 원인이 되고 있어 개선 필요성이 제기되고 있음
- 기술 융합의 혁명적 변화를 기반으로 한 '4차 산업혁명'이 최근 크게 대두되고 있음. 인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명 도래
- 대통령직속 4차산업혁명위원회를 설립, 이를 운영하기 위한 『4차산업혁명위원회의 설치 및 운영에 관한 규정』을 제정
- 국토교통부는 제4차 산업혁명 대응전략 모색을 위해 산학연 전문가와의 협업을 통해 추진 방향을 검토하여, '제4차 산업혁명 국토교통 발전 포럼'을 구성해 대응전략을 발전시켜 나가고 있음(국토부, 2017)
- 제6차 기본계획의 추진 방향은 『Smart Construction 2025』으로, 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술개발을 비젼으로 하고 있음
- 국토교통부는 "공간정보 전용 클라우드 서비스 전략"을 통해 민·관이 함께 보다 나은 공간정보 산업 생태계를 조성할 수 있도록 노력하고 있음(공간정보 전용 클라우드 정책 포럼, 2017.9)
- '제1차 국토교통 과학기술 연구·개발 종합계획 공청회'(2018)에서 국토교통 R&D는 향후 10년간 총 9조6000억원 예산을 투입해 4개 추진 전략에 맞춰 진행, 국토 공간 기술은 8대 핵심 과제 중 하나로 선정

○ 국외 환경 측면의 필요성
- 유럽에서는 고속도로를 중심으로 교통량이 많고, 파손 시 유지보수가 용이하지 않는 구간에 대해서 고성능콘크리트포장을 지향하여 설계수명을 35년으로 하고 있으며, 실제는 50년 이상 공용하고 있음
- 미국 캘리포니아 주에서는 100년 사용가능한 콘크리트포장(century concrete pavement) 시공기술을 개발하고 있으며, 이는 고품격의 재료를 사용하여 철저한 품질관리와 시공관리가 선행될 때 가능한 것임
- 유럽 및 미국 등은 아스팔트 포장의 시공에 활용되는 인텔리전트 페이버 및 컴팩션이 다수 개발되어 현장에 사용되고 있으며, 이를 통해 공사의 품질관리 일관성 확보와 수명 연장에 기여하고 있음
- 아스팔트 포장 공사는 생산, 운반, 시공이 동시에 연속적으로 발생하는 사업이므로, QA/QC를 위한 인력 및 장비 등이 많이 소요되어, 건설 생산성이 떨어지는 문제점이 있음. 이를 개선하기 위해서는 IoT, GPS

활용 등 ICT 기술 도입이 필수적임
- 선진국에서는 포장시공 현장관리 시 정보 상호운용성, 실시간성, 직관성을 극적으로 개선하기 위해 ICT, IoT, 클라우드, 공간정보 기술을 적극 개발/사용하는 예가 많아지고 있음
- 미국은 2008년 IoT를 2025년까지 국가경쟁력에 영향을 미칠 6대 혁신 기술 중 하나로 선정하여 많은 산업 분야에서 IoT 활용 계획을 수립하여 실행하였음
- 스마트시티, 시마트 인프라 등 혁신 기술개발 및 IoT 활용에 따른 경제성장을 유도 중
- ICT 융합 전 분야의 근간이 되는 스마트, 고신뢰 SW 기술 분야에서 타국가 대비 독보적인 기술력을 보유하고 있으며, 미래 융합원천기술 선점 위한 대규모 R&D 투자 지속하고 있음
- IoT 산업 시장이 커짐에 따라 IoT 환경에서의 보안과 정보보호 문제가 발생함에 따라 연방거래위원회를 중심으로 IoT 환경에서의 보안 및 개인정보보호 관련 정책적 논의 진행 중

□ 기술동향

○ 국내기술동향
- 국토부에서 발표한 6차 건설기술진흥 기본계획에 따르면, 2025년까지 스마트 건설자동화 등 4차 산업혁명에 대응하는 기술 개발을 통해 건설현장 노동생산성을 40%까지 향상시키고, 안전사고로 인한 사망자 수를 30% 감소시키는 중장기 계획이 추진되고 있음
- 아스팔트 포장용으로 사용되는 아스팔트 혼합물은 관급 발주로서 현장 중심의 QC 및 QA의 적용에 한계가 있으며 생산 과정 중의 품질관리와 연계된 계측 관련 자료가 디지털 기록으로 관리되지 않아 사후 문제 발생 시 원인 분석 및 책임 소재 판단 등에 어려움이 있음
- 국토교통부와 한국도로공사에서는 도로포장의 품질관리 개선을 위한 품질성능지수(QPI) 및 품질관리시스템(PQMS) 등을 개발하여 시범평가를 실시하여 현장에 적용하고 있음
- 도로포장 현장의 데이터 측정 및 확보를 위한 클라우드 기반 데이터관리 시스템이 마련되어 있지 않으며, 서비스 간 분절된 시스템 구성으로 실시간 의사결정이 불가능함
- 텍스트 기반의 도로포장 기본정보 입력으로 수작업에 의한 오기, 데이터 누락 등 무결성 문제 발생. 이로 인한, 후속 공정의 정보 활용 시 문제가 발생하여, 사용자가 시스템 및 정보 활용을 주저하게 만드는 요인이 됨

○ 국외기술동향
- 미국의 경우 아스팔트 포장의 현장 시공과 관련하여 기존 다짐 공정과 인텔리전트 컴팩션 기술을 비교해 보았을 때, 품질관리 비용과 작업 시

간을 단축시킴으로써 작업 효율성 약 30% 향상, 약 37%의 공사 비용 절감이 가능함

- 선진국의 경우, 인프라 시공현장 데이터 취득, 관리, 분석 시 IoT, 클라우드 플랫폼 기술을 적극 활용. 이미, AWS(Amazon Web Services), 마이크로소프트 에저 기반 인프라 서비스 플랫폼을 개발해 실용화하고 있으며, 이를 현장 시공 장비 및 모바일과 연계해 작업 효율성을 극대화하고 있음
- 일본의 경우, 포장 공사에서도 2017년부터 신설 아스팔트 포장 공사에서 ICT 포장 공사를 적용하고 있으며, 특히 유지보수 포장공사에서는 ICT와 IoT를 활용하여 검토 현장을 실시간으로 연결하여 데이터를 공유하여 기술성, 생산성 향상 및 안전성 향상을 병행하는 'N-PNext(NIPPO-Paving Next)'를 통해 생산 및 시공 품질 관리를 통한 검사 및 서류의 제출까지 Wi-Fi를 적용한 인터넷 환경을 마련하여 클라우드 통신 인프라 시스템(クラウドを 通信インフラの構\築)을 구축함
- 미국의 경우 연속 다짐제어 시스템은 다짐롤러에 설치되어 있는 위치정보시스템(GPS)와 온도센서를 활용해 각각의 개별 장비뿐만 아니라 전체 다짐 장비들의 다짐 속도 및 횟수, 위치, 온도 상태 측정하여 현장에서 작업자가 바로 확인가능

3. 연구개발 내용

■ 1세부 : 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

○ 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 투명화 기술 개발
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 운반차별(또는 배치별) 시멘트 콘크리트 품질관리(워커빌러티)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 시험 적용 및 검증
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질 변동성 최소화를 위한 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보 관리 기술 개발

- 크리트 포장 생산품질 문제 발생 시 현장대응(feedback) 방안 및 절차 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증

○ IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 체계화 기술 개발
- 콘크리트 포장 시멘트 콘크리트 슬래브(재료분리)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 현황 평가
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증
- 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템 현황 평가
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측 관리 기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가

○ 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 초기거동 품질관리 표준화 기술 개발
- 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 개발에 따른 소성수축 균열 30% 저감
- 콘크리트 포장 줄눈시공 관리기술 개발에 따른 줄눈절단면파손 50% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 양생제 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발
- 양생제 살포 실시간 모니터링에 따른 콘크리트 포장 양생관리 기술 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 ㅇ야생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발
- 콘크리트 포장 성숙도/강도 실시간 모니터링에 따른 줄눈시공관리 기술 개발

- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증

■ 2세부 : IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술

○ 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

• 연구목표
- 아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 통한 아스팔트 포장의 수명을 20% 연장하는 IoT 센서 융합 기술 활용 아스팔트 플랜트 품질관리 기술 개발

• 연구내용
- 국내외 아스팔트 플랜트의 품질관리 실태 및 계측 관련 기술 사례 조사 분석
- IoT 기반 센서 기술 현황 조사를 통한 아스팔트 플랜트의 활용 방안 도출 및 기본 설계안 개발
- 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목에 활용 가능한 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계
- 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목에 활용 가능한 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계
- 아스팔트 플랜트의 품질시험실의 주요 시험기 대상 IoT 기반 센서 장치 개발 및 운용 매뉴얼 개발
- 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 기반 센서 모듈 장치 개발 및 운용 체계 개발
- 아스팔트 혼합물의 생산 품질관리 DB 구성 요소 및 분석 기술 개발
- GPS 및 IoT 센서를 활용한 아스팔트 혼합물의 재료 분리 최소화를 위한 운반 차량 추적 시스템 및 품질관리 기술 개발
- 현장 플랜트 대상 시험 적용 및 피드백을 통한 기술 개선

○ IoT 기반 인텔리전트 컴팩션(IC) 구성 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

• 연구목표
- 인텔리전트 컴팩션의 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발을 통한 작업 효율 20% 향상

• 연구내용
- 국내외 아스팔트 포장 다짐 장비 형식 및 장비, 포장 방법 분석
- 인텔리전트 컴팩션 설계 및 제작
- 인텔리전트 컴팩션의 현장 시험 시공 적용
- 인텔리전트 컴팩션의 품질기준 및 시방서 개발

○ 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용 기준 개발

- 연구목표
  - IoT 융합 센서를 탑재한 현장 품질검사 장비로부터 아스팔트 시공 구간의 온도 및 다짐면의 연직변위를 측정·분석하여 시공 엔지니어에게 실시간 최적의 다짐 관리가 가능한 정보를 제공하는 기술 개발

- 연구내용
  - 융합 센서 장착 현장 품질검사 장비 설계 및 제작
  - 현장 시공 관리를 위한 현장 품질검사 장비의 운용 방안 제시
  - IoT 첨단 센서를 사용한 포장층의 고정밀 변위 데이터 분석 기술 개발
  - 실시간 최적 다짐조건 분석 소프트웨어 개발
  - 비파괴 장비 활용 다짐밀도 측정 시스템 설계 및 제작
  - 비파괴 장비를 활용한 아스팔트 포장의 다짐도 분석 기술 개발
  - 시공직후 평탄성 및 횡단경사 측정 및 분석 시스템 개발
  - 아스팔트 포장의 다짐도에 따른 포트홀 발생 위험도 예측 기법 개발

■ 3세부 : Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

○ 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 개발

- 연구목표
  - 제안된 방법론에 따른 정보 상호운용성 20% 개선

- 연구내용
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 통신 프로토콜 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 진단 기술 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 빅데이터 분석 기술 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 클라우드 관리 기술 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 클라우드 API 개발
  - 도로포장공사 품질관리용인프라 IoT 서비스 연계 기술 개발

○ 도로포장공사 공간정보구축 기술

- 연구목표
  - 제안된 방법론에 따른 공간정보 변환성능 20% 개선

- 연구내용
  - 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 개발
  - 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 개발
  - 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
  - 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발
  - 공간정보-IoT 연계 기술 개발
  - 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 개발

○ 도로포장품질관리 서비스 기술

- 연구목표
  - 클라우드 기반의 도로포장 품질관리 서비스를 개발을 통한 시공현장 별 품질자료의 체계적 관리 기반을 구축
  - 모바일 기반의 실시간 품질관리 모니터링 기술 개발을 통한 품질관리 주체별 임무에 특화된 정보 제공 서비스 개발

- 연구내용
  - 클라우드 기반 도로포장 시공현장별 품질관리 시스템 구축
  - 모바일 기반 도로포장 품질관리 주체별 실시간 모니터링 어플리케이션 개발
  - IoT 기반 대용량 도로포장 품질관리 유형별 품질자료 저장용 데이터베이스 구축 및 관리
  - 도로포장 품질관리 자료의 시공 현장 모바일 기기의 실시간 연동 기술 개발
  - 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 기능
  - 도로포장 품질자료를 전파할 수 있는 품질자료 표준 포맷(XML 등) 개발
  - 시공현장별 도로포장 품질관리 결과 통합 출력 기능 개발

■ 테스트 베드 총괄 운영 계획

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 포장 품질관리를 위한 방법 및 시스템 개발을 위하여 관련 연구경험이 풍부한 국내 도로포장분야 전문가를 활용하여 연구개발을 실시

○ 본 사업의 궁극적인 목표는 기술사업화로써, 포장도로의 관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성함

○ 방법론 및 성과지표는 국내 전문가 자문단을 구성하여 세미나 및 워크샵 개최를 통해 평가하며, 개발된 기술의 자문 수행 및 실효성 검증을 실시

○ 실용화 및 사업화와 관련된 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고, 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 평가단을 구성하여 공정하고 신뢰성 있는 결과 도출을 실시

○ 기술 개발 시 호환성을 고려한 표준을 고려하고, 확장성을 고려한 플랫폼 기반 개발 방식 필요. 기술 확산을 위한 오픈소스 기반 개발 방식 고려

○ 도로포장 재료 생산 장비 및 시공 장비의 다양성을 고려하여 품질 자료 취득 장치의 모듈형 개발 및 통합 프로토콜의 개발을 고려

○ 도로포장 품질관리 주체별 임무와 요구사항을 면밀히 조사하여 발주처,

	시공사, 감리가 필요로 하는 품질정보를 제공하고, 품질관리 주체별 판단 정보를 실시간 공유할 수 있는 서비스 개발 고려 ○ 수요자와 도로 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성해야 함 ○ 수요자의 요구 충족을 위하여 각 연구단계별 연구 성과에 대한 정량적/정성적 평가가 가능하도록 해야 하며, 매년 수요자 기반 자문회의를 통해 수요자의 요구를 충족시킬 수 연구개발 추진전략을 수립해야 함
□ 추진체계	○ 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추진체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정함 ○ 세세부의 각 연구진행 내용에 대하여 기술개발 과정 및 결과를 검증하기 위한 기술위원회 구축을 통해 연구추진 성과의 정확성을 높여야 함 ○ 전문위원회, 자문위원, 실무자 등의 의견을 수렴하여 실효성 있는 연구결과의 도출을 실시해야 함 ○ 관계부처 및 업계간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화 ○ 연구과제와 관련한 국내외 기술인프라 현황 및 관련 연구개발과제 수행현황 등을 조사하여 충분한 연구경험을 보유하고 있는 기관과의 협력을 통한 기술의 차별화 방안을 모색해야 함 ○ 산학연 / 산산연 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업시스템 구성 ○ 해외 주요기관 및 전문가와의 협력추진 및 관련기관 네트워크 활용을 통한 정보 교류 시스템 구축
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발 - 콘크리트 포장 원자재 품질관리 시스템 구축 - IoT 기반 콘크리트 포장 원자재의 품질관리기술 개발 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 생산품질관리 기술 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가 기술 - 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 ○ IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발 - 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 구축 - 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 시스템 구축 - 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 - 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시스템 구축

- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술

○ 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
- 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포관리 기술
- 콘크리트 포장 온도/습도 계측관리 시스템 구축
- 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술

○ 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발
- 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준
- 아스팔트 플랜트의 IoT 유지관리 보수용 검사 프로그램 및 메뉴얼
- 아스팔트 플랜트 품질관리 지능형 대응 논리 및 생산 운용 프로그램
- 아스팔트 혼합물 현장 운송 품질관리 및 추적 맵 프로그램
- 아스팔트 혼합물 현장 트럭 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준

○ IoT 기반 인텔리전트 컴팩션(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발
- RTK(Real Time Kinematics) 고정밀 GNSS 모듈 개발
- 3차원 설계 자료 컨버팅 프로그램 개발
- 인텔리전트 컴팩션의 실시간 포장두께 자동 계측 모니터 프로그램 개발
- 인텔리전트 컴팩션의 실시간 품질 측정을 위한 계측 모듈 및 구성 장치 개발
- 현장 포장 시공에 대한 Data 실시간 전송 App 개발 및 무선 통신 모듈 개발
- 인텔리전트 컴팩션 관련 시방 기준(안) 개발

○ 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용 기준 개발
- 아스팔트 포장의 시공 관리용 현장 품질검사 장비의 시작품
- 포장층의 다짐도 분석 프로그램
- 다짐 온도 및 다짐도 분석을 통한 최적의 다짐 조건 분석 프로그램
- 현장 엔지니어 활용을 위한 최적 다짐관리용 모바일 애플리케이션 개발
- 데이터 분석을 통한 아스팔트 포장 다짐밀도 분석 프로그램

○ 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 인프라 IoT 통신 프로토콜
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 분석 기술
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 관리 기술
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 API
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 서비스 연계 기술

○ 도로포장공사 공간정보구축 기술
- 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술
- 공간정보 스캔-GIS 변환 기술
- 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
- 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술
- 공간정보-IoT 연계 기술
- 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버

○ 도로포장 품질관리 서비스 기술
- 클라우드 기반 도로포장 시공현장별 품질자료 관리 시스템
- 모바일 기반 도로포장 품질관리 주체별 실시간 모니터링 어플리케이션
- IoT 기반 대용량 도로포장 품질관리 유형별 품질자료 저장 데이터베이스
- 도로포장 품질관리 자료의 시공 현장 모바일 기기의 실시간 연동 서비스
- 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 서비스
- 도로포장 품질자료를 전파할 수 있는 품질자료 표준 포맷 (XML 등)
- 시공현장별 도로포장 품질관리 결과 통합 출력 기능

○ 테스트 베드 총괄 운영 계획
- 세부별 연구성과가 종합적으로 반영될 수 있는 테스트 베드 총괄 운영 계획 제시
- 테스트 베드를 조기에 구축하고 검증기간을 충분히 두어, 과업기간 내 개발기술 실용화 유도 목적

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 5년
○ 연구비 예산 : 218.24억원 (정부출연금 162.57억원)

7. 기 타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성
- 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

2절 세세부별 과제 제안요구서(RFP)

1. 1세부 - 콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발

세부과제명	콘크리트 포장 시공혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ IoT 기반 콘크리트 포장의 생산· 시공· 초기거동 품질관리 투명화· 체계화· 표준화 기술 개발을 통한 공용수명 20% 향상 ○ 콘크리트 포장의 생산 및 시공 품질관리에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 콘크리트포장은 특히 초기 시공 시 품질관리 및 시공관리가 중요하며, 시공이 잘된 곳은 30년 이상 공용되기도 하나, 생산 및 시공관리가 부실한 경우 조기파손이 발생되는 경향이 많음 - 최근 줄눈부 중심의 스폴링(spalling), 팝아웃 등 국내 콘크리트 포장의 조기파손 사례가 증가하고 있으며, 콘크리트 생산 및 품질관리 미비에 따른 콘크리트의 공기량 부족 및 양생 관리 문제 등이 계속 제기되고 있음 - 반면에 콘크리트 포장은 조기파손이 발생하지 않을 경우 설계수명 기간 내에 유지보수가 크게 필요하지 않는 경제적이고 효율적인 포장 형식으로 시공품질관리 향상을 통한 포장의 조기파손을 방지하는 것이 그 무엇보다도 중요함 - 콘크리트 포장의 조기파손 주요 원인으로는 재료생산, 배합, 시공과정, 콘크리트 포장 타설 직후부터 수행되는 양생 관리 및 줄눈시공 관리의 소홀함을 들 수 있으며 이에 대한 체계적인 관리 방안 마련이 필요함 - 콘크리트 생산 측면에서 원자재의 품질저하, 품질변동성, 혼합물 품질기준 미흡 등이 원인일 수 있음. 특히 골재의 품질확보를 위해 표면수 관리와 이물질 함유량 관리가 중요한데, 이에 대한 적절한 관리 부족으로 콘크리트 혼합물의 품질변동이 크게 발생되고 있음 - 또한 콘크리트 혼화재의 품질변동이 콘크리트 혼합물의 품질변동을 일으키며, 플라이애시의 경우 미연탄소분이 기준치를 초과할 경우 콘크리트 혼합물의 공기량관리를 어렵게 할 수 있음 - 콘크리트를 생산하여 운반 후 현장 도착에까지 일정한 시간이 소요되는

데, 이때 슬럼프와 공기량 손실(loss)이 발생할 수 있으며, 이 손실량을 분석하여 현장 도착 기준에 맞게 혼합물 생산이 이루어져야 함. 실제 현장에서 이에 대한 적절한 대처가 이루어지는지는 의문이며 특히 손실량은 동일한 배합에서도 대기상태에 따라 달라지기 때문에 세심한 관리가 필요함

- 콘크리트 포장 시공 측면에서는 슬리폼 페이버의 운영 미숙, 부적절한 양생제 살포, 현장 가수 등이 콘크리트 포장 파손을 일으킬 수 있음
- 콘크리트 포장 파손 원인 분석을 위해서는 재료, 생산, 시공 등에 대한 품질관련 DB가 구축되어 있어야 하나, 이에 대한 시스템이 구축되어 있지 않아, 책임 규명이 명확하지 않음
- 이에 정부에서 장려하는 4차 산업육성에 부응하며 스마트 건설기술을 통한 콘크리트 포장 혼합물의 생산, 시공품질관리 및 초기거동 정보화를 위한 시스템 구축이 필요한 시점임

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 유럽에서는 고속도로를 중심으로 교통량이 많고, 파손 시 유지보수가 용이하지 않는 구간에 대해서 고성능콘크리트포장을 지향하여 설계수명을 35년으로 하고 있으며, 실제는 50년 이상 공용하고 있음
- 미국 캘리포니아 주에서는 100년 사용가능한 콘크리트포장(century concrete pavement) 시공기술을 개발하고 있으며, 이는 고품격의 재료를 사용하여 철저한 품질관리와 시공관리가 선행될 때 가능한 것임
- 유럽의 도로건설 업체들은 설계 및 시공 뿐 아니라 시공에 소요되는 시멘트 콘크리트 등과 같은 건설재료를 직접 생산하기 때문에 도로 시공 후 문제점을 스스로 피드백(feedbasck)하고 보완하는 작업이 자연스럽게 이어지지만, 이에 반해 우리나라는 이러한 피드백 부분이 잘 이루어지기 어려운 구조를 갖고 있으므로 포장에 발생한 파손들에 대한 원인을 파악하고 적절한 유지관리 방법 결정에 대한 체계적인 시스템 구축이 필요함
- 국외의 사례와 같이 콘크리트포장의 우수한 역학적 특성 및 내구성능을 고려할 때, 철저한 품질관리와 시공관리로 신설 콘크리트포장 수명을 획기적으로 연장할 수 있는 품질관리 기술개발이 절실한 시점임

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 최근 이상기후로 인한 혹한과 폭설, 하절기 집중호우 등 기후환경 변화와 고품질의 골재수급이 어려워졌고, 제설작업 방식의 변화와 사용량 증가 등 환경여건의 변화가 콘크리트포장의 품질 및 내구성 확보를 어렵게 하는 요인으로 작용하여 조기파손이 꾸준히 발생하여 보수비용이 증가하고 있음

- 기존의 개별적인 방식의 품질관리 방식에서 탈피하여, 생산, 운반, 타설하는 공정 전체가 Iot 기반으로 관리되는 품질관리 체계화 기술의 구축이 요구됨
- 특히 배치플랜트에서의 잔골재 표면수율의 변동성과 기존 플랜트 설비 시스템에 따라 계량 오차의 발생 및 저장조의 재료분배 시 오작동 등에 의해 발생되는 콘크리트 혼합물의 품질변동을 최소화할 수 있는 Iot 기반의 품질관리 시스템 구축이 필요함
- 콘크리트 제조공정 중 강도, 슬럼프, 공기량 등의 품질관리는 주로 단순 배합보정, 혼화제 사용량 조정 등 재료와 배합에 치중돼 있어 신뢰성 기반의 콘크리트 혼합물 배합설계에 대한 통합적인 운영시스템이 필요함
- 최근 양질의 시멘트가 개발되고 있으나 산업부산물 등 혼화재와 저가골재 등의 임의사용 및 양질의 잔골재의 부족 등이 동시에 발생되고 있어 최적화된 품질관리 기법이 요구됨
- 콘크리트 포장 시공 과정에서도 콘크리트 페이버 속도, 진동수에 따라 연행 공기량 손실과의 상관관계 규명이 필요하며, 현장 온도, 두께 및 평탄성 관리 등의 필요성이 증가하고 있음
- 또한 콘크리트 포장 시공 시 양생온도가 과다하게 높으면 수축균열 발생 등의 손상이 조기에 나타나게 되며 양생온도가 너무 낮으면 콘크리트의 내구성이 저하됨
- 이와 같이 양생 온도는 콘크리트 포장의 거동 및 내구성에 지대한 영향을 미치는 인자이지만 이에 대한 현장 계측을 통한 기술적 관리가 적절하게 이루어지지 않는 실정임
- 콘크리트 포장의 장기적인 내구성 확보를 위하여 양생제 살포시기, 살포량 등을 현장에서 실시간 제어할 수 있는 기술적 관리 방안의 마련이 필요함
- 콘크리트 포장의 줄눈 시공 시기가 적절하지 못할 경우에는 균열 및 스폴링 등의 손상이 발생하게 됨. 현재는 콘크리트 포장의 줄눈 시공은 경험적 방법에 의존하여 줄눈 절단 시기를 결정하고 있는 실정이며 따라서 기술적 방법에 기반을 둔 체계적인 줄눈 시공 방안의 마련이 필요함
- 국내 발달된 IoT 기술을 콘크리트포장 품질관리 및 시공관리에 적용하여 투명성과 신뢰성을 확보할 경우 장수명 콘크리트로 시공하게 되어 파급효과가 클 것으로 사료됨

○ 국외기술동향

- 유럽을 중심으로 효율적인 생산 관리 및 생애주기 비용을 절감하기 위하여, 고품격의 재료를 사용하여 품질관리와 시공관리를 철저히 하여 장수명 고내구성 콘크리트포장으로 시공하는 추세임
- 콘크리트 포장은 시공 후 유지보수에 대한 비용이 적다는 장점이 있으

나 조기파손이 발생할 경우 지속적인 보수가 필요하게 되어 유지보수비용이 크게 증가할 뿐만 아니라 보수를 위한 교통 통제로 인해 사용자의 불편을 초래하게 됨

- 국외의 경우도 무근콘크리트줄눈포장(JPCP)의 경우 줄눈부 중심의 파손이 발생하지만, 국내 콘크리트 포장에서 유지보수비용이 특히 가장 많이 지출되는 부분은 줄눈부에서의 스폴링 등에 의한 파손을 보수하는데 사용되는 비용임
- 미국에서는 콘크리트 포장 타설 후 양생은 일반적으로 피막양생제 살포방법이 가장 널리 사용되고 있으며 필요시 양생포를 이용한 습윤양생 방법을 사용함. 그러나 교면포장의 경우는 양생포를 이용한 습윤양생 및 비닐을 추가로 덮어 양생기간 동안 충분한 습윤상태를 유지하기 위해 많은 노력을 기울임
- 콘크리트 포장의 적절한 양생은 수분의 증발을 억제함으로써 콘크리트의 내구성 및 수밀성을 증가시키기 때문에 품질관리의 중요한 인자임
- 일본에서는 콘크리트 강도확인을 위해 성숙도(maturity) 개념을 적용하고 있으며, 현장에서 콘크리트 포장의 온도 측정을 통해 강도를 간접적으로 추정하고 있음. 특히 압축강도가 아니라 휨강도 측정 시 성숙도 개념을 시험적으로 적용해 보았으며, 상관관계가 높은 것으로 평가됨
- 콘크리트 포장의 적절한 양생 및 줄눈 시공 관리를 통해 조기파손을 예방하면 유지보수에 사용되는 비용을 크게 절감할 수 있음

3. 연구개발 내용	

○ 1-1세세부 과제 : 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 투명화 기술 개발
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 운반차별(또는 배치별) 시멘트 콘크리트 품질관리(워커빌리티)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 품질관리 시스템 현황 평가
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 원자재 품질관리기술 시험 적용 및 검증
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질 변동성 최소화를 위한 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발

- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산정보 관리 기술 개발
- 크리트 포장 생산품질 문제 발생 시 현장대응(feedback) 방안 및 절차 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 시험 적용 및 검증

○ 1-2세세부 과제 : IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 체계화 기술 개발
- 콘크리트 포장 시멘트 콘크리트 슬래브(재료분리)에 대한 표준편차 범위를 기존 대비 15% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 현황 평가
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 기술 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 시공현장 품질관리기술 시험 적용 및 검증
- 콘크리트 포장 페이버 운영 시스템 현황 평가
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 계측관리 기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영기술 개발
- IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시공품질관리 기술 시험사업 운영 및 평가

○ 1-3세세부 과제 : 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발

• 연구목표
- IoT 기반 콘크리트 포장 초기거동 품질관리 표준화 기술 개발
- 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 개발에 따른 소성수축균열 30% 저감
- 콘크리트 포장 줄눈시공 관리기술 개발에 따른 줄눈절단면 파손 50% 저감

• 연구내용
- 콘크리트 포장 양생제 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 기술 개발
- 양생제 살포 실시간 모니터링에 따른 콘크리트 포장 양생관리 기술 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포 관리기술 시험 적용 및 검증

- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 양생온도/습도 계측 관리 기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 실시간 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 기술 개발
- 콘크리트 포장 성숙도/강도 실시간 모니터링에 따른 줄눈시공관리 기술 개발
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 시험 적용 및 검증

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 콘크리트 포장 시공 혁신을 위한 IoT 기반 품질관리 기술 개발을 위해 콘크리트 플랜트 생산시설 자동화 계측 및 지능형 품질관리 시스템 도입, 콘크리트 포장 현장시공 품질관리 체계화, 콘크리트 포장 초기거동 정보화를 통한 시공 품질 향상 기술 개발을 실시

○ 본 사업의 궁극적인 목표는 콘크리트 도로포장 기술수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리기술 실용화로, 포장도로 재료의 생산, 시공 및 관리기관 기술자들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성함

○ 방법론 및 성과지표는 국내 전문가 자문단을 구성하여 세미나 및 워크샵 개최를 통해 평가하며, 개발된 기술의 자문 수행 및 실효성 검증을 실시

○ 실용화 및 사업화와 관련된 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고, 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 평가단을 구성하여 공정하고 신뢰성 있는 결과 도출을 실시

○ 품질관리 방안 및 시스템 실용화를 위해 시범사업을 조기에 실시하고, 개발된 품질관리 기술의 효용성을 평가하고 피드백 작업을 실시하여 개발기술의 완성도를 높임

□ 추진체계

○ 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추진체계를 구축하고, 연구단 중심의 세부과제별 성과발표회 및 핵심기술의 연구개발 현황 공유 등의 기술개발 추진형태를 설정함

○ 세세부의 각 연구진행 내용에 대하여 기술개발 과정 및 결과를 검증하기 위한 기술위원회 구축을 통해 연구추진 성과의 정확성을 높여야 함

○ 전문위원회, 자문위원, 실무자 등의 의견을 수렴하여 실효성 있는 연구결과의 도출을 실시해야 함

○ 산학연 / 산산연 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업시스템 구성(플랜트시설의 적극적 참여 유도)

○ 연구과제와 관련한 국내외 기술인프라 현황 및 관련 연구개발과제 수행현황 등을 조사하여 충분한 연구경험을 보유하고 있는 기관과의 협력을 통한 기술의 차별화 방안을 모색해야 함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 콘크리트 포장 플랜트 시설의 지능형 생산품질관리 기술 개발
- 콘크리트 포장 원자재 품질관리 시스템 구축
- IoT 기반 콘크리트 포장 원자재의 품질관리기술 개발
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 생산품질관리 기술
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 유변학적 특성 평가 기술
- 콘크리트 포장 플랜트 시설의 생산품질관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 플랜트 시설의 생산품질관리 기술 개발 및 매뉴얼 개발

○ IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 및 인텔리전트 페이빙 운영 기술 개발
- 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 시스템 구축
- 콘크리트 포장 현장 환경하중 관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 현장 시공품질관리 기술
- 스마트 센서를 이용한 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 인텔리전트 페이빙 운영 기술 및 시방 기준(안) 개발

○ 콘크리트 포장 초기거동 표준화를 통한 양생관리 및 줄눈시공관리 기술 개발
- 콘크리트 포장 양생제 살포 관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 양생제 살포관리 기술
- 콘크리트 포장 온도/습도 계측관리 시스템 구축
- 콘크리트 포장 성숙도/강도 관리 시스템 구축
- 스마트 센서와 IoT 기반 콘크리트 포장 줄눈시공관리 기술 및 매뉴얼 개발

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 5년
○ 연구비 예산 : 59.05 억원(정부출연금 44억)

7. 기 타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성
○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

2. 2세부 - IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발

세부과제명	IoT 센서 융합을 통한 아스팔트 포장의 지능형 현장 시공 품질관리 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 설계 수명 확보 및 20% 수명 연장 목표 아스팔트 포장의 지능형 현장 품질관리 기술 개발 및 실용화 ○ IoT 기반 센서의 융합 기술 개발과 이를 적용한 시공 현장 공정별 품질관리 장비 및 활용 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 아스팔트 포장의 시공 과정에서 품질관리 미비 등으로 인해 10년 설계 수명에 못 미치는 6년 이하 조기 파손 발생으로 연간 142억원의 유지보수 비용이 증가하고 있어 이를 방지하고 품질관리 신뢰성을 확보하면서 설계 수명을 확보할 수 있는 현장 시공 기술 개발이 필요한 실정임 - 아스팔트 포장의 현장 공사에 사용되는 생산 시설 및 시공 장비의 운용 중 품질관리와 연계된 디지털 검측 자료의 신뢰성 확보와 전사적 활용을 위한 기술 개발이 절실히 요구됨 - 국내 아스팔트 포장 시공 관련 포장전문업체는 대부분은 10인 이하 또는 기본 장비만을 보유하고 있는 영세업체 위주의 산업 구조로서 보유 장비의 노후화가 심각하고 기술 인력 확보가 어려워 현장 시공 능력이 낮고 품질변동 및 잦은 하자 발생의 원인이 되고 있어 개선 필요성이 제기되고 있음 - 이러한 국내 해당 산업 전반의 현실적인 문제점을 개선하여 현장의 포설 및 다짐 시공 과정에서 기술적인 대응 시스템을 구축하여 기능 인력에 의한 품질관리를 최소화하고 장비의 현대화 및 디지털화를 통한 스마트 기기를 도입함으로서 현장에서 최적의 품질관리와 더불어 축척된 디지털 빅데이터를 활용하는 체계의 구축이 요구됨 - 기술적인 측면에서 아스팔트 포장의 설계 수명 확보와 품질관리 일관성 유지를 위한 생산 플랜트 및 시공 운용 장비에 첨단 IoT 기술을 활용하는 기술 개발이 기대됨 - 이러한 기술 개발은 아스팔트 포장 공사 과정의 품질관리 연계 자료의 디지털화와 현장 대응 자료로 즉시 활용되고 객관적인 자료로 축척되어 아스팔트 포장의 수명 연장을 위한 기준 개발에도 적용됨 - 국가경쟁력 강화 측면에서 볼 때, 도로 포장의 대부분을 차지하는 아스팔트 포장의 현장 시공 품질관리 기술력 향상은 해외 건설 수출에 기여하여 새로운 신성장 동력으로서 국가 경제 발전에 이바지 할 수 있음

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 유럽 및 미국 등은 아스팔트 포장의 시공에 활용되는 인텔리전트 페이버 및 컴팩션이 다수 개발되어 현장에 사용되고 있으며, 이를 통해 공사의 품질관리 일관성 확보와 수명 연장에 기여하고 있음
- 아스팔트 포장 공사는 생산, 운반, 시공이 동시에 연속적으로 발생하는 사업이므로, QA/QC를 위한 인력 및 장비 등이 많이 소요되어, 건설 생산성이 떨어지는 문제점이 있음. 이를 개선하기 위해서는 IoT, GPS 활용 등 ICT 기술 도입이 필수적임
- 이에 미국 및 유럽 등에서는 10년 전후로 인력에 의한 현장 시공을 지양하고 첨단 센서 및 GPS 기술 등을 활용한 스마트 컴팩션 장비를 현장에 도입하여 품질변동을 최소화하고 시공 중 자료의 축척을 통해 사후 품질관리 기술에 적용하는 시스템을 운영하고 있어 이를 기술 도입이 시급함
- 따라서 국내 도로 포장 시공 업체의 해외 시장 진출을 위해서는 이러한 해외 기술 현황을 감안하여 자체 인텔리전트 시공 장비 기술 개발과 이를 적용한 아스팔트 포장의 현장 포설 및 다짐 장비의 개선을 위한 시스템 개발이 필요한 실정임

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국토부에서 발표한 6차 건설기술진흥 기본계획에 따르면, 2025년까지 스마트 건설자동화 등 4차 산업혁명에 대응하는 기술 개발을 통해 건설현장 노동생산성을 40%까지 향상시키고, 안전사고로 인한 사망자 수를 30% 감소시키는 중장기 계획이 추진되고 있음
- 아스팔트 포장용으로 사용되는 아스팔트 혼합물은 관급 발주로서 현장 중심의 QC 및 QA의 적용에 한계가 있으며 생산 과정 중의 품질관리와 연계된 계측 관련 자료가 디지털 기록으로 관리되지 않아 사후 문제 발생 시 원인 분석 및 책임 소재 판단 등에 어려움이 있음
- 국내에서는 아스팔트 플랜트의 생산 품질관리와 관련하여 IoT 기반 센서 장치를 구비한 사례가 전무하고 아스팔트 혼합물의 생산 과정 중 품질 변동 및 이상 유무를 확인하고 현장에서 대응 조치하는 품질관리 시스템이 구비되어 있지 않아 현장 공급 과정에서 품질 저하에 적절히 대처하지 못함
- 기존 아스팔트 포장 시공은 [초기측량➔말뚝설치➔스트링설치➔STA별 스트링 높이조절(레벨측량)➔페이버 포장 시공➔말뚝 및 스트링 유지관리]의 복잡한 시공 과정을 통해 진행되어 많은 측량과 인력, 시간이 소요되며 스트링 설치시 수 km에 대한 레벨 측량 오차 또는 측량원의 실수, 스트링 설치 후 관리미흡으로 인해 포장시공의 평탄성에 큰 영향을 미침
- 도로 포장 구간에 대한 3차원 설계 데이터를 기준으로 고정밀 GPS를 통해 좌표 데이터를 수신하며, 해당되는 X, Y 좌표에 대한 포설 높이값은 Laser 센싱을 통해 Reference String 설치없이 정밀한 포설 두께 및 평탄성을 확보할 수 있는 기술임

- 인텔리전트 컴팩션 기술은 기존 운전자의 경험 및 노하우를 기록할 수 있는 방법이 없어 다짐상태의 체계적인 기록이 없었으나 본 기술 개발을 통해 다짐 장비별 다짐 장비 작동 상활을 실시간으로 기록하여 관리가 가능한 기술임
- 인텔리전트 컴팩션 시스템은 개발된 단말기를 통해 다짐 시 각종 운용 정보들의 관리가 자동화 되어 작업 및 품질관리의 효율성 확보로 도로 관리 업무의 효율성이 획기적으로 개선될 것으로 기대됨
- 국토교통부에서는 도로 포장의 시공 품질 향상의 중요성을 인지하고 이를 위해 현장 기술 중심의 품질관리 기준 및 시공 지침을 개발하는 연구 과제를 수행 중임
- 아스팔트 포장의 현장 시공 관리에 있어 다짐도 관리는 도로포장의 내구성 및 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 요소임
- 아스팔트 포장의 다짐밀도는 시공 현장의 대기 및 노면온도, 아스팔트 혼합물의 온도, 다짐장비 및 조건 등의 다양한 변수에 의해 영향을 받기 때문에 요구되는 다짐도를 구현할 수 있는 최적의 다짐 조건은 시공간적 변동 특성이 매우 큼
- 기존의 아스팔트 포장의 다짐 관리는 대부분 현장 엔지니어의 경험적 판단에 의존하여 관리되고 있어 이러한 시공간적 변동 특성을 즉각적으로 반영한 과학적이고 체계적인 다짐관리는 현실적으로 매우 어려운 상황임
- 현행의 현장의 포장 다짐밀도를 측정하기 위한 방법은 직접 코어를 채취하거나 현장 다짐 측정기(Pavement Quality Indicator, PQI)를 활용한 방법이 있으나 국부적인 다짐밀도를 산정 방법으로 전반적인 상태 평가가 불가능함
- GPR을 활용한 유전율 측정기법을 이용하여 아스팔트 도로의 현장 공극률 또는 밀도를 측정하는 연구가 활발히 이루어지고 있음
- 한국건설기술연구원, 서울시 품질시험소에서도 GPR 등 비파괴계측 장치와 다양한 센서를 접목하여 아스팔트 도로의 공극률 및 밀도 측정 연구를 수행한 바 있음
- IoT 센서 기반 현장 검사 장비는 열화상 카메라와 변위 측정 모듈이 장착된 현장 품질검사 장비를 활용하여 현장 시공 중 다양한 온도 정보와 노면의 연직 상대 변위를 측정·분석하여 최적의 다짐 조건을 도출하고 이를 현장 엔지니어에게 실시간으로 제공하여 시공 품질의 향상을 극대화 시키는 기술임

○ 국외기술동향

- 미국의 경우 아스팔트 포장의 현장 시공과 관련하여 기존 다짐 공정과 인텔리전트 컴팩션 기술을 비교해 보았을 때, 품질관리 비용과 작업 시간을 단축시킴으로써 작업 효율성 약 30% 향상, 약 37%의 공사 비용 절감이 가능함
- 3D GPR은 아스팔트 포장의 전반적인 다짐밀도를 측정 가능한 확실한 대안으로 해외에서 활발히 연구가 진행되고 있으나 실험 적용 수준에 머물러 있음
- 미국 University of Illinois에서는 1.0GHz 주파수의 비접촉식 GPR 장비를 이용하여 반사계 수법으로 유전상수를 계산하고 현장에서 코어를 채취한

후 실내에서 공극률을 측정하여 유전상수와 공극률의 관계를 제시하였음
- 핀란드에서는 GPR 장비의 사용이 도로 포장의 공식적인 품질관리 방법으로 인정되고 있으며, 연구 결과 유전상수와 공극률은 지수관계가 있는 것으로 알려짐

3. 연구개발 내용	

○ 2-1 세세부 과제 : 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

- 연구목표
  - 아스팔트 혼합물의 품질 변동 최소화를 통한 아스팔트 포장의 수명을 20% 연장하는 IoT 센서 융합 기술 활용 아스팔트 플랜트 품질관리 기술 개발
  - 아스팔트 혼합물의 생산 배치별 온도 변동율 10% 이하 억제

- 연구내용
  - 품질관리 제도 정립을 위한 개선방안 및 제도적 접근 방안 마련 및 제안
  - IoT 기반 센서 기술 현황 조사를 통한 아스팔트 플랜트의 활용 방안 도출 및 기본 설계안 개발
  - 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목에 활용 가능한 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계
  - 아스팔트 혼합물의 공용 성능 연계 계측 항목에 활용 가능한 생산 시설별 IoT 기반 센서 융합 기술 개발 및 활용 장치 설계
  - 아스팔트 플랜트의 품질시험실의 주요 시험기 대상 IoT 기반 센서 장치 개발 및 운용 매뉴얼 개발
  - 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 기반 센서 모듈 장치 개발 및 운용 체계 개발
  - 아스팔트 혼합물의 생산 품질관리 DB 구성 요소 및 분석 기술 개발
  - GPS 및 IoT 센서를 활용한 아스팔트 혼합물의 재료 분리 최소화를 위한 운반 차량 추적 시스템 및 품질관리 기술 개발
  - 현장 플랜트 대상 시험 적용 및 피드백을 통한 기술 개선

○ 2-2 세세부 과제 : IoT 기반 인텔리전트 인텔리전트 컴팩션(IC) 핵심 모듈 및 운영 체계 개발

- 연구목표
  - 고정밀 GPS와 첨단 센서 융합을 통해 사전 측량 작업 및 표식 설치 작업 없이 정밀 시공이 가능한 아스팔트 포장 현장 시공 시스템 개발
  - 인텔리전트 컴팩션 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발을 통한 현장 포장 작업 효율 20% 향상

- 연구내용
  - 인텔리전트 컴팩션 장비 운용 컨트롤러 및 위치 인식 고정 GPS 연동 시스템 개발
  - 인텔리전트 컴팩션 실시간 다짐 관리 운용 소프트웨어 및 자료 전송 통신 모듈 개발
  - 인텔리전트 컴팩션 통합 알고리즘 및 시스템 운용 장치 개발
  - 현장 시험 적용 및 켈리브레이션 기술 개발
  - 장비 운영을 위한 품질기준 및 시방서 개발

○ 2-3 세세부 과제 : 융합센서를 이용한 아스팔트 포장의 첨단 시공관리 기술 및 적용 기준 개발

- 연구목표
  - 아스팔트 포장의 다짐밀도 및 온도관리를 통한 현장 시공 신뢰성 향상을 위한 IoT 융합 센서 기반 현장 품질검사 장비 및 운영 시스템 개발
  - 실측 밀도 대비 현장 다짐밀도 검사 정확도 80% 이상 확보

- 연구내용
  - IoT 기반 융합 센서 장착 현장 품질검사 장비 설계 및 시제품 제작
  - 현장 포설 및 다짐 중 시공 관리를 위한 품질검사 장비의 운용 기준 개발
  - 현장 시공 중 실시간 최적 다짐 조건 분석 소프트웨어 개발 및 검증
  - 비파괴 기술을 접목한 현장 다짐밀도 측정 시스템 및 시제품 제작
  - 비파괴 현장 다짐밀도 측정 장치의 수집 자료 활용 포장층 다짐도 분석 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 본 사업의 궁극적인 목표는 기술 사업화로써, 도로관리 기관, 업계 이익단체, 국가 기준 연구 및 검증기관 등 소속 실무자 및 연구진들의 풍부한 현장 실무 및 연구 경험을 극대화할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술 개발 주체로 구성함

○ 기술 개발 성과의 실제적인 수요자(도로관리 기관 및 민간 기업체)와 도로 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성해야 함

○ 관련 기술의 조기 실용화를 도모하고자 주요 수요자를 대상으로 각 연구 단계별 개발 성과에 대한 정량적/정성적 평가가 가능하도록 해야 하며, 매년 수요자 기반 자문회의를 통해 수요자의 요구를 충족시킬 수 연구 개발 추진 전략을 수립해야 함

□ 추진체계

○ 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율

적인 연구추진체계를 구축하고, 연구단 중심의 세부과제별 성과발표회 및 핵심기술의 연구개발 현황 공유 등의 기술개발 추진형태를 설정함

○ 산·학·연/ 도로기관 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업 시스템 구성

○ 해외 주요기관 및 전문가와의 협력추진 및 관련기관 네트워크 활용을 통한 정보 교류 시스템 구축

○ 전문 위원회 및 자문위원 활동 등 인적 인프라 활용

○ 관계부처 및 업계간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화

○ 산학연 / 산산연 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업시스템 구성(플랜트시설의 적극적 참여 유도)

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 아스팔트 혼합물의 품질변동 최소화를 위한 아스팔트 포장 수명 20% 연장하는 아스팔트 플랜트 생산 품질관리 연계 IoT 센서 융합 장치 및 활용 기술 개발

- 아스팔트 플랜트 생산 시설별 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준
- 아스팔트 플랜트의 IoT 유지관리 보수용 검사 프로그램 및 메뉴얼
- 아스팔트 플랜트 품질관리 지능형 대응 논리 및 생산 운용 프로그램
- 아스팔트 혼합물 현장 운송 품질관리 및 추적 맵 프로그램
- 아스팔트 혼합물 현장 트럭 장착 IoT 센서 융합 장치 및 운용 기준
- 현장 시험 운용

○ 현장 시공 작업 효율 20% 향상하는 인텔리전트 컴팩션 장비의 핵심 계측 모듈 및 구성 장치 개발

- RTK(Real Time Kinematics) 고정밀 GNSS 모듈 개발
- 3차원 설계 자료 컨버팅 프로그램 개발
- 인텔리전트 컴팩션의 실시간 포장두께 자동 계측 모니터 프로그램 개발
- 인텔리전트 컴팩션의 실시간 품질 측정을 위한 계측 모듈 및 구성 장치 개발
- 현장 포장 시공에 대한 Data 실시간 전송 App 개발 및 무선 통신 모듈 개발
- 인텔리전트 컴팩션 관련 시방 기준(안) 개발

○ 아스팔트 포장의 횡단경사, 다짐밀도 등 현장 시공 신뢰성 향상을 위한 IoT 융합 센서 기반 현장 품질검사 장비 및 운영 시스템 개발

- 아스팔트 포장의 시공 관리용 현장 품질검사 장비의 시작품
- 포장층의 다짐도 분석 프로그램
- 다짐 온도 및 다짐도 분석을 통한 최적의 다짐 조건 분석 프로그램
- 현장 엔지니어 활용을 위한 최적 다짐관리용 모바일 애플리케이션 개발

- 비파괴 밀도 측정장치 데이터 분석을 통한 아스팔트 포장 다짐 밀도 분석 프로그램

6. 연구기간 및 지원예산

□ 전 체

○ 총 연구기간 : 5년

○ 연구비 예산 : 100.14억원 (정부출연금 74.57억원)

7. 기 타

3. 3세부 - 도로포장공사 품질관리용 Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

세부과제명	도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술
1. 연구개발 목표	

○ 제안된 방법론에 따른 정보 상호운용성 20% 개선
○ 제안된 방법론에 따른 공간정보 변환성능 20% 개선
○ 도로포장 단계별 품질관리 업무 및 의사결정 효율성 20% 증대

2. 연구개발 필요성 및 기술동향	

□ 연구개발의 필요성

○ 국내 환경 측면의 필요성
- 기술 융합의 혁명적 변화를 기반으로 한 '4차 산업혁명'이 최근 크게 대두되고 있음. 인공지능, 머신러닝, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결기반의 지능화 혁명 도래
- 대통령직속 4차산업혁명위원회를 설립, 이를 운영하기 위한 『4차산업혁명위원회의 설치 및 운영에 관한 규정』을 제정
- 국토교통부는 제4차 산업혁명 대응전략 모색을 위해 산학연 전문가와의 협업을 통해 추진 방향을 검토하여, '제4차 산업혁명 국토교통 발전 포럼'을 구성해 대응전략을 발전시켜 나가고 있음(국토부, 2017)
- 제6차 기본계획의 추진 방향은 『Smart Construction 2025』으로, 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술개발을 비젼으로 하고 있음
- 국토교통부는 "공간정보 전용 클라우드 서비스 전략"을 통해 민·관이 함께 보다 나은 공간정보 산업 생태계를 조성할 수 있도록 노력하고 있음(공간정보 전용 클라우드 정책 포럼, 2017.9)
- '제1차 국토교통 과학기술 연구·개발 종합계획 공청회'(2018)에서 국토교통 R&D는 향후 10년간 총 9조6000억원 예산을 투입해 4개 추진 전략에 맞춰 진행, 국토 공간 기술은 8대 핵심 과제 중 하나로 선정
- 표준화된 인프라 IoT 프로토콜 기반 스마트 센싱 및 서비스를 통해 도로포장 시공 현장의 실시간 품질관리 실현 필요
- 도로포장 시공현장의 공간정보 스캔 및 구축 기술을 활용하여 현장 육안검사 수준의 주관적 품질관리에서 표준화되고 시각화된 품질정보를 활용한 객관적 품질관리로 패러다임 전환 요구
- 클라우드 기반의 체계적인 도로포장 품질자료 관리를 통해 시공현장별, 품질관리 주체별 다양한 형태의 품질정보 제공 및 신속한 의사결정 지원 가능

○ 국외 환경 측면의 필요성
- 선진국에서는 포장시공 현장관리 시 정보 상호운용성, 실시간성, 직관

성을 극적으로 개선하기 위해 ICT, IoT, 클라우드, 공간정보 기술을 적극 개발/사용하는 예가 많아지고 있음

- 미국은 2008년 IoT를 2025년까지 국가경쟁력에 영향을 미칠 6대 혁신 기술 중 하나로 선정하여 많은 산업 분야에서 IoT 활용 계획을 수립하여 실행하였음
- 스마트시티, 스마트 인프라 등 혁신 기술개발 및 IoT 활용에 따른 경제성장을 유도 중
- ICT 융합 전 분야의 근간이 되는 스마트, 고신뢰 SW 기술 분야에서 타국가 대비 독보적인 기술력을 보유하고 있으며, 미래 융합원천기술 선점 위한 대규모 R&D 투자 지속하고 있음
- IoT 산업 시장이 커짐에 따라 IoT 환경에서의 보안과 정보보호 문제가 발생함에 따라 연방거래위원회를 중심으로 IoT 환경에서의 보안 및 개인정보보호 관련 정책적 논의 진행 중
- 중국은 IoT를 「2006-2020년 과학기술 중장기 발전계획」에 포함, 국가 주요 기술부문으로 지목하고 IoT 산업 활성화를 위한 정책을 적극 추진 중. 2010년까지 약 70억 위안(약 1조 2천억 원)을 IoT 관련 R&D에 지원
- 일본은 IoT 등 첨단기술 발전에 대응해 이를 활용한 혁신과 새로운 비즈니스 창출을 위한 투자지원·인프라 환경 정비 등 총체적 정책 마련 강조
- 미국 기업에 비해 IoT 분야 경쟁력이 뒤처졌다고 판단하며 정부적 차원에서 선도적 인프라 정비와 기술 개발을 적극 독려
- IoT 추진 컨소시엄을 발족(2015.10)하여 IoT 산업의 전방위적 지원을 시행

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국토교통부와 한국도로공사에서는 도로포장의 품질관리 개선을 위한 품질성능지수(QPI) 및 품질관리시스템(PQMS) 등을 개발하여 시범평가를 실시하여 현장에 적용하고 있음
- 도로포장 현장의 데이터 측정 및 확보를 위한 클라우드 기반 데이터관리 시스템이 마련되어 있지 않으며, 서비스 간 분절된 시스템 구성으로 실시간 의사결정이 불가능함
- 텍스트 기반의 도로포장 기본정보 입력으로 수작업에 의한 오기, 데이터 누락 등 무결성 문제 발생. 이로 인한, 후속 공정의 정보 활용 시 문제가 발생하여, 사용자가 시스템 및 정보 활용을 주저하게 만드는 요인이 됨

○ 국외기술동향

- 선진국의 경우, 인프라 시공현장 데이터 취득, 관리, 분석 시 IoT, 클라우드 플랫폼 기술을 적극 활용. 이미, AWS(Amazon Web Services), 마이크로소프트 에저 기반 인프라 서비스 플랫폼을 개발해 실용화하고 있으며, 이를 현장 시공 장비 및 모바일과 연계해 작업 효율성을 극대화하고 있음

- 일본의 경우, 포장 공사에서도 2017년부터 신설 아스팔트 포장 공사에서 ICT 포장 공사를 적용하고 있으며, 특히 유지보수 포장공사에서는 ICT와 IoT를 활용하여 검토 현장을 실시간으로 연결하여 데이터를 공유하여 기술성, 생산성 향상 및 안전성 향상을 병행하는 'N-PNext(NIPPO-Paving Next)'를 통해 생산 및 시공 품질 관리를 통한 검사 및 서류의 제출까지 Wi-Fi를 적용한 인터넷 환경을 마련하여 클라우드 통신 인프라 시스템(クラウドを 通信インフラの構\築)을 구축함
- 미국의 경우 연속 다짐제어 시스템은 다짐롤러에 설치되어 있는 위치정보시스템(GPS)와 온도센서를 활용해 각각의 개별 장비뿐만 아니라 전체 다짐 장비들의 다짐 속도 및 횟수, 위치, 온도 상태 측정하여 현장에서 작업자가 바로 확인가능
- 또한 현장에서 측정된 다짐 관련 정보들은 원격으로 클라우드 플랫폼 기반 서버에 전달되어 저장 및 보관되고, 시공관리자 및 감독관에게도 모바일 폰으로 실시간으로 정보 제공됨
- 각종 센서 및 장비를 통해 측정된 정보들은 메인 서버에 저장되어 데이터베이스화하여 아스팔트 혼합물의 운송 정보와 포설 및 다짐시의 시공 정보를 분석하여 원인 및 추적조사가 가능하고 근본적인 현장 문제점을 개선하는데 활용됨

3. 연구개발 내용	

○ 3-1 세세부과제: Infra IoT 클라우드 기반 포장공사 품질 정보관리 기술

• 연구목표
- 도로포장 품질관리 업무 및 의사결정 효율성 20% 증대
- 포장품질관리를 위한 정보 상호 운용성 20% 개선

• 연구내용
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 통신 프로토콜 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 분석 기술 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 관리 기술 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 API 개발
- 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 서비스 연계 기술 개발

○ 3-2 세세부과제: 도로포장공사 공간정보 구축 기술

• 연구목표
- 포장품질관리를 위한 공간정보 변환성능 20% 개선

• 연구내용
- 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 개발
- 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 개발
- 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축
- 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발
- 공간정보-IoT 연계 기술 개발
- 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 개발

○ 3-3 세세부과제: 도로포장 품질관리 서비스 기술 개발

• 연구목표
- 오프라인으로 입력·관리 되는 도로포장 재료 공급원승인원, 배합설계 및 생산 품질자료의 온라인 수집 및 입력 시스템 신규 개발로 생산 품질자료 관리 효율성 20% 향상
- 수기로 작성 작성·제출되는 시공 품질자료의 온라인 수집 및 입력 시스템 신규 개발로 시공 품질자료 관리 효율성 20% 향상
- 생산 및 시공 품질자료의 실시간 모바일 시스템 신규 개발로 도로포장 시공 품질관리 의사결정 효율성 20% 증대
- 도로포장 시공현장 공간정보 제공 기능 신규 개발로 시공현장 시각화 정보 활용성 20% 향상
- 개별 출력하던 도로포장 생산 및 시공 품질관리 결과의 통합 출력 기능 등 신규 개발로 품질자료 관리 업무 효율성 20% 향상

• 연구내용
- 클라우드 기반 도로포장 품질관리 시스템
- 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 어플리케이션
- IoT 기반 대용량 도로포장 품질자료 저장을 위한 데이터베이스 구축
- 도로포장 시공정보 영역, IoT 센싱정보 영역, 품질기준 관리 영역, 품질자료 분석 영역, 품질 분석결과 공유 영역 등 정보 유형 별 데이터 관리 체계 표준화
- 품질 관리 시 이상결과 값 조치 기능
- 도로포장 품질관리 시스템과 현장 모바일 기기의 연동 기능
- 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 기능
- 도로포장 품질자료를 전파할 수 있는 품질자료 표준 포맷(XML 등)
- 시공현장별 도로포장 품질관리 결과 통합 보고서 출력 기능

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 연도별 세부적 마일스톤 설정 및 준수
○ 체계적 대학원 인력 관리 시스템 구축 및 운용

	○ 해외 전문가에게 기술적 자문 ○ 연구개발 내용별로 기준 수립과 실용화 개발로 분류하여 목표 수준 수립 ○ 기존 기술 적용 시의 효용성 및 문제점 분석을 통하여 성능검증 계획 수립 ○ IoT/클라우드 기술 개발업체, 전문 포장 업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 재료 및 장비 국내 자체 개발 실시 ○ 방법론 및 성과지표는 전문가 자문단을 통한 측정방법 검토 ○ 기술 개발 시 호환성을 고려한 표준을 고려하고, 확장성을 고려한 플랫폼 기반 개발 방식 필요. 기술 확산을 위한 오픈소스 기반 개발 방식 고려
□ 추진체계	○ 원천기술 확보와 기준 개발은 학·연 중심으로 주관연구 추진 ○ 실용화기술 개발은 산·학 중심으로 연구 추진 ○ 국내외 관련기관 네트워크 활용 및 국제교류를 통한 연구동향 조사 및 연구방향 검증 ○ 전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 도로포장공사 IoT/가시화 플랫폼과 연계기술 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 통신 프로토콜 개발 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 진단 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 빅데이터 처리 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 관리 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 클라우드 API 개발 - 도로포장공사 품질관리용 인프라 IoT 서비스 연계 기술 개발 및 매뉴얼 개발 ○ 도로포장공사 공간정보 구축 기술 - 도로포장공사 현장 공간정보 스캔 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 공간정보 스캔-GIS 변환 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 설계 및 구축 - 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 품질 검증 기술 개발 - 도로포장공사 품질관리용 공간정보-IoT 연계 기술 및 매뉴얼 개발 - 도로포장공사 품질관리용 공간 및 속성 정보 데이터베이스 서버 개발 ○ 도로포장 품질관리 서비스 기술 - 클라우드 기반 도로포장 품질관리 시스템 및 매뉴얼 개발 - 모바일 기반 도로포장 품질관리 모니터링 어플리케이션 - IoT 기반 대용량 도로포장 품질자료 저장을 위한 데이터베이스 - 도로포장 품질관리 시스템과 현장 모바일 기기의 연동 서비스

	- 도로포장 시공현장 공간정보 및 품질자료의 시각적 표출 서비스 - 도로포장 품질자료를 전파할 수 있는 품질자료 표준 포맷(XML 등) - 시공현장별 도로포장 품질관리 결과 통합 보고서

6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 총 연구비 : 59.05억원 (정부출연금 44억원)

7. 기 타	

3절 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

- 도로 포장 기술 수준 향상을 위한 IoT 기반 포장 품질관리 기술 개발을 위하여 국내실정에 맞는 효과적인 품질관리 방법 및 장비 개발과, 현장 적용성을 향상 시키기 위한 시스템을 개발하기 위하여 건설기술개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시
- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토교통부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시

나. 연구개발 내용

- 도로포장의 품질 혁신을 위하여 스마트 센서를 이용한 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 확인하고 관리시스템에서 데이터베이스(DB)화 하여, 품질관리를 투명화, 체계화 및 정보화 할 수 있는 IoT 기반 도로포장 관리 시스템 개발이 필요함
- 도로 포장의 품질관리의 실태를 검토하고, 대안별 품질관리 방법, 경제성 및 서비스 수준을 고려하여 IoT를 활용한 최적 품질관리 기법을 기획연구에서 선정하며, 선정된 품질관리 기법 실용화를 위한 장비 및 시방서 개발이 필요함
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가
- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장의 유지보수 건설재료 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 IoT 기반 도로포장 품질관리를 위한 시스템의 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.

- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.
- 연구책임자는 국토교통부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

- 산, 학, 연이 모두 참여하며
  - 세부 주관연구기관으로 산, 학, 연이 각각 구성된 경우 : 2점
  - 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점
- 산, 학 또는 산, 연으로 구성되며
  - 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
  - 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우 : 1점

나. 총 연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총 연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

- 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
- 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토교통부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약이 체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

- 현재 개정 작업 중에 있는「국토교통부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

*『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

마. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

7장

참고문헌

- 국토교통부 (2009), “ 도로공사표준시방서”
- 국토교통부 (2009), “ 콘크리트 표준시방서”
- 국토교통부 (2015), “ 일반국도공사전문시방서”
- 국토교통부 (2017) 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침
- 국토교통부(2009). 시멘트 콘크리트 포장 생산 및 시공 지침
- 국토교통부(2015), 건설공사품질관리업무지침
- 국토교통부(2015). 국가공간정보 표준화 연구
- 국토교통부(2015). 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침
- 국토해양부 (2009) 시멘트 콘크리트 포장 생산 및 시공 지침
- 국토해양부 (2009), ‘시멘트 콘크리트 포장 생산 및 시공지침’
- 국토해양부 (2011) 기후변화에 대비한 도로포장 품질관리 시스템 개발(1차년도)
- 국토해양부 (2011) 시멘트 콘크리트 포장 배합설계 지침
- 국토해양부 (2012) 기후변화에 대비한 도로포장 품질관리 시스템 개발(2차년도)
- 국토해양부 (2013) 기후변화에 대비한 도로포장 품질관리 시스템 개발(3차년도)
- 법제처(2018). 건설기술진흥법, 건설기술진흥법 시행령, 건설기술진흥법 시행규칙
- 법제처(2018). 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률
- 윤경구 (1998) 콘크리트포장의 콘크리트 덧씌우기 공법, 한국도로공사
- 윤경구, 남궁 경 (2015), “유럽의 시멘트콘크리트 포장 배합특성과 스폴링 억제방안”, 한국도로학회 특집기사, 2015
- 이슈&NDSL(2018). 사물인터넷(IoT)의 2017년/2018년도 10대 기술
- 주간기술동향(2017). 사물인터넷 산업의 시장 및 정책 동향
- 한국건설기술연구원(2017). 효율적인 건설공사관리를 위한 모바일 활용서비스에 관한 연구

- 한국과학기술정보연구원(2017). IoT 보안 이슈 및 국내외 보안기술 개발 동향
- 한국도로공사 (2012), “고속도로공사전문시방서”
- 한국도로공사 도로교통연구원 (2009), ‘알칼리-골재반응 보수방안 수립’ 연구
- Choi, P., Ryu, S., Zhou, W., Saraf, S., Won, M., Yeon, J., and Ha, S. (2013). "Project Level Performance Database for Rigid Pavements in Texas, II." Center for Multidisciplinary Research in Transportation, Lubbock, TX
- Illinois Department of Transportation (2012), “Standard Specifications for Road and Bridge Construction”
- Pavement Design Guide. The Pavement Division, Office of Materials and Technology. Maryland Department of transportation November 2002
- Rehabilitation Strategies Chapter 410: Crack, Seat and (HMA) Overlay. Concrete Pavement Guide. Part 4: Division of Maintenance Pavement Program January 2015
- Texas Department of Transportation (2014), “Standard Specifications for Construction and Maintenance of Highways, Streets, and Bridges”

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발 성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.