발 간 등 록 번 호
11-B090023-000345-01

국토교통기술연구기획사업

14RDPP-C075066-01

이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열 · 혼합 · 수송 장비 개발기획

최종보고서

2015. 02.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
위탁연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2015. 02.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 유 평 준
연 구 원 : 류 승 기
" : 엄 병 식
" : 윤 태 영
" : 함 상 민
위탁연구기관명 : ㈜날리지웍스
위탁연구책임자 : 류 형 근

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>14RDPP-C
075066-01</td><td>해당단계
연구기간</td><td colspan="2">2014.06.03.
~
2015.02.02</td><td>단계구분</td><td>1단계/1단계</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구사업명</td><td colspan="5">국토교통기술연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">국토교통기술연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">유 평 준</td><td>해당단계
참여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 9명
외부 : 1명</td><td>해당단계
연구비</td><td colspan="2">정부 : 80,000천원
계 : 80,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 9명
외부 : 1명</td><td>총 연구비</td><td colspan="2">정부 : 80,000천원
계 : 80,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
도로연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="3">해당사항 없음</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="6">해당사항 없음</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명 : (주)날리지웍스</td><td colspan="3">연구책임자 : 류 형 근</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서면수</td><td>279</td></tr>
</table>

□ 일반도로의 95% 이상, 고속국도의 약 40%에 해당하는 아스팔트 콘크리트 도로포장의 포트홀과 같은 조기파손으로 막대한 국가 예산 손실 및 안전한 교통 서비스 제공 등에 문제를 초래하고 있음

□ 이에 대해 도로포장 혼합물 관련 품질관리 제도 정비만으로는 한계가 있으며, 이에 따른 근본적인 해결책을 마련할 필요성이 있음

○ 도로포장 혼합물 품질관리 제도 개선과 함께 현장에서 발생하는 도로포장 건설 장비 관련 문제를 해소하여 품질관리의 효율성을 극대화할 수 있음

○ 아스팔트 혼합물 생산, 수송 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등 검토 필요

○ 기존의 정치식 아스팔트 혼합물 생산 공정에서, 골재 드라이어, 핫-스크린, 핫-빈 설비 및 과정을 제거 또는 대폭 축소하여 현장에서 혼합물 생산 및 품질관리가 가능한 이동식 현장 혼합물 생산 및 혼합물 관리 플랜트 복합 시스템을 개발함

○ 이동식 아스팔트 플랜트는 현장생산형 이동식 플랜트로 향후, 소규모의 도로포장 유지보수시장이 확대됨에 따라, 시간당 80톤 생산능력 이상으로 대형화 되고 있는 플랜트

<table>
<tr><td colspan="3">에서 경제성 문제로 신속한 도로유지보수를 위한 소규모 재료 생산이 불가능함에 따라, 시간당 20-40톤 규모의 새로운 이동식 혼합물 생산 시장 창출에 매우 유리하며, 관련 파생기술로 기존 정치식 아스팔트 플랜트 개보수 시장에서도 큰 이점이 있는 것으로 판단 함.

□ 본 기획연구에서는 중점 연구 분야들을 도출하고, 다차원적이고 종합적으로 기획의 타당성 및 경제성 검토를 수행하여 세부대상기술 및 우선순위를 설정함. 이를 바탕으로 “이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발” 연구를 위한 RFP 및 기술로드맵 등을 작성하고자 함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td>이동식 아스팔트 플랜트, 포장재료 현장품질 관리 장비, 아스팔트 혼합물 품질관리, 신속 유지 보수, 고분자 코팅 골재</td></tr>
<tr><td>영어</td><td>Mobile Asphalt Plant, Material Transfer Vehicle, Asphalt mixtures QC/QA, Fast maintenance, Polymer Coated Aggregate</td></tr>
</table>

목 차

[국문요약문] ····· v
[SUMMARY] ····· vi
1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 ····· 1
2절. 필요성 ····· 4
1. 연구개발의 중요성 ····· 4
2. 타산업 연계 및 국제협력 가능성 ····· 6

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 9
1절. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 9
1. 국내 정책 동향 ····· 9
2. 국외 정책 동향 ····· 17
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 35
1. 시장환경 ····· 35
3절. 국내외 기술개발 동향 및 분석 ····· 48
1. 국내 기술동향 및 전망 ····· 48
2. 국외 기술동향 및 전망 ····· 64
3. 기존 기술(연구)와의 차별성 ····· 73
4절. 특허 분석 ····· 78
1. 개요 ····· 78
2. 특허기술 Landscape ····· 88
3. 세부기술 분석 ····· 102
4. 특허분석 결론 ····· 110
5절. 기술 수요 및 예측 ····· 116
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 116
2. 기술예측조사결과 ····· 122
3. 기술수준조사 ····· 126

4. 제안기술명의 중요도 평가 ····· 129
6절. 기술개발 방향 설정 ····· 131
1. 분석결과 종합 ····· 131
2. 중점추진분야 설정 ····· 133

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 135
1절. 비전 및 목표 ····· 135
1. 연구 비전 ····· 135
2. 연구전략목표 ····· 136
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 138
3절. 연구개발과제 구성 및 기술/성과 로드맵 ····· 141
4절. 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 성과활용 방안 ····· 143
1. 1세부과제 개요 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 ····· 143
2. 2세부과제 개요 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발 ····· 150
5절. 세부과제간의 연계관계 ····· 158
6절. 연구수행체계 제안 ····· 160

4장. 사전타당성 검토 ····· 161
1절. 정책적 타당성 ····· 161
1. 국가전략적 중요성 ····· 161
2. 상위계획과의 부합성 ····· 163
2절. 기술적 타당성 ····· 166
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 166
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 175
3. 기존 사업과의 중복성 ····· 175
3절. 경제적 타당성 ····· 176
1. 경제성 ····· 176
4절. 종합평가 및 결론 ····· 181

1. 정책적 타당성 분석 ····· 181
2. 기술적 타당성 분석 ····· 181
3. 경제적 타당성 분석 ····· 182

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 184

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 184
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 184
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 184
2절. 소요예산 산정 ····· 186
1. 예산 산정 방법 ····· 186
2. 전체 소요예산 ····· 186
3. 세부과제별 소요예산 ····· 187

6장. 과제 제안요구서 ····· 189

1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 189
1. 연구단 제안요구서(RFP) ····· 189
2. 세부과제 제안요구서(RFP) ····· 198
2절. 평가기준 설정 ····· 210

7장. 참고문헌 ····· 211

부록Ⅰ. 세세부과제 기술수요조사서 ····· 212

부록Ⅱ. 도로 포장 기술 백서 ····· 247

요 약 문

○ 일반도로의 95% 이상, 고속국도의 약 40%에 해당하는 아스팔트 콘크리트 도로포장의 포트홀과 같은 조기파손으로 막대한 국가 예산 손실 및 안전한 교통 서비스 제공 등에 문제를 초래하고 있음

○ 이에 대해 도로포장 혼합물 관련 품질관리 제도 정비만으로는 한계가 있으며, 이에 따른 근본적인 해결책을 마련할 필요성이 있음

- 도로포장 혼합물 품질관리 제도 개선과 함께 현장에서 발생하는 도로포장 건설 장비 관련 문제를 해소하여 품질관리의 효율성을 극대화할 수 있음
- 아스팔트 혼합물 생산, 수송 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등 검토 필요
- 기존의 정치식 아스팔트 혼합물 생산 공정에서 골재 드라이어, 핫-스크린, 핫-빈 설비 및 과정을 제거 또는 대폭 축소하여 현장에서 혼합물 생산 및 품질관리가 가능한 이동식 현장 혼합물 생산 및 혼합물 관리 플랜트 복합 시스템을 개발함
- 현장생산형 이동식 아스팔트 플랜트는 향후 소규모의 도로포장 유지보수시장이 확대됨에 따라, 시간당 80톤 생산능력 이상으로 대형화 되고 있는 현행 플랜트에서 경제성 문제로 신속한 도로유지보수를 위한 소규모 재료 생산이 불가능함에 따라, 시간당 20-40톤 규모의 새로운 이동식 혼합물 생산 시장 창출에 매우 유리하며, 관련 파생기술로 기존 정치식 아스팔트 플랜트 개보수 시장에서도 큰 이점이 있는 것으로 판단 함.

○ 본 기획연구에서는 중점 연구 분야들을 도출하고, 다차원적이고 종합적으로 기획의 타당성 및 경제성 검토를 수행하여 세부대상기술 및 우선순위를 설정함. 이를 바탕으로 “이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발” 연구를 위한 RFP 및 기술로드맵 등을 작성하고자 함

○ 기획 분석을 통하여 “이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 기획”에서는 아래와 같이 1개의 연구단을 중심으로 총 2개의 세부 과제 및 6개의 세세부 과제를 제안하였음

□ 연구단 : 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단

○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년)

○ 연구비 예산 : 82억 원(정부출연금 57억 원 이내)

□ 1세부과제 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발

○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년)

○ 연구비 예산 : 12억 원 (정부출연금 : 8.4억 원 이내)

□ **2세부과제 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV) 개발**

○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년)

○ 연구비 예산 : 70억 원 (정부출연금 : 49억 원 이내)

SUMMARY

○ More than 95% of national highway and 40% of expressway that were paved by asphalt concretes show early age failures such as potholes. The early age failures are considered as the critical issue that causes insufficient driving service quality and increases road maintenance cost.

○ To address the issue of fundamental solution on those failures, this study suggests following alternatives;

- Enhanced field construction equipment has to be suggested as well as sophisticated specifications and guideline for pavement material quality control
- Advanced technology based production and construction systems such as on-site mixture production system, material production optimization and automation system, and intensified construction equipment has to be considered.
- The advanced mobile mixture production plant that is optimized by reformatting or removing dryer, hot-screen, and hot-bin could be a superior alterative.

○ Major research topics as well as RFP and technology road map are delivered based on multi-dimensional and comprehensive feasibility study and economic analysis for “the research on development of mobile asphalt plant and on-site heating - mixing - transporting vehicle (MMCV)”

○ The following strategies with one research center, two sub-research projects, and six sub-sub research projects are deducted as a result of “the planning research on development of mobile asphalt plant and on-site heating - mixing - transporting vehicle”

□ **Main Research: Research on development of mobile asphalt plant and on-site heating-mixing-transporting vehicle**

○ Research Period : 2016.1 ~ 2019.12 (4 years)

○ Fund : 82 hundred million Won (government fund less than 57 hundred million Won)

□ **The First Sub-Research Project: Development of an asphalt mixture without drying process by using polymer coated aggregate**

○ Research Period : 2016.1 ~ 2019.12 (4 years)

○ Fund : 12 hundred million Won (government fund less than : 8.4 hundred million Won)

□ **The Second Sub-Research Project: Development of Mobile Mixing and Control**

Vehicle (MMCV)

○ Research Period : 2016.1 ~ 2019.12 (4 years)

○ Fund : 70 hundred million Won (government fund less than : 49 hundred million Won)

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

□ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 연구 (Mobile Mixing and Control Vehicle: MMCV) 연구의 목적은 도로현장에서 포장재료 생산장비(MMV: Mobile Mixing Vehicle) 및 재료 품질 관리 장비 (MCV: Mobile Control Vehicle) 개발을 목표로 함.

○ 본 연구에서 개발하고자 하는 신속 유지보수 시공용 아스팔트 혼합물 현장 생산 시스템의 최종목표는 1회 유지보수 물량으로 최소 5cm 두께, 3.5m 폭 및 최대 100m 길이 구간에 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산을 위한 **1) 준고온(무건조·무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물, 2) 이동식 1톤-2톤 배치급 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산 장비(Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 3) 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 장비(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV) 등을 개발**하여 도로관리주체(한국도로공사, 일반국도 유지관리 사업소, 지자체 도로관리사업소)등에서 상시적 도로 유지관리 장비로서의 역할을 수행하도록 함.

○ 빈번한 포트홀(노면홈) 파손의 소규모 유지보수의 경우, 혼합물 생산 및 시공에 대한 경제성 문제로 기존 정치식 아스팔트 생산 플랜트를 이용하지 못하는 경우와 중/대규모 이상의 유지보수를 위해서 기존 정치식 아스팔트 플랜트에서 생산되는 도로포장 재료를 사용하더라도 공사 발주 및 계약과정 등 행정절차 이행을 위해서는 적기에 유지보수를 실시하지 못하는 점 등을 극복하기 위함.



〈그림 1-1〉 MMCV 연구목표

○ MMCV시스템은 기존의 도로포장 시공절차를 대폭 간소화한 아스팔트 도로 포장의 현장 생산 시공 기술개발을 목표로 하며, 기존 도로포장체 재료생산, 운반, 포설, 다짐 등 시공과정축소 및 포트홀 등과 주행안전에 심각한 위험요인을 신속히 제거하기 위한 기술임.



〈그림 1-2〉 간소화된 도로포장 현장 생산 및 시공절차

□ **“이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 연구개발” 은 2개의 세부과제 및 17개의 중점 연구추진분야로 구성됨**

○ 준고온(무건조·무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발

- 무건조·무예열 골재 코팅용 고분자 재료의 화학적 매커니즘 규명
- 고분자 개질 아스팔트의 점도발현 특성 정의 및 성능관리 기준/지침 개발
- 이동식 무건조·무예열 골재 및 고분자 개질 아스팔트 혼합물의 물리적 성능시험
- 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트용 현장 배합 설계법 개발

○ 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV) 기술

- 이동식 아스팔트 플랜트 장비 관련 요소기술 조사
- 이동식 아스팔트 플랜트 장비 통합 설계 (다기능 콜드빈, 골재계량, 분사 시스템, 배출)
- 현장 다기능 콜드빈용 진동 카트리지식 체가름 모듈 설계
- 현장 배치식 콜드빈용 골재 계량 단말 장치 모듈 설계
- 현장 혼합물 믹서의 고분자 및 아스팔트 계량/분사 모듈 설계

- 현장 혼합물 혼합/배출 모듈 설계
- 현장 배합설계 자동화를 위한 단말 시스템 S/W 및 단말 장치 요소기술 개발
- 이동식 아스팔트 플랜트 Mock-up 시제품 설비 제작
- MCV 장비 관련 요소기술 조사
- 열효율이 개선된 마른 골재 및 혼합물 가열 및 혼합 모듈 설계
- 집진 설비 및 컨베이어식 이송설비 모듈 설계
- 현장 재가열-재혼합 제어 시스템 S/W 및 제어장치 요소기술 개발
- MCV Mock-up 시제품 설비 제작

2절. 필요성

1. 연구개발의 중요성

가. 연구의 시급성 및 중요도

○ 도로포장 조기파손의 시공 장비 측면 대응기술 개발

- 2013년 국정감사 국토교통위원회 제출 자료에 의하면, 포트홀 발생건수가 일반국도의 경우, 2009년 2만 5천 여 건에서 2012년 3만 8천 여 건으로 약 50% 이상 늘어난 것으로 나타났음 (땜질식 응급 처방 문제점 극복 필요성).
- 도로포장 도처에 빈번하게 발생하는 파손에 신속하게 현장에서 고내구성 재료를 생산하여 즉시 시공 후 개통하는 신속한 도로 유지보수시스템 확보 필요성



〈그림 1-3〉 사회문제 대응형 기술 개발 필요

- 아스팔트 도로포장의 조기파손 문제는 강화된 품질관리 제도만으로 해결하는데 한계가 있으므로, 근본적으로 혼합물 생산 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등이 필요함.

○ 최근 건설기계 개발 촉진법이 발의되는 등, 건설기계 개발에 대한 정책적 지원 및 도로공사 건설기준 글로벌화에 관심이 높아지고 있음.

○ 지역 통합적인 교통·물류망의 구축, 지역 균형 개발 등에 중추적인 역할을 담당하는 도로망의 특성상, 내구성 확보와 유지 관리 최소화 등이 가능한 고기능 장수명 도로 건설을 필요로 하는 반면, 국내 관련기술의 외국 의존도가 매우 높아 국가예산 낭비로 연결되는 등 관련 기술 개발이 시급함.

○ 사회간접시설의 건전성은 국가 경쟁력 강화에 일익을 담당하며, 국가 기반시설 성능 고

도화 차원에서 지속가능한 도로포장 시스템을 개발하여 보급할 필요가 있음.

○ 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정임. 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등 기술자립도가 매우 낮은 상황임. 따라서 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 체계적인 연구가 필요함.

○ 기획연구에서는 관련 기술 개발 동향 분석, 기술개발 전략 수립, 연구개발 과제기획의 타당성 분석 및 RFP 작성 등을 위하여 전문가 위원회, 연구기획 전문가, 연구기획의 전략적 방법론 등을 활용하여 전략적 연구 비전 달성을 위한 연구 세부목표, 중점 추진분야 및 우선순위 등을 제시함.

나. 정부지원의 필요성

○ 우리나라의 도로부문 투자액을 살펴보면 연평균 순수 도로부문만 약 80%로 약 15조원 정도가 투입되고 있으나, 기존 도로포장의 공용수명은 아스팔트포장의 경우 설계수명이 약 15년~20년인 데 반해, 약 50%~60% 정도에 불과함.

○ 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 등으로 세부투자방향을 설정함(공공기술개발 강화정책에 부응).

○ “국민생활·복지와 함께하는 안전한 도로 구현”의 국토교통 정책적 비전에 부응하는 도로포장 서비스 수준 제고를 위해 도로포장에 빈번하게 발생하는 포트홀 등과 같은 교통안전에 심각한 위험 요소를 신속히 제거하여 안전한 도로 구현 필요성



〈그림 1-4〉 국토교통 정책 비전

○ 정부의 기술 분야별 건설교통 분야 투자이슈는 국가경쟁력 강화, 삶의 질 향상 부응, 연구의 질적 향상 도모 등으로 볼 때 기존의 선진외국에서 기술 도입위주의 정책에서 탈피, 건설교통 분야 핵심기술자립이 필요한 시점임.

○ 최근 기후변화 및 교통물류 증가에 따라 매년 증가하고 있는 포트홀과 같은 도로파손은 자동차의 주행성을 심각하게 떨어뜨리는 것은 물론 안전을 위협하며 교통사고의 원인이 되고 있는 바, 이에 대한 근본적 해결책 제공 필요

○ 국내여건을 충분이 반영한 건설기계 개발에 대한 정책적 지원 및 도로 공사 건설기준 글로벌화 정부정책에 부응

○ 중소기업과의 전략적 제휴로 기술집약적 건설기계 개발 및 중소기업 활성화 정부정책에 부응

2. 타산업 연계 및 국제협력 가능성

가. 국내 도로포장 플랜트 산업 다각화 필요성

○ 2014년 말 현재 국내에는 약 400여 개의 정치식 아스팔트 플랜트가 설치되어 있으나, 신설도로 물량 감소로, 아스팔트 플랜트 산업이 매우 침체되어 있는 실정 임. 또한 혼합물 생산시 소모되는 부대비용(열에너지 비용, 폐기물 처리 비용 등)증가로 빈번하게 발생하는 도로파손의 신속한 보수를 위해 필요한 소규모 물량은 생산자체가 되지 않거나 생산단가가 매우 비싸게 책정되고 있음.

○ 골재 자원의 부족 및 단가 상승으로 인하여 재생모래, 슬래그, 마사토 그리고, 재개발이나 터파기 현장에서 나오는 토석을 파쇄한 골재 등을 사용함으로서 골재의 품질이 저하되고 있으며, 아스팔트 포장의 수명을 연장시키기 위하여 도로에 적합한 품질을 갖춘 골재사용이 필요하여, 2009년에 발간된 국토해양부의 『도로공사표준시방서』 기준에 골재 등급제가 포함되어 있음

○ 국내 골재석산은 전국적으로 300여개이나 콘크리트 골재에 비하여 물량은 훨씬 적은 반면, 입도 및 입형이 더 까다로운 조건을 요구하고 있으며, 석산마다 일정하지 않은 장비조합으로 골재를 생산하고 있음

○ 아스팔트 플랜트에서 골재관리, 아스팔트 혼합물의 배합설계관리, 아스팔트 혼합물의 생산관리를 시험실장이 책임을 지고 있으며, 현실적으로 제대로 된 관리가 어려우므로 1등급 골재를 적용하기 위해서는 골재의 변동에 따른 지속적인 배합설계가 이뤄져야 하지만 잘 지켜지지 않고 있음

○ 이에 따라 정치식 이외에 중소규모 물량을 현장에서 직접 생산하여 공급하는 시스템 도입으로 기존 산업의 다각화를 유도할 필요가 있으며, 천연자원(골재, 아스팔트)등의 사용 최소화를 목표로 하고 있는 현장생산용 고분자 아스팔트 혼합물의 개발 및 일관된 재료 품질유지를 위한 자동화된 현장배합설계 방식 도입 필요성이 있음

<표 1-1> 도로포장 플랜트 분야 기술수준

기술분야	평가 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
도로포장 아스팔트 플랜트	전문 인력 보유정도	○				
	시험 시설 구축정도	○				
	배합설계 자동화 기술	○				
	산업 경제성		○			
	생산 기술		○			

나. 국내외 장수명 도로 포장재료에 대한 수요 급증

○ 우리나라의 도로부문 투자액을 살펴보면 연평균 순수 도로부문만 약 80%로 약 15조원 정도가 투입되고 있으나, 기존 도로 포장의 공용수명은 아스팔트 포장의 경우 설계수명이 약 15년에서 20년인 데 반해, 약 50%~60% 정도에 불과함

○ 이는 도로 포장의 공용수명이 기타 사회간접자본의 공용수명에 비해 턱없이 부족한 수준이며, 기존의 도로 시스템(재료/해석/두께설계 등)의 개선점이 있음을 시사함

○ 전통적인 설계/건설 방식에 따른 도로망의 점진적 확충에 따른 유지 보수 관련 국가 예산 또한 지속적으로 증가할 전망이고, 더욱이 최근의 이상기온 및 중하중 차량 증가로 인한 도로 포장의 조기 파손 증대, 특히 종방향 바퀴자국 패임(러팅), 중하중 반복에 의한 포장균열 및 우천시 포트홀 등은 도로를 주행하는 운전자 및 차량의 안전에 많은 문제점을 초래하고 있음

○ 국민 삶의 질 향상에 따른 사회간접자본의 효과적 공용으로 국토전반에 걸쳐 국민들의 높아진 사회간접자본 서비스 기대 수준에 걸맞은 기능성과 내구성을 갖춘 고성능 도로 포장 시스템 건설수요가 계속하여 증가할 것으로 예상되며, 이와 더불어 중국 및 동남아의 경제발전에 따라 향후 이들 지역에서의 고성능 도로 포장 시스템 수요가 꾸준히 증가할 것으로 추정됨

○ 따라서 본 연구에서 목표로 하고 있는 천연골재를 사용량을 줄임과 동시에, 친환경적(준고온 생산 온도 120도 이하)으로 현장에서 혼합물 생산이 가능하며, 열경화성 고분자로 코팅한 굵은골재 사용으로 내구성능이 증진된 현장 생산용 고분자 아스팔트 혼합물의 개발 필요성이 있음.

다. 국제협력 가능성

○ 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 몽골, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC 사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의

Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음.

○ 2014년 11월 인도네시아 발리에서 개최된 제 1회 IRF (International Road Federation) 동아시아 학회에서 우리나라 기업인 대명산업(주)의 아스팔트 플랜트 관련 발표에 대해 인도네시아 관련 공무원의 매우 큰 관심을 표명했으며, 정치식 플랜트 이외에 완전 이동식 플랜트의 인도네시아에서의 수요가 매우 많을 것으로 의견을 표명한 바가 있음.

○ 국내의 경우 대명산업(주), 대우산업(주), 이텍산업 등지에서 이동·정치식 아스팔트 플랜트, 이동식 혼합물 보온설비 등을 개발한 바가 있으나, 혼합물의 공학적 특성이 설비에 반영된 기술개발, 중소기업의 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정이며, 추후 본 연구 과제를 통한 협동연구개발로 파급력이 확대될 것으로 예상됨.

○ 본 연구에서 개발하고자 하는 재료 및 장비의 국제화를 위해, 미국 NCAT 또는 미국 ICT(Illinois Center for Transportation)등과 국제 협력 연구 필요성이 있음

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 정책 동향

가. 박근혜정부 국정과제

□ **박근혜정부는 최우선 국정목표인 '일자리 중심의 창조경제'를 포함, 5대 국정목표, 140대 국정과제를 제시 함[1)]**

○ 일자리 중심의 창조경제를 위해 신산업 창출 지원, 공공시스템 연계 산업 지원, 소재분야 산업지원, 교통체계 선진화 등의 추진계획을 제시함

- 국정과제 '과학기술을 통한 창조산업 육성'에서는 사회복지 안전 등 공공시스템과 연계된 신시장 창출을 지원을 목표로 함
- 국정과제 'IT, SW 융합을 통한 주력산업 구조 고도화'에서는 소재, 부품, 뿌리산업분야(중소, 중견기업 중심)의 융합 확산 지원을 목표로 함
- 국정과제 '물류·해양·교통체계 선진화'에서는 혼잡한 간선도로망과 도시권 철도, 도로망 개선을 목표로 하고 있음

나. 제3차 과학기술기본계획

□ **정부는 2013년 제3차 과학기술기본계획 5대전략을 발표하고, 이를 달성하기 위한 세부 추진과제로 안전관련 R&D확대 방안을 마련함[2)]**

○ 국가 연구개발 투자 확대 및 효율화 방안 중 중점 투자분야의 세부분야로 국민안전을 보장하는 R&D지원 강화 방안을 마련함

○ 국가전략기술 개발의 목표로써 '국민안전 확대를 위한 기술 확보'를 추진함

○ 수요자 만족도 및 성과의 활용성 증대를 위해 국민수요가 큰 프로젝트를 선정함

□ **국가연구개발사업 중점 투자분야의 세부분야로 국민안전관련 R&D지원 확대 방안을 포함함**

○ 연구개발 사업투자 중점 투자 방향에 하나인 '국민행복 구현'을 위해 세부분야로 국민안정을 보장하는 R&D 지원에 대한 강화를 포함함

---

1) 박근혜정부 국정과제, 2013.2, 제18대 대통령직인수위원회>

2) 미래창조과학부(2013), 「제3차 과학기술기본계획(2013-2017)」.

<표 2-1> 국가연구개발 중점 투자분야

중점분야	세부분야
창조경제 뒷받침	창업촉진 및 중소기업 경쟁력 강화 지원
	ICT·SW를 통한 신성장동력 창출
	기초연구 및 창의적 연구지원 확대
국민경제 구현	국민안전을 보장하는 R&D지원 강화
	삶의 질 향상을 위한 R&D투자 확대
창의적 과학기술 혁신역량 강화	창의적 과학기술 융합인재 육성
	과학기술 혁신기반 체계 구축

□ **국가전략기술 개발 중 걱정없는 안전사회 구축분야를 중점분야로 설정하고, 세부추진분야로 '기반시설 기능유지 및 복구·복원기술'을 위한 R&D 확대를 추진함**

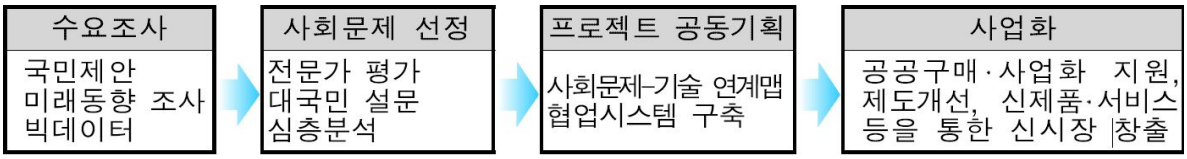
○ '국가 전략기술 개발'을 위한 중점기술에서 '걱정 없는 안전사회 구축분야'의 전략기술인 기반시설 기능유지 및 복구·복원기술의 기술수준은 선진기술모방 개량 수준임

○ 기반시설 기능유지 및 복구·복원기술의 기술적 목표달성 시점을 2015년으로 설정하고, 사회적 적용 시점을 2017년으로 설정함

□ **국민수요가 큰 긴급한 사회문제 해결을 위한 범부처 협업 프로젝트를 추진하여, 연구·기술 중심을 벗어난 솔루션 제공형 연구개발을 지원함**

○ 국민 참여형·개방형 공모를 통해 사회문제를 발굴하고 이를 해결하기 위한 기술적·제도적 개선 및 R&SD(Research & Solution Development)를 지원함

○ 장기과제보다는 3~5년 내 성과 창출이 가능한 사회문제 해결을 추진함



〈그림 2-1〉 사회문제 해결 프로젝트 추진단계

다. 국토교통 R&D 중장기전략

□ **국토교통부는 2014년 국토교통 R&D 중장기전략을 발표하고, 국민안전 보장 및 생활복지 향상을 위한 연구개발 추진방향을 설정함[3)]**

○ 국민안전보장에 대한 미래이슈에 대응하기 위하여 국가 기간시설물의 선제적 안전관리를 주요 방향으로 설정함

3) 국토해양부(2012), 「건설교통 R&D 중장기계획(안)(2013-2017)」.

○ 국토교통 산업이 성숙기에 진입함에 따라 SOC의 패러다임을 'SOC신설'에서 '기존SOC 개선'으로 전환함

○ 국민행복 확대를 위해 안전하고 편리한 국토공간 조성과 국민 생활복지 향상을 주요 전략으로 설정하고, 국민안정과 니즈충족을 위한 기술개발을 촉진함

○ 재해·재난 등에 선제적 대응 및 국민 안전을 보장할 수 있는 공공기술 개발·구현으로 안전한 국토공간을 실현하고자함

구분	미래 이슈	미래 키워드	대응방향	
경제	글로벌 경제, 정세 대비	경쟁, 금융위기, 보호무역, 통일	• 산업 고부가가치화 및 신산업 육성 • 해외진출 및 세계시장 점유율 제고	▶ 창조경제
사회	인구·사회 변화에 대비	고령화, 저출산, 양극화	• 복지 지향 주택·교통 및 도시공간 창출 • 재난재해 대응 및 국가 기간 시설물의 선제적 안전관리	▶ 국민행복
정책	국민안전 보장	재난·재해, 테러 안보		
환경	기후변화 및 에너지·자원 고갈 대비	탄소거래, 연료·물 부족, 자원전쟁	• 탄소저감형 건설기술 및 교통체계 개발 • 에너지 생산·절약형 건축·교통 및 자원 개발·재활용	▶ ▲ R&D 사업내역에 반영
기술	과학기술 융·복합 및 발전 추세	지식기반 융·복합 (문화, ICT 등)	• 센싱, 3D 증강현실 및 ICT·BT·NT 등 첨단기술과 전통적 국토교통기술의 융합	

〈그림 2-2〉 글로벌 메가트랜드에 따른 국토교통 부분 대응방안

□ **SOC 시설물의 장수화 및 관리 효율화를 위해 진단, 보수·보강 장비를 자동화·무인화하고, 선제적 사고 예방·관리 구현하고자함**

○ 주요추진전략 중 지능형 인프라 자동관리를 설정하고, 이에 대한 목표달성을 위하여 SOC 시설물 관련 보수·보강 장비 강화 방안을 마련함

○ SOC 시설물의 노후화가 진행될수록 유지관리 비용이 급증하고, 위험도도 커지므로 체계적·효율적인 관리기술 필요함에 따라 국가 주도로 하는 재해 시설물의 보수·보강기법 개발방안을 마련함

- 도로포장과 같은 보수보강은 상시적으로 필요한 사항이며, 운영효율·안전성과 밀접한 관련이 있음

○ 기존 SOC 시설물 건설 당시에는 장수명 예측, 진단 소프트웨어 기술 등 기초·원천 및 핵심기술이 부족하여 유지관리에 대한 고려가 미흡한 만큼 관련 기술에 대한 투자를 확대할 예정임

라. 제2차 도로정비기본계획

□ 構)**국토해양부**(現 국토교통부, 이하 국토교통부)**는 제4차 국토종합계획(2011-2020)을 발표를**

통해 도로시설 유지보수를 위한 방향설정 및 예산 추진 방향을 설정함[4)]

○ 국토교통부는 2006년에 제4차 국토종합계획을 발표(2006-2020)하고, 이후 수정을 통해 제4차 국토종합계획(2011-2020)을 발표하여, 도로정비에 관한 거시적 목표를 설정함

□ **도로유지보수에 대한 업무연계 미흡으로 나타난 문제점을 해결하기 위하여 각 지방 정부가 도로유지보수에 대한 권한을 위임함**

○ 중앙정부는 지방정부의 노력에 대해 추가적인 재정지원 등의 인센티브 시스템을 도입하여 지방정부의 자체 재원조달을 장려함

○ 적기에 유지보수를 수행함으로써 시설물의 수명 증대 및 장기적으로 유지관리 비용을 절감하고자함

□ **탄소 친환경 포장공법을 도입, 추진함**

○ 국제적인 온실가스 저감 노력에 대응하여 저탄소 친환경 포장 공법 도입 및 활성화 방안을 추진함

- 기존 가열 포장과 대비하여 약 30~50℃ 낮은 온도에서 생산되며 동일한 내구성능 이상을 확보하면서 혼합물 생산 중 사용되는 석유연료 및 온실가스 발생을 약 30% 이상 절감을 추진함

마. 2014년도 도로운영 예산편성

□ **국토교통부는 2014년도 도로관리의 목표를 "안전하고 편리한 도로환경조성"으로 설정하고, 도로관리 예산의 76%를 투입함[5)]**

○ 폭설, 집중호우 등 이상기후에 대비하고, 이용자 중심의 쾌적하고 안전한 도로환경을 조성을 위해 추진함

○ 도로이용자의 안전과 편의 증진을 위한 도로정비, 서비스개선사업 등을 지속적으로 추진함

□ **폭설, 집중호우 등으로 포트홀 등 포장파손이 빈번하게 발생함에 따라 이에 대한 대비를 위하여 예산을 985억원으로 확정함**

○ 295개 구간 500km 포장보수 외에 해빙기 도로포장 특별점검(3.3~3.12)을 실시하여 조기에 포장보수를 실시함

- 도로포장의 효율적·체계적인 유지관리를 통해 포장노면상태를 적정수준 이상으로 유지

4) 국토해양부(2011), 「제2차 도로정비기본계획(2011-2020)」.
5) 국토교통부(2014), "올해 도로관리 화두는 '안전', 도로관리 예산의 76% 투입", 국토교통부 보도자료.

함

- 포장파손에 근본적으로 대비하기 위하여 성능이 우수한 장수명 도로포장 공법을 도입함
- 과학적·객관적 보수를 위해 포장도로관리기법(PMS)에 따른 조사·분석결과(보수시기·공법, 예산 및 투자우선 순위)에 따라 유지·보수를 시행함

바. 플랜트 관련 법적 제약 및 근거 조항

□ **이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발과 관련하여 다음과 같은 관련 법령 및 조항이 있음.**

<표 2-2> 관련 법령 및 조항

법 령	재정 또는 개정 년도	주요 조항	적 요
건설기계관리법	2014. 01. 28	제12조 제18조 령 제10조의 2 령 제11조	건설기계의 안전기준 건설기계형식의 승인 건설기계의 구조 및 장치 건설기계 형식신고의 대상
환경정책기본법	2013. 07. 16	제30조 제33조 령 제2조	환경보전을 위한 규제 유해화학물질의 관리 환경기준
소음·진동관리법	2015. 01. 01	제24조	이동소음의 규제
대기환경보전법	2013. 08. 06	제44조	휘발성유기화합물의 규제

□ **법적 조항에 관련된 상세내용**

○ 건설기계관리법

- 신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle : MMV) 및 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 장비(Mobile Mix-Control Vehicle : MCV) 등 건설기계를 제작함에 있어서 건설기계관리법 제18조 건설기계형식의 승인을 받아야 함
- 단, 제18조 6항에 의거하여 연구개발 및 수출의 목적이 있다면 형식승인 및 신고를 하지 아니할 수 있다고 명시됨
- 건설기계 형식신고의 대상은 시행령 제11조에 아스팔트믹싱플랜트 등이 있음
- 건설기계는 제12조에 의거 건설기계안전기준에 적합하여야 하며, 그 구조로는 길이·너비 및 높이, 총중량, 접지부분 및 접지압력 등 건설기계관리법 시행령 제 10조의 2에 명시됨

○ 환경정책기본법

- 아스팔트 혼합물 생산 시 가열 및 혼합을 하면서 발생하는 오염원 배출 및 소음·진동·악취 발생, 폐기물 처리에 관해 환경정책기본법 제30조에 의거하여 규제를 받을 수 있으며, 제33조에 의거 유해화학물질을 적정하게 관리하여야 함
- 자세한 기준은 <표 2-3>과 <표 2-4>의 시행령 제2조 환경기준에 대기 및 소음에 관하여 수치 및 지역 등에 관해 자세히 나와 있으며, 이동식 플랜트 특성상 지역을 이동하면서 생산 및 시공이 이루어지므로 기준에 적합하도록 작업이 이루어져야 함

<표 2-3> 환경정책기본법 시행령 제2조(대기관련)

항 목	기 준	측정방법
아황산가스 (SO2)	연간 평균치 0.02ppm 이하 24시간 평균치 0.05ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하	자외선 형광법 (Pulse U.V. Fluorescence Method)
일산화탄소 (CO)	8시간 평균치 9ppm 이하 1시간 평균치 25ppm 이하	비분산적외선 분석법 (Non-Dispersive Infrared Method)
이산화질소 (NO2)	연간 평균치 0.03ppm 이하 24시간 평균치 0.06ppm 이하 1시간 평균치 0.10ppm 이하	화학 발광법 (Chemiluminescence Method)
미세먼지 (PM-10)	연간 평균치 50㎍/㎥ 이하 24시간 평균치 100㎍/㎥ 이하	베타선 흡수법 (β-Ray Absorption Method)
미세먼지 (PM-2.5)	연간 평균치 25㎍/㎥ 이하 24시간 평균치 50㎍/㎥ 이하	중량농도법 또는 이에 준하는 자동 측정법
오존 (O3)	8시간 평균치 0.06ppm 이하 1시간 평균치 0.1ppm 이하	자외선 광도법 (U.V Photometric Method)
납 (Pb)	연간 평균치 0.5㎍/㎥ 이하	원자흡광 광도법 (Atomic Absorption Spectrophotometry)
벤젠	연간 평균치 5㎍/㎥ 이하	가스크로마토그래피 (Gas Chromatography)

<표 2-4> 환경정책기본법 시행령 제2조(소음관련)

지역 구분	적용 대상지역	기준(단위: Leq dB(A))	
		낮 (06 : 00 ~ 22 : 00)	밤 (22 : 00 ~ 06 : 00)
일반 지역	"가"지역	50	40
	"나"지역	55	45
	"다"지역	65	55
	"라"지역	70	65
도로변 지역	"가" 및 "나"지역	65	55
	"다"지역	70	60
	"라"지역	75	70

1. “가” 지역

- 녹지지역, 보전관리지역, 농림지역 및 자연환경보전지역(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제36조), 전용주거지역(시행령 제30조)
- 종합병원의 부지경계로부터 50미터 이낸의 지역(의료법 제3조)
- 학교의 부지경계로부터 50미터 이내의 지역(초·중등교육법 제2조 및 고등교육법 제2조)
- 공공도서관의 부지경계로부터 50미터 이내의 지역(도서관법 제2조)

2. “나” 지역

- 생산관리지역(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제36조), 일반주거지역, 준주거지역(시행령 제30조)

3. “다” 지역

- 상업지역 및 계획관리지역(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제36조), 준공업지역(시행령 제30조)

4. “라” 지역

- 전용공업지역 및 일반공업지역(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제30조)

○ 소음·진동 관리법

- 이동식 플랜트에서 생산 및 가열, 혼합, 시공 등이 이루어지는 지역(시장·군수 등 지역장이 지정)이 이동소음 규제지역이면 사용을 금지하거나 사용시간 등이 제한됨

○ 대기환경보전법

- 아스팔트 혼합물 생산시 사용되는 휘발성 유기화합물은 대기환경보전법 제44조에 의거

하여 배출을 억제·방지하기 위한 시설의 설치 기준 등이 필요하며, 휘발성 유기화합물의 배출로 인한 대기환경상의 피해가 없도록 조치해야 함

2. 국외 정책 동향

가. 일본

□ **일본 도로 정책의 기본적 방향으로서 작성된 국토교통성 도로 분과회 건의 "중간 보고서 "(2012년 6월)에서는 지속가능하고 정확한 유지 관리・갱신의 필요성을 제안함**

○ 도로 구조물 등은 고도 경제 성장기의 집중적인 정비 등을 거쳐 축적되어 그 기능을 발휘해 왔지만, 향후 이에 대한 보수나 갱신이 급격하게 요구됨

○ 정부·지방 모두 어려운 재정 상황에 있는 가운데, 얼마나 적확하게 대응할지가 중요한 과제가 되고 있으며, 국토교통성 등에서는 이를 위한 정책을 검토하고 있음

□ **사회자본 정비 중점 계획(2012년 7월), 국토교통성 기술 기본계획(2012년 12월)에서도 향후의 사회자본 정비의 유지 관리의 전략적인 실시 등의 필요성에 대해 명시하고 있음**

□ **2013년도 6월에 도로 메인터넌스 기술 소위원회의 설치하여, 도로유지보수를 위한 보고서 개발하여 2013년도 예산과 관련된 시책의 효과적 집행을 유도함[6)]**

○ 도로의 유지 관리에 관한 기술 기준류 및 그 운용 상황을 총 점검하고, 도로 구조물의 적절한 관리를 위한 기준류의 방향에 대해 조사·검토하기 위함임

○ 국토교통성 사회자본 정비 심의회 도로 분과회 내에 도로 메인터넌스(maintenance) 기술 소위원회를 설치함

- 해당 소위원회에서는 긴급적인 과제로서 점검, 진단, 수선 등의 조치 및 장기 수명화 계획 등의 충실을 포함한 유지 관리의 업무 사이클의 구축방안에 대해 검토함

(1) 도로 구조물에 대한 유지관리 관련정책

□ **유지 관리의 기본 방향으로 점검→진단→조치→기록→(다음 점검)의 업무 사이클을 통해, 장기 수명화 계획 등의 내용을 충실히 하고, 예방적인 보전을 진행시킨 유지・보수 사이클 구축을 도모함**

○ 각 도로 관리자의 점검이 적절하고 확실하게 실시될 수 있도록, 점검을 제도화함

○ 고속도로나 정부가 관리하는 도로에 대해서는 선도적으로 대응하고 있으며, 지방공공단체가 관리하는 도로에 대해서는 정부가 재정적, 기술적 지원을 통해 책정을 독려함

□ **일본 정부는 각 도로 관리자에 의한 적절한 유지 관리의 실현을 도모하기 위해, 유지・보수 주기의 구축에 필요한 기본적인 사항을 법령으로 명시함**

○ 요령이나 매뉴얼 등을 포함한 기준류 전체의 충실을 도모하고 있으며 다음의 유지관리 기본원칙을 제시함

---

6) 社会資本整備審議会 道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会 (2013), 道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて.

- 예방적인 보전을 목표로 한 유지 관리
- 미리 그 빈도를 정한 계획적인 점검의 실시
- 구조물의 안전성을 일정한 척도로 진단
- 점검, 진단, 조치의 기록의 작성, 보존 등

○ 그 외 비구조 부재나 도로 부속물도 포함한 구조물(다리·터널 등) 단위로 점검을 실시하고 있음

- 도로 수선시에는 이중 안전 구조(fail-safe)의 채용을 적극적 검토하고, 내진 기능 강화를 위해 노력함

○ 기준류는 정기적인 재검토뿐만 아니라 사고를 방지하기 위한 긴급 검토를 통해 신속하게 대응하고 있음

- 각 도로 관리자는 정부가 제시한 기준류를 근거로, 각각의 도로 상황을 감안하여 필요한 유지 관리의 내용을 구체화함

(2) 도로 구조물 유지 · 보수를 위한 단계적 관리체계

□ 일본은 PDCA(Plan-Do-Check-Act) 사이클 도입에 의해, 유지 · 보수 사이클에 근거하여 단계적 유지 · 보수 관리체계를 확립함

○ 유지·보수 분야의 산업 육성 및 대학과의 교류를 통해 유지·보수 엔지니어를 육성함

○ 지형·기상 등의 연구는 광역단위로 대응하는 전문적인 조직이나 지방공공단체 지원 거점을 강화함

○ 중요한 간선 도로에 대해서는 점검 시기 및 장기 수명화 계획, 조치 상황을 정기적으로 정부가 점검하고 있음

□ 전국의 도로 구조물을 대상으로 한 데이터베이스를 구축, 활용함

○ 전국의 도로 구조물로부터 얻어진 기술적 성과를 정부 주도로 DB를 구축하여, 기준류의 재검토에 활용함

○ 점검 결과 및 구조물의 안전성에 관한 정보를 공유하고 적극적인 홍보를 통해 유지 관리에 대한 국민적 관심과 이해도를 높임

○ 도로 구조물의 결함 정보를 신속하게 수집하고 각 도로 관리자에게 적확하게 통보함

○ 중대한 결함에 대해서는 원인 구명과 재발 방지책의 검토를 실시하는 전문가 조직을 구축함

□ 도로구조물 점검 · 진단을 지원하는 기술 개발 및 기술 평가를 추진함

○ 비파괴 시험, 구조물의 열화 예측, 장기적 내구성, 정보통신기술(ICT)의 활용, 보수·보강 등의 기술 개발에 대해서, 산학관이 협업을 통해 수행하는 것을 장려함

○ 민간이 개발한 신기술 등의 평가나 인증 제도를 지원함

(3) 지방공공단체의 도로구조물 유지 · 보수 지원정책

□ **일본은 시구읍면의 도로구조물 유지 · 보수를 위한 재정부족 및 기술력 부족이 이슈화 되고 있음**

○ 지방공공단체가 관리하는 교량 가운데, 15m 이상의 교량에서 교량 장기 수명화 수선 계획의 책정률은 광역 지자체에서는 98%인 반면, 시구읍면에서 51%에 불과함

○ 책정이 끝난 교량 장기 수명화 수선 계획 중에서 수선이 필요로 하는 교량에 대해, 수선 실시 상황은 광역지자체에서는 3%에 불과함(2012년 4월 시점)

○ 터널을 관리하고 있는 지방공공단체 가운데 광역 지자체에서는 97%가 터널 본체의 점검을 실시하고 있는 반면, 시구읍면에서는 65%에 불과함

- 점검시, 광역 지자체에서는 97%가 점검 요령(독자적으로 책정한 요령 등)을 이용함

○ 시구읍면에서는 82%가 점검 요령을 이용하지 않고 있음(2013년 2월 시점)

○ 국토교통성이 실시한 설문에 의하면, 교량의 점검, 장기 수명화 계획의 책정, 및 수선을 진행시키는데 있어서 정부에 요구하는 지원으로는 광역지자체, 시구읍면 모두 재정적 지원이나 강습회·연수회의 실시, 적산 기준의 정비, 지원 체제의 충실 등 기술적 지원에 대한 요구가 높음

- 터널의 점검이나 수선을 진행시키는데 있어서 정부에 요구하는 지원으로는 광역 지자체, 시구읍면 모두 재정적 지원이나, 점검 매뉴얼류의 정비 등의 기술적 지원수요가 높음

□ **국토교통성은 지방공공단체에 대해 재정적 · 기술적 양면에서 지원을 실시하고 있음**

○ 2013년 2월, 정부는 지방공공단체에 대해 노후화가 진행되는 터널·교량 등의 전면적인 점검을 촉진함

○ 정부는 시구읍면이 필요한 예산을 확보할 수 있도록, 유지 관리에 활용 가능한 교부금을 확충하면서 중점적인 예산 배분을 통해 유지·보수 사이클의 도입을 도모함

○ 시구읍면이 유지·보수 사이클을 도입 시, 전체적인 매니지먼트 지원이나 시구읍면 직원이 점검 결과에 근거해 적절한 조치를 실시할 수 있도록 교육·연수의 기회를 마련함

- 적산 기준, 점검 매뉴얼, 전국의 도로 스톡의 데이터 등 유지 관리에 도움이 되는 정보를 시구읍면에 제공함

○ 지방공공단체의 점검 결과에 대해 정부와 정보를 공유하고, 기술적으로 고도의 대응이 필요로 하는 대규모 구조물 등의 점검·진단을 포함한 수선에 대해서는 정부가 대행하는 등 적극적으로 지원함

나. 미국

□ **미국은 도로관리에 대한 문제를 안전과 접근성의 문제를 중심으로 다루고 있으며, 주 정부 및 지방정부가 접근 가능한 경로제공을 모색하고 있음[7)]**

○ 도로시설물은 기상유무에 구애받지 않고 상기 가용하도록 유지되어야 함

○ 도로의 유지관리를 통해 공공의 안전 확보 및 공공자산보호가 필요함

□ **유지관리를 위한 예산은 연료세 및 자동차세에 의하여 공급되며, 구체적인 용도는 The Federal-aid Highway Program과 The Federal Lands Highway Program으로 구분[8)]**

○ The Federal-aid Highway Program은 총연장 16만 마일에 이르는 국토 간선 도로망의 건설 · 유지 · 개선을 향한 주 정부 및 지방 정부에 대해서 재정적 · 기술적 지원을 실시함

○ 국립공원이나 국유림 등의 연방 소유지 혹은 주 정부나 지방 정부가 관할하지 않는 선주민 거류지 내에 있어서의 유지 관리 · 개선을 위해서 일반 공공도로나 간선도로에 자금을 공급함

□ **교통 인프라에 대한 효율적인 유지·관리를 위해, 교통 인프라를 효율적으로 운영하고 유지·보수를 위한 자산시스템을 구축함**

○ 연방도로청과 미국 도로교통협회, 각 주의 교통부들과 파트너십 형태로 구축하고 연방도로청내 자산관리국을 신설하여 이를 관리함

○ 미국은 연방도로청이 각 주교통부를 지도하는 형태로 운영되고 있음

(1) 미시건주의 도로구조물 유지·보수전략

□ **기존 도로체계 및 그 부속물을 비용 효율적으로 처리하기 위한 예방보수 전략을 수립함[9)]**

○ 도로체계를 보존하고, 향후 구조물의 성능저하를 지연시키며, 구조적 보강을 하지 않고 도로의 현재 기능을 유지 또는 향상시키기 위한 전략임

□ **미시간 교통부산하 보수부(Maintenance Division)는 1992년 이후 연방 고속도로 관리국의 협력하에 중앙예방보수(CPM, Capital Preventive Maintenance) 프로그램을 운영하고 있음**

○ CPM 프로그램의 목적은 도로포장 구조물을 보호하고, 포장의 성능저하 속도를 늦추며, 표면결함 보수임

○ 사업대상의 선정은 포장관리시스템(PMS, Pavement Management System) 데이터를 이용하여 잔존 공용수명이 2년 이상인 도로포장에 대하여 적용하고 있으며 미시간 교통관할의 모든 고속국도에 시행중임

---

7) 이을범(2001), "미 연방도로청, 교통 인프라 ' 자산관리시스템 ' 가동", 건설저널,

8) 미국연방도로청, http://www.fhwa.dot.gov/, 2014.12.10.일 기준.

9) Michigan Department of Transportation(2000), Michigan Capital Prevetive Maintenance Program(Guidelines, Specifications).

○ CPM 프로그램은 크게 강성포장과 복합포장의 두 가지 포장형태에 대하여 시행하고 있음

- 총 7개 지역에 대하여 매년 약 6천만 달러가 할당되어 집행됨

○ CPM 프로그램의 효율성을 평가할 수 있도록 각종 처리방법을 채택하여 완료된 사업의 수만큼 매년 현장 검토를 시행함

(2) 미네소타주의 도로구조물 유지·보수전략

□ **미네소타주 교통부는 미시간주의 CPM프로그램을 참고하여 포장보존 프로그램 개발함[10)]**

○ 포장보수 프로그램 시행의 효율성 제고를 위해 별도 예산편성, 계획수립 개선, 훈련 및 프로그램의 지속적 평가를 수행함

□ **별도 예산편성을 통해 도로구조물의 유지 · 보수를 수행함**

○ 포장보존 프로그램은 한정된 자원을 상태가 양호한 도로포장을 보수하는 데 사용해야 하기 때문에 타 공사에 비해 우선순위가 떨어짐으로 별도의 전용예산을 편성하여 운영함

10) Ann Johnson(2002. 2), Best Practices Handbook on Asphalt Pavement Maintenance

(3) 캘리포니아의 도로구조물 유지·보수전략

□ 포장관리시스템과 지리정보시스템 및 10개년 계획을 포함한 포장보존 프로그램을 도입함

○ 1999년 캘리포니아주 교통국은 도로를 양호한 상태로 보존하여 포장의 열화를 지연시키는 예방 보수 처리 및 CAPM (Capital Preventive Maintenance) 공사에 각각 5천만 달러씩 예산을 집행함

○ 예방 보수 전략의 공용성을 수량화하고 비용효율을 개선하여 관내의 도로망을 보다 높은 서비스 수준으로 보존, 유지하기 위해, 관련 업계와의 협력을 통해 새로운 예방 보수 처리공법 및 공용성 기준을 개발하는 데 착수함

□ 포장상태조사 및 파손된 포장구간, 보수 서비스 등급 등을 고려한 포장관리시스템을 구축함

○ 캘리포니아주 교통국에는 관내 도로망 현황을 조사하고 데이터를 수집함

- 조사원들은 매년 도로망 전체의 포장 상태를 조사함
- 장구간에서 나타나는 파손의 유형과 심각도 및 빈도를 바탕으로 포장의 파손 상태를 평가하여 수집한 현장 조사 데이터를 수집하여, 국지적 파손 데이터를 측정, 기록함

○ 공사 대상 선별 과정을 지원하기 위해 파손 유형, 파손 심각도 및 파손 빈도를 바탕으로 포장 분류 기준을 개발함

- 포장분류 기준은 승차감, 중대한 구조적 손상, 경미한 구조적 손상, 3급 도로 등임

○ MSL (Maintenance Service Level)을 바탕으로 관할 도로망에 대한 우선순위 체계를 개발함

- MSL 1 : 주간 고속도로, freeway 및 도심 노선으로 연결되는 지선. 1일 차량 통행량 5,000대 이상
- MSL 2 : 도심 노선 간의 연결 도로 역할을 수행하는 expressway 및 소규모 간선도로. 1일 차량 통행량 1,000 ~ 5,000대
- MSL 3 : MSL 1 및 MSL 2 도로에 대한 집분산도로의 역할 수행. 1일 차량 통행량 1,000대 이하

다. 독일

□ 독일의 안전 및 유지관리 업무는 하위기관인 주정부 및 시정부 등에 위탁하여 수행함

○ 연방정부와 주정부는 소관 관리대상 시설물의 안전 및 유지관리 업무에 대한 기획, 조정, 예산편성 및 시달, 감독 등의 업무를 주로 수행함

○ 안전 및 유지관리 업무는 주정부에 위임하여 해당 주정부의 경계 내에 있는 고속도로 및 연방도로에 대해 관리책임을 위임받아 총괄 관리함

- 주정부 시설물인 주정부 도로와 부속 교량의 경우 주정부에서 소관 시설물의 안전 및

유지관리 업무를 기획, 조정, 예산편성 및 시달, 감독하는 업무를 수행함

- 안전 및 유지 관리 업무는 주정부 산하의 시 단위기관에 위임하여 책임을 지고 관리하게 하고 있음

□ **공공 관리주체들이 소관 시설물에 대한 안전 및 유지관리의 책임은 지니고 있지만, 실제적인 안전점검 및 유지보수 업무는 민간업체에 위탁하여 시행함**

○ 공공 관리주체가 소관 시설물에 대한 안전점검 및 진단을 위탁하는 업체는 일반적으로 진단자격증을 보유한 기술자들로 이루어진 진단 전문업체임

○ 유지보수의 경우는 소규모 유지보수 업체 뿐 아니라 일반적인 건설업체에도 발주하고 있음

□ **연방도로, 고속도로를 비롯하여 각 주와 시 도로 및 해당 도로에 부속된 모든 교량의 경우는 모두 DIN1076규정에 의거해 안전점검 및 진단을 수행하도록 규정됨**

○ DIN1076규정에는 교량의 안전점검 및 진단과 관련하여 2가지의 안전점검과 3가지 안전진단을 실시하도록 규정하고 있음

- 안전점검에는 3개월에 한 번씩 주로 육안으로 일상적인 점검을 하는 일상점검과 1년에 1회 실시하는 정기점검으로 구분됨

- 안전진단에는 진단장비를 동원하여 매 3년 마다 한 번씩 실시하는 보조안전진단과 매 6년마다 정밀하게 실시하는 정밀안전진단, 특별한 진단사유 발생시 실시하는 특별진단의 3가지로 구분됨

□ **연방 건설교통부에서는 각 주정부로의 계획을 조정, 최종적인 안전점검·진단 및 유지보수 계획을 확정하고 예산을 편성, 시달함**

○ 주정부에서 독일 연방정부로부터 위임 받은 관내 연방도로와 고속도로의 안전점검·진단 및 유지보수 등에 대해 매년 차기년도 계획을 수립하여 연방 건설교통부에 보고함

○ 연방 건설교통부에서 각 주정부로부터 올라온 계획을 조정해 최종 예산을 편성함에 있어서 미국 CALTRAN의 PONTIS와 유사한 BMS(Bauwerks Management System) 프로그램을 활용함

○ 주정부에서는 연방 건설교통부로부터 지원 받은 예산을 기초로 소관 연방도로 및 고속도로의 안전점검·진단 및 유지보수 업무를 수행함

- 시의 소속 부서 또는 산하 도로관리청과 지사 등의 조직을 활용하여 수행하며, 산하 도로관리청 및 지사 조직을 충분히 보유하지 못한 주정부의 경우는 동 업무를 민간 업체에 발주하여 수행함

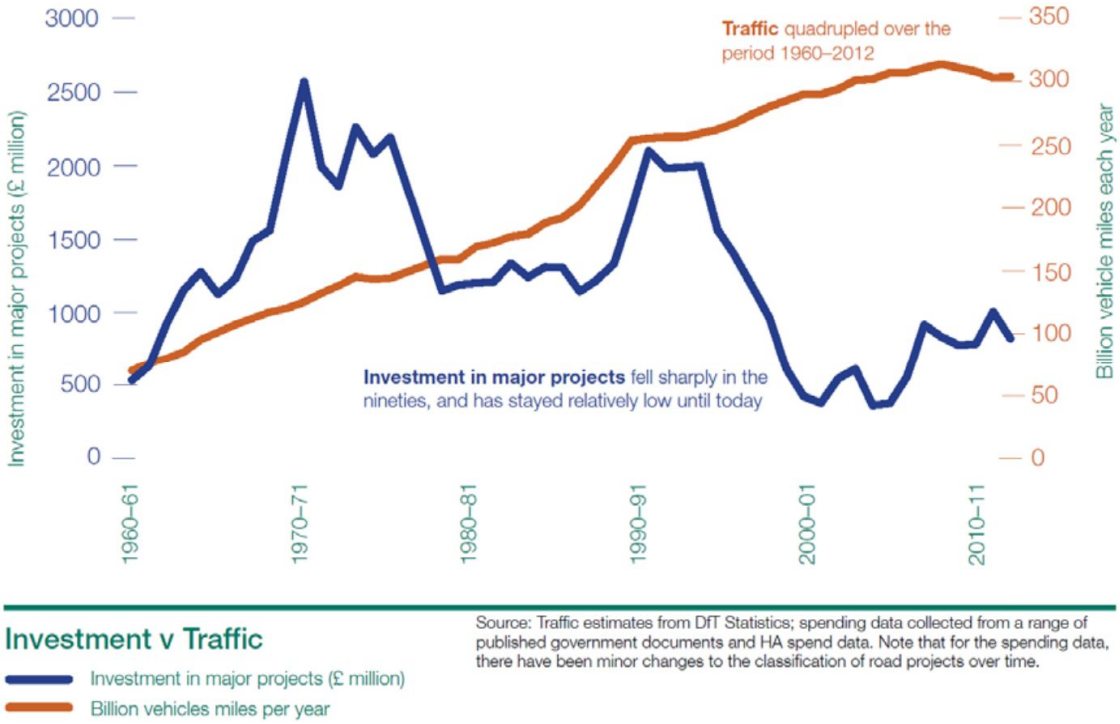
라. 영국

□ **영국에서는 2020년까지 교통분야 계획으로 "Transforming our strategic roads" 을 설정하였으며, 이를 바탕으로 한 도로 정책을 계획함[11)]**

- ○ 도로투자에 대한 새로운 장기정책 및 비전, 장기계획의 설정
- ○ 전략적 방향을 설정하고, 이를 유지시킬 수 있는 네트워크 실행
- ○ 도로사용자에 대한 모니터링 및 성능 향상과 효율성 증대를 위한 방안 마련

□ **현재 영국에서 직면하고 있는 문제점을 진단함으로써, 향후 전략 마련에 대한 방안을 마련함**

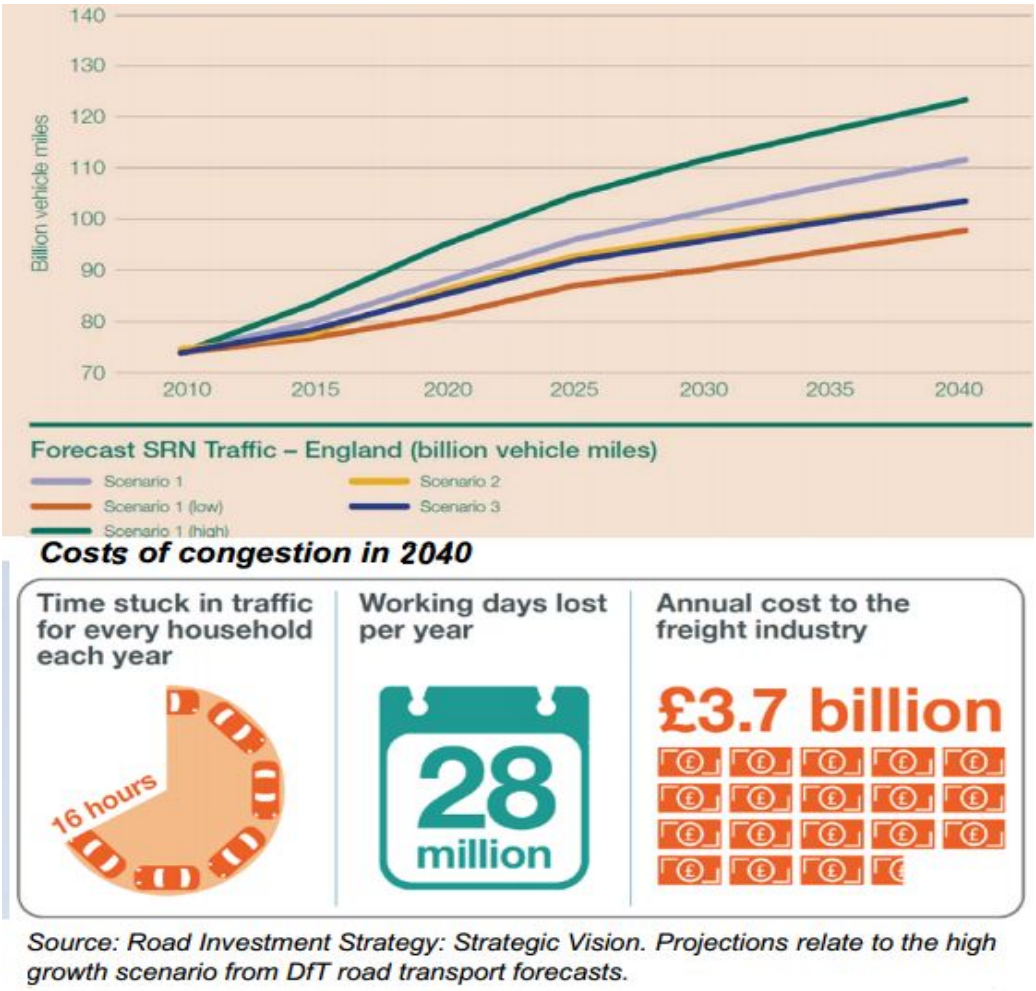
- ○ 장기적인 플랜 구축 및 이행은 매년 예산집행의 차이로 비효율적으로 진행되는 경향이 있음
- ○ 기관의 효율성이 낮고, 경직된 조직을 가지고 나타내고 있음
- ○ 도로구조물은 노후화 되는 반면 관련 예산은 유지하거나 오히려 줄어들고 있음



〈그림 2-3〉 영국의 교통체증 및 프로젝트 투자비용

- ○ 경제성장, 인구증가, 운전비용의 하락으로 인해 향후 교통량이 증가되고, 더 빠르게 증가될 것으로 보임

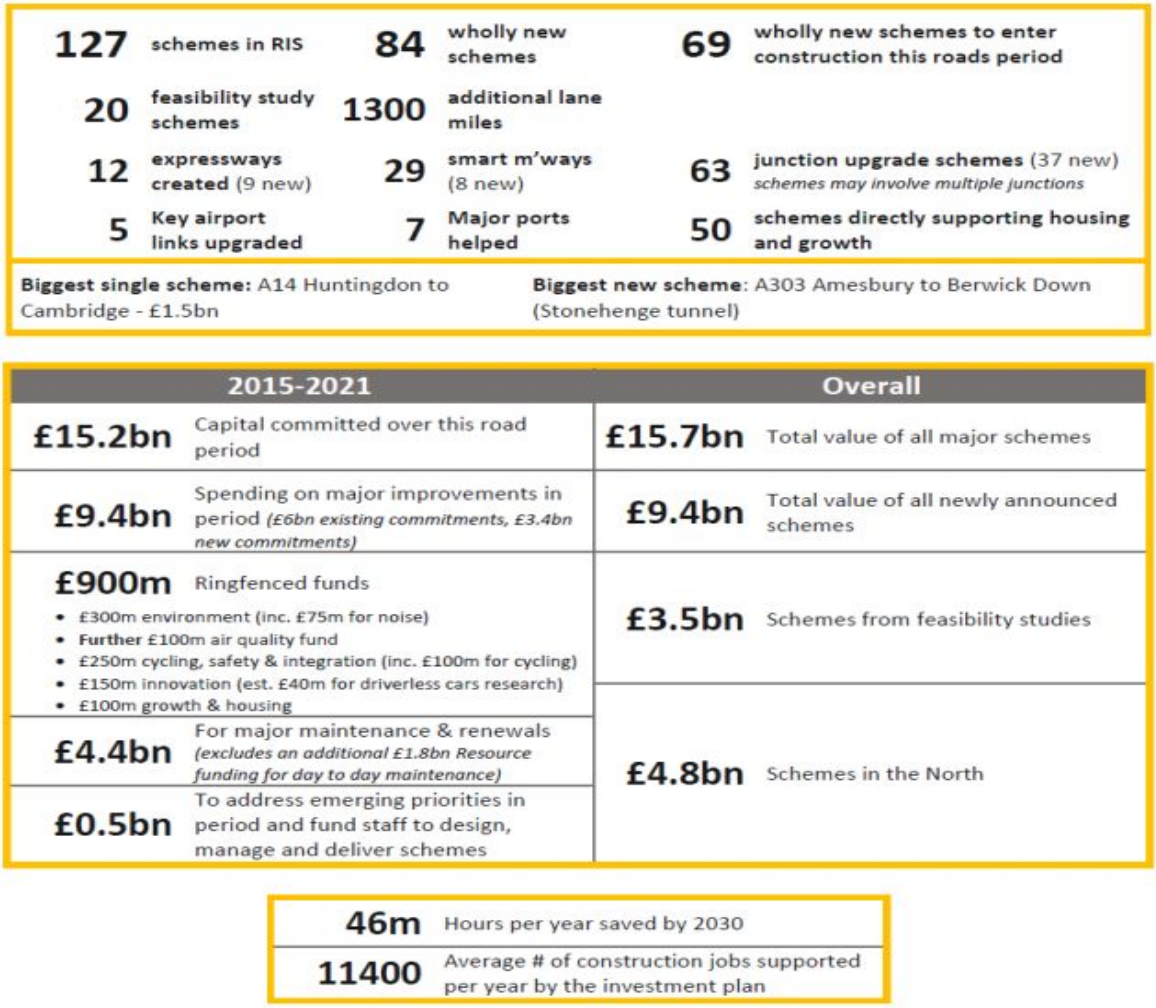
11) UK Department for Transport (2013), Transforming our strategic roads.



〈그림 2-4〉 영국의 교통량 추정 시나리오

○ 이에 따라 영국은 장기적이고 안정적인 도로투자전략을 구축함

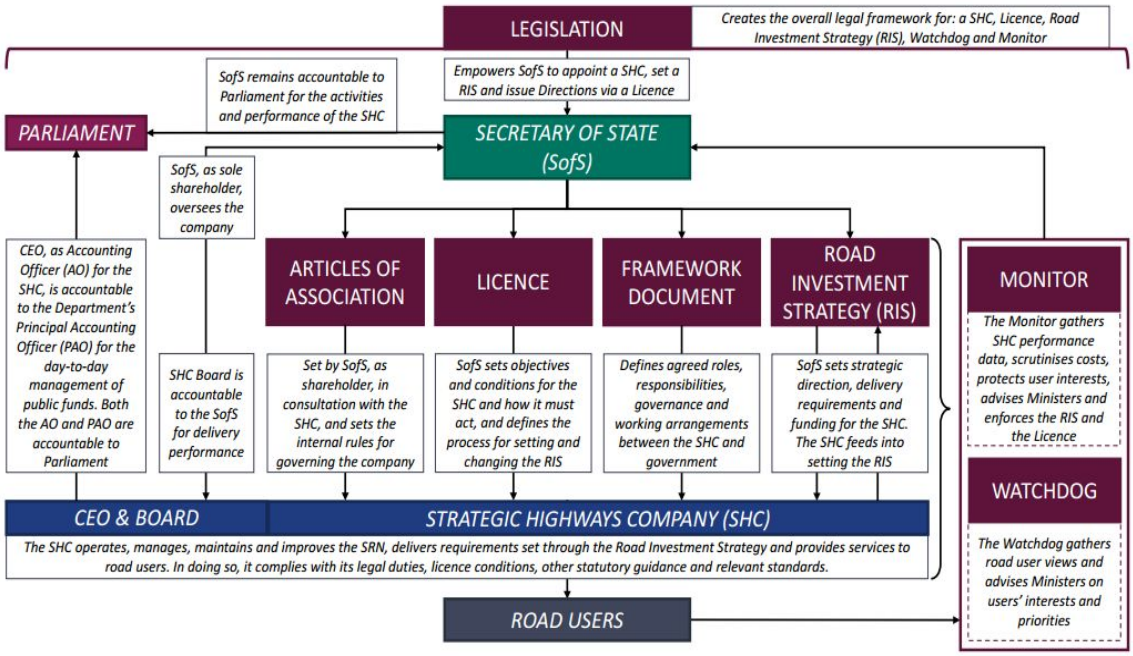
- 안정된 전략적 도로망계획을 장기적으로 제시
- 네트워크에 대한 명확한 전략적 비전과 공개적 투자 및 안정적 자금 확보 전략 마련
- 투자에 대한 세부적 조건 제시



〈그림 2-5〉 영국의 도로망 계획 관련 세부 투자전략

○ 전략적 고속도로 운영을 위하여 별도 기관 설립을 통해 운영함

- 별도의 법인으로 기관을 설립하여, 자금을 투명하게 집행하고, 도로투자 전략을 명확하게 수행할 수 있도록 계약함
- 회사에 유연성을 제공할 수 있도록 법적 권한과 의무를 제시함
- 단계변화에 따른 목표달성을 위하여, 투자프로그램 운영방안을 마련함
- 정부는 전략적 방향 설정을 수행하고, 공공이익 네트워크 실행을 독려함



〈그림 2-6〉 영국의 도로망 계획 관련 기업구축

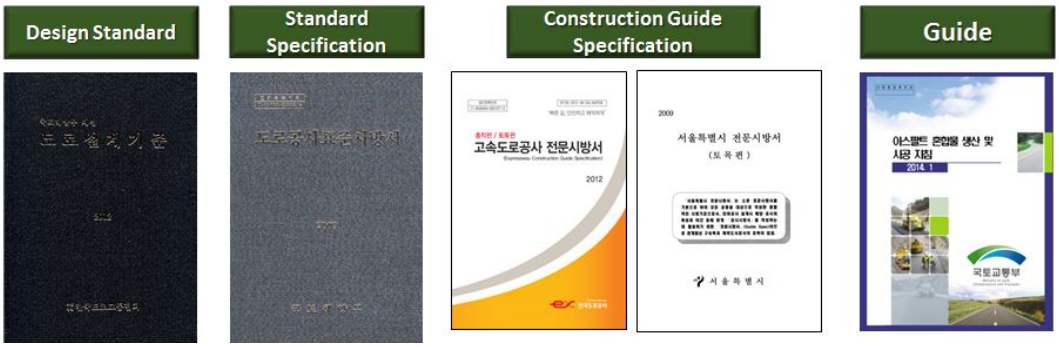
○ 영국은 도로구조물의 모니터링 정책 및 정책 보조 법안을 마련함

- 도로에 대한 모니터링 시스템 마련을 통한 정책 마련
- 이러한 전략이 수행 될 수 있는 법안을 마련함으로써 정책을 수행

마. 개발도상국가의 배합설계 기준 현황

○ 우리나라의 경우에는 기준, 시방서, 전문시방서, 지침으로 관련규정의 구분되어 있으며, 해외기업이 국내에서 아스팔트 포장을 시공하는 경우는 거의 없음

○ 국내 아스팔트 도로포장의 경우 <그림 2-7>과 같이 국내 골재, 바인더 및 혼합물 생산 및 시공 기준을 만족시켜야 함



〈그림 2-7〉 국내 도로설계 및 배합설계 관련 기준, 시방서 및 지침

○ 개발도상국의 경우에는 자국의 설계기준 또는 배합기준을 독자적으로 갖고 있는 국가들이 많지 않으며, 대부분 미국이나 영국기준을 그대로 원용하여 배합설계를 진행함

○ 특히 개발도상국 자체의 개발 사업이 아닌 국제원조사업에 의한 사업인 경우에는 자금을 지원하는 주체와의 협의를 따라 배합설계법을 진행하도록 하지만 개발도상국의 실정을 제대로 반영하지 못하는 경우도 있음

○ 배합설계기준과는 별도로, 인도네시아, 스리랑카 등 대부분의 개발도상국 국가들에서는 평탄성을 가장 중요한 도로포장의 기능으로 인식하고 있어 일반적인 가열 아스팔트 포장을 선호하고 있음

○ 따라서 지방도 및 농어촌도로에도 아스팔트 포장을 시공하려는 계획이 수립되고 있어, 향후의 대부분의 도로포장 재료에 대한 수요는 일반 가열 아스팔트 혼합물이 될 가능성이 많으나 개발도상국에서는 아스팔트 플랜트의 공급이 적절하지 않기 때문에 가열 고온아스팔트 혼합물의 생산 또는 품질을 유지하는데 한계를 나타냄

○ 따라서 현장에서 생산이 가능한 상온 또는 중온 아스팔트 혼합물의 제시될 경우 시장성이 확보될 수 있을 것으로 판단됨

(1) 필리핀

○ 필리핀의 도로포장 관련 개략적인 현황은 다음과 같다.

- 도로연장: 214,849km (포장비율 약 26%)
- 주변국에 비하여 낮은 인프라 시설 보유율
- 태풍 및 집중호우로 인한 잦은 도로파손
- 북부 2개 고정식 플랜트(Royal Dutch Shell)
- 배합 및 포장 설계법에 대한 근거 불명확
- 해외원조사업에 기반한 인프라 투자개발

○ 필리핀에서의 아스팔트 혼합물을 생산하기 위한 배합설계방법은 기본적으로는 미국의 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)를 따르고 있으나, 기준이나 세부적인 수치에서는 ASSHTO 기준과 다소 다름

○ 다음은 필리핀 DPWH (Department of Public Works and Highways) 의 Division Chief인 Visna Manio의 자문 내용 중 일부로서 바인더, 골재 및 채움재, 아스팔트 혼합물에 관련된 기준을 나타냄

○ 바인더

- 필리핀에서 사용되는 아스팔트 바인더는 CRS-1 (Cationic Rapid Setting), CRS-2 (Cationic Rapid Setting), RS-1 (Rapid Setting), RS-2 (Rapid Setting), AC 120-150 (Asphalt cement), MC 250-800 (Medium Curing) 중에 하나인 것으로 규정됨. 따라서 일반적인 가열 아스팔트 혼합물을 생산하기 위해서 AC 120-150을 적용

하는 것이 일반적임

○ 골재 및 채움재

- 골재는 파쇄골재, 파쇄 슬래그, 파쇄 강자갈 등을 도로포장 재료에 사용하도록 하며, 다음 <표 2-5>에 나타난 골재 입도를 만족하도록 한다. 채움재는 석분, 라임, 시멘트 또는 이에 대응하는 재료를 사용함

<표 2-5> 필리핀의 자체 골재 입도 규정

Sieve Designation		Mass Percent Passing		
Standard mm	Alternative U.S. Standard	Grading A	Grading B	Grading C
25.0	1"	100	-	-
19.0	¾"	90 - 100	-	-
12.5	½"	20 - 55	100	-
9.5	3/8"	0 - 15	85 - 100	100
4.75	No. 4	0 - 5	10 - 30	85 - 100
2.36	No. 8	-	0 - 10	10 - 40
1.18	No. 16	-	0 - 5	0 - 10
0.300	No. 50	-	-	0 - 5

○ 아스팔트 혼합물

- 아스팔트 혼합물에서의 아스팔트 바인더의 최종중량 대비 비율은 최소 5%에서 최대 7%이며, 마샬 배합설계법을 활용하여 최적 아스팔트 함량 및 배합비를 결정한다. 마샬 배합설계법에 따른 배합설계법을 적용할 경우에는 AASHTO T245를 따르고 24시간 동안 60℃의 물에 수침된 아스팔트 혼합물의 안정도 (Stability)가 수침되지 않은 혼합물의 75%이상의 강도를 나타내어야함

- 일반적으로 마샬 배합설계법이 예상되는 교통량에 대하여 다른 기준을 갖는데, 아래 <표 2-6>은 필리핀에서 적용되는 마샬 설계기준을 나타냄

<표 2-6> 필리핀의 자체 마샬 배합설계 기준

	min.	max.
Stability (Lb)	1800	
Flow (0.01) mm	8	16
Air Voids (%)	4	6
Aggregates Voids filled with bitumen (%)	70	80
Field Compacted Density, Marshall specimen density (%)	96	

(2) 인도네시아

□ **인도네시아의 도로포장 관련 개략적인 현황은 다음과 같음**

- 2012년-2020년 인프라수요: 2,370억 달러 전망
- 도로부분이 전체수요의 63%
- 도로포장에 대한 배합설계법 부재 및 설비에 대한 저가시장 형성

○ 인도네시아의 아스팔트 혼합물은 대표적으로 Latasir(Thin Layer of Sand Asphalt or Sand Sheet), Lataston(Thin Layer of Asphalt Concrete or Hot Rolled Sheet), Laston(Asphalt Concrete)로 구분되며 이들 혼합물 중에서 Laston이 국내에서 사용되는 아스팔트 혼합물과 유사한 특성이 있음

○ 골재

- 인도네시아의 경우에는 필리핀에 비하여 상대적으로 구체적인 골재 입도 기준을 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 도로포장 재료별 구체적인 입도는 다음 <표 2-7>에 나타나 있음.

○ 혼합물

- <표 2-8, 9, 10>은 이상에서 언급된 3가지 아스팔트 바인더를 활용한 혼합물에 대한 마샬 배합설계 기준을 나타내고 있음
- 특히 우리나라에서는 실제로 사용되고 있지 않으나 인도네시아에서는 사용되고 있는 Sand Sheet와 Hot Rolled Sheet 등에 대한 규정을 구체적으로 갖고 있는 특징을 나타내었는데, 이는 넓은 국토면적에 대한 도로포장 사업을 진행하기 위하여 불가피한 결정으로 분석됨
- 한편 수분침투에 따른 아스팔트 혼합물의 성능 감소를 10% 이하로 제한하는 우리나라보다 엄격한 규정을 보유하고 있는 것이 특징임

<표 2-7> 인도네시아의 도로포장 재료별 골재 입도 분포표

Sieve Size (mm)	% Weight of passed in the total of mixture											
	Latasir (Sand Sheet)		Lataston (Hot Rolled Sheet)				Laston (Aspalt Concrete)					
			Gab Graded		Semi Gab Graded		Fine Graded			Coarse Graded		
	Class A	Class B	Wearing Course	Base	Wearing Course	Base	Wearing Course	Base Course	Base	Wearing Course	Base Course	Base
37,5									100			100
25								100	90 - 100		100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 66
4,75							54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36		75 - 100	50 - 72	35 - 55	50 - 62	32 - 44	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18							31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300					15 - 35	15 - 35	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11, 4
0,150							9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
0,075	10 -15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

<표 2-8> 인도네시아의 Sand Sheet 관련 혼합물 규정

Mixture characteristic		LATASIR
		Class A & B
Asphalt absorption (%)	Max	2,0
Amount of bump per contact (compaction)		50
Void in mix (%)	Min	3
	Max	6
Void in mineral aggregate (VMA) (%)	Min	20
Void filled with asphalt (%)	Min	75
Marshall stability	Min	200
Flow (mm)	Min	2
	Max	3
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	80
Marshall Stability in refusal mix (%) after 24 hours submersion, 600C	Min	90

<표 2-9> 인도네시아의 Hot Rolled Asphalt 관련 혼합물 규정

Mixture characteristic		LATASTON			
		Gab Graded	Semi Gab Graded	Gab Graded	Semi Gab Graded
Effective asphalt content (%)	Min	5,9	5,9	5,5	5,5
Asphalt absorption (%)	Max	1,7			
Amount of bump per contact (compaction)		75			
Void in mix (%)	Min	4			
	Max	6			
Void in mineral aggregate (VMA) (%)	Min	18		17	
Void filled with asphalt (%)	Min	68			
Marshall stability	Min	800			
Flow (mm)	Min	3			
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250			
Marshall Stability in refusal mix (%) after 24 hours submersion, 600C	Min	90			
Void in refusal mix (%) after 24 hours submersion, 600C	Min	3			

<표 2-10> 인도네시아의 Asphalt Concrete 관련 혼합물 규정

Mixture characteristic		LASTON					
		Wearing Coarse (AC - WC)		Base Course (AC - BC)		Base (AC - Base)	
		Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Fine Aggregate	Coarse Aggregate
Effective asphalt content (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Asphalt absorption (%)	Max	1,2					
Amount of bump per contact (compaction)		75				112	
Void in mix (%)	Min	3,5					
	Max	5,0					
Void in mineral aggregate (VMA) (%)	Min	15		14		13	
Void filled with asphalt (%)	Min	65		63		60	
Marshall stability	Min	800				1800	
	Max	-				-	
Flow (mm)	Min	3				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250				300	
Marshall Stability in refusal mix (%) after 24 hours submersion, 60OC	Min	90					
Void in refusal mix (%) after 24 hours submersion, 60OC	Min	2,5					

(3) 개발 도상국가 배합 설계 기준의 요약 및 정리

○ 대부분의 개발도상국은 미국 또는 영국의 도로포장 및 아스팔트 포장 배합설계법을 준용하고 있으며, 독립적인 자국 기준을 보유한 경우가 매우 미비함. 또한 실제적으로 자국 기준 및 자국 예산을 이용하여 도로사업을 수행하는 경우가 매우 적고 해외 원조사업을 통하여 대부분의 도로 인프라를 구축하기 때문에, 해외 원조사업 자금의 출처에 따라서 신뢰성이 확보되어 국제적으로 통용되는 미국이나 영국의 도로포장 관련 배합설계법을 활용하는 경우가 많음

○ 따라서 개발되는 도로포장 혼합물에 대하여 국제적으로 신뢰성을 확보하고 동남아 국가의 KOICA 지사 등을 통한 국제원조사업을 진행하는 방법이 개발되는 혼합물과 장비에 대하여 우선적으로 시도될 수 있는 대안으로 판단됨

○ 또한 일부 국가들이 자국기준을 제정하기 위한 연구를 국제원조사업을 통하여 진행하는 경우가 있는데, 이들 연구 사업에서 재료에 대한 기준 및 시공방법에 대한 기준을 정립하고 이에 합당한 혼합물을 제공하는 방법으로 해외진출을 기대할 수 있을 것으로 예측됨

○ 한편 이동식 아스팔트 플랜트의 경우, 인도네시아, 필리핀, 미얀마 등에서는 대부분 정치형 아스팔트 플랜트를 보유하고 있으나, 지형적인 또는 환경적 제약에 의하여 정치형 아

스팔트 플랜트에서 생산하는 아스팔트 혼합물의 품질이 보장되기 어려운 문제가 빈번함

○ 따라서 본 과제에서 개발될 수 있는 이동형 플랜트 또는 MCV가 도로포장 재료의 품질을 유지하면서 신속하게 공급할 수 있는 대안으로 제시될 수 있음

○ 국내의 경우에는 군공항 등의 유지관리가 원활하지 않은 문제점이 지속적으로 노출되고 있는바, 군공항 등이 도로포장 재료의 개발 및 관련된 장비의 수요처가 될 수 있을 것으로 예측됨

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 건설 시장환경

가. 국내시장

○ 국내 건설수주는 2011년에 4/4분기의 호조세로 인해 연간 수주액이 전년대비 7.2% 증가하였다. 다만, 수주금액은 글로벌 금융위기 발생 직전인 2007년 127.9조원, 2008년 20.1조원에 비해서는 부진한 110.7조원에 머물렀다. 이러한 호조세는 2012년 상반기까지 회복되는 모습을 보였으나, 하반기부터 감소세로 반전하여 2012년 8월부터 2013년 월까지 13개월 연속 전년 동월 대비 감소세를 지속함

○ 2013년 건설수주액은 91조원으로 전년대비 10.5% 감소를 기록하였는데, 이는 거시경제 및 주택경기 위축 영향으로 민간수주가 급감하였기 때문이다. 공공부문은 공기업의 발주 감소에도 불구하고, 지방자치단체의 대폭적인 물량 확대 덕분에 전년대비 6.14% 증가하였으나, 민간부문은 경기부진에 따른 기업들의 설비투자 감소와 재건축/재개발 사업의 부진, 사무용 건물과 작업용 건물, 학교/병원/관공서 물량의 저조 등으로 전년대비 18.23% 감소함

○ 2014년 상반기 건설수주는 전년 동기대비 26.83%의 양호한 증가세를 보였는데, 이는 환경개선 관련 도시개발 사업 등 민간 토목부문은 감소하였으나, 민간부문 주거용 건축수주증가와 공공부문의 각종 SOC 수주 큰 폭 증가, 공업용 건물과 학교, 병원, 관공서 물량 및 문화체육시설 등의 편의시설 수주가 증가하였기 때문임

○ 2015년 건설수주는 전년대비 4.9% 증가한 110조원에 그치며 증가율이 둔화될 것으로 전망된다. 민간부문은 수도권을 중심으로 주택수주가 회복세를 보이는 가운데 거시경제의 완만한 회복세, 대기업 설비투자 증가 등에 따른 비주거 건축 및 토목수주의 소폭 증가로 전년대비 6.6% 증가한 69.7조원을 기록하며 전체 성장을 견인할 것으로 전망됨

○ 2015년 건설투자는 전년대비 3.4% 증가하며 2014년 대비 증가율이 확대될 것으로 전망된다. 이는 선행지표인 건설수주가 2012년 8월부터 2013년 9월까지 14개월 연속 감소세를 보이면서 2014년 건설투자에 일부 부정적인 영향을 미쳤으나, 2014년 상반기부터는 회복세를 보였기 때문이다. 공종 별로 토목투자의 경우 2014년 상반기에 감소세를 보이며 전체 건설투자의 회복세를 둔화시키는 요인이 되었으나 2015년에는 선행지표인 공공 토목수주가 2014년 상반기 호조세를 보인 가운데 정부 SOC 예산 증가, 대기업의 대규모 설비투자 계획 등으로 전년대비 증가할 것으로 전망됨

○ 2015년 예산안에 따르면 SOC예산은 총 24조 4천억 원으로 2014년 대비 3.0% 증가할 전망이다. 교통 SOC를 제외한 수자원, 물류 등 기타 SOC 예산은 2014년 대비 4.4% 감소할 전망이나 도로, 철도, 항만 등 교통 SOC는 2014년 대비 6.1% 증액되었다. 전체 SOC예산의 대부분을 차지하는 국토교통부의 2015년 예산은 사상 최고액인 22조 7천억 원으로 편성됐으며 2014년 대비 8.6% 증가한 수치로 전체 예산의 94.3%을 차지함

<표 2-11> 정부의 SOC 예산안

(단위: 조 원, %)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	CAGR ('13~'18)
2013~2017년 중기 재정계획상 SOC 예산	24.3	23.3	22.0	20.5	19.2	-	-5.7%
2014~2018년 중기 재정계획상 SOC 예산	-	23.7	24.4	22.4	20.7	19.1	-5.2%

자료 : 기획재정부

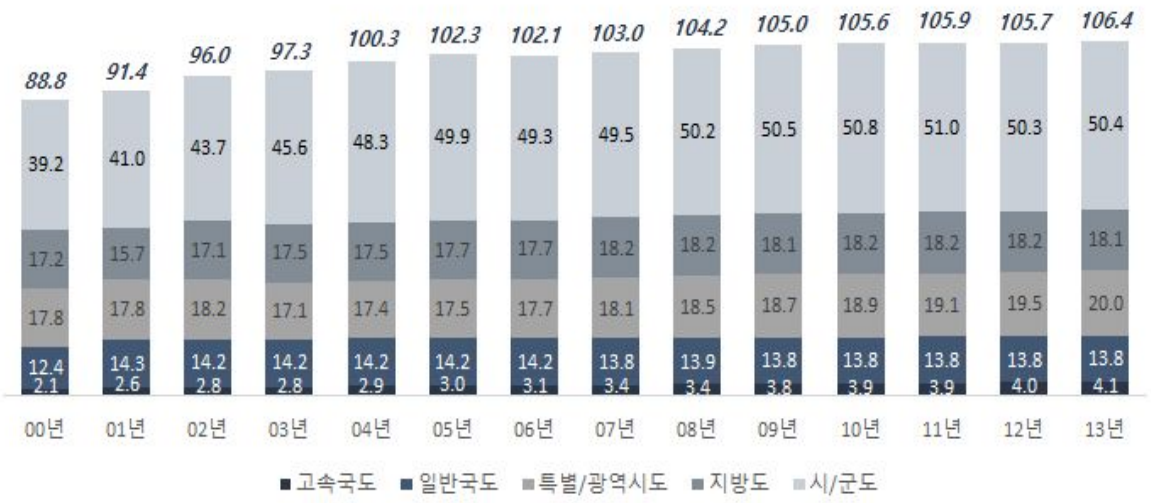
□ 국내 도로연장은 2000년 88,800km에서 2013년 106,400km로 확대되고 있음[12)]

○ 연도별 도로연장이 높아지고 있어, 향후 도로유지 및 도로보수 시장이 계속적으로 확대될 것으로 예상

○ 기존에 구축된 도로부분에 대한 장기적인 보수방안 마련이 요구됨에 따라 국내 도로보수 시장 확대

○ 고속국도의 경우 2000년(2,100km) 대비 2014년(4,100km)로 두 배가량 증가함

(단위 : 천 km)



<그림 2-8> 연도별 도로연장 현황

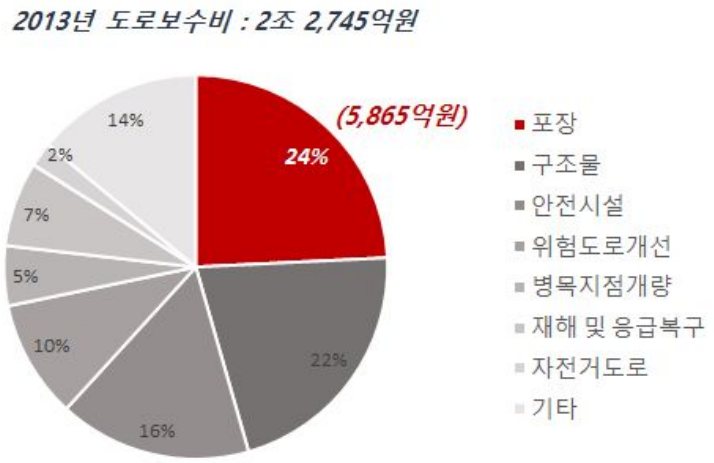
□ 2013년 국내도로 보수비는 2조 2,745억원 수준임[13)]

○ 국내 도로 보수 실적 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 포장분야로 전체 보수비의 약 24%로 2013년 약 5,865억원이 소요됨

- 포장분야는 소파보수, 표면처리, 덧씌우기, 재포장, 미포장, 균열실링, 교면포장, 포트홀

12) 국토교통부, 국토교통 통계누리(https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do), 2014.12.10.일자
13) 국토교통부, 도로 및 보수 현황 시스템(http://www.rsis.kr/maintenance_summary_profit.htm), 2014.12.10일자

보수로 구분됨

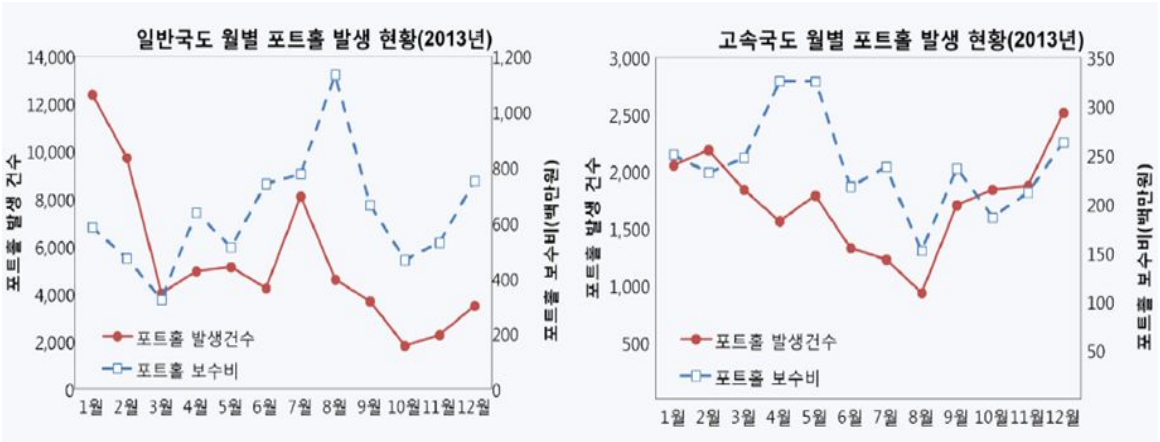


〈그림 2-9〉 2013년 국내 도로보수현황

□ **2013년 국내에서는 약 322,168건의 포트홀이 발생, 이중 고속도로에서 약 29,694건의 포트홀이 발생된 것으로 집계됨[14)]**

○ 포트홀은 전체 도로 파손 가운데 66%를 차지해 균열(24%)보다 3배가량 많음[15)]

○ 2013년 포트홀 보수비는 전체 포장보수비의 약 3%로 179.7억 원이 소요, 고속도로와 국도를 합쳐 약 105억 원이 지출됨



〈그림 2-10〉 2013년 일반국도 및 고속국도 월별 포트홀 발생현황

나. 국외시장

□ **2008년 기준 전 세계 83개국[16)]의 도로연장은 약 2,529만 km임[17)]**

14) 국토교통부, 도로 및 보수 현황 시스템(http://www.rsis.kr/maintenance_summary_profit.htm), 2014.12.10일자

15) 포트홀 관련기사, 2014.1.23 , MBC뉴스/연합뉴스 등

16) 아랍에미리트, 아르메니아, 바레인, 브루나이, 중국, 키프로스, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 이라크, 이란, 일본, 대한민국, 쿠웨이트, 카자흐스탄, 라오스, 네팔, 오만, 파키스탄, 싱가포르, 시리아, 터키, 아르메니아, 안도라, 오스트리아, 벨기에, 불가리

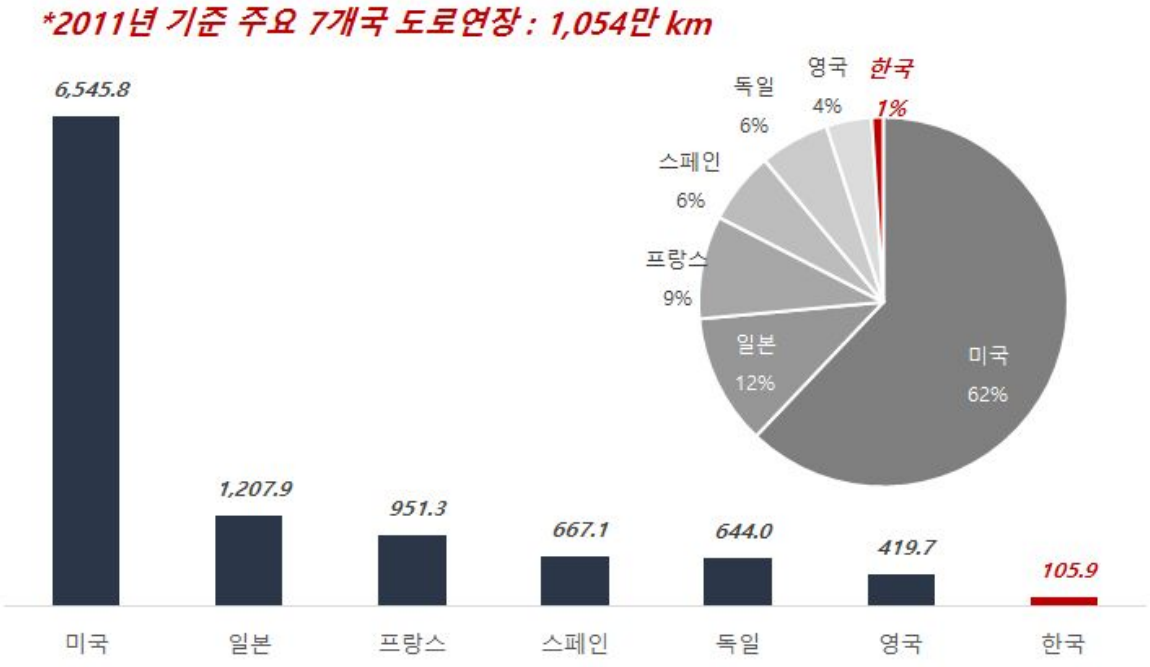
○ 한국의 도로연장은 2008년 기준 약 10.4만 km로 전 세계 약 0.4% 수준임

□ **주요 7개국(미국, 일본, 프랑스, 스페인, 독일, 영국, 한국)의 도로연장은 총 1,054만 km이며 한국의 도로연장은 이중 약 1%에 해당하는 105.9만 km임**

○ 미국의 도로연장은 약 6,546만 km로 전 세계에서 가장 긴 도로연장을 보요하고 있으나 최근 주요도로의 도로의 질적 수준이 매우 낮은 상태이며, 이에 대한 예산 확보를 위해 노력하고 있음[18)]

- 최근 주요도로의 65%의 수준이 도로가 불량상태로 진단되고 있으며, 교량의 25%는 교통량을 소화하지 못할 정도로 노후화 되어 있음

(단위 : 천 km)



〈그림 2-11〉 2011년 기준 주요국 도로연장

□ **2013년 기준 세계 도로 및 교량시장 규모는 4,085억 달러로 매년 성장할 것으로 추정됨[19)]**

○ 아시아는 세계에서 도로 및 교량부문에 가장 많은 투자가 이루어지고 있는 권역으로 매년 10%정도 수준의 성장률을 유지해왔으나, 2013년 0%대로 급락함

- 이는 시장 규모가 큰 일본 건설기장의 위축으로 인해 기인한 현상임

아, 스위스, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 크로아티아, 헝가리, 아일랜드, 이탈리아, 리히텐슈타인, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모나코, 몰도바, 마케도니아, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 세르비아, 스웨덴, 슬로베니아, 슬로바키아, 우크라이나, 카메룬, 알제리, 이집트, 가나, 케냐, 모로코, 말리, 모리셔스, 모잠비크, 니제르, 세이셸, 튀니지, 탄자니아, 캐나다, 코스타리카, 자메이카, 멕시코, 니카라과, 파나마, 미국, 볼리비아, 칠레, 콜롬비아, 파라과이, 오스트레일리아, 뉴질랜드 이상 83개국

17) 유럽연합통계, 세계은행, 미국BTS

18) 아주경제(2014), "백악관, 도로 및 교량 보수 예산 책정 촉구", 아주경제, 2014.05.15일자

19) Global Insight, Global Construction Outlook 2013,
Business Monitor International(BMI), Infrastructure Report 2014,
해외건설협회 해외건설종합정보서비스(www.icak.or.kr),
국내기업 해외도로시장 진출 활성화 방안 연구, 2014.6, 한국교통연구원, 해외건설협회, 한국건설기술연구원

○ 중남미의 도로 및 교량부문 시장규모는 876억 달러로 2015년 1,066억달러로 성장이 예상됨

- 중남미의 경우 2011년까지 20%대의 높은 시장성장률을 보였으나, 2012년의 경우 시장규모가 가장 큰 브라질의 침체로 인해 성장률이 급락함

○ 북미(미국)의 도로 및 교량부문 시장규모는 2013년 기준 556억 달러로 국가별 세계 최대 시장규모를 가지고 있음

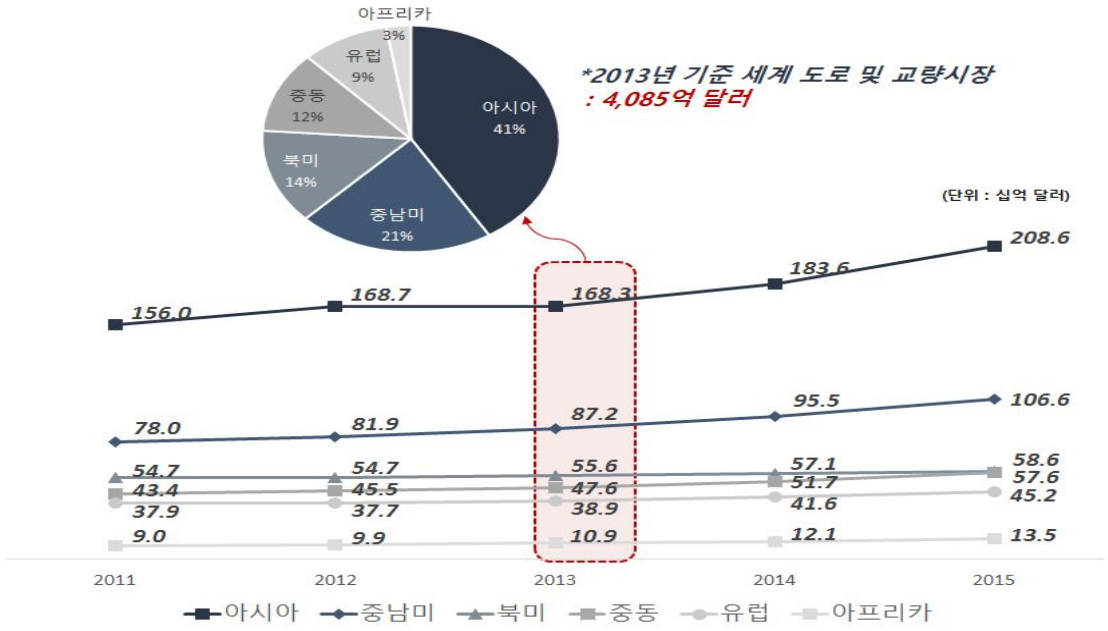
○ 중동의 도로 및 교량부문 시장규모는 2013년 기준 476억 달러로 2015년 576억달러로 성장이 예상됨

- 중동 시장은 2011년 아랍의 봄(2010년 말 튀니지에서 시작되어 아랍 중동 국가 및 북아프리카로 확산된 반(反)정부 시위)과 유럽의 금융위기로 인해 위축되었으나 2012년 이후 차츰 안정을 찾음

○ 유럽 6개국(영국, 그리스, 우크라이나, 터키, 폴란드, 헝가리)의 도로 및 교량부문 시장규모는 2013년 기준 389억 달러로 2015년 452억 달러의 시장규모가 형성될 것으로 전망됨

- 유럽의 경우 6개국 외 타국가의 시장을 합산할 경우 아시아 수준과 유사한 시장규모를 가질 것으로 예측됨

○ 아프리카의 도로 및 교량부문 시장규모는 2013년 기준 109억 달러로 6개 권역 중 가장 낮으며 꾸준한 성장으로 2015년 135억 달러의 시장규모가 형성될 것으로 전망됨



〈그림 2-12〉 권역별 도로 및 교량시장 추이

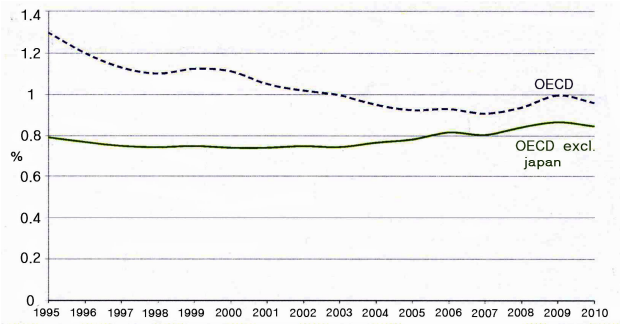
○ 북미는 미국을 기준으로 산출함

○ 유럽은 6개국(영국, 그리스, 우크라이나, 터키, 폴란드, 헝가리)을 기준으로 산출함

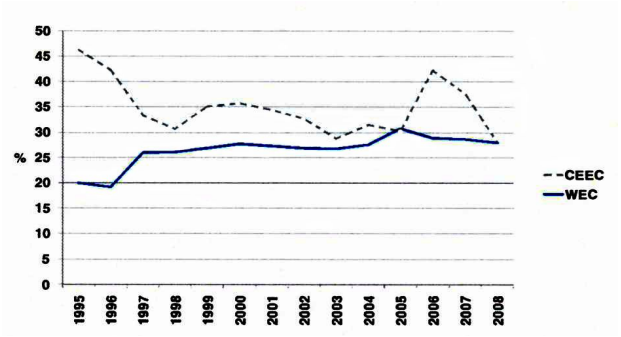
□ **서유럽은 전체 SOC투자금액 중 약 30%를 SOC(교통)분야 유지 · 보수에 투자하고 있으며, 국내는 약 23%, 개발도상국은 약 78% 비중을 유지 · 보수 분야에 투자하고 있음[20)]**

○ OECD 회원국은 GDP의 0.3%를 SOC(교통)의 유지・보수로 투자

- SOC 투자: GDP의 1%(신규건설 0.7%, 유지・보수: 0.3%, 서유럽 기준)



〈그림 2-13〉 SOC 투자(% of GDP)



〈그림 2-14〉 SOC 투자 중 유지·보수의 비중

○ OECD International Transport Forum, Statistics Brief 2012(CEEC: 중앙 및 동유럽 국가, WEC: 서유럽 국가)

○ 한국은 GDP의 0.26%를 SOC(교통)의 유지・보수로 투자

- SOC 투자: GDP의 1.11%(신규건설 0.85%, 유지・보수 0.26%)

<표 2-12> 한국의 SOC(교통) 유지·보수 투자 추정(2010년)

구분	GDP	도로			철도			합계		
		신규 건설	유지 보수	전체	신규 건설	유지 보수	전체	신규 건설	유지 보수	전체
투자액(조원)	1,173	5.60	2.21	7.81	4.40	0.81	5.21	10.00	3.02	13.02
GDP의 %	100.00	0.48	0.19	0.67	0.38	0.07	0.44	0.85	0.26	1.11

* 전　　체: 2010년도 SOC 예산 및 국가재정운용계획(안) 참조

20) 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2013~2017년), 2012.12, 국토교통부

* 유지보수: 국토해양부의 2010 도로보수현황, 한국철도공사 연도별 시설업무자료(고속철 포함), 서울 메트로, 서울도시철도공사, 대전·대구·광주·부산 도시철도공사 경영공시 자료 참조
* 신규건설: 전체 투자액에서 유지·보수 투자액을 차감한 금액

○ 개발도상국은 GDP의 1.8%를 SOC(교통)의 유지·보수로 투자

- SOC 투자: GDP의 2.3%(신규건설 0.5%, 유지·보수 1.8%)

<표 2-13> 개발도상국의 SOC(교통) 유지·보수 투자 추정(2008-2015년)

지역별 SOC투자(GDP의 %)						형태별 SOC 투자 (GDP의 %)		전체 (GDP의 %)
동아시아	동유럽	라틴 아메리카	북아프리카	남아시아	남아프리카	신규 건설	유지 보수	
1.7	3.1	1.5	3.0	4.0	3.0	0.5	1.8	2.3

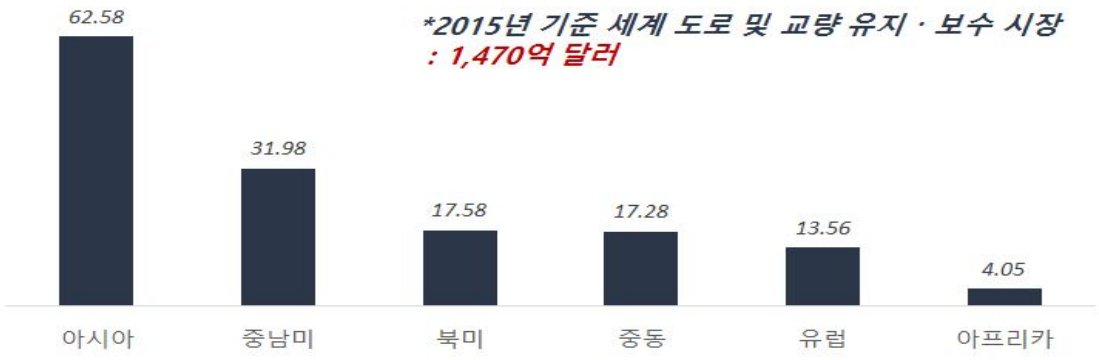
* European Investment Bank, Infrastructure Finance in Developing Countries, 2010

□ **서유럽의 전체 SOC투자금액 대비 유지·보수 투자비중인 30%를 적용하면 2015년 기준 세계 도로 및 교량 유지·보수시장은 약 1,470억 달러 규모로 추정됨**

○ 개발도상국 비중이 높은 아시아, 중남미, 중동, 아프리카는 유비·보수 투자비중이 서유럽 기준보다 높아 전망치 보다 높은 도로 및 교량 유지·보수 시장이 형성될 것으로 예측됨

○ 북미의 경우 미국, 유럽의 경우 6개국(영국, 그리스, 우크라이나, 터키, 폴란드, 헝가리)을 기준으로 산정하여 실질적인 권역별 시장은 더 높을 것으로 예측됨

(단위 : 십억 달러)



<그림 2-15> 권역별 도로 및 교량 유지·보수시장(2015년 추정)

2. 아스팔트 플랜트 시장 환경

가. 아스팔트 믹싱 플랜트 산업의 특징

○ 아스팔트 믹싱 플랜트는 아스팔트 도로공사에 사용되는 포장 재료를 혼합·생산하는 기계로서 골재 공급 장치, 건조 가열장치, 혼합장치, 아스팔트 공급 장치와 원동기를 가진 것을 말하며 트럭식과 정치식이 있고 장비규격은 시간당 생산량으로 표시함

○ 구조는 골재 저장통의 골재가 피더를 통해 엘리베이터를 타고 드라이어에 공급됨

○ 드라이어는 3~7도 경사로 회전하며, 투입된 골재는 중유 버너로 가열하여 골재를 건조시키며 건조된 골재는 핫 엘리베이터를 통해 진동 스크린에 저장되며 각 입자 크기별로 선별되어 계량장치에 공급됨



〈그림 2-16〉 정치식 아스팔트믹싱플랜트(Asphalt Mixing Plant)

<표 2-14> 아스팔트 믹싱플랜트(Asphalt Mixing Plant) 개요

정의	- 아스팔트 도로공사에 사용되는 포장 재료를 혼합·생산하는 기계로서 골재 공급 장치, 건조 가열장치, 혼합장치, 아스팔트 공급 장치와 원동기를 가진 것을 말하며 트럭식과 정치식이 있음
범위	- 골재 공급 장치, 건조가열장치, 혼합장치, 아스팔트공급 장치를 가진 것으로 원동기를 가진 이동식인 것
구조 및 규격표시	- 골재 공급 장치, 건조가열장치, 믹서 및 아스팔트 공급 장치 등이 일조 또는 수조로 되어있는 이동식인 것이 이에 속하며 규격은 아스팔트콘크리트의 시간당 생산능력(㎥/hr)으로 표시함

자료 : 한국건설기계산업협회 (http://kocema.org/pages/sub502.html)

□ **건설기계 산업의 특징은 1)과점적 시장구조 2)자본집약적 산업 3)기술집약적 산업 4)수출 중심적 산업 5)경기변동의 특성이 강한 산업 등으로 요약됨**

○ 과점적 시장구조: 국내 주요 아스팔트믹싱플랜트 완제품 메이커로는 (주)스페코, 대명산업(주), 대우산업(주) 등이 있으며 이들 기업들이 시장의 70-80% 정도를 차지하고 있으며. 부품기업은 400여개 기업이 있으며 대부분 경인지역과 경남지역에 분포함

○ 자본집약적 산업: 건설기계산업은 부가가치가 높은 반면 제작기간과 자본의 회임기간이 길어 많은 설비투자와 운영자금이 소요되는 산업임

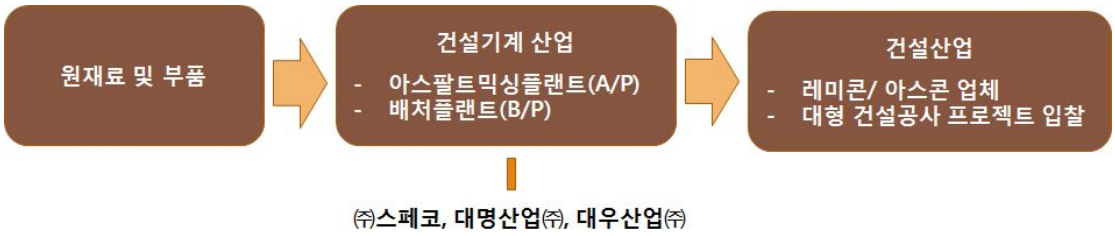
○ 기술집약적 산업: 엔진, 유압장치(모터, 펌프, 밸브), 동력전달장치(T/M, Axle) 등 다양한 부품의 가공, 조립 산업으로서 종합적 기술이 요구되는 산업임

○ 수출 중심적 산업: 국내 생산능력에 비해 내수시장 규모가 작아 총수요 가운데 수출비중이 약 60%에 달하는 수출 중심적 산업임. 건설기계는 고가이고 중량이 무거운 제품으로 수출시 운송비가 수출 가격에 중요한 요인으로 작용함. 또한 환율 변동에 의하여 국가별 가격 경쟁력이 결정되므로 최대 소비시장인 미국의 달러화와 유럽의 유로화 그리고 일본의 엔화 추세에 민감한 반응을 보이는 특성을 띠고 있음

○ 경기변동의 특성: 건설기계의 수요처는 토목 및 건설공사로서 수요처가 한정되어 있어 건설업의 경기변동과 직결된다고 할 수 있음. 이에 따라 계획생산이 어려움

나. 아스팔트 혼합물 플랜트 산업의 구조 및 동향

○ 아스팔트믹싱플랜트의 산업연관도(Supply Chain)을 살펴보면, 다음 그림과 같음



〈그림 2-17〉 산업연관도

○ 아스팔트 플랜트 후방산업은 건설기계 산업의 핵심 부품인 엔진, 동력전달장치(T/M, Axle), 유압장치(모터, 펌프, 컨트롤 밸브) 등이 해당하며, 해외 의존도가 높음

○ 해당산업의 주요 수요처는 전방산업에 해당하는 아스팔트믹싱플랜트 제조업체들로 각 지역레미콘, 아스콘 조합가입 업체임. 건설기계의 소유구조를 살펴보면 건설기업 등에서 자체 보유하고 있는 자가용보다는 건설기계 대여기업에서 보유하고 있는 영업용이 60% 이상으로서 더 높은 비중을 가지고 있음. 일반적으로 대형 건설기업들은 장기간이 소요되는 건설공사에 투입하기 위하여 건설기계를 자체 보유하는 경향이 높으며 중소기업들은 리스나 임대하는 방식을 선호하고 있는 것으로 조사됨

○ 대형 건설공사의 대형 건설공사의 프로젝트 입찰 응시하여 판로를 확보하고 있음. 최근에서 해외영업을 통해 중남미, 중동, 아프리카, 러시아 등을 포함하는 해외시장공략에 주력하고 있는 것으로 나타남

○ 세계경제위기로 건설경기 침체기에는 재무구조 및 경쟁력이 약한 소규모 건설기계 제조기업체들이 구조 조정되어 퇴출되었으며, 사업구조조정에 대한 반사이익을 중견업체들이 크게 받음.

○ 이로 인해 중견업체인 (주)스페코, 대명산업(주), 대우산업(주) 등이 시장점유율면에서도 확실한 우위를 점하고 있으며, 현 업계의 상황 및 동업계의 진입장벽을 감안할 때, 기존 업체의 설비증설은 수익성 저하를 초래할 것으로 보임. 소규모업체와 신설업체는 초기 투자비용 및 기술력 축적을 위한 기간투자의 비효율성으로 인해 당분간 동업계의 판도는 상당기간 지속될 것으로 예상됨

○ 또한. 건설기계 시장은 다소 보수적인 시장으로서 속성상 기 진출한 기업이 상당부분 우위를 점하고 있어, 아스팔트믹싱플랜트 교체수요가 발생하는 현 시점에서 기존 기업들에게 매출향상 기회가 올 것으로 추정됨.

다. 아스팔트 믹싱 플랜트 시장동향

○ 국내에는 아스팔트믹싱플랜트 장비가 396업체에 500여대가 운영 중이며, 배처플랜트 장비는 643개 업체에 1000여대가 가동 중에 있고, 여기에 매년 교체 수요가 10%선(150대)을 웃돌고 있는 추세임. 10% 교체 수요 중 일부는 개·보수로 장비를 LEVEL-UP 시켜 사용하고 일부는 신규로 구매하여 장비를 운영하고 있음. 따라서 아스팔트믹싱플랜트 제조업체들은 전문화되고 세분화된 장비의 특성을 살려 신규 수요에 대한 시장점유를 확보하기 위해 수요처의 요구에 따라 고품질의 대형화 기술 장치를 공급하고 있으며, 제품라인을 세분화해 맞춤 장비를 판매하고 있는 추세임

○ 최근에는 정부의 재활용 지원정책에 따라 재생아스콘 플랜트 수요가 증가하고 있음. 현재 고유가 행진을 계속하고 있는 가운데 에너지 절감정책과 재활용정책의 중요성이 부각됨에 따라 재생아스콘 플랜트 장비수요는 지속될 전망임

○ 아스팔트믹싱플랜트 및 배처플랜트의 국산화로 플랜트 내수시장의 새로운 수요와 노후시설의 대체 수요로 꾸준히 증가하고 있는 추세임. 과거 25년 간 국내 시장의 주류를 이루던 현대중공업, 삼성중공업, 쌍용중공업, 동아건설, 동양시멘트 등 대기업이 IMF 이후 구조조정을 통하여 사업을 포기하면서 (주)스페코, 대명산업(주) 등이 최다 시장점유업체로 발돋움하게 되었음. 최근 대기업에서 퇴출당한 일부의 인원이 과거 대기업 군에서 하청을 받아 하도급 제작을 하던 열악한 시설과 자금구조가 영세한 공장과 연계하여 판매활동을 하고 있으나 그 실적은 미미한 상태임

○ 아스팔트 믹싱플랜트 및 콘크리트 배처플랜트의 수요는 건설경기에 다소 영향을 받고 있어, 현재 전반적인 경기침체로 인한 국내수요 감소가 예상됨

□ **이동식 아스팔트 플랜트의 핵심장치인 이중구조 골재양생 및 혼합 장치가 적용되었을 경우, 정치식 아스팔트믹싱플랜트의 내수와 수출 수요규모에서 기존시설의 개보수 시장 비율을 적용하여 시장규모를 추정함**

○ 본 평가에서는 시장규모 추정을 위해 Top-Down 방식과 Bottom-up 방식을 적용함. 이미 통계 자료로 나와 있는 전체 시장규모를 기초로 다양한 자료를 통해 각 세부 시장별 시장규모를 추정하였으며, 보다 객관적인 시장예측을 위해 세부 변수를 적용하여 추정하였음. 또한, 두 방법을 병행하여 교차 검증하는 과정을 거쳐 추정 자료에 대한 신뢰성을 확보하고자 하였음

○ 아래 표는 시장규모로 2014년에 이어 2015년에도 평균 약 600억 원 규모의 시장을 형성할 것으로 보임

<표 2-15> 아스팔트 플랜트 시장규모(내수+수출) 현황

(단위: 억 원)

구분	2014년	2015년
①아스팔트믹싱플랜트 내수(개)	20	30
②아스팔트믹싱플랜트 수출(개)	30	40
③시장규모[(①+②)×10억]	500	700

자료 : (주)스페코 2014년 기업보고서, (주)델타텍코리아 재가공

□ **전국 아스팔트믹싱플랜트의 10% 정도가 280T/H, 360T/H 이므로 장비의 대형화 시대를 맞이한 국내에서는 80T/H 급 이상의 아스팔트믹싱플랜트를 시설해야만 경쟁을 할 수 있으므로 향후 5년간 필연적인 교체 여건에 있으며, 대도시권에서는 220T/H - 250T/H 급 아스팔트믹싱플랜트 의 수요가 증가되고 있음**

○ 아스팔트믹싱플랜트 교체시기를 10년으로 감안할 때 매년 60대정도의 수요가 예상되며 (주)스페코는 시장 내 점유율을 토대로 20대 이상의 수주를 예상하고 있는 것으로 나타남. 또한 아스팔트플랜트 제조업체들은 각 모델 별 Compact한 Model 개발로 수출에 주력 하고 있음

○ 2004년도 12월말 기준으로 386개의 파쇄기 운영사가 국내에 운영 중이었으나 습식타입의 슬러지 발생으로 인한 폐기물 처리와 환경적 처리의 심각성으로 인하여 본 방식은 대대적인 개·보수가 필요한 상황임. 또한 강모래 및 바닷모래의 무분별한 생태계파괴와 점차 사회적 문제로 대두됨에 따라 최근에는 환경 친화적인 건식타입의 모래 생산플랜트가 필요한 시대적인 요구가 되어가는 실정임. 이에 따라 건식타입의 모래 생산플랜트가 수요의 요구에 맞는 장비의 수주가 예상됨. 육상, 해상 골재 부존량의 감소 및 자연사보다 생산 원가 면에서 저렴하여 수요증가가 더욱 진행될 것으로 보이며 신규 장비를 계획하는 사용자에 대하여도 새로운 대안을 줄 수 있는 장비로 인식되고 있음

○ 국내 정치식 플랜트에서 아스팔트 혼합물 생산 경제성 측면에서 1회 생산시 최소 물량

으로 약 300톤 이상을 생산해야만 경제성이 확보되는 것으로 평가 됨. 따라서, 향후, 이동식 생산이 목표로 하고 있는 1회 유지보수 물량으로 최소 5cm 두께, 3.5m 폭 및 최대 100m 길이 구간에 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산 량이 최대 시간당 40톤으로 기존 정치식 플랜트의 대체 현장 생산이 가능하므로 기존 대비 최대 40%의 생산 원가절감 및 소규모 물량 시장 활성화 기대

□ **아스팔트 플랜트 시장규모로 2014년 500억 원에서 2019년 2,000억 원으로 연평균성장률(CAGR '16~' 20) 9.2% 성장할 것으로 예측함. 이는 본 연구의 핵심기술이 적용 가능한 아스팔트 믹스 플랜트의 수요에 따라 제품 시장규모의 영향을 미칠 것으로 예상되므로 아스팔트 믹스플랜트의 내수 및 수출 수주 건수에 시설개량비용을 적용하여 시장규모를 예측함**

○ 아스팔트믹싱플랜트 교체시기를 10년으로 감안할 때 매년 60대정도의 수요가 예상되며 (주)스페코는 시장 내 점유율을 토대로 당사는 20대 이상의 수주를 예상하고 있는 것으로 나타남.

<표 2-16> 아스팔트 플랜트 시장규모(내수+수출) 전망

(단위: 억 원)

구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	CAGR ('16~' 20)
①아스팔트믹싱플랜트 내수(개)	50	50	50	50	50	-
②아스팔트믹싱플랜트 수출(개)	56	77	107	150	100	-
③시장규모[(①+②)×10억]	1,056	1,273	1,574	2,000	1,500	9.2%

자료 : (주)스페코 2014년 기업보고서, (주)델타텍코리아 재가공



<그림 2-18> 아스팔트 플랜트 시장규모(내수+수출) 전망 (단위 : 억 원)

자료 : (주)스페코 2014년 기업보고서, (주)델타텍코리아 재가공

라. 아스팔트 믹싱 플랜트 시장경쟁 요소

○ 국내부문에서는 전국 아스팔트믹싱플랜트의 대형화 시대를 맞이한 국내에서는 80T/H 급 이상의 아스팔트믹싱플랜트를 시설해야만 경쟁을 할 수 있으므로 향후 5년간 필연적인 교체 여건에 있으며, 하지만 대형화된 시설의 고에너지 소모 및 분진, 소음 유해가스 등 환경저해요인 등을 해결하지 않고서는 기존 방식의 플랜트는 시장에서 매우 불리한 여건으로 작용할 것으로 보임

○ 해외부문에서는 최근 대대적인 플랜트 성능향상과 더불어 Compact한 디자인으로 개선함으로써 컨테이너 운송이 가능하게 되었고, 이는 원거리 수출을 가능하게 함으로써 해상운반비를 절감할 수 있게 함. 이를 중동은 물론, 아프리카, 중남미까지 그 수출 범위를 넓히는 계기가 되었으며 이로 인해 기존은 Bulk선적으로 인한 해상운송뿐만 아니라 육상운송에서 빈번히 발생하는 운송 중 손상에 대한 염려도 줄이게 되어 추가 비용절감 및 플랜트 설치완료시 바이어 만족도 역시 높일 수 있게 됨

○ (주)스페코의 경우 북미, 중남미 시장에서 요구하는 모델(Drum Mixer Type)을 기 완공된 멕시코 공장에서 제작 및 생산함으로써 물류비 절감으로 인한 시장 경쟁력을 한층 높일 것으로 예상되며, 이는 Batch타입에 비해 저렴해 구매 결정 기간이 짧은 모델이란 점에서, 점차적으로 판매증가를 불러오고, 플랜트 시장 특성상 향후 기하급수적인 신규수요가 발생 및 판매증가가 예상됨

○ 세계 최초로 개발해 특허를 받은 일체형 이동식 아스팔트플랜트의 경우 동일 기준의 플랜트와 생산성이 같으면서도 5일 이내 설치가 가능하고 2일 이내에 분해가 가능하다. 용접과 절단이 필요 없고 탁월한 이동성으로 어느 장소에나 설치가 가능하다. 대명산업(주)의 해외시장 성공 비결은 중동의 모래바람과 러시아의 혹한 등 현장의 기후환경에 맞는 맞춤형 플랜트 제작과 품목 다변화에서 찾을 수 있음.

□ **상기와 같이 국내외 아스팔트 플랜트 관련업계의 경우, 기존 가열 아스팔트 생산방식에 국한하여 시설 개량을 유도하고 있으며, 본 연구의 이동식 아스팔트 플랜트의 핵심기술인 저에너지, 환경저해 요소를 최소화한 고분자 코팅 골재 및 간접가열 혼합방식을 도입할 경우, 국내외 시장에서의 경쟁력이 더욱 확보될 것으로 예상 함**

○ 본 연구의 이동식 아스팔트 플랜트에서 채용하고자 하는 고분자 코팅 기술은 세계적으로 개발된 바가 없으며, 현재, 특수한 목적으로 제조한 고분자를 굵은 골재에 적용한 결과 매우 우수한 코팅효과를 발현한 것으로 분석됨

○ 또한, 기존 3%이하의 상대습도로 골재를 직접 가열하여 건조하는 방식에서 벗어나, 골재에 습기가 5% 이상 함유하더라도, 본 연구에서 채택하고 있는 코팅기술 및 간접양생 및 혼합방식을 기존 플랜트에서 채택할 경우, 기존 열에너지를 40% 이상 절감이 가능하며, 준고온 (120-130도) 또는 준저온 조건(100-110도)에서 혼합물 생산이 가능하여, 환경적 위해요소 최소화가 가능한 것으로 분석됨

○ 또한, 본 연구에서 채택한 기술로 생산한 혼합물의 강도 시험 결과 기존 가열 방식의 혼합물 대비 최소 1.3배의 강도 증진 효과가 있는 것으로 분석되었음

3절. 국내외 기술개발 동향 및 분석

1. 국내 기술동향 및 전망

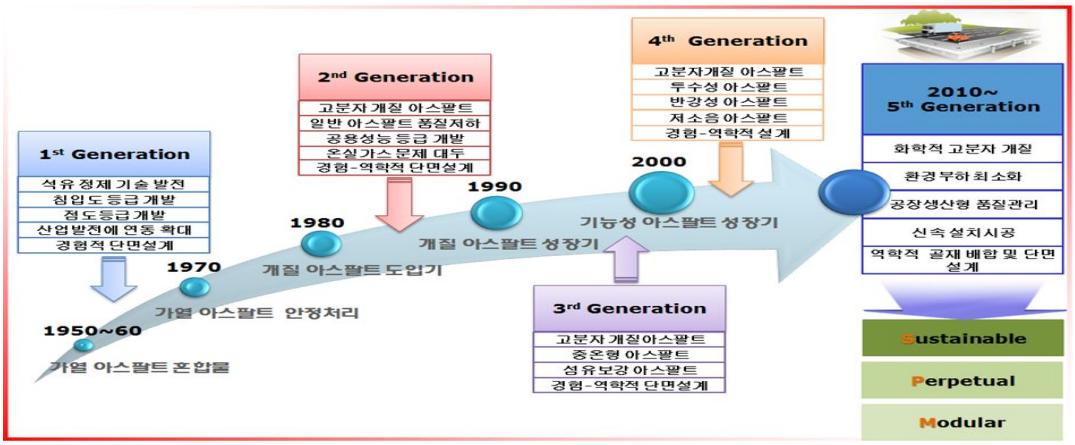
가. 아스팔트 혼합물 재료 분야 총괄

□ **도로포장은 크게 시멘트 콘크리트 포장과 아스팔트 콘크리트 포장으로 구분되며, 아스팔트 콘크리트 도로포장은 시멘트 콘크리트 도로 포장에 비해 공용수명이 초기건설기용이 저렴한 반면 시공이후 빈번한 유지보수를 필요로 하는 특성이 있음**

- ○ 대부분의 아스팔트 도로포장 혼합물은 가열 아스팔트 혼합물로(Hot-Mix Asphalt Concrete), 대표적인 공정으로써 골재예열(170-180도) 단계 및 건조비빔, 아스팔트 바인더 분사이후 젖은비빔 단계를 거쳐 최종 생산되는 가열 아스팔트 혼합물은 약 160-170도로 현장 포설시의 혼합물의 온도를 약 135도를 목표로 하는 혼합물을 지칭 함
- ○ 가열 아스팔트 혼합물의 경우, 아스팔트 바인더와 골재 코팅 및 원활한 혼합 작업성 확보를 위해 골재 재료 생산시 고온상태(170도 이상)를 유지해야하므로, 많은 양의 에너지 소모와 혼합물 생산시 기타 유해가스가 발생하는 특징이 있음
- ○ 가열 아스팔트 혼합물은 다양한 크기의 골재와 아스팔트 바인더 혼합물로, 최종혼합물의 품질 확보를 위해 아스팔트 바인더의 경우, 소요 점도를 침입도규정으로 관리하며, 혼합물의 경우, 마샬 안정도 또는 흐름값 등의 관리기준을 시방서에 규정하고 있음
- ○ 최근 상기기준이 실제 혼합물의 공용성능과의 상관성 부족으로 다양한 바인더 관리기준(점도 등급, 전단강도 등급) 및 혼합물 관리기준(간접인장강도, 피로기준 등)에 대한 연구가 지속되고 있음

□ **아스팔트 도로포장 혼합물의 경우 5세대에 이르기까지 다양한 재료개발이 수행되고 있으나, 새로운 재료의 효과적인 생산 또는 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용함**

- ○ 1990년 말 이후, 기능성 아스팔트 혼합물의 시방기준, 시공절차 및 품질관리 방법 등에 대한 연구가 다각적으로 진행됨
- ○ 2000년대 이후 상기한 고분자 개질 아스팔트 재료가 일반화 되었으며, 온실가스 저감을 위한 중온형, 섬유보강 아스팔트, 투수성, 저소음 등 기능성 아스팔트 도로포장 재료 등이 개발됨



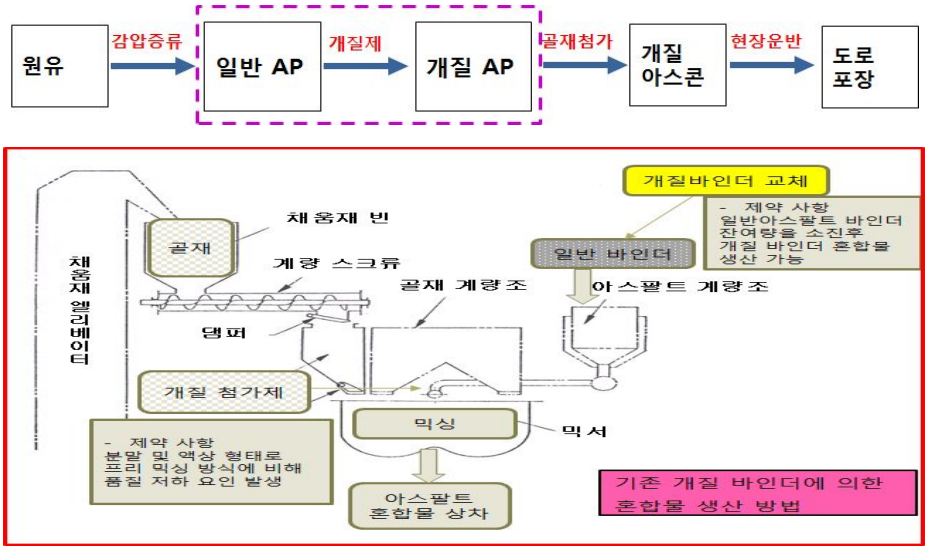
〈그림 2-19〉 가열 아스팔트 도로포장재료의 발전 단계

□ **고분자 화합물을 활용한 연구는 2000년 이후 활발하게 진행되고 있으며, 화학 개질제를 활용하는 방법이 연구된 바 있음**

○ 고온에서 아스팔트 바인더와 상용성이 고분자를 활용하여 개선된 고분자 망상구조로 점도를 증가시키거나, 저온에서 유연성이 개선된 개질 아스팔트 바인더를 개발하여 내구성이 개선된 아스팔트 혼합물을 활용하기도 함

○ 화학적 개질제를 이용하는 방법은 아스팔트 바인더에 석유계(SBS 또는 SBR) 폴리머 입자를 용융시켜 아스팔트 바인더의 점도를 증대시킨 방법임

- 이 방법은 고온에서 아스팔트 혼합물의 소성변형 저항성에 유리한 효과를 나타내기도 하지만, 과다한 비용, 품질관리의 어려움, 혼합물 생산 온도 증가에 따른 에너지 비용 증대, 저온에서 재료의 취성증대로 인한 균열 가능성 문제 등을 수반하여 실제 적용상에 어려움이 있을 수 있음

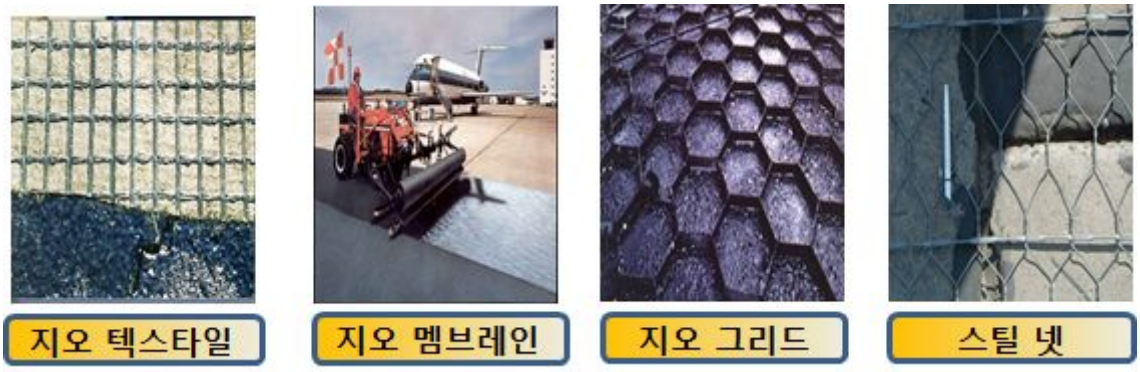


〈그림 2-20〉 고분자 개질 아스팔트 혼합물 생산 단계

□ **격자형태의 토목섬유를 이용하는 방법은 격자 형태로 구성 된 토목섬유를 중간에 적층 시공한 방법임**

○ 동 시공법은 하부층으로 부터의 반사균열 저항성능 및 소성변형 저항성 증대 등의 유리한 효과를 나타내지만, 시공과정이 복잡하여 공사기간이 길어지고, 공사비가 상승하는 단점이 있음

○ 또한 상부 표면으로부터 3-5cm 표층 내부에서 가장 큰 집중응력 또는 전단변형이 발생하는 경우에는 이에 대해 대응할 수 없다는 맹점이 있음



〈그림 2-21〉 격자형 섬유보강 아스팔트 혼합물

□ **국내의 기능성 도로포장 표층관련 연구는 표층을 구조적 지지층으로 간주하지 않고 대부분 배수 또는 소음 저감 효과 연구에 국한됨**



〈그림 2-22〉 기능성 아스팔트 혼합물

○ 국내의 기능성 도로포장 표층관련 연구는 표층을 구조적 지지층으로 간주하지 않고 대부분 배수 또는 소음 저감 효과 연구에 국한되어, 대부분 기존 국외에서 제시된 시험 방법 또는 재료 물성 등을 단순히 국내에 도입하여 적용하고 있는 실정이며, 친환경 도로포장 재료 및 설계 시공기술 개발연구는 국외기술의 파생 시스템 기술 개발이며, 기능성 도로포장 재료/설계/해석/유지관리 관련 원천기술개발에 초점을 두고 있지 않음.

○ 또한 기능성 도로포장은 도심내의 열섬현상 완화와 보수성, 저수성을 위한 블록포장 중심의 연구가 진행되고 있고 일부분 시공에가 있으나, 단기적 기능발휘 이후, 회수를 통

한 재활용이 불가능하여 장기적으로 빈번한 유지보수를 필요로 하며, 중차량에 대한 내구성이 확보되지 못한 문제가 있음

□ **최근 아스팔트 포장의 포트홀(노면 홈) 파손이 빈번하게 발생하여, 이에 대응하기위한 플라스틱 또는 유리섬유를 활용한 고인성 아스팔트 혼합물이 개발된 바가 있음**



〈그림 2-23〉 섬유보강 아스팔트 혼합물

□ **국내 일반국도의 경우, 최근 기후변화 및 중하중 교통 물동량 증대 등으로 아스팔트 콘크리트 도로포장의 조기파손(포트홀)이 큰 사회문제로 대두되고 있음**

○ 우리나라 일반국도의 경우, 매년 아스팔트 도로포장 유지보수를 위해 약 800억 원의 막대한 유지보수 예산이 투입되고 있으나 최근 기후변화 및 중하중 교통 물동량 증대 등으로 아스팔트 콘크리트 도로포장의 조기파손(포트홀)이 큰 사회문제로 대두되고 있는 실정임.

○ 파손된 아스팔트 도로포장의 유지보수에는 소규모의 보수 등은 도로관리주체(한국도로공사, 일반국도 유지관리사무소, 지자체 도로관리사업소 등)의 상시적 유지관리 업무의 일환으로 응급보수를 실시하고 있으나, 일정규모이상의 유지보수 작업은 특정 계절에 집중되거나, 기타 부수적 행정처리 과정으로 지연되어 적기에 실시하지 못하는 실정임.

○ 소규모 응급보수차원의 유지보수 구간은 값비싼 응급보수 재료를 사용함에도 불구하고 재파손 우려가 매우 크며, 빈번한 유지보수를 위한 교통차단으로 추가적으로 막대한 교통 혼잡비용까지 발생되고 있어 이에 효과적으로 대응하기 위한 기술개발이 필요한 실정임.

□ **국내는 도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane는 실용 가능한 기술이 부재한 상태이며, 콘크리트분야에서 유사 연구를 수행한 사례가 존재함**

○ 국토해양부에서는 전통적 아스팔트 및 콘크리트 포장관련 한국형 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행

○ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 고분자 치유제 기술개발 내용이 포함되어 있지 않음

○ 내구성과 파괴방지 기술을 통해 인장 강화를 유도하는 수경성 ionic polyurethane 관련 기술은 아래와 같음

- 표층 혼합물의 갑작스런 파괴방지, 외부교통하중 및 온도변화에 다른 미세균열 발생지연을 통한 피로수명 증대를 위한 고분자 치유제
- 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 성능기술
- 고분자 재료 개발로 최소 일반 혼합물 대비 피로공용수명 1.0 MPa 이상의 고인성 확보한 기술

□ **국내는 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법의 실용 가능한 기술이 부재한 상태로 활용방안이 제한됨**

○ 실내 실험위주 혹은 정성적인 현장 포장가속시험기 위주의 평가 기법이 대다수

○ 현장에서 역학적 특성을 분석하여 평가할 수 있는 기법 개발은 매우 제한

○ 이를 위해 도로포장 품질관리에 역학적 품질관리를 적용하여 시공품질을 높이고 하자를 최소화 하는 기술개발이 필요함

- 이동식 아스팔트 혼합물의 품질관리 기준 설정
- 아스팔트 혼합물의 이동형 역학적 실험법 개발
- 현장 품질향상을 위한 역학적 품질관리 기법 개발

□ **국내 현장 혼합 및 포설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 관련 개발기술은 전무하지만, 콘크리트에서 관련 연구를 수행한 사례가 존재함**

○ 도로교통 연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음

○ 아스팔트 혼합물의 장기 공용성능 증대, 다기능 · 고 내구성을 가진 친환경 아스팔트 에멀젼 기술은 아래와 같음

- 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발
- 아스팔트 에멀젼과 골재간의 화학적 Mechanism 연구

나. 중온 및 상온 아스팔트 혼합물 재료 분야

□ **중온화 아스팔트 포장기술은 1990대 후반, 에너지 절약 및 유가 급등에 대비한 도로건설 산업의 석유에너지 의존도 저감을 위해 개발되기 시작함**

○ 유럽, 미국, 일본, 중국 등에서 중온 아스팔트 포장 기술 관련 정책 마련과 함께 사용이 증가되고 있으며, 일본은 2010년도에 발주시 의무적으로 적용하는 녹색조달시스템에 중온 아스팔트 포장기술을 포함함

○ 중온 아스팔트 포장기술은 기존 가열 아스팔트 포장에서 요구하는 고온아스팔트 혼합물의 생산온도 (180도)와 다짐온도(135도)를 공히 약 섭씨 30도 정도를 저감하여 석유에너지 절약과 온실가스 및 유해가스의 배출을 감소시키기 위한 기술임

○ 현재까지 소개된 중온 아스팔트 재료기술의 기저는 왁스계열의 첨가제 사용, 중온화 케미컬, 또는 아스팔트 바인더에 발포제 주인에 따른 거품화(Forming)로 유동성을 개선한 경우가 대부분임

- 왁스 계열의 경우, 결정화 조절에 문제가 있을 경우, 저온에서는 강성(Stiffness)이 증가하거나, 아스팔트의 유연성 저하로 아스팔트의 저온 물성을 약화시켜 겨울철 도로의 파손을 유발함
- 왁스 재료 첨가로 아스팔트와 골재간의 부착력 저하로 우수에 의한 포장체로의 수분침투에 취약하여 골재가 탈리되는 수분취약성을 가짐
- 최근 왁스계열의 단점 극복을 위해, 골재 표면에 코팅된 아스팔트의 비극성 부문(말텐)이 결합에 참여 유도를 위한 Siloxane 계열의 첨가제 또는 결정화 조절제를 첨가한 중온 혼합물이 개발된 바가 있음
- 비극성 결합에 대한 화학적 분석결과로 증명된 바는 없음



〈그림 2-24〉 다양한 아스팔트 중온화 방식(왁스, 케미컬, 폼드)

□ **시멘트 처리 상온 재생 아스콘 혼합물(리바콘)의 경우, 시멘트 및 유화 아스팔트를 일정량 함유하고 있는 상온 혼합물로써, 강성 및 연성 포장의 특징을 갖는 혼합물이라 할 수 있음**

○ 콘크리트 포장체와는 압축강도, 인장강도 및 배합특성에 있어서 근본적으로 차이가 있는 저교통용 빈배합 시멘트 혼합물이라 할 수 있음

○ 일반 아스콘 혼합물 보다는 큰 강성을 나타내지만, 취성이 커져 온도균열 및 피로균열 등에 취약한 단점이 있음

○ 시멘트계의 상온혼합물을 기층 재료로 활용했을 경우, 하부층의 강성비 결정에 주의가 필요함

- 비교적 높은 온도(약 20°C이상)에서 점성 거동을 보이는 표층 가열아스팔트 층(5-7cm) 아래에 상대적으로 매우 큰 탄성계수(약 10-15GPa)의 포장체 또는 변형에너지 분산이 없는 시멘트계 상온 혼합물과 같은 강성 단면이 시공되었을 경우, 이질 단면 간의 탄성계수비(Modulus Ratio)차이로 중간층에서 과다한 응력 집중 및 인장응력으로부터 압축응력으로 응력변화(Phase Change)가 발생함
- 이로 인해 균열 또는 변형발생으로 포장체의 공용성능이 급격하게 저하될 수 있음



〈그림 2-25〉 시멘트 처리 상온 재생 아스팔트 콘크리트 포장

다. 아스팔트 혼합물 정치식 및 이동식 생산 분야

□ **현재 국내에서 생산하고 있는 대부분의 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산방식은 매우 많은 열에너지를 소모하며, 이산화탄소 및 분진 배출 등의 문제가 있음**

○ <그림 2-26>은 현재 국내에서 대부분의 아스팔트 콘크리트 혼합물을 생산하는 (연간 약 2천 5백만 톤) 약 400여개의 정치식 아스팔트 배치 플랜트에서의 재료 생산 공정을 나타냄. 1회에 1톤 또는 2톤 배치식으로 재료를 생산하는데 최소 약 15개의 공정을 거치게 됨. 이에 따라 매우 많은 열에너지를 소모하며, 이산화탄소 및 분진 배출 등의 문제가 있음.

○ 이와 같은 대형 플랜트에서는 재료생산 단가가 맞지 않아 중·소규모 유지보수를 위한 혼합물 생산은 불가능한 실정임.



〈그림 2-26〉 기존 정치식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 (MMV)

- 국내의 경우, 대명산업(주), 대우산업(주), 이텍산업 등지에서 이동·정치식 아스팔트 플랜트, 이동식 혼합물 보온설비 등을 개발한 바가 있으나, 혼합물의 공학적 특성이 설비에 반영된 기술개발, 중소기업의 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임.

□ **국내 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 트레일러 형태의 정치식으로 활용되기 때문에 이동식으로 보기 어려움**

○ 대부분의 이동식 플랜트에서는 골재저장소인 콜드-빈을 현장에 설치하는 점, 혼합물 핫-엘리베이터, 핫-스크린 및 핫-빈 설비가 드라이어와는 별도로 설치되는 등, 이동식이라

할지라도 일반 정치식과 유사한 대규모의 설비를 필요로 함

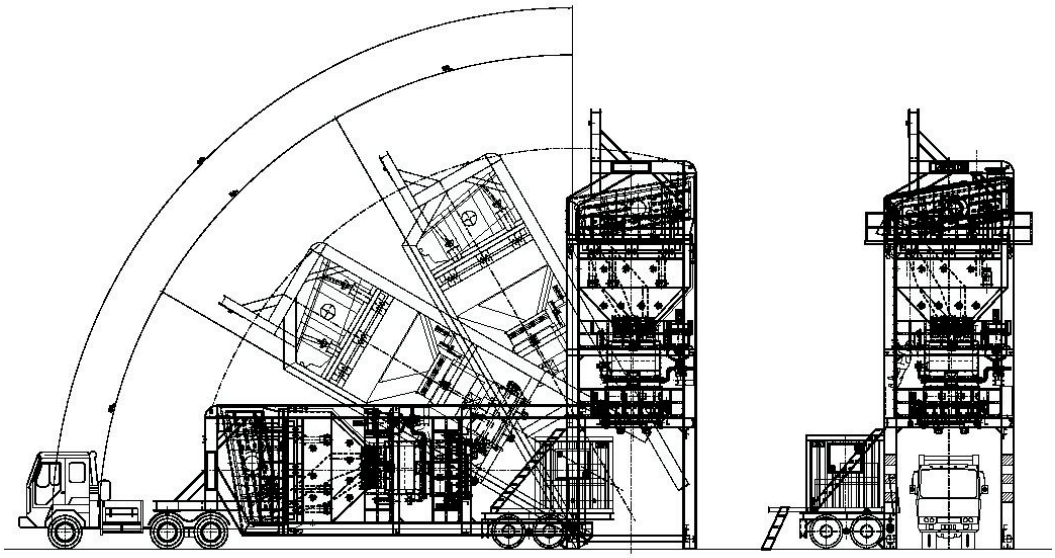
○ 국내에서는 소규모형태의 트럭 거치형 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 생산이 이루어지지 않고 있으며, 이를 생산하기 위한 세부 기술 중심으로 연구 중임

○ 몇몇 기업에서 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트를 개발 및 판매하고 있으나, 모두 트레일러 형태의 정치식으로 소량생산 및 이동개념의 아스팔트 혼합물 생산 플랜트로 보는데 어려움

- 설치과정에서 크레인이 활용되고, 설치하는데 있어서 5일 이상의 시간이 소모됨
- 생산양에 있어서도 소량이 아닌 시간당 40~160톤까지 개발이 가능하고, 실제 활용 범위도 이동이 많은 해외 건설시장을 목표로 개발

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 대우산업㈜, ㈜길영에스앤씨, 대명산업㈜ 등이 이동·정치식 아스팔트 플랜트, 이동식 혼합물 보온설비 등을 개발한 바 있으나 완전 이동식 설비개발에 어려움을 겪고 있음

- 혼합물의 공학적 특성이 설비에 반영된 기술개발, 중소기업의 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임



〈그림 2-27〉 대우산업㈜의 이동식 아스팔트 믹싱 플랜트 제품 정치방법



〈그림 2-28〉 대명산업㈜의 이동식 아스팔트 믹싱 플랜트 제품(DMAP-MB)

□ **국내에서는 첨단해석 기술활용, 신소재 활용, 맞춤형 배합 등의 기술이 적용된 바 없음**

- DEM(Discrete Element Method) 등 첨단 해석기술을 응용(드라이어 최적 회전수, 드라이어 내부 최적 형상 등)한 설비 최적화 연구결과가 반영된 설계는 이루어진 바가 없음.
- 아스팔트 혼합물 사용골재를 완전 건조하지 않고 혼합물을 제조하는 기술을 개발하여, 기존 플랜트의 드라이어 장비 및 공정을 삭제할 수 있는 첨단 신소재 활용 기술을 적용한 바가 없음.
- 혼합물을 현장에서 생산하는 플랜트는 미국에서 주도적으로 개발하여 보급하고 있으나, 다양한 혼합물(섬유보강, 개질 아스팔트 등)을 현장에서 생산이 가능한 맞춤형 현장 배합설계법을 적용한 생산 시스템은 개발된 바가 없음.

□ **국내에서는 폐열재활용과 관련하여 열에너지를 활용할 방법이 전무하고, 관련 기술의 개발도 미비함**

○ 국내의 아스팔트 혼합물 생산 플랜트에서 골재 가열시 드라이어에서 180℃-190℃의 온도에서 가열하게 되고 실제 화염의 온도는 230℃로 추정하나 골재를 가열 후 발생하는 열에너지는 활용할 방법이 전무함

<표 2-17> 가열 아스팔트 포장 시공시 생산온도

5.11.2 생산온도 시공 현장까지의 운반거리 등의 여건을 고려하여 아스팔트 혼합물의 생산 온도를 170~180℃의 범위로 높인다. 다만, 생산 온도가 과도하게 높으면 아스팔트의 품질 저하를 촉진하기 때문에 생산 온도가 180℃ 이하인지 확인하여야 한다.

출처 : 국토교통부(2014), 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침, p.90

○ 드라이어 가동시 사용되는 연료로 동시에 발생하는 폐열을 활용하는 기술의 개발은 미비

○ 향후 골재 가열 드라이어의 폐열을 이용한 열에너지 재활용 아스팔트 혼합물 생산 장비의 개발, 열효율 최적화를 위한 드라이어 열에너지 재활용 플랜트 공정 개발을 위한 기술개발이 필요함

- 아스팔트 혼합물 생산시 드라이어에서 발생하는 폐열을 활용하여 자원 절약이 시급한 실정임
- 폐열을 아스팔트 혼합물 생산설비에 적용할 경우 아스팔트 혼합물 생산단가를 낮출 수 있으며 아스팔트 혼합물 생산 단가 절감으로 인한 도로공사 시공비 절감이 가능함

○ 향후 기술개발 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 도로포장 재료의 열역학적 특성 정량화 기술
- 드라이어에서 발생하는 열에너지 효율과 가동에 필요한 열에너지의 역학적 근거 제시를 위한 기술
- 열교환기 및 열펌프 시스템을 결합한 열 회수 시스템

□ 국내는 아스팔트 혼합물과 고분자 화합물을 계량하는 장치 관련기술의 개발이 미비함

○ 향후 골재와 아스팔트 혼합체간 결합력을 향상하기 위한 분사 및 Mixing 장치 기술 개발이 필요함

- 관련기술 개발을 통해 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 설계 제시가 가능함
- 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침 구축이 필요함
- 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감이 가능함

<표 2-18> 아스팔트 혼합물 생산 온도 관리

- 아스팔트 혼합물의 생산 온도를 일정하게 유지하기 위하여 골재와 아스팔트 온도를 사전에 설정하고, 설정된 온도를 준수하여 생산한다. - 일반적으로 아스팔트의 온도는 아스팔트 탱크에서 펌핑하여 믹서의 노즐로 분사 가능한 온도로 결정하며, 130℃ 이상이어야 한다. - 골재 온도는 현장의 기후 조건과 거리 등을 고려하여 아스팔트 혼합물의 시공 현장 도착 온도를 기준으로 가열한다. 이 때, 골재 가열 온도는 믹서에서 상온의 채움재 등과 혼합되는 점을 고려하여 아스팔트 혼합물의 온도보다 일반적으로 약 5℃ 이상 높아야 한다. - 아스팔트 혼합물의 표준적인 생산온도는 배합설계시 표준 혼합온도를 기준으로 시공현장까지의 거리, 기후조건 등의 현장 여건에 따라 감독자와 협의하여 조정한다.

출처 : 국토교통부(2014), 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침, p.40

○ 향후 기술개발 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 고분자 화합물과 Asphalt 혼합물간의 중량비에 따른 정량 주입 분사 장치
- 최적의 Coating 조건 검출 및 온도 조건 유지 기술
- 최적의 Coating 조건을 달성하기 위한 Mixing 장치

□ 국내는 이동식 혼합물 생산장비의 공정제어 및 품질관리를 위한 기술이 전무함

○ 향후 혼합물의 현장 생산 시스템의 공정제어 플랫폼 구축을 위한 제반 제어기술 및 운영 시스템, 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기능 구축을 위한 기술개발이 필요함

- 혼합물 생산 품질관리 기능 강화로 유지보수 비용 절감 및 국가적 관리기준 방안 제시가 필요함
  - 기술 개발시 유지보수 비용 절감 및 국가관리 기준 방안 및 표준화된 통합 공정제어 요소 개발을 통해 국제규격 기준을 만족하는 신뢰성 기반 설계 제시가 가능함
  - 아스팔트 혼합물의 현장 생산 시공을 통한 각종 소요비용 절감 및 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성을 위한 국가적 품질관리 체계 구축이 가능함

○ 향후 기술개발 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어설계 요소기술
- 혼합물 종합 품질관리 운용 구축으로 국가적인 고품질 및 고내구성 품질 관리기준 정립
- 국제 시스템 인증규격 기준 시스템

□ **국내에서는 이동식 혼합물 생산장비의 친환경 기술 개발이 미비함**

○ 향후 혼합물 현장 생산 플랜트를 위한 매연, 분진, 악취, 소음 등 저감 기술 개발이 필요함

- 표준화된 친환경 저감 요소 개발을 통해 국제규격 기준을 만족하는 신뢰성 기반 설계 및 친환경 저감 기술을 통한 녹색화 달성 및 친환경 생산기술 구축 기준 제시가 가능함

○ 향후 기술개발 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감기술
- 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 집진장치 향상기술
- 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감기술
- 현장 발생 소음의 최신 수동 및 능동 소음제어 기술
- 국제 시스템 인증규격 기준 시스템 개발

□ **국내 기술은 기후 및 환경조건에 따른 다짐횟수, 시간에 대한 근거 부족으로 활용 기준을 제시하지 못하고 있으며, 연구실 수준의 기술 보유**

○ 도로연구소에서는 DEM과 CFD를 이용한 해석을 통하여 공극을 갖는 고체와 기체사이의 열역학적 특성을 분석하는 기술을 보유

○ 향후 가열 수송 장비 열효율 최적화를 위한 연구가 필요하며 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 컨테이너 내의 골재의 열전달 관련 해석 모형 개발
- 골재 가열 및 온도 유지를 위한 이송장비의 열역학적 구조기준 연구
- CFD-DEM을 이용한 열역학 모형을 이용한 골재와 아스팔트 혼합물의 열전달 특성 시뮬레이션
- 열역학적 근거 제시를 위한 골재 및 혼합물 수송 장비의 설계

□ **국내에서는 현장 혼합이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 관련 개발기술은 전무하지만, 콘크리트에서 관련 연구를 수행한 사례가 존재**

○ 도로교통연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음

○ 향후 현장상황에 따른 다양한 아스팔트 혼합물 생산을 위한 이동식 아스팔트 혼합물 생산설비 기술개발이 필요하며 이에 따라 포트홀 발생을 사전에 차단, 보수비용 절감, 친

환경 도로포장 기술 확보가 가능함

- 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감
- 상온 혼합 및 포설로 인한 친환경적 도로포장 기술확보 가능

○ 향후 기술개발 추진을 고려할 수 있는 기술은 아래와 같음

- 골재와 아스팔트간의 부착성능 향상 기술
- 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 기술
- 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 기층·표층의 수명 연장기술
- 아스팔트의 인성 강화를 위한 Polymer Binder
- 신속 예방적 유지보수 시공용 아스팔트 혼합물 현장생산 및 타설 시스템

□ **국내는 이동식 플랜트의 가열-분사 시스템 연구가 미흡하며, 기술도 정치식 활용 기술이 대부분임**

○ 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용

○ 향후 소재 코팅을 위한 장비 개발 및 통합 제어/모니터링 시스템 구축 등의 기술개발이 필요함

□ **국내는 첨단 해석기술 응용 및 설비/제어 시스템을 고려한 최적화 연구결과가 반영된 이동식 플랜트 설비/제어시스템 개발이 미비함**

○ 현장 아스팔트 혼합물 배합 및 생산 자동화 제어 기술 개발시 현장 대응이 바로 가능하며, 정부차원의 도로포장 파손 원인 진단이 가능함

- 관련기술 개발시 유지보수가 필요한 경우 현장에 장비의 즉각 투입이 가능함에 따라, 포트홀 발생 등에 의한 문제에 신속하고 간편한 대처를 통한 서비스 수준 증대가 예상됨

○ 관련기술로는 이동식 플랜트의 장비와 공정관리를 위한 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템 등이 있음

□ **국내는 저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 관련 기술이 거의 부재한 상태이며, 관련 기술의 경우도 분야가 상이하여 활용에 한계가 있음**

○ 포장재 출하 온도 180℃를 맞추기 위한 상용 시스템이 전부임

○ 개발되는 신 공법의 2차재 온도인 50~70℃의 구현 시스템은 전무한 실정

○ 연속 계량 시스템의 경우 곡물 등 일부 벌크물질에 대한 계량 특허 등록

○ 관련기술로는 기존 시스템에 비해 집적화, 저 에너지 구현 시스템이 가능하고, 골재의 연속 계량 및 저온 가열시스템 개발을 위한 기술이 있음

- 골재 코팅 효율 향상을 위한 저 에너지 연속 계량 및 가열시스템의 경량화 장치 등

□ **아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술은 실용 가능한 기술이 부재한 상태이며, 콘크리트 분야에서는 관련 연구를 수행한 사례가 존재함**

○ 아스팔트 포장의 현장 시공중 코어링에 의한 밀도(다짐도) 측정은 파괴 시험으로 시간적, 물리적 제한으로 인해 현실적으로 제한적임

○ 유전율 측정을 통한 아스팔트 포장 밀도 측정법이 있으나 현장 calibration등의 운용상 어려움이 있으며, 자동화된 실시간 모니터링에 제한

○ 시멘트 콘크리트 응결 정도 및 응결시간 측정을 위한 매립형 PZT 압전센서 임피던스 기술 개발

○ 관련기술로는 현장 아스팔트 콘크리트 포장의 다짐도 모니터링 및 적정 다짐 확보 기술 등이 있음

- PZT 압전센서의 전기-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 시공 현장 다짐도 평가 기술

- 아스팔트 도로포장 시공 현장 다짐 작업 중 자동화된 실시간 다짐도 모니터링 시스템

라. 응급 아스팔트 도로포장 보수 분야

○ 탈부착식 포트홀 응급보수 설비

- 포트홀의 보수를 위하여 다양한 장비개발이 이루어지고 있으며, 단순한 가열 아스팔트 혼합물의 보온 기능을 넘어 포설 및 다짐장비 일체형 장비도 개발되고 있음.
- 탈부착식 패칭 설비는 밀링설비, 혼합물 믹서, 포설기능, 다짐기로 편성되며 시공품질관리를 위한 단말장치를 포함함으로써 포트홀 응급보수 작업효율이 매우 높고 별도의 특장차 면허가 필요 없는 시공 설비 개발이 필요함.



〈그림 2-29〉 탈부착식 포트홀 응급보수 장비 예

- <그림 2-29>와 같은 탈부착식 장비 침투능이 최소 20% 개선된 고분자 유화제의 자동화 시공이 가능한 장비 및 발생된 포트홀을 신속하게 보수하기 위한 자동화시공 장비의 국산화 필요성이 있음.

2. 국외 기술동향 및 전망

가. 아스팔트 혼합물 재료 분야 총괄

□ **최근 아스팔트의 품질저하 및 가격 상승에 따른 포장 품질의 저하를 해소하기 위하여, 오일 샌드(Oil Sands)와 부톤(Buton) 천연 아스팔트와 같은 해외 신 에너지 광물을 이용한 아스팔트 포장 기술을 개발하고 있음**

○ 인도네시아의 경우 부톤섬에서 천연 아스팔트가 포함된 석산이 개발되어 도로포장 재료로 일부가 사용되고 있음

- 인도네시아의 부톤섬 면적은 남한의 1.7배 크기이며, 부톤(Buton) 천연 아스팔트의 매장량은 약 6억 톤 정도로 최대 200년 동안 사용할 수 있음

○ 현재 중국과 유럽에서는 부톤(Buton) 천연 아스팔트를 이용한 포장 기술이 연구되고 있으며, 국내에서도 중유 등으로 상업화에 착수하고 있음



〈그림 2-30〉 Buton 천연 아스팔트 석산

□ **일부 국가에서는 고무계 고인성 표층 혼합물을 실제 활용하고 있음**

○ 일본의 경우 고무계 고인성 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공

□ **주요국의 경우 도로포장시 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법을 활용함으로써 포장 품질을 향상시키고 있음**

○ 미국·일본·네덜란드에서는 도로 포장 품질관리에 역학적 품질 인자를 적용하고 시공 품질에 따라서 인센티브를 제공하여 포장 품질 향상 및 하자 최소화

○ 네덜란드의 경우 기능성 포장설계법으로 아스팔트 혼합물 성능평가법을 통하여 품질을 보장

○ 미국·일본·유럽등에서 새로운 현장 품질관리 실험법들이 개발되고 있음

- 품질관리를 위한 아스팔트 혼합물 평가 기법 연구 및 적용 기술 활용

나. 중온 및 상온 아스팔트 혼합물 재료 분야

□ **미국, 유럽 등 일반 도로 및 고속도로 등에 적용한 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 활용한 도로포장 연구가 진행되고 있음**

- ○ 미국 / 유럽에서는 도로 포장에 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 사용하여 내구성 향상 및 생산 및 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음
- ○ 현장상황 맞춤형 아스팔트 혼합물 생산을 위해 현장 생산 및 타설 시스템을 사용

□ **중온아스팔트 기술이 개발되면서 점차 아스팔트 생산온도를 낮추기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 현재 130℃인 아스팔트 생산온도를 100℃까지 낮추기 위한 연구진행**

- ○ 일반아스팔트 보다 30℃ 생산온도를 낮춘 중온 아스팔트 개발연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있으며, 많은 회사들이 제품을 개발함
- ○ 제품 개발과 함께 성능평가 연구가 진행되고 있으며, 시험포장을 통하여 현장공용성을 평가하는 연구도 진행중에 있음
- ○ 중온아스팔트 기술이 개발되면서 점차 아스팔트 생산온도를 낮추기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 현재 130℃인 아스팔트 생산온도를 100℃까지 낮추기 위한 연구가 진행됨

□ **마국 및 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공**

- ○ 미국, 일본, 중국 등 초 장대교량 등에 적용한 에폭시 바인더를 활용한 아스팔트 연구 및 적용 기술 활용
- ○ 강상판 혹은 노반과의 부착성 향상을 위해 보수보강 및 포장용 Bond coat용으로 사용하고 있음

다. 아스팔트 혼합물 정치식 및 이동식 생산 분야

□ **해외 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 트럭거치식이 활용되고 있어, 완전 이동이 가능한 혼합물 생산 플랜트 활용 가능**

- ○ 혼합물 생산량이 혼합물 생산이 가능하고, 이동성이 편리하며 골재에 대한 배합설계가 맞도록 생산, 저장해야하는 특성이 존재
  - 생산량의 제한적인 단점이 존재하지만, 반대로 혼합물 생산량의 소규모가 가능
  - 현장에서 온도 및 혼합을 할 수 있기 때문에 드라이어 과정을 삭제 및 최소화 가능하고, 현장 이동 과정에서 온도가 낮아지는 문제 해결

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 해외에서는 이미 상용화되어 판매중이며, 여러 현장에서 사용 중임

- Shreeram, Cheharkrupa, LEO, KAUSHIK 등 세계 여러 국가에서 관련 제품을 생산하고 판매 중



〈그림 2-31〉 해외 Mobile Mix plant 제품

□ **80-100톤 급 퍼그밀식 이동/정치식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비는 콜드-빈 트레일러, 핫-빈/퍼그밀 트레일러, 골재 드라이어 트레일러, 기타 부속시설 트레일러 등의 4대의 개발 트레일러로 설비를 현장으로 이동해 설치하는 체계임**

○ 퍼그밀식 이동/정치식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비는 현장에서 가까운 위치에서 생산하므로 혼합물의 온도관리, 생산절차 관리 등이 정치식보다 나은 장점이 있음

○ 기존 정치식 방식과 동일한 약 15개의 공정으로 혼합물을 생산하며, 설비의 이동 및 설치에 따르는 추가비용 발생으로 기존 정치식 혼합물 생산 단가보다 높아질 수 있음



〈그림 2-32〉 퍼그밀식 이동/정치식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

□ **40-60 톤급 비일체식 이동/퍼그밀 방식의 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 콜드-빈 트레일러, 드럼식 드라이어 트레일러, 및 핫-빈 체가름 및 퍼그밀 트레일러, 기타 부속시설 트레일러 등의 4개를 한 조로 이동하는 설비임**

○ 정치식과는 달리, 설치 및 해체가 용이하여 현장 이동·조립 후, 혼합물을 생산하는 장점이 있음

○ 이동 설치가 간편하지만 혼합물 생산 공정은 기존 정치식과 동일함



〈그림 2-33〉 비일체 이동/퍼그밀식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

□ **40-60 톤급 비일체식 이동/드럼 방식의 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 콜드-빈 트레일러, 드럼식 드라이어/믹서 트레일러, 기타 부속시설 트레일러 등의 3개를 한 조로 이동하는 설비임**

○ 드럼식 드라이어/믹서 설비의 경우, 골재 건조와 아스팔트 분사 후 혼합이 드럼 안에서

순차적으로 수행됨

- ○ 핫-빈 및 핫-스크린이 없으며, 골재 체가름의 경우, 최대한 단입도 골재를 콜드-빈에 투입해야 하는 점, 콜드빈의 피딩 속도를 소프트웨어 적으로 조절하여 배합설계 골재량을 조절하는 특징이 있음
- ○ 콜드빈과 드라이어 사이에서 진동식 체가름 설비(최대골재 크기 스크린)가 추가되는 특징이 있으며 이 방식은 퍼그밀 방식에 비해 혼합물 생산이 빠른 장점이 있으나, 단입도 골재 관리를 실시해야 함



〈그림 2-34〉 비일체 이동/드럼식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

□ **20-30 톤 규모의 일체 이동/드럼식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 콜드빈, 드럼 드라이어/믹서가 하나의 트레일러에 설치된 일체형 플랜트임**

- ○ 기타 부속 설비 트레일러와 2개를 한 개 조로 이동이 가능한 생산방식이며, 혼합물 1회 생산 능력이 제한적이며, 사전에 골재관리를 철저하게 관리해야하는 특징이 있음
- ○ 드럼식 드라이어와 믹서가 일체형으로 골재 드라이에 많은 열에너지를 소모하는 반면, 신속한 이동으로 중소규모의 덧씌우기 유지보수가 가능한 장점이 있으며, 장비의 이동과 설치가 매우 빠른 장점이 있음



〈그림 2-35〉 일체 이동/드럼식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

□ **10-20 톤 규모의 일체 이동/퍼그밀식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 콜드빈, 드럼 드**

라이어/퍼그밀 믹서가 하나의 트레일러에 설치된 일체형 플랜트임

○ 기타 부속 설비 트레일러와 2개를 한 개 조로 이동이 가능한 생산방식이며, 혼합물 1회 생산 능력이 제한적이고 사전에 골재관리를 철저하게 관리해야하는 특징이 있음

○ 골재 드라이어가 설치되어 있어서, 많은 열에너지 소모와 분진처리 등의 부속설비를 필요로 함

○ 동 장비의 경우, 중소규모의 덧씌우기 유지보수를 신속하게 실시할 수 있는 장점이 있으며, 이동 및 설치가 용이한 장점이 있음



〈그림 2-36〉 일체 이동/퍼그밀식 가열 아스팔트 혼합물 생산 플랜트

□ **현장가열-혼합-수송 장비(Mobile Mix-Control Vehicle(MCV) 또는 Material Transfer Vehicle(MTV))는 미국에서 활발하게 사용하고 있음**

○ 대부분의 MCV 는 원격지(플랜트 이격거리 40km 이상)에서 생산된 혼합물을 현장에서 포설 전에 재가열-재혼합하여 포설장비(아스팔트 페이버)로 혼합물을 이송하는 장비임

- 현장에서 생산된 혼합물이 대기시간이 길어져 포설 전 온도가 약 120℃ 이하로 저하되었을 경우 반드시 재가열-재혼합을 실시하는 용도로 사용함

○ 현재 미국에서 이용되고 있는 MCV는 25톤의 혼합물을 일회에 처리하는 대형장비이며, 현장으로 이송된 혼합물을 재가열-재혼합 후 아스팔트 페이버로 혼합물을 이송하는 용도로만 사용함

□ **최근 개발된 MCV 설비는 기존 방식으로 정치식 플랜트에서 생산된 혼합물을 현장시공에서의 재처리 기능뿐만 아니라, 경량화 된 이동식 아스팔트 플랜트의 부속설비로 역할을 수행함**

○ 기존 MCV 설비는 골재 가열 및 집진 설비, 컨베이어식 이송설비를 부가적으로 추가하여 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)로의 가열된 골재의 공급기능은 없음



〈그림 2-37〉 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 예

□ **미국 ASTEC사는 드라이어 폐열을 활용한 생산 공정을 개발함**

○ 미국의 ASTEC사에서는 드라이어의 열을 활용한 2중 드라이어 시스템(Double RAP Dryer)를 활용하여 생산하는 HMA혼합물의 약 40%를 차지하는 재생 골재의 가열을 동시에 진행할 수 있는 생산 공정을 개발하여 적용중임

- 대부분의 외부로 나오는 열을 수집하고, 재료의 혼합과정에서 다시 활용



〈그림 2-38〉 ASTEC의 Double RAP Dryer

□ **미국 ASTEC사의 혼합물 현장생산 장비들은 세계도로시공 장비 기술을 독점하고 있음**

○ 다양한 형태의 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비의 현장 가열-혼합 수송장비

및 혼합물 현장생산 장비들이 개발되어 전 세계적인 도로시공 기술 독점화 기반을 갖춤

- Astec Inc에서는 종합적인 생산 장비의 개발을 담당
- Heatec에서는 아스팔트 가열 및 혼합물 탱크 분야를 담당
- Dillman에서는 제어기반 분야의 기술을 협력하여 기술개발을 진행하고 있음

○ ASTEC사는 혼합물 현장생산 장비 개발과 더불어 친환경 기반을 갖추고 있음

- 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비의 현장 가열-혼합 수송장비 및 혼합물 현장 생산 장비들이 개발되었고, 본 장비들에 친환경 기반의 집진, 악취, 소음 저감 등의 적용 기반을 갖춤
- 세계적인 환경오염 규제 동향에 대비하여 운송체 기반의 이동식 생산설비의 디젤 차량에서 발생하는 매연저감 기술을 적용하여 친환경 기반을 갖추려는 개발을 진행

○ ASTEC사는 온도 유지 설계 기술을 보유

- 새롭게 개발되는 골재 이송장비에서 골재의 온도를 유지하거나 기존의 아스팔트 혼합물의 온도를 유지하기 위해서는 이에 특화된 설계가 필요하며, 관련된 연구는 미국 ASTEC에서 연구를 주도적으로 수행

□ **미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등은 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구를 수행하고 있음**

○ 이동식 플랜트 가열-분사 시스템 및 이동식 플랜트 가열-분사 시스템 연구를 진행 중임

라. 응급 아스팔트 도로포장 보수 분야

□ **국외의 대표적인 포트홀 응급보수 장비는 Mobile Drum-Mixer, Pellet Patch Repair System, Dura-Patcher, Patch-master 등으로 혼합물 포설 및 다짐기가 분리형임**

○ 포트홀의 보수를 위하여 다양한 장비개발이 이루어지고 있으며, 단순한 가열아스팔트혼합물의 보온 기능을 넘어 포설 및 다짐장비 일체형 장비도 개발되고 있음

○ 2009년 미국 미네소타 주에서는 포트홀 등을 신속하게 보수하기 위한 "Taconite-Enhanced Pothole Repair using Portable Microwave Technology" 연구 과제를 수행함

- 이동형 Microwave 열 발생장치, 전자파 흡수 taconite 재료, 방수용 재생 아스팔트 Shingle 칩 및 재생 아스팔트 골재 등을 혼입한 재료 개발 연구 과제를 수행하여 현장에 적용하고 있음

○ 포설된 재료를 다짐을 위하여, 다짐횟수, 다짐위치, 다짐에너지 등의 관리가 가능한 스마트 다짐 장비를 시공현장에 투입하여, 아스팔트 포장도로의 조기파손 문제에 대응하고 있음

□ **탈부착식 패칭 설비는 밀링설비, 혼합물 믹서, 포설기능, 다짐기로 편성되며 시공품질관리를 위한 단말장치를 포함함**

○ 포트홀 응급보수 작업효율이 매우 높고 별도의 특장차 면허가 필요 없는 시공 설비개발이 필요함

○ 탈부착식 장비 침투능이 최소 20% 개선된 고분자 유화제의 자동화 시공이 가능한 장비 및 발생된 포트홀을 신속하게 보수하기위한 자동화시공 장비의 국산화 필요성이 있음



〈그림 2-39〉 탈부착식 포트홀 응급보수 장비 예

3. 기존 기술(연구)와의 차별성

□ 기존 기술의 현주소

<표 2-19> 기존기술의 특성 및 문제점

기존기술유형	기술명	기술 특성	기술적 한계 및 문제점
이동식 아스팔트 혼합물 및 생산 분야	상온 습기 경화형 폴리우레탄 아스팔트 바인더	• 폴리우레탄 수지 이용 • 이소시아네트 경화 기저	• 고가의 수지 가격 • 상용화제 첨가 • 기존 바인더 상분리
	SBS 개질 아스팔트 바인더	• 삼구역 공중합체의 망상구조 • 저온 탄성/고온 고점도 물성	• 고분자 중합 에너지 비용 • 저장 상분리 문제 • 탄소이중결합 존재
	SMA (Stone Mastic Asphalt)	• 우수한 골재 결합력 • 우수한 내구성 • 소음저감효과 4-7 dB(A)	• SMA 골재 생산 어려움 • 품질관리 어려움 • Drain Down 우려 발생
	폐타이어 고무 변성 아스팔트	• 폐기물 재활용 • 피로저항성 향상 • 장기 내구성능 우수	• 숙성과정 필요(고에너지) • 상분리 문제
	저/고점도 유화 아스팔트 바인더 혼합물	• 중온 생산 가능 • 유연한 바인더와 고점도 바인더 조합 사용	• 기존 플랜트에서 생산 불가능 • 소규모 응급보수에 사용가능
	정치식 아스팔트 플랜트	• 가열 아스팔트 혼합물 생산 • 중온 아스팔트 생산가능	• 최소 15개의 공정 요구 • 첨가제 투입을 위한 추가 설비 필요 • 고가의 각종 설비 설치 비용 • 소규모 물량 생산 어려움 • 공정별 품질관리 까다로움 • 배합설계 검증이 어려움
	현장 가열-혼합-장비	• 혼합물 현장 온도관리 • 혼합물 현장 재혼합 가능	• 현장 재처리 비용 • 중소규모로 국산화 필요성

□ 기존 기술과의 차별성

<표 2-20> 기존기술과의 차별성

기술구분	개발 핵심기술	기존기술과의 차별성
이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야	현장생산을 위한 고분자 코팅골재 유화 아스팔트 혼합물	• 습기경화 기저 발현으로 골재 드라이어 과정 축소에 의한 에너지 절감 • 고무변성으로 바인더의 유연성 개선 • 실란(Silane) 처리에 따른 비극성 결합 유도 가능 • 열화적 경화기저로 골재 계면에서 부착강도 증진 • 준저온에서 흐름특성으로 작업성 개선 • 준저온 생산으로 유해가스 발생이 없음
	현장 생산 혼합물 품질관리	• 혼합 대상재료의 자동화 계량 관리로 생산 품질 관리 • 생산 혼합물 목표온도 관리 자동화 가능 • 배합설계 자동화로 다양한 혼합물생산가능
이동식 통합 설비분야	이동식 아스팔트 플랜트(MMV)	• 고분자 코팅 혼합물 생산이 가능한 이중 분사 시스템 구현 가능 • 혼합물 자동배합설계가 가능한 통합 시스템 모듈 구현 • 상온, 중온 및 고온 생산이 가능한 다기능 생산 시스템 구현 • 이동식 현장생산으로 신속한 중소규모 도로 유지보수 수행 • 분리 가능한 가열장치와 혼합장치 기능 구현
	현장가열-혼합-수송 장비 (MCV)	• 기존 정치식 플랜트 생산 혼합물의 현장에서 재혼합 재가열 가능 • 일관성 있는 혼합물 품질관리 가능

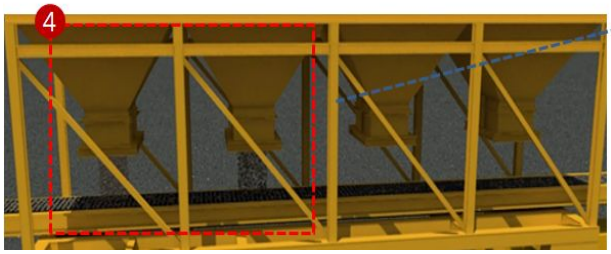
□ 이동식 아스팔트 혼합물 및 생산 기술의 차별성

○ 기존 가열 아스팔트 혼합물과의 차별성: 고분자 골재 코팅으로 굵은골재와 유화아스팔트에 포함된 물과의 고분자의 계면 반응으로 혼합물의 결합력이 우수한 특성이 있으며, 저점도 유화아스팔트와 고점도 아스팔트의 동시 사용으로 작업성이 개선되며, 준저온에서도 혼합물 생산이 가능하여 유해가스 발생이 없음.

○ 기존 정치식 아스팔트 혼합물 생산 기술과의 차별성: 이동식 아스팔트 혼합물 생산 시스템의 핵심 구성요소는 골재 콜드빈, 열선식 골재양생 드라이어/혼합 일체형 믹서, 고분자 및 아스팔트 분사 장치, 폐기물 처리 설비, 배출장치 등으로 구성되며, 정치식 생산 설비 대비 생산 에너지 사용량을 40% 이상 절감하는 효과와, 새로운 고분자 코팅과정을 추가하여 생산된 혼합물의 내구성능을 개선하고, 유화 아스팔트 사용으로 준저온 및 기존 가열 혼합물을 선택적으로 생산 할 수 있음.

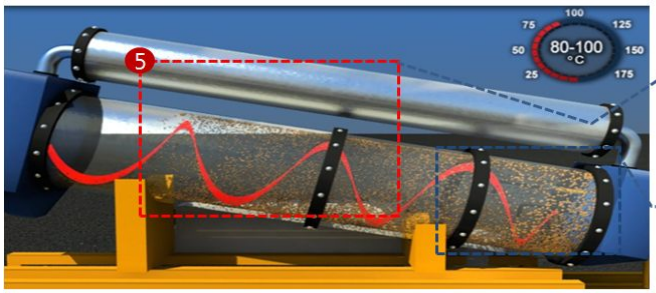


Step 4 | 잔골재 이송 단계



잔골재 이송

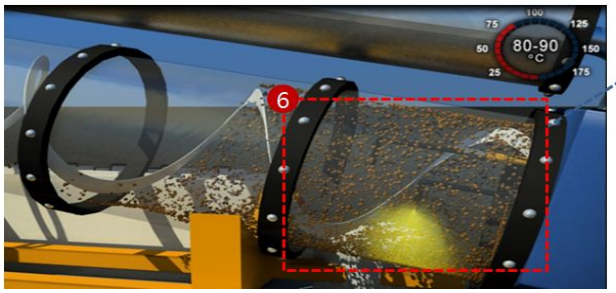
Step 5 | 잔골재 양생 및 코팅된 굵은 골재와 1차 혼합 단계



잔골재 양생:
온도 약 80-100도

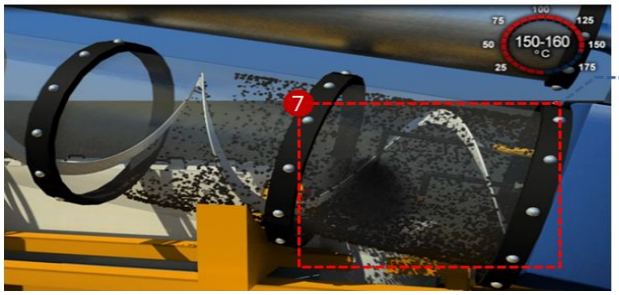
굵은골재 및
잔골재
1차 혼합

Step 6 | 유화 아스팔트 분사 단계 (골재 계면 고분자와 습기경화 유도)

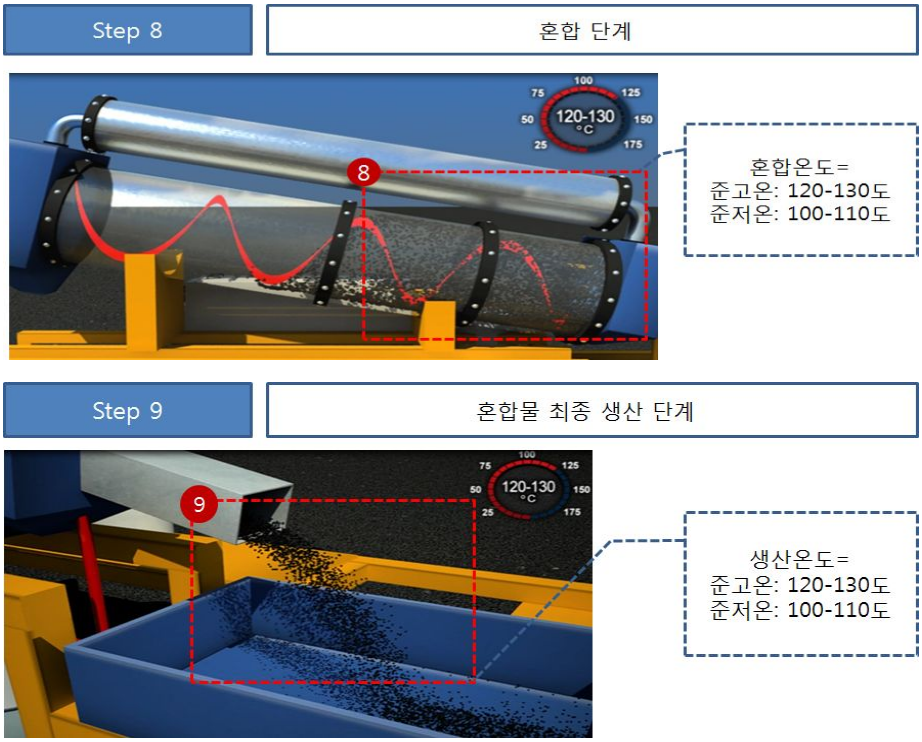


유화 아스팔트 분사:
온도 약 80-90도

Step 7 | 고점도 아스팔트 분사 단계



아스팔트 분사온도=
준고온: 150-160도
준저온: 130-140도



〈그림 2-40〉 9단계 이동식 아스팔트 혼합물 생산 절차

○ 본 연구의 목표인 이동형 아스팔트 믹싱 플랜트는, 하나의 차대 프레임위에 설치되어 골재 및 100번체 (0.15mm)이하 크기의 골재 치환을 위한 유리섬유골재를 저장하고 있는 1) 골재 및 치환재 공급부, 투입된 골재를 회전시키면서 온도 80-100도의 예열 목적 및 최종 혼합물을 혼합하기 위한 복합기능의 2) 전기 가열식 골재 양생 및 혼합 하부 복합기능 드럼 믹서와 예열된 굵은 골재를 고분자로 코팅하기 위한 3) 전기 가열식 상부 드럼 믹서와 상기 하부 복합기능 드럼 믹서의 입구측과 연접하도록 상기 차대프레임에 설치되어 차대프레임 내측으로 골재를 공급하는 4) 골재이송 컨베이어와; 상기 차대프레임에 설치되며, 상기 하부 복합기능 믹서에서 일반 아스팔트 및 유화 아스팔트 등을 분사하기 위한 일반 아스팔트, 유화아스팔트 및 고분자 등이 별도로 수용되어 있는 5)삼중 아스팔트 및 고분자 공급부를 포함하는 것을 특징으로 함

○ 이동형 아스팔트 믹싱 플랜트에서 생산되는 혼합물의 생산절차는 1) 골재 공급부에서 직경 8mm이상의 굵은 골재를 이송하는 단계와, 2) 이송된 굵은 골재를 상기 하부 복합기능 드럼 믹서에서 80-100도로 예열하는 단계와, 3) 예열된 굵은 골재를 상기한 상부 믹서에서 80-100도 온도에서 고분자로 코팅하는 단계와, 4) 골재 공급부에서 직경 8mm 이하의 잔골재를 하부 복합기능 믹서로 이송하는 단계와, 5) 하부 복합기능 믹서에서 잔골재를 80-100도로 예열하는 단계와, 6) 상부 믹서에서 고분자 코팅된 굵은 골재를 하부 복합기능 믹서로 이송하는 단계와, 7) 삼중 아스팔트 및 고분자 공급부에서 물 연행률을 20-30%로 조절한 아스팔트 유화제, 일반 아스팔트를 순차적으로 분사 공급하여 하부 복합기능 믹서에서 준저온인 경우 100-110도 준고온인 경우 120-130도에서 최종 준고온 또는 준저온 혼합물을 혼합 생산하는 단계 등을 생산절차로 도로현장에서 직접 아스팔트 콘크리트 (아스콘)를 생산하는 것을 특징으로 함

4절. 특허 분석

1. 개요

가. 분석배경 및 목적

(1) 분석 배경

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발에 관한 것으로서, 일반도로의 95% 이상, 고속국도의 약 40%에 해당하는 아스팔트 콘크리트 도로포장의 포트홀과 같은 조기파손으로 막대한 국가 예산 손실 및 안전한 교통 서비스 제공 등에 문제를 초래하고 있으며, 이러한 문제 해결 방법으로 아스팔트 혼합물 생산, 수송 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등에 대한 검토가 필요함. 더불어 기존의 정치식 아스팔트 혼합물 생산 공정에서, 골재 드라이어, 핫-스크린, 핫-빈 설비 및 과정을 제거 또는 대폭 축소하여 현장에서 혼합물 생산 및 품질관리가 가능한 이동식 현장 혼합물 생산 및 혼합물 관리 플랜트 복합 시스템을 개발이 필요함

(2) 분석 목적

○ 본 특허동향조사는 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발에 대하여 특허동향을 분석함으로써, 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술, 신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술, 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 및 아스팔트 신속 유지보수 기술을 포함하는 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야에 대한 특허 동향분석을 실시함

○ 이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함

나. 분석범위

○ 본 분석에서는 1993년 1월 ~ 2014년 8월까지 출원공개 된 한국, 미국, 일본 및 유럽 공개특허와 1993년 1월 ~ 2014년 8월까지 출원 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽 등록특허를 분석 대상으로 함

(1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

① 분석대상 특허[21)]

<표 2-21> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개등록특허 (공개등록일 기준)	한국	WIPS	1993.01.01~ 현재(2014.08)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개 및 등록 전체문서
	일본			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽특허 (EPO)	WIPS		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1993. 1 ~ 2012.12(출원년도 기준)

(2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

① 기술분류체계

○ 본 분석에서는 과제의 기술 요약서를 기초로 연구범위내의 기술을 정량분석 대상으로 하여 동향분석(정량분석)을 실시하였음

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2013~2014년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 1993년 1월 ~ 2012년 12월까지 한정함.

<표 2-22> 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	무건조/무예열 아스팔트 혼합물 (AA)
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)
	신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)
		아스팔트 공정관리 기술 (CB)
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)

② 기술분류기준

<표 2-23> 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	소분류 간략설명	검색개요 (기술범위)
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	무건조/무예열 아스팔트 혼합물 (AA)	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 설계 기술임	- 도로포장 아스팔트에 이용되는 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 제조 기술 - 상온 및 중/저온 아스팔트 혼합물 메커니즘 및 조성 개발 기술
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)	아스팔트 혼합물 설계 특성을 위한 품질 및 성능관리 기술임	- 도로포장에 이용되는 아스팔트 혼합물의 품질 향상을 위한 시스템 및 기술요법 개발 기술
	신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)	이동식 아스팔트 플랜트 장비의 구동 메커니즘 및 설계 기술임	- 현장 내 아스팔트 생산 기술 개발 - 휴대용/이동식 상온 아스팔트 생산 설비 장치 및 시스템 개발
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)	이동식 폐 아스팔트/재활용 아스팔트 플랜트 장비의 구동 메커니즘 및 설계 기술임	- 폐 아스팔트 및 재활용 아스팔트를 이용한 도로포장 공법 및 장치 개발
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 및 시스템 개발 기술임	- 도로포장 아스팔트의 수송장비 개발과 현장 내 수송 설비 시스템 개발
		아스팔트 공정 관리 기술 (CB)	아스팔트 혼합물 생산 장비 설계 특성을 위한 품질 및 공정관리 기술임	- 아스팔트 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)	파손된 아스팔트의 도로포장 유지보수 기술임	- 파손된 도로포장 보수 기술에 필요한 장비 및 유지보수 체계 시스템 개발

③ 핵심 키워드 도출

○ 한국건설기술연구원에서 제공한 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 기술 분류 및 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하였으며, 추가적으로 연구원들과의 기술미팅을 거쳐 2차 키워드를 도출하였음

④ 검색식 도출 과정

○ 본 보고서에 사용된 검색식은 상기 방법을 통해 도출된 핵심키워드를 바탕으로 해당 기술분류를 포함할 수 있는 검색식을 작성하였으며, 한국건설기술연구원의 검토를 반영하여 최종 검색식을 완성함

⑤ 검색식

○ 기술분류체계에 따른 최종 검색식은 <표 2-24>와 같음

<표 2-24> 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수				
				한국 KR	미국 US	일본 JP	유럽 EP	합계
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	무건조/무예열 아스팔트 혼합물 (AA)	(무예열* 비예열* 무가열* 비가열* 무건조* 비건조* 상온* Without adj heating* non-heating* heatless* cold* cold-mix* low adj temperature*) AND (아스팔트* 아스콘* 도로포장* asphalt* ascon* pavement* paving pavag*) AND (혼합물* 합재* 골재* 재료* mixture* mixed* aggregate* material* 수경* adj 코팅* 수경* adj 수지* hydraulic adj coating hydraulic adj2 epoxy* 수지* adj 아스팔트* Epoxy adj Asphalt* 습기경화 adj 코팅* 습기경화 adj2 수지* Moisture adj Curing adj2 Epoxy* 에멀젼* 에멀전* 에멀션* Emulsion* 개질* modified 폴리머 adj 개질* polymer* adj modified 경화촉진제* 경화 adj 촉진제* adhesion adj promoter* hardening adj accelerator* 경화제* hardener* 실리콘 adj 바인더* silicon adj binder* 실리콘 adj 아스팔트* silicon adj Asphalt* 이온 adj 폴리우레탄 Ionic adj Polyurethane*)	210	139	132	33	514
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)	(아스팔트* 아스콘* 도로포장* asphalt* ascon* pavement* paving pavag*) AND (혼합물* 합재* 골재* 재료* mixture* mixed* aggregate* material*) AND (품질관리* 품질* adj 관리* 품질* Qualit* near control qualit* near manag* 평가* evaluat* 열역학* adj 특성* 역학적* adj 특성*	129	49	69	5	252

			mechanistic adj propert* 다짐조건* 다짐* adj 조건* 다짐모형* 다짐* adj 모형* 다짐밀도* 다짐* adj 밀도* 이산요소법* DEM discrete adj element adj method* 전산유체역학* 계산유체역학* CFD* computational adj fluid adj dynamic* 품질* adj 개선* 품질* adj 향상* qualit* near improv* 배합* adj 설계* mix* near design*)					
	신속 유지보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템 (Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)	(이동식* 이동형* Mobile* movable* travelling*) AND (아스팔트* 아스콘* 도로포장* asphalt* ascon* pavement* paving pavag*) AND (플랜트* 시스템* 차량* 생산장비* 생산* adj 장비* 시설* 설비* plant* system* vehicle* manufacturing* producting* facilit* 콜드빈* cold adj bin* cold-bin* 폐열* adj 재활용* (waste adj heat) near recycl* 골재* adj 건조* Aggregate adj Drying* 함수율* adj 측정* (Moisture adj content) near Measur* 에폭시 adj 주입* Epoxy-Injection* epoxy adj inject* 체적* adj 혼합* Volumetric adj Mixing) (mobile adj mix* adj vehicle*)	29	134	5	28	196
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)	(무예열* 비예열* 무가열* 비가열* 무건조* 비건조* 상온* Without adj heating* non-heating* heatless* cold* cold-mix* low adj temperature*) AND (아스팔트* 아스콘* 도로포장* asphalt* ascon* pavement* paving pavag*) AND (재생* 재활용* recycl* recycling* reclaimed repav* re-pav* reproduct* re-product* remanufact* re-manufact*)	68	38	18	3	127
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV (Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)	(이동식* 이동형* Mobile* movable* travelling*) AND (아스팔트* 아스콘* 도로포장* asphalt* ascon* pavement* paving pavag*) AND (플랜트* 시스템* 차량* 생산장비* 생산* adj 장비* 시설* 설비* plant* system* vehicle* manufacturing* facilit*) AND (수송* 전송* transfer* 수집* collect*) (mobile adj mix-control adj vehicle* material adj transfer adj vehicle* MTV*)	13	65	14	16	108
		아스팔트 공정 관리 기술 (CB)	(아스팔트* 아스콘* asphalt* ascon*) AND (품질관리* 품질* adj 관리* quality near control quality near manag* 품질* adj 개선* 품질* adj 향상* qualit* near improv* 에폭시* adj2 주입* epoxy* near2 inject* weight* near mearsur* 혼합비* adj 유지* ratio* near2 mix* rate* near2 mix* (유량* 온도*) adj (유지* 제어*) (flow* fluid* temperatur*) near2 (manag* control*	133	126	110	26	395

			keeping holding) 공정 adj2 알고리즘* 제어 adj 알고리즘* Process* adj2 Algorithm* Control adj Algorithm* 운영 adj2 시스템* 제어* adj 시스템* Operating adj2 System* Controlling adj System* 골재* adj 계량* Aggregate* adj Weighing* 함수량* adj 측정* (Moisture adj content) near Measur* 모니터링 adj 시스템* Monitoring adj System* 제어* adj 플랫폼* Control* adj Platform* 통합* adj 제어* Integrated adj Controller* 공정* adj 제어* Facilit* near Control* 연속 adj 배합 adj 자동* Continuous adj Mix adj Blending 생산관리* 생산* adj 관리* Production near Manag* 열효율* adj 최적화* energy* near optimiz* efficiency* near optimiz* 열역학* adj 특성* thermodynamic adj characteristic* 배기가스* adj 제어* 매연* adj 저감* 매연* adj 감소* 분진* adj 저감* 분진* adj 감소* 악취* adj 저감* 악취* adj 감소* 소음* adj 저감* 소음* adj 감소* Emission* near Control* Exhaust* near Reduct* Dust* near Reduct* Odor* near Reduct* Noise near Reduct*)					
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)	(아스팔트* 아스콘* asphalt* ascon*) AND (도로포장* 포트홀* 보수* 덧씌우기* 재포장* pavement* paving pavag* pothole* repair* repacking* re-pavement* re-paving re-pavag*)	763	639	311	154	1,867
총 계				**1,345**	**1,190**	**659**	**265**	**3,459**

(3) 유효특허 선별 기준 및 결과

① 유효특허 선별 기준

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 Raw Data <표 2-25>에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함

<표 2-25> 유효특허 선별기준

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트	무건조/무예열 고분자	무건조/무예열 아스팔트 혼합물	- 가열 및 고온의 아스팔트 혼합물 제조 방법 등과 도로 포장 이외에 건물 아스팔트 콘크리트 혼합물을 노이즈

및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	(AA)	로 제외함 - 상온, Cold -Mix 및 중/저온의 아스팔트 혼합물에 초점을 맞춤
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)	- 아스팔트 혼합물 제조 장치 기술을 노이즈로 제외함 - 아스팔트의 내구성 향상을 위한 혼합물 품질 관리 기술에 초점을 맞춤
	신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)	- 정치식 아스팔트 생산기술을 제외한 휴대용 및 이동식 아스팔트 혼합물 혼합장치 및 생산장치 기술에 초점을 맞춤
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)	- 재생 아스팔트가 아닌 아스팔트 생산 장치 기술을 노이즈로 제외함 - 재활용(recycled-asphalt) 아스팔트 및 폐아스팔트 콘크리트를 이용한 생산 기술에 초점을 맞춤
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)	- 생산된 아스팔트를 현장 내에 수송 가능한 장치 기술에 초점을 맞춤
		아스팔트 공정 관리 기술 (CB)	- 아스팔트 혼합물 품질 향상 기술을 노이즈로 제외함 - 아스팔트 혼합물 품질 향상 장치 및 생산 장치에 대한 품질 관리 기술에 초점을 맞춤
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)	- 도로포장 기술 (road-paving technology)을 노이즈로 제외함 - 손상된 도로포장에 대한 보수기술 및 보수장치 기술에 초점을 맞춤

② 유효특허 선별 결과

○ 위의 선별기준을 통하여 유효특허를 선별한 결과 아래의 <표 2-26>와 같이, 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 개발 기술이 195, 아스팔트 혼합물 품질관리 기술이 47건, 이동식 아스팔트 생산 기술이 50건, 현장 아스팔트 재생 기술이 42건, MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술이 7건, 아스팔트 공정 관리 기술이 73건, 아스팔트 보수기술이 183건이 도출되었음

<표 2-26> 열전 공조 및 발전기술의 유효특허 선별결과

대분류	중분류	소분류	유효특허 건수				
			한국 KR	미국 US	일본 JP	유럽 EP	계
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	무건조/무예열 아스팔트 혼합물 (AA)	90	48	29	28	195
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)	14	19	12	2	47
	신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)	22	17	4	7	50
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)	23	13	3	3	42
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)	0	6	0	1	7
		아스팔트 공정 관리 기술 (CB)	24	36	7	6	73
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)	91	43	36	13	183
총계			264	182	91	60	597

(4) 특허기술동향조사 분석방법

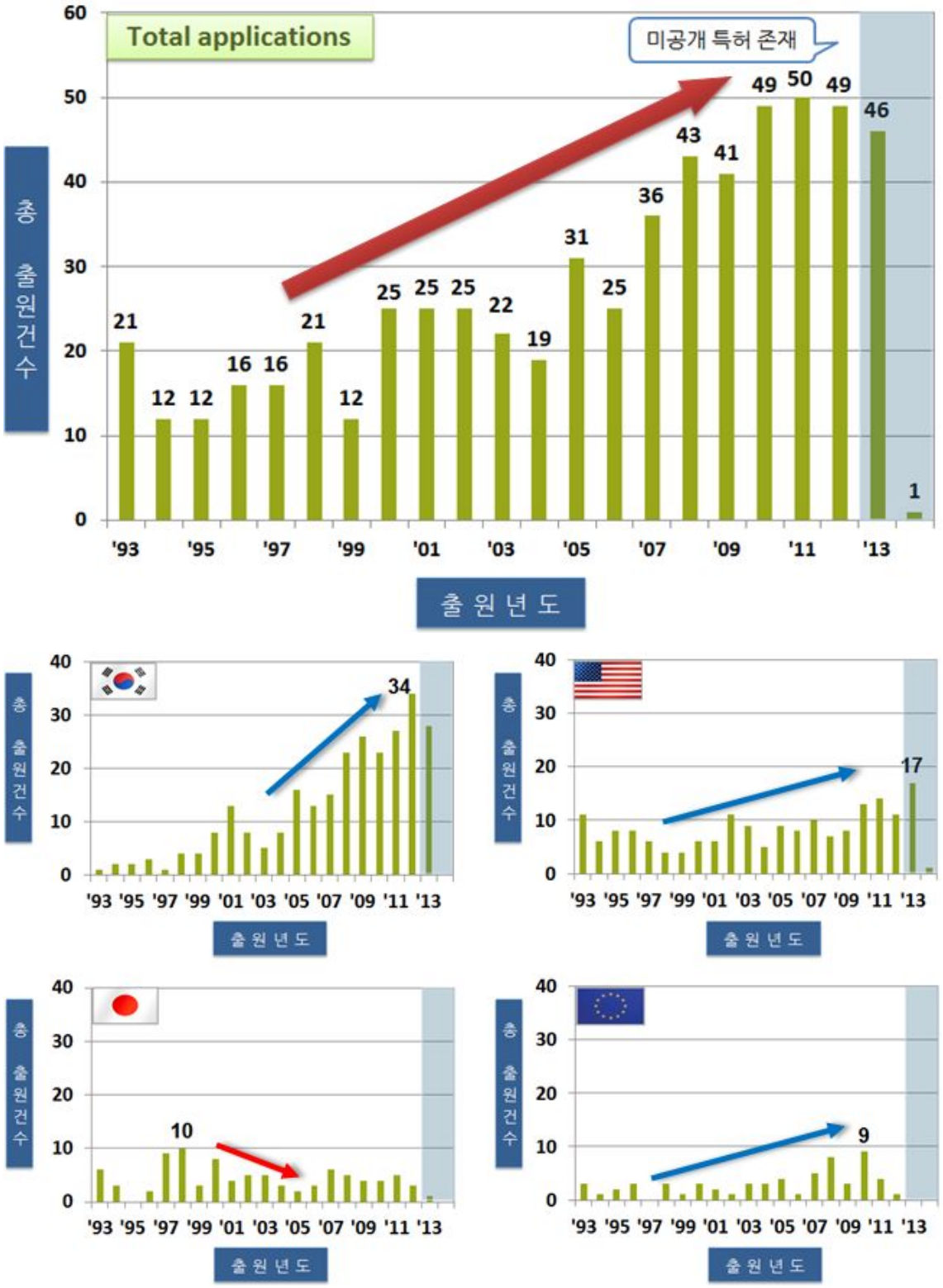
○ 본 분석에서는 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 특허기술 Landscape을 분석함

○ 특허기술 Landscape

- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본, 유럽에서의 특허출원현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도에 대한 분석을 통해 기술시장 성장단계 및 기술 분야별 점유율 동향을 파악하고 최근 부상하는 세부기술과 향후 집중 개발이 필요한 세부기술 등을 제시함
- 또한, 상위 Top20의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장 확보력 및 기술력, 주력 기술 분야를 파악하고, 향후 기술개발에 있어 위험도가 낮은 기술 분야를 제시함

2. 특허기술 Landscape

가. 주요시장국 연도별 특허동향



〈그림 2-41〉 전체 연도별 특허동향

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 특허출원건수는 분석구간 초기부터 최근까지 지속적인 증가세를 보이고 있음

○ 친환경 도로 건설기술에 대한 높은 관심으로 현행 가열 아스팔트 포장을 대체하는 상온 및 중/저온 아스팔트 콘크리트 혼합물에 관한 기술과 기존 아스팔트 도로에 대한 재생 아스콘의 생산비중 확대로 인한 도로 유지 보수 기술에 대한 활발한 연구 개발이 원인인 것으로 보임. 본 기술 분야에 대한 관심이 지속되고 있고 기반 기술이 마련되어 있는 만큼 지속적인 기술개발과 투자로 원천기술과 기술경쟁력 확보가 필요할 것으로 보임

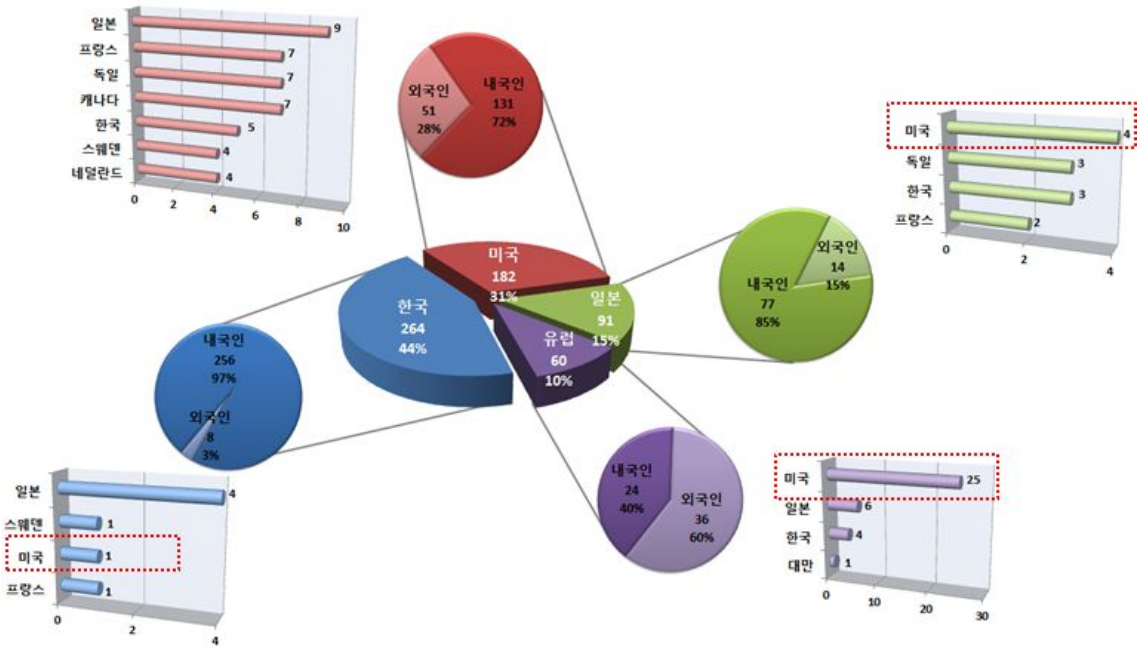
○ 한국에서의 특허활동은 2000년대 중반부터 최근까지 지속적인 증가세를 나타냄. 특히 2000년대 중반부터의 급격한 성장세는 '저탄소 녹색성장'에 대한 정부의 환경정책과 관련하여 친환경 도로건설 기법에 대한 활발한 연구 활동이 계기가 됨

○ 미국과 유럽에서의 특허활동은 1990년대 초반부터 거시적인 관점에서 증가세를 나타내고 있음. 이는 1996년부터 유럽 등 선진국에서 기존 가열 아스팔트 콘크리트 포장에 따른 온실가스 발생 감소를 위한 친환경 도로포장 기술 도입이 그 원인으로 분석됨

○ 일본에서의 특허활동은 분석구간 1990년대 후반까지 아스팔트 보수기술(DA)에 대한 활발한 특허활동을 나타내다 2000년대 초반부터 최근까지 감소세를 나타냄. 특히, 2000년대 후반부터 상승세는 일본의 경우 전체 아스팔트 혼합물 중 재생 아스팔트 콘크리트가 70.7%를 차지하고, 폐아스팔트의 70~80%를 재활용함에 따라 재생아스팔트 혼합물에 대한 연구개발이 그 원인으로 분석됨

나. 주요시장국 내/외국인 특허출원 현황

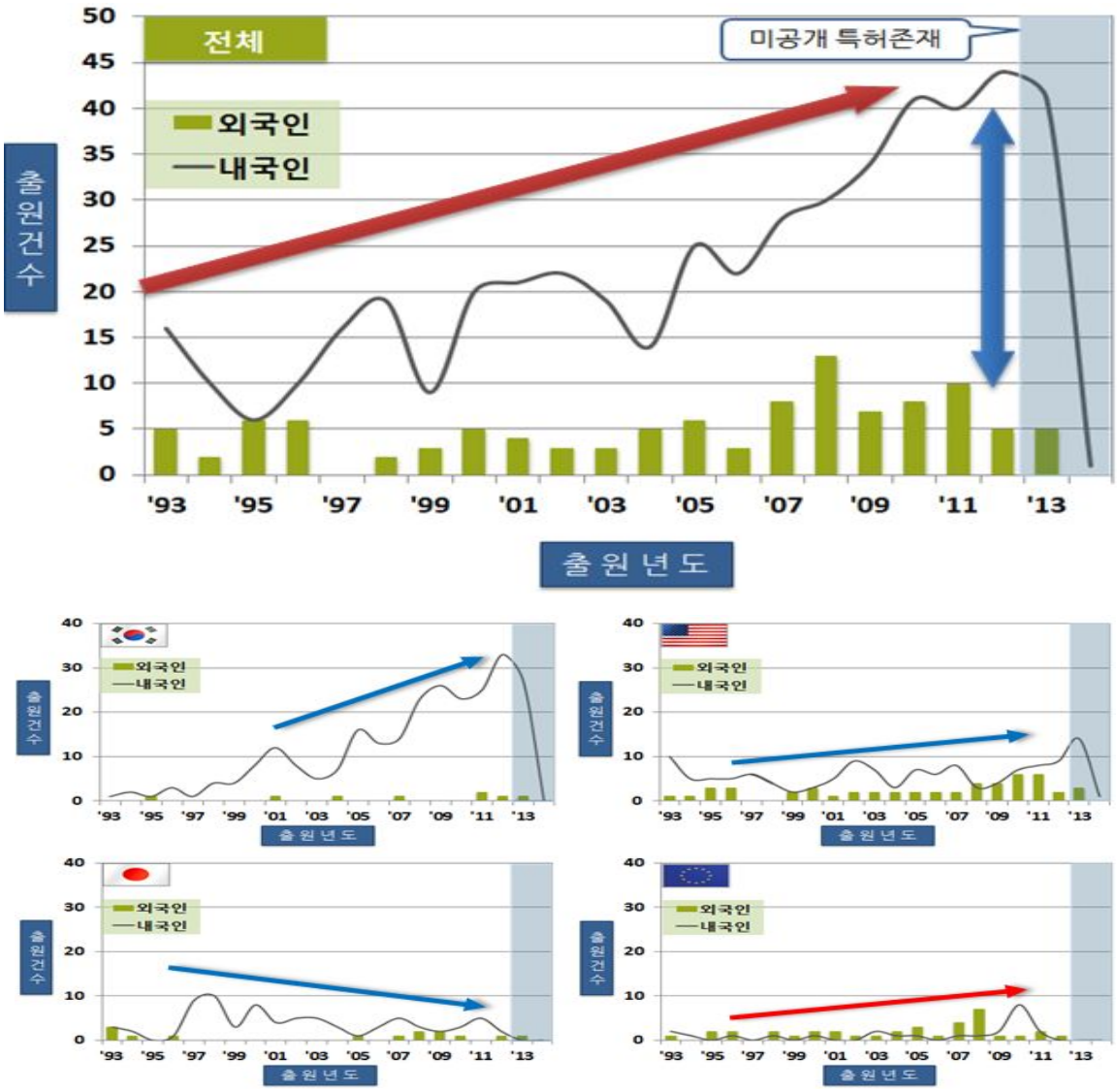
(1) 주요시장국 국가별 내/외국인 특허출원 현황



〈그림 2-42〉 주요시장국 국가별 내/외국인 특허출원현황

- 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 한국과 미국의 특허 점유율이 44% 및 31%로 높게 나타남. 이동식 아스팔트 혼합물 생산 기술과 관련하여 1990년대 초반부터 미국, 일본 및 유럽에서의 특허활동이 활발히 일어났으나, 최근 한국에서의 친환경 아스팔트 혼합물과 관련한 급격한 출원 증가가 높은 점유율의 원인으로 판단됨
- 주요시장국의 내국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국, 미국 및 유럽의 내국인 점유율이 각각 97%, 72%, 85%로 나타나, 자국 중심의 활발한 특허활동을 벌이고 있음
- 주요시장국의 외국인의 특허출원현황에서 외국인 중 미국인들은 각 나라에서 활발한 특허출원 활동을 나타내어 세계 아스팔트 시장에서의 미국인들이 주도함

(2) 주요시장국 연도별 내/외국인 특허출원 현황



〈그림 2-43〉 주요시장국 연도별 내/외국인 특허출원현황

○ 내국인과 외국인 각각의 특허활동은 분석구간 초기부터 최근까지 거시적인 관점에서 증가세를 나타냄. 2000년대 중반 이후 내국인의 특허활동의 증가세는 한국의 저탄소·중/저온 아스팔트 혼합물 개발기술과 관련한 한국의 내국인의 활발한 특허출원활동이 원인으로 분석됨

○ 한국에서 내국인의 특허활동은 2000년대부터 지속적인 상승세를 나타냄. 친환경 도로포장 공법에 대한 국가 정책에 따른 상온 및 준저온 아스팔트 혼합물 개발기술(AA) 관련 특정 기업(한국건설기술연구원, 금호석유화학, 한동알앤씨 등)의 활발한 특허활동이 원인으로 판단됨

○ 미국의 내국인의 특허활동은 분석구간 초기부터 최근까지 거시적인 관점에서 지속적인 증가세를 나타내고 있으며, 다른 주요 국가의 미국인의 특허활동이 활발한 것으로 나타

나 세계 아스팔트 시장은 미국이 주도적으로 이끄는 것으로 분석됨

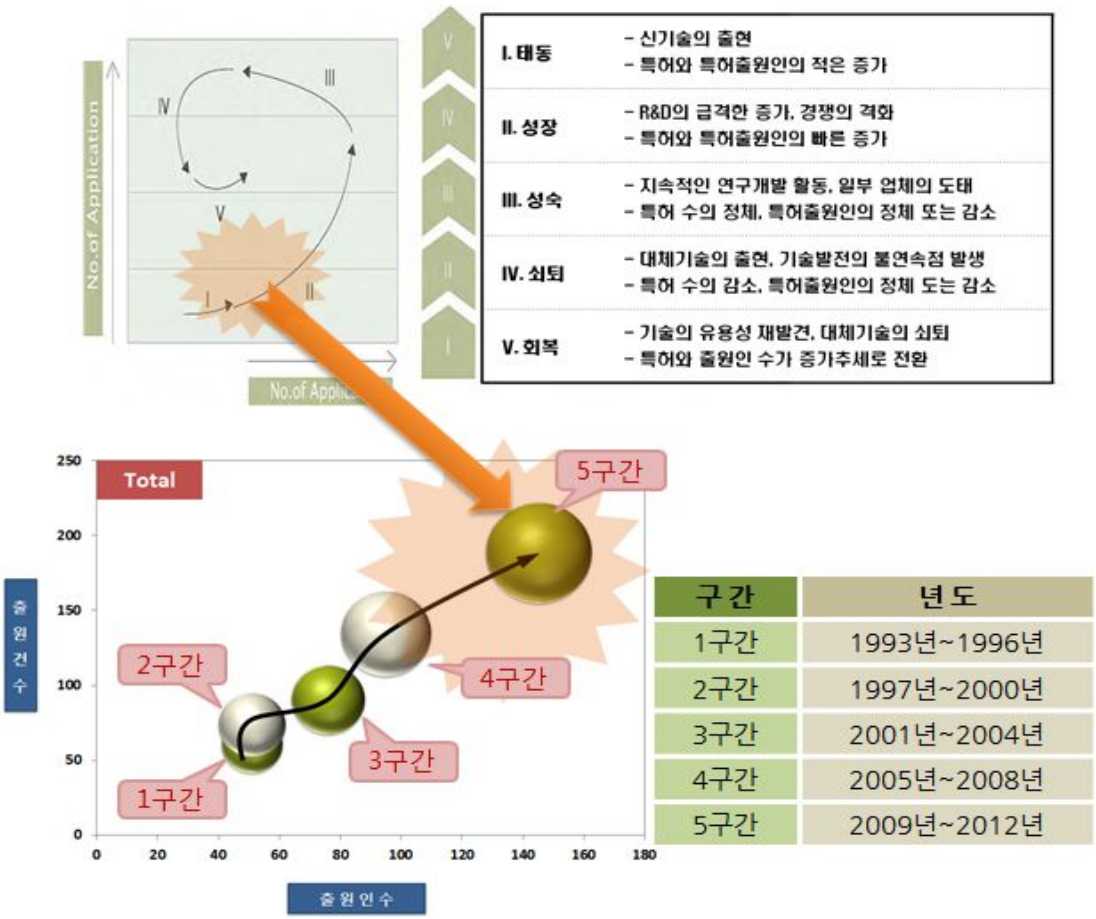
○ 일본에서의 내국인의 특허활동은 1990년대 후반까지 증가세를 나타내다, 아스팔트 보수 기술분야(DA)의 특허출원건수의 감소 및 일본 내 도로 건설수요의 감소에 따른 원인으로 점차 감소세를 나타내고 있으나, 2000년대 후반부터 재생 아스콘의 생산비중 확대에 따라 미미하지만 증가세를 보일 것으로 판단됨

○ 유럽에서 내국인의 특허출원활동은 분석구간 초기부터 최근까지 지속적으로 나타남. 특히 유럽에서 외국인의 특허출원활동이 활발하게 나타나며 유럽내의 미국인들의 활발한 특허출원활동이 그 원인으로 분석됨

○ 연도별 동향그래프에서 2012년 이후 출원이 감소하고 있는 것은 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상, 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않아 특허분석 데이터상에 포함되지 않았을 수 있음을 유의해야 함

다. 기술시장 성장단계

(1) 전체 기술시장 성장단계

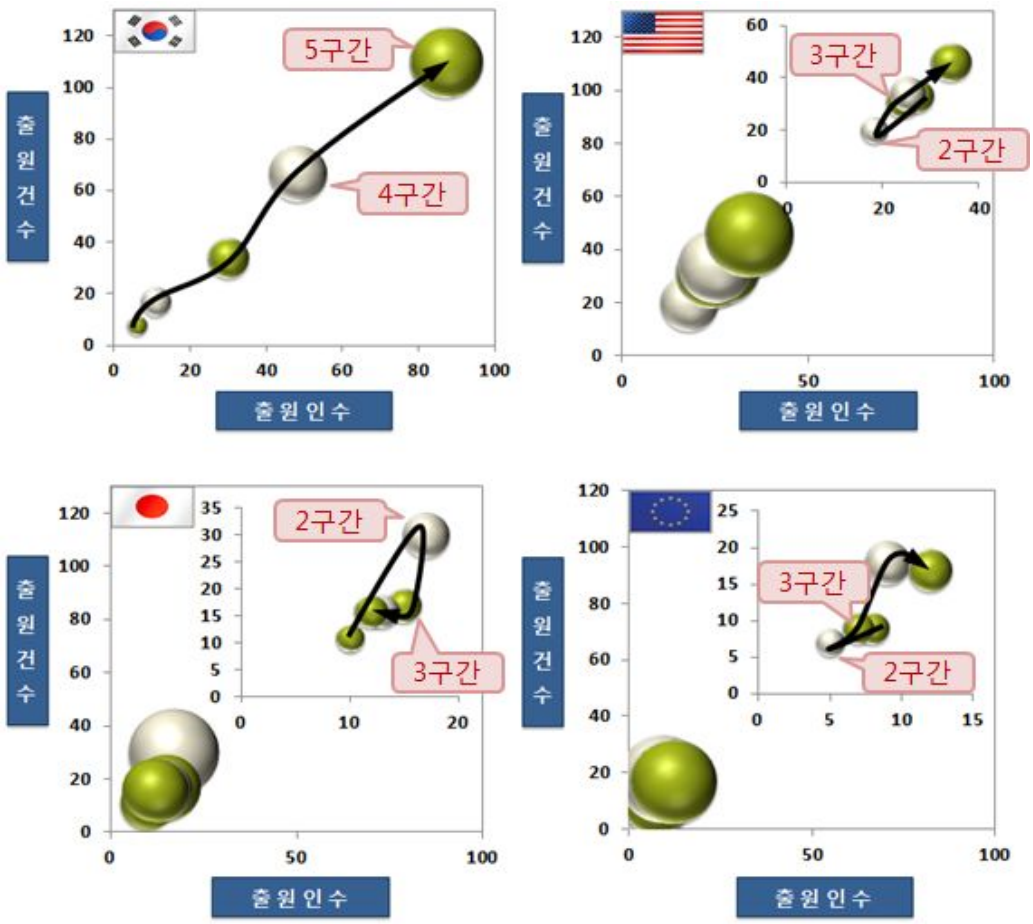


〈그림 2-44〉 기술시장 성장단계(전체)

○ 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. 각 구간은 1구간(1993년~1996년), 2구간(1997년~2000년), 3구간(2001년~2004년), 4구간 (2005년~2008년), 5구간(2009년~2012년)으로 나누었음

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 전체 기술시장 성장단계를 나타낸 것으로 1구간(1993년~1996년) 내지 4구간(2005년~2008년)에서 특허출원건수와 특허 출원인수가 증가세를 보이며, 5구간(2009년~2012년)에서 특허출원건수와 특허출원인수가 크게 증가하여 주요시장국 전체의 기술시장 성장단계는 성장기에 진입한 것으로 보임

(2) 국가별 기술시장 성장단계



〈그림 2-45〉 기술시장 성장단계(국가별)

○ 한국은 제4구간(2005년~2008년)내지 제5구간(2009년~2012년)에서 특허출원건수 및 특허출원인수가 크게 증가하여 성장기에 진입한 것으로 보임

○ 미국과 유럽은 제1구간(1993년~1996년) 내지 제2구간(1997년~2000년)에서 특허출원건수와 특허출원인수가 일시적으로 정체하였다가, 제3구간(2001년~2004년)에서 성장기에 진입한 후, 현재 성장기 중반에 있는 것으로 보임

○ 일본은 제1구간(1993년~1996년) 내지 제2구간(1997년~2000년)에서 특허출원건수 및 특허출원인수가 급격히 증가하여 성숙기에 들어와 있고, 제3구간(2001년~2004년)내지 제5구간(2009년~2012년)에서 특허출원건수 및 특허출원인수가 급격히 감소 및 정체하여 쇠퇴기에 있는 것으로 보임

라. 주요 상위 출원인 분석(전체)

(1) 주요 상위 출원인 분석 Top 20

<표 2-27> 주요 상위 출원인 분석 Top 20

출원인	출원인 국적	주요IP 출원국(건수,%)				삼극 패밀리	특허 출원 증가율 (최근 5년)	주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽			
MEADWESTVACO	미국	0 (0%)	9 (47%)	2 (11%)	8 (42%)	2	38%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
NICHIREKI	일본	1 (8%)	0 (0%)	11 (85%)	1 (8%)	0	-	아스팔트 보수기술(DA)
ASTEC INDUSTRIES	미국	0 (0%)	7 (64%)	2 (18%)	2 (18%)	2	-	아스팔트 공정관리(CB)
OWENS CORNING	미국	1 (9%)	6 (55%)	0 (0%)	4 (36%)	0	33%	아스팔트 보수기술(DA)
VOLVO CONS EQUIP	스웨덴	1 (10%)	4 (40%)	1 (10%)	4 (40%)	1	-	이동식 아스팔트 생산 기술(BA)
한국건설기술연구원	한국	8 (80%)	1 (10%)	0 (0%)	1 (10%)	0	125%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
금호석유화학	한국	2 (22%)	3 (33%)	2 (22%)	2 (22%)	2	300%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
GREEN ARM	한국	1 (11%)	3 (33%)	2 (22%)	3 (33%)	2	50%	아스팔트 보수기술 (DA)
한동알앤씨	한국	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
지케이	한국	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
UNIT PROCESS TECHNOLOGIES	미국	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	100%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
AKZO NOBEL	네덜란드	1 (20%)	2 (40%)	0 (0%)	2 (40%)	0	0%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
NIPPO	일본	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0	0%	아스팔트 혼합물 품질관리(AB)
한국석유공업	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	400%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
대명산업	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	150%	이동식 아스팔트 생산 기술(BA)
BASF	독일	0 (0%)	4 (80%)	0 (0%)	1 (20%)	0	200%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
HEATWURX	미국	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	아스팔트 보수기술(DA)
RECYCLED ASPHALT SHINGLE TECH	미국	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	현장 아스팔트 재생기술(BB)
CECA S.A.	프랑스	0 (0%)	2 (40%)	1 (20%)	2 (40%)	1	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
TOTAL RAFFINAGE MARKETING	프랑스	1 (20%)	2 (40%)	0 (0%)	2 (40%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)

○ 경쟁자 Landscape Top 20 출원인을 살펴보면, 주요 상위출원인 TOP10에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위를 차지하였으며, MEADWESTVACO[미국]의 경우 포장, 특수 화학재료 생산 회사로서 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 분야(AA)를 주력분야로 하며, 자국인 미국 외에 유럽과 일본에서도 활발한 특허활동을 나타내고 있음

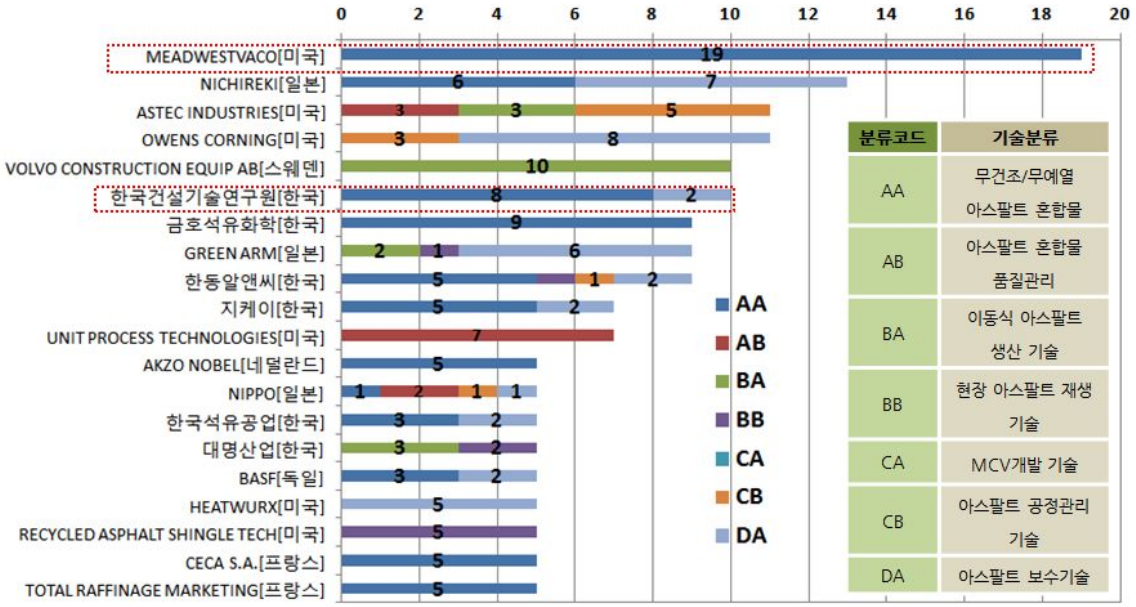
○ TOP 2에 랭크된 NICHIREKI[일본]는 도로포장 및 방수 건설을 주력기술을 확보한 회사로서, 아스팔트 보수 기술(DA) 및 상온 아스팔트 혼합물 개발과 관련한 분야에서 활발한 특허활동을 나타내고 있으며 자국 중심의 특허활동을 보이고 있음

○ 주요 상위출원인들 중 TOP 1, 3 및 4위(MEADWESTVACO, ASTEC INDUSTRIES, OWENS CORNING)에 미국 국적의 출원인 3명이 상위에 랭크되어, 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 기술 분야는 미국에 의해 주도되고 있는 것으로 나타남

○ 주요 상위 출원인에 한국 국적의 출원인이 6명으로 가장 많이 랭크되어 있으며, 이들은 대부분 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술(AA)개발에 주력을 하며 최근 5년 증가율이 100%~400%를 나타냄

○ 대부분의 상위 출원인들은 자국 내의 특허출원 이외에도 미국시장에 높은 관심을 보이고 있으며, 이는 이동식-상온 아스팔트 기술이 상용화 되어있는 미국의 경우 거의 모든 주의 교통국에서 해당 포장기술을 사용하고 있기 때문에 해당 국가 시장에 대한 기업들 간의 경쟁 선점에 따른 결과로 판단됨

(2) 상위출원인 세부기술별 집중도



<그림 2-46> 상위출원인 세부기술별 집중도(전체)

○ 주요출원인 상위 TOP 20에서 1위를 차지한 MEADWESTVACO[미국]는 Warm-Mix 아스팔트 혼합물 기술과 관련하여 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술(AA)에 집중하고 있는 것으로 나타남

○ VOLVO CONSTRUCTION EQUPMENT[스웨덴]은 “일체형 포장 시스템 및 방법“ 등과 같은 휴대용 포장 믹스 컨테이너에 관련하여 이동식 아스팔트 생산 기술(BA)에 활발한 연구 활동을 나타내고 있음

○ 한국건설기술연구원[한국]은 2000년대 후반 들어 한국형 저탄소 중온 아스팔트 포장 공법(LEADCAP) 개발하여, 이에 관련한 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 분야에 높은 집중도를 나타내고 있음

마. 주요 상위출원인 분석(한국인 Vs 비한국인)

(1) 주요 상위 출원인 분석 TOP 10(한국국적 출원인)

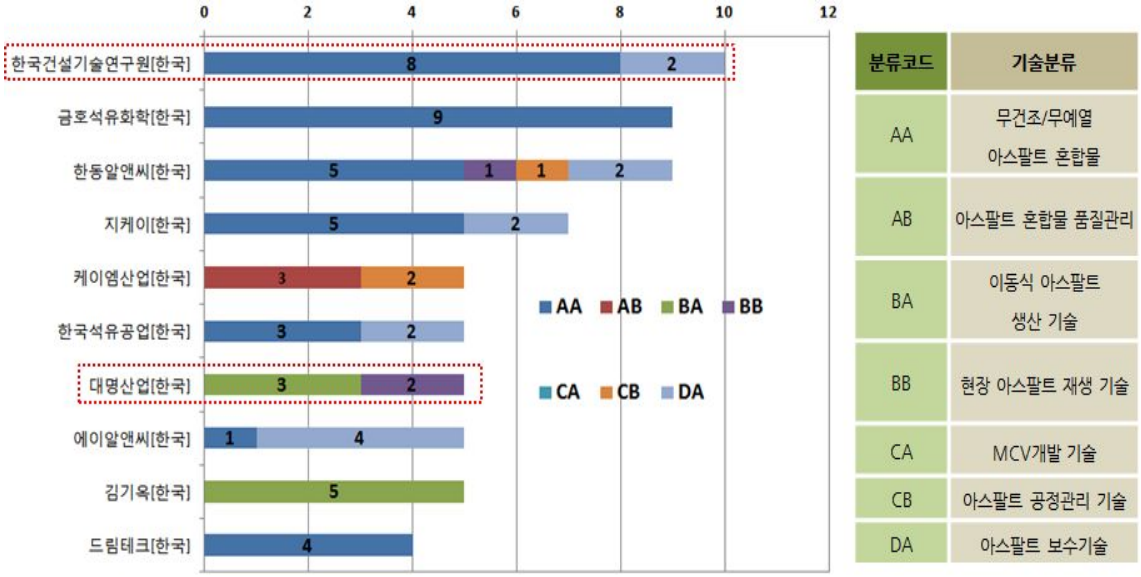
<표 2-28> 주요 상위 출원인 분석 Top 10(한국국적 출원인)

출원인	출원인 국적	주요IP 출원국(건수,%)				삼극 패밀리	특허 출원 증가율 (최근 5년)	주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽			
한국건설기술연구원	한국	8 (80%)	1 (10%)	0 (0%)	1 (10%)	0	125%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
금호석유화학	한국	2 (22%)	3 (33%)	2 (22%)	2 (22%)	2	300%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
한동알앤씨	한국	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
지케이	한국	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
케이엠산업	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	0%	아스팔트 혼합물 품질관리(AB)
한국석유공업	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	400%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
대명산업	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	150%	이동식 아스팔트 생산 기술(BA)
에이알앤씨	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	200%	아스팔트 보수기술(DA)
김기옥	한국	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	0%	이동식 아스팔트 생산 기술(BA)
드림테크	한국	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)

○ 주요출원인(한국국적 출원인) 상위 TOP10에서 2위를 차지한 금호석유화학[한국]은 아스콘의 생산온도를 낮출 수 있는 개질 첨가제 개발(한국건설기술연구원과 공동개발) 등과 관련한 연구 활동을 활발하게 진행하고 있으며, 글로벌 시장확장력이 가장 높게 나타남(삼극패밀리:2)

○ 한국국적의 상위출원인들은 대부분 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술개발에 주력을 하며 최근 5년 증가율이 125%~400%를 나타냄. 한국의 경우 2000년대 중후반 저탄소 녹생 성장에 대한 관심과 정부 지원에 따른 활발한 연구 활동이 그 원인으로 보임

(2) 상위출원인 세부기술별 집중도(한국국적 출원인)



분류코드	기술분류
AA	무건조/무예열 아스팔트 혼합물
AB	아스팔트 혼합물 품질관리
BA	이동식 아스팔트 생산 기술
BB	현장 아스팔트 재생 기술
CA	MCV개발 기술
CB	아스팔트 공정관리 기술
DA	아스팔트 보수기술

〈그림 2-47〉 상위출원인 세부기술별 집중도(한국국적 출원인)

○ 주요출원인(한국국적 출원인) 상위 TOP 10에서 1위를 차지한 한국건설기술연구원[한국]은 2000년대 후반 들어 한국형 저탄소 중온 아스팔트 포장 공법(LEADCAP) 개발하여, 이에 관련한 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 분야에 높은 집중도를 나타내고 있음

○ TOP 7인 대명산업은 아스팔트 믹싱플랜트 전문기업으로 세계최초 일체형 이동식 아스팔트 플랜트 개발 성공과 활발한 특허활동으로 이동식 아스팔트 생산기술 분야(BA)를 주력분야로 나타냄

(3) 주요 상위 출원인 분석 TOP 10(미국, 일본, 유럽국적 출원인)

<표 2-29> 주요 상위 출원인 분석 Top 10(미국, 일본, 유럽국적 출원인)

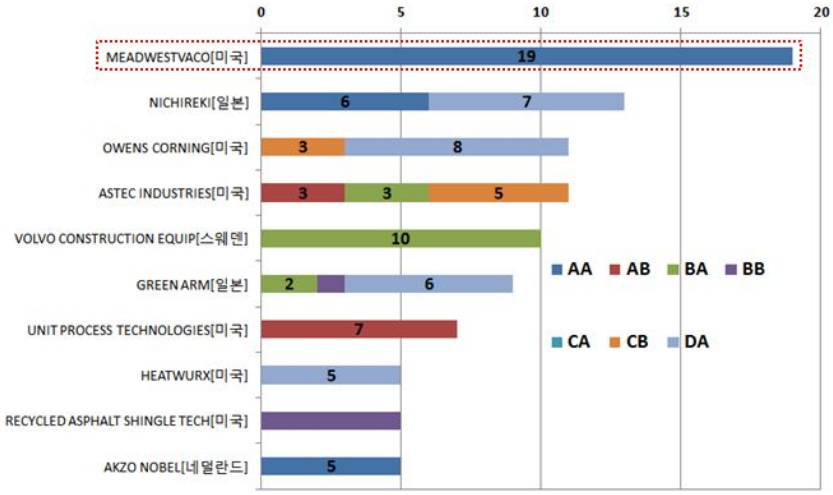
출원인	출원인 국적	주요IP 출원국(건수,%)				삼극 패밀리	특허 출원 증가율 (최근 5년)	주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽			
MEADWESTVACO	미국	0 (0%)	9 (47%)	2 (11%)	8 (42%)	2	38%	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)
NICHIREKI	일본	1 (8%)	0 (0%)	11 (85%)	1 (8%)	0	-	아스팔트 보수기술(DA)
OWENS CORNING	미국	1 (9%)	6 (55%)	0 (0%)	4 (36%)	0	33%	아스팔트 보수기술(DA)
ASTEC INDUSTRIES	미국	0 (0%)	7 (64%)	2 (18%)	2 (18%)	2	-	아스팔트 공정관리(CB)
VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT AB	스웨덴	1 (10%)	4 (40%)	1 (10%)	4 (40%)	1	-	이동식 아스팔트 생산 기술(BA)
GREEN ARM	일본	1 (11%)	3 (33%)	2 (22%)	3 (33%)	2	50%	아스팔트 보수기술(DA)
UNIT PROCESS TECH.	미국	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	100%	아스팔트 혼합물 품질관리(AB)
HEATWURX	미국	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	아스팔트 보수기술(DA)
RECYCLED ASPHALT SHINGLE TECHNOLOGY	미국	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0	-	현장 아스팔트 재생기술(BB)
AKZO NOBEL	네덜란드	1 (20%)	2 (40%)	0 (0%)	2 (40%)	0	-	무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA)

○ 주요 상위출원인(미국, 일본, 유럽국적 출원인) TOP10에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위를 차지하였으며, 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 분야를 주력분야로 하며, 주요 시장국에 대한 시장 확장력이 가장 높게 나타남(삼극패밀리:2)

○ TOP 2에 랭크된 NICHIREKI[일본]는 도로포장 및 방수 건설을 주력기술을 확보한 회사로서, 아스팔트 보수 기술(DA) 및 상온 아스팔트 혼합물 개발과 관련한 분야에서 활발한 특허활동을 나타내고 있으며 자국 중심의 특허활동을 보이고 있음

○ 주요 상위출원인 TOP10 중 미국국적의 출원인이 6명이 랭크되어, 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 기술 분야는 미국인에 의해 주도되고 있는 것으로 나타남

(4) 상위출원인 세부기술별 집중도(미국, 일본, 유럽국적 출원인)



분류코드	기술분류
AA	무건조/무예열 아스팔트 혼합물
AB	아스팔트 혼합물 품질관리
BA	이동식 아스팔트 생산 기술
BB	현장 아스팔트 재생 기술
CA	MCV개발 기술
CB	아스팔트 공정관리 기술
DA	아스팔트 보수기술

〈그림 2-48〉 상위출원인 세부기술별 집중도(미국, 일본, 유럽국적 출원인)

○ 주요출원인(미국, 일본, 유럽국적출원인) 상위 TOP10에서 1위를 차지한 MEADWEST VACO[미국]는 Warm-Mix 아스팔트 혼합물 기술과 관련하여 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술(AA)에 집중하고 있는 것으로 나타남

바. 신규 시장 진입자 분석

한국		미국		일본		유럽	
출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
에스엔건설 [한국]	3	HEATWURX [미국]	5	MAEDA ROAD CONSTR [일본]	3	VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT [스웨덴]	4
이룡에코텍 [한국]	3	RECYCLED ASPHALT SHINGLE TECHNOLOGY [미국]	5	EAST NIPPON EXPRESSWAY [일본]	2	EUROVIA [프랑스]	2
누보켐 [한국]	2	VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT [스웨덴]	4	CENTRAL NIPPON EXPRESSWAY CO LTD [일본]	1	TOTAL RAFFINAGE MARKETING [프랑스]	2
제주산업서귀포 [한국]	2	WESTERN EMULSIONS [미국]	3	EUROVIA [프랑스]	1	DYNAPAC GMBH [독일]	1
이레하이테크이앤씨 [한국]	2	YK HOLDINGS [미국]	3	FABREMASA [스페인]	1	FABREMASA [스페인]	1

〈그림 2-49〉 국가별 신규 시장 진입자

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 국가별 신규 시장 진입자를 살펴보면, 각국 특허청에서 2008년까지는 특허활동이 없다가 2009년 1월 1일 이후부터 주요 시장국 전체에서 처음으로 특허활동을 시작한 기업을 나타내고 있음

○ 한국에서 신규시장진입자 중 가장 활발한 연구활동은 에스엔 건설[한국]로, 상세하게는 '저점도 아스팔트 침투제 및 이를 이용한 다기능 아스팔트포장 보수 및 보강공법", '열경

화성 폴리머 수지 및 이를 이용한 초박층 도로포장 공법"과 같이 도로보수 및 보강 기술((DA)분야에서 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

○ 미국에서 신규시장진입자 중 미국의 건설토목 기업인 미국 국적의 HEATWURX[미국]가 가장 활발한 연구 활동을 나타내며 아스팔트 보수 및 도로유지 보수공사를 주력기술로 나타내며 아스팔트 보수기술(DA)분야에서 특허활동을 나타냄. 또한, 재생 아스팔트 제조 및 재활용 아스팔트 제품 공급사인 RECYCLED ASPHALT SHINGLE TECHNOLOGY[미국]은 현장 아스팔트 재생 기술(BB)을 주력분야로 하여 활발한 특허활동을 나타냄

사. 소결

○ 전체 특허동향을 살펴보면, 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 특허출원건수는 분석구간 초기부터 최근까지 지속적인 증가세를 보이고 있음

○ 국가별/출원인 국적별 특허활동을 살펴보면, 한국과 미국의 특허 점유율이 44% 및 31%로 높게 나타남. 이동식 아스팔트 혼합물 생산 기술과 관련하여 1990년대 초반부터 미국, 일본 및 유럽에서의 특허활동이 활발히 일어났으나, 최근 한국에서의 친환경 아스팔트 혼합물과 관련한 급격한 출원 증가가 높은 점유율의 원인으로 판단됨

○ 그래프로 나타낸 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 전체 기술시장 성장단계는 1구간(1993년~1996년) 내지 4구간(2005년~2008년)에서 특허출원건수와 특허 출원인수가 증가세를 보이며, 5구간(2009년~2012년)에서 특허출원건수와 특허출원인수가 크게 증가하여 주요시장국 전체의 기술시장 성장단계는 성장기에 진입한 것으로 보임

○ 주요출원인 상위 TOP 20을 추출한 결과, 경쟁자 Landscape Top 20 출원인을 살펴보면, 주요 상위출원인 TOP10에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위를 차지하였으며, MEADWESTVACO[미국]의 경우 포장, 특수 화학재료 생산 회사로서 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 분야(AA)를 주력분야로 하며, 자국인 미국 외에 유럽과 일본에서도 활발한 특허활동을 나타내고 있음

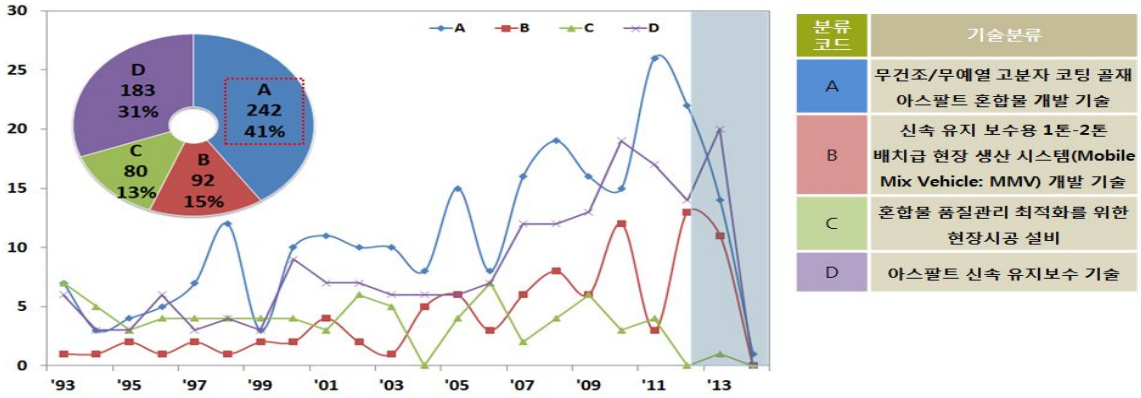
○ 대부분의 상위 출원인들은 자국 내의 특허출원 이외에도 미국시장에 높은 관심을 보이고 있으며, 이는 이동식-상온 아스팔트 기술이 상용화 되어있는 미국의 경우 거의 모든 주의 교통국에서 해당 포장기술을 사용하고 있기 때문에 해당 국가 시장에 대한 기업들 간의 경쟁 선점에 따른 결과로 판단됨

○ 신규시장 진입자(2009년 1월 1일 이후) 한국에서 신규시장진입자 중 가장 활발한 연구활동은 에스엔 건설[한국]로, 상세하게는 '저점도 아스팔트 침투제 및 이를 이용한 다기능 아스팔트포장 보수 및 보강공법", '열경화성 폴리머 수지 및 이를 이용한 초박층 도로포장 공법"과 같이 도로보수 및 보강 기술((DA)분야에서 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

3. 세부기술 분석

가. 중분류별 동향

(1) 중분류별 연도별 동향

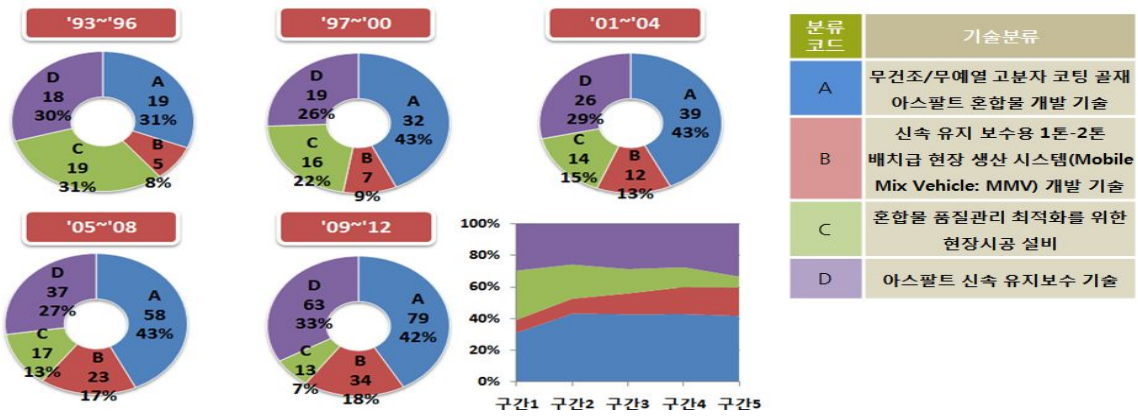


〈그림 2-50〉 중분류별 연도별 동향

○ 세부기술 중 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술(A)이 41%로 가장 높은 특허출원 점유율을 나타내며, 특히 2000년대 초반부터 지속적인 상승세를 보임. 미국의 경우, 2008년도 국가시방서 및 품질기준 개발 사업을 시작으로 선진국들의 기존 스트레이트 아스팔트(일반 AP)의 대체 건설 공법으로 상온 및 중저온 아스팔트 혼합물 개발에 대한 관심 증대와 한국도 2000년대 후반부터 저탄소·중저온 아스팔트 도로 포장 등 활발한 연구 활동이 나타나고 있는 것으로 보임

○ 신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템 개발기술(B)는 완만한 증가세를 나타내고 있으며, 신 도로건설 수요의 정체와 맞물려 현장에서의 즉각적인 도로 유지보수 기술에 대한 필요성 증대에 따른 이동식 재생 아스팔트 생산 기술에 대한 관심이 높아진 것으로 판단됨

(2) 중분류별 구간별 집중도 추이



〈그림 2-51〉 중분류별 구간별 집중도 추이

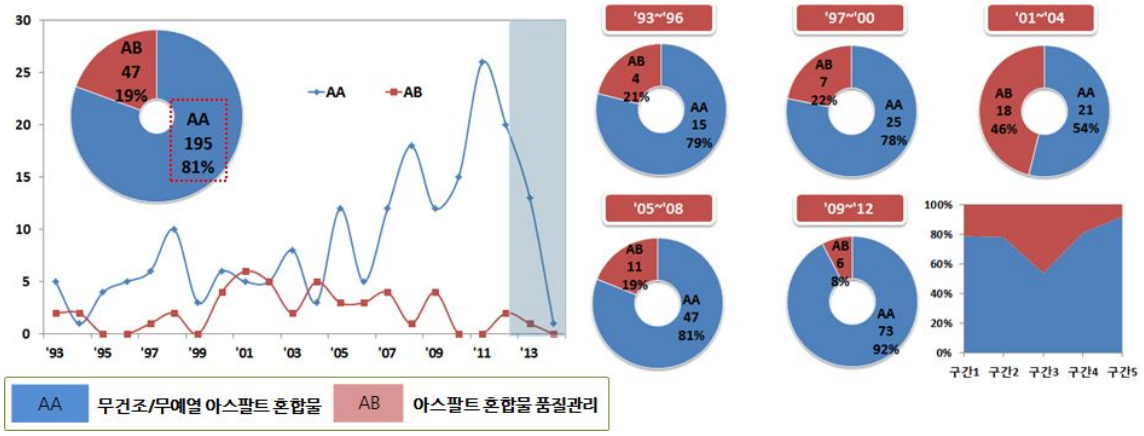
○ 중분류 세부기술별 구간별 집중도 추이를 살펴보면, 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술(A)과 아스팔트 신속 유지보수 기술(D)은 31%~43%, 26%~33%의 점유율로 지속적으로 높은 점유율을 나타냄

○ 신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템 개발기술(B)은 제1구간내지 제2구간에서는 미미하였으나, 제3구간내지 제5구간에서 점차 점유율의 확대를 보임

○ 아스팔트 신속 유지보수기술(D)과 관련하여 도로신설, 확 포장공사, 중/소형 복구 및 도로 유지 보수 등 폐아스콘 발생 현장에서 즉시 재활용이 가능토록 하는 이동식 아스팔트 재생 및 생산기술에 대한 수요 확대에 따라 향후 지속적인 점유율 확대가 될 수 있을 것으로 판단됨

나. 소분류별 동향

(1) AA to AB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이



〈그림 2-52〉 AA to AB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이

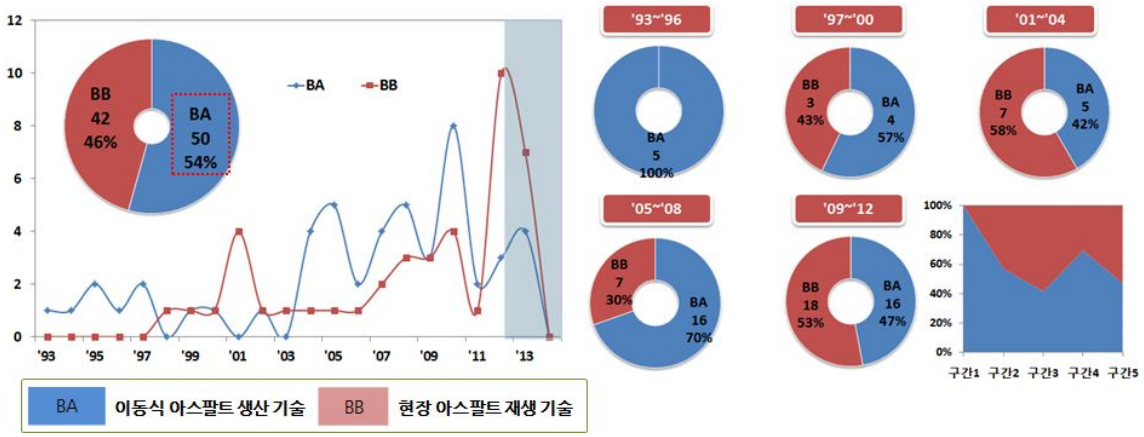
○ 세부기술 중 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술분야(AA)가 81%의 점유율을 나타냄

○ 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술분야(AA)의 경우, 2000년대 후반부터 급격한 증가세를 나타냄

○ 한국의 경우 2000년 이후 상온 및 중저온 아스팔트 혼합물과 관련한 급격한 출원 증가가 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 기술분야(AA)의 급격한 증가세의 원인으로 판단됨

○ 또한, 중저온 아스팔트 포장공법을 최초로 시작한 유럽을 시작으로, 미국의 경우 2002년 미국연방도로교통국(FHWA)에서 아스팔트포장 기술 작업그룹(WMA TWG)을 구성하는 등 집중적인 연구대상이 되며 친환경 도로포장에 대한 아스팔트 혼합물에 대한 지속적인 관심과 세계아스팔트 시장에 대한 경쟁력 우위를 선점하기 위한 활발한 연구개발이 이루어지고 있음

(2) BA to BB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이

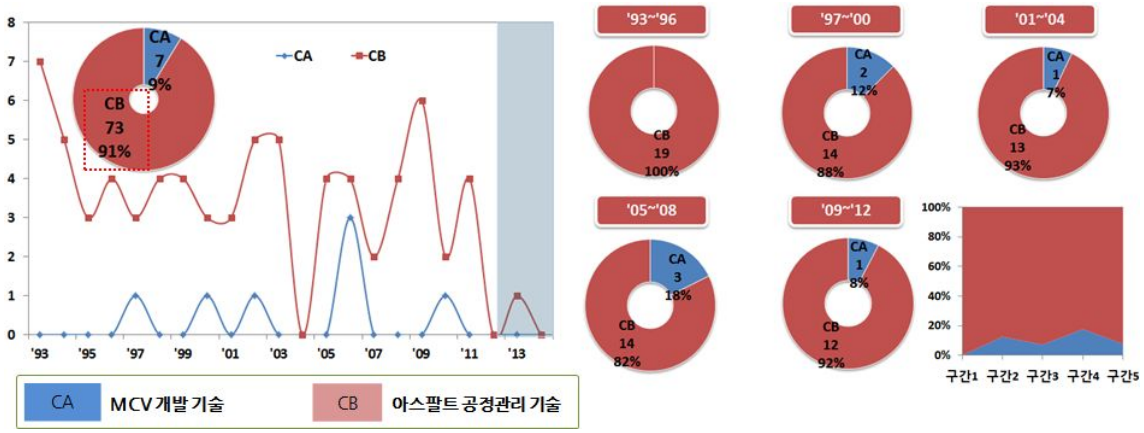


〈그림 2-53〉 BA to BB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이

○ 세부기술 중 이동식 아스팔트 생산 기술(BA)이 54%, 현장 아스팔트 재생 기술(BB)이 46%의 점유율을 나타냄

○ 현장 아스팔트 재생기술 분야(BB)는 제4구간에서 일시적인 감소세를 나타내나 거시적인 관점에서 분석구간 초기부터 최근까지 증가세를 나타냄. 특히, 한국의 경우 2000년대 후반에 환경부의 '건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률'과 관련한 법 개정에 따라 재생아스콘 15% 사용의무화를 계기로 최근 현장 아스팔트 재생기술(BB)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음

(3) CA to CB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이



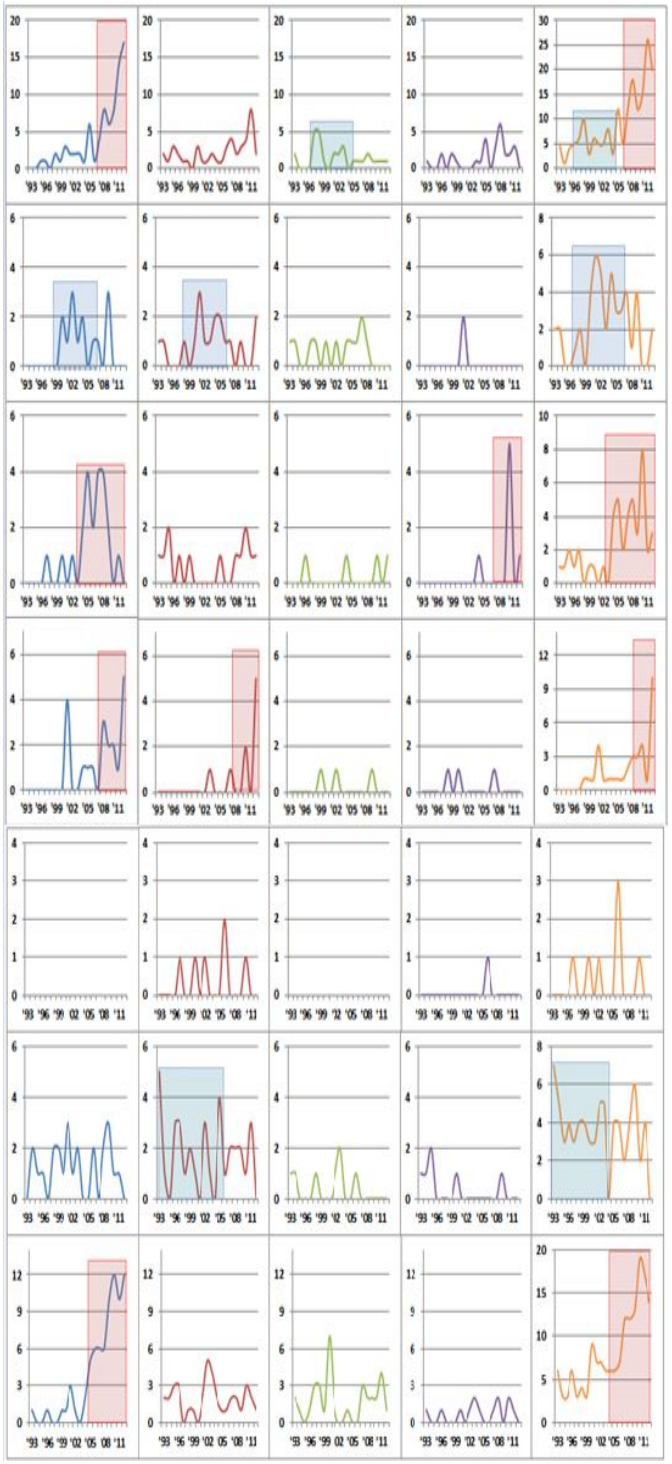
〈그림 2-54〉 CA to CB의 연도별 동향 및 구간별 집중도 추이

○ 세부기술 중 아스팔트 공정관리 기술분야(CB)가 91%의 점유율을 나타냄

○ 아스팔트 공정관리 기술(CB)의 경우, 거시적인 관점에서 분석구간 초기부터 최근까지 지속적인 연구활동을 나타내며, 특히 미국국적의 출원인이 활발한 특허활동을 나타냄. 특히, ASTEC INDUSTRIES[미국]은 "Asphalt drum mixer having temperature sensor

enclosure", "Asphalt drum mixer with curved scoop-like mixing tips" 등과 같은 1990년대 초반부터 해당 기술분야에 대한 꾸준한 특허활동을 나타내고 있으며, 아스팔트 혼합기 및 휴대용 아스팔트 믹싱 설비 제품의 품질관리를 위한 활발한 연구개발이 그 원인으로 판단됨

다. 시장별 세부기술의 연도별 동향

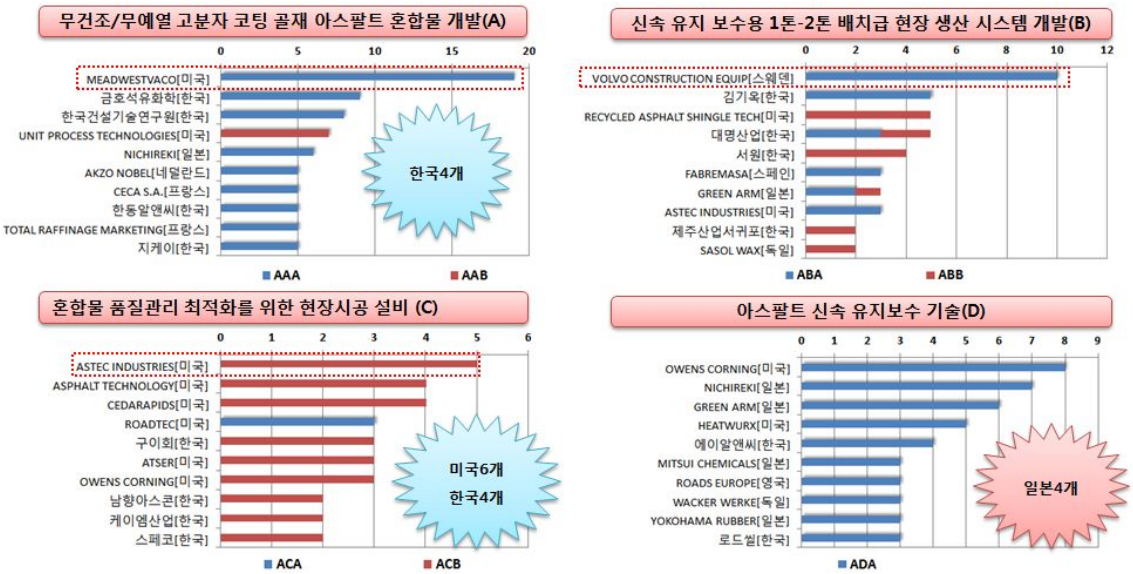
대분류	중분류	소분류	한국	미국	일본	유럽	합계
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발	무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술 (A)	무건조/무예열 아스팔트 혼합물 (AA)					
		아스팔트 혼합물 품질관리 (AB)					
	신속 유지보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템(Mobile Mix Vehicle: MMV) 개발 기술 (B)	이동식 아스팔트 생산 기술 (BA)					
		현장 아스팔트 재생 기술 (BB)					
	혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 (C)	MCV (Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술 (CA)					
		아스팔트 공정 관리 기술 (CB)					
	아스팔트 신속 유지보수 기술 (D)	아스팔트 보수기술 (DA)					

○ 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 기술은 분석구간 초기에 미국과 일본에 의해 주도되다가, 2000년대 중반 이후 한국, 미국, 및 유럽의 활발한 특허활동에 따라 지속적인 증가세를 나타냄. 특히, 한국에서의 특허활동은 2000년대 후반부터 자국 출원인들 (한국건

설기술연구원, 한동알앤씨, 금호석유화학 등)에 의한 비중이 높음

- 아스팔트 혼합물 품질관리(AB) 기술은 1990년대 후반부터 2000년대 중반까지 한국과 미국에 의해 증가세를 보임
- 이동식 아스팔트 생산 기술(BA)은 2000년대 중반 이후부터 각국(특히, 한국 및 유럽)의 활발한 특허활동에 따라 급격한 증가세를 나타냄
- 현장 아스팔트 재생 기술(BB)은 2000년대 초반 이후부터 한국과 미국에서 증가세를 나타냄
- MCV(Mobile Mix-Control Vehicle) 개발 기술(CA)에 대한 특허활동은 현재까지는 미국과 유럽 시장국에서 간헐적으로 나타나는 정도임
- 아스팔트 공정관리 기술(CB)은 한국 및 미국에서 꾸준한 특허활동을 나타내고 있음. 미국에서의 특허활동의 경우, ASTEC INDUSTRIES가 해당 기술분야에서 1990년대 초반부터 특허활동을 나타내며 주력기술을 차지함
- 아스팔트 보수기술 (DA)은 2000년대 중반 이전에는 미국과 일본에서 주도적으로 특허활동이 이루어지다 2000년대 후반부터 한국의 특허활동으로 인해 급격한 증가세를 나타냄

라. 세부기술별 주요출원인 분석



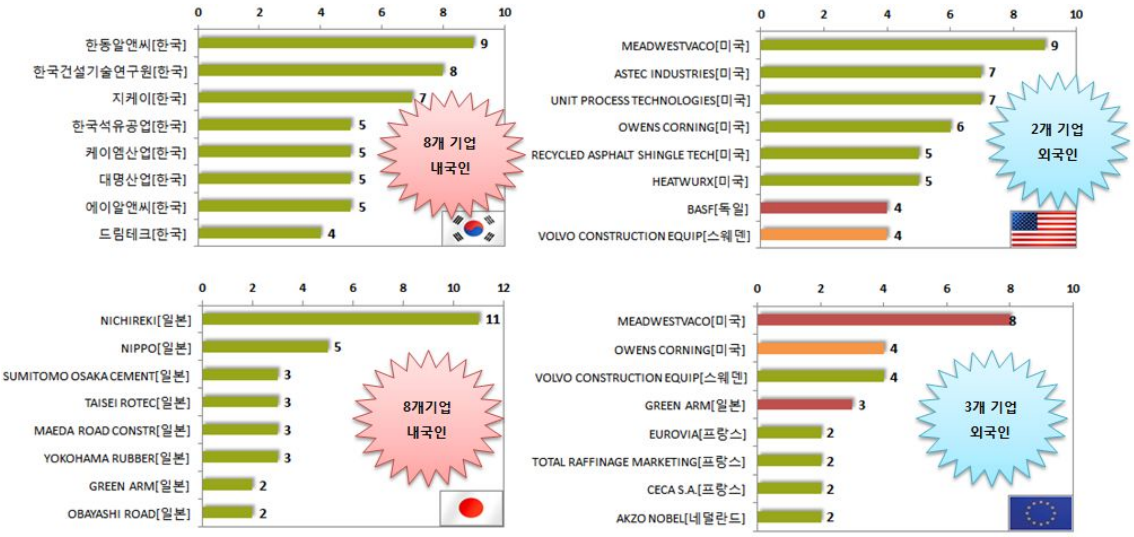
〈그림 2-55〉 세부기술별 주요출원인 분석

- 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술분야(A)에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위에 랭크되었으며, 한국 국적의 출원인 4명이 상위에 랭크되어, 이는 2000년대 이후부터 한국인들의 상온 및 중저온 아스팔트 혼합물 연구개발에 집중적인 연구개발이 원인으로 분석됨

○ 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 기술분야(C)에서 TOP 1에 랭크된 ASTEC INDUSTRIES[미국]을 비롯한 미국인들이 6명이 랭크되어 있으며 한국의 경우 4명이 랭크됨. 세부기술별로, ROADTEC[미국]을 제외한 모든 상위출원인은 아스팔트 공정관리 기술(CB)에 집중하고 있는 것으로 나타남

○ 아스팔트 신속 유지보수 기술(D)은 도로포장 보수보강 기술을 주력기술을 하고 있는 OWENS CORNING[미국]이 TOP 1에 랭크 되었으며, NICHIREKI[일본]을 포함한 4명의 일본인이 상위 랭크에 위치함

마. 주요시장국별 주요출원인 분석



〈그림 2-56〉 주요시장국별 주요출원인 분석

○ 한국에서 상위 TOP 8에 한국 기업이 8개를 차지하여 내국인에 의한 특허활동이 주도적인 것으로 나타남. 특히 한국에서 TOP 1를 차지한 한동알앤씨는 친환경 상온재생아스팔트 공법을 개발과 관련한 활발한 특허출원을 나타내고 있음

○ 일본은 상위 TOP 8 중에 일본 기업이 전체인 8개를 차지하여 일본 내국인에 의한 활발한 특허활동을 보이고 있으며, 특히 TOP 1인 NICHIREKI[일본]은 아스팔트 신속 유지보수 기술(D) 분야에 집중적으로 활발한 특허출원을 나타내고 있음

○ 미국 및 유럽에서는 상위 TOP 10에 외국기업이 2개 및 3개를 차지하여 이미 친환경 아스팔트 포장 기술에 상용화되어 있는 미국과 유럽시장은 한국과 일본에 비해 외국인에게 잠재적 성장가능성이 큰 매력적인 시장으로 인식되어 있는 것으로 보임. 기술개발에 따른 특허출원시 미국 및 유럽시장으로의 해외출원을 고려할 필요가 있음

바. 소결

○ 세부기술 중 초고해상도 열전변화 응용 기술(C)이 52%로 가장 높은 특허출원 점유율을

나타내고 있음

- 열전변화 응용 기술(C)의 응용분야는 가전, 반도체뿐만 아니라, 차량, 우주/항공, 바이오 등 전 산업분야에 적용될 수 있음에 따라, 소재와 모듈이라는 분야에 한정적인 타 세부기술들에 비해 응용 가능성이 높은 것이 원인으로 보임
- 시장별 세부기술의 연도별 동향을 살펴보면, 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 기술은 분석구간 초기에 미국과 일본에 의해 주도 되다가, 2000년대 중반 이후 한국, 미국, 및 유럽의 활발한 특허활동에 따라 지속적인 증가세를 나타냄. 특히, 한국에서의 특허활동은 2000년대 후반부터 자국 출원인들 (한국건설기술연구원, 한동알앤씨, 금호석유화학 등)에 의한 비중이 높음. 아스팔트 혼합물 품질관리(AB) 기술은 1990년대 후반부터 2000년대 중반까지 한국과 미국에 의해 증가세를 보임
- 세부기술별 주요출원인을 살펴보면, 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술분야(A)에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위에 랭크되었으며, 한국 국적의 출원인 4명이 상위에 랭크되어, 이는 2000년대 이후부터 한국인들의 상온 및 중저온 아스팔트 혼합물 연구개발에 집중적인 연구개발이 원인으로 분석됨
- 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 기술분야(C)에서 TOP 1에 랭크된 ASTEC INDUSTRIES[미국]을 비롯한 미국인들이 6명이 랭크되어 있으며 한국의 경우 4명이 랭크됨. 세부기술별로, ROADTEC[미국]을 제외한 모든 상위출원인은 아스팔트 공정관리 기술(CB)에 집중하고 있는 것으로 나타남
- 미국 및 유럽에서는 상위 TOP 10에 외국기업이 2개 및 3개를 차지하여 이미 친환경 아스팔트 포장 기술에 상용화되어 있는 미국과 유럽시장은 한국과 일본에 비해 외국인에게 잠재적 성장가능성이 큰 매력적인 시장으로 인식되어 있는 것으로 보임. 기술개발에 따른 특허출원시 미국 및 유럽시장으로의 해외출원을 고려할 필요가 있음

4. 특허분석 결론

가. 종합 결론

□ 특허기술 Landscape 종합 검토의견

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 특허출원건수는 분석구간 초기부터 최근까지 지속적인 증가세를 보이고 있음. 친환경 도로 건설기술에 대한 높은 관심으로 현행 가열 아스팔트 포장을 대체하는 상온 및 중/저온 아스팔트 콘크리트 혼합물에 관한 기술과, 기존 아스팔트 도로에 대한 재생 아스콘의 생산비중 확대로 인한 도로 유지 보수 기술에 대한 활발한 연구 개발이 원인인 것으로 보임. 본 기술 분야에 대한 관심이 지속되고 있고 기반 기술이 마련되어 있는 만큼 지속적인 기술개발과 투자로 원천기술과 기술경쟁력 확보가 필요할 것으로 보임

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 한국과 미국의 특허 점유율이 44% 및 31%로 높게 나타남. 이동식 아스팔트 혼합물 생산 기술과 관련하여 1990년대 초반부터 미국, 일본 및 유럽에서의 특허활동이 활발히 일어났으나, 최근 한국에서의 친환경 아스팔트 혼합물과 관련한 급격한 출원 증가가 높은 점유율의 원인으로 판단됨

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 분야의 전체 기술시장 성장단계를 나타낸 것으로 1구간(1993년~1996년) 내지 4구간(2005년~2008년)에서 특허출원건수와 특허 출원인수가 증가세를 보이며, 5구간(2009년~2012년)에서 특허출원건수와 특허출원인수가 크게 증가하여 주요시장국 전체의 기술시장 성장단계는 성장기에 진입한 것으로 보임

○ 경쟁자 Landscape Top 20 출원인을 살펴보면, 주요 상위출원인 TOP10에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위를 차지하였으며, MEADWESTVACO[미국]의 경우 포장, 특수 화학재료 생산 회사로서 무건조/무예열 아스팔트 혼합물 분야(AA)를 주력분야로 하며, 자국인 미국 외에 유럽과 일본에서도 활발한 특허활동을 나타내고 있음. TOP2에 랭크된 NICHIREKI[일본]는 도로포장 및 방수 건설을 주력기술을 확보한 회사로서, 아스팔트 보수 기술(DA) 및 상온 아스팔트 혼합물 개발과 관련한 분야에서 활발한 특허활동을 나타내고 있으며 자국 중심의 특허활동을 보이고 있음

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발의 국가별 신규시장 진입자를 살펴보면, 각국 특허청에서 2008년까지는 특허활동이 없다가 2009년 1월 1일 이후부터 주요 시장국 전체에서 처음으로 특허활동을 시작한 기업을 나타내고 있음. 한국에서 신규시장진입자 중 가장 활발한 연구활동은 에스엔 건설[한국]로, 상세하게는 '저점도 아스팔트 침투제 및 이를 이용한 다기능 아스팔트포장 보수 및 보강공법", '열경화성 폴리머 수지 및 이를 이용한 초박층 도로포장 공법"과 같이 도로보수 및 보강 기술((DA)분야에서 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

○ 시장별 세부기술의 연도별 동향을 살펴보면, 무건조/무예열 아스팔트 혼합물(AA) 기술

은 분석구간 초기에 미국과 일본에 의해 주도 되다가, 2000년대 중반 이후 한국, 미국, 및 유럽의 활발한 특허활동에 따라 지속적인 증가세를 나타냄. 특히, 한국에서의 특허활동은 2000년대 후반부터 자국 출원인들 (한국건설기술연구원, 한동알앤씨, 금호석유화학 등)에 의한 비중이 높음

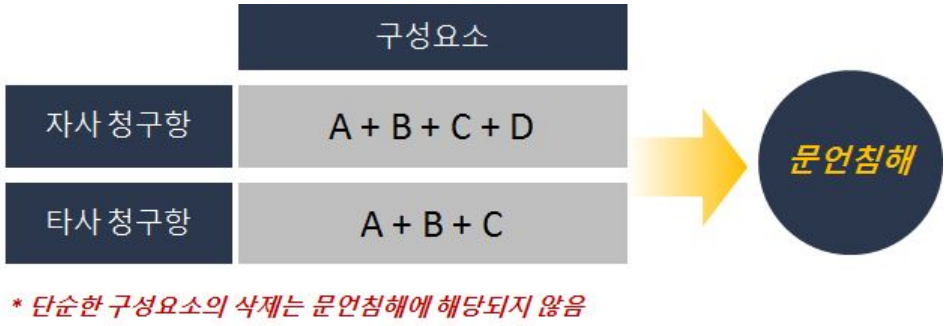
○ 세부기술별 주요출원인을 살펴보면, 무건조/무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발 기술분야(A)에서 MEADWESTVACO[미국]가 1위에 랭크되었으며, 한국 국적의 출원인 4명이 상위에 랭크되어, 이는 2000년대 이후부터 한국인들의 상온 및 중저온 아스팔트 혼합물 연구개발에 집중적인 연구개발이 원인으로 분석됨

○ 한국과 일본에서 상위 TOP 8에 한국, 일본 기업이 각각 8개를 차지하여 내국인에 의한 특허활동이 주도적인 것으로 나타남. 특히 한국에서 TOP 1를 차지한 한동알앤씨는 친환경 상온재생아스팔트공법을 개발과 관련한 활발한 특허출원을 나타내고 있음. 미국 및 유럽에서는 상위 TOP 10에 외국기업이 2개 및 3개를 차지하여 이미 친환경 아스팔트 포장 기술에 상용화되어 있는 미국과 유럽시장은 한국과 일본에 비해 외국인에게 잠재적 성장가능성이 큰 매력적인 시장으로 인식되어 있는 것으로 보임. 기술개발에 따른 특허출원시 미국 및 유럽시장으로의 해외출원을 고려할 필요가 있음

나. 특허 회피 원칙

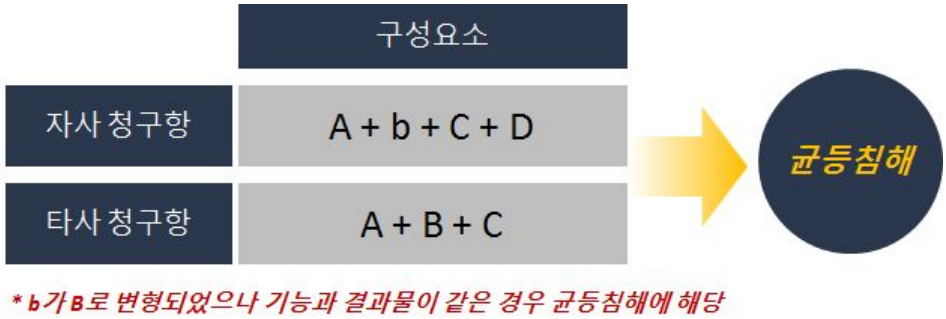
□ 특허침해는 문언침해와 균등 침해로 구분될 수 있음

○ 실시발명이 청구항에 기재된 발명의 구성요소 전부를 포함하는 경우 구성요소완비의 원칙에 따라 문언침해가 성립함



〈그림 2-57〉 문언침해 예시

○ 청구항에 기재된 발명의 구성요소 전부를 포함하지는 않지만, 실질적으로 동일한 기능과 결과를 가져오는 구성의 경우 균등침해가 성립함



<그림 2-58> 균등침해 예시

○ 그 외 침해판단의 기준은 공지기술 참작의 원칙, 출원포대금반언의 원칙, 간접침해 등이 있음

- (공지기술 참작의 원칙) : 특허청구의 범위는 당시의 기술이 참작되어야 함
- (출원포대금반언의 원칙) : 심사과정에서의 내용을 포함하여 해석함
- (간접침해) : 구성요소 중 일부만 가지고 실시할 경우 적용

<표 2-30> 특허침해의 판단기준

선정기준	침해도 높음	침해도 보통	침해도 낮음
All Element Rule	구성요소의 일치	구성요소의 대체 및 변경	구성요소가 다름
목적 및 효과	목적 및 효과가 같다고 할 수 있음	목적 및 효과가 비슷함	목적 및 효과가 다름
동종업계의 견해	전문가가 간단하게 설명 가능	전문가의 설명이 복잡함	전문가의 의견이 다름

□ **특허회피설계 전략은 부가가치가 높은 시장을 경쟁사가 자사의 특허권으로 독점하고 있을 경우, 해당 기업이 경쟁사 특허권의 침해를 피하면서 새로운 경쟁력 또는 더 우수한 기술을 개발하고 이에 대한 특허권을 취득하기 위함임**

○ 국내와 같이 핵심기술에 대한 해외 의존도가 높은 나라에서는 필수적인 기술개발 전략 중 하나임

○ 특허회피 전략은 실질적으로 경쟁사의 기술 중 회피설계 해야 할 기술부분과, 경쟁사 특허의 권리범위를 분석하고, 자사의 기술에 대한 권리 확보 범위를 명확하게 설정해야 함

□ **특허분쟁의 예방 또는 대응에 있어 반드시 검토해야 할 사항은 회피설계의 가능성임**

○ 특허권자가 특허침해 금지를 요구하고 라이선스를 허여할 의사가 없다면, 사업을 계속하는 한 회피설계는 불가피함

○ 반면 특허권자가 특허 라이선스를 허여할 의사가 있다면 회피설계가 반드시 필요한 것은 아님

□ **회피설계 기술을 제품에 적용할 경우, 특허료 지불과 회피설계에 따른 사업적 효과를 비교하여 기업에 유익이 되는 방향으로 결정해야 함**

○ 제조에 따른 비용 증가의 요인, 기술적 진보 및 경쟁력 유무, 품질 확보, 개발 기간 등을 종합적으로 고려해야 함

○ 단지 특허료를 지불하지 않기 위하여 회피설계를 함으로써 더 큰 손실을 초래하는 우를 범하지 말아야 하며, 특허료를 지불하더라도 특허분쟁에 휘말리지 않고 더 좋은 품질의 제품을 빠른 시일 내에 출시하고 판매량을 증대시키는 유연한 사고가 필요함

□ **특허분쟁에 대응해야 하는 경우 회피설계 하는 방안을 병행하는 것이 필요함**

○ 회피설계는 분쟁상태를 벗어나기 위해 수행하기보다 특허분쟁을 해결하지 못하는 경우 대안을 마련하는 데에 의의가 있음

○ 대안이 준비되었을 경우 대응 방법이나 협상력이 향상될 수 있으며, 미래기술 확보 측면에서 필요함

□ **분쟁 대상 특허의 회피설계 방법으로 구성요소 Targeting, All Elements Rule, 균등론 하에 설계하는 방법이 고려될 수 있음**

○ (회피할 대상의 구성요소를 Targeting 하는 방법) : 분쟁특허의 청구항을 면밀히 검토하고, 상대방 특허의 가장 큰 약점 부분을 우선적으로 Targeting하는 방법임

- 약점 부분은 청구항 해석 상 넓게 해석될 수 없고, 여러 가지 제한을 받게 되는 청구항 내 한정을 의미함
- File Wrapper Estoppel[22]의 적용 대상이 될 가능성이 높은 wording, 선행 자료나 무효 자료 등에 의해 권리범위가 좁게 해석될 수밖에 없는 부분이 대상이 됨
- 이러한 부분들을 우선순위별로 나열하여 그 중 회피설계 성공 가능성이 높고 가 장 용이하게 회피설계 할 수 있는 기술요소에 중점을 두는 것이 회피설계(Design Around) 전략의 핵심임
- 특히 어느 하나의 구성요소라도 달리 하면 침해를 극복하기에 충분하므로 비교적 손쉽게 회피할 수 있는 기술요소를 전략적으로 잘 선택 하여 회피설계 할 필요가 있음

○ (All Elements Rule 하에서의 회피설계 방법) : 분쟁특허의 구성요소 중 일부를 삭제·치환·대체하여 기능 및 품질에 이상이 없는 경쟁력 있는 제품을 설계하는 방법

22) File Wrapper Estoppel(출원경과금반언의 원칙) : 특허청구범위의 용어 의미를 명확하게 하기위해 출원으로부터 특허에 이르기까지 과정을 통하여 출원인이 표시한 의사 또는 특허청이 표시한 견해를 참작하여야 한다는 원칙

- 특허 청구범위의 구성요소 중 어느 하나라도 대상 제품에 포함되어 있지 않거나 구성요소의 기능이 대상 제품에 누락된 경우 비침해가 됨(Pennwalt Rule)
- 경쟁사의 특허와 당해 기술분야의 선행기술을 조사하여 이전에는 필수적이라고 생각되었으나 현재에는 불필요한 구성요소를 삭제함으로 특허침해를 회피할 수 있음
- 예를들어 타사 청구항이 A + B + C로 구성된 제품, 자사 청구항이 A + B로 구성된 제품일 경우 특허 회피가 가능함
- 경쟁사의 특허에서 부품이 제거될 수 없을 경우 기능이 동일하면서 다른 부품으로 구조적 변경이 가능한 부품이나, 구조적으로 동일하더라고 기능이 다르게 될 수 있는 부품을 적용할 경우 특허침해를 회피할 수 있음

○ (균등론 하에서의 회피설계 방법) : 분쟁특허의 심사경과 포대를 조사하여 심사이력 금반언을 활용하는 방법으로 심사과정 에서 축소 보정이 있을 경우 이를 적극 이용할 수 있음

- 분쟁특허 이전의 선행특허나 공지기술을 이용하여 특허침해를 회피할 수 있으며, 중소기업의 경우 이러한 선행 공지의 기술을 파악하지 못하는 경우가 많음
- 선행특허를 이용한 것이라도 현저한 효과를 나타내고, 신규성 또는 진보성이 인정되는 경우 별도의 특허로 등록될 수도 있으며, 이러한 우회장치 또는 방법에 대해 독자적인 특허출원을 할 필요가 있음
- 명세서에 기재되었으나 청구되지 않은 기술을 활용하며 상기 방안 하나만을 구사하는 것보다는 복합적으로 활용하는 것이 합리적인 방안이 될 수 있음

□ 회피설계안이 도출되면 이를 확정하기 위해서는 회피설계안의 재검증, 사업적 유용성, 특허침해 인정요소 등을 고려해야함

○ 분쟁 대상 특허를 회피하였는지에 대한 재검증이 필요함

- 특허 침해 여부를 원점에서 다시 검토하여야 하고, 특히 균등론적 침해의 소지가 없는지, 또 다른 특허의 침해 소지가 없는지를 반드시 검토해야 함

○ 회피 기술이 사업적으로 유용한지, 제품에 적용할 수 있는지를 검토해야함

○ 특허분쟁 중에는 스스로 특허침해를 인정하여 회피설계 하는 것으로 오인되지 않도록 해야함

- 새로운 모델의 출시로 보여 질 수 있도록 조치해야하며, 특허권자와 협상 시에도 이러한 입장을 유지해야함

□ 경쟁사 대비 선제적 특허등록을 위해 국가별 조기등록 제도를 활용할 수 있음

○ 미국의 경우 Track 1 Program, PPH Program, FA Program, AE Program 등의 조기등록 프로그램이 있음

- Track 1 Program : 실질적으로 가장 빠른 심사를 진행할 수 있는 방법임
- 신청서를 제출한 후 2~3개월 이내에 등록이 이루어질 수도 있으나 Track 1 Program으로 진행하는 경우에 기간 연장은 허용되지 않음
- 이 프로그램을 신청하는 경우, 통상의 출원에 비하여 기본적으로 USD 5,000 이상의 비용이 추가되어 조기등록방안 중에서 가장 비용이 많이 소요될 수 있음
- PPH(Patent Prosecution Highway) Program : 한국에서 등록된 건에 대하여, 미국 심사관이 빠른 심사를 진행하도록 도입된 제도이며 6개월 이내에 1st OA가 발행되기도 한함
- PPH 진행에 추가적인 비용이 소요되지는 않음
- PPH를 이용하기 위해서는, 한국에서의 등록된 청구항과 미국에 신청한 청구항이 충분히 요건에 부합해야하나, 그 요건을 만족함에 있어 심사관에 따라 큰 편차를 보일 수 있음
- 실질적으로 한국에서 등록된 건이라고 하더라도 미국에서의 등록이 보장되지는 않으며, 한국 등록 청구항의 범위에 비하여 좁게 등록되는 경우도 다수 있음
- FAI(First Action Interview) Program : FAI를 신청하는 경우, 1st OA 발행 전에 심사관과 인터뷰를 진행하며, 심사관은 인터뷰 진행 전에 Initial Search를 하고 심사관의 Search 결과에 기초하여 청구항을 수정할 기회가 부여됨
- 1st OA 전에 심사관과 인터뷰를 진행할 수 있으므로 심사의 진행속도를 높일 수 있으며, FAI 진행을 위하여 USPTO에 제출해야 할 추가 비용은 없음
- AE (Accelerated Examination) Program : AE를 통하여 12개월 내에 등록되는 경우가 있으나, 각종 서류의 제출이 필요하여 출원인의 부담이 크며 그에 따라 추가 비용이 발생할 수 있음
- 출원인이 Pre-examination Search를 진행하여 AES(Accelerated Examination support) Documents를 제출해야함

○ 일본과 중국은 PCT-PPH(Patent Prosecution Highway) Program을 통하여 조기등록을 진행할 수 있음

- PPH 진행의 주요 요건은 한국 등록 청구항과의 “sufficiently corresponds"가 요구됨

5절. 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

(1) 기술수요조사의 개요

□ 기술수요조사의 목적

○ 본 과제에서 추구하는 기술수요조사의 목적은 미래에 국가 및 기업에서 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부기술과제 수준에서 도출하는 것임

- 즉 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당함

□ 기술수요조사 절차



〈그림 2-59〉 기술수요조사 절차

□ 기술수요조사 활용효과

○ 기술수요조사결과를 활용한 기술분류체계, 동향 및 환경분석 보완

○ 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용

○ 향후 중점추진분야 선정 및 수행과제 선정에 활용

○ 중점추진분야별 후보기술 발굴의 자료로 활용

□ 기술수요조사의 수행 결과

○ 기술수요조사 대상은 다음과 같이 산·학·연 기획 전문위원과 관련학회 등의 외부기관의 협조를 얻어 학회회원을 대상으로 학회 홈페이지 공고 또는 메일 발송을 통해 실시

○ 기술수요조사 내용은 인적사항, 제안기술 개요, 연구개발 필요성, 제안기술의 연구개발 사업 규모 등 4개의 항목 설정

□ 기술수요조사의 수행 결과

<표 2-31> 기술수요조사 수행 결과

구분	내 용
조사기간	2014년 6월 5일(목) ~ 6월 30일(월)
조사대상	-조사대상 기관 : 참여연구진, 도로학회, -응답현황 ·이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야 : 7건 ·이동식 통합 설비 분야 : 10건
응답자수	17건
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

(2) 기술수요조사 결과 분석

□ 기술수요조사 결과 분류

○ 회신된 기술수요조사서를 취합하여 수요조사서 항목별로 분류하여 정량적으로 검토

<표 2-32> 중점추진분야별 수요조사 결과

구분	중점추진분야		계
	이동식 현장 생산 아스팔트 혼합물 개발	이동식 통합 설비 개발	
명	7	10	17
비율(%)	41	49	100

<표 2-33> 기술분류체계 내의 분포결과

기술분류체계		
대	중	소
이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야	고분자 활용 재료 분야	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder
		상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트
		현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼
		골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더
		도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발
	혼합물 품질관리 분야	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법
		재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형
		이동식 생산 혼합물의 배합설계 자동화 기법
		현장 다짐도 모니터링 기술 개발
이동식 통합 설비분야	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발 분야 (MMV)	고분자/Asphalt 계량 분사 및 Mixing System 개발
		현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화용 아스팔트 혼합물 생산장비 개발
	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 분야 (MCV)	이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발
		이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발
		이동식 플랜트 가열 분사 시스템 개발
		저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발
	이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 개발 분야	이동식 플랜트 현장 설비 제어 시스템 개발
		이동식 아스콘 혼합물 생산설비 및 수송장비 개발

□ 대상 기술의 TRL (Technology Readiness Level) 분류

○ 1: 기초이론/실험, 2: 실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립, 3: 실험실 규모의 기본성능 평가, 4: 실험실 규모의 핵심 성능평가, 5: 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가, 6: 파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가, 7: 신뢰

<표 2-34> 기술수요조사서의 상세 내용

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술개발 단계	TRL 분류
1-1	이동식 혼합물 재료	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발	◦ 수경화 수지 특성을 이용한 무건조/무예열 현장 생산 아스팔트 혼합물 개발	• 골재코팅용 고분자 수지 선정(TPE, EPDM, EPR, Epoxy 등) • 수지와 골재 계면 및 바인더 계면의 물리적/화학적 특성 연구(DSR 등) • 수지의 골재 코팅 특성 분석(Boil 시험,(Scratcher test, ASTM D6648 등) • 현장 생산 혼합물의 물리특성 해석 시험(IDT, 동탄성 등) • 현장 생산 혼합물의 물리특성 해석모델 개발(Rubber Elasticity, ASTM D7175)	응용	(현재)1 (완료)5
1-2	이동식 혼합물 재료	상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발	◦ 고분자처리 유화 아스팔트 개발	• 무가열 상온 시공가능 고분자처리 유화아스팔트 개발 (화학적 경화반응, 완화거동, 가교반응 분석) • 고분자 처리 유화아스팔트의 물성기준 설정 연구(점도, 부착강도, 전하특성, 저장안정도, 증발잔류 등)	응용	(현재)1 (완료)5
1-3	이동식 혼합물 재료	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발	◦ 아스팔트 포장의 시공 품질 향상을 위한 평가기법 개발	• 이동식 아스팔트 혼합물의 품질관리 기준 설정 • 아스팔트 혼합물의 이동형 역학적 실험법 개발 (균열저항성, 수분저항성, 러팅저항성, 스티프니스) • 현장 품질향상을 위한 역학적 품질관리 기법 개발	응용	(현재)1 (완료)5
1-4	이동식 혼합물 재료	재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발	◦ CFD와 열역학 모형을 이용한 도로포장 재료의 다짐기준 제시를 위한 역학적 근거 제시	• 도로포장 재료(밀입도, SMA, 개질 바인더 등)의 열역학적 특성 정량화 • 도로포장 혼합물 및 환경 조건에 따른 다짐 기준 제시를 위한 재료의 밀도, 열전도도, 풍속 등을 고려한 열역학적 모형 개발 • 개질 도로포장 혼합물의 기후에 따른 열역학적 특성 분석	응용	(현재)1 (완료)5
1-5	이동식 혼합물 재료	현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발	◦ 상온시공이 가능한 현장 생산 아스팔트 혼합물용 에멀젼 개발	• 아스팔트 에멀젼용 유화제 및 기능성 첨가제 선정 • 아스팔트 에멀젼 입자의 입도분포에 따른 점도, 저장 안정성, 물리적/화학적 특성 연구 • 아스팔트 에멀젼 골재 코팅 및 부착 특성 분석 (능동 부착/수동 부착) • 현장 생산 혼합물의 물리특성 해석 시험 • 현장 생산 혼합물의 물리특성 해석모델 개발	응용	(현재)1 (완료)5
1-6	이동식	골재/아스팔	◦ 골재와 아스팔트간의	• 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성,		(현재)1

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술개발 단계	TRL 분류
	혼합물 재료	트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발	부착성능을 향상시켜 조기파손 발생 억제 ◦ 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 개발 ◦ 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 그에 따른 기층 및 표층의 수명 연장 ◦ 아스팔트의 인성 강화를 위한 실리콘 바인더 개발	포장 상태) • 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발 • 수경성 재료와 아스팔트 간의 화학적 기전 연구 • 재료의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)	응용	(완료)5
1-7	이동식 혼합물 재료	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발	◦ 포트홀 예방 표층 혼합물용 이온성 우레탄 합성 ◦ 이온성 고분자 첨가 아스팔트 물성 연구 ◦ 이온성 고분자 첨가 아스팔트 혼합물의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)	• 표층 혼합물의 갑작스런 파괴방지, 외부교통하중 및 온도변화에 다른 미세균열 발생지연을 통한 피로수명 증대를 위한 고분자 치유제 개발 필요 • 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 성능증대 기여 • 고분자 재료 개발로 최소 일반 혼합물 대비 피로공용수명 1.0 MPa 이상의 고인성 확보	응용	(현재)1 (완료)5
2-1	이동식 혼합물 생산장비	고분자/Asphalt 계량 분사 및 Mixing System 개발	◦ 고분자 화합물과 Asphalt 혼합물간의 중량비에 따른 정량 주입 분사 장치 개발 ◦ 최적의 Coating 조건 검출 및 온도 조건을 가지는 최적의 Coating조건을 달성하기 위한 Mixing 장치 개발	• 정유량, 정온 주입 System 개발 • Asphalt/골재 개량 시스템과 연계하여 최적량의 고분자 화합물을 계량히여 분사 할 수 있는 System Logic 구성 • 최적을 혼합조건 유지 (온도) 및 생산력을 갖춘 Mixing 장치 개발	응용	(현재)2 (완료)7
2-2	이동식 혼합물 생산장비	현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	◦ 골재/아스팔트/물/시멘트/기능성 첨가제 저장 빈 일체형 이동식 상온 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	• 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성, 포장 상태) • 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발 • 수용성 Polymer와 아스팔트 간의 화학적 Mechanism 연구 • 폴리머 Binder의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토) • 현장 생산을 위한 최적화된 계량 시스템 개발 • 아스팔트 혼합물의 품질 향상을 위한 최적화된 혼합 시스템 개발	응용	(현재)2 (완료)7
2-3	이동식 혼합물 생산장비	이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발	◦ 이동식 플랜트 시스템의 도로 환경 적용을 위한 각종 매연, 분진, 악취, 소음 저감 등 친환경	• 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 제어장치 개발 • 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 분진 저감 제어장치 개발	응용	(현재)4 (완료)7

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술개발 단계	TRL 분류
			기반 시스템 기술 개발	• 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 제어장치 개발 • 현장 발생 소음의 최신 수동제어 및 능동제어 기술을 통한 소음 저감 제어장치 개발 • 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축		
2-4	이동식 혼합물 생산장비	이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발	◦ 혼합물 현장 생산 플랜트와 현장 가열-혼합-수송 장비를 위한 통합 공정제어 시스템 개발	• 이동식 통합 공정제어 플랫폼 및 품질관리 플랫폼 설계 • 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 운용 구동 제어기 및 제어 알고리즘, 단말 시스템 개발 • 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어기 및 배합설계 자동화 시스템 개발 • 혼합물 자동화 생산 상태 계측 및 생산량 관리, 종합 품질관리 시스템 개발 • 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축	응용	(현재)4 (완료)7
2-5	이동식 혼합물 생산장비	이동식 플랜트 가열 분사 시스템 개발	◦ 60~70도의 골재 가열 및 실시간 함수비 계측을 바탕으로 소재 코팅을 위한 장비 개발 및 통합 제어/모니터링 시스템 구축	• 골재 가열 시스템 개발 • 실시간 골재 함수비 계측 시스템 개발 • epoxy 분사 시스템 개발 • 현장 생산을 위한 최적 통합 제어 시스템 개발	응용	(현재)2 (완료)5
2-6	이동식 혼합물 생산장비	저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발	◦ 골재 코팅 효율 향상을 위한 저 에너지 연속 계량 및 가열시스템의 경량화 장치 개발	• 연속 계량 시스템 개발 • 코팅용 고분자 수지의 적정 골재 온도 생성 시스템 개발 • 고효율 저에너지 가열 순환시스템 개발 • 연속 계량/가열시스템의 경량/집적화 시제품 개발	응용	(현재)2 (완료)7
2-7	이동식 혼합물 생산장비	이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발	◦ 이동식 플랜트의 장비와 공정관리를 위한 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템 개발	• 콜드빈 골재 자동계량장비 개발 및 제어 시스템 개발 • 골재 가열 및 실시간 함수비 측정 시스템 개발 • 소재 코팅 및 고분자 분사 프로세스 제어 • 이동식 플랜트 통합 제어 및 모니터링 시스템 구축	응용	(현재)3 (완료)7
2-8	이동식 혼합물 생산장비	이동식 아스콘 혼합물 생산설비 및 수송장비 개발	◦ 국내 도로환경에 적합한 이동식 생산설비의 개발	• 고분자 코팅설비 및 혼합설비. • 이동식 아스팔트 생산설비. • 원자재의 이동식 공급설비.	응용	(현재)4 (완료)8

2. 기술예측조사결과

가. 기술예측조사의 개요

□ 기술예측조사의 목적

○ 기술의 실현시기, 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 본 기획의 기술개발 추진 전략을 수립하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 기술예측조사를 실시함

□ 기술예측조사 조사방법

○ 조사기간 : 2014. 6. 5 ~ 6. 30

○ 조사대상 : 산학연 관련 전문가

○ 조사방법 : e-mail 조사

○ 조사항목

- 기술적 실현시기, 사회/경제적 실현시기

□ 응답자 특성

○ 응답자의 구성은 총 17명이 응답하였으며, 출연연 6건(35%), 대학 5건(30%), 기업 6건(35%) 순으로 나타남



〈그림 2-60〉 기술예측조사 응답자 분포

□ 조사항목의 활용방안

○ '기술적 실현시기'는 해당과제가 기술적으로 개발되는 시기를 의미하며, 해당과제에 대한 목표 달성연도 설정에 활용

○ '사회적 실현시기'는 사회·경제적으로 현장에 적용되는 시기를 가리키며, 해당과제의 실용화시기를 설정하는데 활용

- ‘기술적 실현시기’에 대한 세계 시기와 국내 시기와의 격차는 기술수준에 대한 격차로 해석할 수 있으며, 이는 해당과제에 대한 추진전략 설정에 활용
- ‘기술적 실현시기’와 ‘사회경제적 실현시기’와의 격차는 실용화 능력 혹은 사회적 수용성에 대한 대리지표로 활용할 수 있음

나. 기술예측조사 결과

(1) 기술적 실현시기

□ **이동식 아스팔트 혼합물 생산 및 현장 가열-혼합-수송 장비의 국내외 기술적 실현 시기는 2009년(29%), 2018년(76%)에 집중되어 있음**

○ 해외의 경우, 2014년 기준 기술적 실현 시기는 2009년(29%)에 집중되어 있어 이미 기술적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 사회/경제적 실현 시기는 1~2년 내에 실현가능한 것으로 조사되었음

○ 국내의 경우, 2014년 기준 기술적 실현 시기는 16~18년에 실현가능한 것으로 조사되었으며, 사회/경제적 실현 시기는 3~6년 내에 실현가능한 것으로 조사되었음

<표 2-35> 이동식 아스팔트 혼합물 관련 기술적, 사회/경제적 실현시기 분포

(단위: 수, %)

구분			1993	1999	2003	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	합계
기술적 실현시기	세계	과제 수	1	1	1	0	5	3	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	17
		비중(%)	6	6	6	0	29	18	0	6	0	24	6	0	0	0	0	0	0	100
	국내	과제 수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	13	0	1	0	17
		비중(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	76	0	6	0	100
사회/경제적 실현시기	세계	과제 수	0	0	0	1	1	6	1	3	0	0	0	1	0	0	0	4	0	17
		비중(%)	0	0	0	6	6	35	6	18	0	0	0	6	0	0	0	24	0	100
	국내	과제 수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	0	1	17
		비중(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	71	0	6	100

□ **이동식 현장 생산 아스팔트 혼합물 분야 개발의 국내의 기술적 실현 시기는 18~21년으로 다양하게 분포하였음**

○ 기술적 실현시기의 경우, 해외에서는 이미 기술이 개발된 것으로 조사되었으며 국내는 최대 6년 후에 가능한 것으로 조사되었음

- 해외의 기술적 실현 시기는 1999~2010년으로 이미 실현된 것으로 조사되었음
- 국내의 기술적 실현 시기는 2014년 기준으로 4~6년에 사이에 기술개발이 가능한 것으로 조사되었음

○ 사회/경제적 실현 시기의 경우, 해외의 경우 대부분이 사회/경제적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 국내의 경우는 4~7년 후에 가능한 것으로 조사되었음

<표 2-36> 이동식 현장 생산 아스팔트 혼합물 개발 실현시기 현황

(단위: 년도)

번호	예측기술명	기술적 실현시기		사회/경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
1	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발	2010	2016	2012	2018
2	상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발	1999	2016	2010	2018
3	재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발	2012	2018	2012	2018
4	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발	2015	2020	2016	2021
5	현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발	2003	2018	2009	2019
6	골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발	2009	2018	2010	2019
7	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발	2010	2016	2012	2018

□ **이동식 통합 설비 분야 개발의 국내의 기술적 실현 시기는 2018년으로 집중하였음**

○ 기술적 실현시기의 경우, 해외에서는 이미 기술이 개발된 것으로 조사되었으며 국내는 최대 4년 후에 가능한 것으로 조사되었음

- 해외의 기술적 실현 시기는 1993년 ~ 2014년으로 이미 실현된 것으로 조사되었음
- 국내의 기술적 실현 시기는 2014년 기준으로 4년에 사이에 기술개발이 가능한 것으로 조사되었음

○ 사회/경제적 실현 시기의 경우, 해외의 경우 일부분이 사회/경제적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 국내의 경우는 6년 후에 가능한 것으로 조사되었음

<표 2-37> 이동식 통합 설비 개발 실현시기 현황

(단위: 년도)

번호	예측기술명	기술적 실현시기		사회/경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
1	이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발	2009	2018	2010	2010
2	이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발	2010	2018	2011	2011
3	고분자 / Asphalt 계량분사 및 Mixing System 개발	2009	2018	2010	2010
4	현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	1993	2018	2005	2019
5	이동식 플랜트 가열-분사 시스템 개발	2009	2018	2010	2010
6	이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발	2009	2018	2010	2010
7	저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발	2014	2018	2020	2020
8	골재 가열 드라이어의 폐열을 재활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비 개발	2014	2018	2020	2020
9	가열 수송장비의 열효율 최적화를 위한 해석적 설계 기술 개발	2014	2018	2020	2020
10	매립형 PZT 압전센서의 전기-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술개발	2014	2018	2020	2020

3. 기술수준조사

가. 기술수준조사의 개요

□ 기술수준조사의 개념[23)]

○ 기술수준이란 특정시점에서의 기술성능의 측정치를 나타내는 상대적인 비교의 개념임

○ 국가나 조직(기업, 산업) 또는 특정제품이나 공정의 비교와 관련된 기술수준은 기술수준 비교상대나 비교시점이 존재할 때 측정이 가능함

□ 기술수준조사의 목적

○ 기술분류체계의 제안기술명별로 국내기술수준을 조사하여 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발에 포함될 수 있는 기술개발 아이템 도출 시 참고자료로 활용함

□ 기술수준조사의 내용

○ 조사기간 : 2014. 6. 5 ~ 6. 30

○ 조사대상 : 산학연 관련 전문가

○ 조사방법 : e-mail 조사

○ 조사항목

- 최고기술보유국, 우리나라 기술수준, 기술격차(연도), 기술격차추세 등을 조사함

<표 2-38> 기술수준조사 항목 및 내용

구 분	내 용
최고 기술 보유국	· 해당기술 분야에서 가장 높은 기술수준을 가진 국가
기술수준	· 현재시점에서 최고기술보유국의 기술수준을 100%이라고 했을 때 우리나라의 기술수준
기술격차	· 우리나라의 기술수준이 세계최고기술보유국의 현재 기술수준에 도달하는데 소요되는 시간(단위:년)
기술수준격차	· 최고기술보유국 대비 우리나라의 기술수준 차이가 현재 어떠한 변화를 보이고 있는가를 5점 척도로 구분 (매우 확대중: 5점, 확대중: 4점, 현행유지: 3점, 축소중: 2점, 매우 축소중: 1점)

23) 교통분야 기술수준 조사연구, 한국건설교통기술평가원, 2008

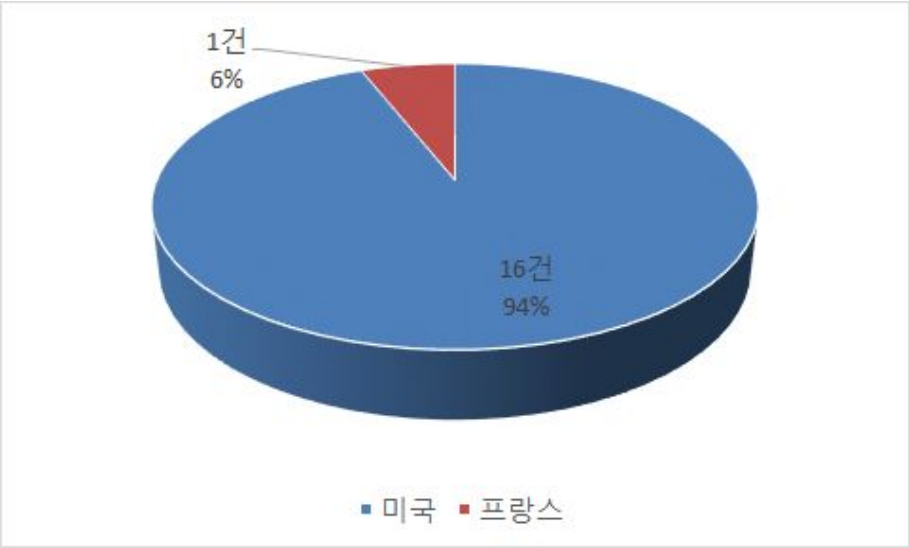
나. 기술수준조사 결과

(1) 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합 수송 장비 개발 연구단의 기술분류체계 상의 최고기술보유국 및 기술수준 분석

□ 최고기술보유국 비중

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 17개의 제안기술명(후보과제명)별로 최고기술보유국을 조사한 결과 모든 제안기술명에서 2개국 이상의 나라에서 최고기술을 보유한 것으로 나타남

- 기술분류체계의 제안기술명별 최고기술보유국을 조사한 결과, 미국 16개(94%)기술, 프랑스 1개(6%) 기술, 중복되는 조사를 보인 유럽 내의 네덜란드, 독일 기술을 보유한 것으로 나타남



〈그림 2-61〉 최고기술보유국 비중

□ 기술수준조사 분석결과

○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 기술수준은 선진국 대비 49.4% 수준인 것으로 나타났음

○ 기술분류체계 중분류별로 기술수준을 조사했을 경우, 이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야, 이동식 통합 설비분야 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남

- 기술수준은 최고기술보유국 기술수준을 100으로 봤을 때, 우리나라의 기술수준을 나타낸 것임

□ 제안기술명의 기술수준조사 분석결과

기획 과제명 (대분류)	세부과제 (중분류)	구성기술 (소분류)	제안기술명	최고 기술 보유국	우리 나라 기술 수준 (%)	기술 격차 (년도)	기술 격차 추세
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 기획	이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야	고분자 활용 재료 분야	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발	미국	70	6	3
			상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발	미국/유럽	30	17	4
			골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발	미국	60	9	3
			현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발	프랑스	30	10	4
		혼합물 품질관리 분야	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발	미국/네덜란드	30	5	3
			재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발	미국	60	6	4
			도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발	미국	70	6	3
			매립형 PZT 압전센서의 전기-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술개발	미국	60	6	4
	이동식 통합 설비분야	이동형 아스팔트 플랜트 기술 개발 (MMV)	이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발	미국	60	9	3
			이동식 플랜트 가열-분사 시스템 개발	미국	60	9	3
			가열 수송장비의 열효율 최적화를 위한 해석적 설계 기술 개발	미국	60	6	4
			현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	미국/독일	30	14	3
			골재 가열 드라이어의 폐열을 재활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비 개발	미국	30	8	3
			저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발	미국	30	8	3
		현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV)	이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발	미국	60	9	3
			고분자 / Asphalt 계량분사 및 Mixing System 개발	미국	30	9	3
			이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발	미국	70	8	3

4. 제안기술명의 중요도 평가

가. 중요도 평가 개요

□ 기술수준조사의 내용

○ 조사기간 : 2014. 6. 5 ~ 6. 30

○ 조사대상 : 산학연 관련 전문가

○ 조사방법 : e-mail 조사

○ 조사항목

- 기술개발의 시급성, 기술의 핵심성, 경제적/사회적 기대효과 등을 조사함

<표 2-39> 기술수준조사 항목 및 내용

구 분	내 용
기술개발의 시급성	· 해당 기술이 과학기술적으로 적정 기술수준을 구현해야만 하는 시기의 급함 정도를 5점 척도로 기입
기술의 핵심성	· 해당 기술의 과학기술적 중요도 정도를 5점 척도로 기입
경제적/사회적 기대효과	· 해당 기술이 새로운 산업을 창출할 가능성, 관련 시장의 규모 확대 가능성, 복지증진, 편의증진 등 국민의 삶의 질 개선에 기여하는 정도를 5점 척도로 기입

나. 중요도 평가 결과

<표 2-40> 기술수준조사 항목 및 내용

기획 과제명 (대분류)	세부 과제 (중분류)	구성 기술 (소분류)	제안기술명	기술 개발의 시급성	기술의 핵심성	경제적/ 사회적 기대효과	합계	순위
이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 기획	이동식 현장생산 아스팔트 혼합물 분야	고분자 활용 재료 분야	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발	4	3	4	3.7	8
			상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발	5	4	4	4.3	3
			도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발	4	3	4	3.7	8
			골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발	4	3	4	3.7	8
			현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발	5	4	5	4.7	1
		혼합물 품질관리 분야	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발	4	3	4	3.7	8
			재료 및 환경조건에 따른 다짐조건	4	3	4	3.7	8

			예측 모형 개발					
			매립형 PZT 압전센서의 전기-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술개발	4	5	4	4.3	3
	이동식 통합 설비분야	이동형 아스팔트 플랜트 기술 개발 (MMV)	이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발	4	3	4	3.7	8
			이동식 플랜트 가열-분사 시스템 개발	4	3	4	3.7	8
			가열 수송장비의 열효율 최적화를 위한 해석적 설계 기술 개발	4	5	4	4.3	3
			현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	5	4	5	4.7	1
			골재 가열 드라이어의 폐열을 재활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비 개발	4	5	4	4.3	3
			저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발	4	5	4	4.3	3
		현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV)	이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발	4	3	4	3.7	8
			고분자 / Asphalt 계량분사 및 Mixing System 개발	4	3	4	3.7	8
			이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발	4	3	4	3.7	8

6절. 기술개발 방향 설정

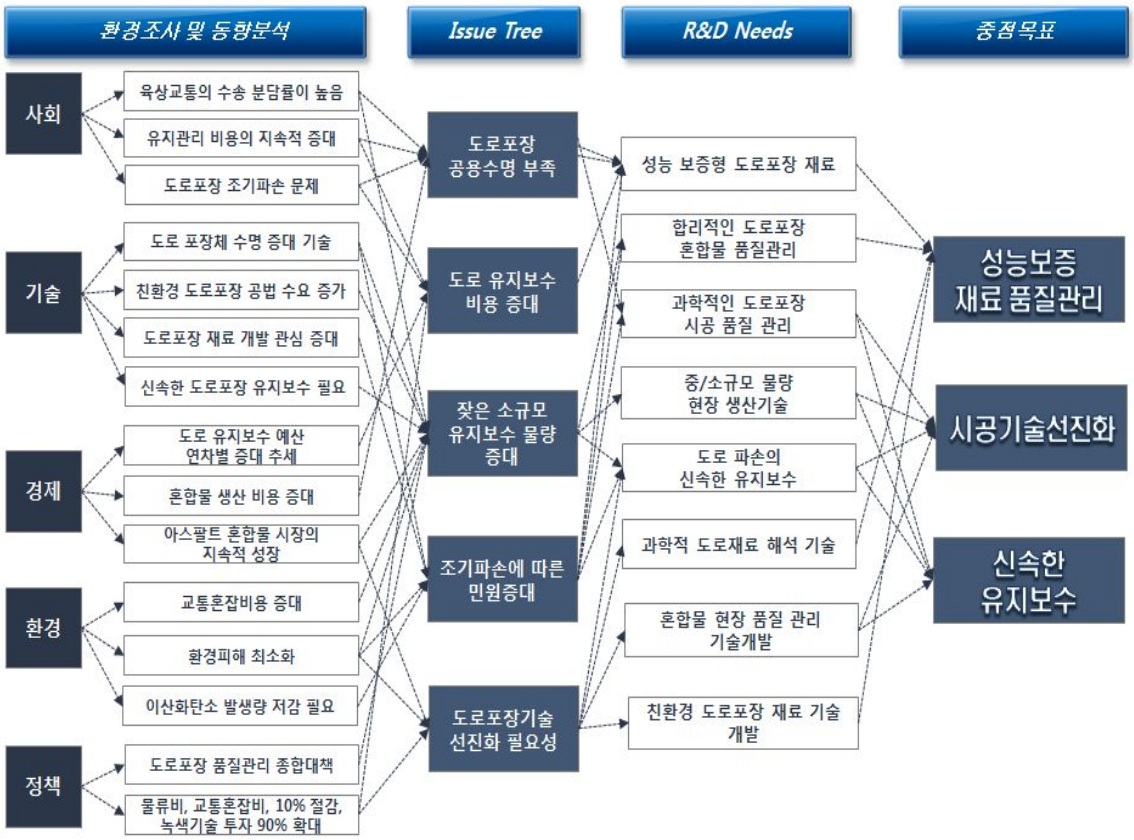
1. 분석결과 종합

가. SWOT 분석



〈그림 2-62〉 SWOT 분석 결과

나. Issue Tree 도출



〈그림 2-63〉 Issue Tree

2. 중점추진분야 설정

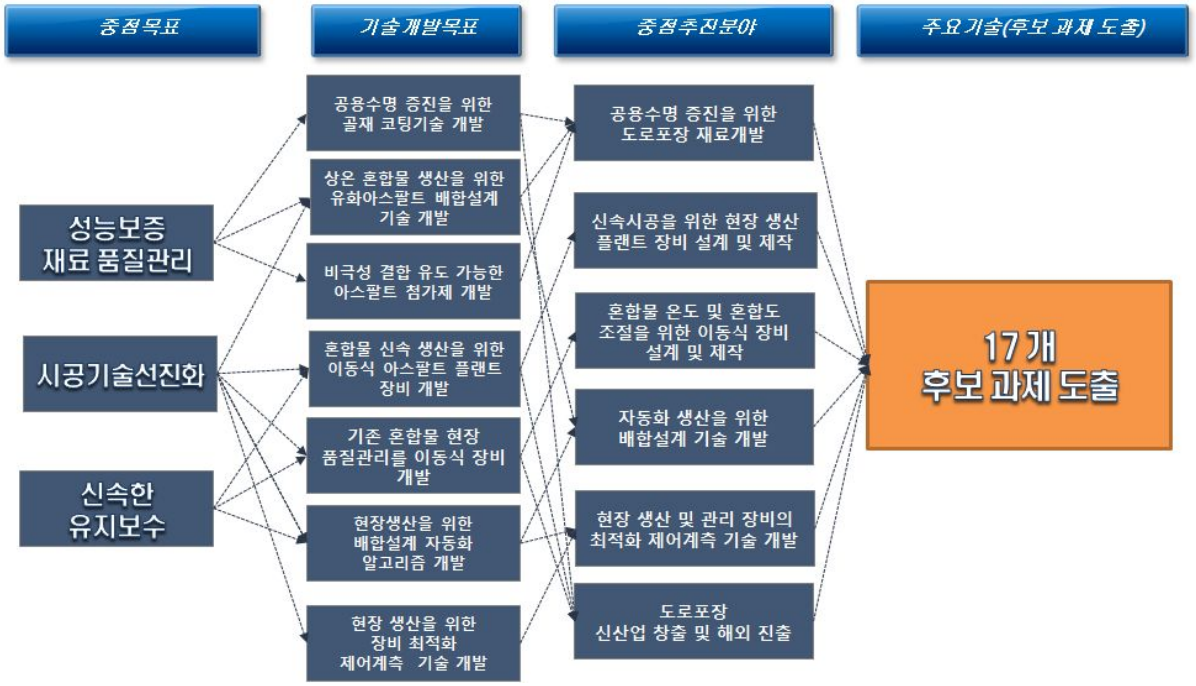
가. 중점추진분야 설정

(1) 중점추진분야 및 후보과제 Pool 구성

(가) 중점추진분야 및 후보과제 Pool

□ **전문가 설문조사 및 국내외 동향 및 환경 분석을 통하여 도출된 후보과제 Pool에 대하여 내부연구진 및 외부 전문가 브레인 스토밍을 통하여 중점추진분야 및 세부과제를 도출함**

○ 국내외 동향 및 환경 분석 결과와 내외부 전문가의 기술수요조사를 바탕으로 후보과제 Pool을 구성하고, 내외부 전문가의 기술예측조사, 기술수준조사, 기술 중요도 평가를 종합적으로 고려하여 17개의 후보과제를 도출함



〈그림 2-64〉 중점추진분야

중점분야	후보과제명	우선순위
현장생산을 위한 재료개발 (MMCV-Material)	도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발	1
	상온 혼합물 생산을 위한 유화아스팔트 배합설계기술 개발	3
	비극성 결합 유도 가능한 아스팔트 첨가제 개발	5
	현장생산을 위한 배합설계 자동화 알고리즘 개발	2
	현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발	6
	아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발	4
	골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발	7
이동식 플랜트 및 품질관리 장비 및 제어기술 개발 (MMCV-Equipment)	고분자/Asphalt 계량 분사 및 Mixing System 개발	1
	현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화용 아스팔트 혼합물 생산장비 개발	5
	이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발	2
	이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발	6
	이동식 플랜트 가열 분사 시스템 개발	3
	저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발	7
	이동식 플랜트 현장 설비 제어 시스템 개발	4
	이동식 아스콘 혼합물 생산설비 및 수송장비 개발	8

〈그림 2-65〉 중점추진분야별 후보과제 도출

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 연구 비전

○ 본 연구에서 개발하고자 하는 신속 유지보수 시공용 아스팔트 혼합물 현장 생산 시스템은 도로포장재료를 현장에서 생산·시공하는 체계이며 “신속한 생산·신속한 시공·철저한 품질관리”를 연구비전을 설정하고 이에 상응한 관련 기술을 개발하고자 함.

○ 도로포장이 지속가능한 국가기반시설로서 발돋움하기 위해 미래형 도로포장 시스템 요구에 부응하는 핵심가치의 실현을 위한 세부 핵심기술의 비전 다음과 같음



〈그림 3-1〉 핵심개발기술의 비전

○ 상기와 같은 연구비전 안에서, 현장에서 1회 생산량을 약 40톤 규모로 최소 5cm 두께, 3.5m 폭 및 최대 100m 길이 구간에 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산 시스템 규모이며, 1) 준고온 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 재료 개발, 2) 이동식 1톤-2톤 배치급 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산 장비(Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 3) 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 장비(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV) 등을 포함 함.

2. 연구전략목표

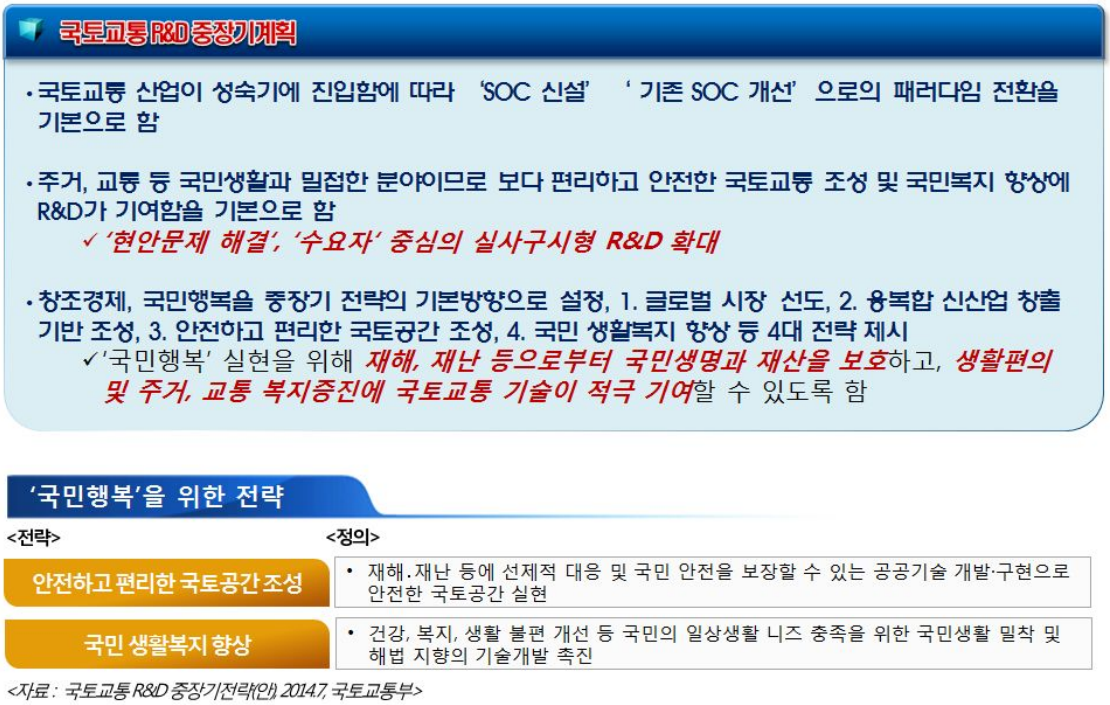


〈그림 3-2〉 신속 유지보수를 위한 아스팔트 혼합물 현장생산
및 품질관리 장비 개발 연구 최종목표

○ 본 연구에서 개발하고자 하는 **"이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발 연구(부제: 신속시공을 위한 아스팔트 혼합물 현장생산 및 품질관리 장비 개발 기획)"**의 최종 예상 목표는 포트홀 및 심각한 파손 등을 신속하게 유지보수가 가능한 고분자 처리 재료, 아스팔트 혼합물 생산 및 품질관리 장비 시스템 개발 및 개발된 장비의 국내뿐만 아니라 국외 건설시장에 수출 및 관련 중소기업의 대외 경쟁력 향상 도모를 목표로 함.

- 현행 소규모의 도로포장 유지보수의 경우, 소량의 혼합물 생산 및 시공에 대한 경제성 문제로 기존 정치식 아스팔트 생산 플랜트를 이용하지 못함.
- 중/대규모 이상의 유지보수를 위해서 기존 정치식 아스팔트 플랜트에서 생산되는 도로포장 재료를 사용하더라도 계약과정 등 행정절차 이행을 위해서는 적기에 유지보수를 실시하지 못함.
- 도로포장 유지보수 시기가 특정계절에 집중되어 파손이 심각한 도로일지라도 적기에 유지보수를 실시하지 못하여 장기간에 걸쳐 도로안전에 위협요소로 작용함
- 이를 극복하기 위해서 최소 5cm 두께로 최대 100m 길이 구간(30-40톤 혼합물)에 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산을 위한 **1) 준고온 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발, 2) 이동식 1톤-2톤 배치급 아스팔트 콘크리**

트 혼합물 생산 장비 (Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 3)혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장 시공 설비 고도화 기술(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV) 등을 개발하여 도로관리주체(한국도로공사, 일반국도 유지관리 사업소, 지자체 도로관리사무소)등에서 상시적 도로 유지관리 장비로서의 역할을 수행하도록 함.

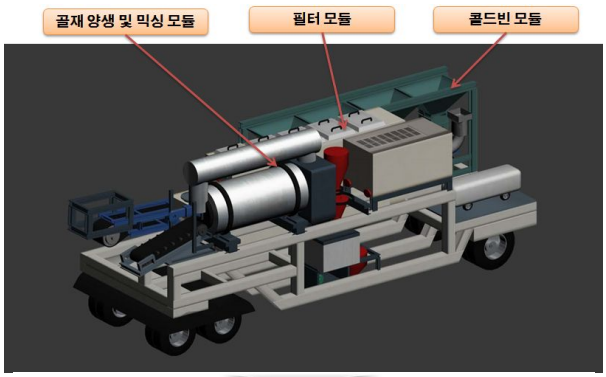


〈그림 3-3〉 핵심개발기술의 국가정책 부합성

○ 본 연구의 최종 연구 성과인 도로포장 재료 및 생산 장비는 신설도로에 대규모로 투입되는 형식이 아니라, 도로 산업의 패러다임이 기존 SOC 개선으로 전환되는 시점에 있어 향후, 유지보수 관련 물량이 대폭적으로 증대 되는 추이를 반영하여, 신속하게 소요재료 공급 및 생산이 현장에서 대응 가능한 아스팔트 혼합물 생산 및 품질관리 장비 시스템 개발을 목표로 함.

○ 아스팔트 도로표면에 국부적 파손과 같은 교통안전 주행에 매우 심각한 위험인자를 신속하게 제거 가능한 본 연구개발 성과가 조속히 적용되어, 안전하고 편리한 국토 공간 조성 국가전략에 국토 교통기술이 역할을 수행할 수 있기를 기대 함.

2절. 기술개발에 따른 미래상

AS-IS	TO-BE
• 복잡한 생산공정상 고온 골재 드라이어 적용으로 사용 열에너지 과다 • 온도 조절 실패시 혼합물 품질의 심각한 저하 • 드라이어 사용으로 분진 및 유해 가스 발생 • 석분을 사용하지 않고 회수 분진 재사용으로 혼합물 품질의 심각한 저하	• 물 분자와 반응이 가능한 고분자 코팅 골재 사용 • 유화 아스팔트사용으로 상온 및 중온 아스팔트 혼합물 생산가능 • 골재계면의 비표면적 증가로 부착강도 증진 • 사용 고분자의 유동성 증대로 혼합물 생산 작업효율 증대 • 골재(석분) 및 회수 더스트 대체재 사용으로 자원이용효율 증대 • 간접인장강도 1MPa 이상의 고내구성능 보증
• 평균 200미터 이상 시공 혼합물 물량 요구시에만 일반단가로 생산 가능 • 소량의 혼합물 생산시 일반 생산 단가의 최소 톤당 3배-5배 단가 요구 • 과도한 열에너지 사용 및 소음, 분진 환경문제 발생 • 다양한 특수 혼합물 생산이 매우 어려움 • 특수 입도 혼합물(SMA 등) 생산이 어려움 • 유지보수를 위한 혼합물 생산 및 시공 과정까지 다수의 행정처리 절차 및 기간 소요 • 현장까지의 이송시 혼합물의 온도저하로 하자 발생 우려가 큼	• 다양한 물량의 혼합물 생산이 가능함 • 별도의 면허 없이 유지관리 특수 장비로 면허등록 가능 • 유지보수시 별도의 행정절차 없이 수행계획에 의거 장비의 즉각 투입이 가능함 • 다양한 특수목적의 혼합물 생산 가능 • 신속한 유지보수 가능 • 혼합물 생산 공정 축소로 생산 단가 절감 (핫빈, 드라이어 공정 축소 혹은 제외 등) • 배합설계 자동화로 혼합물 품질관리 용이성 (아스팔트 함량, 설계밀도, 공극율, 수분민감성 등) • 4계절 혼합물 현장생산으로 신속한 도로포장 유지보수
• 현장까지의 이송시 혼합물의 온도저하로 하자 발생 우려가 큼 • 정치식 혼합물 생산시 마른비빔/젖은비빔 혼합시간 부족 • 공정이 복잡하고 많은 에너지 소모 • 4계절 시공 불가능 • 혼합물 순간 덤프로 겨울철 상부 및 하부 혼합물 온도차이 발생	• 정치식 플랜트 혼합물의 현장 품질관리 (시공 온도조절 및 재혼합) • 골재드라이어 공정을 삭제한 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)의 부속설비 역할 (골재양생 및 마른비빔) • 현장 재혼합/재가열로 혼합물 품질개선 • 페이버로 순차적, 연속식 혼합물 공급가능 • 혼합물 온도조절 기능으로 4계절 시공가능
   일반도로시공 단계별 에너지 소모 / 품질관리 어려움 이산화탄소 문제 / 소음/진동/분진 환경문제 잦은 유지보수 / 교통혼잡비용 과다	 이동식 아스팔트 현장 생산 시스템 시공절차 축소/사용에너지 저감 / 현장 생산/엄격한 품질관리 준고온 생산으로 이산화탄소 문제 해결 / 소음/진동/분진 환경문제 해결 현장 재활용 가능 / 교통혼잡비용 최소화

분야 1 : 고온 가열 아스팔트 혼합물 : As-is

- 복잡한 생산공정상 고온 골재 드라이어 적용으로 사용 열에너지 과다
- 온도 조절 실패시 혼합물 품질의 심각한 저하
- 드라이어 사용으로 분진 및 유해 개스 발생
- 석분을 사용하지 않고 회수 분진 재사용으로 혼합물 품질의 심각한 저하

분야 1 : 상온 및 중온 무건조 고분자 골재 코팅 아스팔트 혼합물: To-be

- 물 분자와 반응이 가능한 고분자 코팅 골재 사용
- 유화 아스팔트사용으로 상온 및 중온 아스팔트 혼합물 생산가능
- 골재계면의 비표면적 증가로 부착강도 증진
- 사용 고분자의 유동성 증대로 혼합물 생산 작업효율 증대

〈그림 3-4〉 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발의 미래상

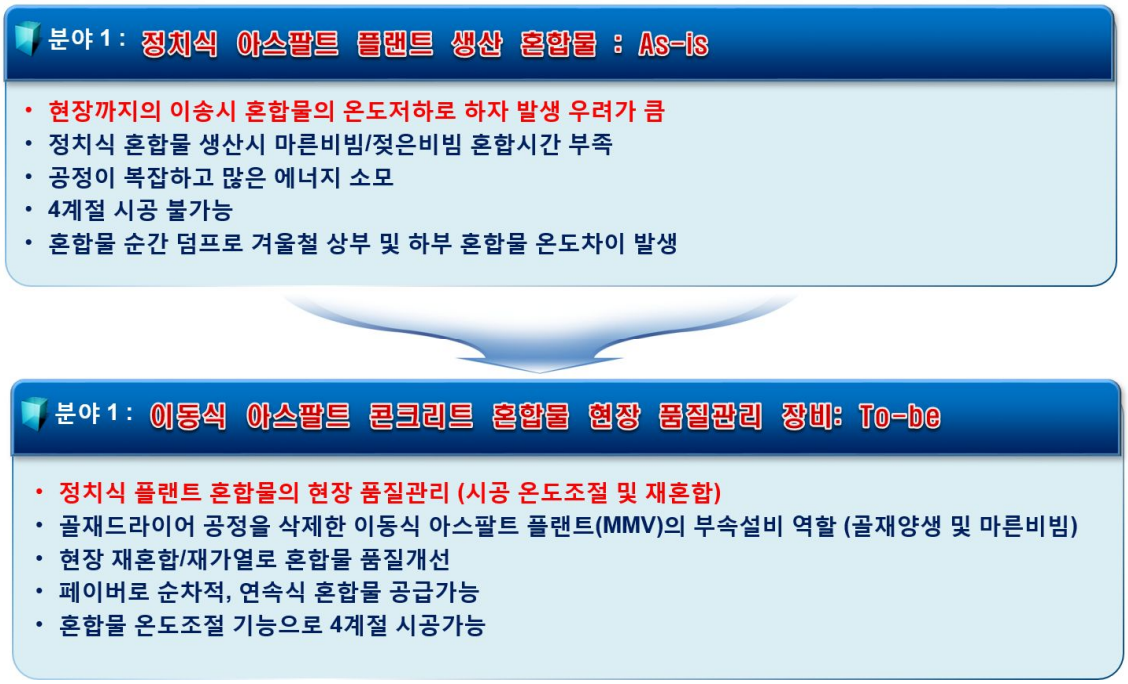
분야 1 : 정치식 아스팔트 플랜트 : As-is

- 평균 200미터 이상 시공 혼합물 물량 요구시 에만 일반단가로 생산 가능
- 소량의 혼합물 생산시 일반 생산 단가의 최소 톤당 3배-5배 단가 요구
- 과도한 열에너지 사용 및 소음, 분진 환경문제 발생
- 다양한 특수 혼합물 생산이 매우 어려움
- 특수 입도 혼합물(SMA 등) 생산이 어려움
- 유지보수를 위한 혼합물 생산 및 시공 과정까지 다수의 행정처리 절차 및 기간 소요
- 현장까지의 이송시 혼합물의 온도저하로 하자 발생 우려가 큼

분야 1 : 이동식 아스팔트 플랜트: To-be

- 다양한 물량의 혼합물 생산이 가능함
- 별도의 면허없이 유지관리 특수장비로 면허등록 가능
- 유지보수시 별도의 행정절차 없이 수행계획에 의거 장비의 즉각 투입이 가능함
- 다양한 특수목적의 혼합물 생산 가능
- 신속한 유지보수 가능
- 혼합물 생산 공정 축소로 생산 단가 절감 (핫빈, 드라이어 공정 축소 혹은 제외 등)
- 혼합물 품질관리 용이성 (아스팔트 함량, 설계밀도, 공극율, 수분민감성 등)

〈그림 3-5〉 이동형 아스팔트 플랜트 모듈화 기술 개발(MMV)의 미래상



〈그림 3-6〉 현장 가열-혼합-수송 장비 개발(MCV)의 미래상

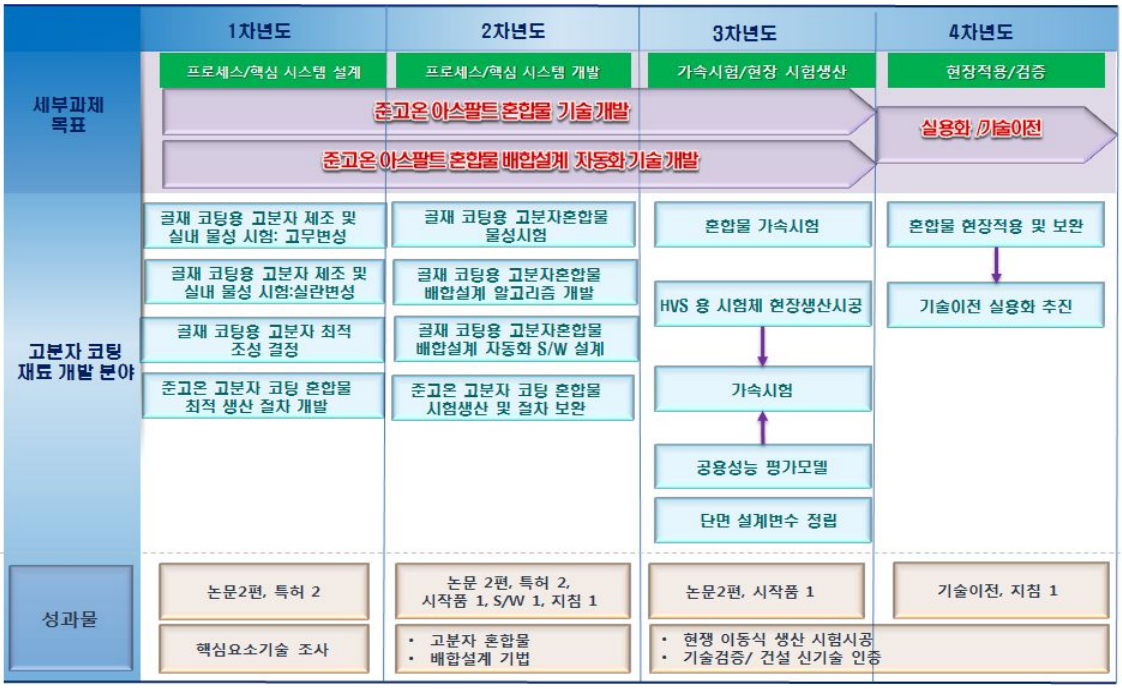
3절. 연구개발과제 구성 및 기술/성과 로드맵

□ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 과제의 거시적 기술개발 로드맵은 다음과 같이 구성되었음



〈그림 3-7〉 이동식 생산 재료 및 설비 거시적 기술개발 로드맵

□ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 과제의 1 세부과제별 미시적 기술개발 및 성과 로드맵은 다음과 같이 구성되었음



〈그림 3-8〉 현장생산 재료개발 분야의 미시적 기술개발 로드맵

□ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 과제의 2 세부과제별 미시적 기술개발 및 성과 로드맵은 다음과 같이 구성되었음



〈그림 3-9〉 이동식 통합 설비 분야의 미시적 기술개발 로드맵

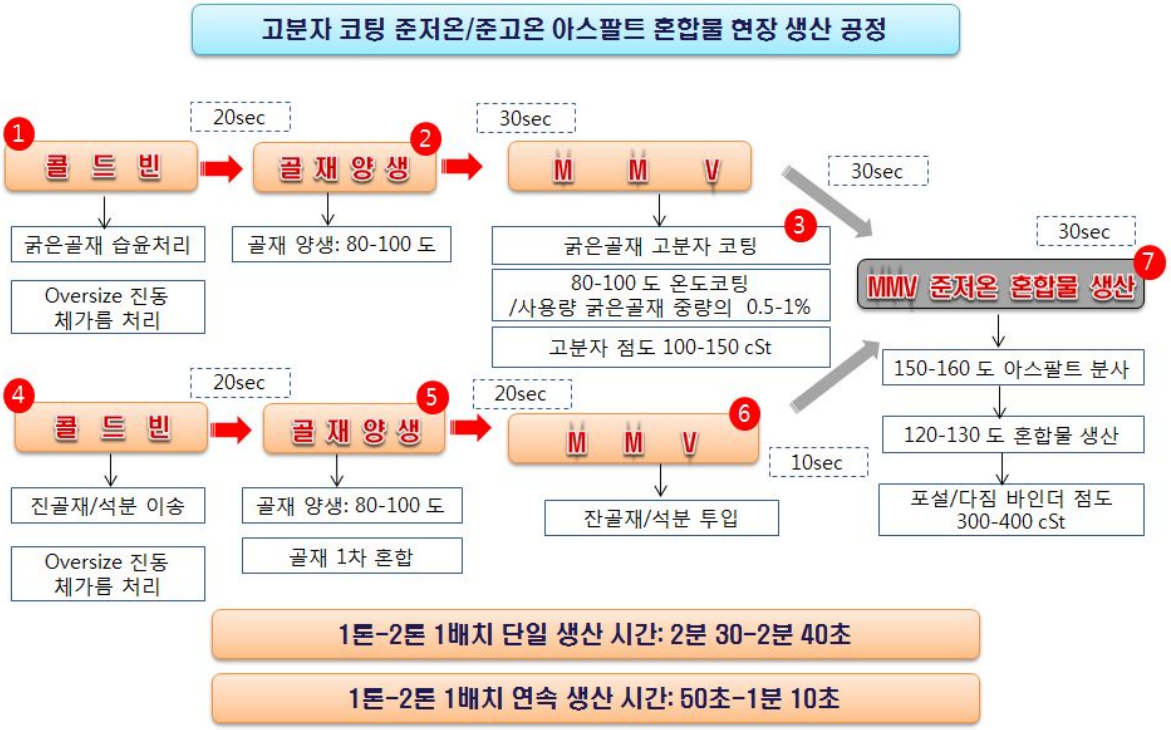
4절. 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 성과활용 방안

1. 1세부과제 개요 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발

가. 연구개발 목표

과제명	• 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 바인더 및 혼합물 개발
연구 목표	• 고분자는 자연 상태의 천연 골재의 습도를 이용하여 골재 표면에서 일어나는 경화 반응으로 표면 코팅을 유도하여 부착강도를 증대시키는 목적임
기술 내용	• 시간적 범위: 2018년 (TRL 9단계 실현) • 공간적 범위: 기존도로유지보수, 공항포장, 항만포장, 교차로 등 • 연구적 범위 - 골재 코팅용 고분자(고무변성) 바인더 개발 - 준고온형 혼합물(고분자+저점도 바인더+고점도 바인더)개발 - 저온형 혼합물(고분자+고점도 유화 바인더)개발 - 현장 생산 배합설계 자동화 기술 개발
기술개발 목표	◦ 혼합물 생산시 50-60%열에너지 저감 가능(혼합물 생산 단가 20-30%)저감 ◦ 기존 혼합물 대비 수분에 매우 강하며, 1.0MPa 이상의 간접인장 강도 발현 가능 ◦ 유화 아스팔트 사용으로 상온 및 중온 혼합물 생산 가능

나. 연구개발 주요내용

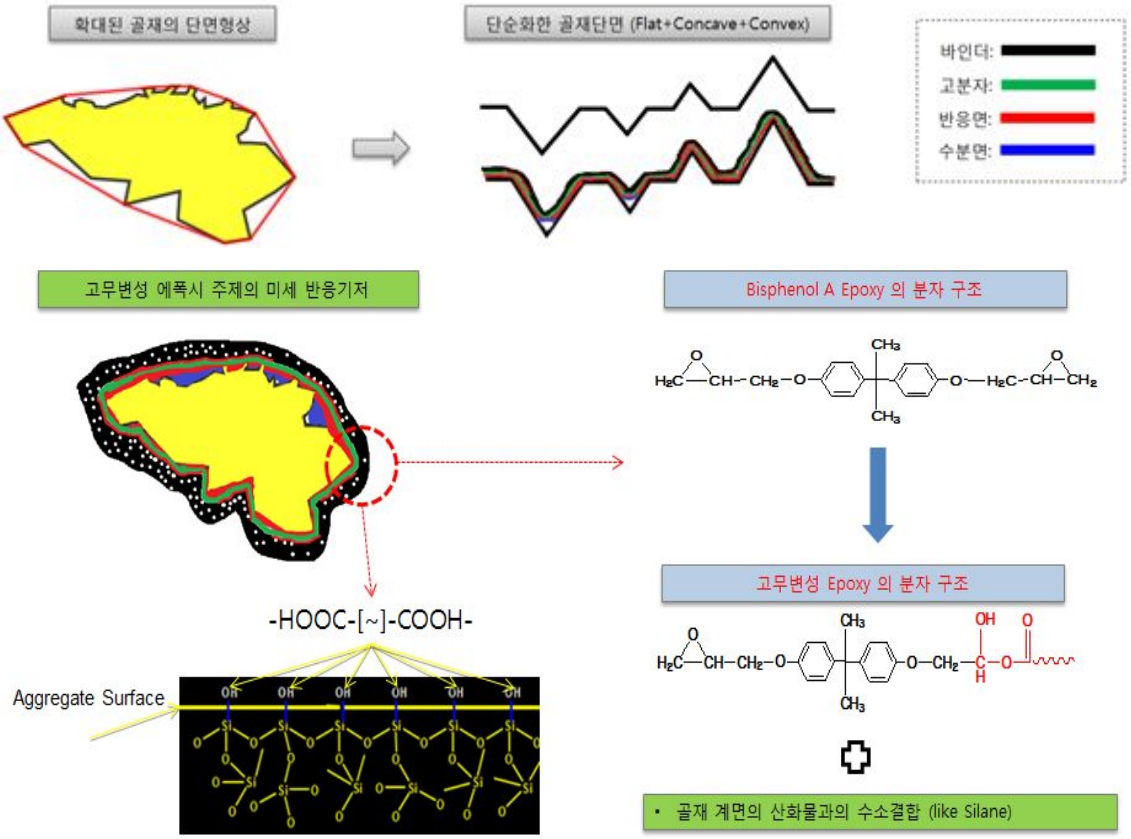


〈그림 3-10〉 고분자 코팅 준고온 이동식 아스팔트 혼합물 생산 공정

○ <그림 3-10>은 본 연구에서 최종 목표인 MMV 이동식 설비를 활용한 **고분자 코팅 준고온/준저온 이동식 아스팔트 혼합물** 생산 공정을 나타내며, 콜드빈의 경우 굵은 골재 처리 및 잔골재/석분 처리의 두 개의 개별 또는 순차적 공정으로 시작하여, **저에너지 드라이어 모듈 (전자기파를 활용한 골재 준고온 처리)**에서의 골재 준고온화(80-100도) 양생 과정 및 MMV에서의 고분자 및 아스팔트 분사 공정 이후 최종 혼합물을 생산 하는 단계를 포함하며, 최초 단독 배치(1-2톤) 생산시에는 일반 정치식 아스팔트 플랜트 혼합물 생산 시방규정에 명시된 시간 보다 상향 조정된 약 2분 30초가 소요되며, 연속식 공정에서는 50초-1분10초에 1개의 배치가 생산되는 효율을 목표로 예상함.

○ <그림 3-10>은 일반적인 가열 아스팔트 혼합물 생산 공정에서 매우 많은 열에너지를 소모하는 골재 건조 (상대습도 3% 이하, 180도 이상 골재 가열)를 위한 드라이어 공정을 최소화 (80-100도 범위)한 고분자 코팅 준고온 이동식 아스팔트 혼합물을 생산하는 공정을 나타내며, 이 경우 저에너지 드라이어 모듈 (전자기파를 활용한 골재 준고온 처리)에서의 골재를 양생 처리함.

○ <그림 3-10>은 공정에서 사용하는 고분자는 자연 상태의 천연골재의 습도(상대 습도 5-15% 내외) 및 저점도 유화 아스팔트가 함유한 물(물의 함량 15-30%로 조절 필요)을 이용한 습기 경화형 고분자로 골재표면에서 일어나는 경화반응으로 표면코팅을 유도하여 부착강도를 증대시키는 목적임.



〈그림 3-11〉 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물의 표면 경화 반응기저

□ 대안 1: 준고온형 혼합물: 고분자+저점도 바인더+고점도 바인더

○ 고분자 코팅된 골재를 사용한 준고온 혼합물 생산을 위해 사용하는 바인더는 저점도 및 고점도 바인더를 혼합해서 사용할 수 있으며, 저점도 바인더의 경우 동점도 등급으로 썹씨 100도 온도조건에서 동점도 0.3 Pa.s 이하를 유지해야 함. 이 경우, 저점도 바인더는 유화 아스팔트로 연행된 물의 양은 중량대비 30-40% 내에서 상기 기술된 동점도 등급에 따라 조절이 가능해야 함.

○ 여기에서 사용하는 고분자의 경우, 골재 코팅이외에 저점도 바인더의 점도증진(Adhesion improver)제 역할을 함께 수행 함.

○ 이때, 습기 반응성 고분자의 경우, 골재 자연 상태 상대습도 5-15% 내외의 골재 습도 조건에서 매우 우수한 코팅이 이루어지며, 상기한 바와 같이 골재 표면과의 반응은 골재 표면에 존재하는 -OH 기와 반응하며, 코팅 표면에서 저점도 유화 아스팔트와 고분자의 외측 반응은 유화 아스팔트에 내재된 -OH기와 가수 반응을 유도하여 부착강도를 개선시키는 기저를 나타냄(Silanol coupling 고분자)

○ 저점도 유화 아스팔트의 경우 과도한 물분자 연행(40% 이상)은 비 반응성 물의 양이 증가하게 되어 단기에 혼합물 내부에서 수분에 의한 손상을 일으킬 수 있으므로, 저점도 유화 아스팔트에 연행된 물의 양을 목표 동점도(0.3 Pa.s 이하)에 따라 반드시 30% 이하로 조절하여 사용해 야 함. 이 경우에서도 비반응성 물이 존재 할 수 있으나, 양생 시

간이 길어지는 경우, 자연 증발하거나, 추가 반응으로 시간에 따라 혼합물의 강성이 점차적으로 증가하는 특징을 나타 낼 수 있음.

- 저점도 유화 아스팔트의 기능은 골재 코팅 기능이외에 혼합과정에서 작업성을 개선하는 역할을 수행 함 (반응온도 70도 이상, 골재온도를 80-100도 조절 필요, 1차 고분자 코팅, 유화제 코팅 2차, 3차 고점도 아스팔트 분사, 고점도 일반 AP5 아스팔트 160-175도).
- 고점도 바인더의 경우, 섭씨 25도 침입도가 약 40-50 등급을 사용할 수 있으며, 점도 등급 조절을 위해 일반적인 AP5 아스팔트만을 사용하거나, AP3에 고점도의 Air Blown 아스팔트를 첨가하여 사용할 수도 있음
- 이 경우, 고점도 아스팔트의 분사온도는 최소 섭씨 160도를 유지해야 하므로 <그림 3-10>에서 고분자 코팅 공정 및 저점도 아스팔트 분사 공정 이외에 고점도 아스팔트 분사공정이 추가되어야 함.
- 이때, 코팅용 고분자 사용량은 굵은골재 중량 대비 약 1.5% 내외 이며, 저점도 (골재 중량의 2.0% 내외) 및 고점도 아스팔트 바인더 (골재 중량의 3.0% 내외)의 혼입량은 최종 요구하는 아스팔트 바인더의 침입도 점도 등급에 따라 그 사용량을 조절해야 함.

□ 대안 2: 준저온형 혼합물: 고분자+중점도 바인더

- 고분자 코팅된 골재를 사용한 저온 혼합물 생산을 위해 사용하는 바인더는 중점도 바인더만을 사용하며, 유화 중점도 바인더의 경우 침입도 점도 등급으로 60-70 등급을 유지해야 함.
- 중점도 바인더의 경우 상기 침입도 등급을 만족하는 유화 아스팔트를 사용해야하며 이때 물분자 연행 정도는 30% 이하를 유지해야 함.
- 중점도 아스팔트 바인더의 반응 기저는 습기 반응성 고분자의 골재 상대습도 5-15% 내외의 골재 습도조건에서 골재 코팅 및 고분자 경화반응 기저와 중점도 유화 아스팔트와 고분자의 외측 반응은 유화 아스팔트에 내재된 -OH 기와 반응을 유도하여 부착강도를 개선시키는 기저를 나타냄 (반응온도 70도 이상).
- 중점도 유화 아스팔트 바인더의 혼합온도는 섭씨 100도 이하로 최종 생산 되는 혼합물의 온도는 썹씨 70-80도를 유지하는 준저온형 혼합물 생산을 목표로 함.
- 골재 코팅을 위한 고분자 사용량은 굵은골재 중량 대비 약 1.5% (코팅용)내외를 사용하며, 골재 입도조건에 따라 그 사용량이 상기 범위에서 조절 되어야 함.
- 중점도 유화 아스팔트 사용량은 배합설계에 의하며 통상적으로 혼합물 전체 중량대비 4-5% 범위에서 사용량을 결정함.
- 대안 1 및 대안 2 포설 후 교통개방까지는 최소한 1시간 30분의 양생시간을 요구하며, 최종 혼합물의 간접인장강도 등급은 최소 0.9 MPa를 유지해야 함.

□ **대안 3: 에폭시 혼합물(중점 유화 아스팔트를 코팅용(2% 내외)+고분자 골재 중량대비 4-5% 범위에서 사용량)**

- ○ 대안 3의 경우, 고무 변성 및 Silane이 연행된 고분자를 바인더로 사용하며, 이때, 물분자 연행 정도가 30% 이하인 중점도 유화 아스팔트는 골재 코팅 및 계면에서의 습기경화 기저 발현을 목표로 함.
- ○ 이 경우, 에폭시 사용량이 최대가 되며, 열경화성 에폭시의 특성상, 가사시간 조절에 실패할 경우, 과도한 경화반응이 우려되기는 하나, 경험상 중점도 아스팔트를 중량비로 1.5% 내외와 변성된 에폭시를 혼입하여 사용하는 경우, 갑작스런 경화 반응은 일어나지는 않음.(현재 까지 실험상 1시간 가사시간 동안 유동성이 확보됨)
- ○ 또한, 중량비 1.5 % 내외의 중점도 아스팔트는 코팅용으로 사용하며, 추가적으로 양생시간 동안 혼합물 내에서 잉여 물분자와 경화 반응이 지속적으로 일어날 수 는 있음.
- ○ 중량비 4.0 % 내외의 고무변성/Silane 연행 주제 및 습기경화 2제의 경우, 탄성성질 강화 및 골재 계면에서 부착강도 증진, 연속상인 아스팔트 Maltene 과의 비극성-비극성 결합을 기대할 수 있는 장점이 있음.

다. 최종성과물 및 성과지표

세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1	골재 코팅용 고분자 바인더	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.3	• 바인더, 물성시험 등 총 3편
		2	지식재산권	특허출원/SW 건수	건	3	0.3	• 바인더, 물성시험 등 총 2건
		3	지침	지침 개발	건	1	0.1	• 바인더 1건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 바인더 2건
2	준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 3편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	2	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건
		3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	3	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건

라. 연차별 성과목표

세세부 과제	성과목표	성과지표	연차별 목표			
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도
1	골재 코팅용 고분자 바인더	논문	1	1	1	
		지식재산권	특허 1	특허 1	SW1	
		지침				1
		시작품	1	1		
2	준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계	논문	1	1	1	
		지식재산권	1	1		
		지침			1	1
		시작품	1	2		

마. 성과물 검증방안

○ 도로 재료 성과물(준고온 고분자 코팅 재료)은 ASTM 및 AASHTO 표준 시험 법에 의거 성과품 성능검증 시험을 자체적으로 실시하며, 관련 인증기관에 의뢰하여 부착강도 및 신율 시험 관련 표준 시험 성적서로 개발한 바인더의 성능을 인증 함.

○ 성과품의 기능과 성능을 검증하는 전략으로 단위시험과 주관연구기관에서 보유하고 있는 테스트 베드를 활용하여 실증실험을 실시하고, 기간적으로는 단기시험과 중장기시험으로 구분하여 성능을 검증함

○ 혼합물의 성능 검증은 도로포장 재료 휨강도, 인성지수 증대효과, 건조수축 저감율 등을 ASTM 및 AASHTO 표준시험법에 의거 기술검증을 실시함

바. 기술수요처 및 실용화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
준고온 (무건조/ 무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 바인더 및 혼합물 개발	1	골재 코팅용 고분자 바인더	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 현장시공 가능 재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 현장시공 가능 재료를 공항포장, 산업 단지내 포장 등에 적용 · 현장시공 재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성
	2	준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 현장시공 가능 재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 현장시공 가능 재료를 공항포장, 산업 단지내 포장 등에 적용 · 현장시공 재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성

2. 2세부과제 개요 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발

가. 연구개발 목표

과제명	• 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발
연구 목표	• 기존 정치식 및 이동식 플랜트에서 가장 많은 에너지를 소모하는 골재 건조를 위한 드라이어, 핫-빈, 핫-스크린 설비 등 공정을 삭제한 경량화 된 이동식 플랜트 개발
기술 내용	• 시간적 범위: 2020년 (TRL 7단계 실현) • 공간적 범위: 포트홀과 같은 중/소규모 도로 파손 유지보수, 공항포장, 항만포장, 교차로 등 • 연구적 범위 - 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 기술 - 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 기술 - 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 기술
기술개발 목표	◦ 1톤-2톤 1배치 단일 생산 혼합물 생산 시간 60초 이내 ◦ 1톤-2톤 1배치 연속 생산 혼합물 생산 시간 40초 이내 ◦ 1톤-2톤 1배치 단일 골재 양생 시간 50초 이내 ◦ 1톤-2톤 1배치 연속 골재 양생 시간 40초 이내

나. 연구개발 주요내용

○ 본 연구의 최종목표인 MMV 장비의 경우, 기존 정치식 및 이동식 플랜트에서 가장 많은 에너지를 소모하는 골재 건조를 위한 드라이어, 핫-빈, 핫-스크린 설비 및 공정을 삭제한 경량화 된 이동식 플랜트 개발을 목표로 함.

○ 표면습윤 상태의 골재를 퍼그밀 방식 또는 드럼형 믹서에 아스팔트와 혼합하기 전에 굵은 골재의 고분자 코팅과정을 추가하여 습기를 함유한 골재일지라도 최종 혼합물의 내구성 또는 강도에 영향을 미치지 않는 **고온/중온/상온 혼합물을 선택적으로 생산이 가능한 시스템**을 목표로 함.

○ <그림 3-12>의 경우, 본 연구과제에서 최종목표로 하는 다기능 콜드빈, MCV 및 MMV의 개념도로, 기존 이동식 플랜트에서 골재 드라이어 과정을 삭제한 친환경 경량화 이동식 혼합물 생산 플랜트임.



〈그림 3-12〉 핵심 연구추진 분야 (친환경 경량화 이동식 혼합물 생산 플랜트)

○ <그림 3-13>의 **(1) 다기능 콜드빈의 경우**, 고분자 코팅을 위해 습윤 처리된 굵은 골재(4.76 또는 10mm 이상)를 1차적으로 온도조절을 위해 MCV에 송출하는 기능과, 2차적으로 잔골재 및 석분을 MCV에 순차적으로 투입하는 기능을 함. 콜드빈 진동 체가름의 경우, 최대 골재 크기를 상회하는 크기를 고르는 기능이 추가되며, 1톤 또는 2톤 배치에 맞는 골재량을 계량하기 위한 피딩 속도 조절 기능이 있어야 함.

○ **(2) MMV의 경우,** 상온, 중온(80-100도) 또는 고온(130도 이상)에서 아스팔트 혼합물을 기존 가열아스팔트 혼합물 대비 내구성 손실 없이 생산 가능한 설비로써, 고분자를 이용한 골재 코팅기술을 접목하여 골재 건조 및 예열 과정 없이 목표로 하는 혼합물을 생산할 수 있는 기술을 개발 함. 상온 혼합물의 경우, 일반 스트레이트 아스팔트가 아닌 유화 아스팔트를 사용해야하며, 중온 또는 고온 혼합물의 경우, 일반 스트레이트 아스팔트를 사용함. 이에 따라, 각 생산온도에 따라 서로 상응한 아스팔트 혼합물의 내구성능 보장을 위해 각 생산온도에 따라 서로 다른 고분자 함량, 배합설계 방법 등을 적용해야 함.

○ MMV에 탑재되는 혼합물 믹서의 경우, 퍼그밀 방식 또는 드럼방식을 대상으로 혼합물 생산에 가장 효과적인 설비를 설정 하고자 함.

○ **(3) MCV의 경우,** MMV에 골재를 투입하기 전에 습윤 상태의 굵은 골재와 자연 상태의 잔골재 및 석분의 온도를 순차적으로 약 60-70도 까지 조절 및 잔골재 및 석분을 혼합하는 기능을 수행함.

○ MCV (굵은골재)로부터 MMV 퍼그밀 믹서에 이송된 골재를 대상으로 고분자 코팅과정(온도 100도 이하)을 수행하며, 1차적으로 습윤 상태의 굵은 골재(60-70도)를 고분자로 코팅 하는 단계, 2차적으로 잔골재와 석분 (60-70도)을 투입하는 단계, 3차적으로 고온(150-160도)의 아스팔트를 분사하는 단계와, 4차로 전체 혼합물을 혼합하여 생산하는

단계를 포함 함.

○ 상기한 이동식 혼합물 생산은 기존 가열아스팔트 혼합물 생산에서의 고온 (170도 이상) 골재 건조 및 예열단계를 삭제하여, 최종적으로 생산된 혼합물은 상온상태(유화 아스팔트 사용시), 중온상태(약 80-100도) 또는 고온상태(130도 이상)의 혼합물을 선택적으로 생산이 가능한 시스템을 목표로 함.

○ 이 경우, 굵은 골재(60-70도)코팅을 위한 고분자의 점도는 가열 아스팔트 혼합물 생산 시 최적의 작업성을 발휘하는 동점도 약 100-150 cSt(Centi Stokes)와 유사한 점도를 유지해야함. 사용 고분자는 굵은 골재 코팅 및 아스팔트 바인더의 유동성 개선 역할을 수행 함.

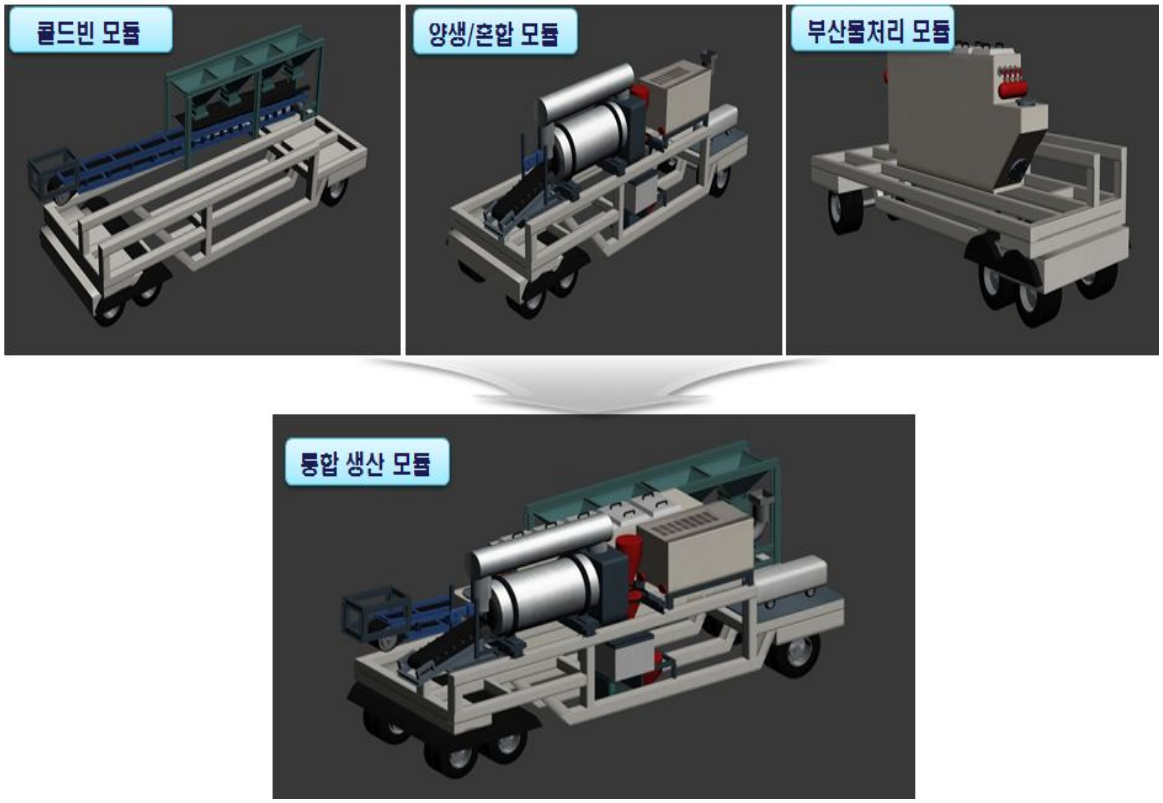
○ 혼합물 생산 시 고분자 및 아스팔트 바인더의 사용량은, 골재 중량 대비 고분자를 약 0.5-1%를 함유하며, 아스팔트 바인더의 경우, 골재 중량대비 3-4%를 함유 함. 굵은 골재 코팅사용량 초과 고분자는 아스팔트 바인더의 유동성을 개선하여 생산·포설·다짐 시 온도(80-100도)에서 가열 아스팔트 혼합물의 다짐 시 동점도인 약 300-400 cSt를 유지해야 함.

○ <그림 3-13>의 MCV의 경우, 상기한 MMV의 부속설비로 이용하는 기능이외에, 기존 가열 아스팔트 혼합물 시공 시 부속설비로, 기존 정치식 플랜트에서 생산된 혼합물을 아스팔트 페이버에 투입하기 전에, 혼합물의 온도조절(130-135도 유지) 및 재혼합을 수행하여 아스팔트 페이버에 혼합물을 투입하는 기능을 수행하기 위함.



〈그림 3-13〉 핵심 연구추진 분야 (다기능 이동식 혼합물 품질관리 장비, MCV)

○ 상기한 콜드빈-모듈, MMV 및 MCV 설비모듈이 현장에서 혼합물을 생산하는 가상도는 다음 <그림 3-14>와 같음. 기본적으로 각 모듈별 단일 설비로 운용되며, 이동 효율성 제고 및 신속한 유지보수를 위한 중소규모 재료생산을 목표로 함.



〈그림 3-14〉 다기능 이동식 혼합물 생산 통합 모듈

○ 다기능 콜드빈을 위한 자동화 시스템의 구성은 골재이송, 분류, 배송 기능을 위한 자동화 단말 시스템 및 제어장치들을 구성하여, 다음과 같은 현장 생산 공정 계측 및 통합제어 기능이 가능한 시스템을 목표로 함.

- 순차적 골재 계량 및 피딩 프로세스
- 가변식 콜드빈 골재 진동 체가름 및 체가름 프로세스
- 골재 분류, 가름, 거름, 배송 모니터링

○ MMV 장비를 위한 자동화 시스템 구성은 경량화 된 이동식 플랜트 구성에 알맞은 자동화 단말 시스템 및 제어장치들을 구성하여, 다음과 같은 현장 생산 공정 계측 및 통합제어 기능이 가능한 시스템을 목표로 함.

- 현장 생산온도(고온/중온/상온)별 배합설계 자동화 프로세스
- 생산온도(고온/중온/상온)별 가열 제어 프로세스
- 혼합물 믹서 운용 제어 프로세스
- 혼합물 및 고분자 혼합 재료 투입 모니터링
- 혼합물 온도 및 상태 등 품질관리 모니터링
- 혼합물 생산량 및 포설 시공량 모니터링

○ MCV 장비의 자동화 시스템은 MMV에 골재를 투입하기 전의 운용 기능 및 현장 재가열을 위한 운용 기능이 있으며 다음과 같은 현장 가열-혼합 공정계측 및 통합제어 기능이 가능한 시스템을 목표로 함.

- 골재량 계량 모니터링
- 적정온도 제어 및 골재/석분 혼합 제어
- 생산온도(고온/중온/상온)별 가열 제어 프로세스
- 혼합물 재가열 및 재혼합 모듈 모니터링
- 혼합물 가열-혼합 생산량 모니터링

○ MMV 및 MCV 장비는 도로 현장에서 적용되는 운송체 기반이므로 디젤 차량에서 발생하는 NOX 및 NH3 저감 제어장치 및 저감용 촉매를 개발하여. 친환경 추세 및 환경오염 규제에 대비한 매연저감 시스템으로 친환경 혼합물 생산설비 및 현장 시공설비의 구축이 가능하도록 함.

○ MMV 및 MCV장비의 자동화 시스템들은 건설기계 전자제어 시스템 규격 및 토공기계 장비제어 시스템 기능 안전성 표준 규격(ISO 15998) 등 국제 규격에 맞는 내환경 및 내신뢰성 기반의 시스템 개발을 목표로 함.

○ 이동식 플랜트 설비를 대상으로 한 해외시장 진출을 위한 건설 장비 사업 활성화 방안 연구 기획 결과를 바탕으로 동남아 대상국가의 기반시설 확충에 대한 현실 수요에 대응하는 이동형 도로포장 혼합물 생산 플랜트 패키지 적정기술 수출 및 관련 중소기업의 대외 경쟁력 향상 도모

다. 최종성과물 및 성과지표

세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 (MMV)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.3	• 정유량/정온주입/분사/Mixing 시스템, 재료간 혼합 기술/매커니즘/시스템 6편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	• 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼, 이동식 생산 및 포설 장비, 분사, Mixing 시스템 4건
		3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 혼합물 생산 장비, Mixing 시스템 지침 2건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 혼합물 생산 장비, Mixing 시스템 2건
2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 (MCV)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	12	0.3	• 실시간 골재 함수비 계측/에폭시 분사, 고분자수지 적정 골재 온도, 매연/분진/악취/소음 저감, MCV/MMV 제어 알고리즘 12편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	8	0.3	• 플랜트 가열-분사제어, 벌크물질 계량, 환경오염저감, 혼합물 생산장비 제어 8건
		3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	4	0.1	• 플랜트 가열-분사, 연속 계량/가열, 생산장비 통합공정제어, 환경오염물질 저감 4건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	4	0.3	• 플랜트 가열-분사, 연속 계량/가열, 생산장비 통합공정제어, 환경오염물질 저감 4건
	이동식 플랜트 및 수송 장비 제어	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.3	• 고분자 코팅/생산 설비, 원자재 이동식 공급, 골재가열 실시간 함수비 측정/모니터링 5편
		2	지식재산권	특허출원 및 SW등록 건수	건	5	0.3	• 플랜트 통합 제어 및 모니터링 소프트웨어/시스템, 이동식 아스콘 혼합법 5건
		3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 고분자 코팅/혼합/생산/공급 설비, 생산설비 통합 제어/모니터링 2건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 고분자 코팅/혼합/생산/공급 설비, 생산설비 통합 제어/모니터링 2건

라. 연차별 성과목표

세세부 과제	성과목표	성과지표	연차별 목표			
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도
1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 (MMV)	논문	1	1	2	2
		지식재산권		특허 2		특허 2
		지침			1	1
		시작품			1	1
2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 (MCV)	논문	1	3	4	4
		지식재산권		특허 4		특허4
		지침			1	3
		시작품		1	1	2
	이동식 플랜트 및 수송 장비 제어	논문		1	2	2
		지식재산권		특허 1	SW 3	특허 1
		지침			1	1
		시작품			1	1

마. 성과물 검증방안

○ 성과품의 기능과 성능을 검증하는 전략으로 단위시험과 주관연구기관에서 보유하고 있는 테스트 베드를 활용하여 실증실험을 실시하고, 기간적으로는 단기시험과 중장기시험으로 구분하여 성능을 검증함

○ 고분자/Asphalt 계량 분사 및 Mixing System은 정유량, 정온 주입 여부와 최적의 Coating 조건을 달성하기 위한 Mixing의 자체 테스트를 수행하며, 현장 혼합 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산 및 타설 장비는 80~100℃혼합물 생산가능 여부, 1분 내외의 연속 생산가능 성능검증 시험을 실시함

○ 드라이어 가열방식은 60~70℃의 온도 유지 가능 여부와 실시간 골재 함수비 계측 가능 여부를 평가하며, 이동플랜트 생산 장비는 통합 제어 가능 여부를 자체 평가함

○ 환경오염 저감 장치의 평가를 위해 별도의 계측장비와 실험 장비를 이용해 매연 저감율, 분진 저감율, 악취 저감율, 소음 저감율 등의 성능 검증을 실시함

○ 단위시험은 개발한 핵심기술에 대해 부품이나 요소 장치에 대해 기능과 성능 실험을 다양하게 하기 위해 주관연구기관에 테스트랩-베드 사이트를 구축하여, 별도의 계측장비, 실험장비 등을 구성한 후 단기적인 실험을 실시함

○ 실증실험은 도로 시험장에 실물 장치를 설치하여 종합시험을 실시하는데, 주관연구기관(KICT)에서 추진하는 연천 SOC 시험장의 활용 시점과 맞추어질 경우, 이를 활용하여 장기 공용성 테스트를 실시하도록 연계함

바. 기술수요처 및 실용화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발	1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 (MMV)	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 이동식 아스팔트 현장 생산 방식을 일반국도 및 고속도로 현장에 적용 · 이동식 혼합물 생산 플랜트 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용
	2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 (MCV)	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 아스팔트 현장 가열-혼합-수송 방식을 일반국도 및 고속도로 현장에 적용 · 이동식 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 구술 국내외 기술 이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용
		이동식 플랜트 및 수송 장비 제어	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 지침 보급 · 이동식 플랜트 제어 기술 및 수송 장비 기술 국내외 기술 이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용

5절. 세부과제간의 연계관계

가. 세부과제간 연계관계 정의

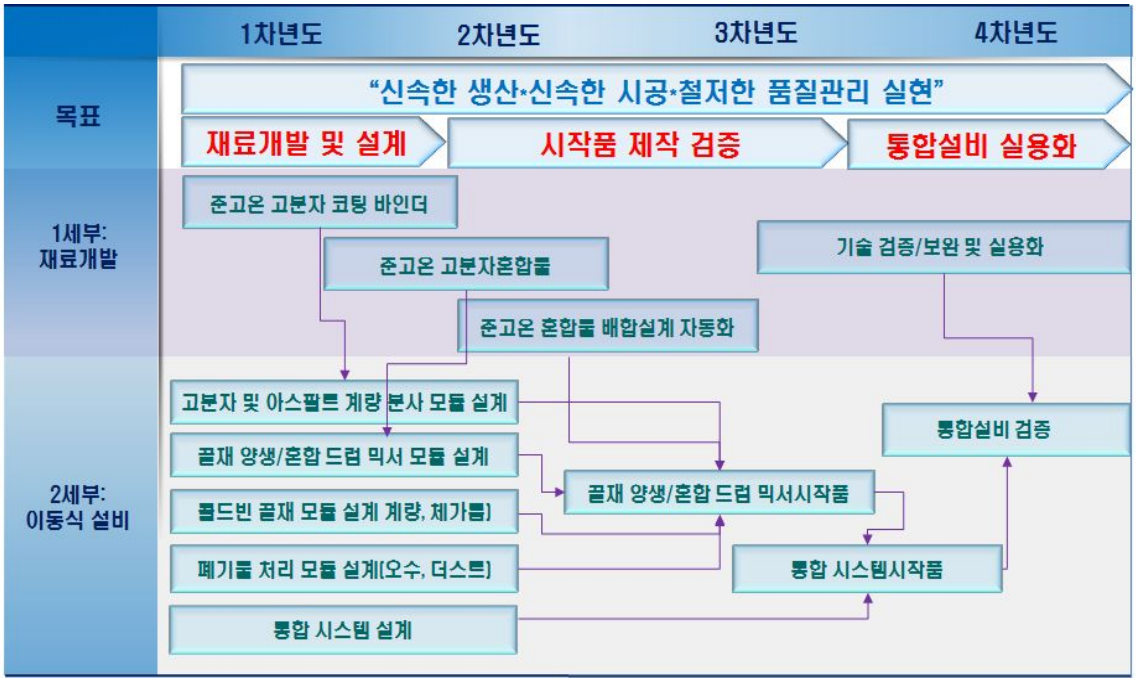
○ 현장 생산 재료개발 분야(1세부)와 현장 생산 설비 분야(2세부)의 연계 관계는 현장에서 생산하는 재료의 성질을 설비에 반영하는 구조로, 사용 고분자 및 바인더의 사용량, 분사, 혼합, 생산 과정의 점도 및 온도에 따라 설비의 기능 및 제어 설계 개념이 결정 됨.

○ 설비 모듈별 시작품에서 바인더 및 혼합물의 생산 및 내구성능 적정성 등을 종합적으로 평가하여 최종 통합설비 시작품을 제작 함.

○ 실증실험은 도로 시험장에 실물 장치를 설치하여 종합시험을 실시하는데, 주관연구기관(KICT)에서 추진하는 연천 SOC 시험장의 활용 시점과 맞추어질 경우, 이를 활용하여 장기 공용성 테스트를 실시하도록 연계함

<table>
<tr><th>구분</th><th>과제명</th><th>연계방안</th></tr>
<tr><td>1세부</td><td colspan="2">준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 바인더 및 혼합물 개발</td></tr>
<tr><td>1-1</td><td>골재 코팅용 고분자 바인더 개발</td><td rowspan="3">◦ 1-1 세세부 과제인 준고온 고분자 처리 아스팔트 바인더의 소요 물성에 따라, 2-1세부 과제의 고분자 계량 및 분사모듈의 설계개념이 정의 됨.
◦ 1-2 세세부 과제인 준고온 고분자 처리 아스팔트 혼합물의 소요 물성에 따라, 2-1세부 과제의 골재 양생/혼합 드럼 믹서의 설계개념이 정의 됨.
◦ 1-2 세세부 과제인 준고온 고분자 처리 아스팔트 혼합물 배합설계 개념에 따라, 2-1세부 과제의 준고온 현장 생산 혼합물 통합 시스템의 설계개념이 정의 됨.
◦ 1세부과제의 성과물을 2세부 전체의 목표인 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트에서 생산 하는 체제로 구성되며, 각 모듈별 시작품 설계 및 구현이후, 검증 및 보완 단계를 거쳐 통합 설비 검증과 연계됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1-2</td><td>준고온 현장생산 혼합물 개발</td></tr>
<tr><td>준고온 현장생산 배합설계 기술 개발</td></tr>
</table>

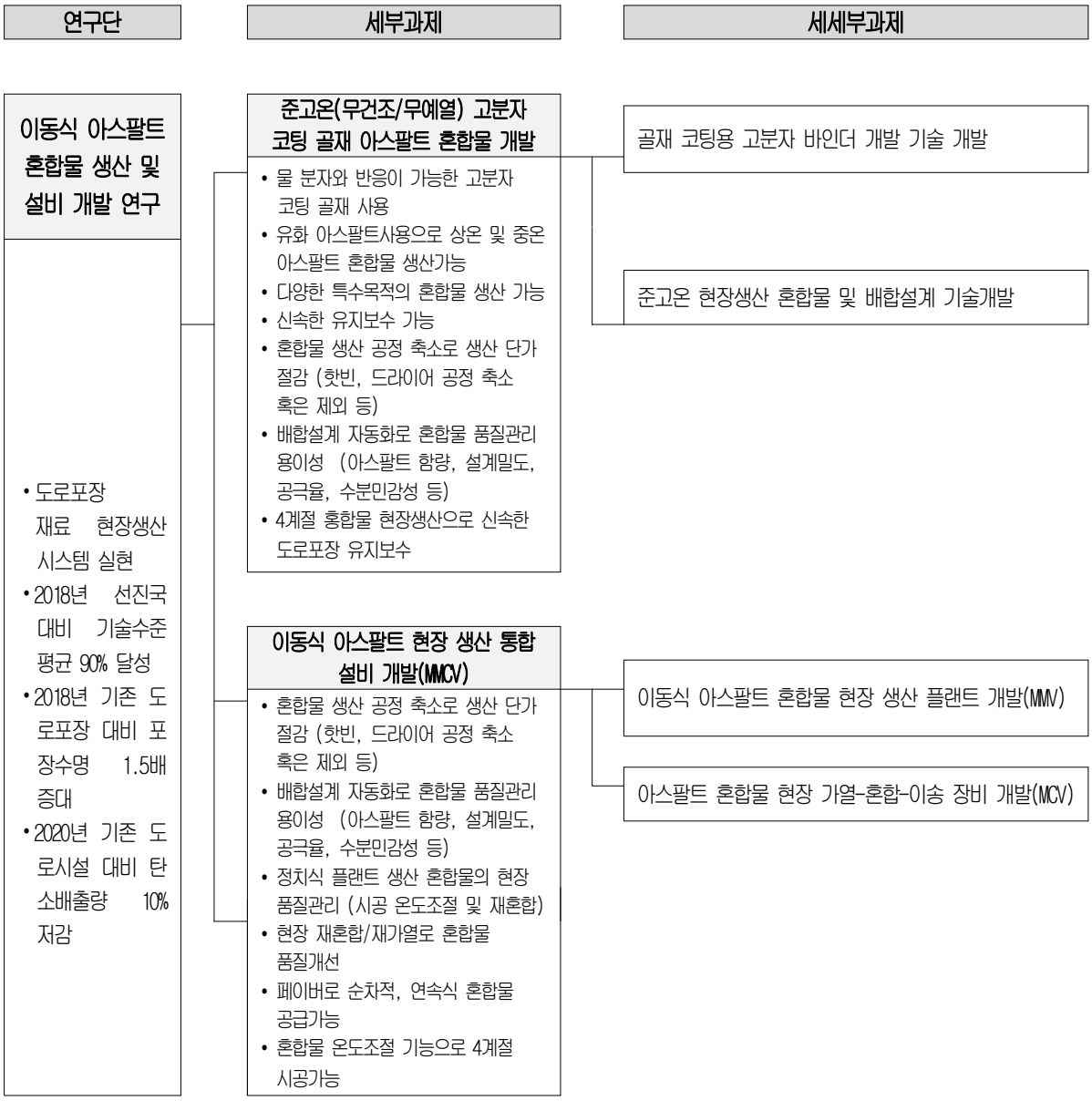
구분	과제명	연계방안
2세부	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발	
2-1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발 (MMV)	◦ 2-1세세부 과제인 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발과 2-2세세부 과제인 현장 가열-혼합-수송 장비 개발에서 가열 분사 시스템 장비 기술 간 연계가 있음 ◦ 2-2세세부 과제인 현장 가열-혼합-수송 장비 개발의 혼합물 생산 장비 운용 제어기 및 배합설계 자동화 기술과 2-2세세부 과제인 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 개발의 이동식 플랜트 통합 제어 및 모니터링 기술과 상호 연계관계가 있음 ◦ 2세부 전체의 목표인 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 기술과 연계됨
2-2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV)	
	이동식 플랜트 및 수송 장비 제어 기술 개발	



〈그림 3-15〉 세부과제별 연계관계

6절. 연구수행체계 제안

□ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 연구개발 과제는 2개 세부과제, 6개 세세부과제 (4개 세세부로 통합 제안)로 구성하였음



4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 정책적 중요성

□ **동 기획과제는 도로 유지보수에 따른 국가예산 절감 및 신속한 유지보수를 통해 국가교통망의 원활한 서비스를 제공하는 등 산업정책적, 국토개발적 중요도가 높음**

○ 도로시설의 외형적 규모는 급격하게 증가하고 있으며, 2000년 총 연장 88,775km에서 2014년 106,415km로 증가 이중 고속국도의 경우 2,131km에서 4,112km로 두 배가량 증가함

○ 2015년 정부의 SOC 예산 중 도로예산은 2014년 8조 4,695억 원보다 4.6% 높아진 8조 8,590억 원으로 증가하였으며, 이중 위험도로 개선 등 도로안전투자에 1조 3,000억 원 투자를 계획하고 있음

- 최근 잇따라 발생한 싱크홀 현상에 대처하기 위해 탐사장비 20억 원, 지하 공간 통합지도 작성연구 1억 원, 지반침하 예방을 위한 연구개발(R&D) 사업 42억 원 등 총 63억 원이 추가로 투입

○ 동 연구는 도로포장의 신속한 유지보수를 통해 포트홀 등의 조기파손에 따른 국가 예산 손실방지 및 안전한 교통서비스 제공을 목적으로 함

□ **동 기획과제는 우리나라가 ‘온실가스 감축’ 의무를 이행하고 관련 시장을 선점하기 위한 건설재료분야 핵심기반기술로서 의미가 큼**

○ 우리나라의 경우, 국가 온실가스 감축목표를 2020년 배출전망치(BAU) 대비 30%를 설정하고 건설 산업을 비롯한 산업전문야에서 동일한 목표달성을 위하여 다각적인 노력을 경주하고 있음

- 최근 발표된 박근혜정부의 경제혁신 3개년 계획에서 온실가스 감축 부담 절감을 위한 상설협의체 운영 등을 추진하는 등 배출권 거래제 대응에 취약한 중소기업 등 산업계 지원책을 제시함

○ 건설 재료는 건설 산업의 인프라를 제공하는 기술 분야로서 대량의 온실가스를 발생시키는 건설 분야와 밀접한 관계를 지니고 있음

- 아스팔트 산업은 지속적 온실가스 감축이라는 국제적 니즈에 대응 필요성이 큰 분야임

- 동 연구에서는 무건조·무예열 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발을 통해 기존 골재 드라이어 삭제 또는 최소화를 목표로 하고 있음

나. 사업추진의 시급성

□ **국내에서는 매년 비나 눈으로 인한 수분침투, 아스팔트 품질관리 미흡 등으로 인해 포트홀 발생하고 있으며, 이에 따른 조속한 대응 기술개발이 필요한 시점임**

○ 포트홀은 지난 10년간 서울에서만 약 50만 건이 발생, 포트홀에 의한 교통사고도 2천 건 이상 발생한 것으로 집계됨[24)]

- 2005년~2014년 7월까지 발생한 포트홀은 총 49만 5,636건이 발생
- 포트홀은 2005년~2009년까지 한해 약 3만여 건이 발생하였으나 2010년(8만8천건) 이후 크게 증가추세임

○ 아스팔트 콘크리트 도로포장은 일반국도의 95%, 고속국도의 40%에 해당하며, '13년 포트홀 보수비로 약 103억 원이 지출됨[25)]

- 포트홀은 전체 도로 파손 가운데 66%를 차지해 균열(24%)에 비해 3배가량 많음

○ 포트홀 등 소규모 도로포장 유지보수의 경우, 경제성 문제에 따른 기존 정치식 아스팔트 생산 플랜트 사용불가, 계약과정 및 행정절차 등의 문제로 적시에 해결되지 못하는 사례가 발생함

○ 동 연구는 신속한 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산 장비 개발을 목표로 하고 있어 포트홀 등의 소규모 피해에 대해 즉각적인 유지보수가 가능하며, 사회현안 문제해결을 위해 기술개발이 기급함

다. 정부지원 타당성

□ **동 연구로 개발되는 장비는 국산화를 통해 저비용으로 장비보급이 가능하며, 일부 관련규정 검토를 통해 신속한 유지보수가 가능함**

○ 향후 개발되는 이동식 아스팔트 플랜트 장비는 도로관리주체(한국도로공사, 일반국도 유지관리 사업소, 지자체 도로관리 사업소 등) 및 민간업체 등에서 도로 유지관리 장비로서의 역할을 수행함

- 별도의 아스팔트 혼합물 생산면허 없이 혼합물 생산이 가능한 상시적 도로포장 유지관리 장비로 활용 가능함
- 위험도로구간의 응급복구용으로 활용되거나, 주간선 또는 보조간선도로의 신속한 유지보수 장비로 활용 가능함

○ 일반적으로 국내에서는 소규모 유지보수일지라도 설계-발주-계약-시공-준공검사 등으로 도로 유지보수에 많은 시간이 소요되나 이동식 아스팔트 플랜트 개발 및 일부 관련 규정 검토를 통해 즉각적으로 장비투입을 통한 유지보수가 가능함

---

24) '서울서 10년간 포트홀 50만건', 연합뉴스, 2014.10.12
25) 포트홀 관련기사, 2014.1.23., MBN뉴스/연합뉴스 등

2. 상위계획과의 부합성

가. 정부/부처 상위유관계획과의 부합성

□ **동 연구는 공공시스템과 연계한 신산업 창출, 소재산업 확산, 교통망 개선 관점에서 「박근혜정부 국정목표 및 국정과제('13)」 방향성에 부합함[26)]**

○ 박근혜정부 국정과제에서 제시한 '과학기술을 통한 창조산업 육성'은 신산업 창출을 위한 생태계 창조형 R&D로변화, 사회복지 · 안전 등 공공시스템과 연계한 신시장 창출 지원을 목표로 함

- 동 연구에서는 혁신기술인 완전 이동 · 생산식 아스팔트 혼합물 생산 기술 개발을 통해 교통안전과 연계된 새로운 시장 창출을 목표로 하고 있음

○ 국정과제 'IT, SW 융합을 통한 주력산업 구조 고도화'에서는 소재, 부품, 뿌리산업분야(중소, 중견기업 중심)의 융합 확산지원을 목표로 함

- 동 연구에서는 세계최초 무건조 · 무가열 고분자 코팅 골재 혼합물 개발을 통해 아스팔트 소재산업 역량확보를 목표로 하고 있음

○ 국정과제 '물류 · 해양 · 교통체계 선진화'에서는 혼잡한 간선도로망과 도시권 철도, 도로망 개선을 목표로 함

- 동 연구에서 개발하고자 하는 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트는 도로의 신속한 유지보수를 통해 안전한 교통서비스 제공을 목적으로 함

□ **동 연구는 과학기술과 기초연구역량강화를 추진하는 「국가재정운용계획('13- '17)」의 방향성에 부합함[27)]**

○ 「국가재정운용계획('13-'17)」의 R&D분야 투자방향은 성장 잠재력 확충을 위해 창조경제 기반이 되는 창조 · 융합 · 선도과학기술 및 기초연구 확대를 추진하고 있음 (기초연구 비중(%) : ('13) 35.4 → ('17) 40.0)

- 동 연구는 아스팔트 고분자재료 기술의 기초원천 역량 확보를 추진하고 있어 성장 잠재력 확충을 위한 창조경제의 기반연구에 해당함

□ **동 연구는 「건설산업진흥기본계획('13- '17)」의 20개 추진방안 중 '부가가치 제고를 위한 건설기술 R&D 활성화' 의 방향성에 부합함[28)]**

○ 「건설산업진흥기본계획('13-'17)」은 '건설산업의 지속발전 기반강화 '비전 달성을 위한 목표로 '건설산업 성장동력 강화'를 설정했으며 이를 위한 추진방안으로 '부가가치 제고를 위한 건설기술 R&D 활성화'를 채택함

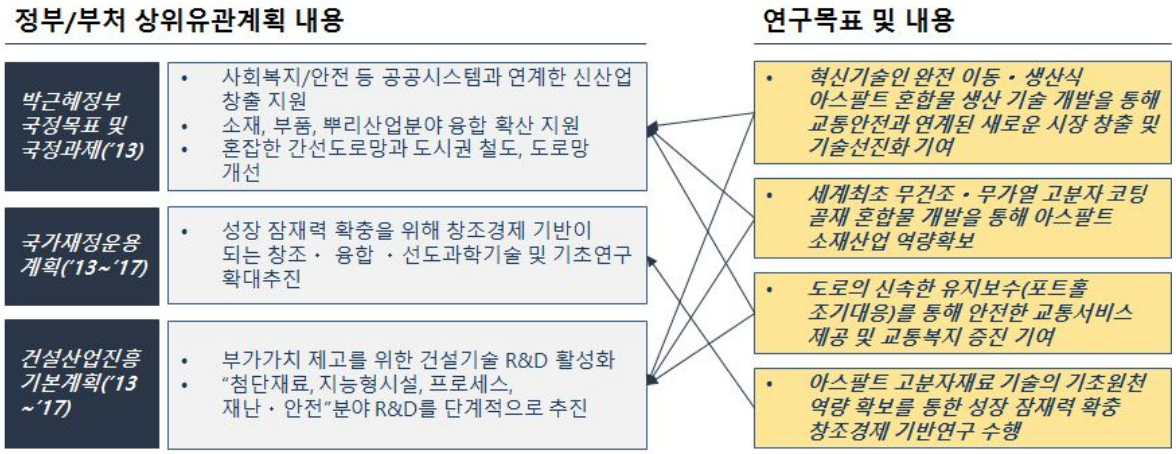
○ '부가가치 제고를 위한 건설기술 R&D 활성화' 추진방안은 '기술혁신 및 글로벌 시장변

---

26) 박근혜정부 국정비전 및 국정목표, 대통령직인수위원회, 2013
27) '12-' 16 국가재정운용계획, 2012
28) 제4차 건설산업진흥기본계획(2013-2017), 2013

화에 대응하기 위한 시장선도형 고부가 기술개발' 필요성에 따라 건설기술 발전의 근간인 "첨단재료, 지능형시설, 프로세스, 재난 · 안전"분야 R&D를 단계적으로 추진하고자 함

- 동 연구는 아스팔트 고분자재료 핵심 원천기술 및 이동 · 생산식 아스팔트 혼합물 실용화기술을 선점, 추진하고자 함



<그림 4-1> 정부/부처 상위유관계획과의 부합성

나. 정부/부처 중장기 R&D계획과의 부합성

□ **동 연구는 사회문제를 발굴, 해결하기 위한 연구개발 및 기초연구를 지원하고자 하는 「제3차 과학기술기본계획('13- '17)」의 방향성에 부합함[29)]**

○ 제3차 과학기술기본계획에서는 국민수요가 큰 긴급한 사회문제 해결을 위한 범부처 협업 프로젝트 추진하여 연구, 기술중심이 아닌 솔루션 제공형 연구개발을 지원하고 있음

- 국민 참여형, 개방형 공모를 통해 사회문제를 발굴하고 이를 해결하기 위한 기술적, 제도적 개선 및 R&SD(Research & Solution Development)지원하고 장기 과제보다는 3~5년 내 성과 창출이 가능한 사회문제 해결을 추진함

- 최근 국내에서는 도로에서의 포트홀 현상 확대로 피해가 발생하고 있으며, 동 연구는 포트홀의 조기대응이 가능한 이동식 아스팔트 생산 플랜트 개발을 목적으로 하고 있음

○ '국가 전략기술 개발' 전략을 위한 중점기술에서 '걱정없는 안전사회 구축분야' 의 전략기술인 기반시설 기능유지 및 복구-복원기술의 기술수준은 선진기술모방 개량 수준임

- 동 연구를 통해 혁신기술인 완전 이동 · 생산식 아스팔트 혼합물 생산 기술 선점으로 기술수준 선진화에 기여할 것으로 판단됨

○ '중장기 · 안정적 기초연구 투자확대' 추진과제에서는 국가재정운용계획과 마찬가지로 정부 R&D 예산 중 기초연구 비중을 '13년도 36% →'17년도 40%를 목표로 설정

29) 제3차 과학기술기본계획 ('13~' 17), 2013.7, 미래창조과학부

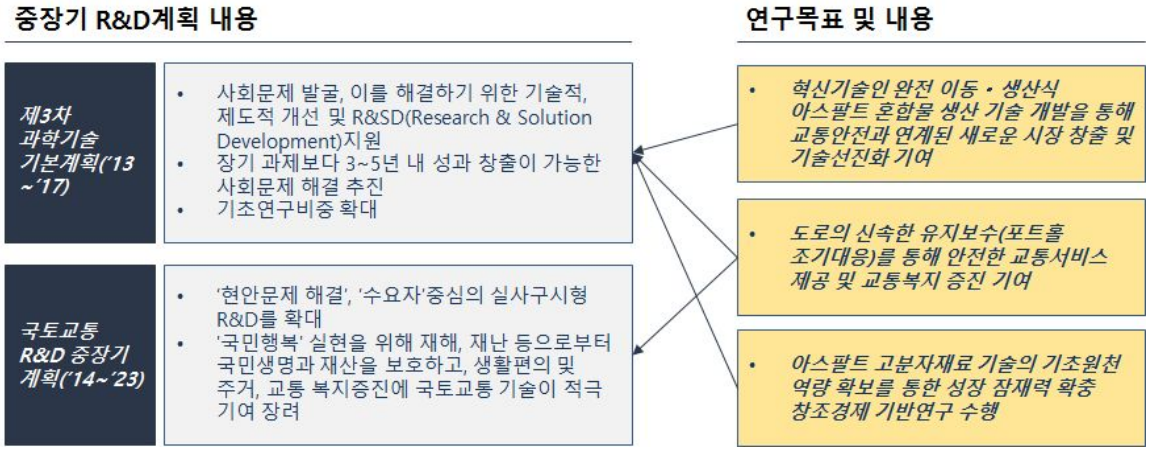
- 동 연구는 아스팔트 고분자재료 기술의 기초원천 역량 확보를 목표로 하고 있음

□ **동 연구는 SOC신설에서 기존 SOC 개선으로 패러다임을 전환한 「국토교통 R&D 중장기계획('14~'23)」의 방향성에 부합함[30)]**

○ 국토교통 R&D 중장기 계획은 주거, 교통 등 국민생활과 밀접한 분야이므로 보다 편리하고 안전한 국토교통 조성 및 국민복지 향상에 R&D가 기여함을 기본으로 하여 '현안문제 해결', '수요자'중심의 실사구시형 R&D를 확대하고자 함

- '국민행복' 실현을 위해 재해, 재난 등으로부터 국민생명과 재산을 보호하고, 생활편의 및 주거, 교통 복지증진에 국토교통 기술이 적극 기여할 수 있도록 함

- 동 연구는 안전한 교통서비스 제공을 목표로 하고 있어 교통복지 증진에 크게 기여할 것으로 판단됨



〈그림 4-2〉 정부/부처 중장기 R&D계획과의 부합성

30) 국토교통 R&D 중장기전략(안), 2014.7, 국토교통부

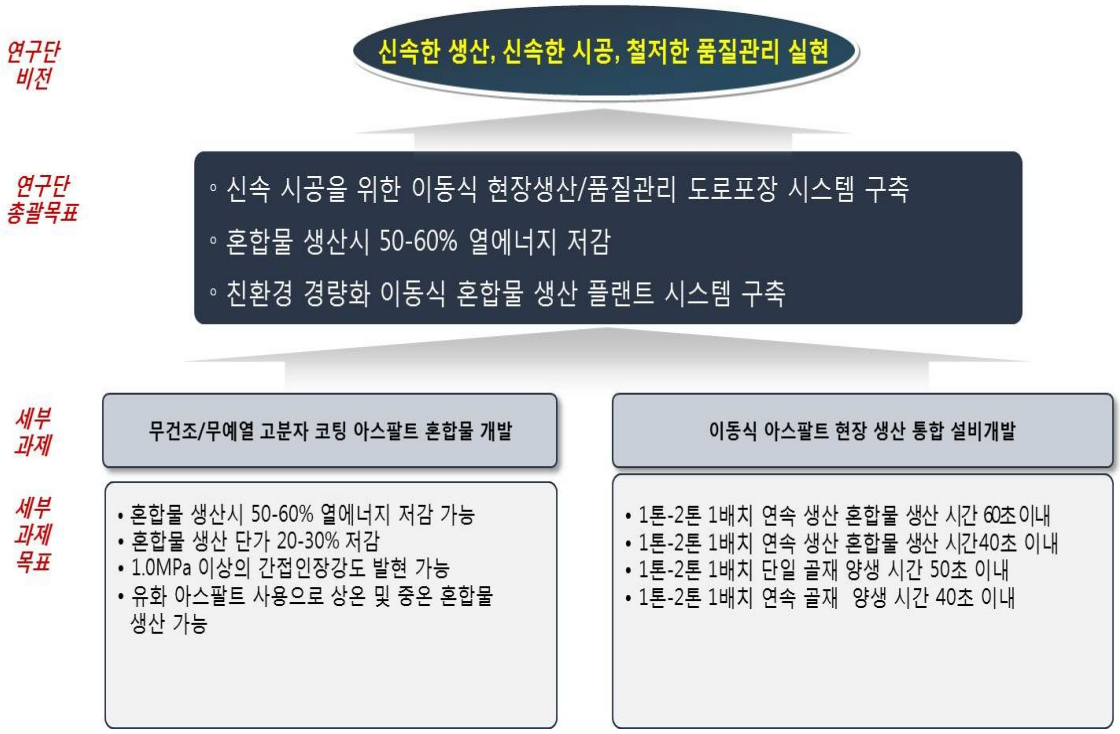
2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 적절성

○ 사업 목표의 구체성 분석

- “이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합 수송 장비 개발 연구단”은 도로현장에서 포장재료 생산 장비(MMV: Mobile Mixing Vehicle) 및 재료 품질 관리 장비 (MCV: Mobile Control Vehicle)개발하는 것으로써 연구의 목적이 명확함
- 본 연구단에서 개발하고자 하는 기술의 목표를 정량적으로 설정하였음
  - 연구단의 연구목표는 “신속 시공을 위한 이동식 현장생산/품질관리 도로포장 시스템 구축”, “혼합물 생산시 50-60% 열에너지 저감”, “친환경 경량화 이동식 혼합물 생산 플랜트 시스템 구축” 등으로 설정하였음



〈그림 4-3〉 연구단 총괄목표 및 세부 목표

- 논문/특허 분석, 시장 및 기술에 대한 국내외 동향분석을 통하여 연구목표 및 세부과제를 도출한 근거를 타당하게 제시하였음
- 세부과제별 기술개발목표를 구체적으로 제시함으로써 연구단의 목표 달성 여부는 세부과제별 기술개발목표 달성 여부로 판단할 수 있음

<표 4-1> 세부과제별 기술개발목표

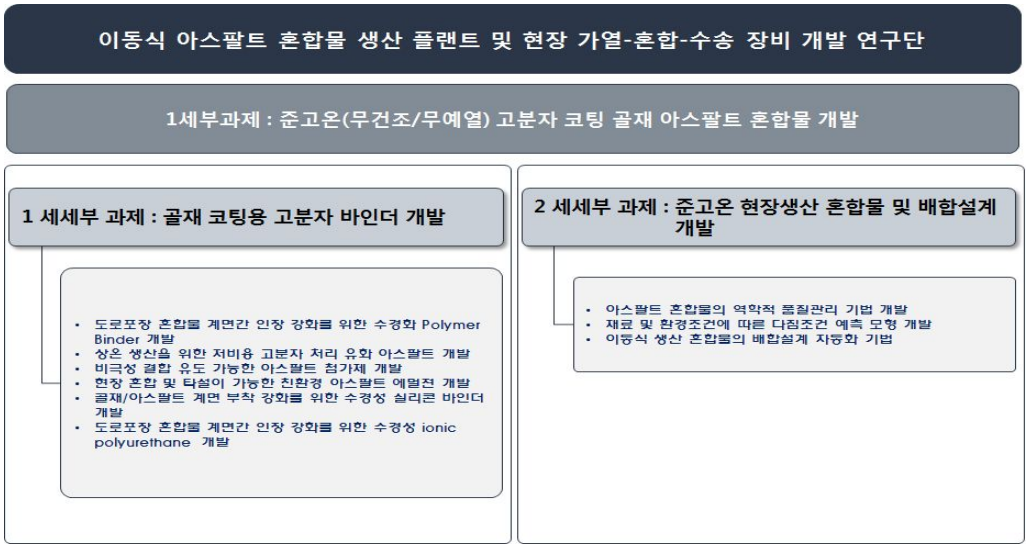
1세부과제 기술개발목표	• 혼합물 생산시 50-60%열에너지 저감 가능(혼합물 생산 단가 20-30%)저감 • 기존 혼합물 대비 수분에 매우 강하며, 1.0MPa 이상의 간접인장 강도 발현 가능 • 유화 아스팔트 사용으로 상온 및 중온 혼합물 생산 가능
	• 고분자는 자연 상태의 천연 골재의 습도를 이용하여 골재 표면에서 일어나는 경화 반응으로 표면 코팅을 유도하여 부착강도를 증대시키는 목적임 - 골재 코팅용 고분자(고무변성) 바인더 개발 - 준고온형 혼합물(고분자+저점도 바인더+고점도 바인더)개발 - 저온형 혼합물(고분자+고점도 유화 바인더)개발 - 현장 생산 배합설계 자동화 기술 개발
2세부과제 기술개발목표	• 1톤-2톤 1배치 단일 생산 혼합물 생산 시간 60초 이내 • 1톤-2톤 1배치 연속 생산 혼합물 생산 시간 40초 이내 • 1톤-2톤 1배치 단일 골재 양생 시간 50초 이내 • 1톤-2톤 1배치 연속 골재 양생 시간 40초 이내
	• 기존 정치식 및 이동식 플랜트에서 가장 많은 에너지를 소모하는 골재 건조를 위한 드라이어, 핫-빈, 핫-스크린 설비 등 공정을 삭제한 경량화 된 이동식 플랜트 개발 - 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 기술 - 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 기술 - 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 기술

○ 사업 내용의 논리성 및 적절성

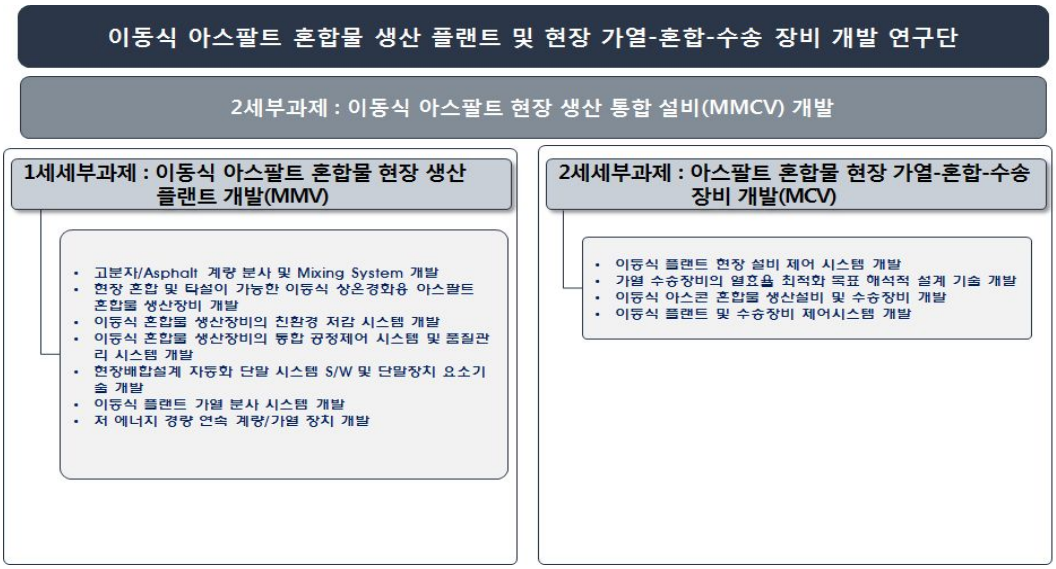
- 연구단을 구성하는 2개의 세부과제는 기술개발의 범위, 목적에서 차이를 가지고 있으며, 명확한 연계 구조를 가지고 있어 사업내용이 논리적이며, 연구단의 목표 달성을 위해 적절하게 구성된 것으로 판단됨

  ▪ 1세부과제는 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발로 골재 코팅용 고분자 바인더를 개발, 준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계를 개발하는 것으로 이를 달성하기 위해 2개의 세세부과제로 구성하고 있어 적절한 것으로 평가됨

  ▪ 2세부과제는 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV)개발로 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트(MMV)를 개발, 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비(MCV)를 개발, 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비를 개발하는 것으로 이를 달성하기 위해 3개의 세세부과제로 구성하고 있어 적절한 것으로 평가됨



〈그림 4-4〉 2세부과제 세세부과제 및 구성기술



〈그림 4-5〉 2세부과제 세세부과제 및 구성기술

□ 사업추진전략의 적절성

○ 사업추진전략의 구체성

- 본 연구단은 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세부목표의 단계별 목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 2개의 세부과제와 5개의 세세부과제를 구성함

  ▪ 연구개발 추진방안은 세부과제별 핵심가치를 구현하는 핵심기술에 전문화된 실증적 산학연 체계를 구축하여 한국건설기술연구원의 주관 하에 효율적인 연구업무 분담과 협력수행 체계를 확립함

  ▪ 각각의 세부주관기관과 협동기관들의 기술개발 역량의 극대

  ▪ 화·최적화를 위해, 가용 기술수준, 타 핵심과제 연관성, 국제공동연구 필요성 등을 고려하여 기술개발 로드맵의 우선순위를 탄력적으로 운영하여 전술적 핵심기술을

실현함

- 기술적 측면의 완성도와 상용화/사업화 측면의 완성도를 동시에 구현하기 위한 수요자인 국가·공공기관·건설시장의 요구수준과 수요를 반복적으로 피드백 보완할 수 있는 관·산·학·연의 관련 전문가 풀 네트워크를 구성하고 운영함
- 첨단기술 활용 및 다학제적 융합이 요구되는 핵심기술을 개발하기 위하여 핵심주관기관 한국건설기술연구원과 협력체계를 구축하고 해외 선진기술 산·학·연 기관(미국 일리노이대, 네덜란드 델프트 공대, 아시아 개발은행) 네트워크와 관련 전문연구기관의 네트워크를 활용하여 선진기술에 대한 지속적 벤치마킹을 실시하여 국내·해외 해당 기술보유 기관과 협력 또는 공동개발 방향으로 추진 함

○ 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- 총괄목표 및 세부과제 목표의 달성 여부를 측정하기 위하여 세세부과제 수준으로 아래의 핵심점검 사항에 대하여 성과평가 적절성을 점검하였음

- 성과목표가 구체적(Specific)으로 설정되어 있는가?
- 설정된 성과목표를 측정하는 방법(Measurable)이 확정되어 있는가?
- 목표와 대외(정부, 기업, 대학)니즈가 같이 고려(Aliment) 되었는가?
- 목표달성도를 측정하기 위한 자료 수집(Reachable)이 가능한가?
- 목표달성시점(Time-bounded)을 명확히 설정하였는가?

- 세세부과제의 성과목표를 측정 가능하도록 정량적이며 구체적으로 제시하였으며 세세부과제별 목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 측정방법 및 설정근거를 적절하게 제시함

<표 4-2> 최종성과물 및 성과 지표

세부 과제	세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
준고온 (무건조/ 무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발	1	골재 코팅용 고분자 바인더 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.3	• 바인더, 물성시험 등 총 3편
			2	지식재산권	특허출원/SW 건수	건	3	0.3	• 바인더, 물성시험 등 총 2건
			3	지침	지침 개발	건	1	0.1	• 바인더 1건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 바인더 2건
	2	준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 3편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	2	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건
			3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	3	0.3	• 혼합물, 배합설계 등 총 2건

세부 과제	세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발	1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 (MMV)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.3	• 정유량/정온주입/분사/ Mixing 시스템, 재료간 혼합 기술/매커니즘/시스템 6편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	• 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼, 이동식 생산 및 포설 장비, 분사, Mixing 시스템 4건
			3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 혼합물 생산 장비, Mixing 시스템 지침 2건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 혼합물 생산 장비, Mixing 시스템 2건
	2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 (MCV)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	12	0.3	• 실시간 골재 함수비 계측/에폭시 분사, 고분자수지 적정 골재 온도, 매연/분진/악취/소음 저감, MCV/MMV 제어 알고리즘 12편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	8	0.3	• 플랜트 가열-분사제어, 벌크물질 계량, 환경오염저감, 혼합물 생산장비 제어 8건
			3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	4	0.1	• 플랜트 가열-분사, 연속 계량/가열, 생산장비 통합공정제어, 환경오염물질 저감 4건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	4	0.3	• 플랜트 가열-분사, 연속 계량/가열, 생산장비 통합공정제어, 환경오염물질 저감 4건
		이동식 플랜트 제어 및 수송 장비	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.3	• 고분자 코팅/생산 설비, 원자재 이동식 공급, 골재가열 실시간 함수비 측정/모니터링 5편
			2	지식재산권	특허출원 및 SW등록 건수	건	5	0.3	• 플랜트 통합 제어 및 모니터링 소프트웨어/시스템, 이동식 아스콘 혼합법 5건
			3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• 고분자 코팅/혼합/생산/공급 설비, 생산설비 통합 제어/모니터링 2건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 고분자 코팅/혼합/생산/공급 설비, 생산설비 통합 제어/모니터링 2건

▪ 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

<표 4-3> 기술수요처 및 사업화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
준고온 (무건조/ 무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 바인더 및 혼합물 개발	1	골재 코팅용 고분자 바인더	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 현장시공 가능 재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 현장시공 가능 재료를 공항포장, 산업 단지내 포장 등에 적용 · 현장시공 재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성
	2	준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 현장시공 가능 재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 현장시공 가능 재료를 공항포장, 산업 단지내 포장 등에 적용 · 현장시공 재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성
이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발	1	이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 (MMV)	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 이동식 아스팔트 현장 생산 방식을 일반국도 및 고속도로 현장에 적용 · 이동식 혼합물 생산 플랜트 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용
	2	아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 (MCV)	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 아스팔트 현장 가열-혼합-수송 방식을 일반국도 및 고속도로 현장에 적용 · 이동식 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 구술 국내외 기술 이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용
		이동식 플랜트 제어 및 수송 장비	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 지침 보급 · 이동식 플랜트 제어 기술 및 수송 장비 기술 국내외 기술 이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 포트홀 등 소규모 도로파손에 대응하기 위한 응급보수 설비로 활용

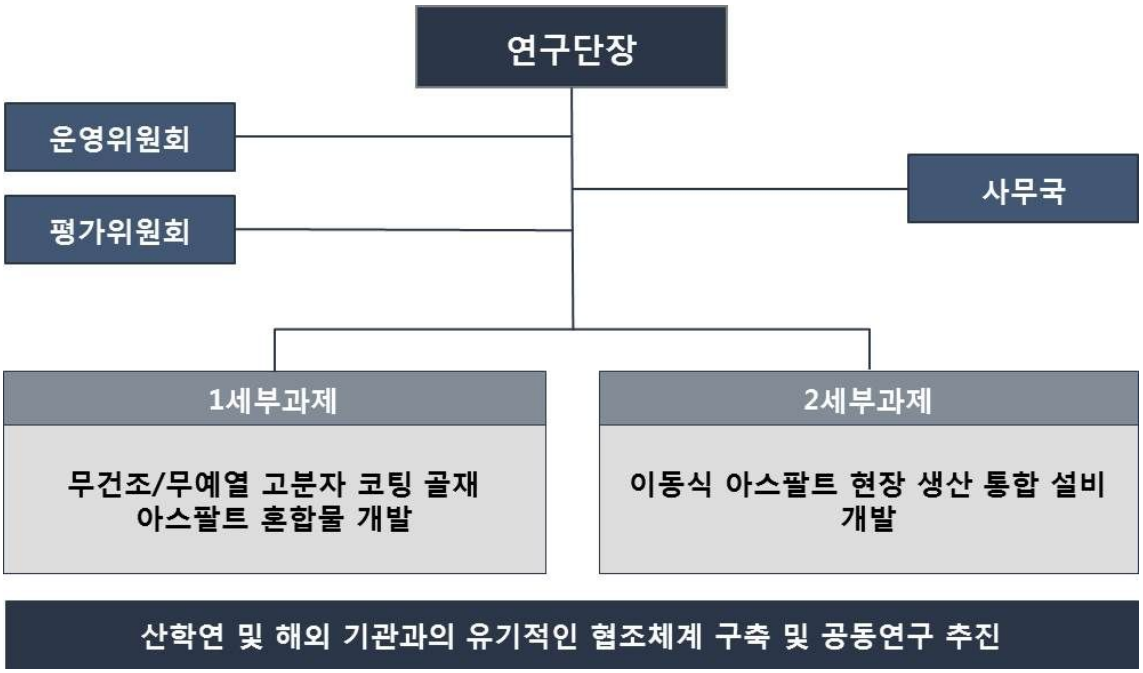
□ 사업추진체계 및 절차의 적절성

- 연구단으로의 추진체계 및 절차는 적절한 것으로 판단됨



〈그림 4-6〉 사업추진체계 도출 프로세스

- 추진체계 및 세부과제 구성은 해당 기술분야 전문가인 기획연구진의 우선순위 도출, 기획타당성 검토위원회의 과제선정, 브레인스토밍을 통한 과제의 목적, 기준, 그룹핑의 순으로 진행되었음
- 본 연구단은 산학연 전문가의 브레인스토밍을 통하여 2개 세부과제 5개 세세부과제로 이루어진 사업으로 과제의 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨
- 본 사업의 연구비(정부출연금 기준) 약 82억 원으로 국토교통과학기술진흥원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[31]에 만족함



〈그림 4-7〉 사업추진체계의 구성

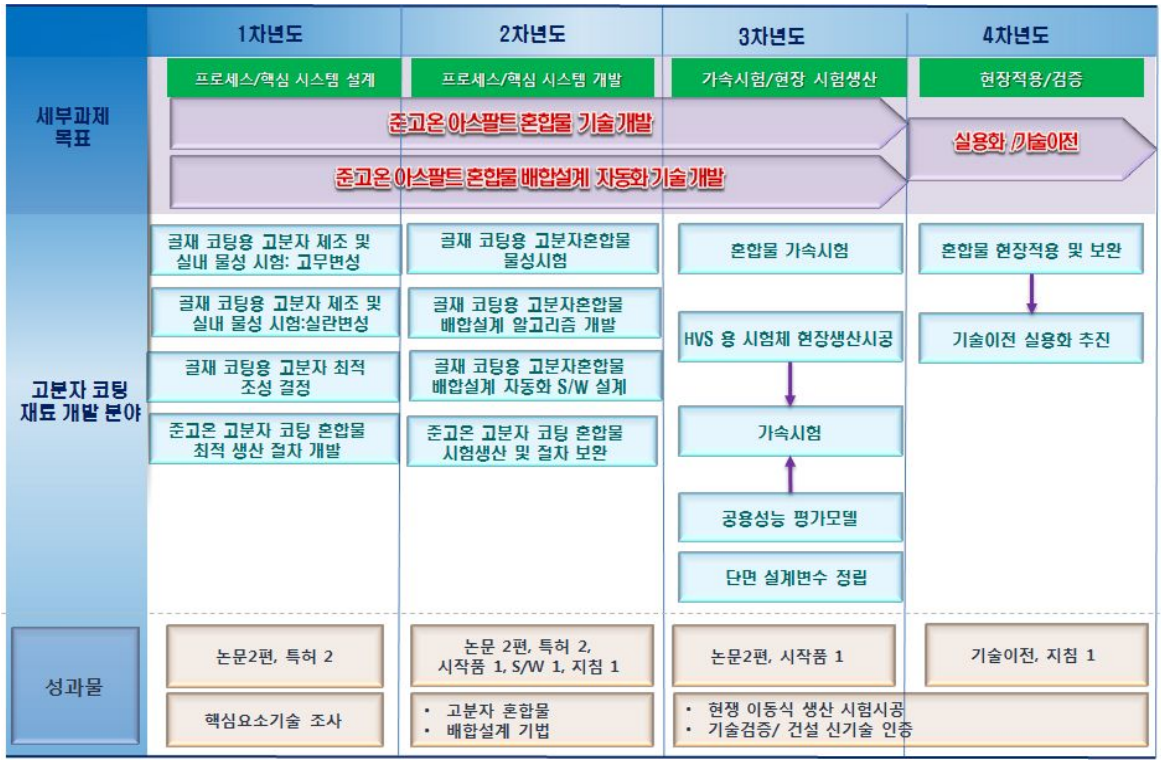
31) 연구단 규모 : 50억 원 이상~300억 원 미만

□ 기술개발로드맵의 우수성

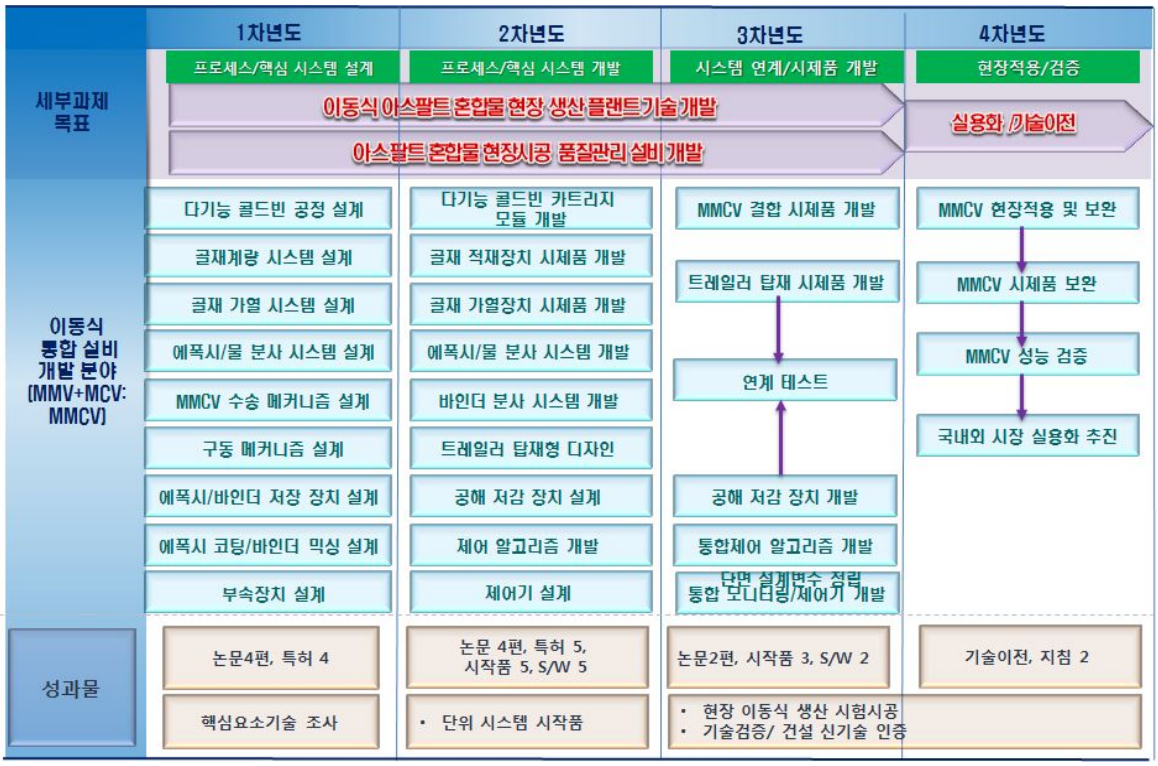
- 본 연구단의 기술개발로드맵을 거시적/미시적으로 구분하여 작성함으로써 기술개발로드맵의 구체성을 확인할 수 있었으며, 연구개발계획의 완성도는 높은 것으로 판단됨
  - 본 연구단의 기술개발 로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있어, 연구개발계획의 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨
  - 기술개발 로드맵은 세부과제의 목표-세부과제의 단계별 목표-세부과제의 단계별 목표성과물-각 구성기술의 목표성과물로 이어져 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨
  - 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어있음
  - 본 연구단의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 것으로 판단됨



〈그림 4-8〉 연구단 거시적 기술개발로드맵



〈그림 4-9〉 1세부 과제의 미시적 기술개발 및 성과 로드맵



〈그림 4-10〉 2세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵

2. 기술수준 및 성공가능성

□ 기술수준 및 역량 분석

○ 국내외 관련 기술의 동향 분석을 통하여 기술개발 현황에 대한 상세 분석이 적절히 수행되었음

- 특허 분석은 국내외 출원현황, 기술시장 성장단계, 출원인 분석을 수행함
- 국내외 논문분석, 관련기술 적용 현황을 조사하여 본 연구의 기술현황 및 수준을 파악하였음

□ 기술개발의 성공가능성

○ 현재의 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 기술동향 및 환경분석, 이슈트리분석, SWOT분석을 통한 기술개발추진전략 제시를 통해 기술개발 성공가능성은 높은 것으로 판단됨

- 실용화 및 사업화와 관련된 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위한 기술위원회를 구성하여 신뢰성 있는 결과를 도출함
- 기술개발 시, 기술적 위험요인에 대해 환경 분석 및 SWOT분석 등의 방법론을 활용하여 심층적인 검증을 수행하였음
- 현재의 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 환경분석을 통한 추진전략 제시를 통해 기술개발 성공가능성은 높은 것으로 판단됨
- 추후 기술개발 위험요인 뿐만 아니라, 새로 발생할 수 있는 법/제도/기술상의 위험요인에 대해 논의한다면 성공적인 대응방안전략을 수립할 수 있을 것으로 기대함

3. 기존 사업과의 중복성

□ 기존사업과의 중복성

- 본 연구단에서 추진하는 과제는 3단계의 기획과정을 거쳐 추진하였으며, 기획과정과 2차례의 평가위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화한 것으로 분석됨
  - ▪ 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
  - ▪ 중복성 검토는 세부과제별로 기존과제 연구 성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 활용화 방안, 기존과제 연구 성과의 성능 및 수준향상을 통한 성과의 고도화 방안, 과제 대상의 차별화 및 구체화를 통한 기존과제와의 차별화 방안으로 구분하여 분석함
  - ▪ 연계, 고도화 및 차별화 방안은 구체적이며 명화하게 제시되어 있어서 과제의 중복성은 없는 것으로 분석됨

3절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 이동식 생산 개질 아스팔트 혼합물의 경제성 평가

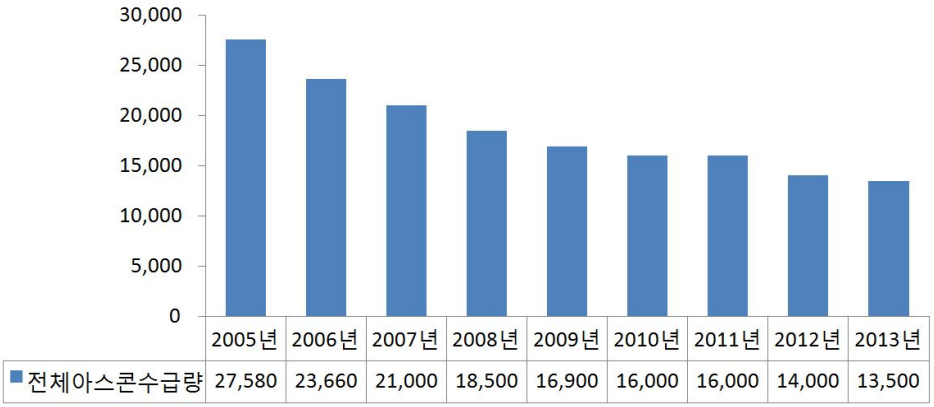
□ 경제성 분석 방법

○ CBP(Core Benefit Proposition)

- 본 기술의 이용 및 적용 가능한 제품의 특징 및 이점을 분석하여 CBP 도출
- 고분자 코팅 아스팔트 콘크리트 시공 ➔ 두께 15% 감소, 수명 1.5배 상승한 아스팔트 도로포장 시공 가능
- 현장생산으로 시공 시간 단축 ➔ 정치식 생산 혼합물 이동시간 삭제
- 생산과정 축소로 사용 에너지 절감 ➔ 골재 드라이어 사용에너지 40% 축소
- 산업부산물과 재활용 플라스틱 사용 ➔ 간편한 첨가제 투입, 친환경적이며, 비용절감이 가능함

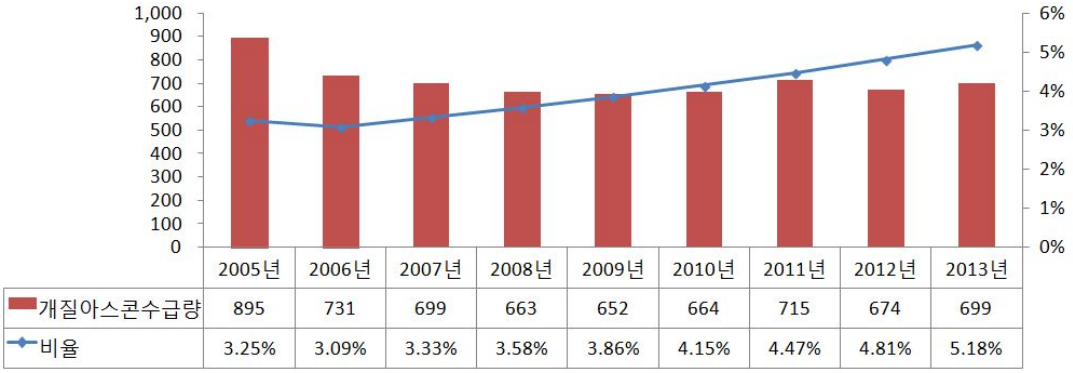
□ 경제성 평가 척도 구성 (혼합물 시장 규모 분석)

○ 일반 아스팔트 혼합물 및 이동식 생산 고분자 개질 아스팔트 시장 현황



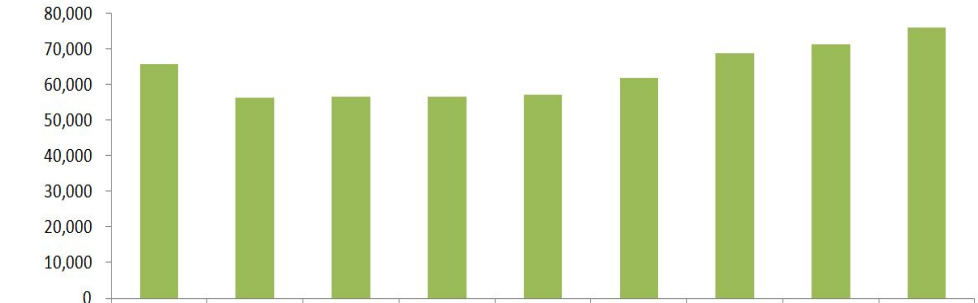
	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
전체아스콘수급량	27,580	23,660	21,000	18,500	16,900	16,000	16,000	14,000	13,500

〈그림 4-11〉 국내 아스팔트 콘크리트 수급량



	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
개질아스콘수급량	895	731	699	663	652	664	715	674	699
비율	3.25%	3.09%	3.33%	3.58%	3.86%	4.15%	4.47%	4.81%	5.18%

〈그림 4-12〉 국내 개질 아스팔트 콘크리트 수급량



	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
개질아스콘	65,816	56,459	56,743	56,665	57,291	61,780	68,941	71,409	76,088

〈그림 4-13〉 국내 개질 아스팔트 콘크리트 시장규모

○ 국내 아스팔트 콘크리트의 전체 수급량은 **2005년 2,758만 톤에서 2013년 1,350만 톤으로 하락한 것으로 나타남**

○ 2005년 이후 하락한 추세를 나타내고 있지만, 국회예산정책처에 따르면 건설 투자 시장 성장률이 증가하면서 **2014년부터 비 주거용 건설 시장 중심으로 시장이 성장하면서 아스팔트 콘크리트 수급량 또한 증가 될 것으로 예상됨**

○ 국내 개질 아스팔트 콘크리트 수급량은 **2005년 90만 톤에서 2013년 약 70만 톤으로 나타남**

○ 전체 아스팔트 콘크리트 시장에서 개질 아스팔트 콘크리트가 차지하는 비중은 **2005년 3.25%에서 2013년 5.18%로 약 1.6배 증가함**

○ 국내 개질 아스팔트 콘크리트 단가는 **2005년 톤(ton)당 7만 3,500원에서 2013년도 10만 8,800원으로 연평균 5%씩 상승함**

○ 국내 개질 아스팔트 콘크리트 시장 규모는 **2005년 약 658억 원에서 2013년 약 760억 원으로 연평균 1.62%로 성장함**

○ 기존 아스팔트 콘크리트 도로포장의 유지보수가 지속적으로 필요함에 따라, 개질 아스팔트 콘크리트에 대한 수요가 증가 될 것으로 판단됨

○ 아스팔트 콘크리트 포장의 소성 변형을 방지하기 위한 연구 개발이 활발해 지면서 향후 개질 아스팔트 콘크리트의 시장이 지속적으로 증가될 것으로 전망됨

□ 개질 아스팔트 콘크리트 표준매출액 추정

○ 평가대상기술의 매출발생 기간은 2015년부터 2024년까지 총 10년으로 추정함

○ 2013년 아스팔트 콘크리트 수급량에 미래 건설 투자 성장률을 반영하여 추정함

○ 개질 아스팔트 콘크리트 비중 추정 ➔ '05-'13년의 연평균 성장률(CAGR 6%)을 적용하여 추정함(SK 아스팔트, 국내 아스팔트 생산 및 시장현황 인용) ➔ 전체 아스팔트 콘크리트 수급량에 적용하여 계산함

○ 개질 아스팔트 콘크리트 단가 추정 ➔ 삼덕특수아스콘의 개질 아스팔트 콘크리트 월별 단가의 평균으로 추정 ➔ 평균물가상승률 2.6% 적용하여 추정함

○ 개질 아스팔트 콘크리트 수급량과 개질 아스팔트 콘크리트 단가를 적용하여 계산함

○ 개질 아스팔트 콘크리트 예상 시장 점유율은 정책에 따라 변동폭이 크기 때문에 △삼덕특수아스콘 △서울아스콘 △수지로드텍의 연도별 시장점유율의 평균으로 추정함

□ 경제성 분석 결과

○ 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 (이동식 생산 고분자 혼합물의 예상 매출액) 산정함 (전체 개질 아스팔트 콘크리트 시장 규모의 약 2.42% 점유율 계상)

단위(백만 원)

구분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
개질아스팔트콘크리트시장규모	a) 아스팔트콘크리트수급량(천톤)	138,814	141,590	144,422	147,310	150,256	153,261	156,326	159,453	162,642
	b) 개질아스팔트콘크리트비중	5.80%	6.20%	6.50%	6.90%	7.40%	7.80%	8.30%	8.80%	9.30%
	c) 개질아스팔트콘크리트수급량(a*b=c)	8,052	8,780	9,387	10,166	11,109	11,959	12,976	14,012	15,126
	d) 개질아스팔트콘크리트단가	114,500	117,500	120,600	123,700	126,900	130,200	133,600	137,100	140,600
	e) 개질아스팔트콘크리트시장규모(c*d=e)	92,158,000	102,869,000	113,244,000	125,748,000	140,943,000	155,784,000	172,947,000	192,026,000	212,728,000
	f) 예상시장점유율(2%)	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%	2.42%
	g) 예상매출액(f*e=g)	2,240,000	2,488,000	2,757,000	3,060,000	3,396,000	3,770,000	4,185,000	4,647,000	5,160,000

〈그림 4-14〉 이동식 생산 개질 아스팔트 콘크리트 예상매출 추이 분석

단위(백만 원)

구분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
현재가치환산기술가격	예상매출액	2,240,000	2,488,000	2,757,000	3,060,000	3,396,000	3,770,000	4,185,000	4,647,000	5,160,000
	경상기술료평균(2.8%)	62,720	69,664	77,216	85,680	95,088	105,560	117,180	130,116	144,480
	현가계수할인율	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
	현재가치기술가격	50,304	44,798	39,774	35,328	31,402	27,904	24,900	22,116	19,728
	합계(백만원)	313,554								

〈그림 4-15〉 이동식 생산 개질 아스팔트 콘크리트 현재가치 환산 기술가격

○ 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석

결과는 B/C ratio가 1.93로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨

- 연도별 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 및 R&D 예산을 고려한 금액 및 B/C ratio 산출식의 산정 결과는 다음과 같음
  - 편익 = 이동식 생산 개질 시장규모의 현재가치(11,195백만 원, 시장점유율=2.42%) × 기술개발성공률(60%) × CBP 부가가치 비중(1.40)= 9,403백만 원 + (기술가치: 250백만 원 (80%)) = 9,654백만 원
  - 비용(50억 원) = 연도별 소요 예산의 현재가치
  - 편익/비용 = 1.93

나. 이동식 아스팔트 플랜트의 경제성 평가

○ 본 평가방법은 수익접근법에 기반을 둔 기술가치 평가로 평가대상기술의 기술성, 권리성, 시장성을 기반으로 기술가치 추정의 주요 평가요소인 기술의 경제적 수명(예상 수익기간) 추정, 경제적 이익흐름 추정(시장규모, 매출추정, 원가추정, 예상 자본적 지출, 순운전자본 추정 등), 사업위험 분석에 따른 할인율 추정, 기술기여도 등을 산출하여, 최종 기술 평가금액을 제시함

○ 국내에는 아스팔트믹싱플랜트 장비가 396업체에 500여대가 운영 중이며, 여기에 매년 교체 수요가 10%선(50대)을 웃돌고 있는 추세임. 10% 교체 수요 중 일부는 개·보수로 장비를 LEVEL-UP 시켜 사용하고 일부는 신규로 구매하여 장비를 운영하고 있다. 따라서 아스팔트믹싱플랜트 제조업체들은 전문화되고 세분화된 장비의 특성을 살려 신규 수요에 대한 시장점유를 확보하기 위해 수요처의 요구에 따라 고품질의 대형화 기술 장치를 공급하고 있으며, 제품라인을 세분화해 맞춤 장비를 판매하고 있는 추세임.

○ 최근에는 정부의 재활용 지원정책에 따라 재생아스콘 플랜트 수요가 증가함. 현재 고유가 행진을 계속하고 있는 가운데 에너지 절감정책과 재활용정책의 중요성이 부각됨에 따라 재생아스콘 플랜트 장비수요는 지속될 전망임.

○ 본 평가에서는 본 연구의 파생기술이 적용되었을 경우, 아스팔트믹싱플랜트의 전후방 산업분석 내용을 토대로 기술이 적용될 기술제품에 대한 매출액을 추정함. 매출액 추정은 매출액 추정방법과 내·외부 전문가의 의견 등을 참조하여 사업주체의 시장의 경쟁구조와 시장지위 확보 가능성 등으로 분석하여 시장점유율을 추정하였으며, 산업에 대한 향후 기대되는 성장률을 이용한 실무편법 등에 의한 방법으로 매출액을 산출함.

○ 국내외 시장규모(내수+수출)는 평가대상기술의 연관 산업인 국내 아스팔트믹싱플랜트 시장규모에 본 기술이 적용 확대 가능할 것으로 파악되는 개보수 시장 비율을 적용하여 시장규모를 추정함.

○ 국내 시장규모는 2014년 500억 원에서 2019년 2,000억 원으로 연평균성장률(CAGR ‘16~’20) 9.2% 성장할 것으로 예측함. 이는 본 연구의 파생기술이 적용되는 아스팔트믹스플랜트 수요에 따라 제품 시장규모의 영향을 미칠 것으로 예상되므로 아스팔트 믹스플랜트와 수주 건수에 개당 개보수 비용을 적용하여 시장규모를 예측함.

○ 본 기술의 경제적인 수명기간은 인용특허수명지수(CLT)를 활용하여 10년으로 도출됨. 본 기술이 제품화 되어 매출을 발생시키는 시점은 2017년부터 2026년까지로 추정되었으며, 잔존가치는 고려하지 않음.

○ 해당 기술수명 기간 동안 창출 가능한 잉여현금흐름(FCF) 합계액(사업가치)은 할인율 18.07%를 반영하여 현재가치로 환산할 경우 25.2억 원이 산출되었고, 해당 사업 가치에 산업기술 요소법을 통해 구해진 기술기여도 45.11%를 적용한 결과 기술 가치는 11.4억 원으로 도출됨.

<표 4-1> 기술가치 산정표

(단위: 억 원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
여유현금흐름	△0.6	△1.9	△2.9	4.4	3.6	7.3	11.5	15.8	19.7	77.5
현가계수	0.72	0.61	0.51	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.19	0.16
현재가치	△0.5	△1.1	△1.5	1.9	1.3	2.3	3.0	3.5	3.7	12.5
현재가치 합계	25.2									
기술기여도	45.11%									
기술가치	11.4									

다. 이동식 현장생산에 공기단축 및 혼잡비용 감소 효과

○ 일반 덧씌우기 공사의 경우 재료 정치식 생산으로 연장 1km 1차선 포설시 약 9시간 정도 소요되며, 이동식 생산 공법 적용시 예상 공사시간은 약 3시간으로 추정됨. 각 공법에 소요되는 교통차단시간은 주간 공사 기준으로 다음과 같이 적용하였음. 본 분석에 적용된 속도 저감 구간은 공사구간 1.0km와 지체구간 2.0km을 합한 총 3.0km로 설정하였음.

<표 4-2> 공법별 교통차단시간

공법	대상	시간	시간대	교통차단시간
이동식 생산 시공	1㎞, 1차선	4시간	첨두	오전 9시 ~ 오후1시
정치식 생산 시공	1㎞, 1차선	9시간	첨두	오전 9시 ~ 오후6시

○ 고속도로 기준 평균 교통량(44,276대/일) 노선에서 1km 구간 이동식 생산 시공과 기존 정치식 생산에의한 덧씌우기 공사시 발생하는 사용자비용 비교결과, 이동식 생산 공정의 경우 총 사용자 비용이 약 1,800만원으로 기존 정치식 덧씌우기 공사시 사용자 비용인 4,500만원에 비해 약 60% 가량 감소되어 약 2,700만원의 절감 효과가 나타났음.

4절. 종합평가 및 결론

1. 정책적 타당성 분석

□ **정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1) 국가전략적 중요성, 2) 상위계획과의 부합성, 3) 국가 R&D 사업추진의지이며, 최종 검토의견은 다음과 같음**

○ 사회간접시설 관련 연구개발 사업의 국가 전략적 중요성 분석결과, 도로시설 확충 및 유지보수 대상 시설물의 대폭적 증대에 따른 막대한 국가 예산 증대 추세에 비추어 도로 포장 신설 및 유지관리 분야에서 종래 기술의 문제점을 크게 개선 가능한 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열 혼합-수송-장비 개발의 전략적 도모 시점으로 분석됨.

○ 국가 정책동향 분석 결과, 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열 혼합-수송-장비 개발은 공공성이 큰 기반기술로 정부주도의 연구개발이 필요한 것으로 분석되었으며, 조립식 도로 건설기술은 도로망 건설 및 유지보수 국가적 계획과의 연계성이 강하고, 다양한 건설 및 교통 분야의 정부주도 연구개발 경험이 필요한 것으로 나타나 민간기업의 단기적 이익 추구형 연구개발보다는 정부주도형 연구개발이 필요한 것으로 분석 됨.

○ 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열 혼합-수송-장비 개발 연구단의 정부지원 타당성과 사업 추진의 시급성 등이 일관성 있게 제시되었으며, 저탄소 녹색성장을 위한 국가 정책 실현 일환으로 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열 혼합-수송-장비 개발의 신재료 및 신기술 개발사업 추진으로 혼잡비용 및 환경피해 절감 관련 기대효과로 정책적 타당성이 충분한 것으로 판단됨

○ 국토교통부는 도로시설 건설, 운영, 유지관리 주무부처로 본 연구과제 성과물이 직접적으로 연관되어 있으며, 도로시설의 장기공용성능을 통한 국민 삶의 질 향상을 도모 하는 점으로 볼 때 본 사업에 대한 국토교통부의 추진의지가 높은 것으로 볼 수 있음

2. 기술적 타당성 분석

□ **기술적 타당성 분석에서의 주요 착안사항은 1) 기술개발 계획의 적절성, 2) 기술수준 및 성공가능성, 3) 기존 사업과의 중복성 이며, 검토의견은 다음과 같음**

○ 기술개발 계획의 적절성의 경우, 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단은 도로현장에서 포장재료 생산 장비 및 재료 품질 관리 장비를 개발하는 것으로 사업목표 및 설정 근거가 구체적으로 제시되었고, 세부사업의 내용이 사업목표를 달성하는데 충분하게 구성되었으며, 사업추진전략 및 추진체계에 대해 상세히 기술하여 기술적 타당성이 높은 것으로 분석됨

○ 사업추진 전략의 적절성 경우, 핵심요소기술 개발 단계와 기술검증 실용화 단계로 구분

하여 핵심기술개발에 전문화된 실증적 연구경험의 국내외 산학연 체계를 구축하여 효율적인 연구업무 분담과 협력 수행 체계를 제시함.

○ 기술수준 및 성공가능성의 경우, 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 기술수준 및 역량 분석을 수행한바 “준고온 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합 물 및 이동형 아스팔트 생산 설비 연구”는 기술적 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨

○ 선진국에서는 이미 2000년 초부터 미래지향적 도로포장연구프로그램을 만들어 관련 연구에 박차를 가하고 있는 것으로 분석 되었으며, 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 연구의 기반기술 중, 국내에서 기존에 수행한 요소기술 및 기초연구결과를 접목하여 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 실용화 기술을 실현하기위한 적절한 시점으로 분석됨.

○ 기존 사업과의 중복성의 경우, 국가연구개발사업 및 기 수행된 연구를 분석한 결과 유사과제와의 중복성은 없는 것으로 분석되었으며, 유사과제와의 연계 및 차별화 방안을 명확히 제시함

3. 경제적 타당성 분석

□ 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1) 경제성, 2) 과학기술적 파급효과 및 3) 예산적정성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

○ 경제적 타당성 분석에서는 핵심기술별 정량적 경제성 확보목표를 이동식 설비에서 생산되는 준고온 고분자 개질 혼합물의 시장규모, 예상수익 및 기술가격을 현재가치로 환산하여 제시하였으며, 직접적인 비용/혜택 분석(Cost/Benefit Analysis)을 통해 본 사업의 경제적 측면을 분석한 결과, 경제적 타당성이 있는 것으로 나타남(B/C ratio : 1.93): (이동식 플랜트 설비의 잠재효과는 CBP 40%로 적용함.)

○ 과학기술적 파급효과의 경우 유사 연구를 수행한 연구단은 국내에 없으며, 다양한 과학기술적 효과를 기대해볼 수 있을 것임

- 본 연구에서는 연구결과의 수요처를 일반 도로포장에만 국한하지 않고, 산업단지 내 중하중용 도로, 공항포장, 항만포장, 교차로 및 주차장 등지에 맞춤형 시스템을 제안하고 있어 공익적 파급효과, 사업성과의 활용방안 등에 대한 광범위한 기대효과를 예상해볼 수 있음

- 포트홀 등과 같이 조속히 안전 조치가 필요한 경우, 본 기술을 적용하여 현장에서 신속히 혼합물을 생산하여 포설함으로써, 교통안전 관련 대국민 서비스 개선에 역할 기대

○ 예산적정성의 경우 유사사업 등과의 비교 및 예산수립 체계, 과정의 분석을 통해 검토결과 본사업의 예산은 적정한 것으로 판단됨

□ 이동식 아스팔트 플랜트는 현장 생산형 이동식 플랜트로 향후, 도로포장 소규모의 유지보수

시장이 확대됨에 따라, 80T/H 이상으로 대형화 되고 있는 플랜트에서 경제성 문제로 소규모 재료 생산이 불가능함에 따라, 시간당 20-40T/H 규모의 새로운 이동식 혼합물 생산 시장의 진입에 매우 유리하며, 관련 파생기술로 기존 정치식 아스팔트 플랜트 개보수 시장에서도 큰 이점이 있는 것으로 분석 됨.

- 기존 아스팔트 콘크리트 도로포장의 유지보수가 지속적으로 필요함에 따라, 개질 아스팔트 콘크리트에 대한 수요가 증가 될 것으로 판단되며, 국내 개질 아스팔트 콘크리트 시장 규모는 일반아스팔트 혼합물의 약 5%로, 2005년 약 658억 원에서 2013년 약 760억 원으로 연평균 1.62%로 성장하였으나, 일본 및 미국의 경우보다 국내시장은 1/2 수준에 불과하여, 향후 사용률이 더욱 늘어날 것으로 전망함.
- 상기 개질 시장의 경우, 많은 에너지를 소모하는 정치식 아스팔트 플랜트에서 생산한 혼합물로, 일반 혼합물 대비 톤당 단가가 약 1.8배 이상으로 고가이며, 가열식 생산에 따라 환경적으로도 불리한 면이 있음.
- 본 연구에서 목표로 하는 고분자 코팅형식의 준저온/준고온 혼합물을 생산하기 위한 요소기술을 기존 정치식 혼합물 플랜트 설비를 개선하여 적용하다면, 관련 시장 확대에 크게 기여할 것으로 판단함.
- 아스팔트 플랜트 시장규모로 2014년 500억 원에서 2019년 2,000억 원으로 연평균성장률 9.2% 성장할 것으로 예측되었으며, 이는 본 연구의 핵심기술이 적용 가능한 아스팔트믹스플랜트의 수요에 따라 제품 시장규모의 영향을 미칠 것으로 예상됨.
- 상기와 같이 국내외 아스팔트 플랜트 관련업계의 경우, 기존 가열 아스팔트 생산방식에 국한하여 시설 개량을 유도하고 있으며, 본 연구의 이동식 아스팔트 플랜트의 핵심기술인 저에너지, 환경저해 요소를 최소화한 고분자 코팅 골재 및 간접가열 혼합방식을 도입할 경우, 국내외 시장에서의 경쟁력이 더욱 확보될 것으로 예상 함.
- 국내부문에서는 전국 아스팔트믹싱플랜트의 대형화 시대를 맞이한 국내에서는 80T/H 급 이상의 아스팔트믹싱플랜트를 시설해야만 경쟁을 할 수 있으므로 향후 5년간 필연적인 교체 여건에 있으며, 하지만 대형화된 시설의 고에너지 소모 및 분진, 소음 유해가스 등 환경저해요인 등을 해결하지 않고서는 기존 방식의 플랜트는 시장에서 매우 불리한 여건으로 작용할 것으로 보임.
- 해외부문에서는 최근 대대적인 플랜트 성능향상과 더불어 Compact한 디자인으로 개선함으로써 컨테이너 운송이 가능하게 되었고, 이는 원거리 수출을 가능하게 함으로써 해상운반비를 절감할 수 있게 하였다. 이를 중동은 물론, 아프리카, 중남미까지 그 수출범위를 넓히는 계기가 되었으며 이로 인해 기존은 Bulk선적으로 인한 해상운송뿐만 아니라 육상운송에서 빈번히 발생하는 운송 중 손상에 대한 염려도 줄이게 되어 추가 비용절감 및 플랜트 설치완료시 바이어 만족도 역시 높일 수 있게 되었음.

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	소계
책임연구원	2	2	2	2	8
연구원	23	23	23	23	92
연구보조원	13	13	13	13	52
보조원	10	10	10	10	40
합 계	48	48	48	48	192

2. 세부과제별 인력투입계획

가. 1세부과제

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	소계
책임연구원	1	1	1	1	4
연구원	3	3	3	3	12
연구보조원	3	3	3	3	12
보조원	-	-	-	-	-
합 계	7	7	7	7	28

나. 2세부과제

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	소계
책임연구원	1	1	1	1	4
연구원	20	20	20	20	80
연구보조원	10	10	10	10	40
보조원	10	10	10	10	40
합 계	41	41	41	41	164

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

가. 인건비

○ 해당과제 참여연구원의 인건비 기준단계 산정을 목정으로 작성하는 것으로 월기준 단가는 2015년도 회계예규 “예정가격작성기준” 학술연구용역 인건비 기준단가를 참고하여 작성하였음

2. 전체 소요예산

(단위 : 백만 원)

	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	913	385	1,206	498	2,204	932	1,417	645	5,740	2,460
1세부	178	70	226	78	244	92	192	120	840	360
1-1	111	32	101	41	110	63	91	51	413	187
1-2	67	38	125	37	134	29	101	69	427	173
2세부	735	315	980	420	1,960	840	1,225	525	4,900	2,100
2-1	245	1055	326	140	653	280	408	175	1,632	1,650
2-2	490	210	654	280	1,307	560	817	350	3,268	1,401

3. 세부과제별 소요예산

가. 1세부과제

(단위 : 백만 원)

예산항목	세부항목	예산항목						비율(%)
		단가(연급여)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	
인건비	책임연구원	73.2	18	22	18	18	75	6.2
	연구원	55.2	53	73	86	83	295	24.6
	연구보조원	37.2	40	58	58	51	208	17.3
	보조원	27.6	-	-	-	-	-	-
	소 계		111	153	162	152	577	48.1
직접비	연구장비 재료비		49	66	68	62	245	20.4
	연구활동비		37	46	52	48	182	15.2
	연구수당		17	23	24	23	87	7.2
	소 계		103	135	144	132	514	42.8
위탁연구개발비			-	-	-	-	-	-
간접비			32	16	30	28	109	9.1
합 계			248	304	336	312	1,200	100

(1) 인건비

(단위 : 천 원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
골재 코팅용 고분자 바인더 개발	59,904	76,320	83,016	68,544	287,784
준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계법 개발	50,832	76,536	78,696	83,160	289,224
합 계	110,736	152,856	161,712	151,704	577,088

나. 2세부과제

(단위 : 백만 원)

예산항목	세부항목	단가(연급여)	예산항목 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	73.2	30	30	30	30	120	1.7
	연구원	55.2	300	340	754	450	1844	26.3
	연구보조원	37.2	176	200	500	317	1193	17.0
	보조원	27.6	30	45	200	50	325	4.6
	소 계		536	615	1,484	847	3,482	49.7
직접비	연구장비 재료비		200	320	450	386	1356	19.4
	연구활동비		150	260	420	250	1080	15.4
	연구수당		78	89	215	123	505	7.2
	소 계		428	669	1,085	759	2941	42.0
위탁연구개발비			-	-	-	-	-	0.0
간접비			87	116	231	145	578	8.3
합 계			1,050	1,400	2,800	1750	7000	100.0

(1) 인건비

(단위 : 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발(MMV)	178,291	205,569	493,627	281,740	1,158,227
아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발(MCV)	357,709	410,431	990,373	565,260	2,323,773
합 계	536,000	616,000	1,484,000	847,000	3,483,000

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 제안요구서(RFP)

연구과제명	이동식 아스팔트 혼합물 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단
1. 연구개발 목표	
	○ 아스팔트 혼합물의 이동성 향상을 통한 품질향상 및 해외시장 진출을 위한 건설 장비 사업 활성화 방안 연구에서는 기존의 정치식 혼합물 생산 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 1) 준고온(무건조·무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물, 2) 신속 유지 보수용 1톤-2톤 배치급 현장 생산 시스템 개발(Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 설비 고도화 기술(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV)을 개발 ○ 해외시장 진출을 위한 건설 장비 사업 활성화 방안 연구 기획 결과를 바탕으로 개발도상국 대상국가의 기반시설 확충에 대한 현실 수요에 대응하는 이동형 도로포장 혼합물 생산 플랜트 패키지 적정기술 수출 및 관련 중소기업의 대외 경쟁력 향상 도모
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 2013년 국정감사 국토교통위원회 제출 자료에 의하면, 포트홀 발생건수가 일반국도의 경우, 2009년 2만 5천 여 건에서 2012년 3만 8천 여 건으로 약 50% 이상 늘어난 것으로 나타났음 (땜질식 응급 처방 문제점 극복 필요성) - 도로포장 도처에 빈번하게 발생하는 파손에 신속하게 현장에서 고내구성 재료를 생산하여 즉시 시공 후 개통하는 신속한 도로 유지보수시스템 확보 필요성 - 아스팔트 도로포장의 조기파손 문제는 강화된 품질관리 제도만으로 해결하는 데는 한계가 있으므로, 근본적으로 혼합물 생산 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등이 필요함. - 지역 통합적인 교통·물류망의 구축, 지역 균형 개발 등에 중추적인 역할을 담당하는 도로망의 특성상, 내구성 확보와 유지 관리 최소화 등이 가능한 고기능 장수명 도로 건설을 필요로 하는 반면, 국내 관련기술의 외국 의존도가 매우 높아 국가예산 낭비로 연결되는 등 관련 기술 개발이 시급함. - 사회간접시설의 건전성은 국가 경쟁력 강화에 일익을 담당하며,

국가 기반시설 성능 고도화 차원에서 지속가능한 도로포장 시스템을 개발하여 보급할 필요가 있음.

- 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정임. 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 매우 낮은 상황임. 따라서 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 체계적인 연구가 필요함.
- 일반도로의 95% 이상, 고속국도의 약 40%에 해당하는 아스팔트 콘크리트 도로포장의 포트홀과 같은 조기파손으로 막대한 국가 예산 손실 및 안전한 교통 서비스 제공 등에 문제를 초래하고 있음
- 소규모의 도로포장 유지보수의 경우, 혼합물 생산 및 시공에 대한 경제성 문제로 기존 정치식 아스팔트 생산 플랜트를 이용하지 못하는 경우 발생
- 도로시설 확충 및 유지보수 대상의 증대에 따라 도로포장 및 유지관리 분야에서 현재 기술의 문제점을 크게 개선 가능한 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발이 절실히 필요한 시점임.
- 도로에서 포트홀 발생은 교통사고 발생에 직간접적인 영향을 미치므로 조속한 유지보수가 대응되어야 하나, 현재 고정식 유지보수 시스템은 교통 지체 발생 등의 주원인이 되고 있음.
- 중/대규모 이상의 유지보수를 위해서 기존 정치식 아스팔트 플랜트에서 생산되는 도로포장 재료를 사용하더라도 공사 발주 및 계약과정 등 행정절차 이행을 위해서는 적기에 유지보수를 실시하지 못함
- 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장 생산을 위한 이동식 1톤-2톤 배치급 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산 장비(Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 장비(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV) 기술 개발 필요
- 국내의 경우, 대명산업(주), 대우산업(주), 이텍산업 등지에서 이동·정치식 아스팔트 플랜트, 이동식 혼합물 보온설비 등을 개발한 바가 있으나, 혼합물의 공학적 특성이 설비에 반영된 기술개발, 중소기업의 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 개발도상국의 경우에는 자국의 설계기준 또는 배합기준을 독자적으로 갖고 있는 국가들이 많지 않으며, 대부분 미국이나 영국기준을 그대로 원용하여 배합설계를 진행함
- 특히 개발도상국 자체의 개발 사업이 아닌 국제원조사업에 의한 사업인 경우에는 자금을 지원하는 주체와의 협의를 따라 배합설계법을 진행하도록 하지만 개발도상국의 실정을 제대로 반영하지 못하는 경우도 있음

	- 배합설계기준과는 별도로, 인도네시아, 스리랑카 등 대부분의 개발도상국 국가들에서는 평탄성을 가장 중요한 도로포장의 기능으로 인식하고 있어 일반적인 가열 아스팔트 포장을 선호하고 있음 - 따라서 지방도 및 농어촌도로에도 아스팔트 포장을 시공하려는 계획이 수립되고 있어, 향후의 대부분의 도로포장 재료에 대한 수요는 일반 가열 아스팔트 혼합물이 될 가능성이 많으나 개발도상국에서는 아스팔트 플랜트의 공급이 적절하지 않기 때문에 가열 고온아스팔트 혼합물의 생산 또는 품질을 유지하는데 한계를 나타냄 - 따라서 현장에서 생산이 가능한 상온 또는 중온 아스팔트 혼합물의 제시될 경우 시장성이 확보될 수 있을 것으로 판단됨 - 현재의 MCV 설비는 골재 가열 및 집진 설비, 컨베이어식 이송설비를 부가적으로 추가하여 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)로의 가열된 골재의 공급기능은 없음 - 혼합물을 현장에서 생산하는 플랜트는 미국에서 주도적으로 개발하여 보급하고 있으나, 다양한 혼합물 (섬유보강, 개질 아스팔트 등)을 현장에서 생산이 가능한 맞춤형 현장 배합설계법을 적용한 생산 시스템은 개발된 바가 없음 - 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 가열 아스팔트 혼합물의 경우, 아스팔트 바인더와 골재 코팅 및 원활한 혼합 작업성 확보를 위해 골재 재료 생산시 고온상태(170도 이상)를 유지해야하므로, 많은 양의 에너지 소모와 혼합물 생산시 기타 유해가스가 발생하는 특징이 있음. - 가열 아스팔트 혼합물은 다양한 크기의 골재와 아스팔트 바인더 혼합물로, 최종혼합물의 품질 확보를 위해 아스팔트 바인더의 경우, 소요 점도를 침입도규정으로 관리하며, 혼합물의 경우, 마샬안정도 또는 흐름값 등의 관리기준을 시방서에 규정하고 있음. - 최근 상기기준이 실제 혼합물의 공용성능과의 상관성 부족으로 다양한 바인더 관리기준(점도 등급, 전단강도 등급) 및 혼합물 관리기준(간접인장강도, 피로기준 등)에 대한 연구가 지속되고 있음. - 2000년대 이후 상기한 고분자 개질 아스팔트 재료가 일반화 되었으며, 온실가스 저감을 위한 중온형, 섬유보강 아스팔트, 투수성, 저소음 등 기능성 아스팔트 도로포장 재료 등이 개발됨 - 고온에서 아스팔트 바인더와 상용성이 고분자를 활용하여 개선된 고분자 망상구조로 점도를 증가시키거나, 저온에서 유연성이 개선된 개질 아스팔트 바인더를 개발하여 내구성이 개선된 아스팔트 혼합물을 활용하기도 함 - 화학적 개질제를 이용하는 방법은 아스팔트 바인더에 석유계(SBS

또는 SBR) 폴리머 입자를 용융시켜 아스팔트 바인더의 점도를 증대시킨 방법임

- 이 방법은 고온에서 아스팔트 혼합물의 소성변형 저항성에 유리한 효과를 나타내기도 하지만, 과다한 비용, 품질관리의 어려움, 혼합물 생산 온도 증가에 따른 에너지 비용 증대, 저온에서 재료의 취성증대로 인한 균열 가능성 문제 등을 수반하여 실제 적용상에 어려움이 있을 수 있음
- 아스팔트 도로포장 혼합물의 경우 다양한 재료개발이 수행되고 있으나, 새로운 재료의 효과적인 생산 또는 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용
- 국내 대부분의 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산은 1회에 1톤 또는 2톤 배치식으로 재료를 생산하는데 최소 약 15개의 공정을 거치게 되며 매우 많은 열에너지를 소모하여 이산화탄소 및 분진 배출 등의 문제가 있음
- 아스팔트 혼합물 사용골재를 완전 건조하지 않고 혼합물을 제조하는 기술을 개발하여, 기존 플랜트의 드라이어 장비 및 공정을 삭제할 수 있는 첨단 신소재 활용 기술을 적용한 바가 없음
- 현장가열-혼합-수송 장비(Mobile Mix-Control Vehicle(MCV) 또는 Material Transfer Vehicle(MTV))는 미국에서 활발하게 사용하고 있으며, 국내 기술 개발 및 활용은 미비한 상태
- 첨단 해석기술을 응용 및 설비/제어 시스템을 고려한 최적화 연구결과가 반영된 시스템 개발은 현재 미미한 수준
- 현재 포장재 출하 온도 170-180도를 맞추기 위한 상용 시스템이 전부이며 개발되는 신 공법의 2차재 온도인 120-130도의 구현 시스템은 전무한 실정
- 이동식 혼합물 생산장비를 위한 통합 공정제어 시스템 및 품질 관리 시스템의 국내 연구는 미미한 실정
- 이동식 아스콘 혼합물 생산 및 수송장비는 일부 외국에서 사용되고 있으나 국내에는 전무한 실정
- 양질의 상온 아스콘을 생산하는 이동형 장비는 국내 개발 및 연구가 전무한 실정
- 현재 국내의 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용
- 국내의 경우 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정

○ 국외기술동향

- 최근 아스팔트의 품질저하 및 가격 상승에 따른 포장 품질의 저하를 해소하기 위하여, 오일샌드(Oil Sands)와 부톤(Buton) 천연 아스팔트와 같은 해외 신 에너지 광물을 이용한 아스팔트 포장 기술을 개발하고 있음
- 일본의 경우 고무계 고인성 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후

실제 고속도로 현장에 활발히 시공

- 주요국의 경우 도로포장시 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법을 활용함으로써 포장 품질을 향상시키고 있음
- 미국, 유럽 등 일반 도로 및 고속도로 등에 적용한 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 활용한 도로포장 연구가 진행되고 있음
- 중온아스팔트 기술이 개발되면서 점차 아스팔트 생산온도를 낮추기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 현재 130℃인 아스팔트 생산온도를 100℃까지 낮추기 위한 연구진행
- 미국 및 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공
- 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음
- 혼합물을 현장에서 생산하는 플랜트는 미국에서 주도적으로 개발하여 보급하고 있으나, 다양한 혼합물 (섬유보강, 개질 아스팔트 등)을 현장에서 생산이 가능한 맞춤형 현장 배합설계법을 적용한 생산 시스템은 개발된 바가 없음
- 대부분의 이동식 플랜트에서는 골재저장소인 콜드빈을 현장에 설치하는 점, 혼합물 핫-엘리베이터, 핫-스크린 및 핫-빈 설비가 드라이어와는 별도로 설치되는 등, 이동식이라 할지라도 일반 정치식과 유사한 대규모의 설비를 요구
- 현장 가열-혼합-수송 장비(Mobile Mix-Control Vehicle(MCV) 또는 Material Transfer Vehicle(MTV))는 미국에서 활발하게 사용하고 있으며, 이로 인한 포장 품질 향상에 대한 많은 보고가 이루어지고 있음. 또한 이동형 플랜트 장비와 함께 도심지 도로포장 파손에 즉각적인 복구를 위하여 유럽 및 미국에서 장비효율화 연구가 이루어지고 있음
- 현재 미국에서 이용되고 있는 MCV는 25톤의 혼합물을 일회에 처리하는 대형장비이며, 현장으로 이송된 혼합물을 재가열-재혼합 후 아스팔트 페이버로 혼합물을 이송하는 용도로만 사용
- 현재의 MCV 설비는 골재 가열 및 집진 설비, 컨베이어식 이송설비를 부가적으로 추가하여 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)로의 가열된 골재의 공급기능은 없음
- 이동식 아스콘 혼합물 생산 및 수송 장비는 일부 외국에서 사용되고 있음
- 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있음
- 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi,

	인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음
3. 연구개발내용	

□ **1세부과제 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발**

○ 골재 코팅용 고분자 바인더 개발

- 도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발
- 상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발
- 골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발
- 도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발

○ 준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계 개발

- 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발
- 재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발
- 이동식 생산 혼합물의 배합설계 자동화 기법 개발

□ **2세부과제 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV) 개발**

○ 이동식 아스팔트 혼합물 현장생산 통합 설비 개발(MMCV)

- 골재와 아스팔트 혼합체 간 결합력을 향상하기 위한 고분자 화합물과 아스팔트 혼합물간의 중량비에 따른 정량 분사 및 Mixing 장치 개발
- 아스팔트 포장의 장기 공용성능 증대와 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성의 다양한 아스팔트 혼합물 생산을 위한 이동식 아스팔트 혼합물 생산설비의 개발
- 60~80도의 골재 가열 및 실시간 함수비 계측을 바탕으로 소재 코팅을 위한 장비 개발 및 통합 제어/모니터링 시스템 개발
- 골재 코팅 효율 향상을 위한 저 에너지 연속 계량 및 가열시스템의 경량화 장치 개발
- 도로포장의 친환경 운용을 증대하기 위해 혼합물 현장 생산 플랜트를 위한 매연, 분진, 악취, 소음 등 저감 기술의 개발
- 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기능 구축으로 도로 포장기술 및 관리 기반을 구축하고자 신속 시공용 현장 생산 시스템의 공정 제어 플랫폼 구축을 위한 제반 제어기술 및 운영 시스템 개발

○ 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 개발

- 적기의 도로 유지보수 필요에 따른 이동식 플랜트의 신속시공을 위한 이동식 플랜트의 자동 통합 제어 시스템 및 수송 장비의 개발
- 국내 도로환경에 적합한 이동식 아스콘 혼합물 생산설비 및 수송

	장비의 개발 - 이동식 플랜트의 장비와 공정관리를 위한 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단은 크게 2개 세부과제, 4개 세세부과제로 나누어 진행함 **□ 1세부과제 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발** - 1세세부 : 골재 코팅용 고분자 바인더 개발 - 2세세부 : 준고온 현장생산 혼합물 및 배합설계 개발 **□ 2세부과제 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV) 개발** - 1세세부 : 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 개발(MMV) - 2세세부 : 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발(MCV) ○ 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립함 ○ 방법론 및 적용 기술 개발은 국내외 전문가 자문단을 구성하고, 국내/외 세미나 및 워크샵 개최를 통해 개발된 기술의 자문 수행 및 실효성을 검증함 ○ 실용화 및 사업화와 관련된 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고, 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험 등을 수행하고 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출 추진
□ 추진체계	○ 본 과업은 실용화 중심의 연구개발 사업으로 정부출연연구기관, 산업체 및 학계 컨소시움으로 구성하여 공동연구를 수행함 - 정부출연연구기관에서는 연구목표 및 방향설정, 시제품 평가, 향후 연구 방향성 도출, 민간 및 학계의 의견을 최대한 반영하여 아이디어 구체적 수립 및 설계지침 및 시방서 작성 - 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도(핵심 기술 요소별 구체적인 시작품 제작은 민간의 업체를 통하여 진행: ㈜포스코 건설, ㈜금호피앤비화학, (주)대명산업 및 기타 시공업체) - 학계는 시작품의 평가 및 의견을 학술적으로 활용할 수 있는 기반 조성 - 기존 시공업체의 적극적 참여로 도로포장 관련 시공사 업역 확대 및 관련 산업 발전 유도 ○ 필요시 관련 분야에서 선도적인 위치에 있는 해외 주요 기관 및

전문가와 공동연구 또는 협력연구 의사를 개진하였음)

○ 과제성격에 따라 학제간(Inter-disciplinary) 연구진 구성이 필요하며, 연구 성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력 투입이 필요함

5. 최종성과물

□ 주요성과물

□ 1세부과제 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발

○ (1)차년도

- 골재 코팅용 고분자 제조 및 실내 물성 시험: 고무변성, 실란변성, 수경성 실리콘, 수경성 폴리우레탄
- 상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발
- 골재 코팅용 고분자 최적 조성 결정
- 준고온 고분자 코팅 혼합물 최적 생산 절차 개발

○ (2)차년도

- 골재 코팅용 고분자 혼합물 물성시험
- 골재 코팅용 고분자 혼합물 배합설계 알고리즘 개발
- 골재 코팅용 고분자 혼합물 배합설계 자동화 S/W 개발
- 준고온 고분자 코팅 혼합물 시험 생산 및 절차 보완

○ (3)차년도

- 혼합물 가속 시험
- HVS용 시험체 현장 생산 시공

○ (4)차년도

- 혼합물 현장 적용 및 보완
- 기술이전 실용화 추진

□ 2세부과제 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비(MMCV) 개발

○ (1)차년도

- 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 기초 연구
- 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 기초 연구
- 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 기초 연구

○ (2), (3)차년도

- 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 기술/설비 개발
- 아스팔트 혼합물 현장 가열 기술/설비 개발
- 아스팔트 혼합물 현장 혼합 기술/설비 개발
- 아스팔트 혼합물 현장 수송 기술/설비 개발
- 이동식 플랜트 제어 기술/설비 개발

- 이동식 플랜트 수송 기술/설비 개발

○ (4)차년도

- 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 장비 보정
- 아스팔트 혼합물 현장 가열 장비 보정
- 아스팔트 혼합물 현장 혼합 장비 보정
- 아스팔트 혼합물 현장 수송 장비 보정
- 이동식 플랜트 제어 장비 보정
- 이동식 플랜트 수송 장비 보정
- 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 플랜트 개발

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기술적 기대성과

- 세계최초 무건조·무가열 고분자 코팅 골재 혼합물 개발
- 혁신기술인 완전 이동·생산식 아스팔트 혼합물 생산 기술 선점으로 기술수준 선진화에 기여
- 도로 수준별(고속국도, 일반국도, 지방도 및 시군도), 도로포장 특성별(공항, 항만, 주차장) 및 요구 기능별 (소음저감, 배수, 고내구성 등)로 도로포장재료의 맞춤형 생산 실현
- 이산요소법(Discrete Element Method) 등 첨단 해석기법을 응용한 생산 효율이 최적화된 건설장비 설계기술 확보
- 표준화된 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기법 적용이 가능하여, 도로포장 내구수명 증대로 지속가능한 도로포장 유지에 기여

○ 사회경제적 파급효과

- 신속한 도로 유지보수로 교통지체/폐쇄 최소화로 물류비용/혼잡비용 및 유지보수 최소화로 도로포장의 전주기 생애비용 최소 20% 절감(현장 생산 시공을 통한 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성 확보로 사용수명이 기존에 비해 대폭 증가되어 생애주기비용 절감)
- 다양한 재료를 이용한 혼합물의 현장생산으로 교통수준/도로포장 위계별 맞춤형 도로포장 시공가능
- 생산설비 및 시공절차의 국내외의 특허 확보가 가능하며, 도로포장 시공 기법뿐만 아니라, 개발될 공정 관리 기술 및 시공 장비 실용 특성화 방안 등은 관련 신산업 창출 및 산업 발전에 이바지 함
- 4계절 전천후 도로포장 시공이 가능하여, 교통수요를 고려한 도로포장 건설 및 유지보수 실행으로 혼잡비용 최소화 및 교통서비스 수준 증대에 기여
- 중소기업의 연구개발 투자부담 경감
- 건설장비 국산화로 고비용의 외국산 장비 수입 대체효과

	○ 정부 정책적 파급효과 - 매년 증가하고 있는 포트홀은 자동차의 주행성을 심각하게 떨어뜨리는 것은 물론 안전을 위협하며 교통사고의 원인이 되고 있는 바, 이에 대한 근본적 해결책 제공 - 건설기계 개발에 대한 정책적 지원 및 도로 공사 건설기준 글로벌화 정부정책에 부응 - 중소기업과의 전략적 제휴로 기술집약적 건설기계 개발 및 중소기업 활성화 정부정책에 부응
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년) ○ 연구비 예산 : 82억 원(정부출연금 57억 원 이내)

2. 세부과제 제안요구서(RFP)

□ 1세부과제 : 준고온(무건조/무예열) 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발

세부과제명	준고온 고분자 코팅 골재 아스팔트 혼합물 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 골재 코팅용 고분자 바인더 개발 ○ 준고온형 혼합물(고분자+저점도 바인더+고점도 바인더)개발 ○ 저온형 혼합물(고분자+고점도 유화 바인더)개발 ○ 현장 생산 배합설계 자동화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 2013년 국정감사 국토교통위원회 제출 자료에 의하면, 포트홀 발생건수가 일반국도의 경우, 2009년 2만 5천 여 건에서 2012년 3만 8천 여 건으로 약 50% 이상 늘어난 것으로 나타났음(땜질식 응급 처방 문제점 극복 필요성) - 도로포장 도처에 빈번하게 발생하는 파손에 신속하게 현장에서 고내구성 재료를 생산하여 즉시 시공 후 개통하는 신속한 도로 유지보수시스템 확보 필요성 - 아스팔트 도로포장의 조기파손 문제는 강화된 품질관리 제도만으로 해결하는 데는 한계가 있으므로, 근본적으로 혼합물 생산 및 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등이 필요함. - 지역 통합적인 교통·물류망의 구축, 지역 균형 개발 등에 중추적인 역할을 담당하는 도로망의 특성상, 내구성 확보와 유지 관리 최소화 등이 가능한 고기능 장수명 도로 건설을 필요로 하는 반면, 국내 관련기술의 외국 의존도가 매우 높아 국가예산 낭비로 연결되는 등 관련 기술 개발이 시급함. - 사회간접시설의 건전성은 국가 경쟁력 강화에 일익을 담당하며, 국가 기반시설 성능 고도화 차원에서 지속가능한 도로포장 시스템을 개발하여 보급할 필요가 있음. - 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정임. 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 매우 낮은 상황임. 따라서 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 체계적인 연구가 필요함. ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 개발도상국의 경우에는 자국의 설계기준 또는 배합기준을 독자적으로 갖고 있는 국가들이 많지 않으며, 대부분 미국이나 영국 기준을 그대로 원용하여 배합설계를 진행함

	- 특히 개발도상국 자체의 개발 사업이 아닌 국제원조사업에 의한 사업인 경우에는 자금을 지원하는 주체와의 협의를 따라 배합설계법을 진행하도록 하지만 개발도상국의 실정을 제대로 반영하지 못하는 경우도 있음 - 배합설계기준과는 별도로, 인도네시아, 스리랑카 등 대부분의 개발도상국 국가들에서는 평탄성을 가장 중요한 도로포장의 기능으로 인식하고 있어 일반적인 가열 아스팔트 포장을 선호하고 있음 - 따라서 지방도 및 농어촌도로에도 아스팔트 포장을 시공하려는 계획이 수립되고 있어, 향후의 대부분의 도로포장 재료에 대한 수요는 일반 가열 아스팔트 혼합물이 될 가능성이 많으나 개발도상국에서는 아스팔트 플랜트의 공급이 적절하지 않기 때문에 가열 고온아스팔트 혼합물의 생산 또는 품질을 유지하는데 한계를 나타냄 - 따라서 현장에서 생산이 가능한 상온 또는 중온 아스팔트 혼합물의 제시될 경우 시장성이 확보될 수 있을 것으로 판단됨
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 가열 아스팔트 혼합물의 경우, 아스팔트 바인더와 골재 코팅 및 원활한 혼합 작업성 확보를 위해 골재 재료 생산시 고온상태(170도 이상)를 유지해야하므로, 많은 양의 에너지 소모와 혼합물 생산시 기타 유해가스가 발생하는 특징이 있음. - 가열 아스팔트 혼합물은 다양한 크기의 골재와 아스팔트 바인더 혼합물로, 최종혼합물의 품질 확보를 위해 아스팔트 바인더의 경우, 소요 점도를 침입도규정으로 관리하며, 혼합물의 경우, 마샬 안정도 또는 흐름값 등의 관리기준을 시방서에 규정하고 있음. - 최근 상기기준이 실제 혼합물의 공용성능과의 상관성 부족으로 다양한 바인더 관리기준(점도 등급, 전단강도 등급) 및 혼합물 관리기준(간접인장강도, 피로기준 등)에 대한 연구가 지속되고 있음. - 2000년대 이후 상기한 고분자 개질 아스팔트 재료가 일반화 되었으며, 온실가스 저감을 위한 중온형, 섬유보강 아스팔트, 투수성, 저소음 등 기능성 아스팔트 도로포장 재료 등이 개발됨 - 고온에서 아스팔트 바인더와 상용성이 고분자를 활용하여 개선된 고분자 망상구조로 점도를 증가시키거나, 저온에서 유연성이 개선된 개질 아스팔트 바인더를 개발하여 내구성이 개선된 아스팔트 혼합물을 활용하기도 함 - 화학적 개질제를 이용하는 방법은 아스팔트 바인더에 석유계(SBS 또는 SBR) 폴리머 입자를 용융시켜 아스팔트 바인더의 점도를 증대시킨 방법임 - 이 방법은 고온에서 아스팔트 혼합물의 소성변형 저항성에 유리한 효과를 나타내기도 하지만, 과다한 비용, 품질관리의 어려움, 혼합물 생산 온도 증가에 따른 에너지 비용 증대, 저온에서 재료의 취성증대로 인한 균열 가능성 문제 등을 수반하여 실제 적용상에 어려움이 있을 수 있음

○ 국외기술동향

- 최근 아스팔트의 품질저하 및 가격 상승에 따른 포장 품질의 저하를 해소하기 위하여, 오일샌드(Oil Sands)와 부톤(Buton) 천연 아스팔트와 같은 해외 신 에너지 광물을 이용한 아스팔트 포장 기술을 개발하고 있음
- 일본의 경우 고무계 고인성 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공
- 주요국의 경우 도로포장시 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법을 활용함으로써 포장 품질을 향상시키고 있음
- 미국, 유럽 등 일반 도로 및 고속도로 등에 적용한 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 활용한 도로포장 연구가 진행되고 있음
- 중온아스팔트 기술이 개발되면서 점차 아스팔트 생산온도를 낮추기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 현재 130℃인 아스팔트 생산온도를 100℃까지 낮추기 위한 연구진행
- 미국 및 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공

3. 연구개발 내용

○ 골재 코팅용 고분자 바인더 개발

- 도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발
- 상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발
- 현장 혼합 및 타설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발
- 골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발
- 도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발

○ 준고온 현장 생산 혼합물 및 배합설계 개발

- 아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발
- 재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발
- 이동식 생산 혼합물의 배합설계 자동화 기법 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 1세부 과제는 준고온 고분자 코팅 골재 아스팔트 바인더 및 혼합물 개발 연구로 2세부과제의 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발 과제를 핵심세부과제임

○ 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립함

○ 방법론 및 적용 기술 개발은 국내외 전문가 자문단을 구성하

	고, 국내/외 세미나 및 워크샵 개최를 통해 개발된 기술의 자문 수행 및 실효성을 검증함 ○ 실용화 및 사업화와 관련된 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고, 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험 등을 수행하고 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출 추진
□ **추진체계**	○ 실용화 중심의 연구개발 사업으로 정부연구기관, 산업체 및 학계 컨소시움으로 구성하여 공동연구로 수행함 - 정부연구기관은 연구목표 및 방향설정, 시제품 평가, 향후 연구 방향성 도출, 민간 및 학계의 의견을 최대한 반영하여 아이디어 구체적 수립 및 시방서 작성 - 핵심 기술 요소별 구체적인 시작품 제작은 산업체를 통하여 진행 - 학계는 시작품의 평가 및 의견을 학술적으로 활용할 수 있는 기반 조성 ○ 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 1세부과제로 추진하며, 다음의 2개의 세세부과제로 구성 - 1세세부 : 골재 코팅용 고분자 바인더 개발 - 2세세부 : 준고온 현장 생산 혼합물 및 배합설계 개발
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ (1)차년도 - 골재 코팅용 고분자 제조 및 실내 물성 시험: 고무변성, 실란변성, 수경성 실리콘, 수경성 폴리우레탄 - 상온 생산을 위한 저비용 고분자 처리 유화 아스팔트 개발 - 골재 코팅용 고분자 최적 조성 결정 - 준고온 고분자 코팅 혼합물 최적 생산 절차 개발 ○ (2)차년도 - 골재 코팅용 고분자 혼합물 물성시험 - 골재 코팅용 고분자 혼합물 배합설계 알고리즘 개발 - 골재 코팅용 고분자 혼합물 배합설계 자동화 S/W 개발 - 준고온 고분자 코팅 혼합물 시험 생산 및 절차 보완 ○ (3)차년도 - 혼합물 가속 시험 - HVS용 시험체 현장 생산 시공 ○ (4)차년도 - 혼합물 현장 적용 및 보완

- 기술이전 실용화 추진	
6. 연구기간 및 지원예산	
□ **전 체**	○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년) ○ 연구비 예산 : 12억 원 (정부출연금 : 8.4억 원 이내)
7. 기대효과 및 파급효과	
	○ 신속한 도로 유지보수로 교통지체/폐쇄 최소화로 물류비용/혼잡비용 및 유지보수 최소화로 도로포장의 전주기 생애비용 최소 20% 절감(현장 생산 시공을 통한 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성 확보로 사용수명이 기존에 비해 대폭 증가되어 생애주기비용 절감) ○ 다양한 재료를 이용한 혼합물의 현장생산으로 교통수준/도로포장 위계별 맞춤형 도로포장 시공가능4계절 전천후 도로포장 시공이 가능하여, 교통수요를 고려한 도로포장 건설 및 유지보수 실행으로 혼잡비용 최소화 및 교통서비스 수준 증대에 기여 ○ 중소기업의 연구개발 투자부담 경감 ○ 매년 증가하고 있는 포트홀은 자동차의 주행성을 심각하게 떨어뜨리는 것은 물론 안전을 위협하며 교통사고의 원인이 되고 있는 바, 이에 대한 근본적 해결책 제공

□ 2세부과제 : 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발

세부과제명	이동식 아스팔트 현장 생산 통합 설비 개발
1. 연구개발 목표	○ 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발 (MMV) ○ 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV)
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 일반도로의 95% 이상, 고속국도의 약 40%에 해당하는 아스팔트 콘크리트 도로포장의 포트홀과 같은 조기파손으로 막대한 국가 예산 손실 및 안전한 교통 서비스 제공 등에 문제를 초래하고 있음 - 소규모의 도로포장 유지보수의 경우, 혼합물 생산 및 시공에 대한 경제성 문제로 기존 정치식 아스팔트 생산 플랜트를 이용하지 못하는 경우 발생 - 도로시설 확충 및 유지보수 대상의 증대에 따라 도로포장 및 유지관리 분야에서 현재 기술의 문제점을 크게 개선 가능한 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비개발이 절실히 필요한 시점임. - 도로에서 포트홀 발생은 교통사고 발생에 직간접적인 영향을 미치므로 조속한 유지보수가 대응되어야 하나, 현재 고정식 유지보수시스템은 교통 지체 발생 등의 주원인이 되고 있음. - 중/대규모 이상의 유지보수를 위해서 기존 정치식 아스팔트 플랜트에서 생산되는 도로포장 재료를 사용하더라도 공사 발주 및 계약과정 등 행정절차 이행을 위해서는 적기에 유지보수를 실시하지 못함 - 신속히 유지보수 시공이 가능한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 현장생산을 위한 이동식 1톤-2톤 배치급 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산 장비(Mobile Mix Vehicle: MMV) 및 혼합물 품질관리 최적화를 위한 현장시공 장비(Mobile Mix-Control Vehicle: MCV) 기술 개발 필요 - 국내의 경우, 대명산업(주), 대우산업(주), 이텍산업 등지에서 이동·정치식 아스팔트 플랜트, 이동식 혼합물 보온설비 등을 개발한 바가 있으나, 혼합물의 공학적 특성이 설비에 반영된 기술개발, 중소기업의 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 현재의 MCV 설비는 골재 가열 및 집진 설비, 컨베이어식 이송설비를 부가적으로 추가하여 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)로의 가열된 골재의 공급기능은 없음

	- 혼합물을 현장에서 생산하는 플랜트는 미국에서 주도적으로 개발하여 보급하고 있으나, 다양한 혼합물 (섬유보강, 개질 아스팔트 등)을 현장에서 생산이 가능한 맞춤형 현장 배합설계법을 적용한 생산 시스템은 개발된 바가 없음 - 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 아스팔트 도로포장 혼합물의 경우 다양한 재료개발이 수행되고 있으나, 새로운 재료의 효과적인 생산 또는 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용 - 국내 대부분의 아스팔트 콘크리트 혼합물 생산은 1회에 1톤 또는 2톤 배치식으로 재료를 생산하는데 최소 약 15개의 공정을 거치게 되며 매우 많은 열에너지를 소모하여 이산화탄소 및 분진 배출 등의 문제가 있음 - 아스팔트 혼합물 사용골재를 완전 건조하지 않고 혼합물을 제조하는 기술을 개발하여, 기존 플랜트의 드라이어 장비 및 공정을 삭제할 수 있는 첨단 신소재 활용 기술을 적용한 바가 없음 - 현장가열-혼합-수송 장비(Mobile Mix-Control Vehicle(MCV) 또는 Material Transfer Vehicle(MTV))는 미국에서 활발하게 사용하고 있으며, 국내 기술 개발 및 활용은 미비한 상태 - 첨단 해석기술을 응용 및 설비/제어 시스템을 고려한 최적화 연구결과가 반영된 시스템 개발은 현재 미미한 수준 - 현재 포장재 출하 온도 180도를 맞추기 위한 상용 시스템이 전부이며 개발되는 신 공법의 2차재 온도인 50-70도의 구현 시스템은 전무한 실정 - 이동식 혼합물 생산장비를 위한 통합 공정제어 시스템 및 품질 관리 시스템의 국내 연구는 미미한 실정 - 이동식 아스콘 혼합물 생산 및 수송장비는 일부 외국에서 사용되고 있으나 국내에는 전무한 실정 - 양질의 상온 아스콘을 생산하는 이동형 장비는 국내 개발 및 연구가 전무한 실정 - 현재 국내의 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용 - 국내의 경우 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정

○ 국외기술동향

- 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음
- 혼합물을 현장에서 생산하는 플랜트는 미국에서 주도적으로 개발하여 보급하고 있으나, 다양한 혼합물 (섬유보강, 개질 아스팔트 등)을 현장에서 생산이 가능한 맞춤형 현장 배합설계법을 적용한 생산 시스템은 개발된 바가 없음
- 대부분의 이동식 플랜트에서는 골재저장소인 콜드빈을 현장에 설치하는 점, 혼합물 핫-엘리베이터, 핫-스크린 및 핫-빈 설비가 드라이어와는 별도로 설치되는 등, 이동식이라 할지라도 일반 정치식과 유사한 대규모의 설비를 요구
- 현장 가열-혼합-수송 장비(Mobile Mix-Control Vehicle(MCV) 또는 Material Transfer Vehicle(MTV))는 미국에서 활발하게 사용하고 있으며, 이로 인한 포장 품질 향상에 대한 많은 보고가 이루어지고 있음. 또한 이동형 플랜트 장비와 함께 도심지 도로포장 파손에 즉각적인 복구를 위하여 유럽 및 미국에서 장비효율화 연구가 이루어지고 있음
- 현재 미국에서 이용되고 있는 MCV는 25톤의 혼합물을 일회에 처리하는 대형장비이며, 현장으로 이송된 혼합물을 재가열-재혼합 후 아스팔트 페이버로 혼합물을 이송하는 용도로만 사용
- 현재의 MCV 설비는 골재 가열 및 집진 설비, 컨베이어식 이송설비를 부가적으로 추가하여 이동식 아스팔트 플랜트(MMV)로의 가열된 골재의 공급기능은 없음
- 이동식 아스콘 혼합물 생산 및 수송 장비는 일부 외국에서 사용되고 있음
- 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있음
- 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음

3. 연구개발 내용

○ 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발 (MMV)

- 골재와 아스팔트 혼합체 간 결합력을 향상하기 위한 고분자 화합물과 아스팔트 혼합물간의 중량비에 따른 탈부착이

용이한 정량 분사 및 Mixing 장치 개발

- 아스팔트 포장의 장기 공용성능 증대와 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성의 다양한 아스팔트 혼합물 생산을 위한 이동식 아스팔트 혼합물 생산설비의 개발
- 이동식 플랜트의 장비와 공정관리를 위한 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템 개발
- 적기의 도로 유지보수 필요에 따른 이동식 플랜트의 신속 시공을 위한 이동식 플랜트의 자동 통합 제어 시스템 및 수송 장비의 개발
- 국내 도로환경에 적합한 이동식 아스콘 혼합물 생산설비 및 수송장비의 개발

○ 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV)

- 60~70도의 골재 가열 및 실시간 함수비 계측을 바탕으로 소재 코팅을 위한 장비 개발 및 통합 제어/모니터링 시스템 개발
- 골재 코팅 효율 향상을 위한 저 에너지 연속 계량 및 가열 시스템의 경량화 장치 개발
- 도로포장의 친환경 운용을 증대하기 위해 혼합물 현장 생산 플랜트를 위한 매연, 분진, 악취, 소음 등 저감 기술의 개발
- 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기능 구축으로 도로 포장기술 및 관리 기반을 구축하고자 신속 시공용 현장 생산 시스템의 공정제어 플랫폼 구축을 위한 제반 제어기술 및 운영 시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립함

○ 아스팔트 플랜트 분야 전문가 그룹의 참여를 통해 플랜트의 핵심 개발 노하우 확보를 통해 이동 플랜트 기술 개발의 고도화 실현

○ 해외 관련 전문가 그룹의 인적네트워크 구축 및 기술적 자문 추진

○ 기존 기술에 대한 효용성 및 문제점 분석을 통하여 시험시공에 반영

○ 현장비의 문제점과 효율성을 분석하여 연구에 반영

○ 연구과제의 단계별 연구 목표 및 성과 목표를 구체적으로 제시하고, 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출 추진

□ **추진체계**

○ 연구개발에 필요한 최소한의 참여 기관으로 구성

	○ 국내외 관련기관 네트워크 활용 및 국제교류를 통한 연구동향 조사 및 연구방향 검증 ○ 실용화기술 개발은 산·학·연 중심으로 현장검증 및 성능평가로 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업으로 정부연구기관, 산업체 및 학계 컨소시움으로 구성하여 공동연구로 수행 ○ 이동형 아스팔트 혼합물 및 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 연구단의 2세부과제로 추진하며, 다음의 2개의 세세부과제로 구성 - 1세세부 : 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 개발 (MMV) - 2세세부 : 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 개발 (MCV) 및 이동식 플랜트 수송 장비 제어기술 개발
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ (1)차년도 - 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 플랜트 기초 연구 - 아스팔트 혼합물 현장 가열-혼합-수송 장비 기초 연구 - 이동식 플랜트 제어 및 수송 장비 기초 연구 ○ (2), (3)차년도 - 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 기술/설비 개발 - 아스팔트 혼합물 현장 가열 기술/설비 개발 - 아스팔트 혼합물 현장 혼합 기술/설비 개발 - 아스팔트 혼합물 현장 수송 기술/설비 개발 - 이동식 플랜트 제어 기술/설비 개발 - 이동식 플랜트 수송 기술/설비 개발 ○ (4)차년도 - 이동식 아스팔트 혼합물 현장 생산 장비 보정 - 아스팔트 혼합물 현장 가열 장비 보정 - 아스팔트 혼합물 현장 혼합 장비 보정 - 아스팔트 혼합물 현장 수송 장비 보정 - 이동식 플랜트 제어 장비 보정 - 이동식 플랜트 수송 장비 보정 - 이동식 아스팔트 현장 생산 통합 플랜트 개발
6. 연구기간 및 지원예산	
□ **전 체**	○ 총 연구기간 : 2016.1 ~ 2019.12 (4년) ○ 연구비 예산 : 70억 원 (정부출연금 : 49억 원 이내)

7. 기대효과 및 파급효과	
	○ 혁신기술인 완전 이동·생산식 아스팔트 혼합물 생산 기술 선점으로 기술수준 선진화에 기여 ○ 도로 수준별(고속국도, 일반국도, 지방도 및 시군도), 도로포장 특성별(공항, 항만, 주차장) 및 요구 기능별 (소음저감, 배수, 고내구성 등)로 도로포장재료의 맞춤형 생산 실현 ○ 표준화된 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기법 적용이 가능하여, 도로포장 내구수명 증대로 지속가능한 도로포장 유지에 기여 ○ 신속한 도로 유지보수로 교통지체/폐쇄 최소화로 물류비용/혼잡비용 및 유지보수 최소화로 도로포장의 전주기 생애비용 최소 20% 절감(현장 생산 시공을 통한 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성 확보로 사용수명이 기존에 비해 대폭 증가되어 생애주기비용 절감) ○ 생산설비 및 시공절차의 국내외의 특허 확보가 가능하며, 도로 포장 시공 기법뿐만 아니라, 개발될 공정 관리 기술 및 시공 장비 실용 특성화 방안 등은 관련 신산업 창출 및 산업 발전에 이바지 함 ○ 4계절 전천후 도로포장 시공이 가능하여, 교통수요를 고려한 도로포장 건설 및 유지보수 실행으로 혼잡비용 최소화 및 교통서비스 수준 증대에 기여 ○ 이동형 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비의 신기술 개발로 비용 절감 및 품질개선, 환경피해 절감에 기여 ○ 중소기업의 연구개발 투자부담 경감 ○ 건설장비 국산화로 고비용의 외국산 장비 수입 대체효과

2절. 평가기준 설정

평가 기준	
기술적 측면	이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 효과
	이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 및 현장 가열-혼합-수송 장비 의 정량적 평가 방법
	글로벌 시장 선점을 위한 원천 기술 확보 방안
	실험시설, 테스트베드 등 연구 인프라 현황 및 구축 방안
	국내외 기술 동향에 대한 정보 및 이해
산업·경제적 측면	개발 기술의 실용화 방안
	연관기술의 파급효과
	개발 기술의 제도화 방안
연구 체계 측면	과제 책임자의 연구 수행 능력
	연구단의 유사과제 수행 경험
	산·학·연 컨소시움 구성 체계

7장. 참고문헌

- Cantat Association, ADM Asphalt Plant, http://www.cantat-associates.com/adm
- Bernardi Impianti Milano Italia, http://www.niarb-sa.com/Niarb/PaghtmlITA
- Hindustan Road Equipments,http://www.hindustanroadequipments.in/
- Phoenix Transworld Ltd., http://www.phoenixtransworld.com/
- Forever Open Road, FEHRL Flagship Programme, http://www.foreveropenroad.eu/
- US patent 3905587, Mobile Asphalt Plant, 1975
- United States Patent 2961224, Pug-mill Mixer for Asphalt Plant, 1960
- Ammann Group Ltd., Overview of Asphalt Mixing Plant, 2013
- 대명산업, MB 1300 Manual Book, 2003
- Koenders, B.G.,Bowen, C.,Larsen., Innovative Process in Asphalt Production and Application to obtain Lower Operating Temperatures, 2nd Eurasphalt Congress, 2000
- Chappat, M., "Sustainable Development, The Environmental Road of the Future", COLAS, 2003
- David K. Hein, P.Eng.2008, "FOSTERING INNOVATION TO IMPROVE PAVEMENT PERFORMANCE IN CANADA", Introducing Innovation into Pavement Design and Rehabilitation for the Transportation Association of Canada Fall 2008 meeting, 2008
- IPG Research Report : Innovative mitigation measures for road traffic noise, 2008
- 김연복 외 (2002), "한국형 포장설계법 개발과 포장성능개선방안연구(1단계 1차년도) 아스팔트 포장 재료 및 품질관리 기준 정립", 건설교통부
- 김주원(2004), "우리나라 도로포장의 역사(1)", 한국도로학회지, 제6권 제2호, PP 54-63
- 도로백서(1997), 건설교통부
- 도로백서(2011), 국토해양부
- 이창림, 노관섭, 권영인(2005), "도로이야기(3) -자동차 도로의 발전 역사-", 한국도로학회지, 제7권 3호, pp 36~44
- U.S. Department of Transportation.(1976), america highways 1776-1976
- http://eng.upm.edu.my/webkaw/coursenotes/4611/notes1a.htm
- http://www.mlit.go.jp/road/tech/gijutu/policy_area.html
- http://www.kai-koei.co.jp/technology/note/data/21-11.pdf

부록 Ⅰ.

세세부과제 기술수요조사서

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물의 장기 공용성능증대 필요성
◦ 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성 부여</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 골재와 아스팔트간의 부착성능을 향상시켜 조기파손 발생 억제
◦ 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 개발
◦ 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 그에 따른 기층 및 표층의 수명 연장
◦ 아스팔트의 인성 강화를 위한 Polymer Binder 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 / 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음 (참고문헌: Epoxy Asphalt Concrete, Charles G. Hicks, Zycosoil, Zycotherm, India)
◦ 강상판 혹은 노반과의 부착성 향상을 위해 보수보강 및 포장용 Bond coat용으로 사용하고 있음 (Chemco 2011, Chemco systems, 2011)</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로교통연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음
◦ 미국, 일본, 중국 등 초 장대교량 등에 적용한 에폭시 바인더를 활용한 아스팔트 연구 및 적용 기술 활용
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트에 폴리머를 혼합하거나 박층 포장 관련 기술에 대한 연구로 아스팔트 및 폴리머와 관련한 기술 확보가 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 설계 제시
◦ 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성, 포장 상태)
◦ 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발
◦ 수용성 Polymer와 아스팔트 간의 화학적 Mechanism 연구
◦ 폴리머 Binder의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ Polymer Binder 기술개발 내용.
1) 수경화 Polymer Binder 개발
2) 혼합물 부착 성능 개선 연구
3) 아스팔트와 폴리머간의 화학적 결합을 통한 내구성 연구
4) 수경화 Binder의 피로성능 특성 연구
5) 수경화 Binder의 비용 대비 효과 검토로 구성.
◦ Polymer Binder 기술 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : Polymer Binder 개발 및 내구성 평가 수행
Line test 중점 추진 및 보완 수행
2) 3차 년도 : 개발 기술의 최적화 및 설계 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 도로포장용 Polymer Binder 특허
◦ 수경화성 혼합물 이동식 생산 및 포설 공법 연구</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ Polymer Binder 기술 접목을 통한 아스팔트의 내구성 증대(평균공용수명 대비 1.5배 이상)
◦ 균열 관련 파손 감소를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경화 Polymer Binder 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ Rubber Modified Epoxy
◦ Moisture Curing Epoxy
◦ 에폭시 바인더의 부착 성능
◦ 수경화 아스팔트</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">골재 가열 드라이어의 폐열을 재활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 골재 가열 드라이어의 폐열을 이용한 열에너지 재활용 아스팔트 혼합물 생산 장비의 개발
◦ 열효율 최적화를 위한 드라이어 열에너지 재활용 플랜트 공정 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물 생산시 드라이어에서 발생하는 폐열을 활용하여 자원 절약이 시급한 실정임
◦ 폐열을 아스팔트 혼합물 생산설비에 적용할 경우 아스팔트 혼합물 생산단가를 낮출 수 있음
◦ 아스팔트 혼합물 생산 단가 절감으로 인한 도로공사 시공비 절감</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 도로포장 재료의 열역학적 특성 정량화
◦ 드라이어에서 발생하는 열에너지 효율과 가동에 필요한 열에너지의 역학적 근거 제시
◦ 열교환기 및 열펌프 시스템을 결합한 열 회수 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 국내의 아스팔트 혼합물 생산 플랜트에서 골재 가열시 드라이어에서 180℃-190℃의 온도에서 가열하게 되고 실제 화염의 온도는 230℃로 추정하나 골재를 가열 후 발생하는 열에너지는 활용할 방법이 전무한 상태임
◦ 드라이어 가동시 사용되는 연료로 동시에 발생하는 폐열을 활용하는 기술의 개발은 미비한 수준임</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>70 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>80 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 포항제철소와 광양제철소의 경우, 전체 전력량의 약 58%를 폐열과 폐가스의 전기로 충당하고, 쓰고 남은 에너지 가운데 약 9%는 판매를 통해 수입을 올리고 있음</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국외의 유사 기술에 대한 조사를 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹함
◦ 미국의 ASTEC사에서는 드라이어의 열을 활용한 2중 드라이어 시스템(Double RAP Dryer)를 활용하여 생산하느 HMA혼합물의 약40%를 차지하는 재생 골재의 가열을 동시에 진행할 수 있는 생산 공정을 개발함
◦ 국내외의 아스콘 플랜트의 폐열 활용한 생산 설비 공정 연구결과를 활용 할 수 있을 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 폐열을 재활용한 생산 공정의 개발로 제조 생산 단가 절감
◦ 에너지 비용이 늘어남에 따른 제조 원가의 상승을 줄이고 폐열에 대한 회수를 통해 에너지 효율을 제고화 시킬 필요가 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 골재 가열시 드라이어에서 발생하는 열에너지의 역학적 근거 검토
◦ 열에너지 재활용에 따른 최적 아스팔트 혼합물 생산 설비 공정 개발
◦ 열교환기 및 열펌프 시스템을 결합한 열 회수 시스템 개발
◦ 열에너지 재활용에 따른 경제성 분석</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포장 기술의 개발은 주로 중소기업 고유 업종으로 분류되어 영세성으로 인해 산업부분에서의 자체적인 연구개발 투자는 시간 및 비용 발생의 증가로 현실적으로 불가능한 실정이기 때문에 국가의 연구개발 지원이 절실히 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 폐열을 활용한 아스팔트 혼합물 생산 공정 개발에 관한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해 시제품 제작 및 국내외 전문가 집단 및 산업체를 공동 연구기관으로 참여하게 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 4차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 열효율 특성을 반영한 아스팔트 혼합물 생산 공정 특허
◦ 재활용 열을 활용한 아스팔트 혼합물 생산 공정 시작품
◦ 폐열을 활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비의 설계 및 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 추가적인 연구를 통하여 시방 보완에 활용
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화
◦ 향후 지불규정 등에 대한 역학적 근거 제시</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="7">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 폐열을 재활용한 생산 공정의 개발로 제조 생산 단가 절감
◦ 관련 기술의 현장 적용을 통해 드라이어 가동시 필요한 자원 및 에너지 절약 효과
◦ 도로 포장 분야 신기술 연구에 대한 방향성 확립 가능
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">골재 가열 드라이어의 폐열을 재활용한 아스팔트 혼합물 생산 설비 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 폐열 재활용
◦ 재활용 열에너지의 활용
◦ 골재 가열 드라이어
◦ 아스팔트 혼합물 생산 설비</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">가열 수송장비의 열효율 최적화를 위한 해석적 설계 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 해석적 기술을 이용한 가열 골재 및 혼합물의 온도 유지를 위한 수송장비 설계의 최적화</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 가열 골재 및 혼합물 수송장비는 열역학적 해석을 통하여 시작품 제작 비용을 최소화 할 수 있음.
◦ 가열 골재 및 혼합물의 온도를 유지하기 위해서는 내부의 온도를 지속적으로 유지할 수 있는 체계적인 설비가 필요함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 컨테이너 내의 골재의 열전달 관련 해석 모형 개발
◦ 골재 가열 및 온도 유지를 위한 이송장비의 열역학적 구조기준 제시
◦ CFD-DEM을 이용한 열역학 모형을 이용한 골재와 아스팔트 혼합물의 열전달 특성 시뮬레이션
◦ 골재 및 혼합물 수송장비의 설계에 대한 열역학적 근거 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 새롭게 개발되는 골재 이송장비에서 골재의 온도를 유지하거나 기존의 아스팔트 혼합물의 온도를 유지하기 위해서는 이에 특화된 설계가 필요하며, 관련된 연구는 미국 ASTEC에서 연구를 주도적으로 수행하고 있음.
◦ DEM-CFD를 이용한 해석 방법은 아직 활발하게 사용되고 있지 않은 최신 기술로 골재 및 혼합물의 온도 및 이송에 관련된 설계에 효율적으로 활용될 수 있음.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있으나(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제18권 제3호) 기후 및 환경조건에 따른 다짐횟수 및 시간에 대한 근거 부족으로 관련된 기준을 정확하게 제시하지 못하고 있음.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로포장 연구실에서는 DEM과 CFD를 이용한 해석을 통하여 공극을 갖는 고체와 기체사이의 열역학적 특성을 분석하는 기술을 보유하고 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 골재 및 혼합물 수송장비의 효율적인 설계를 위해서는 다양한 조건에 대한 역학적 시뮬레이션이 필요함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 골재 수송장비의 구조형태에 따른 열효율 특성 분석
◦ 골재 수송장비 내에서의 수분 변화 및 분포 해석 모형 개발
◦ 열역학적 특성을 고려한 수송장비의 열역학적 설계 제안</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 수송장비 최적화 기술
1) 골재의 열전도 계수, 열복사 계수, 수분 증발 등 열역학적 특성 측정
2) DEM-CFD-MBD를 이용한 수송장비의 열역학적 시뮬레이션 모형 개발
◦ 수송장비 최적화 기술
1) 1, 2 차년도 : 실내실험을 통한 열역학적 특성 측정
DEM-CFD를 이용한 구조형태별 열손실 특성 분석
2) 3차 년도 : DEM-CFD를 이용한 시뮬레이션 및 열역학적 설계고려요소 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 수송장비 내에서의 골재의 열 및 수분 분포 및 손실 시뮬레이션
◦ 열역학적 특성을 반영한 장비 설계 최소기준 제시</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 추가적인 연구를 통하여 수송장비 최적화에 활용
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="5">◦ 향후 지불규정 등에 대한 역학적 근거 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 개발 재료의 수분 및 열조건
◦ 가열아스팥트 혼합물을 이용한 보수공법의 기준 제시</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">MMC Material</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">가열 수송장비의 열효율 최적화를 위한 해석적 설계 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 골재의 열역학 특성
◦ 수송장비
◦ DEM
◦ CFD</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">고분자 / Asphalt 계량 분사 및 Mixing System 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합체에 고분자 Coating제를 첨가함에 따라 저온 속건성의 아스팔트 공사가 가능
◦ 골재와 아스팔트 혼합체간 결합력을 향상하기 위한 분사 조건에 부합되는 분사 및 Mixing 장치 개발이 필요</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ Mixing 결합력을 배가 하기 위해서는
- 고분자 화합물과 Asphalt 혼합물과 중량비
- 최적의 Coating을 위한 온도조건 유지 및 Spray 방식, Mixing 방식등이 연구 되어야 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 고분자 화합물과 Asphalt 혼합물간의 중량비에 따른 정량 주입 분사 장치 개발
◦ 최적의 Coating 조건 검출 및 온도 조건 유지 방안
◦ 최적의 Coating조건을 달성하기 위한 Mixing 장치 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 / 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음 (참고문헌: Epoxy Asphalt Concrete, Charles G. Hicks, Zycosoil, Zycotherm, India)
◦ 강상판 혹은 노반과의 부착성 향상을 위해 보수보강 및 포장용 Bond coat용으로 사용하고 있음 (Chemco 2011, Chemco systems, 2011)</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 현재 Asphalt혼합물과 고분자 화합물을 계량 Mixing 하는 장치는 없음
◦ 미국, 일본, 중국 등 초 장대교량 등에 적용한 에폭시 바인더를 활용한 아스팔트 연구 및 적용 기술 활용
◦ 기존 플라스틱 사출물등에 사용되는 정량 주입장치를 응용하고 해외에서 일부 사용되고 있는 Lates Asphalt Mix modifier의 원리를 이용하여 Mixing 장치를 개발함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 설계 제시
◦ 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 정유량, 정온 주입 System 개발
◦ Asphalt/골재 개량 시스템과 연계하여 최적량의 고분자 화합물을 계량하여 분사 할 수 있는 System Logic 구성
◦ 최적을 혼합조건 유지 (온도) 및 생산력을 갖춘 Mixing 장치 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 고분자 화합물의 Coating 조건 및 특성 연구 (선행조건 : 1세부에서 도출)
- 최적 혼합비 유지를 위한 정량 주입 장치 연구
- 최단기간 최적의 혼합 성능을 가질 수 있는 Mixing 장치 연구
- 온도 조건 유지를 위한 Heating 장치와 Mixer 장치의 복합화 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 고분자 / Asphalt 계량 분사 및 Mixing System</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에 따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>600</td><td>600</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>750</td><td>750</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td rowspan="2">연도별 평균 소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">년 5명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,500</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 신규 개발될 이동형 아스팔트 혼합물 생산 장비의 핵심 부품임
◦ 공사 기간 단축 및 에어지 절감에 기여
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="4">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4">세부연구과제명</td><td colspan="4">고분자 / Asphalt 계량 분사 및 Mixing System 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 정량 주입 분사 장치
◦ 이종 물질 정량 주입 및 Mixing 장치
◦ Heating & Mixing 장치 - 복합화
◦ 혼합비와 혼합물 중량에 따른 최적 온도조건 및 Mixing/Spray 조건 실행 Logic 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물의 장기 공용성능증대 필요성
◦ 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성 부여</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 골재와 아스팔트간의 부착성능을 향상시켜 조기파손 발생 억제
◦ 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 개발
◦ 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 그에 따른 기층 및 표층의 수명 연장
◦ 아스팔트의 인성 강화를 위한 실리콘 바인더 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 / 일본에서는 도로 포장에 Epoxy Binder를 혼입하여 화학적 결합을 통한 Asphalt의 내구성 향상 및 포장의 경량화, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음 (참고문헌: Epoxy Asphalt Concrete, Charles G. Hicks, Zycosoil, Zycotherm, India)
◦ 강상판 혹은 노반과의 부착성 향상을 위해 보수보강 및 포장용 Bond coat용으로 사용하고 있음 (Chemco 2011, Chemco systems, 2011)</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로교통연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음
◦ 미국, 일본, 중국 등 초 장대교량 등에 적용한 에폭시 바인더를 활용한 아스팔트 연구 및 적용 기술 활용
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트에 폴리머를 혼합하거나 박층 포장 관련 기술에 대한 연구로 아스팔트 및 폴리머와 관련한 기술 확보가 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 설계 제시
◦ 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성, 포장 상태)
◦ 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발
◦ 수경성 재료와 아스팔트 간의 화학적 기전 연구
◦ 재료의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 실리콘 바인더 기술개발 내용.
1) 수경성 실리콘 바인더 개발
2) 혼합물 부착 성능 개선 연구
3) 아스팔트와 고분자간의 화학적 결합을 통한 내구성 연구
4) 수경성 바인더의 피로성능 특성 연구
5) 수경성 바인더의 비용 대비 효과 검토로 구성.
◦ 실리콘 바인더 기술 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 재료 개발 및 내구성 평가 수행
Line test 중점 추진 및 보완 수행
2) 3차 년도 : 개발 기술의 최적화 및 설계 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 도로포장용 실리콘 바인더 특허
◦ 수경성 혼합물 이동식 생산 및 포설 공법 연구</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">800</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 실리콘 바인더 기술 접목을 통한 아스팔트의 내구성 증대(평균공용수명 대비 1.5배 이상)
◦ 균열 관련 파손 감소를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">골재/아스팔트 계면 부착 강화를 위한 수경성 실리콘 바인더 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 수경성 실리콘 바인더
◦ 바인더의 부착 성능
◦ 수경성 아스팔트</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 포트홀 방지 혼합물의 장기 공용성능증대 필요성
◦ 장기공용성능 증대를 위한 포트홀 발생 예방 필요성</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 경제적인 도로포장기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 표층 혼합물의 갑작스런 파괴방지, 외부교통하중 및 온도변화에 다른 미세균열 발생지연을 통한 피로수명 증대를 위한 고분자 치유제 개발 필요
◦ 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 성능증대 기여
◦ 고분자 재료 개발로 최소 일반 혼합물 대비 피로공용수명 1.0 MPa 이상의 고인성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 일본의 경우 고무계 고인성 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공하고 있음</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 도로포장 재료로 가장 널리 사용하고 있는 아스콘은 2009년 기준 연간 아스콘 사용량은 약 35,000천 톤이며, 아스콘 평균 단가는 57,000원/톤 이므로, 국내 아스콘 시장은 약 2 조원 임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국토해양부에서는 전통적 아스팔트 및 콘크리트 포장관련 한국형 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 고분자 치유제 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 연구 및 기술 개발이 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 2012 정부 R&D 건설분야 투자이슈인 건설기술개발 자립에 부응한 새로운 형태의 도로포장 기술 개발</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 포트홀 예방 표층 혼합물용 이온성 우레탄 합성
◦ 이온성 고분자 첨가 아스팔트 물성 연구
◦ 이온성 고분자 첨가 아스팔트 혼합물의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 기존의 연구는 단편적인 연구에 치우쳐 기술개발의 파급효과가 미흡하며 특히 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 및 자기치유형 고분자 첨가 아스팔트 혼합물 설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 아스팔트 콘크리트 관련 사업은 중소기업 고유 업종으로 분류되어 영세성으로 인해 산업부분에서의 자체적인 연구개발 투자는 현실적으로 불가능한 실정이기 때문에 국가의 연구개발 지원이 절실히 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 포트홀 예방 수경성 고분자 물질 개발 내용은
1) 이온성 우레탄 합성 연구,
2) 합성한 이온성 우레탄 아스팔트에 혼입 연구,
3) 이온성 우레탄 첨가 아스팔트 물성 연구,
4) 이온성 우레탄 첨가 아스팔트 경제성 검토 .
◦ 이온성 우레탄 첨가 아스팔트 원천기술에 대한 연구는 1, 2 차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해서는 국내외 전문가 집단 및 산업체를 공동 연구기관으로 참여케 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 3차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 3차년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 이온성 우레탄 첨가 아스팔트 특허
◦ 이온성 우레탄첨가 아스팔트 혼합물 특허
◦ 이온성 우레탄 첨가 아스팔트 특성 해석 모델</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에 따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="8">11. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">600</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">800</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 이온성 고분자 첨가 아스팔트 도입으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성
◦ 화학공학과 토목공학의 융합 연구로 국가의 미래창조 모토에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">도로포장 혼합물 계면간 인장 강화를 위한 수경성 ionic polyurethane 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">- 수경성 우레탄
- 이온성 우레탄
- 바인더 부착 성능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">매립형 PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">◦ 현장 아스팔트 콘크리트 포장의 다짐도 모니터링 및 적정 다짐 확보를 통한 포트홀 방지</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 현장 아스팔트 콘크리트 포장의 적정 다짐 확보는 아스팔트 포장의 품질과 직접 관련있음.
◦ 현장 시공시 다짐 불량으로 인한 아스팔트 콘크리트 포장의 조기 균열 및 포트홀 발생
◦ 조기 균여 및 포트홀 방지를 통한 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발로서 필수적인 과제임</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">◦ PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 시공 현장 다짐도 평가 기술개발
◦ 아스팔트 도로포장 시공 현장 다짐 작업중 자동화된 실시간 다짐도 모니터링 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="6">◦ 아스팔트 포장의 현장 시공중 코어링에 의한 밀도(다짐도) 측정은 파괴 시험으로 시간적, 물리적 제한으로 인해 현실적으로 제한적임.
◦ 대표적인 비파괴 검사법으로 방사능 밀도게이지(Nuclear Density Gauge)의 경우 작업자의 방사능 관련 위험성으로 인해, 방사능 취급자격증, 방사능 피폭 및 누출에 대한 정기적인 검사등 부가적인 요구사항이 많음.
◦ 유전율 측정을 통한 아스팔트 포장 밀도 측정법이 있으나 현장 calibration등의 운용상 어려움이 있으며, 자동화된 실시간 모니터링에 제한사항 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td colspan="2">R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 다점 실시간 자동 모니터링 기술 요구</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">◦ 시멘트 콘크리트 응결 정도 및 응결시간 측정을 위한 매립형 PZT 압전센서 임피던스 기술 개발되어 있으며, 이와 유사한 기술을 아스팔트 콘크리트 다짐정도 측정에 적용가능 함.
◦ 현장 아스팔트 콘크리트 포장 매립후 다짐시 발생 가능한 압전 센서 파손방지를 위한 기술 확보 필요
◦ PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스 측정장비 기존 개발되어 있으나, 고가이며 현장 계측용으로 부적절 하여 저가의 휴대용 장비 개발 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">◦ 아스팔트 포장의 현장 적정 다짐 모니터링 및 관리를 통하여 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발 필요.
◦ 포트홀 발생 억제를 통한 아스팔트 도로포장 유지 보수 비용 절감 필요.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">◦ 아스팔트 혼합물의 다짐도에 따른 PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스 특성변화
◦ PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 혼합물 다짐도 평가방법
◦ 시공 현장 평가 적정성 검정
◦ 저가의 휴대용 임피던스 측정장비 프로토 타입 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인 해 인명피해가 발생하고 있는 상황
◦ 시공시 실시간 다짐도 모니터링을 통해 시공품질 관리로 포트홀 발생을 억제가 필요하나, 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">◦ 시멘트계 재료에 사용된 매립형 PZT 압전센서 기술을 아스팔트 콘크리트 재료에 적용을 위해 기술 보유자 연구팀에 참여.
◦ 기존 사회기반 시설 구조물 건전성 모니터링에 사용되는 센싱기술 검토
◦ 연구일정
1 차년도: 아스팔트 혼합물의 다짐도에 따른 PZT 압전센서의 전가-역학적 임피던스 특성변화 연구
2 차년도: 현장 평가 적정성 검정
3 차년도: 저가의 휴대용 임피던스 측정시스템 프로토 타입 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">◦ PZT 압전센서 전가-역학적 임프던스를 이용한 아스팔트 포장 다짐도 평가기술 특허
◦ 저가 휴대용 임피던스 측정 장비 프로토 타입 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 아스팔트 도로포장 공사의 현장 품질 모니터링에 활용가능</td></tr>
<tr><td rowspan="2">11. 연구개발 과제의 규모</td><td>구분</td><td></td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td>연차별 연구비</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6"></td><td>(백만원)</td><td>민간(추정)</td><td>40</td><td>40</td><td>40</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>240</td><td>240</td><td>240</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">600</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td rowspan="2" colspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">120</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">720</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 현장 시공 품질 실시간 모니터링으로 인한 향상으로 인한 포트홀 등 포장 파손 감소 를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">매립형 PZT 압전센서의 전기-역학적 임피던스를 이용한 아스팔트 포장의 현장 다짐도 모니터링 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 매립형 PZT 압전센서
◦ 전기-역학적 임피던스
◦ 아스팔트 포장 밀도(다짐도)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">◦ 아스팔트 혼합물의 품질관리 필요성
◦ 도로 시공 중 혼합물의 품질을 향상시키고 현장 품질관리 기법을 통한 시공 하자 최소화</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 품질관리를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 도로포장의 품질성능을 극대화할 수 있는 기술개발을 통해 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">◦ 이동식 아스팔트 혼합물의 품질관리 기준 설정
◦ 아스팔트 혼합물의 이동형 역학적 실험법 개발
◦ 현장 품질향상을 위한 역학적 품질관리 기법 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="6">◦ 미국/일본/네덜란드에서는 도로 포장 품질관리에 역학적 품질 인자를 적용하고 시공 품질에 따라서 인센티브를 제공하여 포장 품질 향상 및 하자 최소화
◦ 네덜란드의 경우 기능성 포장설계법으로 아스팔트 혼합물 성능평가법을 통하여 품질을 보장하고 있으며 미국/일본/유럽등에서 새로운 현장 품질관리 실험법들이 개발되고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td colspan="2">R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 국내 도로의 경우 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">◦ 미국, 일본, 유럽 등 품질관리를 위한 아스팔트 혼합물 평가 기법 연구 및 적용 기술 활용
◦ 기존의 연구는 주로 실내 실험위주 혹은 정성적인 현장 포장가속시험기 위주의 평가 기법이 대다수이며 현장에서 역학적 특성을 분석하여 평가할 수 있는 기법 개발은 매우 제한되어 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">◦ 국내 아스팔트 도로 품질관리 기법 도입으로 시공성과 내구성 확보 및 인센티브 제공 모델 제시
◦ 조기 균열 및 러팅 발생을 사전에 차단할 수 있는 품질관리 기법 개발을 통해 기능성과 장기 내구성 만족
◦ 현장 역학적 품질관리 기법 개발로 유지보수 비용 절감 및 시공사의 품질성 확보</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">◦ 아스팔트 혼합물의 품질관리 기준 설정(역학적 특성, 시공성)
◦ 역학적 실험법에 대한 다양한 기술 개발
◦ 현장 품질향상을 위한 역학적 품질관리 기법 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">◦ 최근, 국내 시공 후 품질이 저하되는 현장이 많고 현장에서 시공후 품질을 평가할 수 있는 기법이 존재하지 않아 주로 온도와 밀도만으로 성능을 평가하는 경우가 많으나 실제로 공용성은 재료의 역학적 특성에 근거하므로 현장에서의 품질관리 기법이 있어야 내구성을 보장할 수 있음
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">◦ 새로운 품질관리 실험법과 기존의 실내 실험 인자와의 연관성 확보
◦ 개발된 실험법에 관련된 이동성 실험장비 개발을 통한 현장 적용
◦ 국도PMS를 통한 현장적용 및 PMS와의 연계를 통해 개발된 역학적 품질관리 기법 검증
◦ 검증된 품질관리 기법 및 실험장비를 제도화하여 국내현장에 적용하고 시스템을 해외 수출</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">◦ 현장 품질관리 실험법 특허
◦ 현장에서의 아스팔트 품질관리 평가 장비 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에 따른 적용처를 구분하여 내구성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="3">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="2">합 계</td><td>430</td><td>430</td><td>430</td><td>430</td><td>430</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">150</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,150</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 성능평가 후 인센티브 제공 등의 시공관리 접목을 통한 아스팔트의 내구성 증대(평균공용수명 대비 1.5배 이상)
◦ 균열, 러팅 관련 포장 파손 감소를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="4">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">MCV-Material</td></tr>
<tr><td colspan="4">세부연구과제명</td><td colspan="4">아스팔트 혼합물의 역학적 품질관리 기법 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ quality control
◦ evaluation of asphalt
◦ mechanistic properties</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="5">이동식 아스콘혼합물 생산설비 및 수송장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="5">◦ 적기에 도로 유지보수 필요에 따른 이동식 장비개발.
◦ 신속시공을 위한 현장 생산시스템 장비개발.</td></tr>
<tr><td colspan="5">◦ 소규모 생산설비를 개발함으로 도로의 상시관리 필요.
◦ 적은 에너지 및 이산화탄소 배출 등에 따른 친환경 설비필요.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="5">◦ 국내 도로환경에 적합한 이동식 생산설비의 개발.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="5">◦ 일부 외국에서 사용되고 있으나 국내에는 전무한 실정임.
◦ 양질의 상온 아스콘을 생산하는 이동형 장비는 전무함.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>80%</td><td colspan="2">R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>50%</td></tr>
<tr><td colspan="5">◦ 소형 이동식 상온 아스콘 생산설비의 해외시장 진출이 가능함.
◦ 소형 이동식 생산설비를 이동식 대형화 전환으로 시장확대가 가능함.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="5">◦ 기존 가열아스콘 설비 및 가열 이동식 설비의 일부를 활용할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="5">◦ 포트홀등 파손된 도로의 적시 유지보수,
◦ 양질의 아스콘을 이동식으로 생산 및 시공.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="5">◦ 고분자 코팅설비 및 혼합설비.
◦ 이동식 아스팔트 생산설비.
◦ 원자재의 이동식 공급설비.</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="5">◦ 도로파손으로 인한 안전사고 방지.
◦ 도로공사 건설기준 글로벌화에 따른 정부지원.
◦ 친환경 건설소재 개발.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="5">◦ ASPHALT MIXING PLANT제작 30년의 노하우.
◦ 자체 연구소를 통한 연구개발.
◦ 이동식 플랜트의 해외 수출로 얻은 노하우.
◦ 1-2차년도 : 이동식 플랜트의 기본 플로우 차트 완성.
이동식 플랜트의 기본설계.
◦ 3-4차년도 : 장비의 콤팩트화 및 성능개선.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="3">◦ 이동식 아스콘 혼합물 생산설비.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="3">◦ 국제 인증규격 기반으로 국내외적 적용.
◦ 친환경 아스콘제조시설로 인한 보급확대.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>70</td><td>50</td><td></td><td></td><td>-</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">합 계</td><td>170</td><td>150</td><td></td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">2년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">130</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">330</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">10명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">본 이동식 아스콘 생산설비는 소량생산 및 자유로운 이동이 목적인 현장에 투입 특화된 장비로 동남아시아 시장을 석권할 수 있으며, 국내 내수시장에서도 공항 및 지방 자치단체의 도로 보수용으로 적용가능하다 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">이동식 아스콘혼합물 생산설비 및 수송장비 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">이동식 아스팔트 생산설비
상온 아스콘
포트홀 보수설비</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="5">이동식 플랜트 가열-분사 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="5">◦ 이동식 플랜트의 개발을 통한 도로 유지 보수의 효율성 증대
◦ 현장에서 아스팔트 혼합물 배합 및 생산 시스템 구축</td></tr>
<tr><td colspan="5">◦ 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등이 필요함.
◦ 잦은 소규모 도로 유지보수 물량의 증대에 따른 신속한 도로포장 유지보수 및 도로포장기술의 선진화가 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="5">◦ 60~70도의 골재 가열 및 실시간 함수비 계측을 바탕으로 소재 코팅을 위한 장비 개발 및 통합 제어/모니터링 시스템 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="5">◦ 현재 국내의 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용함.
◦ 첨단 해석기술을 응용 및 설비/제어 시스템을 고려한 최적화 연구결과가 반영된 시스템 개발은 현재 미미한 수준임.</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td colspan="2">R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="5">◦ 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음.
◦ 국내의 경우 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="5">◦ 기존 해외의 이동-정치식 플랜트 시스템 연구 및 적용 기술 활용
◦ 열효율을 고려한 골재 가열 방식 적용
◦ 레미콘 플랜트에서의 골재 함수비 측정 적용 기술 활용
◦ 기존의 통합 제어 시스템 및 최적화 알고리즘 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="5">◦ 이동식 플랜트 혼합물의 품질관리 필요
◦ 혼합물 생산 및 시공과정을 종합적으로 관리하는 시스템이 필요함
◦ 현장 혼합물 배합 및 생산을 통한 시공시간 단축 및 비용 저감 효과</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="5">◦ 골재 가열 시스템 개발
◦ 실시간 골재 함수비 계측 시스템 개발
◦ epoxy 분사 시스템 개발
◦ 현장 생산을 위한 최적 통합 제어 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="5">◦ 전체도로의 80%가 내구 연한이 초과된 상태이고 예산 등의 문제로 제대로 된 문제 해결이 이루어지지 않고 있어, 교통안전을 저해 시키고 빈번한 작업으로 인해 도로 운행에 불편함을 만들고 있어 이에 대한 개선이 필요함.
◦ 정부차원의 도로포장 파손 원인 분석을 위한 플랜트 및 시공 현장 점검이 진행되어야 하며, 효율적인 문제 해결을 위한 연구개발도 함께 진행되어야 함.
◦ 본 연구를 통해 도시 내의 생활교통을 개선하고 도로교통의 안전성 강화 및 선진화를 이룰 수 있음</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="5">◦ 이동식 현장 가열-분사 시스템
1) 현장 골재 가열 장비 개발
2) 실시간 골재 함수비 측정 장비 연구
3) 소재 코팅을 위한 설비/제어 시스템 개발
4) 현장 혼합물 공정 프로세스 구축
◦ 이동식 현장 가열-분사 시스템 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 골재 가열 시스템 연구
함수비 측정, 시공 장비 연구
2) 3차 년도 : 장비의 최적화 및 실시간 제어 알고리즘 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="4">◦ 이동식 현장생산 아스팔트 플랜트 장비
◦ 아스팔트 플랜트 가열-분사 제어 알고리즘</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="4">◦ 연구개발 결과물의 적극적 기술이전으로 관련 산업의 활성화를 유도 하고 이 분야의 신장비 개발을 통한 선진화할 수 있도록 함
◦ 유지보수시 별도의 행정절차 없이 수행계획에 의거 장비의 즉각 투입을 통한 현장 혼합물 품질관리와 함께 신속한 도로 유지보수를 진행할 수 있도록 함
◦ 국내 기업과 정부와의 연계로 핵심기술 확보 및 해외시장 진출을 통해 국가 경쟁력 강화</td></tr>
<tr><td>11. 연구개발</td><td>구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">과제의 규모</td><td rowspan="3">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>1000</td><td>2000</td><td>1500</td><td>1000</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>500</td><td>300</td><td>200</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1200</td><td>2500</td><td>1800</td><td>1200</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5500</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6700</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 새로운 이동식 플랜트 장비를 통한 생산 및 시공 시스템 체계 확보
◦ 신속한 도로 유지 및 보수가 가능하여 비용 절감 효과 및 도로 혼잡 감소 효과
◦ 신장비 개발을 통한 기술이전 및 관련 산업 활성화 효과
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">이동식 플랜트 가열-분사 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 골재 가열
◦ 실시간 함수비 측정
◦ 함수비 제어 알고리즘
◦ epoxy 분사 모듈
◦ 공정 제어 시스템</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 이동식 플랜트의 개발을 통한 도로 유지 보수의 효율성 증대
◦ 현장 아스팔트 혼합물 배합 및 생산 자동화 제어</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현장시공 과정에서 발생 가능한 문제점을 최소화하기 위한 현장 생산 시스템, 혼합물 품질관리 최적화/자동화 기술 및 현장시공 설비 고도화 기술 등이 필요함.
◦ 잦은 소규모 도로 유지보수 물량의 증대에 따른 신속한 도로포장 유지보수 및 도로포장기술의 선진화가 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 이동식 플랜트의 장비와 공정관리를 위한 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 현재 국내의 시공을 위한 건설장비 측면의 연구는 미흡하며, 대부분 혼합물의 생산 방식은 기존의 정치식 아스팔트 플랜트를 이용함.
◦ 첨단 해석기술을 응용 및 설비/제어 시스템을 고려한 최적화 연구결과가 반영된 시스템 개발은 현재 미미한 수준임.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 아스팔트 이동형 혼합물 생산 플랜트는 부가가치가 높은 산업으로 동남아, 인도, 유럽, 중국 및 기타 지역에서의 활성화로 인하여 수요가 증가하고 있으며, 미국 ASTEC사, 캐나다 ADM, 영국 Phoenix, 이탈리아 Bernardi, 인도 Hindustan 및 중국의 Alibaba 등지에서는 아스팔트 플랜트 효율화를 위한 다각적인 연구와 시장 확대를 추진하고 있음.
◦ 국내의 경우 연구개발 신규 투자 부담 및 해외시장 진출을 위한 인력부족 등으로 완전 이동식 설비개발에 어려움이 있는 실정임.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 기존 해외의 이동/정치식 플랜트 시스템 연구 및 적용 기술 활용
◦ 골재 공급, 피딩속도 제어를 통한 배합 프로세스 활용 및 발전
◦ 열효율을 고려한 골재 가열 방식 적용
◦ 기존의 통합 제어 시스템 및 최적화 알고리즘 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 유지보수가 필요한 경우 현장에 장비의 즉각 투입이 가능
◦ 포트홀 발생 등에 의한 문제에 신속하고 간편한 대처를 통한 서비스 수준 증대
◦ 도로 포장의 응급 보수
◦ 생산 공정 축소로 단가 절감 가능 및 실시간 계측을 통한 혼합물 품질 향상</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 콜드빈 골재 자동계량장비 개발 및 제어 시스템 개발
◦ 골재 가열 및 실시간 함수비 측정 시스템 개발
◦ 소재 코팅 및 고분자 분사 프로세스 제어
◦ 이동식 플랜트 통합 제어 및 모니터링 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 전체도로의 80%가 내구 연한이 초과된 상태이고 예산 등의 문제로 제대로 된 문제 해결이 이루어지지 않고 있어, 교통안전을 저해 시키고 빈번한 작업으로 인해 도로 운행에 불편함을 만들고 있어 이에 대한 개선이 필요함.
◦ 정부차원의 도로포장 파손 원인 분석을 위한 플랜트 및 시공 현장 점검이 진행되어야 하며, 효율적인 문제 해결을 위한 연구개발도 함께 진행되어야 함.
◦ 본 연구를 통해 도시 내의 생활교통을 개선하고 도로교통의 안전성 강화 및 선진화를 이룰 수 있음</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 기술개발 내용.
1) 기존 이동-정치식 플랜트 장비 분석
2) 이동식 플랜트 공정 프로세스 연구
3) 가열 및 계측을 통한 혼합물 생산을 위한 시스템 연구
4) 이동식 플랜트의 통합 설비 및 제어 시스템 연구
◦ 이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 기술 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 이동식 플랜트 장비 개발 및 프로세스 구축
장비 최적화 및 제어 알고리즘 개발
2) 3차 년도 : 개발 시스템의 최적화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 이동식 플랜트 장비
◦ 혼합물 생산 통합 제어 알고리즘 및 모니터링 시스템</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발 결과물의 적극적 기술이전으로 관련 산업의 활성화를 유도 하고 이 분야의 신장비 개발을 통한 선진화할 수 있도록 함
◦ 유지보수시 별도의 행정절차 없이 수행계획에 의거 장비의 즉각 투입을 통한 현장 혼합물 품질관리와 함께 신속한 도로 유지보수를 진행할 수 있도록 함
◦ 국내 기업과 정부와의 연계로 핵심기술 확보 및 해외시장 진출을 통해 국가 경쟁력 강화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="7">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 새로운 이동식 플랜트 장비를 통한 생산 및 시공 시스템 체계 확보
◦ 신속한 도로 유지 및 보수가 가능하여 비용 절감 효과 및 도로 혼잡 감소 효과
◦ 신장비 개발을 통한 기술이전 및 관련 산업 활성화 효과
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">이동식 플랜트 현장 설비/제어 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 골재 자동 계량
◦ 통합 공정 제어
◦ 골재 가열 및 함수비 측정
◦ 혼합물 현장 생산 설비
◦ 통합 제어 및 모니터링 시스템</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 혼합물 현장 생산 플랜트를 위한 매연, 분진, 악취, 소음 등 저감 기술의 친환경 필요성
◦ 도로 유지관리를 위한 현장 생산의 친환경 기반 운용기능 필요성</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 신속 시공용 현장 생산 시스템의 도로 환경 적용 및 운용을 위한 각종 친환경 기반 제반기술 개발이 필요함
◦ 도로포장의 친환경 운용을 증대하기 위한 기술개발을 통하여 사회적으로 깨끗하고 쾌적한 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 기반 확보
◦ 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 집진장치 향상을 통한 분진 저감 기반 구축
◦ 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 기반 구축
◦ 현장 발생 소음의 최신 수동 및 능동 소음제어 기술을 통한 소음 저감 기반 구축
◦ 국제 시스템 인증규격 기준 시스템 개발로 신뢰성 및 안정성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 선진 외국 Astec Group(미국)에서 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비의 현장 가열-혼합 수송장비 및 혼합물 현장생산 장비들이 개발되었고, 본 장비들에 친환경 기반의 집진, 악취, 소음 저감 등의 적용 기반을 갖춤.
◦ 세계적인 환경오염 규제 동향에 대비하여 운송체 기반의 이동식 생산설비의 디젤 차량에서 발생하는 매연저감 기술을 적용하여 친환경 기반을 갖추려는 개발을 진행하고 있음.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>80 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>100 %</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 혼합물 생산장비 제작업체와의 기반기술 협조를 통한 이동식 생산설비의 친환경 저감 적용 기술 확보
◦ 미국 등 선진사 기술동향 및 이동식 혼합물 생산 시스템의 친환경 저감 연구 및 적용 기술 활용
◦ 국제 제어 시스템 규격기준 내환경 및 신뢰성 축적기술 적용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장 현장 생산의 친환경 운용환경 설계를 통한 미래도로 모델 제시
◦ 표준화된 친환경 저감 요소 개발을 통해 국제규격 기준을 만족하는 신뢰성 기반 설계 제시
◦ 친환경 저감 기술을 통한 녹색화 달성 및 친환경 생산기술 구축 기준 제시</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 제어장치 개발
◦ 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 분진 저감 제어장치 개발
◦ 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 제어장치 개발
◦ 현장 발생 소음의 최신 수동제어 및 능동제어 기술을 통한 소음 저감 제어장치 개발
◦ 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 신속한 도로 유지 보수를 위한 이동식 생산설비의 연구는 국가적인 기술 경쟁력 강화 및 삶의 질 향상 부응 등 건설기계 개발에 대한 정부의 정책적 지원이 필요함
◦ 아스팔트 혼합물의 현장 생산 시공을 위한 국가적 친환경 녹색 정책에 기반한 저감 기술확보로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발 내용
1) 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 제어장치 개발
2) 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 분진 저감 제어장치 개발
3) 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 제어장치 개발
4) 현장 발생 소음의 최신 수동제어 및 능동제어 기술을 통한 소음 저감 제어장치 개발
5) 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축
◦ 이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 제어장치 개발
현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 분진 저감 제어장치 개발
2) 3, 4 차년도 : 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 제어장치 개발
현장 발생 소음의 최신 수동제어 및 능동제어 기술을 통한 소음 저감 제어장치 개발
개발 기술의 국제제규격 인증, 최적화 및 현장적용 시험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 매연 저감 제어장치
◦ 현장 골재 투입 및 혼합물 생산 운용의 분진 저감 제어장치
◦ 생산 아스팔트 혼합물 악취 저감 제어장치
◦ 현장 발생 소음의 최신 수동제어 및 능동제어 기술을 통한 소음 저감 제어장치</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 국내 아스팔트 혼합물 생산장비 회사와의 실용화 연구를 통해 이동식 생산장비의 친환경 녹색 기술 상용화 및 실증화 기반 구축
◦ 국제 인증규격 기반 시스템 구축으로 국내외적 적용 및 활용기반 확대
◦ 국가적 건설장비의 녹색화 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 표준화</td></tr>
</table>

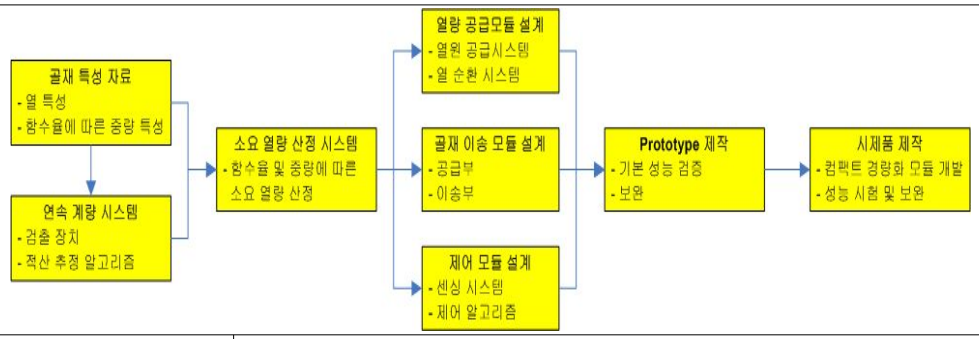
<table>
<tr><td></td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">5명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 이동식 혼합물 생산장비 적용 친환경 저감제어 기술 구축으로 기술경쟁력 확보 및 국내외 시장경쟁력 확보
◦ 국가적 친환경 녹색 정책에 기반한 저감기술 확보로 친환경 및 국민의 삶의 질 향상 기여
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">이동식 혼합물 생산장비의 친환경 저감 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵 심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 매연저감 장치
◦ 분진저감 장치
◦ 악취저감 장치
◦ 소음저감 장치</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 혼합물 현장 생산 플랜트와 현장 가열-혼합-수송 장비를 위한 통합 공정제어 기반 구축
◦ 혼합물 생산의 품질관리 필요성 대두</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 신속 시공용 현장 생산 시스템의 공정제어 플랫폼 구축을 위한 제반 제어기술 및 운영 시스템을 개발함
◦ 도로포장 혼합물의 현장 품질관리 기능 구축으로 도로 포장기술 및 관리 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 이동식 혼합물 생산 장비의 통합 공정제어 및 품질관리 운용 기능 표준화
◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어설계 요소기술 개발
◦ 혼합물 종합 품질관리 운용 구축으로 국가적인 고품질 및 고내구성 품질 관리기준 구축
◦ 국제 시스템 인증규격 기준 시스템 개발로 신뢰성 및 안정성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 선진 외국 Astec Group(미국)에서 다양한 형태의 이동식 아스팔트 혼합물 생산 플랜트 설비의 현장 가열-혼합 수송장비 및 혼합물 현장생산 장비들이 개발되어 전 세계적인 도로시공 기술 독점화 기반을 갖춤.
◦ Astec Group사의 Astec Inc 에서는 종합적인 생산 장비의 개발을 담당하고, Heatec 에서는 아스팔트 가열 및 혼합물 탱크 분야를 담당하며, Dillman 에서는 제어기반 분야의 기술을 협력하여 기술개발을 진행하고 있음.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>80 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>100 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 혼합물 생산장비 제작업체와의 기반기술 협조를 통한 이동식 적용 기술 확보
◦ 미국 등 선진사 기술동향 및 이동식 혼합물 생산 시스템 연구 및 적용 기술 활용
◦ 국제 제어 시스템 규격기준 내환경 및 신뢰성 축적기술 적용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 플랫폼 설계를 통한 미래형 통합 모델 제시
◦ 표준화된 통합 공정제어 요소 개발을 통해 국제규격 기준을 만족하는 신뢰성 기반 설계 제시
◦ 혼합물 생산 품질관리 기능 강화로 유지보수 비용 절감 및 국가적 관리기준 방안 제시</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 이동식 통합 공정제어 플랫폼 및 품질관리 플랫폼 설계
◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 운용 구동 제어기 및 제어 알고리즘, 단말 시스템 개발
◦ 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어기 및 배합설계 자동화 시스템 개발
◦ 혼합물 자동화 생산 상태 계측 및 생산량 관리, 종합 품질관리 시스템 개발
◦ 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 신속한 도로 유지 보수를 위한 이동식 생산설비의 연구는 국가적인 기술 경쟁력 강화 및 삶의 질 향상 부응 등 건설기계 개발에 대한 정부의 정책적 지원이 필요함
◦ 아스팔트 혼합물의 현장 생산 시공을 통한 각종 소요비용 절감 및 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성을 위한 국가적 품질관리 체계 구축이 필요하므로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발 내용
1) 이동식 통합 공정제어 플랫폼 및 품질관리 플랫폼 설계
2) 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 운용 구동 제어기 및 제어 알고리즘, 단말 시스템 개발
3) 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어기 및 배합설계 자동화 시스템 개발
4) 혼합물 자동화 생산 상태 계측 및 생산량 관리, 종합 품질관리 시스템 개발
5) 국제 건설기계 전자제어 시스템 규격 기준 내환경 및 신뢰성 시험 인증 기반 구축
◦ 이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발 연구 일정
1) 1, 2, 3 차년도 : 이동식 통합 공정제어 플랫폼 및 품질관리 플랫폼 설계
현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 및 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어시스템 개발
혼합물 자동화 생산 상태 계측 및 생산량 관리, 종합 품질관리 시스템 개발
2) 4 차년도 : 개발 기술의 국제제규격 인증, 최적화 및 현장적용 시험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV) 운용 구동 제어기 및 제어 알고리즘, 단말 제어 시스템
◦ 혼합물 생산 장비 (MMV) 운용 제어기 및 배합설계 자동화 시스템
◦ 혼합물 자동화 생산 상태 계측 및 생산량 관리, 종합 품질관리 시스템</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 국내 아스팔트 혼합물 생산장비 회사와의 실용화 연구를 통해 이동식 생산장비의 통합 공정제어 및 품질관리 기술 상용화 및 실증화 기반 구축
◦ 국제 인증규격 기반 시스템 구축으로 국내외적 적용 및 활용기반 확대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="5">◦ 국가적 혼합물 생산 품질기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,200</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 이동식 혼합물 생산장비 적용 통합제어 기술 구축으로 기술경쟁력 확보 및 국내외 시장경쟁력 확보
◦ 국가적 품질관리 기반 구축으로 친환경 및 국민의 삶의 질 향상 기여
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">이동식 혼합물 생산장비의 통합 공정제어 시스템 및 품질관리 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 현장 가열-혼합 수송장비 (MCV)
◦ 혼합물 생산 장비 (MMV)
◦ 혼합물 품질관리 시스템
◦ 건설기계 전자제어 시스템</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 재료의 열역학적 특성 및 환경 조건에 따른 다짐조건의 이론적 근거 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 도로포장 포설시의 재료의 온도, 기후, 포설 두께 등에 따른 아스팔트 혼합물의 다짐조건 변화 예측 필요
◦ 측정된 대기 온도 및 재료의 온도, 열역학적 특성, 다짐장비의 하중에 따른 다짐횟수 및 조건 제시</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 도로포장 재료의 열역학적 특성 정량화
◦ 도로포장 혼합물 및 환경조건에 따라 다짐 기준을 제시하기 위한 열역학 모형 개발
◦ CFD와 열역학 모형을 이용한 도로포장 재료의 다짐기준 제시를 위한 역학적 근거 제시
◦ 도로포장 보수재의 온도 및 다짐조건에 대한 역학적 근거 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 등에서는 아스팔트 포장 재료의 시공성을 평가하고 최적 다짐조건을 제시하기 위한 방법으로 열역학적 방법을 제시한 바 있으나, 밀도와 공극률의 관계를 적절히 반영하지 못하여 정확한 기준을 제시하지는 못하고 있음.
◦ 혼합물에 따른 최적다짐조건은 장비를 이용한 다짐 및 보수를 적절히 하기 위하여 수요가 증대되고 있으나 절적한 역학적 이론 및 수치해석 모형의 부족으로 진전이 크게 못되고 있음.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있으나(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제18권 제3호) 기후 및 환경조건에 따른 다짐횟수 및 시간에 대한 근거 부족으로 관련된 기준을 정확하게 제시하지 못하고 있음.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로포장 연구실에서는 DEM과 CFD를 이용한 해석을 통하여 공극을 갖는 고체와 기체사이의 열역학적 특성을 분석하는 기술을 보유하고 있음.
◦ 미국 Mn DOT 등에서는 포장체내의 온도 예측을 통하여 환경에 따른 다짐조건을 제시하고자 한 바 있음(Bruce et al, 1996)</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장 시공에 대한 열역학적 해석 기법 적용을 통하여 시공품질의 최적화 유지
◦ 포트홀 보수에 사용되는 기존 가열아스팔트 혼합물의 온도 및 다짐에 대한 역학적 근거 제시를 통한 기준개발</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 도로포장 재료(밀입도, SMA, 개질 바인더 등)의 열역학적 특성 정량화
◦ 도로포장 혼합물 및 환경 조건에 따른 다짐 기준 제시를 위한 재료의 밀도, 열전도도, 풍속 등을 고려한 열역학적 모형 개발
◦ 개질 도로포장 혼합물의 기후에 따른 열역학적 특성 분석</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 다짐조건 예측모형 기술
1) 도로포장 혼합물에 대한 열전도 계수, 열복사 계수 등 열역학적 특성 측정
2) DEM을 이용한 온도 변화 및 화학적 특성 변화에 따른 다짐조건 분석
3) DEM-CFD를 이용한 혼합물의 대기 및 환경조건에 따른 온도손실 및 변화 시뮬레이션
◦ 다짐조건 예측모형 개발 연구 계획
1) 1, 2 차년도 : 실내실험을 통한 열역학적 특성 측정
DEM-CFD를 이용한 열손실 특성 분석
2) 3차 년도 : DEM-CFD를 이용한 시뮬레이션 및 기준정립을 위한 근거 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="2">◦ 도로포장 재료의 열역학적 특성
◦ 재료 및 환경 조건을 반영한 다짐 기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="2">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 추가적인 연구를 통하여 다짐조건 시방 보완에 활용
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">◦ 향후 지불규정 등에 대한 역학적 근거 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 신설포장의 다짐조건 최적화를 통한 수명 증대
◦ 가열아스팥트 혼합물을 이용한 보수공법의 기준 제시</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">재료 및 환경조건에 따른 다짐조건 예측 모형 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 열역학 특성
◦ 다짐
◦ DEM
◦ CFD</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="5">저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="5">◦ 신 공정 개발에 따른 골재의 연속 계량 및 저온 가열시스템 개발 필요
◦ 기존 시스템에 비해 집적화, 저 에너지 구현 시스템 개발 필요</td></tr>
<tr><td colspan="5">◦ 포장재 원료의 정확한 계량에 의한 가열 에너지 공급으로 규일 온도의 2차재 생산
◦ 균일 온도 2차재 생산에 의한 최종 생산재의 품질 확보</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="5">골재 코팅 효율 향상을 위한 저 에너지 연속 계량 및 가열시스템의 경량화 장치 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="5">◦ 포장재 출하 온도 180℃를 맞추기 위한 상용 시스템이 전부임
◦ 개발되는 신 공법의 2차재 온도인 50~70℃의 구현 시스템은 전무한 실정
◦ 연속 계량 시스템의 경우 곡물 등 일부 벌크물질에 대한 계량 특허 등록</td></tr>
<tr><td colspan="5">기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중) 80 % | R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중) 110 %</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="5">◦ 일부 벌크 물질 연속계량에 대한 기술 파악 및 회피방안 마련
◦ 열원 제공 시스템 및 에너지 회수 매개물질 연구 성과활용
◦ 지열시스템 등의 열 에너지 순환시스템 성과물 활용 및 개선
◦ LNG 플랜트 사업단의 컴팩트 모듈화 기술 개발 연구성과 활용 및 개선</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="5">◦ 이동성을 감안한 고효율 집적 시스템 구현
◦ 최종 생산물의 신뢰성 확보를 위한 저 에너지, 고효율 2차재 생산기술 확보
◦ 신 플랜트 기술 구현을 위한 요소기술 확보</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="5">◦ 연속 계량 시스템 개발
◦ 코팅용 고분자 수지의 적정 골재 온도 생성 시스템 개발
◦ 고효율 저에너지 가열 순환시스템 개발
◦ 연속 계량/가열시스템의 경량/집적화 시제품 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="5">◦ 민간 차원의 요소기술 개발 필요성 및 활용성이 낮음
◦ 신 플랜트 구현을 위해서 반드시 요구되는 핵심 요소기술</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="3">◦ 연속 계량 시스템
◦ 에너지 저감 열 순환 시스템
◦ 저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 기술 상용화, 실증화 및 업체 기술 이전
◦ 이동식 플랜트 완성의 골재 가열 시스템으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>300</td><td>600</td><td>600</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>400</td><td>800</td><td>800</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,100</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">700</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15인</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,800</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="5">◦ 2차 생성 골재 온도 오차범위 3℃ 달성으로 최종 생산물의 신뢰도 향상에 기여
(향상 정도는 사업단 목표 확정에 따라 결정)
◦ 기존 가열시스템 대비 열 효율 5% 향상</td></tr>
</table>

핵심추진분야 분류	
세부연구과제명	저 에너지 경량 연속 계량/가열 장치 개발
※핵심 Keywords	
◦ 연속 계량 ◦ 열 순환 ◦ 모듈화 ◦ 경량화 ◦ 열원공급 ◦ 골재 가열	

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">현장 혼합이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산 및 타설 장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 포장의 장기 공용성능증대 필요성
◦ 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성 부여
◦ 현장상황에 따른 다양한 아스팔트 혼합물 생산을 위한 이동식 아스팔트 혼합물 생산설비의 필요성</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 신속한 예방적 유지보수 시공용 이동식 장비 기술개발을 통한 도로포장 기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 골재와 아스팔트간의 부착성능을 향상시켜 조기파손 발생 억제
◦ 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 개발
◦ 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 그에 따른 기층 및 표층의 수명 연장
◦ 아스팔트의 인성 강화를 위한 Polymer Binder 개발
◦ 신속 예방적 유지보수 시공용 아스팔트 혼합물 현장생산 및 타설 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 / 유럽에서는 도로 포장에 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 사용하여 내구성 향상 및 생산 및 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음 (참고문헌: Polymer Modified Asphalt Emulsion, FHWA, Colas, UK)
◦ 현장상황 맞춤형 아스팔트 혼합물 생산을 위해 현장 생산 및 타설 시스템을 사용하고 있음 (MacroPaver, Velocity Patching)</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로교통연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음
◦ 미국, 유럽 등 일반 도로 및 고속도로 등에 적용한 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 활용한 도로포장 연구 및 적용 기술 활용
◦ 30분 이내 교통 개방이 가능한 상온 경화형 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼에 대한 기술 확보가 필요
◦ 현장 혼합용 아스팔트 혼합물 연속 생산을 위한 최적화된 계량 및 혼합 시스템에 대한 기술 확보가 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 현장 혼합 설비 개발을 통해 신속한 예방적 유지보수 시공 시스템 모델 제시
◦ 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 포장 기술 제시
◦ 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감
◦ 상온 혼합 및 포설로 인한 친환경적 도로포장 기술 제시</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성, 포장 상태)
◦ 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발
◦ 수용성 Polymer와 아스팔트 간의 화학적 Mechanism 연구
◦ 폴리머 Binder의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)
◦ 현장 생산을 위한 최적화된 계량 시스템 개발
◦ 아스팔트 혼합물의 품질 향상을 위한 최적화된 혼합 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 기술개발 내용.
1) 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼의 최적 배합 개발
2) 혼합물 부착 성능 개선 연구
3) 아스팔트와 폴리머간의 화학적 결합을 통한 내구성 연구
4) 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 혼합물의 피로성능 특성 연구
5) 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 혼합물의 비용 대비 효과 검토로 구성.
◦ 현장 혼합 및 타설이 가능한 이동식 상온경화용 아스팔트 혼합물 생산장비 기술개발 내용.
1) 현장 생산을 위한 최적화된 계량 시스템 연구
2) 최적화된 혼합 시스템 연구
3) 이동식 시스템을 위해 최적화된 모듈 시스템 개발
◦ 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산장비 기술 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 상온 경화형 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 개발 및 내구성 평가 수행
Line test 중점 추진 및 보완 수행
이동식 아스팔트 혼합물 생산 및 포설 장비 설계 및 시제품 생산
2) 3차 년도 : 개발 기술의 최적화 및 설계 반영</td></tr>
<tr><td>10. 기술개발</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 도로포장용 상온경화형 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 특허</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2"></td><td colspan="5">◦ 상온 아스팔트 혼합물 이동식 생산 및 포설 장비 시스템 생산 및 특허</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에 따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,200</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,5000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">8명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 기술 접목을 통한 아스팔트의 내구성 증대(평균공용수명 대비 1.5배 이상)
◦ 균열 관련 파손 감소를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">현장 혼합이 가능한 이동식 상온경화형 아스팔트 혼합물 생산 및 타설 장비 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼
◦ 아스팔트 에멀젼
◦ Tackless 아스팔트 포장
◦ 예방적 유지보수
◦ 이동식 아스팔트 혼합물 생산장비
◦ 현장 혼합 및 포설</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">현장 혼합 및 포설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물의 장기 공용성능증대 필요성
◦ 도로의 유지 관리를 최소화 하는 다기능, 고 내구성 부여</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 골재와 아스팔트간의 부착성능을 향상시켜 조기파손 발생 억제
◦ 처짐 / 진동 등의 저항성과 내구성능 향상을 통한 고내구성 아스팔트 혼합물 개발
◦ 표층 혼합물 장기 내구성 향상 및 그에 따른 기층 및 표층의 수명 연장
◦ 아스팔트 혼합물의 장기 공용성 증대를 위한 아스팔트 에멀젼 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국 / 유럽에서는 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 통해 포장 도로의 장/단기 내구성 향상, 유지보수 비용 절감, 포장온도를 낮춰 친환경 포장의 개념으로 도로에 시공하고 있음 (참고문헌: Polymer Modified Asphalt Emulsions composition, uses, and specification for surface treatments, FHWA)
◦ 일반 도로 및 고속도로에 대한 Chip seals, Slurry seals and Micro surfacing 등 다양한 유지보수 공법에 사용하고 있음.
◦ 생산 및 시공비용 절감 및 전세계적인 Co2 절감을 위한 노력에 대응하기 위해 사용량은 늘어나고 있으며, 다양한 첨가제를 통한 기술 개발도 이루어지고 있음.</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>120 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 아스팔트 바인더 소요량은 연간 약 2백만 톤 규모이며 도로의 균열, 파손 등으로 인해 약 600억/년 이상의 보수 비용이 발생 하고 있음(Freedonia 보고서, 국내 아스팔트의 생산 및 시장현황 한국도로학회 도로 제8권 제3호)</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 도로교통연구원에서는 박층 콘크리트 포장관련 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구를 수행한 바가 있음
◦ 미국, 유럽 등 일반 도로 및 고속도로 등에 적용한 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼을 활용한 도로포장 연구 및 적용 기술 활용
◦ 30분 이내 교통 개방이 가능한 상온 경화형 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼에 대한 기술 확보가 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 포트홀 발생을 사전에 차단할 수 있는 기술 개발을 통해 내구성 및 기능성을 만족하는 설계 제시
◦ 지층과의 부착 강화로 포트홀 발생을 억제하여 발생할 수 있는 보수 비용 절감
◦ 상온 혼합 및 포설로 인한 친환경적 도로포장 기술 제시</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 혼합물 공용성 평가(인장 특성, 포장 상태)
◦ 재료간 접착을 통한 접착층에 대한 다양한 기술 개발
◦ 아스팔트 에멀젼과 골재간의 화학적 Mechanism 연구
◦ 개질 아스팔트 에멀젼의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 포트홀 발생으로 인한 사고는 2013년 기준 약 1051건이 발생하였으며 지방도가 약 70%, 고속도로가 약 20%를 차지하며 포트홀 발생으로 인해 인명피해가 발생하고 있는 상황으로 포트폴 발생을 억제할 수 있는 연구가 필요하며 기존의 단편적인 연구에서 벗어나 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 설계 지침이 필요함
◦ 도로 포장은 관련 산업에서 연구개발을 진행하기엔 시간 및 비용 발생의 증가로 자체 진행하기엔 현실적으로 불가능 함으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요한 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 기술개발 내용.
1) 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 개발
2) 혼합물 부착 성능 개선 연구
3) 아스팔트와 폴리머간의 화학적 결합을 통한 내구성 연구
4) 개질 아스팔트 에멀젼 혼합물의 피로성능 특성 연구
5) 개질 아스팔트 에멀젼의 비용 대비 효과 검토로 구성.
◦ Polymer Binder 기술 연구 일정
1) 1, 2 차년도 : 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 개발 및 내구성 평가 수행
Line test 중점 추진 및 보완 수행
2) 3차 년도 : 개발 기술의 최적화 및 설계 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 도로포장용 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 특허
◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 혼합물 이동식 생산 및 포설 공법 연구</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로포장 공사에 모두 적용될 수 있으나, 혼합물 성능 등급에 따른 적용처를 구분하여 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정작업 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 기술 접목을 통한 아스팔트의 내구성 증대(평균공용수명 대비 1.5배 이상)
◦ 균열 관련 파손 감소를 통한 아스팔트, 도로의 수명 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">현장 혼합 및 포설이 가능한 친환경 아스팔트 에멀젼 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼
◦ 상온경화형 아스팔트 혼합물
◦ Co2 저감 아스팔트 혼합물
◦ 폴리머 개질 아스팔트 에멀젼 혼합물의 장단기 내구성</td></tr>
</table>

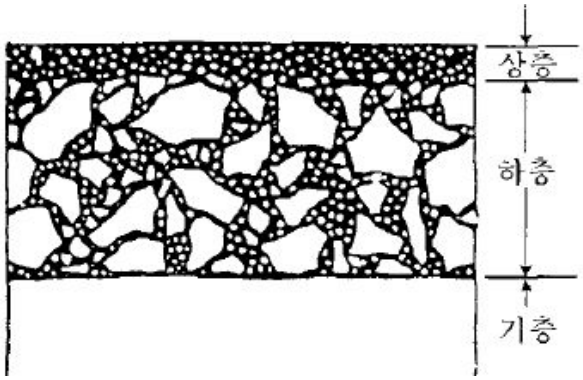
부록 II .

도로 포장 기술 백서

1. 한국의 도로 포장 기술

가. 한국 도로 포장 기술 변화

국내 최초의 아스팔트 포장은 1932년 일본의 “일본석유 주식회사”가 해외 진출공사 일환으로 부산에 시공한 와빗트 포장이다. 이 포장 공사의 성공을 계기로 우리 나라의 최초 포장은 서울 한강로 등에 와빗트 포장을 시공하고 다음 해에 평양에 시공한 것으로 기록되어 있다. 와빗트 포장이란 와렌나이트 비튜리틱 포장을 약칭하여 하부층에 아스팔트 콘크리트, 상부층에 아스팔트 모르터를 사용하고 시공두께는 2층을 합쳐 5cm 두께로 시공하는 것이다.



〈그림 1〉 와빗트 포장(우리나라 최초 아스팔트 포장),
(김주원, 2004)

해방이후 경제 부흥 시대에 접어들면서, 1946년 8월부터 서울-부산간 국도포장이 시작되었으나 미군정시기 미국이 사리도 위에 아스팔트 표면처리를 하는 형식으로 포장을 시공하였으나, 6.25 동란으로 중단되었다가 1961년부터 국도 포장을 다시 건설하면서 기층은 물다짐 머캐덤 포장으로 15cm 두께로 시공하고 표층은 침투식 아스팔트 포장으로 6.3cm로 시공하였다. 이때 사용된 아스팔트 등급은 침입도가 85~100인 AP-3를 사용하였다. 그후 63년 후반부터 육군공병대가 보유하고 있던 아스팔트 믹싱 플랜트와 포설장비를 이용하여 포장을 시공하였으며, 이때 포장 기층은 입도조정 안정처리 공법으로 15cm, 표층은 아스팔트 콘크리트로 5cm를 포설하였다.

우리나라의 도로 포장은 1960년대 한국산업규격(KS)내 도로 포장용 아스팔트 관련 규격이 제정되면서, 본격적으로 기술의 발전 및 실용화가 이루어져 왔다. 우리나라 도로 포장 단면 및 재료 변화를 시대별로 요약하여 살펴보면, 1950년~1960년대에는 입상재료기층 위에 역청 마카덤 포장과 역청 혼합물 표층을 구성하는 단면을 주로 이용하여 왔으며, 1970년대에는 우리나라 기술진에 의해 수많은 실험을 거쳐 아스팔트 안정처리 기층(Black Base)을 대전~전주간 고속도로에 도입하면서 포장단면의 변화를 이루어왔다. 그 당시에는 기존 포장과 다르게 고급 포장으로서 사용하게 된 계기를 마련하였다고 볼 수 있다. 1980년대에는 대구~광주간 88올림픽 고속도로에 시멘트 콘크리트 포장을 채택하여 건설하게 됨으로써, 포장 형식의 변화를 다시 한번 꾀하였다. 건설 후 축적된 기술 부족으로 파손에 대한 문제점이 대두되었으나, 그 후 중부고속도로 건설시에는 빈배

합 콘크리트 공법을 기층에 적용함으로서 기술의 발전을 꾀하였다. 1990년대에는 급격한 자동차의 증가와 세계화 추세에 따라 외국의 선진 포장 기술이 도입되어 쇄석 매트릭스 포장(SMA), 폐타이어 고무 아스팔트 포장, 구스 아스팔트 포장, 개질 아스팔트 포장 등 아스팔트 재료를 개선한 각종 특수 포장이 국내에 시공되게 되었다. 2000년대 들어오면서, 우리나라가 선진국 대열에 들어옴에 따라 국민 삶의 질 향상, 국제적 환경 보호 흐름 등이 도로 포장에 영향을 주기 시작하여 도로의 소음, 포장의 미끄럼 감소, 우천시 시인성 확보 등에 대한 요구가 증가하였다. 이러한 요구 증가에 따라서 추가적 성능을 발휘할 수 있는 배수성 포장, 저소음 포장, 기타 환경 보전을 위한 포장 등의 연구 개발이 현재까지 활발히 이루어지고 있다.

나. 한국 도로 포장 공법/단면 변화

시대별 한국에서 적용된 도로 포장의 공법 및 단면을 변화를 정리하면, 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 한국의 시대별 도로 포장 공법/단면 변화(도로백서, 1997)

구 분	지 방 도	국 도	고 속 도 로
1950년대 (침투식머캐덤포장)	기 층 : 물다짐머캐덤 10㎝ 표 층 : 침투식 6.3㎝	기 층 : 물다짐머캐덤 10~15㎝ 표 층 : 침투식 6.3㎝	
1960년대 (침투식머캐덤 및 아스콘포장)	보조기층 : 20~30㎝ 기 층 : 물다짐머캐덤 또는 입도조정 안정처리 (혼합골재) 15㎝ 표 층 : 침투식 6.3㎝	보조기층 : 20~30㎝ 기 층 : 물다짐머캐덤 또는 입도조정 안정처리 (혼합골재) 15㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝(침투식 6.3㎝)	보조기층 : 37.5~40㎝ 기 층 : 입도조정 안정처리 15㎝ 중간층 : 아스콘 5㎝ 표 층 : 아스콘 2.5㎝ (경인 · 경부고속도로)
1970년대 (아스콘포장)	동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~30㎝ 기 층 : 물다짐머캐덤 또는 입도조정 안정처리 15~20㎝ 표 층 : 침투식 5㎝	동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 7~10㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝	동상방지층 : 0~17㎝ 보조기층 : 25~35㎝ 기 층 : 아스콘10~15㎝ 표 층 : 아스콘 3.5~5㎝ (호남 · 남해 · 영동고속도로)

구 분	지 방 도	국 도	고 속 도 로
1980년대 (아스콘 및 시멘트콘크리트포장)	(1) 2차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 8~10㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝ (2) 4차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 15㎝ 표 층 : 아스콘 5~10㎝	(1) 2차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 10~15㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝ (2) 4차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 12~20㎝ 표 층 : 아스콘 5~10㎝ (3) 콘크리트포장 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 5㎝ 표 층 : 시멘트콘크리트 30㎝	(1) 콘크리트포장 동상방지층 : 0~25㎝ 보조기층 : 20~35㎝ 중간층 : 아스콘 0~15㎝ 표 층 : 시멘트콘크리트 30㎝ (88올림픽선, 중부고속) (2) 아스팔트포장 보조기층 : 20~30㎝ 기 층 : 아스콘 25㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝ (부산-마산)
1990년대 이후 (아스콘 및 시멘트콘크리트포장)	(1) 2차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 10~15㎝ 표 층 : 아스콘 5㎝ (2) 4차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 15㎝ 표 층 : 아스콘 10㎝	(1) 2차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 10~15㎝ 표 층 : 아스콘 5~10㎝ (2) 4차로 동상방지층 : 20~40㎝ 보조기층 : 20~40㎝ 기 층 : 아스콘 20㎝ 표 층 : 아스콘 10㎝	(1) 아스팔트포장 동상방지층 : 0~15㎝ 보조기층 : 25~45㎝ 기 층 : 아스콘 25~30㎝ 표 층 : 아스콘 10㎝ (신월-서인천, 인천-안산 등) (2) 콘크리트포장 동상방지층 : 0~35㎝ 보조기층 : 0~40㎝ 기 층 : 아스콘 0~15㎝ 중간층 : 아스콘 0~15㎝ 표 층 : 시멘트콘크리트 30㎝ (평촌-퇴계원, 평촌-안양, 대전-통영 등)

다. 한국 아스팔트 혼합물 배합설계

한국의 배합설계 방법은 1940년 미시시피 교통국의 브루스 마샬에 의해 최초로 고안된 마샬 배합설계 방법으로써 오늘날 전 세계적으로 아스팔트 포장 배합설계방법의 근간을 이루어 왔던 것이 사실이다. 국내에서도 아스팔트 배합설계 방법으로 마샬 시험법을 채택하여 사용하고 있다. 국내에서는 1968년 경부고속도로 공사에 최초로 도입된 이후 건교부 및 관련기관에 의해 설계 기준이 몇 차례 수정된 바 있다. 그 내용은 다짐횟수의 증가와 그에 따른 안정도 값의 변화인데 이는 교통량의 증가에 대비한 것으로 사료된다. 현재 국내에서 사용하고 있는 마샬 시방 기준은 미국 아스팔트협회와 일본 기준을 혼용하여 수정 없이 그대로 사용하고 있다.

마샬 방법은 시험의 간편성, 수행 속도의 신속함 및 장비 가격이 저가라는 장점을 가지고 있는 반면 다짐 방법의 문제와 배합 설계 결과가 현장의 조건과 차이가 있다는 지적을 받고 있다. 그러나 소성변형, 피로균열 등의 포장의 공용 성능을 예측할 수 없는 단점에도 불구하고, 현재까지 특별한 수정 없이 널리 사용되고 있다. 하지만 아스팔트 혼합물의 배합 설계와 공용 성능을 향상시키려면 정확하고, 과학적이며 그리고 역학적인 개념의 배합 설계 시스템 방향으로 중요한 진전이 있어야 한다. 그러나 기존의 경험에 의존하는 현재의 배합 설계법은 새로운 시방 규정이나 새로운 해석 모델들이 배합 과정 안에 사용될 경우에 이들을 쉽게 수용할 수 없었던 것이 사실이다. 하지만 21세기에 들어온 이제는 이러한 개념은 완전히 바뀌어진 새로운 시스템 설계 방법으로 개편되어 공용성 예측이 가능한 구조적 설계와 재료적 설계로 완전하게 통합되어져야 한다. 새로운 재료에 대해서도 정확한 구조적인 성능과 내구적인 성능 예측의 기본 자료를 제공할 수 있는 일련의 최신 아스팔트 혼합물 배합 설계법 개발의 필요성이 대두되었다. 그러기 위해서는 현장 시험과의 연계성과 그 값들이 안정적인지를 확인하는 과정이 설계법에 동반되어야 할 것이다. <표 2>는 1973년부터 1999년까지의 마샬 시험에 대한 기준치를 조사 분석한 자료이다.

<표 2> 한국 마샬 시험에 대한 기준치(권수안외, 2002)

년 도	1973년	1991년	1999년
혼합물의 종류	밀입도 아스팔트콘크리트(20,13)*		
용 도	표층(중간층)		
다짐횟수	50	50(75)**	
안정도 (kgf)	500 이상	500(750)** 이상	
흐름값 (1/100㎝)	20-40		
공극률 (%)	3-6		
포화도 (%)	70-85	70-85	

주) * 최대 골재 크기를 말함.

** 대형차 교통량이 1일 1방향 1,000대 이상인 경우에 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용함.

라. 한국 개질 아스팔트 혼합물 적용 현황

2000년대 이후, 우리나라 도로는 경제성장과 더불어 지속적인 투자로 도로의 90% 이상이 아스팔트 포장으로 이루어져 왔다. 국내 도로의 대부분을 차지하고 있는 아스팔트 포장은 지속적인 교통량의 증가와 이상 기온 등으로 인한 파손이 자주 발생하고 있으며, 사회적인 문제로 대두되어 있다. 이와 같이 국내 포장도로가 계획된 수명을 다하지 못하고 조기 파손되면서 이를 방지하기 위한 다양한 종류의 아스팔트 개질제가 도입되거나 자체 개발되어 사용되었다. 최근 개발되고 있는 이러한 특수 포장은 매우 다양하며, 2000년 이후 개발된 국내외 업체의 개질 아스팔트 포장 재료를 살펴보면 다음과 같다.

구 분		CPMA	DAMA
제품 개념		- 고온으로 가열된 아스팔트에 개질아스팔트 바인더로써 유기고분자와 아스팔트 간의 결합력을 증가시킴으로써 아스팔트 바인더의 내구성을 증진시킨 개질아스팔트	- 아스팔트 입도에 아스팔트 성능개선 첨가재 DAMA를 혼합 입도개선 및 결합력을 증대 시켜 고온시 소성변형 및 저온시 취성파괴를 현저히 줄임
적 용 포장		표층	표층
혼합물 생산	입도	13 ~ 19mm	13 ~ 19mm
	AP함량		
	생산온도	180℃	170 ~ 180℃
	생산방법	Pro Mixing	Pre Mixing
	개질제	Pro-mixing type 개질	DAMA 개질재
시 공	시공특징	다짐 온도 준수	믹싱 타임 10초 추가 소요
특 징	포장수명	기존 포장의 2배 이상 주장	기존 포장의 2~3배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	우 수	우 수
	방수성	양 호	양 호
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 소성변형/균열 저항성 우수 - 소음감소 및 미끄럽 저항성 우수 - 기존 아스팔트 생산/시공법 동일 - 환경친화(폐타이어 사용)	- 소성변형/균열발생 방지 우수 - 내구성 증대 및 유지관리 절감 - 건식방식으로 품질관리유지 - 폐자원 활용
단 점		- 별도의 저장설비가 필요함 - 혼합 후 숙성시간 필요	- 주기적인 물청소 필요
국산화 여부		국산	국산
신기술지정 및 특허 여부		특허 제100753854호 특허 제100935465호	특허 제0472925호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		길소나이트(Gilsonite)	하이팔트(Hiphalt)
제품 개념		- 아스팔트의 고유성분을 화학적으로 변화시키지 않고, 물지적으로 반응하여 포장 수명 연장	- 폐타이어 고무분말을 아스팔트에 혼합, 숙성한 건식 공법
적 용 포장		표층	표층
혼합물 생산	입도		13 ~ 19mm
	AP함량	8%	
	생산온도	170 ~ 175℃	175 ~ 185℃
	생산방법	Plant Mixing	Plant Mixing
	개질제	천연아스팔트 수지 개질재	폐타이어 고무분말
시 공	시공특징		다짐 온도 10~20℃ 높게함
특 징	포장수명	기존 포장의 2~3배 이상 주장	기존 포장의 1.5배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	양 호	우 수
	방수성	양 호	양 호
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 소성변형과 밀립현상 감소 - 천연광물로 친환경적	- 소성변형/균열(저온, 피로)에 우수 - 포트홀 및 탈리 예방 - 폐타이어 재활용 및 친환경적
단 점		- 동절기 영하 10℃ 이하의 극저온에서 균열 발생 가능성 있음 - 균열 보완 제품(길소라바, 특허)	- 첨가재를 인부가 직접 투입
국산화 여부		국산	국산
신기술지정 및 특허 여부		특허 제10035126100000호	특허 제100669079호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		뉴페이브(Newpave)	PBSC
제품 개념		- 고점도, 고탄성, 고접착성, 고분자 복합 특수 개질재	- 아미드계 폴리머 계열의 아스팔트 안정제와 Cellulose Fiber를 사용
적 용 포장		표 층	표 층
혼합물 생산	입도	13 ~ 19㎜	13 ~ 19㎜
	AP함량		
	생산온도	170℃ 이상	162 ~ 170℃
	생산방법	Plant Mixing	Plant Mixing
	개질제	복합 특수 개질재	아미드계 폴리머
시 공	시공특징	다짐 장비 중 타이어는 제외	배합설계 및 생산, 시공 품질관리
특 징	포장수명	기존 포장의 2배 이상 주장	기존 포장의 1.5배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	우 수	우 수
	방수성	양 호	양 호
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 고점도로 소성변형 방지 - 고탄성으로 포장 균열 방지 - 고접탁성으로 골재 이탈 방지 - 배수성 포장에 적합	- 소성변형 및 균열 저항성 우수 - 박리현상 및 포트홀 발생 저감 - 교통 개방 시간 단축 - 소량생산 및 부분시공 가능
단 점		- 주기적인 물청소 필요	- 포장두께 3㎝ 이하 시공 곤란
국산화 여부		국산	국산
신기술지정 및 특허 여부			특허 제100432048호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		PG76-22	PSMA
제품 개념		- 저온균열저항성 및 소성변형 저항성을 효과적으로 제어하기 위하여 분쇄타이어, LDPE, HDPE, Cellulose Fiber 등을 소정의 공정을 통하여 최적 배합(PG76-22) 개질재	- 일반아스팔트에 열가소성 폴리머인 SBS를 물리/화학적으로 결합시켜 탄성회복력과 박리저항성이 대폭 향상된 고성능 개질아스팔트
적 용 포장		표 층	표 층
혼합물 생산	입도	13 ~ 19mm	13 ~ 19mm
	AP함량		5.1 ~ 5.8%
	생산온도	162 ~ 170℃	170 ~ 185℃
	생산방법	Plant Mixing	Pro Mixing(일반 아스콘과 동일)
	개질제	분쇄타이어, LDPE, HDPE	SBS 2~7%를 AP와 혼합
시 공	시공특징		온도관리 및 다짐 철저
특 징	포장수명	기존 포장의 1.5배 주장	기존 포장의 2~3배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	양 호	우 수
	방수성	우 수	우 수
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 소성변형 저항성 우수 - 동절기 균열 감소 - 아스팔트의 산화 방지 기능으로 도로의 장수명화	- 소성변형/균열저항성 우수 - Pre mixing으로 품질 관리 용이 - 기존 아스콘과 생산 및 시공 동일
단 점		- 생산시 인력관리 필요	- 일반 아스팔트와 혼합불가 (10% 이내까지 허용) - 전용탱크가 필요, 소량생산 불가능
국산화 여부		국산	국산
신기술지정 및 특허 여부		특허 제100840708호	특허 제0248892호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		S-II	SBS
제품 개념		- 아스팔트에 특수 제조된 바인더를 첨가하여 만든 고강도 개질 아스팔트 콘크리트	- 플랜트 믹스형 개질첨가제 (SBS)를 사용하여 PG등급의 개질아스팔트 바인더 기준을 만족한다.
적 용 포장		표층	표층
혼합물 생산	입도	13㎜	13 ~ 19㎜
	AP함량		7%
	생산온도	180 ~ 185℃	160 ~ 165℃
	생산방법	Plant Mixing	Plant Mixing
	개질제	S-II 개질재	SBS를 칩형태로 생산 납품
시 공	시공특징		저온에서도 다짐 가능
특 징	포장수명	기존 포장의 2배 이상 주장	기존 포장의 2~3배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	보 통	우 수
	방수성	양 호	우 수
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 소성변형 저항성 증가 - 내구연한 증가 - 박리저항성 증가 - 개질재의 장기보존 가능	- 소성변형 저항성 우수 - 균열 및 탈리현상 방지 - 일반아스콘과 생산온도 및 시공방법 동일하여 품질관리 용이
단 점		- 아스콘 생산온도가 일반 보다 10~15℃ 높음 - 제조비용 상승, 투입설비 필요	- 포장두께 3㎝ 이하 시공 곤란
국산화 여부		국산	국산
신기술지정 및 특허 여부		특허 제 10-0417294	건설신기술(2001) 특허 제0267575호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항의 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		SMA	SMRA
제품 개념		- 굵은 골재 맞물림 효과에 의한 소성변형 저항성 강화 및 채움재, 부순모래 투입에 의한 골재간극 충진	- 아스팔트에 쉽게 분산되도록 개발된 SRA 아스팔트 개질재를 첨가한 저소음 배수성 아스팔트
적 용 포장		표층	표층
혼합물 생산	입도	8 ~ 13㎜, 쇄석 단입도	13 ~ 19㎜
	AP함량	6 ~ 8%	
	생산온도	160℃ 이상	170 ~ 180℃
	생산방법	Plant Mixing	Plant Mixing
	개질제	셀룰로오스화이버주입(3kg/톤)	SRA 개질재
시 공	시공특징	입도/온도관리, 다짐 철저	믹싱 타임 45초 이상 유지
특 징	포장수명	기존 포장의 2배 이상 주장	기존 포장의 2~3배 이상 주장
	내유동성	우 수	우 수
	내균열성	보 통	우 수
	방수성	양 호	양 호
	우천노면반사	적 음	적 음
장 점		- 소성변형 저항성 우수 - 균열 및 탈리현상 방지 - 소음감소 효과 있음 - 미끄럼 저항성 증가	- 소성변형/저온 균열에 우수 - 소량 생산 가능 - 페타이어 고무가 함유되어 소음감소가 있음(재활용 기술)
단 점		- 단입도 골재 확보가 어려움 - Plant의 핫빈스크린 교체 필요 - 화이버 투입기 추가 설치 필요 - Drain Down 시험필요 및 고가 - AP 과다로 인한 흐름방지를 위해 섬유보강재 현장 투입	- 개질재 투입 관리 - SRA 투입시설 필요 (인력투입 가능)
국산화 여부		독일	국산
신기술지정 및 특허 여부		특허 제0248892호	특허 제100974858호
적용사례		국도/고속도로/지방시도/공항의 도로 및 교량 포장	국도/고속도로/지방시도/공항 등 도로 및 교량 포장

구 분		CRM
제품 개념		- 폐타이어 재생고무분말 고온으로 가열한 아스팔트에 폐타이어 분말(CRM)을 혼합(10~25%)하고 교반/양생하여 고무분말의 팽창을 유도하여 물리적 성질을 개질
적 용 포장		표 층
혼합물 생산	입도	13 ~ 19mm
	AP함량	8 ~ 10 %
	생산온도	혼합시 : 190 ~ 230℃ 양생시 : 162 ~ 190℃
	생산방법	Plant Mixing
	개질제	CRM 15~25% 혼합 후 현장숙성
시 공	시공특징	온도 및 AP점도 관리 주의
특 징	포장수명	기존 포장의 2배 주장
	내유동성	양 호
	내균열성	양 호
	방수성	우 수
	우천노면반사	적 음(개립도 적용시)
장 점		- 환경친화적(폐타이어2천개/1km) - 미끄럼 저항성우수 - 소음감소(최소3dB)
단 점		- 혼합후 양생기간 필요(5시간) - 점도 낮은 Base 아스팔트 필요 -CRM 전용 배합/숙성 시설 필요 - 12톤이상 진동 탄뎀 필요
국산화 여부		미국
적용사례		서울시 일부구간 및 콘크리트 포장위 덧씌우기 공사 등

2. 유럽의 도로포장 기술

가. 최초의 도로 포장 기술(고대)

기록되어진 최초의 도로포장은 기원전 약 3,000년 정도에 인더스강 유역의 고대도시에 있는 중앙도로와 횡단도로 <그림 2>에는 벽돌포장과 상하수도가 완비되어 있었다고 전해지며, 그 유물 <그림 3>로 추정해 볼 때 바퀴를 이용한 마차가 용이하게 달릴 수 있는 포장도로가 있었을 것으로 추정된다.



〈그림 2〉 인더스유적도로



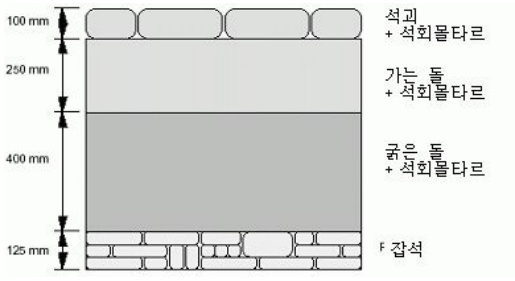
〈그림 3〉 메소포타미아 기병 유물

이집트의 피라미드와 바빌로니아의 바벨탑, 유럽 남북을 통하는 호박도로, 평양의 장군총 등과 안데스의 잉카 제국 등의 대규모 토목공사의 유적에서 발견되는 석괴 포장, 석판 포장 등으로 추정해 볼 때 당시에 상당한 수준의 도로가 존재했던 것을 알 수 있다.

로마인들은 도로의 중요성을 인식하고 기원전 312년에 [Via Appia] 또는 [Appian Way(어피언도로)]<그림 4>라고 하는 포장도로를 수백년에 걸쳐 건설하였으며, 그 연장은 약 9만km로 석괴나 석회 몰타르 등을 이용하여 건설되었다. 인력에 의해 건설된 로마의 어피언도로는 모든 도로가 두께 1~1.5m의 3개 층으로 구성된 적석형식<그림 5>의 포장도로로 이러한 포장형식은 19세기 후반 근대의 포장형식이 나타날 때까지 2,000년 이상 표준적인 포장건설공법으로 사용되었다.



〈그림 4〉 어피언도로

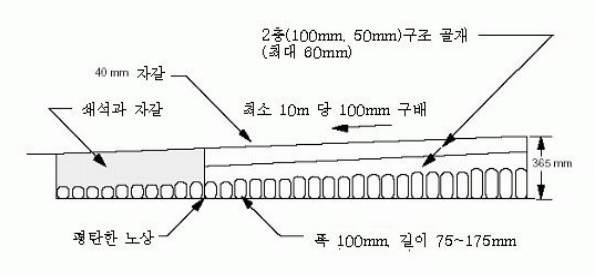


〈그림 5〉 어피언도로의 대표적 단면

나. 유럽 도로 포장 기술의 발달(중세)

로마시대부터 전해져 오던 도로포장공법은 18세기 후반이 되어서야 과학적 지식과 함께 그 변화를 이루게 된다. 1750년 프랑스의 트레사게는 기존의 포장공법이 모든 층이 무거운 돌로 이루어진 중량포장이라 시공에 어려움이 많은 것을 해결하고자 노력하였다. 그는 포장의 하부층이 충분한 지지력을 갖게 된다면 비교적 작고 가벼워 사람이 다루기에 용이한 표층으로도 충분하다고 생각하였다. 따라서 그는 도로를 높게 하여 배수를 용이하게 하고 노체에는 점토성분을 제외시키고 사질토와 자갈을 이용함으로써 하부층의 지지력을 확보하고자 하였다. 이와 같은 개념으로 인해 도로포장 속도는 획기적으로 단축되게 되었으며, 근대 도로포장기술의 기본개념을 제공하여 근대 도로공학의 아버지라 불리며 역사상 최초의 도로기술자로 인정되고 있다. 그는 도로포장의 지속적인 유지관리의 필요성을 주장한 것으로도 유명하다.

18세기 중반 영국의 텔포드(Telford)는 짐을 운반하는 마차의 말의 수를 줄이기 위하여 노면의 평탄성을 개선하는 포장공법을 개발하였다. 그는 평탄한 노상 위에 사람이 쉽게 다룰 수 있는 폭 100mm, 길이 75-175mm 정도의 큰 돌로 기층을 두고 체가름을 이용하여 100mm이하의 쇄석골재를 두층으로 표층에 포설하여 노면의 평탄성을 얻고자 하였다. <그림 6>과 같이 약 35~45cm의 두께를 갖도록 설계되었으며, 골재들의 사이에 바인더는 사용되지 않았다. 텔포드는 토목공학에 다양한 공헌을 하여 근대 토목공학의 아버지라 불리고 있으며, 도로포장에서 노면의 평탄성의 개선으로 마차나 전차의 속도를 획기적으로 증진시킨 것은 도로포장의 역사에서 매우 큰 공헌이라 판단된다.



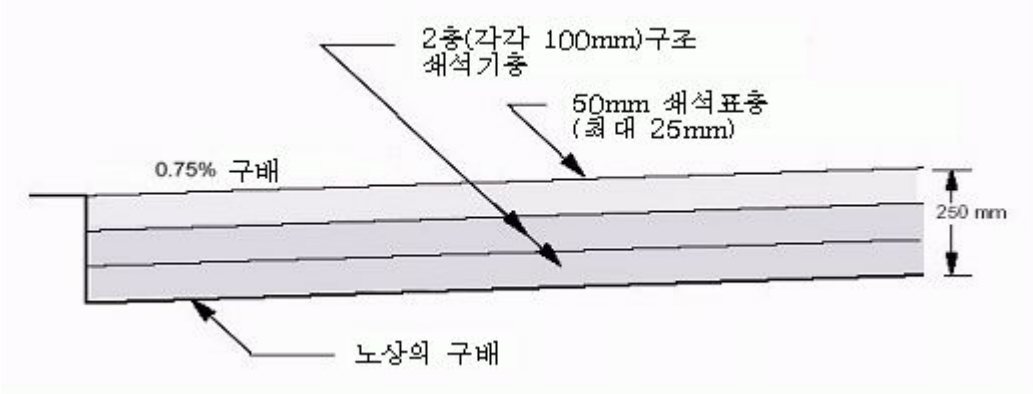
〈그림 6〉 전형적인 텔포드 도로



〈그림 7〉 존 마카담

18세기 후반이 되면서 도로건설 역사에서 가장 유명한 인물인 영국의 존 마카담(John MacAdam)이 나타나게 된다. 그의 포장기술은 잘 다져진 노상 위의 쇄석골재만으로 충분한 지지력을 발휘할 수 있다고 믿었다. 텔포드공법에서 큰 돌로 구성된 기층을 쇄석기층으로 대체한 것이다. 마카담포장은 표층에 쇄석을 사용한 포장으로, 배수를 원활히 하기위해 노상에도 구배를 주었으며 골재의 최대치수가 7.5cm인 2층 쇄석으로 약 20cm의 기층을 두고 표층은 마모층의 개념으로 최대치수가 2.5cm인 쇄석으로 약 5cm 두께로 포장하였다. 당시의 마카담포장은 바인더를 사용하지 않았으며, 이 공법은 1900년대 고무 타이어가 나타나기 전까지 표준적인 포장공법으로 적용되었다. 마카담의 역할은 트레사게와 텔포드에 이어 도로포장에 사용되는 모든 재료를 아주 작은 쇄석으로 구성하였다는 점이다. 이 역할 자체로는 큰 것이 아니지만 이러한 마카담 공법으로부터 타르나

아스팔트를 침투시키는 공법이 시작되었으니 근대 포장공법에 큰 공헌이 인정되어 근대 포장공학의 아버지라 불리고 있다.



〈그림 8〉 전형적인 마카담도로

1820년경 마카담포장에 타르를 침투시키는 공법이 시험되었고, 1834년 프랑스 리옹에서는 최초로 락아스팔트(Rock Asphalt)를 이용한 포장이 보도에 이용되었다. 그러나 이들은 다짐능력의 부족으로 아직 전 근대적인 포장공법에 머물고 있다고 할 수 있다.

1885년 다임러의 가솔린 자동차 발명 이후 세계는 자동차시대로 접어든다. 그러나 도로포장의 준비 없이 시작된 자동차시대는 비포장으로 인한 여러 가지 어려움을 겪게 된다.<그림 9, 10> 따라서, 이러한 비포장에 대한 문제점은 1900년대 이후에 도로포장의 발전이 되는 계기를 마련한다.



〈그림 9〉 비포장도로



〈그림 10〉 비포장도로

다. 유럽 주요 국가별 도로 역사(현대)

1) 영국

○ 1945년 이전의 도로

영국의 도로는 고대 로마인에 의한 도로를 본 받아 노르만 시대, 튜더 와조시대의 도로를 위한 새로운 제도의 마련을 거쳐서 1963년에는 최초의 유로도로를 건설하였다. 당시의 영국 도로연장은 19만 3,000km중, 간선도로 3만 5,200Km가 유료도로 턴파이크로 개량하였다. 그 후로 철도의 출현으로 턴파이크 유료 회사의 도사 및 자동차 출현 등으로 국가가 도

로 정비를 하였으며, 1920년 구도로법, 1936년 간선도로법이 제정되었다. 1938년에는 영국의 도로망 대동맥이 약 1,600km의 자동차 전용도로 7개 노선의 도로 계획을 실시하여 현재의 고속도로망이 원형이 되는 계기를 마련하였다.

○ 1945년 ~ 1960년

1946년 노동당 정부는 뉴타운법(인구를 분산시키는 정책)과 티룸 플랜을 제안하였으며, 티룸플랜은 10년간 총연장 1,300km의 모래시계형의 고속도로망을 정비하는 계획을 세웠으나, 전쟁중으로 이루어지지는 못하였다. 1949년에는 도로의 기능별 분류를 포함하는 특수도로법을 제정하였다. 1957년에는 왓드킨스 교통장관에 의해 티룸플랜을 승계하는 도로계획이 제안되었으며, 이것을 계기로 1950년대에는 자동차 전용도로의 건설이 진행되어 1958년에 영국 처음의 자동차 전용 도로 푸리스폴 바이패스(푸리스톨~버밍험간, 약 8마일)이 공용이 되었다.

1959년에는 구도로법, 간선도로법, 특수도로법 등이 통합되어 신도로법이 제정되고, 자동차 전용도로의 건설을 촉진하였다.

○ 1960년대 이후

1960년에는 도로의 5개년 계획인 개정사업이 발표되었으며, 간선도로망의 정비를 수행하였으며, 1969년에 약 880km의 고속도로가 정비되었다. 이 시기에는 현재의 도로체계를 갖추는 시기가 되었다.

1970년 백서 장래도로에서 15~20년을 목표로 7,200 km의 고규격 왕복 분리도로, 네트워크 정비 등의 도로 정비계획을 발표했으나, 도로 예산의 삭감과 도시도로 재원이 철도로 바뀌는 등으로 도로 정비는 늦어졌다. 1974년 지방 행정법에는 지방의 실정에 맞는 교통정책이 실현될 수 있도록 교통에 대한 특정 보조제도인 교통보조금이 도입되었다.

1980년 후반에는 교통량의 급격한 증가에 따라 도시내 정체 문제와 소음 문제가 대두되어 도로망 용량의 증가 대책이 요구되었으며, 1987년 도로 정책 백서에서 재정난에 의해 억제되어온 도로 지출을 증액하여 교통비용을 감소시켜 경제성장을 지원하는 것, 통과교통을 배제하여 도시거리나 시골길의 환경을 개선하는 것, 도로교통의 안전성을 높이는 것 등의 3가지 목적을 갖고 도로 건설을 추진하였다. 1990년에 들어와서는 도로정비의 이용자의 부담으로 고속도로의 유료화, 민자 도로 정비, 도시부의 자동차 억제 등의 정책을 추진하였다.

○ 영국의 아스팔트 배합 설계

영국 내 아스팔트 배합 설계는 아스팔트 표층 혼합물에 사용하기 위해 아스팔트 함량의 결정에 대한 설명 방법의 하나로서 아스팔트 협회의 마샬 방법을 제외하고 'recipe' 시방서 또는 'recipe' 방법이라고 불리는 것에 의해 기초화되었다. 1945년에 영국은 도로 포장에 대한 요구 사항으로 경제성과 내구성을 중시하였다. 그 당시 많은 도로는 British

Standards(BS) 1621의 내용에 따라 피상적인 다짐으로 이루어졌다. 그러나 1960년대 중반 교통량과 차량의 하중이 주목할 만큼 증가함에 따라 1970년대 초 당시의 서비스지수에 있어 만족을 제공할 때까지 'recipe' 방법에 의한 아스팔트 포장의 배합 설계는 많은 발전이 있었고, 변형되어져 왔다. 1973년에는 그 당시에 배합 설계의 일반적인 생각에 있어서 부분적 재조정이 있었다. 그리고 표층에 사용되는 가열 아스팔트 혼합물의 아스팔트 함량을 결정하기 위한 방법으로 마샬 방법을 받아들이게 되었다. 이 방법은 적절하게 개선되어 BS 594에 소개되었고, 이후 1985년 BS 598과 1990년에 BS 598로 개선되었다.

1980년대 중반 Nottingham 대학의 토목과에서 3가지 다른 시험을 통한 혼합물의 물리적 거동의 성질을 기초로 한 많은 특성에 대한 배합 설계 장비 개발에 착수했다. 이 시험들은 이미 항목별로 잘 알려져 있고 세계적으로 많은 실험실에서 일반적으로 사용된다. 그리고 NAT(Nottingham Asphalt Tester)로 잘 알려진 1축을 이용한 다용도 기계가 설계되었다.

영국의 마샬 배합 설계 방법은 1985년과 1990년의 모든 혼합물의 거동 값으로 정의된다. 이 규정은 마샬 시험기를 사용하여 sand-filler 혼합물의 아스팔트 함량을 결정하고, 거친 골재의 첨가에 대한 적정 아스팔트 함량의 수학적인 계산 방식에 기초를 둔 'recipe' 시방서의 전형적인 접근 방법이었다. 적정 설계 아스팔트 함량은 마샬 안정도와 밀도, 최대 치수의 골재 함량과 더불어 골재의 거칠기(BS 2.36mm 시험 체)의 정도와 관련된 값으로써 계산된다. 후에 흐름값에 대한 시험 항목이 BS 594에 추가되었다. 게다가 영국의 마샬 방법은 미국의 계속적인 혼합물 등급의 개발 노력에 대한 반대 의사로 갭입도 혼합물에도 적용된다.

2) 프랑스

○ 1945년 이전의 도로

프랑스는 루이 왕조시대 왕도라고 불리우는 국도망이 정비되어 현재의 도로망의 기초가 되었다. 1716년에는 왕조하에 도로국이 설치되어 도로건설 및 유지관리 등에 제도가 정비되었다. 1800년대에는 나폴레옹에 의해 국사 목적으로 도로를 정비하여, 루이왕조의 왕도와 합쳐 1930년 시점에 국도연장 4만km의 기초가 되었다. 1920년 이후 자동차의 급증으로 바이패스, 자동차 도로 건설을 포함한 도로 정비 계획 책정이 급선무로 되어 1934년 말캐-풀판으로 불리우는 도로 정비 계획을 마련하였으나, 세계 2차대전에 의해 중단되었다.

○ 1945년 ~ 1960년

전후 1947년 이후 4~5년 간격으로 국토정비를 위한 국가 계획을 실시하였으며, 1951년에는 국가 계획의 원활한 집행을 위해서 도로 투자 특별기금이 창설되었다. 1952년에는 제 1차 도로시설 5개년 계획이 시작되었으며, 1955년 고속도로법이 제정되었다. 고속도로법의 제정으로 1956년에는 고속도로 건설 촉진을 위한 5개 회사가 설립되었다. 1957년에는 제 2차 도로시설 5개년 계획이 시작되었으나, 재정난으로 인하여 계획으로만 그치고, 1960년 국도 교통망 기본 계획으로 시작하게 되었다.

○ 1960년대 이후

1960년대에는 [경제 사회 발전 계획]이라 불리우는 국가계획을 실시하였으며, 경제적으로 늦어지고 있는 지방의 진흥과 국토의 균형있는 발전을 도목하기 위한 대규모 프로젝트를 추진하였다. 1960년 국도망 기본 계획은 1975년을 목표로 고속도로를 약 3,500km 일반국도를 약 15,500km를 정비하는 계획으로 수행되었으며, 이러한 마스터 플랜은 실현하기 위하여 매년 110km의 고속도로를 건설할 것으로 진행하였다.

또한, 유료도로 고속도로 건설을 촉진하기 위해, 1963년 고속 도로공사가 창설되었으며, 1969년에는 고규격도로 및 국도와 지방도 도로 제도에 충실을 기하기 위한 법률이 제정되어 가장 혼잡한 간선도로에 평행하는 구간을 정비하고, 1970년까지는 릴에서 마르세이유에 이르는 국토 간선축이 완성되었다.

1971년에는 국도망 기본계획을 국토 정비를 더울 효율적으로 추진하기 위한 파리중심의 도로망의 재검토, 도로기능 분담을 강화하기 위한 골자로 개정이 이루어졌다.

1991년에는 신국도주요계획이 책정되어 15년후 고속도로 12,120km를 보완하는 고규격도로, 국도 21,120km의 정비, 지방도 35만 km, 시군도 50만km 보유를 목표로 하였다.

○ 프랑스의 아스팔트 배합 설계

프랑스에서 사용되는 아스팔트 배합 설계는 1970년대 초에 이전의 연구실 실험에 기초한 기준으로 통합되었다(아스팔트 침투 정도에 관한 기준과 교통량, 기후 상태를 고려하여 선택된 아스팔트의 두께 결정 등). Duriez 방법(물에서 혼합물의 수분 민감성을 측정하는 단순 압축 시험)에서 수정·보완된 LCPC(Laboratoire Central des Ponts et Chaussees) 방법은 Duriez 방법 뿐 아니라, 공용 기간 동안 받는 높은 응력으로 인해 초기 상태의 롤러 다짐과는 다른 입도 곡선을 선보였다는 점에서 괄목할 만한 변화를 가져왔다. 게다가 텍사스에서 시작된 Gyratory Shear Compactor는 다짐 후 혼합물의 거동을 평가할 뿐 아니라, 프랑스의 아스팔트 배합 설계에서 필수적인 사항을 모사하기 위한 도구로 사용되었다. 이 방법은 재료 구성에 관한 기준보다는 혼합물의 성능과 관계된 배합 설계 방법이다.

실제 프랑스 배합 설계는 아래의 3가지 상황에 따라 구분을 지었다.

(1) 재료 사용에 대해 가정된 새로운 형식의 연구는 위에서 언급된 모든 실험실 시험에서 수행되어져야만 한다. 특히, PCG(Press a Cisaillement Giratoire) 배합 설계 방법에 의한 워커빌리티와 다짐 시험은 입도 재료에 관한 다양한 변수를 통한 혼합물의 형태에서 수행되어져야만 한다. 선택된 혼합물은 Duriez 시험 방법과 러팅 시험(소성변형의 위험이 예측된다면), 피로시험 등을 실시한다.

(2) 이미 알고있는 기초 물성을 가지고 한가지 이상의 성분에 주어진 방식을 적용하는 것은 (골재의 성질, 바인더의 특성 그리고 개질재 사용시 혼합 방법, 개질재의 존재 유무) 다양해져왔다. 첫째로 새로운 성분은 Duriez 시험과 소성변형 시험과 몇몇 선택된 적정 시험 방법

을 통한 PCG 시험을 통해 혼합물의 특성과 밀도가 계산되어진다. 이런 경우 기초 방법과 연관된 새로운 방법의 특성을 확인하는 절차가 필요하다.

(3) 시험 방법의 입증은 모든 혼합물이 항상 동일한 특성을 유지한다는 전제로 시작된다. 그리고 시행된 특성 시험에서 발견될 수 없는 특성치의 입증이나 검증은 PCG 방법에 의한 워커빌리티와 다짐 시험으로 확인할 수 있다.

이처럼 프랑스에서는 PCG 시험이 배합 설계의 기초이다. 1985년에 (PCG-Ⅱ 모델) 이미 수정된 원래의 PCG 시험 장비는 1995-1996년(PCG-Ⅲ)에 훨씬 더 개선되었다.

무엇보다도 중요한 것은 프랑스의 배합 설계 방법에서 Gyratory Compactor는 수퍼페이브 1단계에서 사용된 것과 동일 용도로 사용되지는 않는다는 것이다. 기계적 시험이 없는 수퍼페이브 1단계에서는 교통량과 다짐의 모사를 통한 소성변형의 저항성을 예측하는데 사용되지만, 프랑스에서는 다짐 후에 잔류 공극률(교통량과 온도의 증가에 따른 회전수에 따라 공극률은 4%가 되어야 함)을 조절하는데 사용된다. 즉, 수퍼페이브는 교통량 모사에 의한 다짐을 통해 소성변형에 대해 예측을 하게 되지만, PCG 방법에서는 단지 실제 현장의 다짐만을 모사하고 소성변형 평가를 위해서는 별도로 교통량을 모사한 휠트랙킹 시험을 시행한다. 그러나 반드시 Gyratory Compactor에 의한 결과를 통해 언제, 어느 곳에, 어느 정도의 교통 단계에서 사용되어질 적정한 배합 설계의 방법을 규정짓지는 않는다.

3) 독일

○ 1945년 이전의 도로

제 1차 세계대전 패전이후 독일 경제는 커다란 발전을 하였으나, 재정적으로 부담이 많아 충분한 도로건설을 이루지 못했다. 그러나, 1921년 배를린에서 9.8km에 달하는 자동차 교통실험도로(AVUS)가 건설되었다. 이것은 고속주행을 지향한 자동차 전용도로의 설계 지침을 모색하는 시험도로로 아우토반의 역사는 이때 시작되었다. 1924년 10월 베를린에서 자동차 도로연구협회 STUFA가 설립되어 1927년에는 2만 2,500km 달하는 장거리 도로망이 시작되었다. 그 후 1932년 본~겔 간의 35km 연장 4차선 자동차 전용도로가 완성되고 이것이 최초의 아우토반이 되었다. 1942년 제 2차 세계대전으로 도로 건설이 중지되기까지 3,860km가 공용되었으며, 전쟁이 끝난후 이용가능 했던 아우토반은 2,175km였다.

○ 1945년 ~ 1960년

1952년 서독에서는 자동차 화물 수송법의 제정에 의해 화물 수송의 질서가 세우지고, 당시 진행중이던 철도와 트럭 운송 운임의 동등화 정책에 의해 육상 교통 분야에서의 교통수단간 밸런스가 유지되었다. 1953년 [연방장거리 도로법], 1955년 [교통재정법]의 제정으로 도로 건설에 필요한 재원을 확보하는 정책을 실시하여 도로 정비 및 아우토반의 건설이 재개되었다.

○ 1960년대 이후

1960년대에는 [도로건설 재정법]이 제정되어 도로건설 재원을 강화하였으며, 아우토반 3,000km, 연방도로 1만 2,000km의 목표로 한 도로정비 4개년 계획을 수립하였다.

1971년에는 1985년 교통이 포화상태로 달한다는 예측에 따라 [연방장거리 도로 건설계획에 관한 법률]을 제정하였다. 1980년대에는 도로의 양보다는 질에 대한 정책으로 아우토반의 정체 구간을 6~8 차선화, 환경개선을 위한 바이패스 건설 계획 등이 추진되었다.

1990년대에는 동서 독일이 통일 되면서, 새로운 고속도로 네트워크의 건설, 구동독 지역의 아우토반 개선 등이 이루어졌다. 1992년 [연방 교통로 계획]에서는 아우토반을 2010년까지 13,300km, 일반도로 5,400km를 신설확장하는 목표로 정책을 진행하였다.

○ 독일의 아스팔트 배합 설계

독일의 역청 혼합물 규정과 시방서는 아스팔트 혼합물의 형태와 포장층의 종류에 따라 수행되어질 시험과 세부적인 설명을 포함하는 기본 배합법이다. 혼합물의 종류는 표층과 기층, 보조 기층을 위한 아스팔트 콘크리트와 표층 포장을 위한 SMA, 구스 아스팔트, 배수성 아스팔트 등으로 구성되어 있다.

독일 내에서 아스팔트 콘크리트에 적용되는 방법은 현장 배합 설계가 아니다. 이러한 혼합물들은 언급된 바와 같이 시방서로서 정의된 혼합물 기준의 순서로부터 표층, 기층, 보조 기층에 사용된다. 이런 방법들은 역청의 혼합량을 결정하고 혼합물의 공극을 분석하기 위한 마샬 시험법의 사용에 의해 여러 단계의 교통량에 적용되어져 왔고, 또한 수년간의 경험에 의해 발전되어 왔다. 이런 배합 설계의 종류는 천연 재료의 조심스런 선택을 요구한다. 또한 시방서를 통한 엄격한 허가제에 따라 모든 종류의 혼합물의 생산품에 대한 정밀한 검사를 요한다.

독일에서 마샬 시험법은 1996년에 정립된 DIN 규정에 의해 정착되었다. 그것은 공시체 제조와 마샬 안정도 및 흐름에 대한 시험의 두 부분으로 나뉜다.

기술적인 요구 사항과 지침은 표층과 기층을 위한 배합 설계를 위해 필요하다. 시방서를 파악하는 것은 마샬공시체의 적정 공극과 밀도에 대한 다짐의 정도를 결정하는 두 가지 모두에 필요하다. 이러한 규정에 의해 고려된 배합 설계는 기층에 사용되는 반면, 공극의 정도와 마샬 안정도, 흐름 모두를 파악하는 것도 필요하다.

SMA의 사용이 자유로워진 이후로 입도 곡선과 역청의 부가적 함량에 대한 부분적인 참고가 되고 있지만, 마샬 배합 설계에 있어서 공극의 분석은 때때로 현장배합 방식에 대한 한계를 가져왔다. 이 아스팔트 함량은 공극이 3% 일 때의 현장 배합 방식에 대한 선택과 상응한다. 마샬안정도는 크리프와 회복탄성계수의 기준을 간과하게 만들고, SMA 최종 현장 배합 방식의 선택 시 혼동을 유발한다.

독일에서는 정적, 동적 크리프 시험은 휠트랙킹 시험과 gyratory 전단 다짐기와 마찬가지로 상호 보완적인 시험 항목으로 간주되며, 특별한 설계 연구에 사용되어진다.

3. 미국의 도로 포장 기술

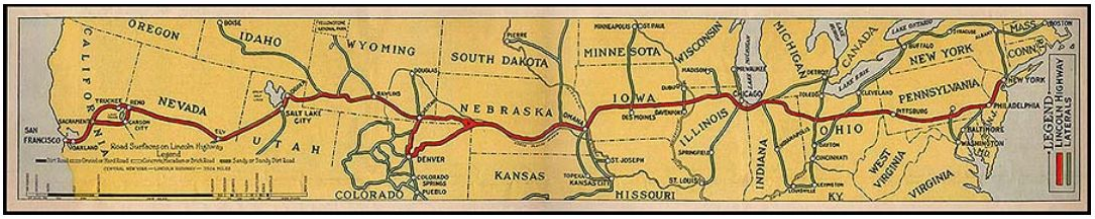
가. 미국 도로의 시작

초기의 미국 도로는 주로 하천을 이용하여 이루어졌으며, 하천내 도로는 거의 원주민인 인디언들의 통행로로서 유럽에서 건너온 초기 정착민들에게는 극히 제한적으로 사용되었다. 따라서, 유럽의 정착민들은 자유스러운 이동이 가능하도록 하기 위해서 길을 만드는 데 노력하게 되었다. 초기 정착민들의 도로의 시발점은 원주민이 다닌 인디언 길, 교역목적의 교역통로 또는 개척자 도로 등에서 발전이 되었으며, 현재의 US highway 30호선에서 그 근거를 찾을 수 있다. 역마차가 일반적으로 사용되던 1780년대 중반부터는 기후에 영향을 받지 않는 도로에 대한 요구가 시작되면서 미 정부에서는 정부가 인가한 유료도로회사가 도로를 건설하고 운영하였으며, 1811년도의 미국 최초 포장 도로인 매릴랜주 Cumberland에서 미주리주 세인트루이스에 이르는 Cumberland 도로가 탄생되었다. 그러나, 1869년 5월 대량 화물과 여객을 안락하게 수송하게 되는 대륙횡단 철도의 출현으로 도로의 수요는 감소되었으며, 도시부내 도로를 벽돌 등으로 건설하는 추세로 바뀌었다. 1880년대에는 자전거의 활발한 이용으로 자전거 도로용 매커덤 포장이 실시되었으며, 1890년대는 초보적인 포장과 자전거용 우회도로를 건설하게 되었다.

자동차가 1889년 독일에서 제작된 후, 초기에는 취미 및 스포츠로 이용되다가. 1893년 미국의 최초 가솔린 차가 메사츄세츠주 스프링 필드의 도로에서 발표되어 미국 자동차 시대의 개막이 열린다. 이 당시 미국내 자동차는 1989년에 30대에서 1899년에는 700개의 공장에서 생산되는 차량 대수가 연 2,500대로 증가해 자동차 대수의 증가를 보인다. 1901년에는 American Automobile Association(이하, AAA)이 조직되면서 좋은 길 만들기의 개혁운동이 시작되었다. 이 시대의 자동차 보유대수는 1900년에는 8,000대, 1910년에는 5만대를 넘었으며, 1915년에는 200만대가 되었다.

1900년의 도로 포장은 500마일 정도였으나, 자동차대수가 증가하면서 1904년에 14개 주에서는 행정조직내에 도로 부문을 설치하였으며, 1905년에는 도로연구소를 만들어 전국의 매커덤 도로와 자갈도로를 조사하고 전국지도를 만들기 시작하였다. 1909년에는 도로 포장용 포틀랜트 시멘트 콘크리트가 개발되어 미시간주 디트로이트의 1마일에 걸쳐 시공되었다.

1915년, 미국의 각주를 통과하는 노선이 결정되어 Lincoln Highway라 이름이 붙여졌으며, 1923년 연방공공도로국에서 완성하였다.



〈그림 11〉 Lincoln Highway의 노선

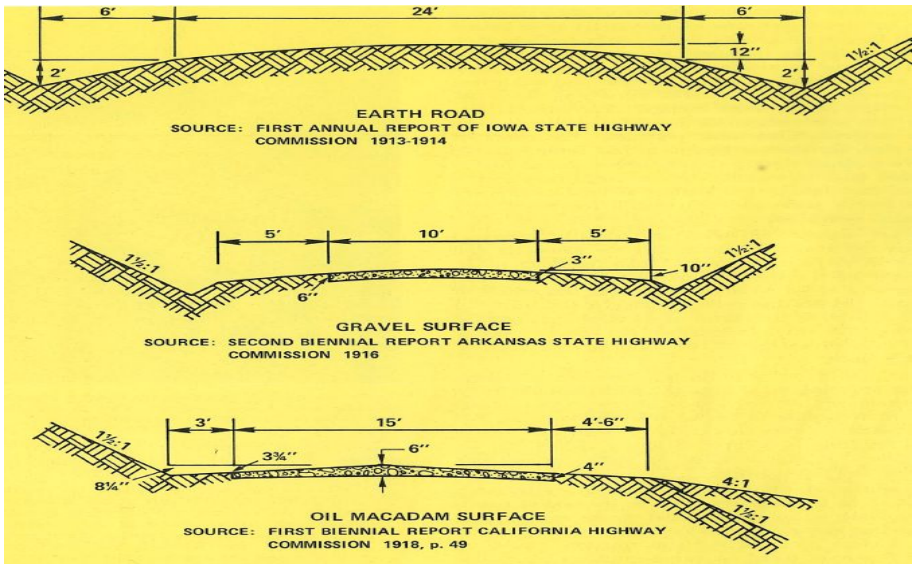
1916년 윌슨 대통령은 전국 도로 시스템과 재원의 기초를 확보하는 연방도로법의 제정을 승인하면서 1916년에서 5년간 750만 달러의 연방자금을 지출하게 되었다. 1921년에 자동차는 900만대로 증가되었으며, 전국 42개 도로연합체에서는 주의 가솔린 세금을 도로 자금으로 유용하는 것을 주정부가 시행하도록 하였으며, 도로 번호 시스템 및 도로 공사 계획시 새로운 도로 포장 기술 연구를 시작하게 되었다.

1920년대~1930년 사이에 토목기술과 공학기술의 진보는 도로의 이용 상황을 과학적으로 조사하여 장기적 전망에 대비한 도로 계획을 세우기 위한 법령인 “하이텐-카드라이트 조례”를 탄생시켰다. 따라서, 이를 통하여 도로 사업을 시작하였으며, 1932년 트럭의 등장으로 수송에 있어서 철도 산업과 대적하는 계기가 되어, 오늘날의 미국 도로가 되었다.

나. 미국 도로 포장 단면 변화

○ 1900년~1920년대 : 마차 도로의 쇠퇴기

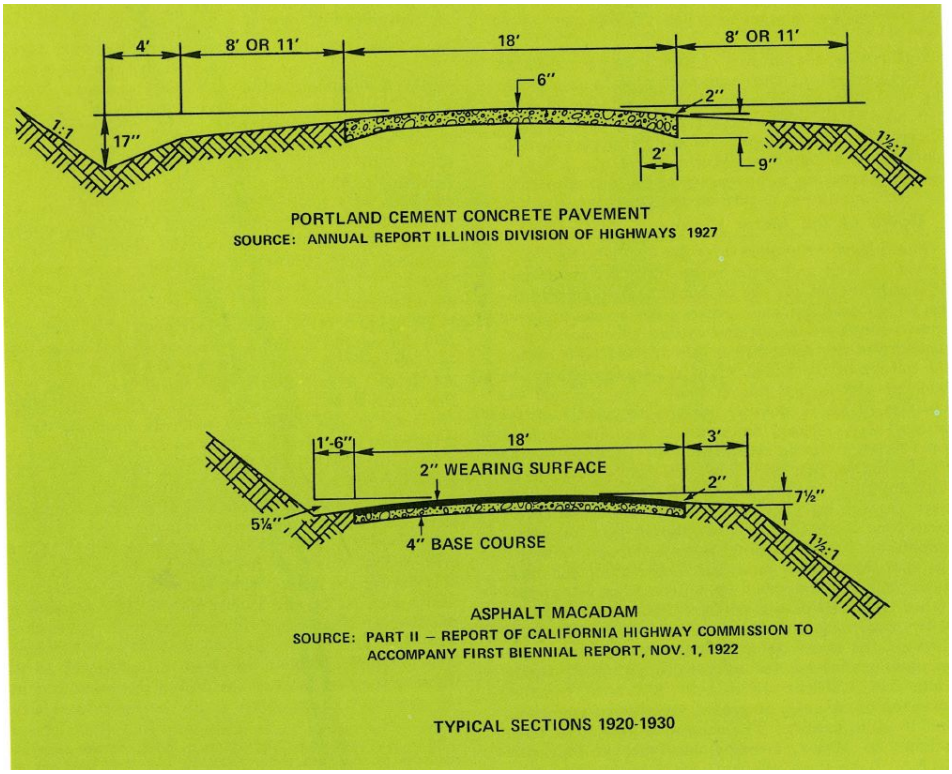
자동차의 등장으로 기존 마차 또는 말을 중심으로 한 도로 포장에서 새로운 교통수단에 맞는 도로 포장 형태가 나타났으며, 이 시기에 포장 단면 및 재료는 다음과 같다.



〈그림 12〉 1900년~1920년대 미국 도로 포장의 단면

○ 1920년~1930년대 : 자동차 도로의 개막

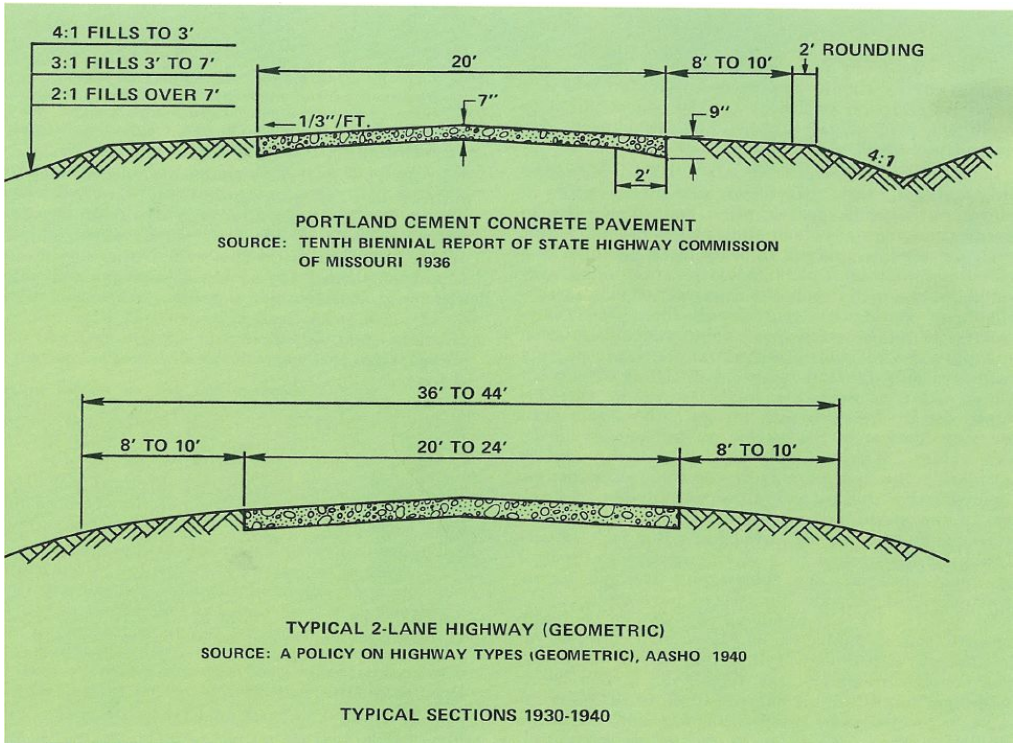
이 시대는 자동차의 생산과 운행 대수가 증가하는 시기로 자동차가 양방향 통행이 가능하도록 도로 폭을 18인치로 늘렸으며, 시멘트 재료 및 아스팔트 재료를 이용한 아래와 같은 표준 단면을 사용하였다.



〈그림 13〉 1920년~1930년대 미국 도로 포장의 단면

○ 1930년~1940년대 : 도로 디자인의 안정화 시기

이 시대는 도로 디자인의 안정화 시기로 높아진 자동차의 속도, 트럭 및 버스 등장, 교통량의 증가 등으로 새로운 도로 설계 디자인이 필요하였으며, 이로 인하여 도로의 이용 상황을 과학적으로 조사하여 장기적 전망에 대비한 도로 계획을 세우기 위한 법령인 “하이텐-카드라이트 조례”가 만들어 졌다. 이 조례에서는 연방도로 기금중 1.5% 까지 도로 연구 및 계획을 위하여 사용하도록 하는 것이며, 이로 인하여 도로와 관련한 연구가 많이 이루어 졌다. 이 시기에 사용된 <그림 14>와 같이 도로 포장의 표준 단면은 이전 시대의 도로 폭과 길어깨의 폭이 넓어 진 것을 알 수 있다.

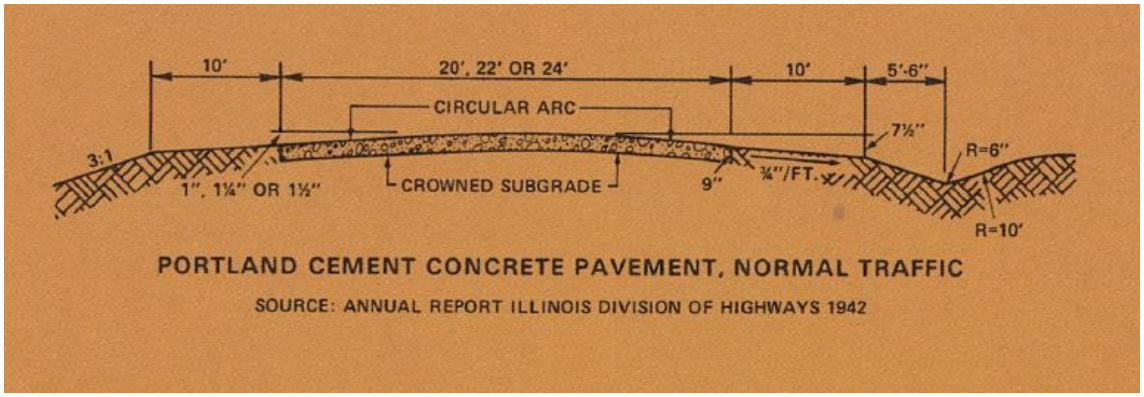


〈그림 14〉 1930년~1940년대 미국 도로 포장의 단면

○ 1940년~1976년 대 : 고속도로의 시대

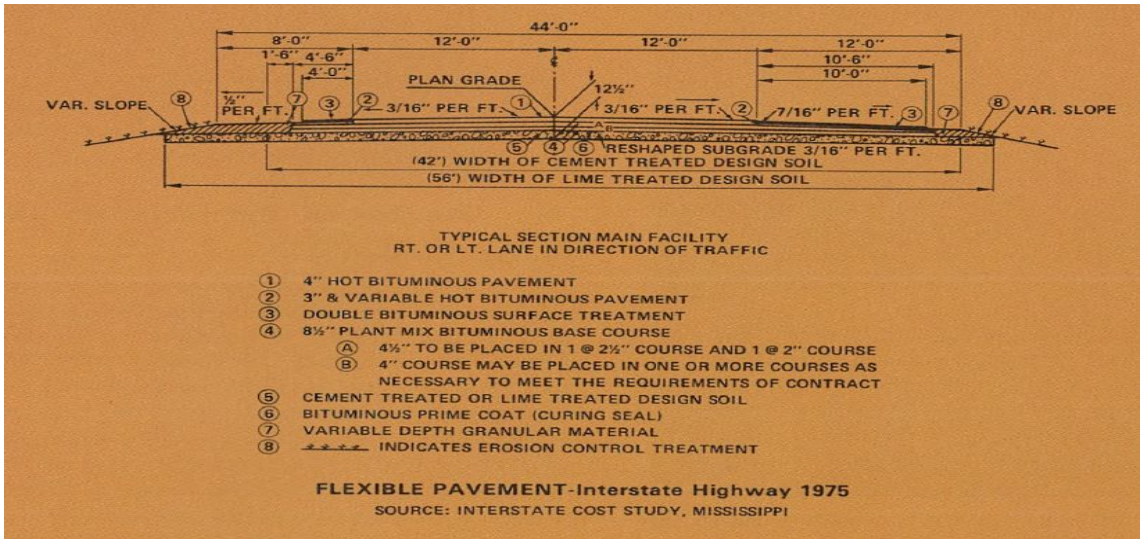
이 시기에는 도시 및 지방의 전체 고속도로를 관리하기 위한 노력에 집중하였으며, 도로 포장, 길어깨의 폭, 넓어진 교량, 교차로 등의 설계 방법을 보완하였다. 이 시기에 제시된 주요 설계 원리는 다음과 같다.

- 도로는 시공부터 20년 동안 설계기간으로 한다.
- 도로와 철도의 교차로는 단차를 두어 분리한다.
- 지방부에서는 75 mph 속도에서, 도시부에서는 50 mph 속도에서 안전하게 운행되도록 설계한다.
- 차로는 12 feet의 폭으로 한다.
- 길어깨는 10 feet의 폭으로 한다.



PORTLAND CEMENT CONCRETE PAVEMENT, NORMAL TRAFFIC

SOURCE: ANNUAL REPORT ILLINOIS DIVISION OF HIGHWAYS 1942

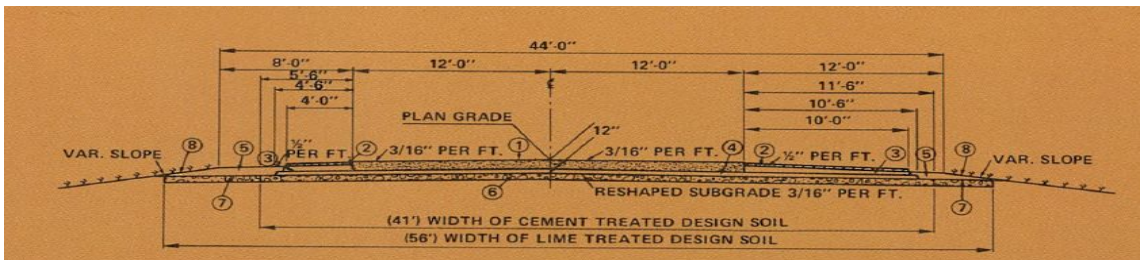


TYPICAL SECTION MAIN FACILITY
RT. OR LT. LANE IN DIRECTION OF TRAFFIC

① 4" HOT BITUMINOUS PAVEMENT
② 3" & VARIABLE HOT BITUMINOUS PAVEMENT
③ DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
④ 8½" PLANT MIX BITUMINOUS BASE COURSE
  Ⓐ 4½" TO BE PLACED IN 1 @ 2½" COURSE AND 1 @ 2" COURSE
  Ⓑ 4" COURSE MAY BE PLACED IN ONE OR MORE COURSES AS NECESSARY TO MEET THE REQUIREMENTS OF CONTRACT
⑤ CEMENT TREATED OR LIME TREATED DESIGN SOIL
⑥ BITUMINOUS PRIME COAT (CURING SEAL)
⑦ VARIABLE DEPTH GRANULAR MATERIAL
⑧ INDICATES EROSION CONTROL TREATMENT

FLEXIBLE PAVEMENT-Interstate Highway 1975

SOURCE: INTERSTATE COST STUDY, MISSISSIPPI



TYPICAL SECTION MAIN FACILITY
RT. OR LT. LANE IN DIRECTION OF TRAFFIC

① 8" CONTINUOUSLY REINFORCED CONCRETE PAVEMENT
② DOUBLE BITUMINOUS SURFACE TREATMENT
③ 7" & VARIABLE DEPTH PLANT MIX BITUMINOUS BASE
④ 4" PLANT MIX BITUMINOUS BASE (TO BE PLACED IN ONE OR MORE COURSES AS NECESSARY TO MEET THE REQUIREMENTS OF CONTRACT)
⑤ VARIABLE DEPTH GRANULAR MATERIAL
⑥ CEMENT TREATED OR LIME TREATED DESIGN SOIL
⑦ BITUMINOUS PRIME COAT (CURING SEAL)
⑧ INDICATES EROSION CONTROL TREATMENT

RIGID PAVEMENT-Interstate Highway 1975

SOURCE: INTERSTATE COST STUDY, MISSISSIPPI

〈그림 15〉 1940년대 이후 미국 도로 포장의 단면

다. 미국 도로포장 설계 방법의 변화

○ 도로 주행 시험 이전의 설계 방법(PRE-ROAD TEST DESIGN METHODS)

포장 설계를 경험에 의한 방법으로 설계한다고 한다면 1920년대로 거슬러 올라간다. 이 당시 설계 방법은 대부분 노상 위에 충분한 두께를 사용하여 노상을 보호하는 개념으로 사용하는 방법이다. 이 방법의 한계는 현재 포장 설계시 고려하고 있는 교통 및 환경 조건에서 다양하게 대응할 수 없다는 것이다. 이 시기에 개발된 포장 설계 방법으로는 대부분 노상의 토질의 강도를 정량화하여 포장 층의 두께를 조정하는 방법으로 그룹인덱스 방법, CBR, 빔, 아스팔트 협회 등의 강도를 기반으로 방법 등이 있다.

○ 도로 주행 시험을 통한 포장 설계 방법(ROAD TEST DESIGNS)

1940년대 중반에는 도로 주행시험에 의한 포장 설계 방법을 구상하였으며, 이 방법은 실제 다양한 포장 단면내에서 트럭을 계속적으로 운행하여 포장 파손에 대한 경험적 데이터를 바탕으로 개발되는 개념이다. 이 시기의 고속도로 엔지니어들은 보다 다양한 상황에 대해 어떻게 포장 상태의 변화를 파악하기 위하여, 차량의 하중 및 크기, 포장 단면의 변화를 주어 시험을 실시하였다. 이 시기에 시험된 시험 주로는 메릴랜드 시험 주로 테스트, WASHO 시험 주로 테스트, AASHO 시험 주로 테스트 등이 있다. 그 결과, 1972 AASHTO interim 포장 설계 방법이 탄생하였다.

○ 역학적-경험적 포장 설계 방법 (MECHANISTIC-EMPIRICAL METHODS)

이전의 도로 주행 시험의 데이터를 이용한 경험적 설계 방법은 이론적으로 설명되지 않는 단점으로 가지고 있으며, 좀 더 이론적으로 설명을 하기 위하여 하중에 대한 변형 이론을 접목시키고, 이를 구조해석 도구를 이용하여 해석하는 방법이 포함되도록 설계하는 요구가 증가되었다. 따라서, 미국에서는 1972 AASHTO interim 포장 설계 방법에 역학적 개념을 포함한 하여 1986년 AASHTO 포장 설계 방법을 제안하였다. 제안된 포장 설계법의 특징은 다음과 같다.

- 토질의 특성을 상대 비교가 가능한 역학적 탄성계수로 변경
- 설계시 신뢰성 개념을 포함
- 배수 성능과 재료의 특성에 적합한 배수 영향 계수 도입
- 환경 영향을 고려하기 위하여 계절적 영향을 포함.

라. 미국 아스팔트 배합 설계 방법의 변화

미국에서는 아스팔트 혼합물 배합설계 방법으로 브루스 마샬에 의해 개발되고 미육군 공병단에 의해 다수의 경험 후에 향상된 마샬설계법이 38개주의 교통국에서 사용되었다. 이 방법은 마샬 시험에 기초를 둔 것으로 ASTM D 1559의 “마샬시험기를 이용하는 역청 혼합물의 소성변형에 대한 저항성”에 대한 기준에 의해 행해진다. 마샬설계법은 시험

기를 통해 신속하게 최대하중에서 안정도를 구하고 공시체 파괴시 최대 변형 값으로부터 흐름값을 알아낼 수 있다는 장점이 있다. 하지만 미국에서는 간단하고 편리하게 아스팔트의 물성을 나타낼수 있으므로 최근까지 마샬설계법을 사용하던중, 1970년대 이후 계속된 도로의 공용성 저하로 인하여 이를 극복하고자 연방 정부 차원에서 단기간에 집중적인 연구 개발을 실시하기로 계획하였다. 이것이 전략적 도로 연구사업(Strategic Highway Research Program : SHRP)이다. SHRP 계획에 의하여 1987년부터 1993년까지 5년에 걸쳐 총 1억5천만 달러의 연구비를 투자하여 도로와 관련된 전반적인 연구를 실시하였다. SHRP의 연구 성과 중 아스팔트에 관련된 연구 성과로서 아스팔트 및 아스팔트 혼합물에 대한 재료 규격, 시험 방법, 혼합물의 배합 설계 방법, 공용성 평가 방법 등을 총칭하여 Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement)라 명명하였다.

1993년 Superpave가 소개된 이후 다양한 검정시험이 실내 및 현장에서 수행되었으며, 이러한 검정 시험을 통하여 노출된 문제점을 분석하고 이를 보완하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 현재의 Superpave 방법 자체가 완벽한 것은 아니나 기존의 시험법들에 비해 보다 과학적이고 체계적이라는 인식 하에 미국의 3/4에 해당하는 주에서 새로운 공용성에 기초한 아스팔트 배합 설계 방법을 채택하고 있으며, Superpave 규격에 의해 생산된 혼합물은 2000년도에 약 80%에 달하고 있다.

미국에서뿐만 아니라 유럽과 일본 등 세계 각국에서 Superpave에 대한 다양한 검정시험이 실시되고 있으며, 도입의 필요성 여부에 대한 다각적인 검토가 이루어지고 있다.

Superpave 배합 설계법은 지역의 교통량에 따라 세 등급의 배합 설계를 실시하도록 제안하였다. 교통량이 적은 지역에 적용되는 단계(Level 1)에서는 재료의 선정 시험과 용적 배합 설계, 수분 민감성 시험만으로 배합 설계가 가능하나, 교통량이 보통이거나 많은 경우에는 1단계에서 실시하는 시험에 추가하여 공용성 시험을 추가하도록 규정하고 있다. 현재 미국의 경우 1단계 배합 설계법은 많은 검정 시험을 거쳐 거의 정착 단계에 접어들었고, 2단계와 3단계 배합 설계법은 공용 시험에 대한 수정·보완 작업이 진행중이다.

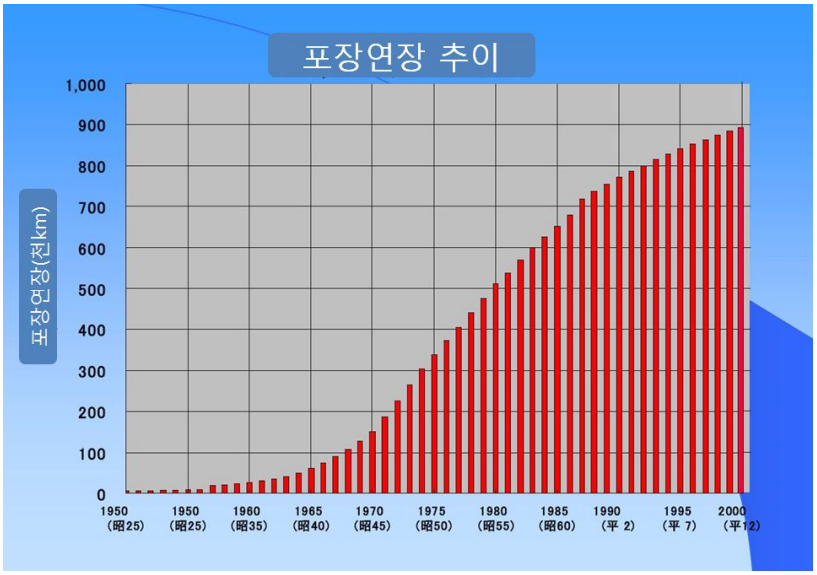
현재 미국 내 혼합물 배합 설계에 대해서 이미 Superpave 방법이 AASHTO 규격화되었으며, 미국전체에서 도입하는 것을 증진시키기 위하여 성과를 평가하고 기술 지원과 교육 등의 목적을 위해 미국의 5개 지역에 Superpave 센터를 설치하여 운영하고 있다. 또한 그 이외에도 미국 아스팔트 협회 산하에 국립아스팔트교육센터를 설치하여 Superpave와 관련한 각종 교육 및 훈련을 실시하고 있다.

4. 일본의 도로포장 기술

가. 일본 도로 포장의 역사

일본의 도로 포장은 유럽 또는 미국의 역사보다 짧으며, 대부분 관련 기술은 유럽과 미국에서 들어온 것으로 추정되므로 별도로 언급하지는 않았다.

일본의 근대의 도로 포장은 1919년부터 도로관련 기준이나 간선 도로 계획이 만들어져 도쿄나 오사카 등의 대도시를 중심으로 아스팔트 포장이 만들어졌다. 이후 1970년에 이르기까지, 간이 포장을 포함한 도로 포장률은 일반 도로의 약 15.0%(이 중 일반 국도 78.6%)이며, 또한 30년 후인 2000년에는 약 76.4%(이 중 일반 국도는 98.9%)의 도로가 포장되었다(국토교통성). 년도별 도로 포장 연장 증가 추이는 다음과 같다.



〈그림 16〉 일본의 도로 포장 연장 추이

<표 3> 일본의 도로포장 설계법의 변화

년도	포장설계	비고
1940	미 육군에 의한 CBR 설계법	막대한 포장설계 데이터 분석
1960	아스팔트 포장 요강(제1판)	일본도로협회
1967	TA설계법에 의한 설계	TA설계법 일본
1988	다층탄성이론의 소개	아스팔트 포장 요강
1997	포장설계에 대한 이론설계 도입	미국, 유럽
2001	사양규정에서 성능규정으로	도로구조령 개정
2006	다층탄성이론설계의 구체적 사례 설명	포장설계편람(2006년 2월)

나. 일본의 2015년 도로포장 기술 정책 추진방향

일본의 경우 국내와 유사하게 도로관련 분야의 예산이 축소되고 있으며, 이는 직할 및 지방을 불문하고 어려운 재정 사정 하에서 포장 관련 예산이 계속 감축되는 추세이다. 그러나 어려운 예산임에도 불구하고 적절한 사회간접자본의 제공뿐만 아니라 환경에 대한 배려 등 Needs가 더욱 다양해지고 있는 실정이다.

일본의 국토교통성 도로국의 기술 및 연구 개발 10대 정책영역은 다음과 같다.

첫째, “새로운 행정 시스템의 창조”에 관한 기술 연구 개발
유료 제도를 포함한 민간투자사업(PFI), 민관협력사업(PPP) 등 민관 협력 방안, 사회 변화를 고려한 도로에 관한 제반 제도의 제안, 시책 · 사업 등의 평가 시스템, 성과 및 조직 관리, 사회와의 커뮤니케이션 방법 도출 등

둘째, “경제 · 생활에 활력을 낳는 도로 네트워크를 형성하고 유효 활용을 도모”하기위한 기술 연구 개발
국토 · 도시 형성에 필요한 간선 도로 네트워크의 본연의 자세 요금 정책 등에 의한 기존 네트워크 활용 종합적인 정체 대책 등 도로 교통의 원활화 방안, 물류 효율화 · 국제 경쟁력 강화에 이바지하는 도로 정비의 본연의 자세 새로운 정책 수요에 대응 한 도로 계획 · 설계 기법 등

셋째, “새로운 정보 서비스를 창조하고 이용자의 만족도를 향상시키기”위한 기술 연구 개발
ITS 등 신기술의 활용 방법, 물류 시스템 등 산업계와의 연계 시스템 신규 산업 창출 지원 등

넷째, “비용 구조를 개혁하고 도로 자산의 효율적인 형성”에 관한 기술 연구 개발
도로 공사의 외부 불경제의 예측, CM 등 경쟁적이고 투명한 조달 시스템, 공사 기간 단축과 비용 감축 · 시공 합리화에 이바지하는 신기술 개발, 도로 구조물의 구조 설계법의 합리화 · 고도화 기술에 관한 연구, LCC 감축 효과가 뛰어난 구조 기술에 관한 연구, 합리적인 사업 관리 시스템 품질 확보 등

다섯째, “아름다운 경관과 쾌적하고 질 높은 도로 공간의 창출”에 관한 기술 연구 개발
역의 전통 · 문화 등 특성을 살린 도로 공간의 형성, 합리적 정비 수법, 장애인 시책, 주차 · 보행 공간 등의 주민 참여형 마을(도로) 만들기 방법, 자전거 이용 촉진 등 기존 공간 사용의 합리화 방안, 경관 만들기 평가 및 효과 측정 방법 등

여섯째, “교통 사고 등으로부터 생명을 지키기”위해 필요한 기술 연구 개발
간선 도로의 효과적 · 효율적인 교통 사고 대책, 통학로 등의 익숙한 도로에서 사람 우

선의 교통 사고 대책, 정보 통신 기술의 활용에 의한 교통 사고 대책, AHS 등 신기술에 의한 안전 운전 지원 등

일곱째, “재해시 대응을 신속하고 정확하게 지원”하기위해 필요한 기술 연구 개발
지진 · 호우 등 자연 재해에 대한 효과적인 방재 · 지진 재해 대책 기술, 재해시의 정보 수집 · 전달 및 복구 활동의 신속화, 도로 네트워크의 기능 유지와 재해 위험 개소의 관리의 고도화, 방재 사업의 효과 평가 방법 및 대책 우선 순위의 설정 방법 등

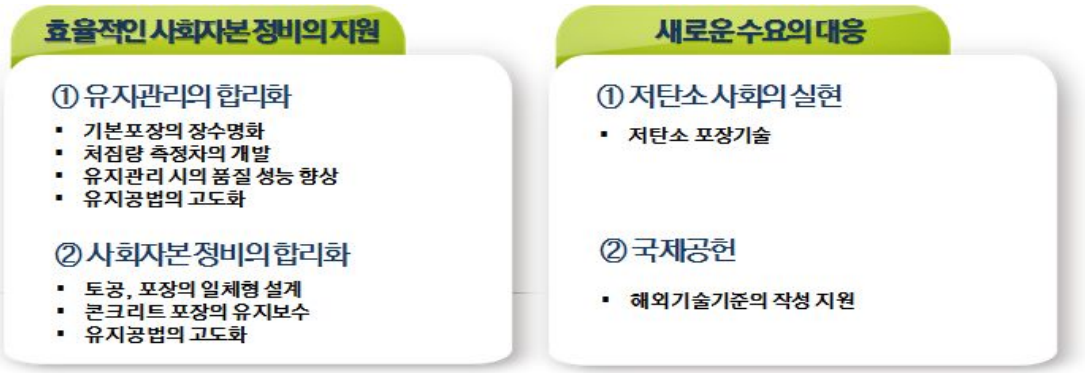
여덟째, “중요한 도로 자산의 과학적인 보전”에 이바지 할 수 있는 기술 연구 개발
도로 관리 서비스의 수준과 부담의 본연의 자세, 도로 자산을 유효하게 활용하기위한 유지 업데이트 등의 기술 개발, 구조물 관리의 질 향상에 이바지하는 비파괴 검사 방법, 도로 네트워크의 효율적인 감시 방법, 기설 구조물의 업데이트 및 재생 기술, 이중화를 고려한 구조물의 성능 평가 기술, 효율적이고 경제적 인 보수 · 보강 기술 개발, 도로 시설의 점검 · 정비 작업의 효율성과 작업 환경 개선 등

아홉째, “길가 환경을 개선하고 양호한 생활 환경을 창조”하는데 필요한 기술 연구 개발
길가 대기 질 개선 대책, 길가 소음 개선 대책, 환경 조화 형 도로 구조 연구 관련 예측 기법의 연구 환경 개선의 효과 산정 방법, 도시 환경 개선을 고려한 도로망과 규제의 본연의 자세 등

열 번째, “자연 환경, 지구 환경의 보전”에 관한 기술 연구 개발
생물 다양성과 공존의 확보 방안, 지구 온난화 방지에 기여 지속 가능한 교통의 본연의 자세 도시 공간과 사회 전체의 환경 부하의 저감 방안, 녹색의 네트워크화 등

앞에서 언급된 도로정책에서 도로 포장분야야 연관되는 키워드를 조합하면 다음 몇 가지로 요약된다.
- 경제적 도로(포장) 구축 및 관리
- 쾌적하고 질 높은 도로 포장
- 안전한 도로 포장
- 재해에 대한 방재가 확보된 도로 포장
- 소음 등의 환경 개선 도로 포장

또한, 일본의 국책연구기관인 일본토목연구소(PWRI)에서는 과학기술기본계획에 따른 4가지 목표와 6개의 중점 연구개발과제를 수립하여 진행할 예정에 있다. 이에 일본토목연구소 내의 도로포장팀에서는 연구과제 설정의 기본 방침을「효율적인 사회 자본 정비 지원」과 「새로운 요구에 대응」으로 두고, 개별 과제에 대한 연구 방향은 지방자치 단체지원이나 개발도상국 지원에 이바지하도록 배려하고 있다.



〈그림 17〉 일본 토목연구소 도로포장 분야 정책 기조



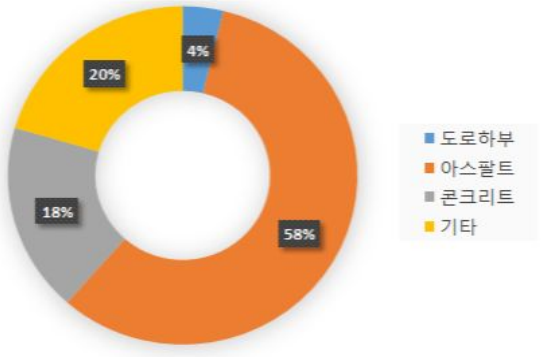
〈그림 18〉 2015년 일본 토목연구소(PWRI) 연구 방침

다. 일본의 최신 도로 포장 공법 적용 동향

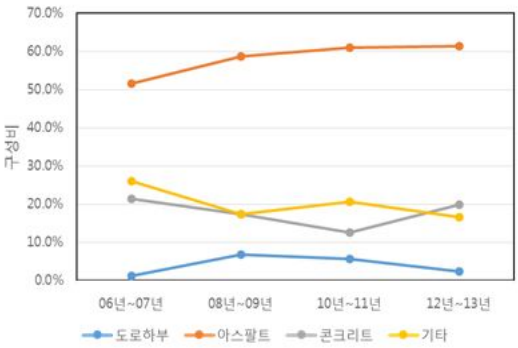
최근에는 주로 노면 아래에 빗물을 침투시키는 포장 신기술의 도입으로 우천 시 자동차 주행 안전성과 도로 교통 소음을 감소시키는 등의 효과가 있는 배수성 포장, 투수성 포장, 보수성 포장 등의 기능성 포장 공법으로 주로 시공되어지고 있다. 또한 경관을 배려 한 포장으로 산책로와 자동차 교통량이 적은 상가의 도로 등에서는 인터 록킹 블록, 벽돌, 천연석 등을 사용한 블록 계 포장과 자연의 흙을 그대로 활용한 흙포장 등도 현재 반영 빈도가 높은 포장 공법이다.

라. 일본의 도로포장기술 연구 동향

일본의 도로포장관련 연구동향 파악을 위해 사단법인 일본도로협회에서 주관하는 일본도로회의 논문 목록을 조사하였다. 1947년에 출범된 일본도로협회는 도로관련 정책, 연구, 국가 시방기준 등 다양한 도로 및 교통관련 업무를 관장하고 있다. 특히 일본도로협회에서 주관하는 일본도로회의는 1952년 이후 2년마다 개최되는 일종의 학술대회로 심포지엄과 많은 기술논문들이 발표되고 있다. 2006년부터 2013년까지 일본도로회의를 통한 논문을 살펴보면 평균적으로 매회 마다 400편이 넘는 논문 발표와 50여 편이 넘는 포스트 세션으로 구성되어 있다. 도로 토공, 도로 자산, 교통데이터 및 ITS를 포함한 도로 교통, 도로 포장 등 다양한 토목분야별 논문이 발표되었으며 이중 50% 가까이가 도로 포장 분야와 관련된 내용으로 분류할 수 있다. 도로포장 분야를 도로하부, 아스팔트 포장, 콘크리트 포장과 기타포장으로 대분류하여 분석한 결과 <그림 19, 20>, 대부분의 연구주제는 아스팔트 포장과 관련된 내용이었다.

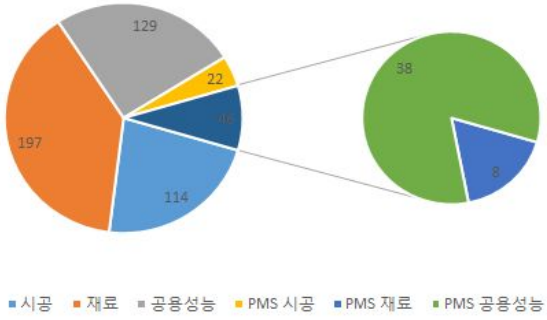


〈그림 19〉 최근 8년 간 도로포장 연구 구성 비율
자료: 일본도로회의(2006년~2013년)



〈그림 20〉 연도별 도로포장 연구 구성비

또한 아스팔트 포장과 관련 주제의 연구를 재료, 생산 및 시공, 공용성능, 유지보수(PMS)로 소분류하여 재분석한 결과, 재료(38.8%), 공용성능(25.4%), 생산 및 시공(22.4%), 유지보수(13.4%) 순으로 연구주제를 가진 것으로 빈도를 보였다.



〈그림 21〉 아스팔트 포장 연구 동향(06년~13년)/건수

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술연구기획 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.