3㎝

R&D 2012-연구기획-T

교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 개발 기획

(견고딕 14p)

5㎝

2012.9

(견고딕13 p)

국토해양부

한국건설교통기술평원

3㎝

(견고딕 17p)

4㎝

Land Transpot and Maritime R&D Report

(견고딕 25p)

건설교통기술연구개발사사업 기획보고서 (견고딕13p)

3㎝

0.5㎝ R&D / 2012-연구기획-T

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 개발 기획

(변경과제명 : 신속시공을 위한 조립식 도로포장 공법 개발)

(0.1㎝)

2012. 9.

0.15㎝

(견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

위탁연구기관 / (주)날리지웍스

2㎝

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 개발 기획"과제(변경 과제명 : 신속시공을 위한 조립식 도로포장 공법 개발)의 보고서로 제출합니다.

2012 . 09.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 유 평 준
연 구 원 : 윤 태 영, 최 지 영
함 상 민
위탁연구기관명 : (주)날리지웍스
위탁연구책임자 : 이 재 희
연 구 원 : 김 우 리
방 영 민

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>2012-
연구기획-T</td><td>해당단계
연구기간</td><td colspan="2">2012</td><td>단계구분</td><td>1단계/1단계</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구사업명</td><td colspan="5">건설교통연구개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장시공 및 유지보수공법 개발기획
(변경과제명 : 신속 시공을 위한 조립식 도로포장 공법 개발)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">유 평 준</td><td>해당단계
참여
연구원수</td><td>총 : 7명
내부 : 4명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연구비</td><td colspan="2">정부 : 55,000천원
계 : 55,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 7명
내부 : 4명
외부 : 3명</td><td>총 연구비</td><td colspan="2">정부 : 55,000천원
계 : 55,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
도로연구실</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 : 이 재 희</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서면수</td><td>302</td></tr>
<tr><td colspan="7">1970년 경부고속도로 개통 이래, 지난 30여 년간의 급속한 성장에 힘입어 도로시공 기술은 선진국 수준에 근접해 있으나, 도로설계기법, 첨단재료, 구조해석 및 시공기술을 연계하는 융합형 도로건설기술은 선진국에 비하여 낙후되어 있는 상황이며, 개발 중심의 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지・안전・환경 측면의 비효율성 및 교통 혼잡·지체 비용 증대 문제가 중요하게 대두되는 바, 이에 대처하려는 기존 도로기술의 변화가 절실한 상황이다.
도로망의 경우, 기타 사회간접자본에 비해 소규모의 실용 기술 발전으로도 막대한 경제적 편익을 가져오는 특성이 있으므로, 쾌속시공을 통한 교통지체 또는 차단 최소화 도로, 도로포장 설계 내구수명 확보가 가능 하며, 유지보수 빈도가 최소화되는 도로, 품질관리가 용이하며 파손이 예측될 수 있는 첨단 조립식 도로 포장 시스템 개발이 필요하다.
이에 따라 신설 및 유지보수 도로포장의 쾌속시공, 차로폐쇄 또는 교통지체 최소화, 탈현장 생산지에서의 엄격한 재료관리 및 합리적 단면 구조설계를 통하여 기존의 포장에 비하여 얇고 가벼우면서도 내구성이 좋은 포장 단면을 제작할 수 있다는 데 장점이 있는 조립식 도로 포장 기술을 개발할 필요가 있다.
이와 같은 기획 분석을 통하여 “교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장시공 및 유지보수공법 개발기획”에서는 아래와 같이 1개의 연구단을 중심으로 총 3개의 세부과제 및 8개의 세세부과제를 제안하였다.</td></tr>
</table>

□ **연구단 : 조립식 도로포장 연구단**

○ 1세부과제 : 조립식 도로포장 시스템 설계 기술 개발 (3개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 52.5억 원 (정부출연금 : 40.8억 원)

○ 2세부과제 : 조립식 도로포장 재료 기술 개발 (2개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 52.5억 원 (정부출연금 : 38.6억 원)

○ 3세부과제 : 조립식 도로포장 시공 및 유지보수 기술 개발 (3개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 70억 원 (정부출연금 : 52.2억 원)

색인어 (각 5개 이상)	한글	쾌속시공, 조립식 도로포장, 롤러블 아스팔트, 조립식 도로포장 설계, 조립식 도로포장 재료, 조립식 도로포장 시공 및 유지보수
	영어	Fast-track pavement, Rollable Asphalt, Modular pavement, Modular pavement design, Modular pavement material, Modular pavement construction, Modular pavement maintenance

목 차

[국문요약문] ····· v
[SUMMARY] ····· vi

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 ····· 1
2절. 필요성 ····· 5
1. 관련 산업의 현황 및 문제점 ····· 8
가. 국내 도로 건설 및 관련 산업 현황 및 문제점 ····· 8
나. 국내 도로 유지관리 시장 전망 ····· 8
다. 국내 도로포장 플랜트 현황 및 문제점 ····· 9
2. 관련 기술 개발 필요성 ····· 10

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 12
1절. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 12
1. 국내 정책 동향 ····· 12
2. 국외 정책 동향 ····· 15
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 22
1. 시장환경 ····· 22
2. 산업구조 및 경쟁력 ····· 29
3절. 국내외 기술개발 동향 및 분석 ····· 31
1. 국내 기술동향 및 전망 ····· 31
2. 국외 기술동향 및 전망 ····· 34
3. 기존 기술(연구)와의 차별성 ····· 40
4. 특허분석 ····· 50
5. 논문분석 ····· 65
6. 유사과제 분석 ····· 86
7. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석 ····· 89
8. 종합분석 ····· 91

4절. 기술 수요 및 예측 ····· 94
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 94
2. 기술예측조사결과 ····· 108
가. 기술예측조사의 개요 ····· 108
나. 기술예측조사 결과 ····· 109
3. 기술수준조사 ····· 113
가. 기술수준조사의 개요 ····· 113
나. 기술수준조사 결과 ····· 114
4. 제안기술명의 중요도 평가 ····· 125
가. 중요도 평가 개요 ····· 125
나. 중요도 평가 결과 ····· 125
5절. 기술개발 방향 설정 ····· 127
1. 분석결과 종합 ····· 127
가. SWOT 분석 ····· 127
나. Issue Tree 도출 ····· 128
2. 중점추진분야 설정 ····· 129
가. 중점추진분야 설정 ····· 129

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 130
1절. 비전 및 목표 ····· 130
1. 연구 비전 ····· 130
2. 연구전략목표 ····· 130
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 133
3절. 연구개발과제 구성 및 기술/성과 로드맵 ····· 136
4절. 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 성과활용 방안 ····· 139
1. 1세부과제 개요 : 조립식 도로 시스템 설계 기술 개발 ····· 139
가. 연구개발 목표 ····· 139
나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 139
다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 140
라. 연구개발 주요내용 ····· 142
마. 최종성과물 및 성과지표 ····· 144
바. 연차별 성과목표 ····· 144
사. 성과물 검증방안 ····· 145
아. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 145

2. 2세부과제 개요 : 조립식 도로재료 기술 개발 ····· 146
가. 연구개발 목표 ····· 146
나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 146
다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 147
라. 연구개발 주요내용 ····· 148
마. 최종성과물 및 성과지표 ····· 149
바. 연차별 성과목표 ····· 150
사. 성과물 검증방안 ····· 150
아. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 151
3. 3세부과제 개요 : 조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발 ····· 152
가. 연구개발 목표 ····· 152
나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 152
다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 153
라. 연구개발 주요내용 ····· 155
마. 최종성과물 및 성과지표 ····· 158
바. 연차별 성과목표 ····· 159
사. 성과물 검증방안 ····· 159
아. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 160
5절. 세부과제간의 연계관계 ····· 161
6절. 연구수행체계 제안 ····· 162

4장. 사전타당성 검토 ····· 163
1절. 정책적 타당성 ····· 163
1. 국가전략적 중요성 ····· 163
2. 상위계획과의 부합성 ····· 165
3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계 ····· 167
4. 사업추진상의 위험요인 분석 ····· 169
2절. 기술적 타당성 ····· 171
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 171
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 185
3. 기존 사업과의 중복성 ····· 187
3절. 경제적 타당성 ····· 192
1. 경제성 ····· 192
2. 과학기술적 파급효과 ····· 202

3. 예산 적정성 분석 ····· 203
4절. 종합평가 및 결론 ····· 204
1. 정책적 타당성 분석 ····· 204
2. 기술적 타당성 분석 ····· 204
3. 경제적 타당성 분석 ····· 205

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 206
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 206
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 206
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 206
가. 1세세부과제 ····· 206
나. 2세세부과제 ····· 207
다. 3세세부과제 ····· 207
2절. 소요예산 산정 ····· 207
1. 예산 산정 방법 ····· 207
가. 인건비 ····· 207
2. 전체소요예산 ····· 208
3. 세부과제별 소요예산 ····· 209
가. 1세세부과제 ····· 209
나. 2세세부과제 ····· 210
다. 3세세부과제 ····· 211

6장. 과제 제안요구서 ····· 215
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 215
1. 연구단 제안요구서(RFP) ····· 215
2. 세부과제 제안요구서(RFP) ····· 225
2절. 평가기준설정 ····· 242

부록Ⅰ. 세세부과제기술수요조사서 ····· 243
부록Ⅱ. 조립식 도로 포장 적용에 따른 지체 비용 절감 효과 ···· 292

요 약 문

1970년 경부고속도로 개통 이래, 지난 30여 년간의 급속한 성장에 힘입어 도로시공 기술은 선진국 수준에 근접해 있으나, 도로설계기법, 첨단재료, 구조해석 및 시공기술을 연계하는 융합형 도로건설기술은 선진국에 비하여 낙후되어 있는 상황이며, 개발 중심의 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경 측면의 비효율성 및 교통 혼잡에 따른 물류비용문제가 중요하게 대두되는 바, 이에 대처하려는 기존 도로기술의 변화가 절실한 상황이다.

도로망의 경우, 기타 사회간접자본에 비해 소규모의 실용 기술 발전으로도 막대한 경제적 편익을 가져오는 특성이 있으므로, 쾌속시공을 통한 교통지체 또는 차단 최소화 도로, 도로포장 설계 내구수명 이상의 공용수명 확보가 가능 하며, 유지보수가 빈도가 최소화되는 도로, 품질관리가 용이하며 파손이 예측될 수 있는 첨단 조립식 도로 포장 시스템 개발이 필요하다.

이에 따라 신설 및 유지보수 도로포장의 쾌속시공, 차로폐쇄 또는 교통지체 최소화, 탈현장 생산지에서의 엄격한 재료관리 및 합리적 단면 구조설계를 통하여 기존의 포장에 비하여 얇고 가벼우면서도 내구성이 좋은 포장 단면을 제작할 수 있다는 데 장점이 있는 조립식 도로 포장 기술을 개발할 필요가 있다.

이와 같은 기획 분석을 통하여 “교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장시공 및 유지보수공법 개발기획”에서는 아래와 같이 1개의 연구단을 중심으로 총 3개의 세부과제 및 8개의 세세부과제를 제안하였다.

□ **연구단 : 조립식 도로포장 연구단**

○ 1세부과제 : 조립식 도로포장 시스템 설계 기술 개발 (3개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 52.2억 원 (정부출연금 : 40.8억 원)

○ 2세부과제 : 조립식 도로포장 재료 기술 개발 (2개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 52.5억 원 (정부출연금 : 39.6억 원)

○ 3세부과제 : 조립식 도로포장 시공 및 유지보수 기술 개발 (3개 세세부과제)

- 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 70억 원 (정부출연금 : 52.2억 원)

SUMMARY

Gyeong-Bu expressway, the first expressway in Korea, is opened in 1970. As a result of 30 years efforts on development and improvement of roadway technology, the road construction technology of Korea is almost equivalent to that of G7 countries. To reach this status of technology in other roadway research areas, several research projects such as Korea Pavement Research Program have been performed in Korea and those research projects have some contributions.

However, it is true that in the area of technologies converging material characterization, roadway design, and structural analysis, the level of pavement technology in Korea is still behind the cutting-edge technologies of western countries despite of the continuous endeavor and investment.

Nowadays, strong worldwide needs arise in the roadway research area to compensate the shortcomings such as the environmental issues, traffic congestion, sustainable and adaptable roadway through the development of appropriate technologies, which could be resolved not by the conventional road technologies, but by new pavement design and construction concepts. One of dominant solutions to overcome existing issues is the prefabricated or modular pavement system regarding a new rollable flexible asphaltic material, a modular concrete panel, automated maintenance program, and fast-track construction technology.

The new vision of the ready-to-go pavement system, a modular pavement, is that the adaptable, sustainable and automated roadway pavement structure with a rollable flexible material for the surface layer, a precast light-weight concrete panel for base layer, a fast-track construction technology, and a predictable monitoring maintenance program. It is believed that this evolutionary new pavement design and construction concept can make a huge step forward to improvement in road technology in Korea.

The performance characteristics of the promising modular pavement system can be summarized as follows;

Fast-track construction minimizing the traffic congestion: with the modular pavement system, it is expected that the pavement system can be laid not paved approximately 50% faster than the conventional pavement system.

Long lifetime expectancy: the rollable surface layer is expected to last about 10 years based on the fact that the rollable surface is a effectively initial attachment and detachment for recycling after performing some years.

Life cycle cost saving: even though the initial costs of the modular system in terms of machinery, modified materials, and production costs may high in comparison to the regular pavement system, the overall life cycle cost effectiveness of the modular

system can be high due to long-life expectancy, reduction of the traffic congestion, and the fast-track construction.

By performing a preliminary study, "Planning to develop Fast-track REady-to-GO PAVEment (REGOPAVE) system", the 1 main research group with the 3 studies and 8 works were suggested as follows;

□ Main Research Group: REGOPAVE Research Group

○ Study 1: Development of REGOPAVE design system (3 works included)

- Research Period: Jan. 2013 ~Dec. 2017 (5 years)
- R&D Budget: 52.5billion won (Government investment: 40.8billion won)

○ Study 2: Development of REGOPAVE material (2 works included)

- Research Period: Jan. 2013 ~Dec. 2017 (5 years)
- R&D Budget: 52.5billion won (Government investment: 39.6billion won)

○ Study 3: Development of REGOPAVE construction and maintenance (3 works included)

- Research Period: Jan. 2013 ~Dec. 2017 (5 years)
- R&D Budget: 70billion won (Government investment: 52.2billion won)

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

□ 조립식 쾌속시공 도로포장(REGOPAVE: REady-to-GO PAVEment System) 연구단의 목적은 기존 도로포장 신설 및 유지보수 생산 및 시공절차를 대폭적으로 간소화한 교통지체 최소화 쾌속시공 공장생산 형 조립식 시공 도로포장 시스템 개발임

○ 조립식 쾌속시공 도로포장 기술은 국민 편익 증진 및 사회간접시설의 경제성 향상을 위해 단기간에 도로포장의 건설 및 유지보수를 해야 하는 현실적 요구에 비추어 중요성이 대두되고 있는 기술 분야 임

○ 교통지체 및 환경영향 최소화를 위한 도로의 기능 확대 및 성능 보강 측면에서 기능성 및 내구성능을 크게 향상시킨 공장생산·쾌속시공 롤러블 표층 카펫 포장 시스템 및 조립식 콘크리트 패널 슬래브 도로 포장체 및 해석·시공·관리 시스템(재료, 설계, 시공 및 관리 통합시스템) 개발을 추진하고자 함



〈그림 1-1〉 REGOPAVE 연구목표

○ REGOPAVE 시스템은 사회 간접 시설로써 건설 및 유지관리 등에 막대한 자본이 투입되는 도로 포장의 재료, 구조 해석, 구조 설계, 시공 및 유지관리 등을 쾌속시공 조립식 개념 하에서 일관되게 수행할 수 있는 통합 시스템(All-in-One) 이며, 도로 포장 시스템의 물리적·역학적 특성 등이 시스템의 포장재료, 생산, 구조해석, 단면설계, 쾌속 시공 및 유지관리 등에 명확히 고려된 조립식 도로 포장 시스템 기술 (롤러블 카펫 표층 +

하부 조립식 슬래브 패널기초)을 통하여 기존의 소요두께 확보 위주의 전통적 도로 포장에서 설계수명 확보 형으로 진일보한 기술을 확보하는데 본 연구의 의의가 있음

○ 새로운 롤러블 카펫 표층용 포장 재료 개발은 기존 도로포장에 쓰이는 아스팔트 바인더의 품질기준을 만족함과 동시에, 고분자 탄성체를 이용하여 상온에서 롤링이 가능한 고탄성 아스팔트 바인더 개발을 주요 목표로 하며, 콘크리트 슬래브 패널의 경우, 기존 콘도로 포장용 콘크리트 슬래브의 품질기준을 만족함과 동시에, 시멘트 사용량을 최소화한며, 경량화 기능성 콘크리트 슬래브 재료(FRP 보강, 섬유보강, 플아이애쉬 또는 리젝애쉬 치환) 개발을 목표로 함

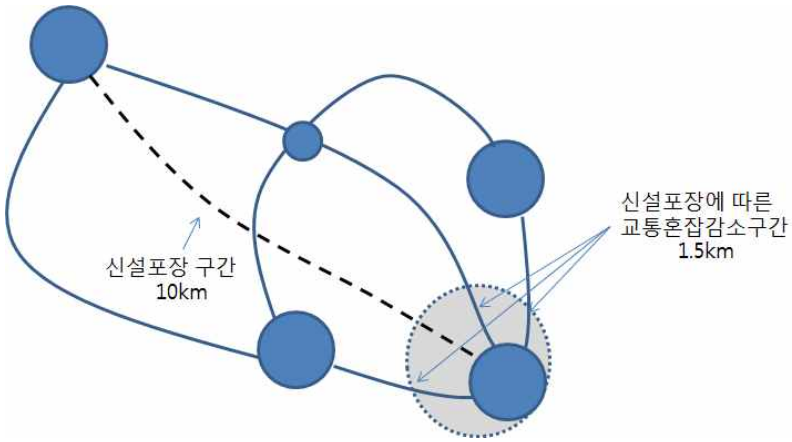
○ 기존 도로포장 시공 예에서, 일반 연성포장의 경우, 재료생산, 프라임/택 코팅, 재료 운반 및 포설, 다짐, 양생, 차선도색 및 살수 및 개방 과정을 포함하여, 소규모(50m 이하)의 유지보수를 필요할 경우에도 상기한 일련의 과정 및 인원(최소 15인 이상)을 수반하는 반면, 조립식 도로포장의 경우, 시공현장 특성에 맞게 선택적 설계, 무다짐, 무양생 및 쾌속시공이 가능하여, 최소 장비 (운반 및 시공 일체 장비) 및 인원투입 (롤러블 표층 최소 3인, 콘크리트 패널 슬래브 최소 5인)으로 시공 및 유지보수가 가능하여 일반대비 약 20%의 시공비용 절감 가능

○ 콘크리트 패널 슬래브 강성기층의 시공 예에서, 조립식 강성기층은 일반 콘크리트 포장 대비 양생 및 타이닝의 시공 불필요, 슬립폼페이버 불필요, 단순 시공설비 투입으로 공기단축 시공이 가능한 반면, 기존 대비 1.3배 시공 인원 소요 예측, 프리캐스트 제작공장에서 발생하는 양생 및 보관비용과 공극 충진을 위한 그라우트제 주입비용 등의 추가비용이 발생할 수 있으나, 이는 공기단축, 교통혼잡비용 저감, 환경영향 최소화 및 철저한 품질관리를 통한 내구성 증진 등의 효과 등으로 상쇄할 것으로 판단 함

○ 특히, 우리나라 도로포장의 95% 이상을 점유하고 있는 아스팔트 도로포장 표층 5cm 시공에 대해 플랜트가 교통지체 없이 왕복 30 km 내외의 근거리, 최대 규모의 장비 투입 등을 전제로 할 경우, 1,000m/(1차로, 8시간 작업 기준)으로 시간당 최대 약 100m 정도이지만 포설, 다짐 및 마무리 시간 등을 고려할 경우, 시간당 50-60m 정도 시공이 가능한 반면, 롤러블 카펫 도로표층의 경우 이의 약 2배로 시간당 100-150m로 쾌속 시공이 가능하며, 시공절차가 대폭 간소화되며, 환경피해 최소화(분진, 소음 등), 에너지 사용량 최소화 및 교통 즉시개방 등을 특징으로 하는 조립식 도로 포장 시스템 개발을 목표로 함. 조립식 도로 포장 시스템을 적용한 도로의 공사기간은 일반 도로포장을 적용한 도로포장 공사기간의 절반(50%)을 목표로 함

○ 조립식 도로포장 관련 기술은 새로운 포장 재료의 개발 이외에, 전통적인 현장 포설형 도로포장 기술의 한계, 즉, 복잡한 시공과정, 품질관리 어려움, 경험적 두께설계 한계, 내구성능 부족 및 교통혼잡비용 증대 등을 극복하기 위하여, 합리적 두께설계를 위한 조립식 도로포장용 구조해석 기법, 역학적 단면설계 기법, 조립식 도로 포장 공장생산 공정 및 장비 개발, 조립식 도로 포장 시공 및 유지보수 기술 연구 등을 포함해야 함

○ 조립식 도로포장의 쾌속시공으로 교통혼잡비용 저감 분석(예)



〈그림 1-2〉 공기단축을 통한 교통혼잡비용 감소

사용자비용분석결과

(단위 : 원)

공법	비용항목							합계
기존 덧씌우기	시간 지체 비용	승용차		소형버스		대형버스		13,414,019
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		4,557,137	2,344,765	141,752	72,935	3,158,536	3,138,894	
	운전자 비용	승용차	소형 버스	대형 버스	소형 화물	중형 화물	대형 화물	25,585,719
		13,934,339	304,879	304,879	6,817,217	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							4,477,076
	환경오염비용							1,294,742
	총합							**44,771,556**
REGO PAVE	시간 지체 비용	승용차		소형버스		대형버스		4,471,340
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		1,519,046	781,588	47,251	24,312	1,052,845	1,046,298	
	운전자 비용	승용차	소형 버스	대형 버스	소형 화물	중형 화물	대형 화물	11,344,843
		4,644,780	101,626	101,626	2,272,406	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							1,492,359
	환경오염비용							705,986
	총합							**18,014,527**

※세부사항은 부록II 참고

□ REGOPAVE시스템은 기존의 도로포장 시공절차를 대폭 간소화한 쾌속시공 기술개발을 목표로 하며, 기존 도로포장체 재료생산, 운반, 포설, 다짐 등 시공 및 유지보수 과정에서 발생하는 과대에너지 소모, 품질관리 어려움, 환경피해, 교통혼잡비용 증대 등의 문제에 효과적으로 대응하고자 함



<그림 1-4> 기존 도로포장 생산 및 시공절차

□ REGOPAVE시스템은 공장 생산형 롤러블 카펫 연성 도로포장 재료 및 기능성 콘크리트 패널슬래브 기층을 포함하며, 공장생산/운반/조립의 간소한 절차로 사용에너지 절감, 엄격한 품질관리 가능, 환경피해 최소화, 교통혼잡비용 저감 등을 유도함



<그림 1-5> REGOPAVE 포장 생산 및 시공절차

□ **“조립식 쾌속시공 도로포장 연구단” 은 3개의 세부과제 및 8개의 세세부과제 로 다음과 같이 구성됨**

○ **1 세부과제: 조립식도로 시스템 설계 기술 개발**

- 조립식 도로 설계기술 개발
- 조립식 도로 구조해석 기술 개발
- 조립식 도로 지반 적정기술 개발

○ **2 세부과제: 조립식도로 재료 기술 개발**

- 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 개발
- 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 개발

○ **3 세부과제: 조립식 도로 시공 및 유지보수 기술 개발**

- 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 개발
- 조립식 도로포장 시공기술 개발
- 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 개발

2절. 필요성

□ **조립식 도로포장 기술개발 필요성**

○ 1970년 경부고속도로 개통 이래, 지난 30여 년간의 급속한 성장에 힘입어 도로시공기술은 선진국 수준에 근접해 있으나, 도로설계기법, 첨단재료, 구조해석 및 시공기술을 연계하는 융합형 도로건설기술은 선진국에 비하여 낙후되어 있는 상황이며, 또한 개발 중심의 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경 측면의 비효율성, 교통 혼잡에 따른 물류 비용문제가 중요하게 대두되는 바, 이에 대처하려는 기존 도로기술의 변화가 절실한 상황인데 특히, 도로망 건설의 주요 핵심시설인 도로포장 관련 설계 및 해석기술은 여전히 선진국에서 도입되는 실정임

○ 도로망의 경우, 기타 사회간접자본에 비해 소규모의 실용 기술 발전으로도 막대한 경제적 편익을 가져오는 특성이 있으므로, 쾌속시공을 통한 교통지체 또는 차단 최소화 도로, 도로포장 설계 내구수명 이상의 공용수명 확보가 가능 하며, 유지보수가 빈도가 최소화되는 도로, 품질관리가 용이하며 파손이 예측될 수 있는 첨단 조립식 도로 포장 시스템 개발이 필요함



〈그림 1-6〉 쾌속시공 조립식도로 시스템 필요성

○ 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60-70% 수준에 불과한 실정이고, 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 매우 낮은 상황이므로 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 체계적인 연구가 필요함

○ 국내 화물의 연간 물동량은 약 18억 톤에 달하며 이 가운데 도로 화물수송이 91.1%를 차지해 화물 등 육상교통의 수송 분담률이 압도적으로 높고, 화물 교통의 흐름은 국가산업 경쟁력뿐만 아니라 기타 교통 흐름에 중요한 영향을 미치고 있고, 또한 국내 자동차 대수 및 도로 통행량 증가로 인한 교통지체는 사회 전반적으로 심각한 문제이며, 교통지체는 화물교통의 정시성을 감소시켜 물류비 증가를 야기하며, 결과적으로 국가 경쟁력을 약화시키는 요인임

○ 조립식 쾌속시공 도로포장 기술은 도로포장의 빠른 보수 또는 재시공 및 신설도로의 쾌속시공 등에 큰 장점이 있는데, 차로폐쇄와 교통방해 최소화를 지향하면서도, 생산지에서의 엄격한 재료관리 및 합리적인 설계를 통하여 기존의 포장에 비하여 얇고 가벼우면서도 내구성이 좋은 포장 단면을 제작할 수 있다는데 장점이 있고, 또한 이러한 조립식 도로 포장 기술은 콘크리트 제품에만 사용되지 않고, 다양한 형식과 재료를 이용하는 방법에 대한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있음

○ 유럽 및 미국 등지에서 쾌속시공이 가능하며, 신설도로포장의 조립식화, 유지보수의 용이성, 교통지체 최소화 유도 및 자원재활용 등을 목표로 항구적 도로시스템 (Forever Open Road)에 대한 연구 프로그램을 수행하고 있으므로 연구기획 중점분야를 중심으로 미래유망기술의 개발 방향, 연구개발 로드맵 및 최종적인 기술개발 기대성과(원천기술 확보, 제품개발, 세계시장 선점, 국산화 등)을 확보할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음

□ **정부지원 연구개발 필요성**

○ 우리나라의 도로부문 투자액을 살펴보면 연평균 순수 도로부문만 약 80%로 약 15조원 정도가 투입되고 있으나, 기존 도로 포장의 공용수명은 우리나라 도로포장의 약 95%를 차지하는 아스팔트 포장의 경우 설계수명이 약 15년에서 20년인 데 반해, 약 50%-60% 정도에 불과하여, 관련 기술개발을 통한 도로와 같은 사회간접자본의 효과적 공용효과 달성을 위한 정부의 제도, 지침 또는 정책과 유기적 인과관계가 있으므로 정부지원 연구개발이 필요함

○ 국가과학기술위원회의 2012년 기술 분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성

○ 2013-2017국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 사회간접자본 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 사회간접자본 시설물 소재 분야 첨단 핵심기술 자립 필요성에 부응

○ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 사회간접자본의 대국민 서비스 수준 향상, 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 도로분야의 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함

○ 도로 건설은 지역균형 개발, 물류・교통망의 구축, 도로망의 효율적인 활용 등에 필수적이므로 막대한 수요가 예상되는데 반하여 아직까지 도로 건설기술 중 특히 고분자를 활용한 첨단 도로포장 재료 및 기능성 콘크리트 재료 분야 국내 기술력은 선진국 대비 60% 수준이고, 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등 기술자립도가 매우 낮은 상황이므로 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 정부주도의 체계적인 연구가 필요함

○ 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

○ 조립식도로포장 관련 기술개발은 기존 도로포장의 패러다임을 혁신하는 개념의 연구개발로서 첨단재료, 설계·해석방법, 시험시공, 시험생산, 생산설비 및 시공 장비 등은 기존 도로포장 산업계에서 사용하는 것과는 다른 개념이 적용되는 바, 국내의 경우 도로포장 산업 구조가 중소기업 위주로 구성되어 있어, 본 기술이 민간 자본으로 개발되는 것은 거의 불가능한 실정임

1. 관련 산업의 현황 및 문제점

가. 국내 도로 건설 및 관련 산업 현황 및 문제점

○ 국내 도로관련 산업의 급속한 양적 팽창과 성장에 힘입어 도로건설 기반 기술, 특히 시공기술은 선진국 수준에 근접해 있으나, 역학적 도로설계기법, 첨단재료, 해석 및 시공기술 등과 종합적으로 연계되는 융합형 도로건설기술 개발은 최고 기술 선진국 대비 약 60% 정도 수준이며, 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경 측면의 비효율성, 교통 혼잡에 따른 사회적 비용 증대에 대처하려는 기존 도로기술의 변화 욕구를 가속시키고 있는 실정이고, 특히, 도로망 건설의 주요 핵심기술인 도로포장 관련 설계 및 해석기술은 여전히 선진국에서 도입되는 실정임

<표 1-1> 도로건설분야 기술수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
도로건설	전문 인력 보유정도		○			
	시험시설 구축정도		○			
	수치모델링 기술	○				
	구조해석/설계 기술		○			
	시공 기술			○		

나. 국내 도로 유지관리 시장 전망

○ 국내 도로의 유지관리 비율은 1994년 이후 꾸준히 증가해 왔으며, 신규 공사는 줄어들고 기존 시설물의 비율이 높아짐에 따라 선진국 수준의 약 40 % 정도까지 유지관리 관련 예산이 증대할 것으로 예상됨(현재는 약 20 % 정도 비율)

○ 90년대 이후 공공 시설물에 대한 급격한 유지관리 비용의 상승은 국가 재정에 위협적인 요소가 되고 있으며, 특히 도로시설물의 경우, 1990년 약 3천억 원에서 2010년 약 1조 5천억 원으로 1990년 이후 유지보수비용이 약 5배 증가되었음

○ 특히, 도로포장의 조기파손에 따른 경제적 영향 부문에서 2009년에 아스팔트 포장도로의 보수에 약 3,000억 원이 사용되었으며, 최근의 교통량 및 중하중 차량 증대로 도로의 공용수명 저하 및 노후 도로의 증가로 도로 유지관리 비용의 지속적 증가가 예측되며, 도로 분야 유지관리 주체들의 심각한 예산부족이 동시 다발적으로 발생할 것으로 예상됨

○ 특히, 국내 도로포장의 90% 이상을 차지하는 아스팔트 도로포장의 수명이 설계수명대비 약 50-60% 수준에 그쳐, 잦은 유지보수로 인한 환경피해 증대, 교통 혼잡에 따른 사회적 비용 증대 및 사용에너지 증대 등의 문제가 대두되고 있는 실정임

<표 1-2> 도로유지관리분야 기술수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
도로 유지관리	전문 인력 보유정도		○			
	시험 시설 구축정도		○			
	수치 모델링 기술	○				
	경제성 분석 기술		○			
	설계/시공 기술		○			

다. 국내 도로포장 플랜트 현황 및 문제점

○ 골재 자원의 부족으로 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 천연자원(골재, 시멘트, 아스팔트)등의 사용 최소화를 조립 도로 포장의 핵심성과 목표인 일정기간 공용후 회수하여 재처리 후 재사용이 가능한 롤러블 표층 카펫 포장체 및 조립식 경량 콘크리트 슬래브 관련 기술 개발 필요성이 있음

<표 1-3> 도로포장 플랜트 분야 기술수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
도로포장 플랜트	전문 인력 보유정도	○				
	시험 시설 구축정도	○				
	수치 모델링 기술(배합설계)	○				
	산업 경제성		○			
	생산 기술		○			

2. 관련 기술 개발 필요성

□ 지속 가능한 도로 포장 시스템 개발의 시급성

○ 1960년대 초부터 미국 등 선진 외국에서는 기간산업 발전을 위한 도로망의 중요성을 인식하고, 기타 사회간접자본에 비해 소규모의 실용 기술 발전으로도 막대한 경제적 편익을 가져오는 특성에 기초하여, 유지가능한 도로망 건설을 위한 지속적인 노력의 결과, 2000년대에 이르러 쾌속시공을 통한 교통지체 또는 차단 최소화 도로, 도로포장 설계 내구수명 이상의 공용수명 확보가 가능 하며, 유지보수가 빈도가 최소화되는 도로, 품질관리가 용이하며 파손이 예측될 수 있는 첨단 조립식 도로 포장 시스템 개발에 주력하고 있음

○ 선진국의 경우, 지속 가능한 도로 포장 시스템의 설계, 해석 및 시공 기술을 종합한 융합형 도로시스템 연구개발을 시도하여 2000대에 이르러 역학적, 경험/역학적 도로 포장 설계 방식, 선형 및 비선형 구조해석, 다층 포장 시공기술, 조립식 도로포장 및 첨단 유지관리 분야 기술개발에 주력하고 있음

○ 롤러블 카펫 표층 시스템 및 기능성 콘크리트 패널 슬래브 조립식 도로포장 시스템 개발 기술은 민간 기업의 단기적 이익보다는, 도로 포장의 장수명화, 유지관리 최소화, 국가예산절감, 국가경쟁력 강화 등 공공성이 강한, 종합적이고 대형 복합적인 기술이므로 학계나 민간 기업 주도보다는 공공기관 주도형 연구개발이 필요함

○ 조립식 도로포장 관련 기술은 교통지체, 차단 또는 혼잡 최소화로 사회간접자본의 대국민 서비스 수준 향상과 환경영향 최소화 등이 핵심가치이며, 조립식 도로 포장체 관련 재료, 해석, 설계 및 시공 기술개발 등을 종합적으로 포함한 융합기술 개발이므로 민간 주도의 연구개발에는 한계가 있어 정부지원을 토대로 핵심기술 자립을 위해 관련 연구개발 경험이 풍부한 공공 연구기관 주도적 연구개발 필요성이 있음

□ 국내외 장수명 도로 포장 시스템에 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

□ 도로 포장 기술력 40%부족

○ 도로 건설은 지역균형 개발, 물류·교통망의 구축, 도로망의 효율적인 활용 등에 필수적이므로 막대한 수요가 예상되는데 반하여 아직까지 도로 건설기술 중 특히 설계, 해석 및 유지관리 분야 국내 기술력은 선진국 대비 100% 확보하고 있지 못해 핵심기술은 선진국에 의존하는 상황임

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

○ 중하중 통과 교통량 증가로 인하여 기존의 국내외 도로 설계 개념에 따른 가열 아스팔트 혼합물 포장은 두꺼운 포장 단면이면서도 당초 목표한 설계 수명에 이르지 못하고 조기 파손됨으로써, 막대한 도로 유지 보수 예산을 요구하고 있는 실정임

○ 따라서 최초 설계수명 목표 달성형의 다기능성 조립식 도로포장 기술을 구현하여, 실제 공용수명이 설계수명에 대응되어, 도로가 지속 가능한 사회 기반 시설로서의 역할을 도모하기 위한 관련 기술 개발이 반드시 필요함

○ 현재, 국내외적으로 사회간접자본으로써 건설 및 유지보수 등에 막대한 자본이 투입되는 도로포장의 구조 해석, 구조 설계, 시공, 유지관리 등을 일관되게 수행할 수 있는 통합 시스템은 없으며, 명확하게 설정된 목표 설계수명 확보를 위하여 설계부터 시공에 이르기까지 도로포장체의 물리적·역학적 특성이 일관되게 하나의 시스템 안에서 고려 가능한 조립식 도로 포장 시스템 기술(표층 롤러블 카펫층+하부 조립식 슬래브 패널기초)을 통하여 기존의 소요두께 확보 위주의 전통적 도로 포장에서 진일보한 기술을 확보함

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 정책 동향

□ 과제 관련 부처별 계획 및 시사점

○ 국토해양부는 건설교통 R&D 사업을 통해 개발된 기술 중 실용성이 큰 기술을 발굴하여 사업화에 필요한 후속기술개발, 기술검증 프로세스 도입, 성능중심의 건설기준, 생산성 향상을 위한 기술 표준화 및 인프라 구축 등을 주요한 정책방향으로 설정함

○ 국토해양부 건설기술혁신사업 목표는 차세대 지속가능한 도로 및 초장대 교량기술 개발, 친환경 물 관리 시스템 및 지능형 시설물관리, 첨단 SOC 재료 개발 및 IT기술을 접목한 프로세스 혁신 등 건설기술 전반의 기술적 혁신을 도모 하고자 함

○ 또한 국토해양부에서는 교통 혼잡을 해소하고 환경 친화적인 도로설계, 녹색 교통 도입을 확대하여 환경·인간 친화적인 도로를 지향하고 있음

○ 국토해양부는 수도권 및 지자체 주요 도시에서의 교통지체 저감을 위한 '교통협의회'를 구성하여 정례화 하는 등, 교통 혼잡의 문제를 해결하기 위하여 관심을 기울이고 있는 현실임

○ 특히, 국토해양부는 대도시의 교통 혼잡을 해소하기 위하여 3조 6천억 원을 새롭게 투자할 계획이며, 국토해양부 도로정책을 이용자 편의위주의 패러다임으로 전환하기 위하여 지자체 혼잡도로 지원을 위한 제도개선 방안을 추진하고 있음

○ 또한, 국토해양부는 2012년까지 선진국대비 SOC 기술수준을 80-90% 달성, 건설공사 공기단축 10% 및 국내기업의 해외건설시장 점유율 4-5% 달성 등을 정량적 목표로 설정함

○ 세계적으로 기후변화에 대비한 전략 강화 및 투자가 증가하고 있고, 우리나라도 교토 의정서에 의해 2013년부터 온실가스 감축 의무국으로 분류됨에 따라 2020년까지 녹색기술에 대한 투자를 선진국 대비 90%까지 늘릴 계획이므로 녹색성장 개념을 도입한 연구가 초창기인 현재시점에서 신공법 및 신재료에 대한 연구를 통해 녹색원천기술 확보와 기술경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

○ 국내의 도로관련 연구는 도로의 기능적인 목적만을 달성하기 위한 것이 아니라, 환경의 보전, 자원의 효율화, 인간의 안전을 목적으로 하는 기본적인 목적을 달성하기 위한 과제들이 수행되고 있어, 향후의 도로포장 연구는 공용성 증대를 통한 자원 활용의 최적화, 소음저감 및 지체최소화를 통한 국도 이용의 효율화 등을 목표로 설정해야하는 당위성이 요구되고 있음

○ 따라서 미래형 기술로서 기술 집약도가 높으면서 연구개발 선진국에서 실용화의 초기단

계에 있는 쾌속 시공형 도로포장 기술은 국내의 기술수준을 국토해양부에서 요구하는 수준으로 높일 수 있으며, 실용화시 비용대비 효과가 매우 높은 기술로서 국가 발전에 크게 이바지할 수 있음

□ 과제 관련 주요 법령, 정책 및 제도 전망 및 시사점

○ 국토해양부와 환경부는 2004년에 '환경 친화적인 도로건설 지침'을 공동으로 제정하여 모든 도로구간에 적용하고 있으며 일반국도의 대표구간을 선정하여 친환경도로 시범사업을 시행중에 있으므로 본 연구에서 개발되는 환경영향 최소화 롤러블 카펫 표층 시스템과 반영구적 조립식 강성기초 패널 슬래브 포장 시스템의 표준화 기술개발 도모 시점임



〈그림 2-1〉 국토해양부 녹색성장 비전 및 목표
(출처 : 국토해양부 정책관련 홈페이지)

○ 2010년 3월 국가통합교통체계효율화법 제 94조에 의해 중장기 법정계획을 수립한 국가교통기술개발계획('09-'13)은 ① 교통기술의 선진화 및 국가경쟁력과 직결된 교통 혼잡비, 사고비, 물류비 등을 H감축하고, 국민의 교통편의 증진을 위해 교통기술을 적극적으로 개발·육성 ② 온실가스 및 에너지 저감·안전 등 지속 가능형, 수단간 연계·환승형, 지능형 교통체계 확산 및 u-transportation 도입 발전, 대량·고효율 수송시스템 등에 대한 구체적인 기술개발계획 제시, ③ 지속가능하고 수송효율적인 교통체계를 구축하는 한편, 시설 투자 효율화 등 교통체계를 근본적 혁신 등을 주요내용으로 다루고 있음

○ 국토해양부에서는 도심부 교통 혼잡 해소, 고속도로 통행료 체계 개편, 저탄소 도로포장을 통한 녹색교통 정책을 추진하고 있고, 동시에 환경 친화적인 도로 설계, 자전거 및 경관도로 확대를 통한 환경・인간친화적인 도로를 지향하고 있음

○ 또한, 국토해양부에서는 녹색성장을 위한 비전과 목표를 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화에 두고 저탄소 사회구축, 탈석유·에너지 자립강화, 기후변화 적응역량 강화, 녹색기술개발 및 성장 동력화, 선업의 녹색화 및 녹색산업육성, 산업구조의 혁신, 녹색경제기반 조성, 녹색국토·교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적 녹색성장 모범국가 구현을 10대 정책방향으로 제시하고 있음

○ 이와 관련하여 국토해양부에서는 교통 혼잡 해소, 고속도로 통행료 체계 개편 등을 통한 녹색교통 정책을 추진하고 있으며, 동시에 환경 친화적인 도로설계, 녹색교통 도입 확대를 통한 환경·인간친화적인 도로를 지향하고 있음

□ 과제 관련 주요 R&D 정책

○ 정부의 녹색기술표준화 전략 (2010-2014)은 녹색산업 전 분야에 대한 체계적인 표준화 추진을 위해 자원순환촉진 및 에너지효율 향상에 대한 지원목표를 설정한 바, 도로관련 분야의 쾌속시공을 통한 에너지 이용 효율 제고, 도로시설 생산성 향상, 성능중심의 자원이용 효율 극대화를 통한 정책기여도 향상 대응 필요성 및 건설기술혁신을 위한 국가 R&D의 경우, R&D 계획부터 표준화까지를 목표로 한 표준-특허 연계전략을 수립할 필요가 있음

○ 국가과학기술위원회의 2012년 기술 분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 등으로 세부투자방향을 설정 함 (공공기술개발 강화)

○ 2006년 5월 국토해양부는 물류비·교통 혼잡비·재해비용 10% 절감 등을 목표로 하는 『건설교통 R&D 혁신 로드맵』을 수립하였으며, 10년간 6조 5천억 원을 건설교통 R&D에 투자할 계획이며, 도로분야의 중점 추진 R&D 사업은 쾌적한 도로교통 욕구에 부합하기 위해 지속가능하고 안전한 지능형 최첨단 도로(Safe Sustainable Smart Highway) 시스템을 첨단기술을 활용하여 개발하는 것임

○ 2012년 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 시점 임

○ 또한 건설기술 혁신 사업으로 차세대 지속가능한 도로 및 초장대교량 기술개발, 친환경 첨단 물관리 시스템 및 지능형 시설물 관리 네트워크 기술 개발, 첨단재료 개발 및 IT 기술을 접목한 프로세스 혁신 등 건설 기술전반의 혁신을 도모하여 선진국대비 SOC 기술수준 80~90%와 공기단축 10%를 목표를 연구가 진행되고 있음

○ 도로의 경우, 도로이용의 안전성, 쾌적성 및 편의성을 개선하기 위한 미래형 도로 건설

기술 개발 및 재료 성능극대화를 위해 첨단 건설재료 개발을 주요한 투자 이슈로 설정하고 있음

- 지난 2001년부터 진행 중인 “한국형 포장 설계법 개발 및 성능개선연구”를 통해 국내 도로포장설계법의 자립을 도모하고 있으며 이를 통한 도로관련 분야의 기술수준 향상을 도모하고 있음
- 도로포장성능개선 연구 분야에서는 주로 소성변형 저감을 위한 지침, 건설폐자재 재활용 포장 지침, 아스팔트 포장재료 및 품질관리 지침, 새로운 포장공법 적용 기준 정립, 콘크리트 포장성능 개선 연구 및 품질관리 기준 정립, 포장하부구조 다짐관리 기준정립 등이 있음
- 2006년 국토해양부에서 발행한 교면포장 파손 절감을 위한 설계 및 시공지침(안)을 기준으로 교면 포장이 이루어지고 있음
- 최근 교면 포장에 SMA, LMC, HPC 등의 개선 된 재료가 사용되고 있으며, 교량 열화를 막기 위해 배수층 재료 개선, 유공관을 이용한 배수 시스템 개선 등의 기술이 제안되고 있음
- 국내의 경우, 단일 슬래브 보수에 국한된 연구만 수행되어 슬래브의 연결부 및 기존 콘크리트 슬래브와의 연결 방법과의 비교, 분석에 관한 연구는 전무함
- 다웰형 및 키형을 이용한 방식 등 콘크리트 슬래브를 연결하는 다양한 방법이 국내외 시공에 활용되고 있음
- 지식경제부/산업기술연구회에서는 탄소저감과 자원 재활용을 위한 목적으로, 생산 및 시공 과정에서의 탄소를 저감하기 위하여 중온아스팔트 포장 연구가 진행되고 있으며, 플라스틱 PET 섬유를 이용한 보강섬유 아스팔트 혼합물에 대한 연구가 진행되고 있음
- 지식경제부/산업기술연구회에서는 자원의 효율적인 이용을 위하여 태양광, 압전 등의 원리를 적용한 에너지 하베스팅(Energy Harvesting)에 관련된 연구들이 시작되고 있으며, 소음저감 등 인간의 편의성을 도모하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있음

2. 국외 정책 동향

□ 국가별 도로 관련 R&D 정책동향 및 시사점

- 미국은 약 4백만 마일에 달하는 도로망(Highway, arterials, and local roads and streets)은 승객 분담률 90% 및 화물 운송 분담율 84%에 달하며, SAFETEA-LU 법적 근거로 Strategic Highway Research Program(SHRP)을 첨단도로 시스템, 재료개발, 교통 혼잡 개선 및 삶의 질 개선이라는 목표로 만들어졌으며, 2005년에 SHRP를 재정립하여 4개 중점 분야(안전지향, 유지가능, 신뢰확보, 고객지향)에 대하여 연구가 추진 중이며, SHRP의 후속으로 SHRP-2 프로그램(2009-2012)을 의회에서 승인함

<표 2-1> 미국 SHRP 도로기술 개선방향 (출처 : www.trb.org)

도로 인프라 관련 비전	도로 인프라 기술 개선 방향 핵심의제
Safety (안전지향)	• Prevent or reduce the severity of highway crashes by understanding driver behavior(운전자 행태를 고려한 사고위험도 감소 관련)
Renewal (유지가능)	• Address the aging infrastructure through rapid design and construction methods that cause minimal disruption and produce long-lived facilities(교통지체 최소화 및 장기공용성능 확보 가능형 쾌속 시공 및 설계 기술)
Reliability (신뢰확보)	• Reduce congestion through incident reduction, management, response, and mitigation(사고저감, 도로관리, 정보제공 등을 통한 교통 혼잡비용 최소화 유도 가능 기술 개발)
Capacity (고객지향)	• Integrate mobility, economic, environmental, and community needs in the planning and designing of new transportation capacity(정시성, 경제성, 환경친화 및 사용자 니즈를 고려한 도로인프라 설계 및 계획기술)

<표 2-2> 미국 SHRP 도로기술 개선 핵심 개발기술
(출처 : www.trb.org)

도로 인프라 관련 비전	핵심 개발 기술
Safety (안전지향)	• 도로변 정보 획득, 처리, 제공 시스템 기술 • 도로 운전자 행태 및 사고위험 분석 기술 • 도로 영상정보 활용 기술
Renewal (유지가능)	• 도로 지중시설물 최적화 설치 및 관리 기술 • 도로변 쾌속 사면 안정처리 기술 • 쾌속 유지관리 가능 도로 교량 설계기술 • 조립식 도로포장 기술 • 비파괴 기술을 활용한 도로상태 평가 및 시공 감리 기술 • 실시간 도로포장 시공 감리 시스템 기술 • 쾌속시공 시설물의 공용성능 평가 및 관리 기준 기술 • 복합도로포장 시스템 기술 • 100년 수명주기 교량의 혁신적 설계 및 시공기술 개발
Reliability (신뢰확보)	• 도로주행 정시성 확보를 위한 교통관리 기술 • 교통 계획 및 운영의 신뢰도 평가 시스템 기술 • 교통 혼잡 관련 요소를 고려한 도로용량 편람 • 교통 혼잡 최소화를 위한 도로영상정보 처리 기술 • 교통사고 처리기술 개발 • 교통정보 제공 및 정시성 확보 가능 요소 기술 개발
Capacity (고객지향)	• 협동적 의사결정이 가능한 도로용량 편람 Framework • 생태계적 접근 방식이 고려된 도로 계획 및 유지관리 기술 • 화물 물류체계를 고려한 도로용량 편람

○ 미 교통부에서는 살기 좋은 사회를 만들기 위해 무엇을 해야 하는지에 대한 가장 중요한 개념으로 미래 교통 투자를 최우선으로 하고 있음. 살기 좋은 미래를 위해서는 사회적 소통, 활성화된 경제, 지속가능한 환경의 세 가지 중요한 사회적 목표의 균형이 요구되는데, 이를 위해 효율적인 교통은 필수 요소이므로 정부에서는 삶의 질을 개선하기 위해 지역 및 연방 정부로부터의 기금을 도로부분에 투자하고 있음

○ 미국의 SHRP-2 프로그램에서는 도로포장의 수명을 유지하면서 급속한 시공 및 유지보수를 통하여 도로의 성능을 최대화하려는 연구가 시작되고 있으며, 이를 위하여 모듈러(Modular) 포장과 롤러블(Rollable) 포장을 그 대안으로 고려하고 연구를 시작하고 있음

○ SHRP-2에서 추구하는 급속한 시공 및 유지보수 기술은 현장에서의 시공시간을 최소화하는 것을 주요 골자로 하고 있으며, 이를 위하여 포스트 텐션 콘크리트 포장(미 텍사스 대학교), 전단면 프리캐스트 보수 시스템(FHWA) 등이 관련 연구를 진행하고 있음

○ 한편, 일리노이주에서는 교통지체 최소화 및 장기공용성능 확보 가능형 쾌속 시공의 일환으로 프리캐스트를 사용한 시공 및 재시공이 활발히 이루어지고 있음

<표 2-3> 미국의 삶의 질을 위한 도로 프로그램 (출처 : www.trb.org)

투자 항목	세부 내용
일자리 창출	• 삶의 질을 향상시키기 위해 도로의 설치 및 관리와 대중교통 관련 운수사업 직종이 백만 개 이상 창출됨
보다 광범위한 경제적 활성화	• 광의의 경제적 편익은 교통 인프라 개선을 넘어서 보다 폭 넓은 경제적 활성화를 가짐 • 37.4억 달러의 가치가 있는 14,065개 교통 프로젝트에 대해 미국 회복 및 재투자법(the America Recovery and Reinvestment Act, "ARRA" 또는 "the Recovery Act")를 통하여 승인 받음(2010년 4월 12일 현재)
녹색 프로젝트 투자	• 도시내 녹색도로 구축(greenway)을 통해 보다 안전하고 편리한 자전거 도로와 보행로를 설치하고 있음
소도시 "주도로" 활성화	• 주도로는 소도시 생활의 자부심이 될 수 있으며, 소도시에 적합한 크기와 목적 및 미래, 도시 특성에 맞게 설치예정임
근린주거 중심의 도시 가로 전환	• 도시 가로는 주거와 업무를 지원하기 위한 커뮤니티 생활의 중심임
지방 경관 도로 보전	• 경관 도로는 차량의 주행 및 생활을 보다 향상 시킬 수 있으며, 안전이라는 목표는 주변과 연계한 디자인을 통하여 커뮤니티에 의한 높은 가치에 대해 도로의 양면성을 저해하지 않고 달성할 수 있음
타이트한 경제 환경 속에서의 스마트한 교통 해법	• 교통과 토지이용의 관계 재검토를 통한 혼잡과 고속도로 및 교량의 노후화에 대한 무분별한 재원을 위해 스마트 교통시스템이라는 혁신적인 해법을 통해 해결
근린 주거 환경 향상	• 1992년 이후 25,000여개 9.2억 달러의 예산을 교통개선 프로그램에 지원하여 관리한 후 역사적 보전 노력과 자전거 및 보행이 개선됨
커뮤니티 연계에 대한 설계	• 10여년에 걸친 교통 프로젝트는 환경과 커뮤니티의 연계에 대응하는 방법으로 계획하고 디자인되고 활용되는 CSS(Context Sensitive Solutions:교통의사결정) 개념으로 발전
통합 교통 및 토지 이용	• 신도시, 복합토지이용, 대중교통 중심의 개발과 컴팩트한 단일세대 주거 분할을 통하여 달성할 수 있다고 제안함
지역 경제 지원 및 관광도로 활용	• 연방도로관리청은 2,832개의 국가 및 국제적인 디자인 프로젝트에 대해 380만 달러 이상의 예산으로 국가 경관도로 프로그램을 관리함
보행 및 자전거 개선	• 통학로 프로그램과 자전거 전용 도로 계획, 자전거 역 등 자전거 편의시설 정비
여행 및 관광 지원	• 수려한 풍경, 쉬운 접근, 좋은 공공 서비스, 풍부한 선택 거리들로 모든 서비스가 가능하도록 하는 여행 및 관광 산업의 교통시스템 편리성 의존도 확립

○ 유럽연합에서는 도로 인프라 관리 기술관련 혁신 의제인 NR2C(New Road Construction Cencept) Vision 20-40 계획에서 미래도로 인프라에 요구되는 핵심 가치를 설정하였으

며, 대형 공동연구사업 추진을 통해 2040까지 마일스톤별로 핵심의제를 타개 하고자 함

○ 또한 유럽연합에서는 SILVIA(Sustainable Road Surfaces for Traffic Noise Control) 프로젝트를 수행하여 소음에 관련된 기준을 제시하고 이를 규제하기 위한 연구를 활발하게 진행하고 있음

○ 유럽연합의 도로기술개발 관련 회원국인 독일, 벨기에, 네덜란드, 덴마크, 프랑스, 이탈리아, 스웨덴 등 내의 29개 연구기관은 FEHRL(Forum of European National Highway Research Laboratories)를 1989년 조직하여, 도로의 안전, 재료, 환경 및 경제성 평가 등에 관련된 도로기술을 개발하고 있으며, 참여국 또는 기관이 다양하고 폭넓어 제한적이거나 획일적이지 않고 미래지향적이면서도 효율적일 수 있도록 연구를 진행하고 있음

○ 유럽연합의 회원국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 재료를 개발 및 실용화에 성공하여 2007년 이후 고속도로 현장에 활발히 적용하고 있으며 이를 활용한 쾌속 유지보수 공법을 개발하고 있음

○ 또한 이 공법은 네덜란드를 포함하여, 덴마크, 스웨덴 등 유럽연합에서 관련된 연구의 타당성을 조사한 바 있으며, 이 조사를 통하여 미래 도로 산업에 필요한 연구로 선정되어 활발한 연구를 진행하고 있음

○ 유럽연합에서 지향하는 도로포장은 공용수명을 보장한 저소음 포장 형식의 개발을 목표로 연구가 진행되고 있으며, 콘크리트 기층을 기반으로 한 롤러블 포장이 6dB(A) 정도의 소음개선 효과가 있는 것으로 보고한 바 있음

<표 2-4> 유럽연합 도로기술 개선방향 (출처 : www.fehrl.org)

도로 인프라 관련 비전	도로 인프라 기술 개선 방향
Green Infra (녹색 SOC)	• 천연자원이용효율 제고 • 온실가스 저감 • 유지가능
Safe & Smart Infra (안전하고 스마트한 SOC)	• 안전설계 • 스마트 설계 • 스마트 통신 및 관리
Reliable Infra (신뢰성 있는 SOC)	• Balancing demand and capacity • 균형 있는 교통수요 및 용량 • 수명증대 • 쾌속 및 교통지체 최소 유지관리
Human Infra (인간중심 SOC)	• 공공 안정지향 • 다중 기능성 및 이용성 • 인간중심 설계

○ 영국이나 덴마크에서는 도로 포장의 다양한 목적에 맞춰서 아스팔트와 고강도 콘크리트를 이용하여 복합층 개념의 포장 단면을 설계하여 현재 항구, 공항에 주로 사용되고 있으며 일반 도로 적용을 위한 연구가 활발히 진행 중에 있음

○ 특히, 영국에서 1980년대 말, Micro Fiber 개질 가열 아스팔트 혼합물의 물리적 피로 및 균열 저항 성능을 검증 연구를 수행하였으며, 현장 성능 또한 피로 수명 증진 및 러팅 감소효과를 통해 검증한 바 있음

○ 영국에서는 소음저감형 도로포장기술 개발을 위하여 골재노출형 콘크리트 포장을 연구하고 있으며, 연구 성과에 따라 이를 적용하고자 소음측정 방법 및 표층처리 공법에 대한 기준을 개발하고 있음

○ 콘크리트 기층과 롤러블 표층 혼합물의 개발은 쾌속시공 및 보수를 가능하게 하고 소음을 저감할 수 있다는 장점으로 인하여 유럽회원국에서 지원하는 차세대 연구과제로 관심이 증대되고 있음

<표 2-5> 유럽연합 도로기술 개선 핵심 개발기술
(출처 : www.fehrl.org)

도로 인프라 관련	핵심 개발 기술
Green Infra (녹색 SOC)	• 저에너지 소비 건설 및 유지관리 기술 개발 • 심미적인 도로 인프라 설계기술 개발(Aesthetical) • 환경친화적 건설재료 개발(바이오 아스팔트, 바이오 플라스틱) • 도로 시설물 에너지 수확 시스템 기술개발 • 도로 비점오염 제거 기술개발
Safe & Smart Infra (안전하고 스마트한 SOC)	• 도로부대시설 안전지향 설계기술 개발 • 교통지체 최소가능 쾌속시공 및 유지관리 가능 건설재료 개발 • 스마트 도로표면 정보 제공시스템 기술개발(미끄럼, 빙판구간 등) • 잠정적 도로용량 증대 기술 개발 • 자동 차량 주행 유도 기술 개발(AVG) • 도로구조물 자가상태 진단 시스템 기술 • 동적 도로 정보제공 패널 시스템 기술 개발
Reliable Infra (신뢰성 있는 SOC)	• Nano 기술 활용 고성능 재료 및 유지관리 기술 개발 • 조립식 도로 기술 개발 • 교통지체 최소화를 위한 도로건설 및 유지관리 기술개발 • 새로운 수송수단을 위한 도로인프라 기술 개발(BRT, Road Train) • 도로표면 공용성능평가 기준 개발 • 도로시설물 생애주기 분석 방법 개발
Human Infra (인간중심 SOC)	• 운전자 지향형 시선유도 및 경고 시스템 기술 개발 • 소음, 공해 및 진동 저감을 위한 도시부 도로인프라 건설 기술 • 환경 친화형 심미적 도로설계 기술 개발 • 다중 이용적 도시부 도로주변 공간 설계 기술

○ 일본 토목연구소의 도로 포장관련 R&D 정책 방향의 경우, 정부예산으로 운영, 공무원 신분 유지됨 업무성격도 공공의 니즈에 대한 연구수행 및 정책, 기준관련 실증사업 등을 수행 함

○ 일본에서는 소음저감 및 배수성, 투수성을 목표로 연구를 진행하여 SMA 또는 2층 포설

표층 등 다양한 연구를 진행하였으며, 도로의 시공구간별 표준단면을 제시하여 고기능성·장수명 포장기술구현에 상당히 근접한 상황임

○ 이와 같은 일본의 복합 포장은 콘크리트 포장위에 아스팔트 포장을 시공하는 형식을 취하며, 비용효과적인 것으로 기술적으로 안정화되어있다는 장점이 있음

<표 2-6> 일본의 도로포장 기술개선 핵심 개발기술
(출처 : http://www.koukyoudoprc.com)

기술적과제	과제해결을 위한 연구내용/실시체계/성과보급 방안
포장공사 성능규정화 (규제완화→비용절감)	• 포장구조의 이론 설계 고도화에 관한 연구 • 포장 노면 성능 평가법 고도화에 관한 연구 • 피로파괴륜수(내구성)등에 관한 평가법 확립 • 노면 특성과 차량 주행성의 관계를 고려한 노면 설계 기법에 관한 연구 • 노반재 품질평가에 관한 연구
친환경 포장기술개발 및 보급	• 소음 저감 기능을 지닌 포장 성능향상에 관한 연구 • 포장용 골재 물리 및 화학 성상에 관한 연구 • 재활용재의 효과적 활용을 위해 골재 요구 성능 명확화
포장의 효율적인 유지관리 실현	• 효율적인 포장의 유지관리 공법 개선, 요구 성능 고도화 • 보행자 관련 포장 요구 성능과 관리수준에 관한 연구 • 경교통도로포장의 구조적 건전도 파악기법에 관한 연구
적설한랭지 동결방지제 살포량 절감	• 동결억제포장의 적용조건에 관한 연구 • 동결억제포장 기술의 개선

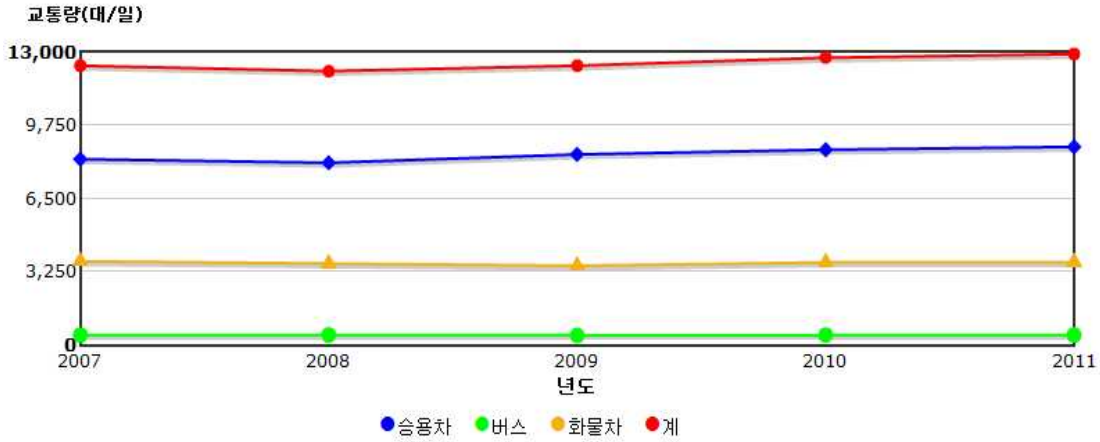
2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 시장환경

(1) 국내 시장 규모 및 전망

□ 시장 현황

○ 최근 5년간 교통량은 전체적으로 증가하는 추세에 있으며 2011년 일평균 교통량은 13,000대 수준에 다다름



〈그림 2-2〉 최근 5년간 일평균 교통량(출처 : 교통량정보제공 시스템)

○ 최근 5년간 도로부문 연평균 투자는 약 80,000억 원이며 연평균 증가율은 1.48%이고, 신설 도로건설 공사는 점차 감소하는 추세이나 기존 도로의 유지보수 예산은 늘어날 것으로 전망함

○ 국내의 아스콘의 연간 시장규모는 2007~2009년 평균 약1,500백만 원 규모이나 유가상승 및 탄소배출에 따른 단가 상승으로 규모가 점차적으로 확대될 것으로 예상됨

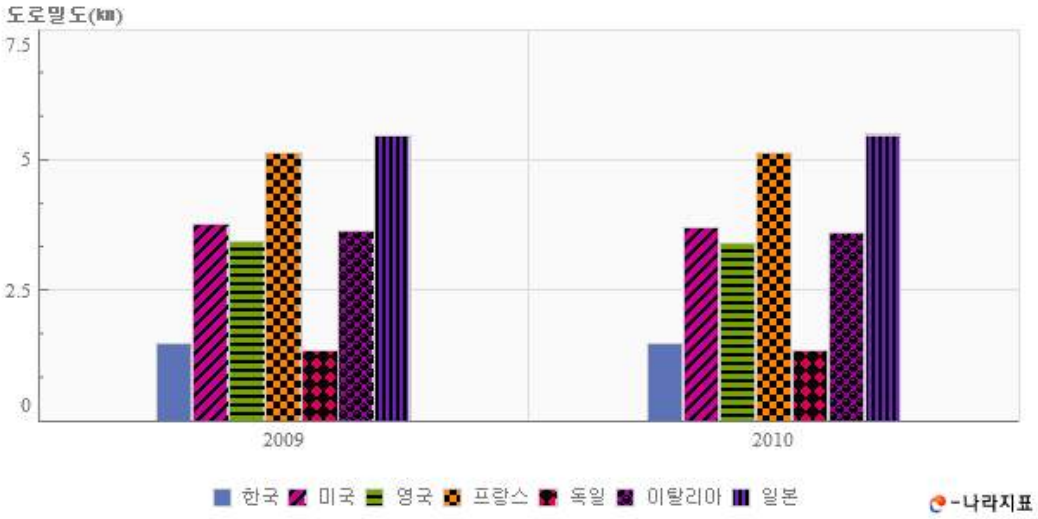
○ 국내 건설 시장의 유지관리 비율은 1994년 이후 꾸준히 증가해 왔으며, 신규 공사가 줄어들고 기존 시설물의 비율이 많아짐에 따라 선진국 수준인 40% 대 까지 유지관리 관련 예산이 증대할 것으로 예상됨(현재는 약 20% 정도 비율)

○ 공공 시설물의 90년대 이후 급격한 유지관리 비용의 상승은 국가 재정에 위협적인 요소가 되고 있으며, 특히 도로 시설물의 경우, 1990년 약 3천억 원에서 2010년 약 1조 5천억 원으로 1990년 이후 약 5배의 유지보수비용이 증가되었음

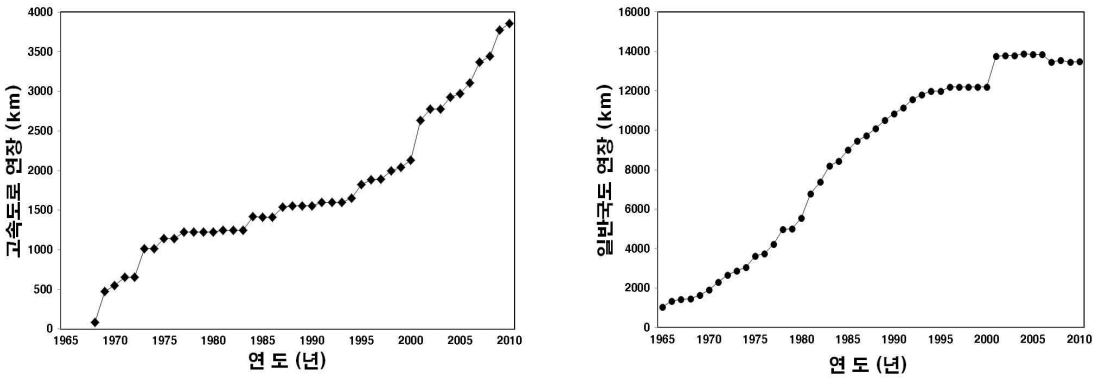
○ 통계청의 조사에 따르면 지속적인 도로의 건설을 통해 도로 용량을 확보해 왔음에도 불구하고, 도로 용량의 확보가 차량 수의 증가를 충당하지 못하여 도로당 교통량은 오히려 더 증가하고 있는 추세를 보임

○ 또한 우리나라의 도로밀도는 OECD 선진국과 비교했을 때, 여전히 낮은 편에 속하며 도로에 대한 지속적인 투자가 요구되고 있는 상황임

○ 고속도로의 경우 경부고속도로 착공 이래로 1990년 초반 이후 급격히 증가하였으며, 앞으로도 계속적으로 증가하여 2020년에는 약 6,000km 이상 건설될 예정이고 또한 국도의 경우 1980년대 초반 이후 연장이 급격히 증가하여 2010년 말 현재 13,474km로 증가되었음



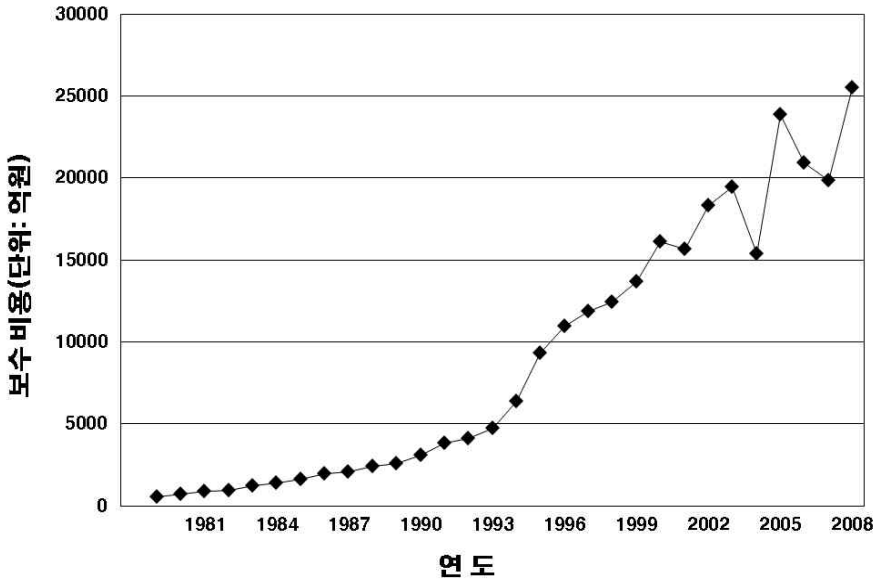
〈그림 2-3〉 국가별 국토계수당 도로밀도(출처 : 나라지표, 2012)



〈그림 2-4〉 연도별 고속도로 연장과 포장률 추이(국토해양부 도로현황조서, 2010)

○ 도로 포장의 신설도 증가하고 있지만, 도로 포장의 보수는 장기간 공용된 포장의 열화가 많이 진행되었고, 설계 공용기간을 초과하는 도로 포장 연장의 증가로 보수비용이 매년 급속히 증가하고 있고, 또한 부적합한 보수재료를 이용한 시공과 잦은 재보수로 인한 도로의 평탄성 및 주행성이 저하되고 그에 따른 운전자의 안전이 위협받고 있는 실정임

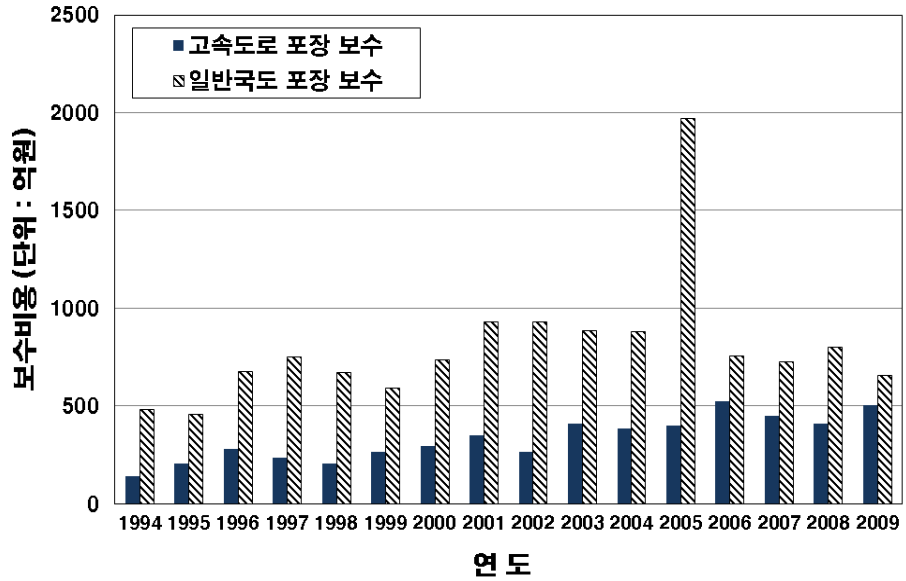
○ 도로의 유지보수는 80년대부터 급격히 신설된 도로 포장이 설계 수명에 다다르면서 이에 따른 유지보수 비용이 날로 증가되고 있는 실정이고, 이에 2008년 말 기준 전국 도로의 104,236km 전체 연장 유지보수 비용은 약 2조 5505억 원이 소요되었음



〈그림 2-5〉 연간 도로 보수비용 총액(국토해양부 도로정책과 도로운영과, 2009)

○ 고속도로의 경우 1985년 말 총 연장 1,415km에서 2010년 총 연장 3,859km로 약 2.7배 증가하였으나, 80년대 말 88올림픽 고속도로를 기점으로 대부분의 고속도로는 콘크리트로 많이 건설되었고, 장기 공용으로 인한 파손 및 성능저하로 보수비용이 크게 증가할 것으로 판단됨

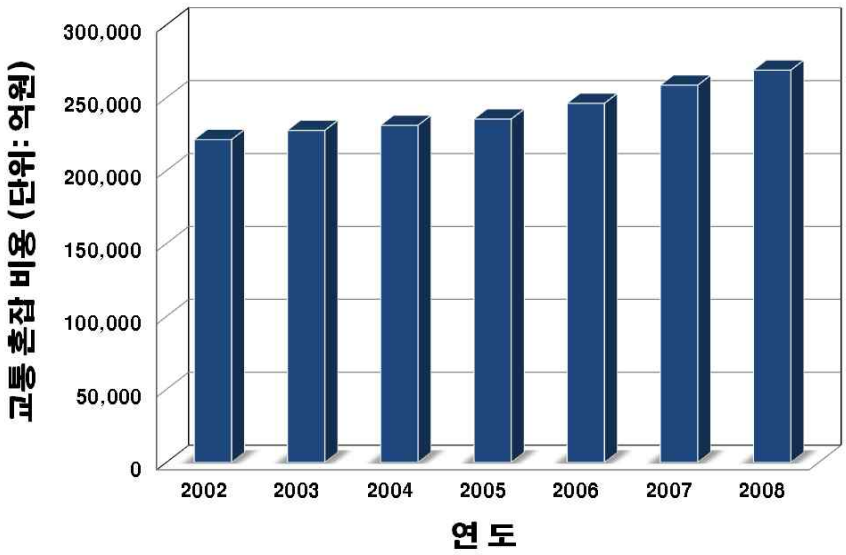
○ 일반 국도의 경우 1985년 말 총 연장 9,017km에서 2010년 말 현재 총 연장 13,474km로 약 1.5배 증가하였으나, 경제발전과 함께 통행 차량의 대형화 및 교통량의 증가로 포장 노후화 및 아스팔트 포장의 단점인 소성변형 등이 나타남에 따라 유지보수 비용이 증가하고 있는 실정임



〈그림 2-6〉 연도별 소요된 도로 포장 보수비용(국토해양부, 2009)

□ 시장 전망

○ 20년 이상 공용된 콘크리트 도로 포장 연장이 증가함에 따라 재보수 및 전단면 보수가 이루어져야 할 구간 또한 급격히 증가할 것으로 판단되며 이에 따른 교통지체를 최소화 하며 재사용이 가능한 보수공법 및 재료의 필요성이 크게 대두 될 것으로 판단 됨



<그림 2-7> 연도별 전국 도로 교통 혼잡 비용(통계청 통계자료, 2012)

○ 2008년 전국 교통혼잡비용이 약 26조 9,027억 원이며, 고속도로, 국도, 지방도 등 지역간 도로의 교통혼잡비용이 9조 8,811억 원으로 증가되고 있는 추세이고, 이 비용은 교통통제에 따른 차량운행비용과 시간지체비용만을 고려한 것이며, 따라서 보수 횟수 감소 및 보수시간 단축이 가능한 공법을 적용할 수 있으면 손실비용을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 전망됨

○ 2008년 한국교통연구원에서 제출된 2006년 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석에 따르면, 차량 1 대당 교통 혼잡비용과 도시민 1 인당 교통 혼잡비용은 최고 333만원, 90만원으로 나타났음.

○ 최근 도로연장의 증가율이 감소하고 차량등록대수가 지속적으로 증가되는 추세로 볼 때, 향후 1인당 또는 차량 1대당 교통혼잡비용은 급격하게 증가될 가능성이 많음.

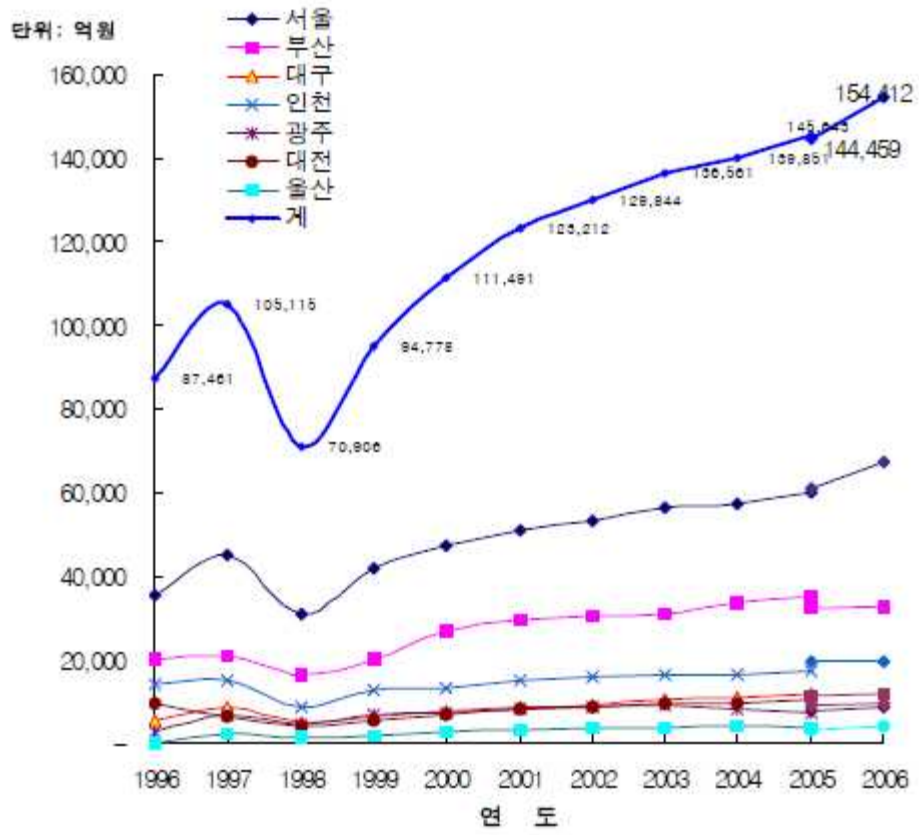
○ 이중 쾌속시공에 따른 신설도로의 시공기간 단축 및 기존 보수에 따른 교통혼잡비용은 일반적으로 발생하는 교통혼잡비용에 포함되지 않는 부분이나, 실제적으로 도로 이용자들의 도로에 대한 정성적 평가에 큰 영향을 줄 수 있는 부분으로 시공기간의 단축과 유지보수 시간 단축은 매우 중요하게 평가될 수 있음

○ 특히 도시부도로의 교통혼잡비용은 인구 과밀에 따라 그 증가율이 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있으며, 이러한 인구 과밀지역에서 우기와 동결기의 잦은 유지보수는 교통지체비용 및 사고에 대한 비용을 급격하게 증가시킬 가능성이 많음

(단위: %)

구분		서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산
혼잡비용 (억 원/년)	2005	61,014	32,167	11,396	19,735	7,883	8,918	3,346
	2006	67,355	32,897	12,012	19,702	8,414	9,739	4,292
	증감률	10.4	2.3	5.4	-0.2	6.7	9.2	28.3
인구수 (천 명)	2005	10,011	3,586	2,506	2,578	1,444	1,468	1,070
	2006	10,020	3,554	2,484	2,596	1,443	1,477	1,075
	증감률	0.1	-0.9	-0.9	0.7	-0.1	0.6	0.5
인구당 혼잡비용 (십만원/인.년)	2005	6.1	9.0	4.5	7.7	5.5	6.1	3.1
	2006	6.7	9.3	4.8	7.6	5.8	6.6	4.0
	증감률	10.3	3.2	6.3	-0.9	6.8	8.5	27.7
차량대수 (천대)	2005	2,806	973	847	796	435	506	381
	2006	2,854	987	864	818	449	520	393
	증감률	1.7	1.4	1.9	2.8	3.2	2.8	3.2
차량당 혼잡비용 (십만원/대.년)	2005	21.7	33.1	13.5	24.8	18.1	17.6	8.8
	2006	23.6	33.3	13.9	24.1	18.8	18.7	10.9
	증감률	8.5	0.8	3.4	-2.9	3.4	6.2	24.3

〈그림 2-8〉 도시별 사회지표와 교통혼잡비용 비교(전국교통혼잡비용 산출과 추이분석, 2008)



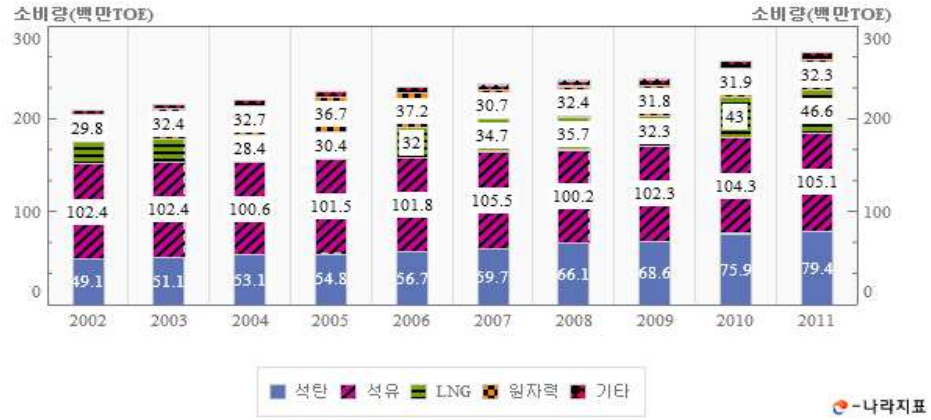
〈그림 2-9〉 도시부도로의 교통혼잡비용 추이(전국교통혼잡비용 산출과 추이분석, 2008)

○ 중온아스팔트 개발 기술의 탄소 저감 능력은 한계가 있는 소극적 방법으로 기존 아스팔트를 대체할 수 있은 신개념의 재료가 필요한 실태임

○ 통계청 자료에 의하면 2005년 기준으로 전체 교량의 연장은 매년 평균 6.3% 증가하고 있고, 기존 교량의 교면포장 유지 보수 또한 그 수요가 급증하고 있음

□ 에너지 시장 전망

○ 국내 에너지 소비량을 꾸준히 늘고 있으며, 2002년 기준 200백만 TOE(Ton of Oil Equivalent: 석유 환산톤)에서 2011년 300백만 TOE로 증가하는 형태를 나타내고 있으며, 한편 기타에 포함되는 신재생 에너지 부분도 작게나마 지속적으로 증가하고 있음



<그림 2-10> 에너지 소비량(나라지표, 2012)

(2) 국외 시장 규모 및 전망

□ 시장 현황

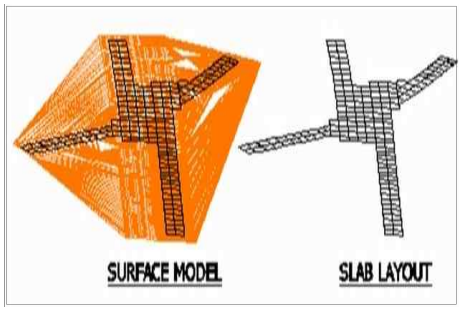
○ Freedonia 보고서에 따르면, 아스팔트 혼합물 생산관련 2012년 세계시장규모는 6조 2천억 원 정도로 추산되고 있으며, 2020년에는 9조 2천억 원으로 지속적으로 증가될 것으로 예측됨

○ 유럽연합에서는 환경을 보호하고 자원을 절약하기 위하여 유럽연합 자체의 기준을 제시하여 연구개발을 진행하고 있으며, 이를 만족하는 새로운 도로포장 형식에 대한 시장규모가 확대될 것으로 추정됨

○ 미국에서는 조립식 포장 공법을 이용하여 다양한 설계와 시공 경험을 축적하고 조립식 포장을 이용하여 신속하게 도로 포장 보수 및 건설을 시행하고 있으며 적용구간이 급속하게 증가하고 있음

○ 미국 Fort Miller사는 줄눈콘크리트 포장 형식의 조립식 포장 공법을 적용하여 급속 도로 포장 시공 및 유지보수 공법을 꾸준히 발전시키며, 예를 들어 뉴욕주에서는 아래 그림과 같이 교통량이 많은 Schenectady Watt Street 지역의 광범위한 교차로 아스팔트

포장 구간을 단 13시간 만에 신속하게 보수를 완료하는 등 획기적으로 시공시간을 단축시킬 수 있는 공법을 적용하고 있음





〈그림 2-11〉 조립식 포장 공법을 이용한 교차로 포장 보수-뉴욕주(www.fortmiller.com)

○ 미국 뉴저지주에서는 기존의 간선 고속도로(Rt. 21) 약 9km(5.5miles) 6차로의 포장을 조립식 포장 공법을 적용하여 모두 교체하는데 성공하였고, 공사로 인한 교통체증을 최소화하기 위하여 교통량이 적은 심야시간을 이용하여 일정 구간씩 시공하여 약 5개월 동안 475개의 프리캐스트 슬래브를 이용하여 공사를 마무리함으로써 노후 된 포장을 사용자비용을 최소화하여 신설 포장으로 교체하는데 조립식 포장 공법이 적절한 것으로 평가받고 있는 실정임





〈그림 2-12〉 조립식 포장 공법을 이용한 교차로 포장 보수-뉴저지주(www.fortmiller.com)

□ 시장 전망

○ 미연방도로청(FHWA)에서 미국토목학회(ASCE)에 토목인프라 현황조사 보고서 작성 의뢰하여 총 600,905교량 중 72,686 (12.1%) 구조적으로 문제 89,024(14.8%)는 기능적으로 노후 되고(08.12), 2004년 현재 $105억/년 예산 소요 중이며 노후교량의 보수 및 개선을 위해 $170억/년 지속적으로 요구됨

○ 2011년 이후 계획된 장대교량의 시장규모는 중국시장을 제외하고도 약 48조원으로 전망됨 [출처:http://www.koscaj.com/print_paper.php?number=839]

○ '95~'96에 시공된 기타하나다(北花田)교차점 입체교차사업 시범사업 직접기초와 교량을

일체화한 다 경간 연속 강상판 상형 라멘형식의 신공(Uni-Fly-Over)공법 적용되어 약 2.5년의 교통통제기간을 현장공사 개시 일부터 차량공용까지 약 1년으로 감축

○ 미국의 경우 도로 포장 보수로 인한 교통체증 유발로 발생하는 사용자비용을 최소화하기 위하여 조립식 포장 공법을 이용하고 있으며, 뉴욕, 뉴저지, 캘리포니아 등 여러 주에서 조립식 포장의 적용이 급속도로 증가하고 있는 추세임

□ 에너지 시장 전망

○ 세계적으로 그린에너지 시장은 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 그린에너지 시장의 60~80%를 점유하고 있으므로 그린에너지의 시장은 향후 10년 동안 연평균 15.1%로 폭발적으로 성장할 것으로 전망하고 있음

2. 산업구조 및 경쟁력

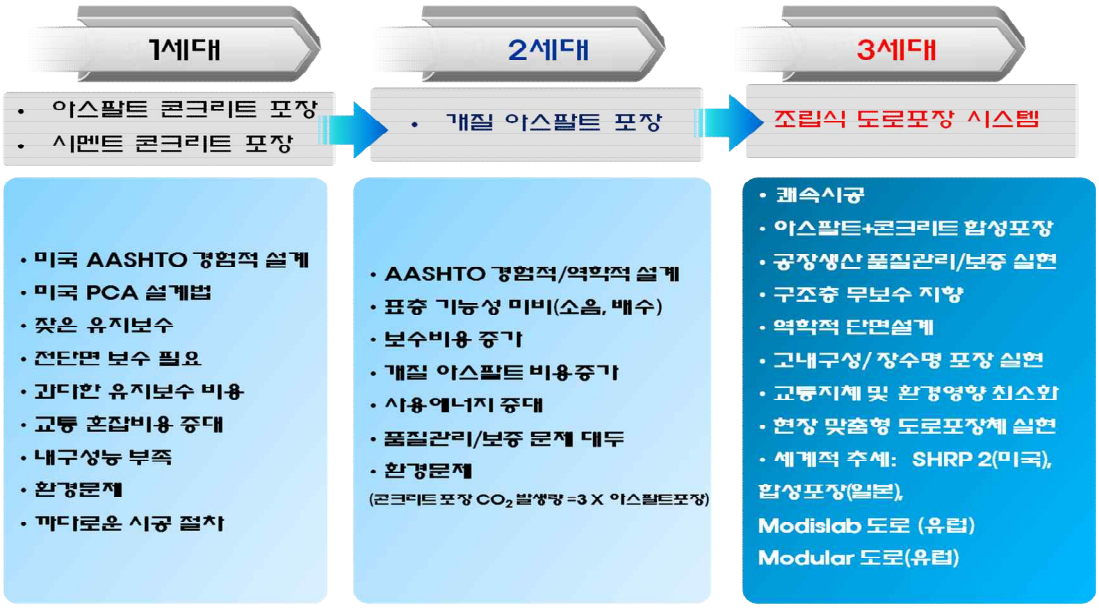
□ 국내 산업구조 및 기술적 진입 전략

○ 우리는 후진국의 저렴한 원가공세와 풍부한 노동력을 바탕으로 시공부문의 경쟁력이 점차 약해지고 있으며, 후진국의 시공분야 시장 잠식과 선진국의 고부가가치 핵심기술과의 격차를 해소하는 전략이 필요함

○ 세계 66개국을 대상으로 한 IPS(Institute of Policy Studies)의 교통시설 인프라 경쟁력 보고서에 따르면 한국은 도로포장률(30위), 차량대수(26위), 도로 및 물류(22위) 등에서 선진국 대비 많은 격차를 나타내고 있음

○ 이러한 격차는 국가적 비용 상승으로 이어지고 있고 국가물류비의 경우를 보면, 최근 지속적으로 상승하는 추세로 GDP대비 12.8% 수준이며, 일본 및 미국이 약 8% 수준을 나타내고 있음을 감안할 때 국가물류비 과다로 인한 경제적 손실이 상대적으로 크다는 사실을 입증하고 있음

○ 도로포장 시스템 발전 단계는 1세대 산업부산물인 아스팔트를 활용한 아스팔트 콘크리트 포장으로부터 1990년대의 구조적 성능이 대폭 개선된 2세대 포장 시스템 도입이후, 2000 년대에는 전통적 현장 타설형 포장 시스템에서 첨단소재 및 조립식 형태의 공장 생산형 조립식 도로포장 시스템으로 발전하고 있음



〈그림 2-13〉 도로포장 시스템 발전 단계

○ 도로이용자들의 수준이 높아짐에 따라 소음을 줄이고, 승차감을 향상시키며 시인성을 확보하여 쾌적성을 향상시켜주는 친환경적 포장 공법에 대한 기술개발이 각광받고 있음

○ 미국의 경우 Super-Slab과 같은 기술 개발을 통하여 프리캐스트 슬래브와 같은 조립식 형태의 프리캐스트 콘크리트 포장 양산 체계를 확보하였는데, 반해 국내에서는 거푸집 시험 제작 이외에 생산 기술 관련 연구(표면조직 형성, 하중전달장치 등)는 이루어지지 않았음

○ 현재 전국에 산재하는 프리캐스트 생산 설비 및 장비를 활용하여 포장용 고성능 재료 생산 및 시공을 원활히 할 수 있도록 유도하고 표면조직, 하중전달장치, 높이 조정장치, 텐던 등 프리캐스트 하부구조 등에 적용되는 요소기술이 필요함

○ 현재까지 국내의 아스팔트 연구는 현장 포설 및 재료 개발에만 국한되어 선진국의 고부가가치 핵심기술과의 격차를 해소하는 전략이 필요함에도 불구하고 조립식 포장과 같은 관련 연구나 유사 연구가 전무한 실정임

○ 공장 생산형 조립식 포장은 기존 현장 포설과 달리 다른 생산 분야(롤링 방식의 석유화학 제품 생산) 기술과 유사성이 있으며, 현재 아스팔트 플랜트 시설을 활용하기 위해서는 현재 혼합물 생산 시설(플랜트 배합시설)에 대한 개량이 필요함에 따라 관련 산업 발전에 이바지함

□ 국외 산업구조 및 기술적 진입 전략

○ 기술적 성숙도에 따라 시장 진입기술과 시장 확대기술로 구분하고, 시장의 특성에 따라 시장 추격형과 시장 창출형으로 구분하여 전략을 추진하고, 높은 IT 융합도를 갖는 첨단 자재, 신기술의 제품군은 미래적 기술이나 위험 요인이 많은 기술개발로서 시장 창출형으로 개발함

3절. 국내외 기술개발 동향 및 분석

1. 국내 기술동향 및 전망

□ 기능성 도로포장 기술

○ 국내의 기능성 도로포장 표층관련 연구는 표층을 구조적 지지층으로 간주하지 않고 대부분 배수 또는 소음 저감효과 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

○ 한국도로공사 교통기술연구원에서는 콘크리트 포장의 기능성을 확보하기 위하여 다기능성 도로포장 시스템 연구가 진행된 바 있으며, 이 연구의 주요 목적은 환경오염 및 공해 저감을 위한 친환경적 도로포장 기술을 개발한 바 있음

○ 또한 기능성 도로포장은 도심내의 열섬현상 완화와 보수성, 저수성을 위한 블록포장 중심의 연구가 진행되고 있고 일부분 시공예가 있으나, 단기적 기능발휘 이후, 회수를 통한 재활용이 불가능하여 장기적으로 빈번한 유지보수를 필요로 하며, 중차량에 대한 내구성이 확보되지 못한 문제가 있음

□ 도로포장 단면설계 및 해석기술

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

○ 도로포장 구조해석의 경우, 다양한 축하중 및 축륜 변화에 따른 포장 거동 특성을 많은 연구자들이 다층 탄성 이론(Multi-layered Elastic Theory)을 기반으로 한 도구를 사용하고 있으며, 대부분의 도구들이 다층의 탄성 재료 층에 원형의 접지 형상을 갖는 정적 하중 및 균일한 하중 분포 조건을 기반으로 포장체의 구조적 해석을 수행하였으나 이와 같은 가정 사항을 기반으로 한 포장해석은 축하중 및 축륜 특성 변화에 따른 포장체 거동 특성을 효과적으로 반영할 수 없으므로 효과적·과학적 도로포장 두께설계에 문제점이 있음

○ 중하중 차량 관련 요소들, 즉, 축하중, 타이어 공기압, 타이어 접지압 증가와 접지 형상 변화 및 새로운 중차량 완충장치 등을 효과적으로 고려하지 않은 기존의 등가단축하중(ESAL: Equivalent Single Axle Load) 개념의 도로 포장 설계는 포장체의 구조적 성능을 객관적으로 평가하기위한 적절한 과정을 포함하고 있는 방법이라 할 수 없음

○ 또한 ESAL 개념은 포장의 형태나 최초 및 최종 서비스 지수에 따라서 다르게 적용되어야 하는데, 새로운 포장형식의 서비스 지수는 ESAL 개념이 개발될 시점에서 경험적으

로 결정된 것으로 현재 교통조건을 정확하기 반영하기 어려움

- ○ 이와 같이 환경, 교통하중 및 재료의 물리적 거동특성이 면밀히 검토된 포장 형식, 두께 설계 또는 해석 방식의 선택적 활용에 따라 여러 측면에서 도로포장의 경제성을 향상시킬 수 있음에도 불구하고, 국내에서 대부분 아스팔트 콘크리트 포장(AC)의 경우 미국의 AASHTO 설계법과 시멘트 콘크리트 포장(PCC)의 경우 미국의 PCA 설계법을 주로 사용하고 있음
- ○ 최근 전통적인 포장 형식인 아스팔트 포장과 콘크리트 포장에 대한 역학적-경험적 설계법이 제시되었으나, 이러한 포장설계 방법은 새로운 형태의 off-site 또는 factory 제작방식의 포장구조해석이나 설계에 적합하지 않은 것이 사실임

□ 도로포장 재료 및 물성 분석기술

- ○ 도로포장은 사용재료에 따라 아스팔트 콘크리트 포장(AC), 시멘트 콘크리트 포장(PCC)로 크게 분류 될 수 있음. AC 포장의 경우 일반국도망의 약 95%, 고속도로의 경우 약 42% 에 이르며, 전체적으로는 약 86%에 달하고 있음
- ○ 콘크리트 포장 주요 재료인 시멘트는 다양한 혼화제 및 첨가제를 이용하여 기초 물성 및 강도를 증가시키기 위한 노력이 지속되어 왔으나, 경화이후의 물리적인 재료 평가가 주로 이루어져왔으며, 일부 시멘트 콘크리트 재료의 고결과정에서의 건조수축 및 열팽창에 대한 연구가 이루어졌으나, 포장의 수명을 향상시키기 위한 철근과 조합된 콘크리트 재료의 물성 정량화까지는 이루어지지 못하였음
- ○ 또한 콘크리트 포장은 수밀콘크리트, 폴리머 콘크리트, 초고강도 콘크리트, 방수콘크리트 등, 콘크리트 재료의 강도 및 수분 민감성 감소를 위한 재료 개발을 목적으로 다양한 연구가 진행된 바 있음
- ○ 국내의 아스팔트 포장의 경우, 일반 아스팔트 바인더와 골재 혼합물을 이용하거나, 폴리머 등으로 개발된 아스팔트 바인더를 현재 국내에서 많이 이용하고 있음. 그러나, 일반 AC 및 개질 AC 모든 경우에서 물리적 성질이 탄성 영역 범주에서 크게 벗어남에도 불구하고, 도로포장 설계 및 해석 시, 물리적 성질을 탄성 물성 및 해석방법 에만 의존하고 있어 최종 설계 결과에 문제점이 있음
- ○ 아스팔트 포장의 물리적 성능 개선을 위해 고분자 개질재를 이용한 혼합물이 1990년대 이후 많이 이용되고 있으나, 개질 아스팔트의 물리/화학적 특성을 규명하기위한 연구개발이 미흡하고, 단순히 기계적 결합에 의한 성능증진 효과는 일부 규명된 바는 있음
- ○ 아스팔트 포장 재료의 경우에는 폐아스콘을 재활용하여 새로운 포장 시공에 필요한 예산을 절감하고 자원을 효율적으로 재활용하기 위한 노력이 경주되어 왔으나, 폐아스콘의 품질 관리 및 신재료와의 혼합에 대한 문제점으로 인하여 활성화 단계에 있지는 못함
- ○ 한편, 재료의 물성을 적절히 평가하기 위하여, 최근 탄성, 점탄성, 소성, 피로 및 열역학 이론 등에 근거한 연구가 초기단계에 있으며, 이러한 물성정량화 방법을 통하여 도로포장 재료의 개선과 개발 등에 효과적으로 적용할 수 있는 기반이 마련되었음

○ 도로포장의 재료는 파괴시험을 통한 물성 평가는 물론, 비파괴시험의 영역으로 확장되고 있으며, 이러한 기술은 기존 시공된 도로포장 재료의 평가에 효율적으로 적용될 수 있음

○ 국내의 도로포장 재료 평가 및 개발관련 연구는 기존의 재료를 평가하기 위한 기반이 조성되었다고 할 수 있으나, 롤러블 포장 형식과 같은 기존 포장 구조와는 다른 형태의 포장구조를 평가하기 위한 저변이 넓지는 못하고 한정적인 연구 인력만이 연구수행을 할 수 있는 한계가 있음

□ 국내 조립식 도로포장 기술현황

○ 국내 조립식 포장 기술은 매우 기본적인 연구만 진행된 상태이며, 줄눈 콘크리트 포장 형식의 구조 형식만 이용되고 있음

○ 그러나 다수의 구조적 검증과 시공 사례를 통해 여러 구조 형식과 기능성을 가지는 조립식 포장의 적용 가능성은 일부분 검증된 바가 있음



〈그림 2-14〉 축소모형 프리캐스트 콘크리트 포장 시험시공

○ 프리캐스트 콘크리트 포장 신설 공법 및 아스팔트 포장 구간에 대한 적용성을 확인하기 위하여 도심지 교차로 구간의 아스팔트 포장을 프리캐스트 슬래브를 이용하여 콘크리트 포장으로 교체. 폭 3.25m, 길이 36m의 아스팔트 포장을 폭 3.25m, 길이 6m, 두께 25cm 프리캐스트 슬래브 6개를 이용함



〈그림 2-15〉 교차로 구간 아스팔트 포장 교체 시험시공

2. 국외 기술동향 및 전망

□ 기능성 도로포장 기술

○ 네덜란드의 도로포장 소음 저감 연구 프로그램(Dutch Noise Innovative Programme: IPG)에서는 기능성 도로포장 기술개발로 도로표면에서 발생하는 소음을 획기적으로 줄이기 위한 다음 표와 같은 연구를 진행하고 있음

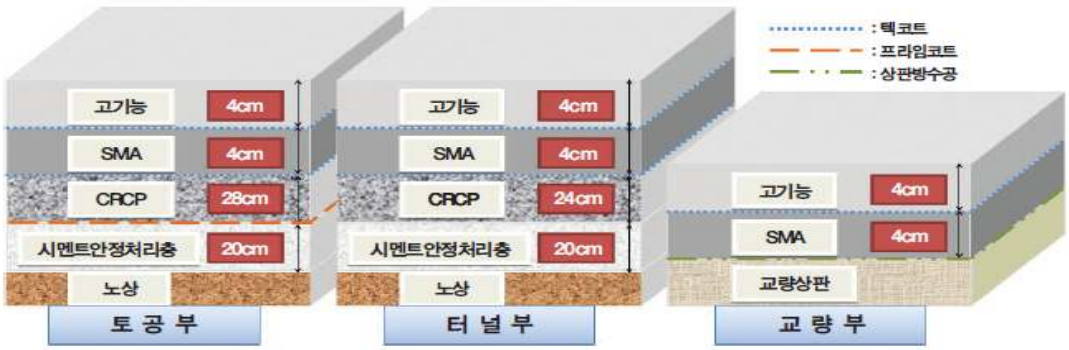
<표 2-7> 네덜란드의 기능성 도로포장 관련 기술

핵심기술	핵심기술 주요내용	소음저감 효과
Very silent Noise Module	Helmholtz 공명기를 조립식 경량 시멘트 콘크리트 기층에 삽입함과 표층부에 얇은 아스팔트(1-2cm) 층 시공	13 dB(A)
Rollable Road	Helmholtz 공명기를 조립식 경량 시멘트 콘크리트 기층에 삽입함과 2개 층의 다공성 롤러블 표층 시공	10 dB(A)
Modieslab	공장 생산형 2개 층의 다공성 조립식 콘크리트 슬래브	7 dB(A)
Rollpave	롤링이 가능한 고분자 개빌 아스팔트 다공성 표층	6 dB(A)
Silent Transport	2개의 다공성 아스팔트 층 사이에 음파 흡입 멤브레인 층 시공	8 dB(A)
No Sound Pavement	다공성 콘크리트 기층, 파이버 혼입 아스팔트 층 복합포장	8 dB(A)

○ 일본에서는 기능성 포장을 저소음 및 배수성에 집중하여, 포장시공 지역별 단면을 다르게 시공하는 방법을 적요하기도 하였음

○ 일본에서는 장기간에 걸친 저소음 및 배수성 연구를 통하여, 현재 포장의 수명을 확보하면서 저소음 및 배수성 만족시킬 수 있는 기술력을 확보한 것으로 알려져 있음

○ 그러나 일본에서 제시하는 고기능 복합포장(Composite Pavement)는 CRCP와 SMA을 동시에 적용하여 성능을 확보하고자 하였으나, 시공 및 보수의 시간이 단축되지 않아 교통개방 시점에 대한 문제점이 있음



<그림 2-16> 일본의 기능성 포장 단면(중일본고속도로주식회사, 2007)

□ 네덜란드의 조립식 도로포장 기술

○ 본 기술은 네덜란드 델프트 공대, Dura-Vermeer(주), Intron(주) 등의 공동개발로 특허권을 보유하고 있으며, 기술의 장점으로는 3cm 두께의 얇은 층 시공으로 표층장기수명 10년 이상, 일반 포장대비 공기 50% 단축, 기능성 소음저감 일반 대비 최소 6dB(A) 저감, 사계절 시공 가능, 분진 소음 등 환경 피해 최소화 등을 들고 있으며, 단점으로는 초기연구개발 비용, 일반 포장 대비 초기 재료비가 약 1.8배 비싼 점을 들고 있으나, 시공절차 축소, 시공에너지 절감, 사회적/환경적 비용 절감효과 및 공기 단축비용 절감 등으로 상쇄됨을 강조함

○ 네덜란드의 조립식(Rollpave) 아스팔트 도로포장기술은 세계최초로 개발된 기술로서, 2002년에 최초 시험시공 이후(500m) 공용성능 평가단계를 통하여 기술의 경제성, 적용 유효성 및 장기공용성능이 검증하였으며, 2006년, 2007년, 2009년에도 다양한 지역에서 시험시공을 수행하여 공용성을 평가하였음

○ 다음 <표 2-8>은 2002년 시험시공 한 Rollpave를 평가하기 위한 기준과 그에 대한 측정치를 나타내는 것으로 소음 저감량은 요구사항을 만족시키지 못하였으나, 이외의 접착강도나 화학적 저항성, 발화성에서는 만족할 만한 수준을 나타내었음

<표 2-8> 요구사항 및 측정사항 (EAPA, 2002)

기 준	요 구 사 항	측 정 치
소음저감량	5.5 dB(A) at 100 km/h	6,0 dB(A) at 100 km/h
타이어 저항	0.52	0,55
감속도	6,5 m/s2	7,0 m/s^2
접착강도	no damage after braking 50 times with a axle load of 115 kN	no damage
화학적 저항성	high	high
발화성	no expansion of fire	no expansion of fire

○ 특히, 2009년 시공한 Kloosterzande 현장 조사결과 바인더의 재질은 탄성이 매우 높으며, 공극률이 높아 rolling을 통한 현장 시공성과 소음저감 성능이 매우 좋은 것으로 확인됨

○ 아래 <그림 2-17>은 2009년 시험 시공한 Kloosterzande에서 코어링된 부분의 육안 및 물리적으로 평가한 특정 위치를 나타내고 있는데, 층간 부착상태는 매우 양호 하였으며, 외부 충격에 의해서도 쉽게 분리되지 않는 것으로 확인됨

○ 그러나 현장 평가결과 포장 표면에서 골재이탈 등 라벨링(Ravelling)이 발생한 것이 확인되었음. 이는 포장 표면의 파손을 발생시킬 수 있다는 점에서 중요한 문제지만, 이탈된 잔골재가 표층에 존재하여 타이어의 마찰력을 감소시킬 수 있다는 것이 더 큰 문제일 것으로 판단됨



〈그림 2-17〉 코어링된 Rollpave

○ 라벨링이 발생하는 원인으로는 Rollpave가 1mm이하의 잔골재를 사용하여 롤링의 특성을 가능하도록 하였으나, 잔골재를 사용하여 골재와 바인더간의 접촉면이 작아져 동일한 전단력과 같은 하중에 대하여 쉽게 이탈할 수 있게 되는 문제에 의한 것으로 파악됨. 또한 사용된 고무 특성의 재료가 골재와의 부착력이 그다지 크지 않기 때문에 이러한 문제점들이 더 발생할 수도 있음

○ 시공인원의 경우, 일반 연성포장 시공시의 약 10인(장비조작 및 마무리) 대비 절반인 5인 투입으로 시공 함



〈그림 2-18〉 네덜란드의 Rollpave

□ 미국의 조립식 도로포장 시공사례

○ 프리캐스트 콘크리트 포장은 고성능의 슬래브를 공장에서 제작함으로써 우수한 내구성을 가지게 되며 미리 제작한 슬래브를 손상된 슬래브와 교체하기 때문에 매우 신속하게 콘크리트 포장의 보수를 수행할 수 있음

○ 1990년대 말과 2000년대 초부터 현장적용 연구가 이루어지고 있으며 Fort Miller사에서 개발한 Super-Slab 시스템과 미국 텍사스주에서 개발한 PPCP(Precast Prestressed Concrete Pavement)가 대표적인 사례임

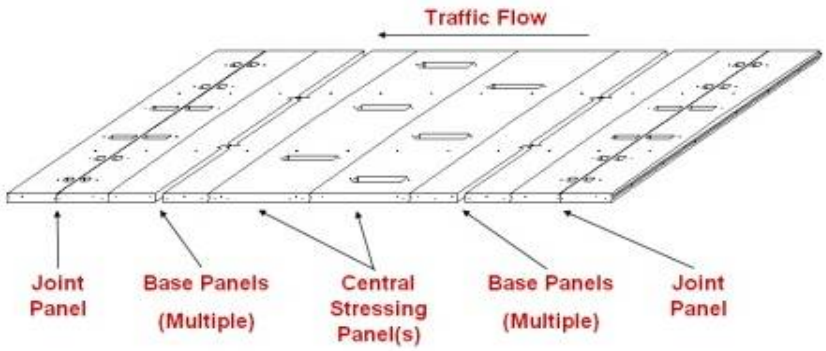
○ 미국의 Fort Miller사에서 개발한 Super-Slab와 같은 경우 장비의 대형화 및 기타 도로 운반 폭을 고려하여 일반적으로 폭은 약 1.22m~3.66m, 길이는 약 7.62m, 두께는 현장상황에 따라 공장제작하여 현장에 시공되고 있음

○ 조립식 도로포장(콘크리트 패널 슬래브)의 시공인원은 개략적으로 교통통제 및 기타 부대공 약 6인, 기존 포장 제거 및 지반 평탄화 공에 약 6인 (기존공법 시공인원 공통소요)에 더하여, 패널 설치 및 마무리공에 약 4인 소요가 예상되어, 절대 투입인원 증대는 연인원으로 4인이며, 1인 공통 수행을 고려하면 시공관련 연인원 증대는 문제가 없을 것으로 판단 함



〈그림 2-19〉 미국 Fort Miller사에서 개발한 Super-Slab

○ 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 포장 공법(PPCP: Precast Prestressed Concrete Pavement)은 콘크리트 포장을 구성하기 위하여 프리캐스트 패널을 제작하고 패널 간의 하중 전달은 다웰바를 이용하지 않고, 전단키를 사용하며 프리스트레싱을 이용하여 슬래브를 체결함



〈그림 2-20〉 PPCP(Precast Prestressed Concrete Pavement)의 구성도

○ 미국 뉴욕주 Schenectady Watt street 지역의 교차로 아스팔트 포장 구간을 보수하기 위하여 프리캐스트 콘크리트 포장 공법을 이용하였으며 13시간 만에 보수를 완료하였음

□ 일본의 조립식 도로포장 관련 연구

○ 고내구·고수명 또한 유지보수가 용이한 조립식 고강도 PRC(Precast Reinforced Concrete) 슬래브를 “시대의 요청에 부응하는 기술”로서 개발되어 일부의 공항이나 항만 및 도로에 채용되고 있으며, 신기술을 개발하고 그 성과를 보급하여 향후의 성숙한 사회 자본 유지관리에 공헌하는 것을 목적으로 하여, 2008년 월 1일에 「고강도 PRC판 연구회」가 설립되어 관련 연구에 주력하고 있음

○ 특히, 공항 활주로, 유도로, 에이프런의 포장은 항공기의 대형화나 운행 회수의 증가로 손상정도나 규모가 현저하게 커져 보수가 빈번히 행해지고 있는 점과, 매립지등의 연약 지반 상에 있는 공항이나 항만에서는, 중교통 하중의 작용에 더해 지반의 부등침하에 의해서 넓은 범위에서 보수가 반복되고 있는 사례도 볼 수 있음

○ 긴급 보수 및 내구성이 높은 공법 및 공사의 신속성이 요구되고 있는 경우, 고강도 PRC판을 쐐기식 연결부로 연결하여 내구성이 뛰어나며 시공 규모 유연성 및 급속 보수가 가능한 조립식 콘크리트 슬래브 도로 포장 보급에 주력하고 있음



고강도PRC　　래티스 트러스 철근

〈그림 2-21〉 일본의 고강도 조립식 프리스트레스 판 포장

○ 각국의 사업영역과 그에 따른 주요내용을 정리하면 다음 표와 같음

<표 2-9> 각국의 기능성 포장의 주요내용

구분	사업영역 및 주요내용
Single lager Porous Asphalt (SLPA) (일본, 네덜란드)	• 단층의 배수성 포장으로서 8, 11, 16mm 골재를 사용하며 일반적인 두께는 약 60mm • 소음저감 효과는 3~6dB(A) (콘크리트 포장의 소음정도를 기준(0dB(A))로 가정했을 경우)
Two layer porous asphalt(TLPA) (네덜란드)	• 초기 5~7dB(A)의 탁월한 소음저감 효과를 보이며, 10℃이상의 건조한 기후조건에서 시공 • 다른 포장형식에 비하여 시공비용이 높으며, 다소 긴 시공시간이 필요하다는 것이 단점 • 상부 층은 두께 25mm 최대 8mm의 골재를 사용하며, 20%를 목표 공극률. 하부 층의 경우 두께 45mm, 최대 16mm의 골재를 사용하며, 25%의 목표공극률 • 소음저감 효과: 5~7dB(A) (콘크리트 포장의 소음정도를 기준(0dB(A))로 가정했을 경우)
Asphalt rubber surface (미국)	• 타이어를 재활용하여 시공하며, SLPA보다 내구성이 좋고 자체 healing 효과가 있는 것으로 관찰됨 • 향후, Open grade를 사용한 asphalt rubber surface에 대한 연구를 진행하는 것이 바람직한 것으로 제시됨
Thin surfacing (네덜란드)	• Proprietary products or stone mastic asphalt를 사용하며 최대 골재크기는 5~8mm 이며 15~25mm의 두께로 시공하고 목표공극률은 5~15% • 소음 저감효과는 4~7dB(A)로 알려져 있으나 실제적으로는 초기3~4dB(A)인 것으로 관찰되고 있음
Rollpave (네덜란드)	• 최대 8mm 골재를 이용하여 대략 30mm의 두께로 시공하며 porous asphalt를 rolling을 이용하여 시공 • 부착의 문제점이 다소 있는 것으로 판단되므로, 중차량이 고속으로 진행하는 도로에서는 사용하기 부적합 것으로 판단 • 목표 소음 저감량은 약 6dB(A)이지만 측정된 소음 저감량은 4+dB인 것으로 알려져 있음
Poroelastic Rubber(Road) Surface (PERS) (일본)	• 30년 전 스웨덴에서 개발하여 현재는 주로 스웨덴과 일본에서 연구 및 개발 • 공극률 20%의 아스팔트 포장 형태이며, 총 중량의 20%를 폐타이어 미분말 사용 • 기존 밀입도 포장보다 10dB(A)의 소음저감 효과가 있음
Modieslab (네덜란드)	• 4개의 층으로 구성되어 있고 폭 5m, 길이 3.5m, 두께 380mm의 형태 • 70mm의 porous 콘크리트 시스템이 적용됨 • 소음저감 효과는 7dB(A)정도 임 • 지열 시스템을 이용하기 위해 하부에 파이프라인을 연결함

3. 기존 기술(연구)와의 차별성

□ 기존 핵심기술의 현주소

<표 2-10> 기능성 소음 저감 표층의 핵심기술 특성 및 문제점

기존기술유형	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
기능성 소음 저감 표층	독일 (Single Layer Porous Asphalt: SLPA)	• 단일표층 소음저감효과(3-6 dB(A))	• 단입도 골재 생산비용 증대 • 장기성능(3년 이상) 보증 어려움
	영국 (Two Layer Porous Asphalt: TLPA)	• 이층표층 소음저감효과(5-7 dB(A))  	• 시공비용 및 기간 증대 • 단입도 골재 생산 어려움 • 유지보수 까다로움 • 재활용 어려움
	미국 (Asphalt Rubber Surface)	• 폐타이어 재활용 시공 • 자가성능 회복기능 • 내구성이 좋음(SLPA 대비) • Open Graded Aggregate 사용	• 단입도 골재 생산 어려움 • 에너지 사용증대 • 장기성능(3년 이상) 보증 어려움
	네덜란드 (Thin Surfacing)	• SMA(Stone Mastic Asphalt) 표층 • 내구성 좋음 - 소음저감효과 4-7 dB(A)	• SMA 골재 생산 어려움 • 장기성능(3년 이상) 보증 어려움
	네덜란드 (Helmholtz Resonant Block Surfacing)	• Helmholtz 공명기를 삽입한 경량콘크리트 블록, • 소음저감효과 5-7 dB(A) 	• 고가의 첨가제 사용으로 경량콘크리트 비용증대

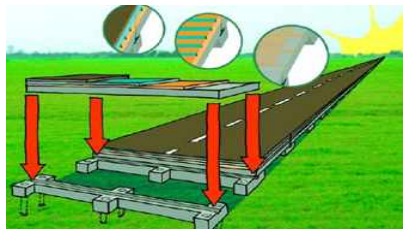
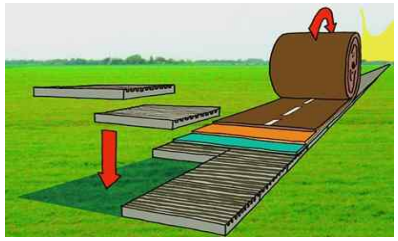
<표 2-11> 롤링 카펫 표층의 핵심기술 특성 및 문제점

기존기술유형	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
롤링 카펫 표층	네덜란드 (Rollpave)	• 최대 8mm 골재를 이용하여 대략 30mm의 두께로 시공하며 porous asphalt를 rolling을 이용하여 시공 • 소음저감 효과: 약 4dB(A) • 탄성이 좋은 바인더 재질 	• 단입도 골재 생산비용 증대 • 폴리우레탄 수지 비용 증대 • 최대 30mm 두께 롤링 한계 • 재료의 물리화학적 검증 미흡 • 골재이탈 등 라벨링(Ravelling)발생 • 골재이탈로 인한 차량의 제동거리 증대 문제 발생 가능 • 곡선부 시공 어려움 • 곡선부 또는 불연속면 구간에서의 파손문제 발생 • 바인더 자체 물성 또는 포장 시스템의 구조적 평가를 수행하지 않아 파손원인 규명 및 그에 대한 대안 제시의 어려움
	일본 (Poroelastic Rubber Road)	• 폐타이어 재활용 • 급속보수 	• 재료의 물리화학적 검증 미흡 • 폐타이어 재활용 비용 증대 • 사용에너지 증대 • 접착 수지비용 증대

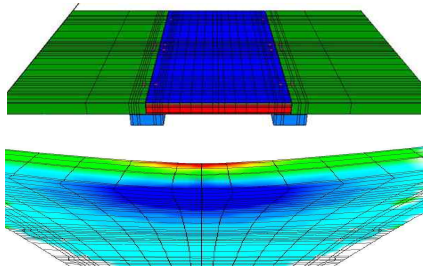
<표 2-12> 조립식 강성기초 패널 슬래브의 핵심기술 특성 및 문제점(1)

기존기술유형	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
조립식 강성기초 패널 슬래브	미국 (Precast Repair System)	• Precast 슬래브 사용 • 시공후 조기교통개방(3시간후) 	• 패널이 긴 경우 공용성 나쁨 • 평탄성 확보 어려움 • 줄눈부 조기파손 문제
	미국 (Kwik Slab System)	• Precast 무근 슬래브 • 급속보수 	• 시공과정 복잡 • 하중전달 특성 미흡 • 줄눈부 조기파손 문제
	프랑스 (Hexagonal Panel)	• 도시부도로에 괘속시공 • 무근 요철접합 	• 물리적 거동 특성 분석 미흡 • 장기공용성능 효과 검증 미흡 • 줄눈부 소음 발생

<표 2-13> 조립식 강성기초 패널 슬래브의 핵심기술 특성 및 문제점(1)

기존기술유형	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
조립식 강성기초 패널 슬래브	네덜란드 (Modieslab System I)	• Precast 슬래브 사용 • 슬래브 품질보증 • 환경피해 최소화/ 유지보수 용이 	• 패널이 긴 경우 공용성 나쁨 • 줄눈부 조기파손 문제 • 물리적 파괴매커니즘 검증 미흡 • 과학적 단면설계방법 부재
	네덜란드 (Modieslab System II)	• Precast 슬래브 사용 • 가로횡단 빔 및 종방향 횡단빔 • 환경피해 최소화/ 유지보수 용이 	• 종/횡단 빔 설치로 시공비 증대 • 시공절차가 복잡함 • 줄눈부 조기파손 • 구조해석미흡
	네덜란드 (Modieslab System III)	• 슬래브 저소음 기능성부여 • 기능성 롤러블 표층시공 	• 롤러블 표층 탈부착 문제 • 하부 전이 균열 처리 미흡

<표 2-14> 조립식 역학적 분석 기술 및 도로포장 시공의 핵심기술 특성 및 문제점

기존기술유형	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
조립식 도로포장 역학적 분석 기술	네덜란드(CAPA 3D)	• Precast 슬래브 역학적 거동 3차원해석 • 파괴매커니즘 해석 • 단부/연결부 거동 해석 	• 정적 탄성해석 • 실제 응력 및 변형율 과소평가 • 중간층 물리특성 무시
조립식 도로포장 시공기술	네덜란드 (Rollpave)	• Roll 매트 운송 후 매트시공 • 전자기파를 이용한 열부착 	• 롤당 50미터 시공 • 롤형 두께 3㎝ 한계 • 전자기 열 발생 장비 추가(에너지 사용증가)
	미국(Precast 트레일러)	• Precast 슬래브 운송 후 조립 • 무양생 쾌속시공 가능/ 교통지체 최소화 	• Precast 슬래브 20톤 이상(과적) • 대형크레인 사용 필요성 • 1일 작업량 한계(슬래브 운송거리문제)

□ 기존 기술과의 차별성

<표 2-15> 기술분류체계 내의 분포결과

기술구분	개발 핵심기술	기존기술과의 차별성
조립식 도로 설계기술 (REGODESIGN)	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	• 시공 및 유지관리 용이성을 고려한 접합기술 개발 • 친환경 및 사용자 편의성 극대화 • 단면 표준화를 통한 패널 적용성 극대화 • 설계지침 정립을 통한 고품질 도로 포장 건설
	연속식 REGOSLAB 시스템 개발	• 연속식 슬래브 설계 시스템을 통한 쾌속시공 실현 모듈 개발
	REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	• 국외에서 개발된 연결 및 접합방법을 개선하여 시공성 및 성능이 개선된 연결방법을 개발할 계획임
	조립식도로 경제성 분석 기술	• 신개념 조립식 포장에 대한 시공 및 유지보수시 발생하는 기관 비용 편익과 공용시 발생하는 기능성 편익을 산정하는 모듈을 개발 • 신개념 조립식 포장에 대한 시공 및 유지보수 시 발생하는 사용자 비용 편익과 공용시 발생하는 기능성 편익을 산정하는 모듈을 개발 • 기존 도로포장 연구개발에서는 상용화된 프로그램을 이용했으나, 경제성 분석에 필요한 필수 기능만을 포함한 경량 경제성 분석 도구를 개발 함
조립식 도로 해석기술 (REGOANAL)	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발	• 사용자 수작업에 의한 모형 오류 최소화 • 범용 코드에서 제공하고 있지 않으며, 사용자 직접 개발해야함
	조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	• 범용 해석코드의 사용상 복잡성 해소 및 설계 효율성 향상 • 재료의 파괴역학 물성을 반영
조립식 도로 지반 적정기술 (REGOFOUND)	하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발	• 국내 지반조건을 반영한 한국형 기초 설계 기법 • 배수 및 윤하중 응력 메커니즘을 고려한 핵심기술 개발
	하부지반 치환 및 보강 기술개발	• 하부구조 기초지반 및 모듈에 적용할 수 있는 하부치환 및 보강 설계기법으로 차별성 확보

<표 2-16> 기술분류체계 내의 분포결과

기술구분	개발 핵심기술	기존기술과의 차별성
롤러블 카펫 연성도로포장 재료 기술 (REGOMAT)	롤러블 REGOMAT 바인더 개발	• 롤러블 카펫 표층의 골재간 결합력 및 일정 수준이상의 바인더의 점도 유지는 롤러블 카펫의 핵심 기술임. 이에 따라 공장 제작에 다른 작업성 및 소요의 물리특성(Hyperelastic)을 만족하는 고분자를 설정하며, 바인더 개질방법, 점도기준 설정을 위한 DMA(Dynamic Mechanical Analysis)를 실시하여 고분자 개질 바인더 선정기준을 제시함. 롤링 카펫의 생산시 접착용 멤브레인 시트의 용융점이 120° C 인 점을 고려, 온실가스 발생 최소화 목표 준고온(100° C)에서 작업성이 확보되는 고분자 개질 바인더를 개발함 • 기존 동역학적 관점의 분석을 초월한 나노스케일 분석기술 확보함
	롤러블 REGOMAT 혼합물 개발	• 기존 현장 포설 가열아스팔트 혼합물을 공장에서 생산하기위한 단입도 형태의 골재의 물성기준 및 배합설계 기법 개발에 있어서, 롤링이 가능하며 최대의 결합력을 발휘하여 골재의 탈리와 제동거리 증가의 문제를 해결하기 위하여 골재입도 분포, 입형 등을 교통하중 수준에 맞도록 카달로그식의 골재 선정 기준을 정의함 • 바인더 및 골재 평가기준 확립을 통한 최적 공장 생산형 혼합물 기술 개발
	롤러블 REGOMAT 중간층 재료 개발	• 롤러블 중간층 재료를 통하여 기층과 표층 사이의 접합도 상승 및 시스템의 안정성 향상
	롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발	• 롤러블 표층재료는 개질바인더의 점도발휘로 일정곡률 이상으로 롤링시에도 재료에 손상이 가지 않아야하며, 소용 점성력 외에 시공이후 교통하중에 대한 장기 피로성능 유지가 중요함. 따라서 표층재료의 인성 및 피로수명 증대를 위해 롤러블 카펫에 이용 가능한 마이크로 또는 매크로 토목섬유를 개발을 통한 물리적 성능증대로 불연속면 및 곡선부에서의 재료의 저항성을 보완함
기능성 콘크리트 패널 기층 슬래브 기술 (REGOSLAB)	경량시공 REGOSLAB 개발	• 미국, 유럽 등에서는 프리캐스트 콘크리트 패널이 도로포장에 적용되어 다양한 패널이 개발되었음. 국내에서는 이에 대한 연구가 극히 미진한 상태이며, 2010년 아스팔트 포장 구간에 일부 시범적으로 적용된 사례가 있을 뿐이므로 연구과정에서 기존 기술을 보완•개선시켜 기존기술과의 차별성을 확보할 예정임
	고내구성 REGOSLAB 개발	• 국외 기준을 참조하여 국내 실정에 적합한 설계기준을 개발하여 기존기술과의 차별성 확보함
	투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	• 슬래브의 투수 및 소음저감 성능부여를 통한 친환경성 도로포장 시스템 구현

<표 2-17> 기술분류체계 내의 분포결과

기술구분	개발 핵심기술	기존기술과의 차별성
조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발	• 지하매설물 및 맨홀 등을 고려한 일체적 포장 시스템 제시
	롤러블 REGOMAT 생산 기술	• 조립식 대상은 롤러블 카펫 표층 및 강성기초 슬래브로서 현장타설 방식이 아닌 공장에서 직접 생산 가능한 플랫폼 설계 및 시작품 등을 제시함
	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술	
조립식 도로포장 생산설비 기술	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발	• 실제적으로 공장생산 및 운반이 용이한 조립식 도로의 조립체의 기본 구성요소를 생산자 측면에서 요건을 분석하여 생산설비 개발에 반영
	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발	
	조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발	• 조립식 도로포장 시공을 위하여 사전에 생산된 재료를 성능유지가 가능하도록 제작장에서 보관하고, 운반차량에 적재할 수 있는 설비를 개발
조립식 도로포장 시공기술	롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발	• 본 연구에서 개발될 롤형 카펫 표층에 대한 시공기술이 개발되므로 기존 패널에 적용되던 시공기술과 차별성이 있으며, 전통적인 현장타설 도로포장공법 신설도로포장 시공상 애로점(시공기간, 대형장비, 환경문제) 등을 고려한 조립식 도로포장 쾌속시공절차 표준을 시방화
	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	• 기존 프리캐스트 슬래브의 시공에서는 일반 크레인을 사용하여 교통차단 범위가 넓었으나, 본 연구에서는 겐트리 크레인 형태의 시공 장비를 개발하여 1.5차선 교통차단 만으로 시공이 가능하도록 장비 개발
	조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	• 현장 타설에 의존하는 기존 포장의 품질 관리 기준 및 성능평가 기준을 변경하여 조립식 도로포장 시공에 적합한 품질관리 및 준공당시 성능 평가를 위한 시방서 및 기술 기준을 작성
	GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	• 프리캐스트 개념의 기층구조 적용시 지지구조물과 지하매설물의 간섭 회피 기술
조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발	• 프리캐스트 슬래브에 미리 매립이 가능한 누적교통량 감지 센서를 개발하고 누적 교통량을 추정하여 예방적인 유지관리의 적용이 가능한 기술 개발
	조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발	• 조립식 도로포장의 평탄성, 미끄럼 및 평탄성 관리를 안전성 및 운행성을 확보하며 소음평가 기준을 제시
	조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발(긴급보수, 연결부 보수포함)	• 조립식 도로포장의 긴급보수 절차 및 재료선정 방안 연구로서 재활용 기술을 포함하여 개발
	슬래브 높이 조정 장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발	• 쾌속 시공이 가능한 프리캐스트 슬래브의 내부에 매립이 가능한 높이 조정 장치를 개발하고 이를 통하여 연약지반 구간의 부등 침하에 대응할 수 있는 기술 개발
	Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발	• 프리캐스트 슬래브의 하부에 유동성 재료를 투입하여 침하가 발생한 슬래브의 높이를 조정하여 평탄성을 복구할 수 있는 기술 개발



〈그림 2-21〉 조립식 도로포장의 기존 포장형식과의 차별성

□ **조립식 도로포장의 차별성**

○ 일반적 도로 포장과의 차별성: <그림 2-21>의 조립식도로 포장의 핵심 구성요소는 기능성(저소음, 배수기능) 경량 콘크리트 슬래브 기초위에 롤링이 가능한 롤러블 표층 카펫 표층을 쾌속 시공하여 완성되며, 일반 도로포장 시공과정 대비 공기 50% 단축으로 교통혼잡비용 절감을 목표로 함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (1): 국내에서 롤링이 가능한 포장 재료를 개발함에 있어서, 국외(네덜란드)에서 관찰된 라벨링(Ravelling) 등의 주요 파손을 방지하기 위해서는 고온에서 점성이 매우 좋고 상분리가 없으며(제로 상분리), 생산시 상온에서 3cm 이상으로 롤링이 가능하며, 언릴링 시공시 곡선부에서도 자유로운 변형이 가능한 고탄성(크리프 회복율 60%이상), 롤링 시공 이후 자기장 또는 열을 가하여 하부층과 완전접착을 유도하는 재료 개발을 목표로 함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (2): 국외(네덜란드)에서 관찰된 불연속면에서의 파괴 문제는 롤링이 가능하면서 열가소성인 재료를 찾기 어려울 수 있으므로, 줄눈부를 결속할 수 있는 재료나 장치를 연구 내용에 포함하도록 함. 예를 들어 EVA 열접착제를 이용하거나, 줄눈부의 롤링 재료의 단면 안쪽에 반대편 롤링 재료와 체결과 온도 변화에 따른 다소의 수축팽창이 가능한 장치를 삽입하여, 주행 시에는 타이어와 접촉을 피하면서 재료간의 결속을 유지할 수 있음

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (3): 국외(네덜란드)에서 우려하는 하부 층과의 부착은 줄눈부에서의 문제와 줄눈부 불연속면에서와의 동일한 이유로 발생되는 것을 알 수 있음. 또한 Rollpave는 하부 층의 평탄성이 직접적으로 상부로 영향을 미치게 되므로, 하부 층

의 평탄성을 확보할 수 있는 조립식 콘크리트 포장 기층을 주요 하부 층으로 제안함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (4): 국외(네덜란드)의 Rollpave 포장의 경우에는 개발된 혼합물에 대한 물리적인 특성(인장강도, 압축강도 등) 만을 평가하고 바인더나 골재의 개별적인 특성 또는 Rollpave 포장 시스템의 구조적 해석을 진행하지 않았기 때문에, 현장의 Rollpave 포장에서 발생하는 불연속면 파손이나 라벨링 등 주요파손의 원인을 규명하기 어려웠음. 따라서 본 기획과제에서는 rollable 포장을 구성하는 개별요소 각각과 구조를 평가하기 위한 세부항목을 연구 주제로 제안함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (5): 국외(네덜란드)의 Rollpave 포장의 경우에는 재료 개발사에서 제시하는 저소음 포장의 공용성에만 평가를 두어 연구가 진행되었으나, 국내에서는 재료 및 시공에 관련된 품질공정 및 시방서를 연구기간동안에 제시함. 따라서 이러한 공개된 규정을 설계사 또는 시공사와 공유하여 시공업체의 기술 보유를 유도함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (6): 국외(네덜란드) Rollpave 포장의 경우에는 신설포장을 중심으로 재료 및 장비개발이 이루어졌으나, 본 기획과제에는 이미 시공된 포장의 유지보수를 고려한 기술개발을 목표로 하여 확장성있는 기술이 되도록 제시함

○ 국외 조립식 포장과의 차별성 (7): 국외(네덜란드) Rollpave의 경우에는 하부층의 상태를 고려한 시공기술을 개발하지 않아 그 적용성이 제한적이나, 본 기획과제에서 제안하는 포장형식은 기존층 또는 하부층을 고려한 형식 또는 이들을 보완할 수 있는 복합포장(Composite Pavement)형식으로 이러한 제약으로부터 자유로울 수 있음

4. 특허 분석

(1) 분석 개요

○ 조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법 개발에서 제시한 기술의 국내외적 수준을 평가하기 위하여 특허 동향 조사를 실시함

(2) 분석 목적

○ 조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법을 개발함에 있어, 조립식 도로 설계기술, 조립식 도로 해석기술, 조립식 도로 지반 적정기술, 롤링 카펫 연성도로포장재료, 기능성 콘크리트 패널 슬래브, 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술, 조립식 도로포장 생산설비 기술, 조립식 도로포장 시공기술, 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술에 대하여 특허동향분석을 실시함

(3) 분석 범위

○ 본 분석에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 3개(중분류)의 연구기획 기술 분야를 특허분석대상으로 하였으며, ~2012년 5월(검색일)까지 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와 ~2012년 5월(검색일)까지 출원등록 된 미국 등록특허를 분석 대상으로 함

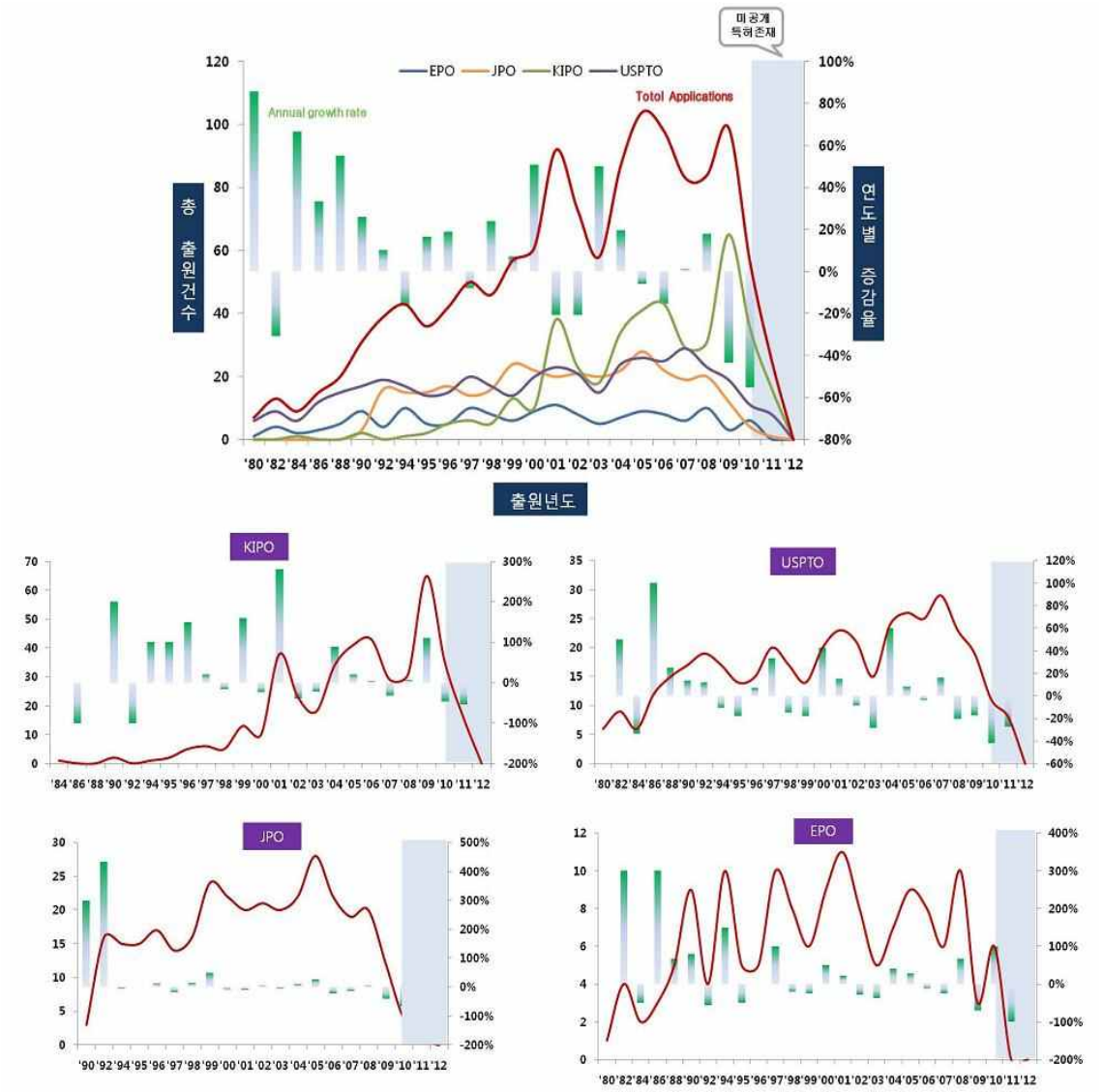
(4) 기술분류체계

<표 2-17> 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법	조립식 도로시스템	조립식 도로 설계 기술
		조립식 도로 해석기술
		조립식 도로 지반 적정기술
	조립식 도로재료	롤러블 카펫 연성도로포장 재료 기술
		기능성콘크리트 패널 슬래브 기술
	조립식도로 시공 및 유지보수	조립식도로포장 재료생산 및 제작기술
		조립식도로포장 생산설비기술
		조립식도로포장 시공기술
		조립식도로포장 유지관리 및 쾌속보수기술

(5) 주요시장국 연도별 특허동향

○ 조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 거기적인 관점에서 분석 초기구간인 1980년대에는 출원건수가 많지 않았으나 1990년 초반 이후 출원 건수가 지속적으로 증가하여 2000년대 중반 최고점을 이룬 후 2008년경 감소한 후 다시 증가하여 2000년대 중반과 비슷한 출원건수 유지함.

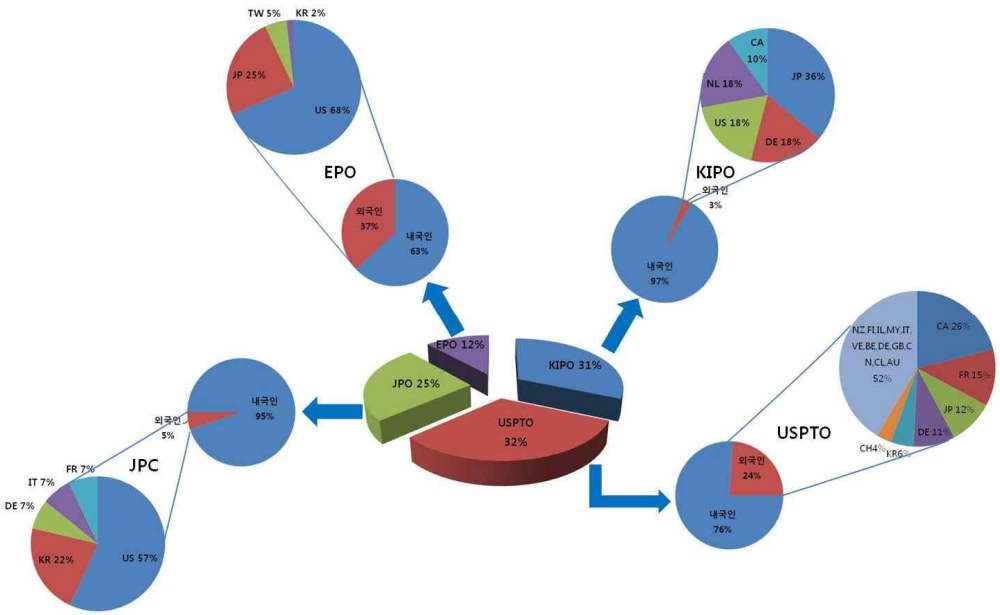


〈그림 2-22〉 전체 연도별 동향

○ 한국의 경우, 1990년대 후반부터 출원건수가 급격히 증가하고 있고, 미국, 일본의 경우 2000년대 중반에 출원건수가 최고점을 이룬 후 다소 감소하는 경향을 보임

(6) 주요시장국 내외국인 특허출원 현황

○ 조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 유럽의 경우 출원건수가 상대적으로 적으나 한국, 미국 및 일본의 경우 출원건수가 유사하여, 특별이 조립식 도로포장 설계, 시공 및 유지보수 공법 분야의 연구개발은 특정 국가에 집중되지 않은 것으로 파악됨

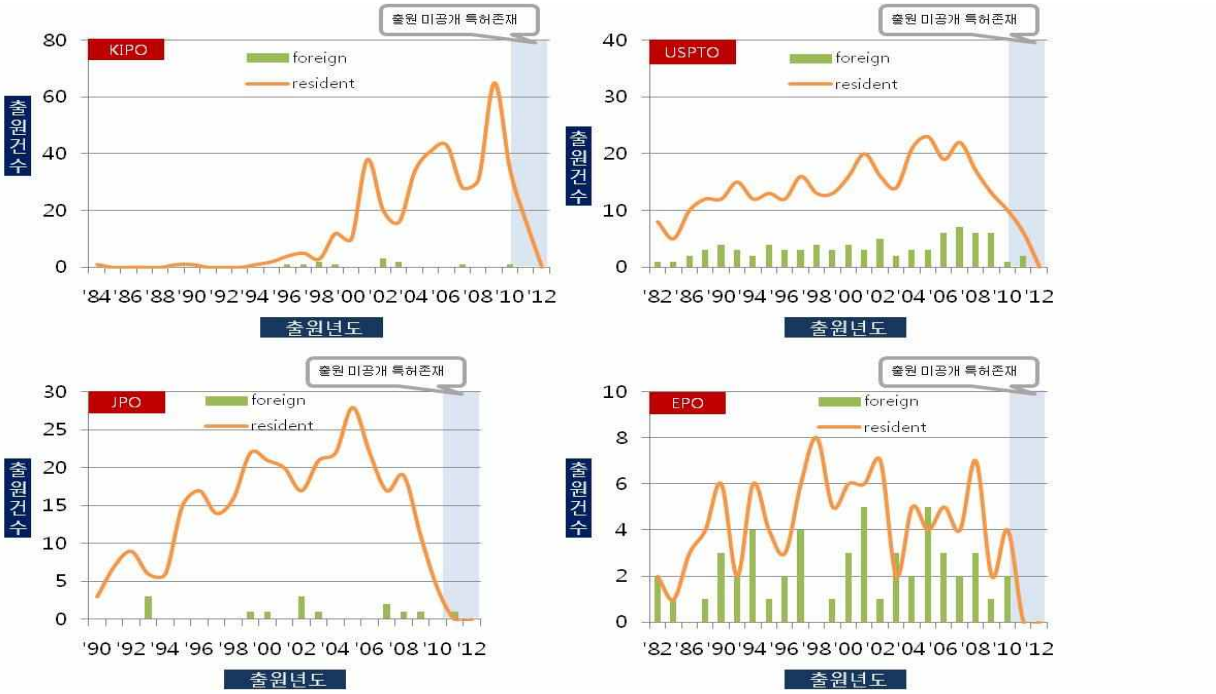


〈그림 2-23〉 주요시장국 내외국인 특허출원현황

○ 주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국, 미국, 일본 및 유럽은 각각 내국인 점유율이 97%, 76%, 95%, 63%로서 내국인에 의한 특허활동이 활발한 것으로 나타났으며, 특히 한국 및 일본은 내국인에 의한 특허활동이 압도적으로 많은 것으로 나타남

○ 이는, 한국 국적 및 일본 국적의 출원인들이 내국 위주의 특허활동을 하고 있는 동시에, 타 주요시장국에서 한국과 일본 시장에 진출하는 비율이 높지 않기 때문인 것으로 판단되며, 이를 볼 때, 해외 국적의 출원인들이 한국 및 일본의 시장성을 미국 및 유럽에 비하여 상대적으로 더 낮은 것으로 판단하여 한국 및 일본 시장에 적극적으로 진입하지 않고 있기 때문인 것으로 볼 수 있음

○ 미국에서 외국인 점유율을 살펴보면, 캐나다 국적의 출원인들의 점유율이 26%를 차지하여 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 프랑스, 일본 및 독일 국적의 출원인들은 점유율이 15%, 12%, 11%를 차지하고 있는 것으로 나타남. 한편, 미국의 연도별 출원동향을 보면, 2000년대 후반에 진입하여 내국인 및 외국인에 의한 출원이 감소세에 있는 것으로 나타남



〈그림 2-24〉 연도별 주요시장국 내외국인 특허출원현황

○ 주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국, 미국, 일본 및 유럽은 각각 내국인 점유율이 97%, 76%, 95%, 63%로서 내국인에 의한 특허활동이 활발한 것으로 나타났으며, 특히 한국 및 일본은 내국인에 의한 특허활동이 압도적으로 많은 것으로 나타남

○ 이는, 한국 국적 및 일본 국적의 출원인들이 내국 위주의 특허활동을 하고 있는 동시에, 타 주요시장국에서 한국과 일본 시장에 진출하는 비율이 높지 않기 때문인 것으로 판단되며, 이를 볼 때, 해외 국적의 출원인들이 한국 및 일본의 시장성을 미국 및 유럽에 비하여 상대적으로 더 낮은 것으로 판단하여 한국 및 일본 시장에 적극적으로 진입하지 않고 있기 때문인 것으로 볼 수 있음

○ 미국에서 외국인 점유율을 살펴보면, 캐나다 국적의 출원인들의 점유율이 26%를 차지하여 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 프랑스, 일본 및 독일 국적의 출원인들은 점유율이 15%, 12%, 11%를 차지하고 있는 것으로 나타남. 한편, 미국의 연도별 출원동향을 보면, 2000년대 후반에 진입하여 내국인 및 외국인에 의한 출원이 감소세에 있는 것으로 나타남

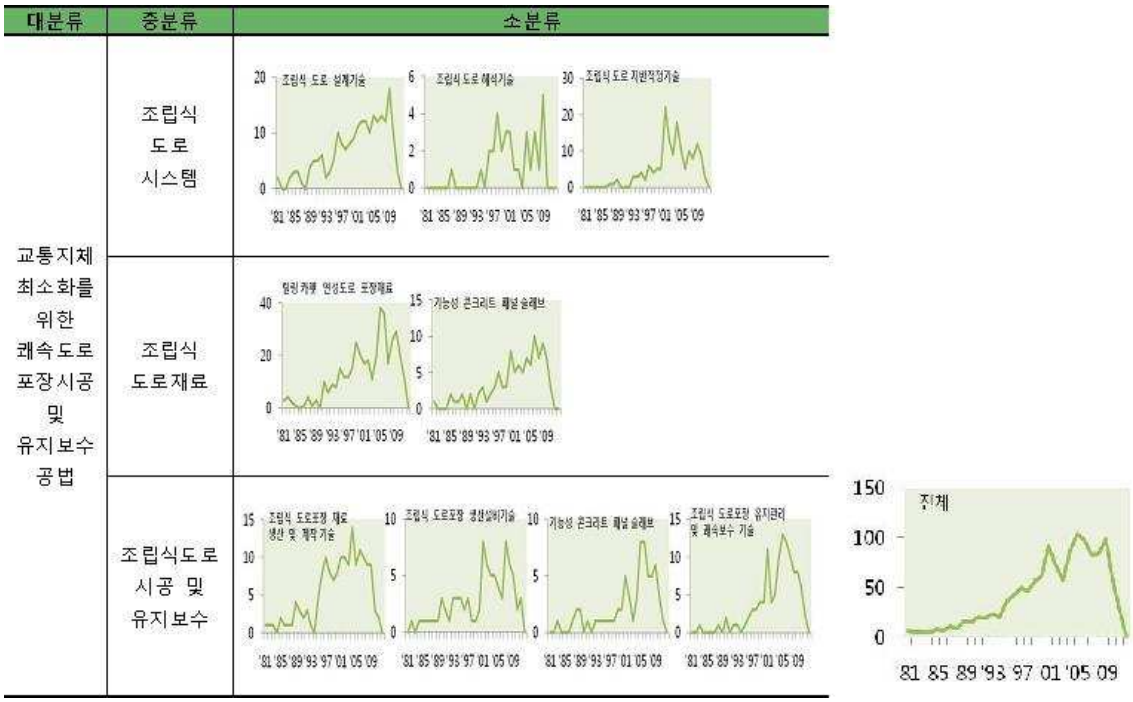
○ 주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 통해, 토목·건설 분야에 속하는 교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 분야에 종사하는 기업 및 연구소는 해외진출이 상대적으로 부진한 것으로 판단됨

(6) 세부기술별 추세선을 통한 출원 증가율 분석

○ 교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 분야의 소분류별 추세 분석에 따르면, 본 기술 분야는 전체적으로 출원건수가 증가세를 보이는 것으로 나타남

○ 전체적으로 대부분의 기술분야가 증가세이나, 조립식 도로 지반 적정기술, 조립식 도로 포장 유지관리 및 쾌속보수 기술은 2000년 중반이후 점차 출원건수가 감소하고 있음

○ 롤링 카펫 연성도로포장재료 기술은 상대적으로 많은 출원건수를 차지하여 타 분야에 비하여 연구개발이 많이 이루어지고 있으며, 조립식 도로 해석기술은 상대적으로 적은 출원건수를 차지하여 타 분야에 비해 연구개발이 미미한 것으로 판단됨



〈그림 2-25〉 세부기술별 추세선 분석

(7) 개발 핵심기술별 분석

□ 조립식 도로시스템

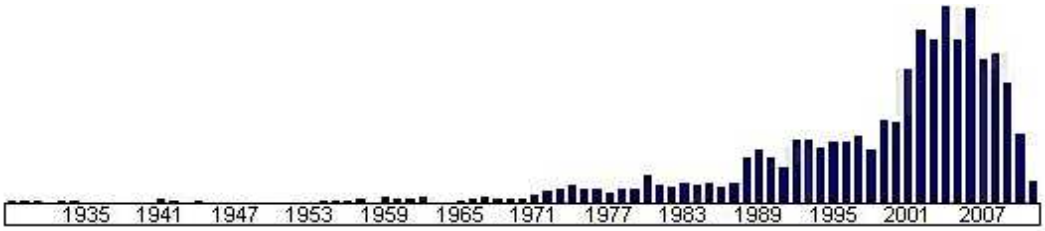
○ 조립식 도로시스템 또는 rollable pavement, modular pavement 시스템에 관련된 특허는 2010년 네덜란드에서 출원중인 것이 유일하나, 출원과정 중으로 내용이 특허 세부내용이 알려지지는 않은 것으로 파악되었음.

□ 조립식 도로재료

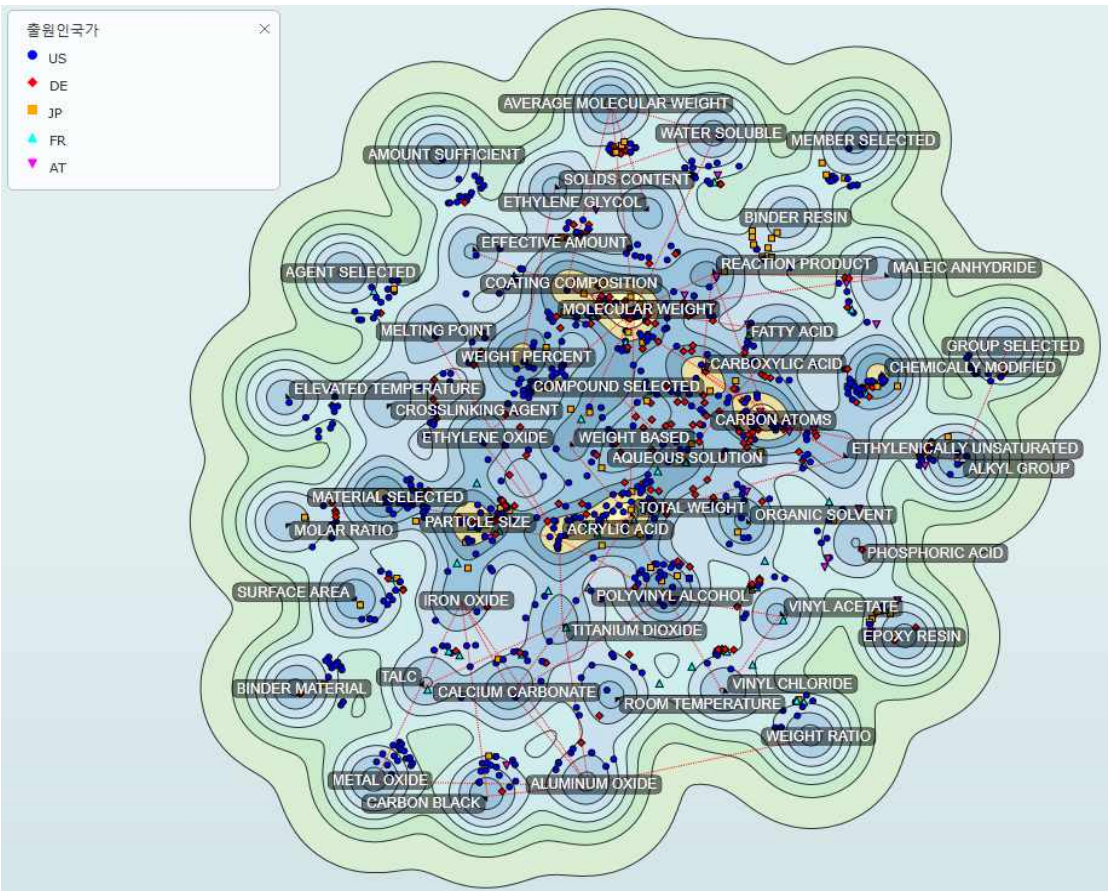
① 화학적 개질 바인더

○ 세계적으로 1930년대부터 총 1514개의 특허가 검색되었으며 2000년대 초반에 주로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 미국, 독일, 일본, 프랑스 등으로 나타났으며 그중에서도 미국과 독일이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음 특허의 대부분은 Acrylic Acid, Carbon Atoms, Carboxilic Acid 및 Coating Composition 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-26〉 특허출원 및 등록 추이(화학적 개질 바인더)

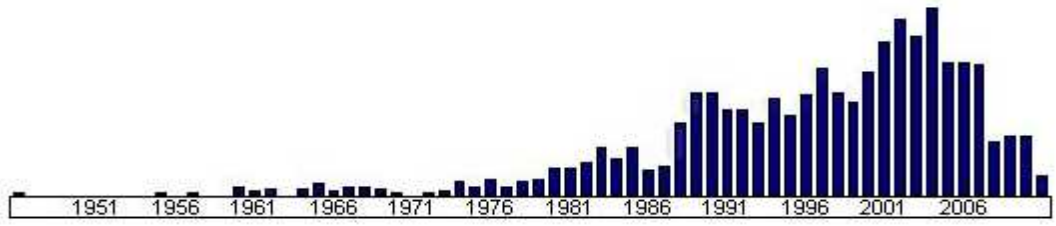


〈그림 2-27〉 국가별 특허맵(화학적 개질 바인더)

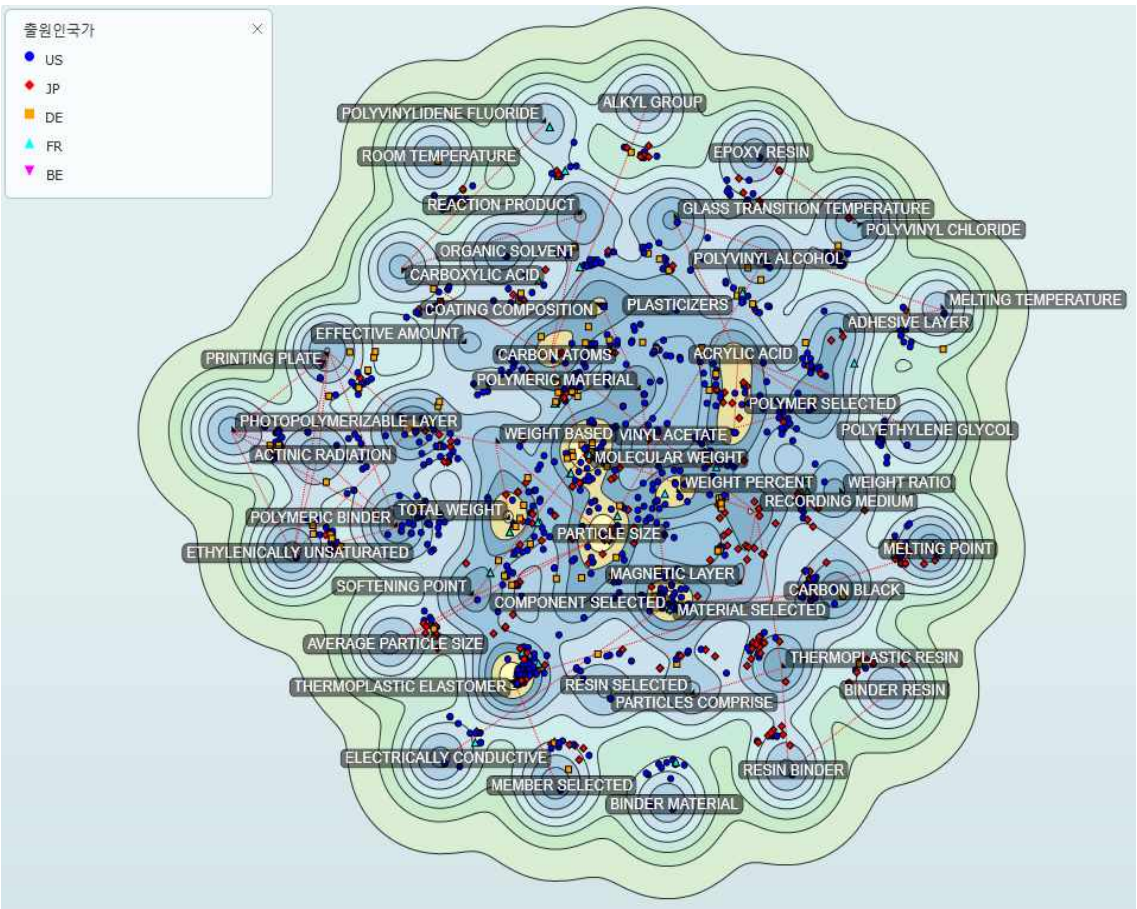
② 열가소성 탄성체 바인더

○ 세계적으로 1950년대부터 총 1287개의 특허가 검색되었으며 1990년대 초반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 미국, 독일, 일본, 프랑스 등으로 나타났으며 그중에서도 미국과 일본이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Acrylic Acid, Carbon Atoms, Carboxilic Acid 및 Particale Size 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-28〉 특허출원 및 등록 추이(열가소성 탄성체 바인더)

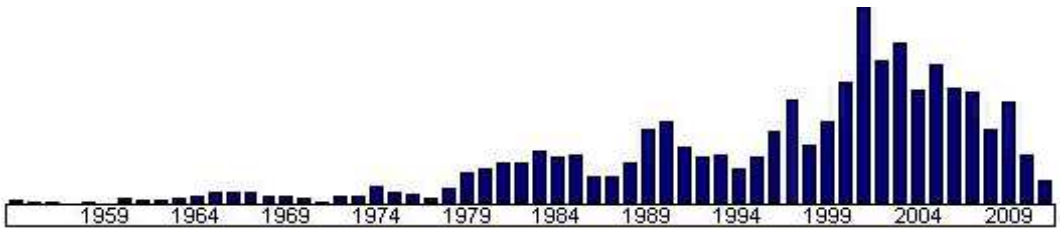


〈그림 2-29〉 국가별 특허맵(열가소성 탄성체 바인더)

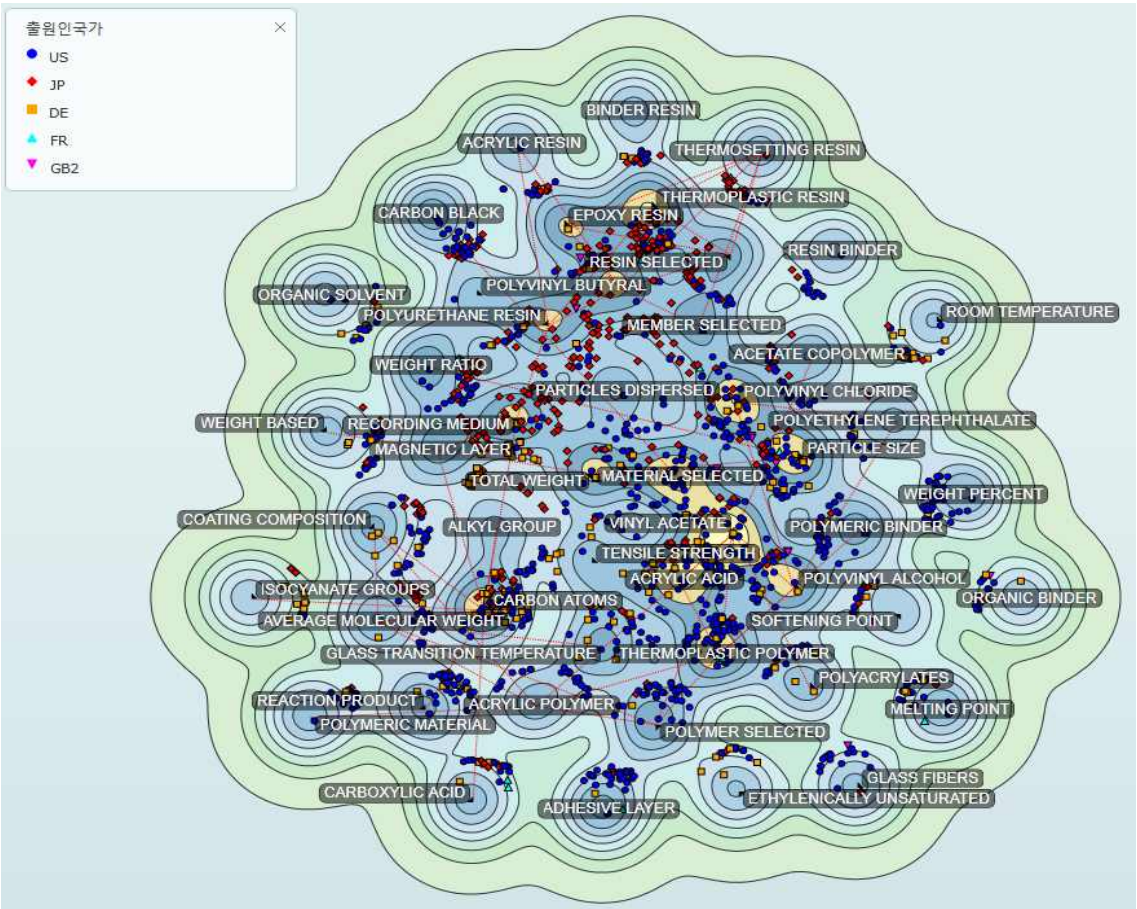
③ 열가소성 폴리우레탄 바인더

○ 세계적으로 1950년대부터 총 1773개의 특허가 검색되었으며 1970년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 미국, 독일, 일본, 프랑스 등으로 나타났으며 그중에서도 미국과 일본이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Epoxy Resion, Thermoplastic Resin, Vinyl Acetate 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-30〉 특허출원 및 등록 추이(폴리 우레탄 바인더)

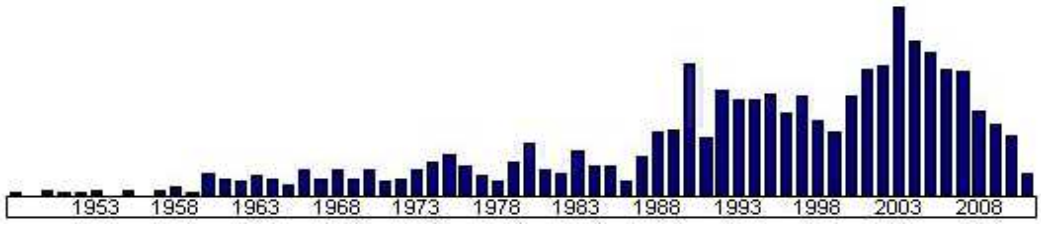


〈그림 2-31〉 국가별 특허맵(폴리 우레탄 바인더)

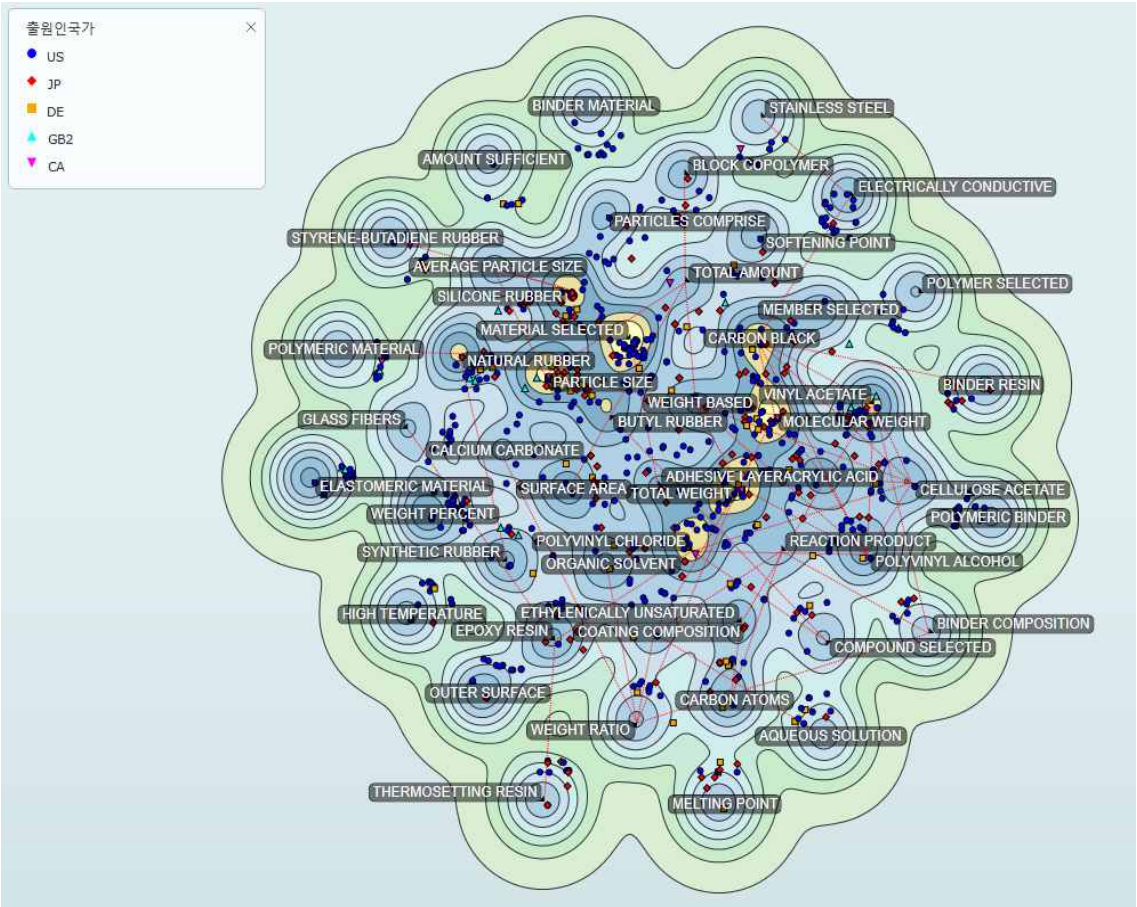
④ 고무 탄성체 바인더

○ 세계적으로 1950년대부터 총 1365개의 특허가 검색되었으며 1980년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 미국, 일본, 독일, 캐나다 등으로 나타났으며 그중에서도 미국과 독일이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Silicone Rubber, Carbon Black, Adhesive Layer, Polyvinyl Chloride 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-32〉 특허출원 및 등록 추이(고무 탄성체 바인더)

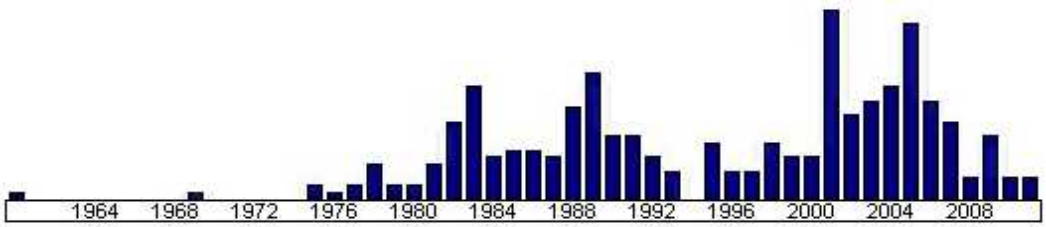


〈그림 2-33〉 국가별 특허맵(고무 탄성체 바인더)

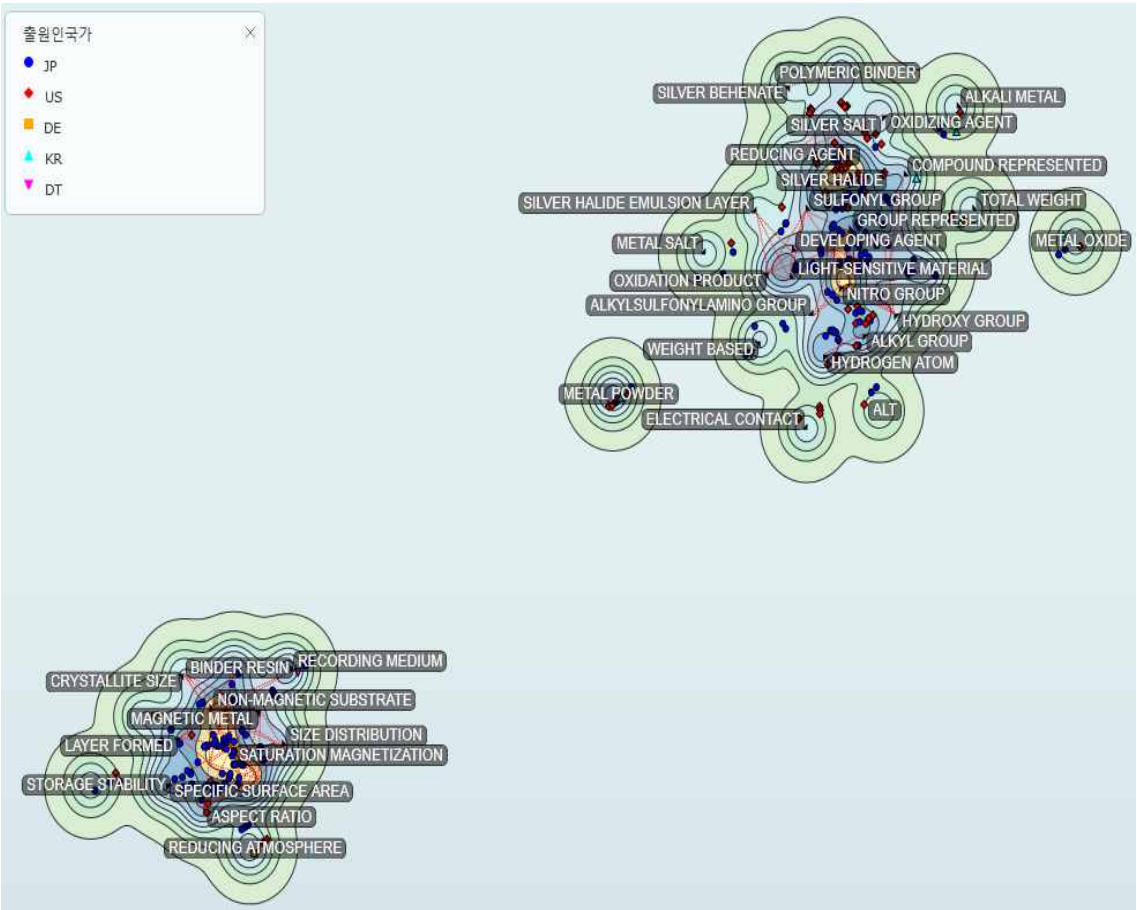
⑤ 산화 안정성을 고려한 탄성 고분자 바인더

○ 세계적으로 1970년대부터 총 1365개의 특허가 검색되었으며 1970년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 미국, 일본, 독일, 한국 등으로 나타났으며 그중에서도 일본과 미국이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Light Sensitive Material, Reducing Agent, Magnetic Metal 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-34〉 특허출원 및 등록 추이(산화안정성 바인더)

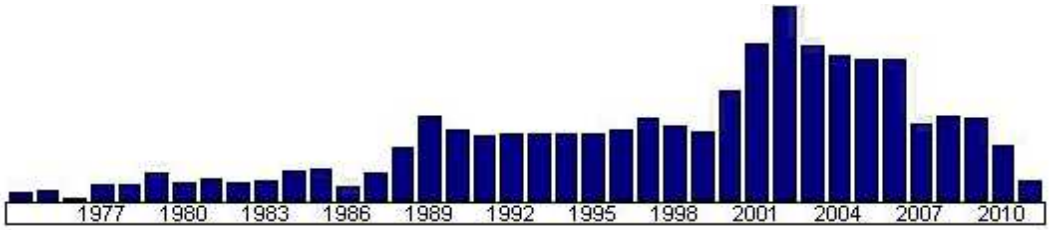


〈그림 2-35〉 국가별 특허맵(산화안정성 바인더)

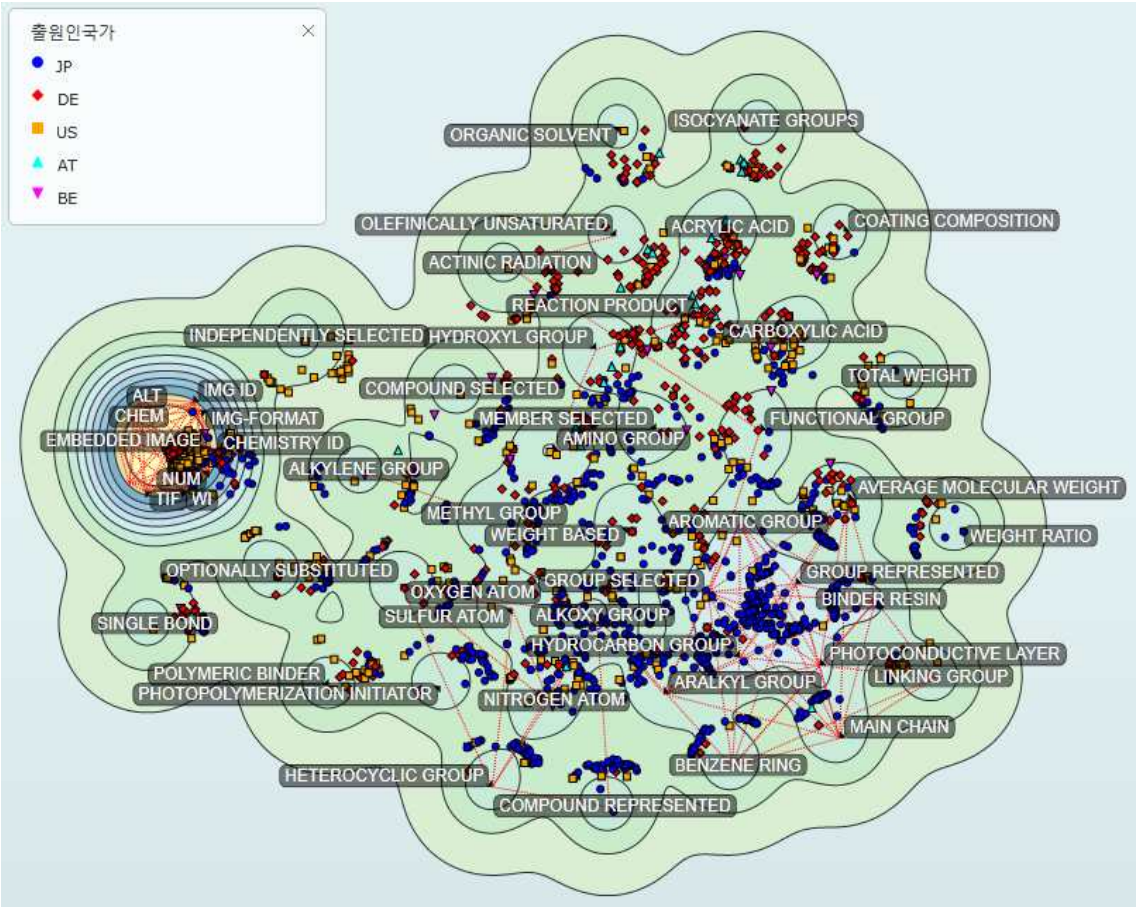
⑥ 탄소이중결합을 배제 가능한 탄성 고분자 바인더

○ 세계적으로 1970년대부터 총 1400개의 특허가 검색되었으며 1980년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 일본, 독일, 미국, 호주 등으로 나타났으며 그중에서도 일본과 독일이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Embedded Image, IMG ID, Binder Resion 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-36〉 특허출원 및 등록 추이(탄소이중결합 바인더)

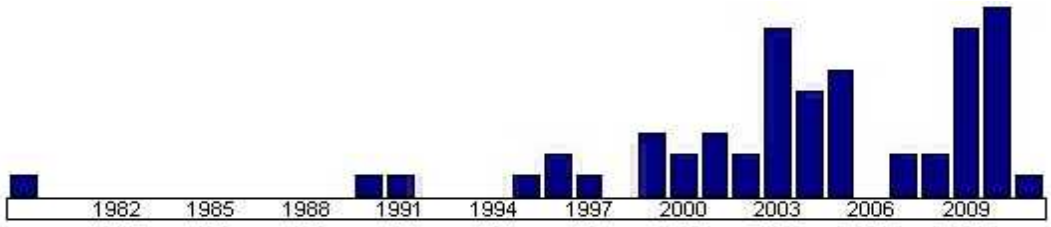


〈그림 2-37〉 국가별 특허맵(탄소이중결합 바인더)

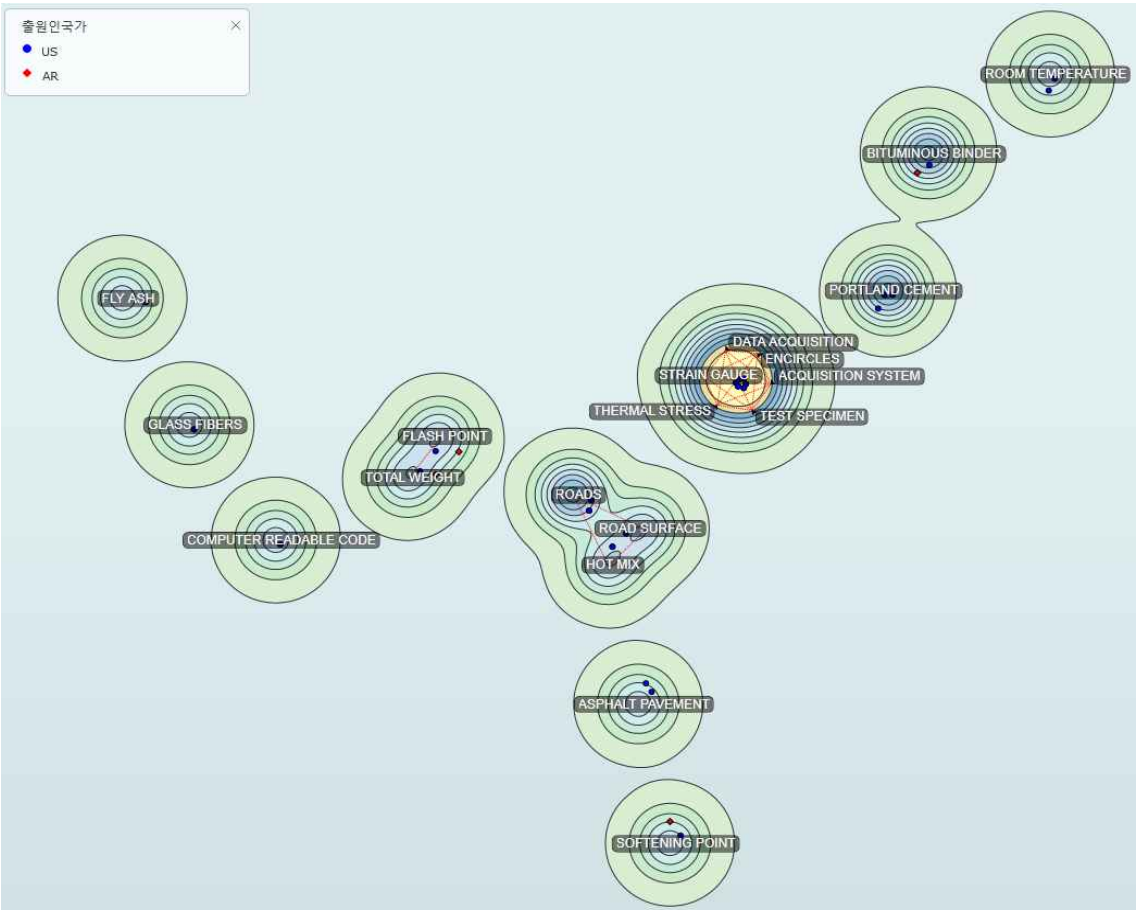
⑦ **바인더 물성 실험법:** Dynamic Mechanical Analysis(DMA), Dynamic Shear Rheometer(DSR), Direct Tension Tester(DTT), Bending Beam Rheometer(BBR), Multiple Stress Creep and Recovery(MSCR) Test

○ 세계적으로 1970년대부터 총 116개의 특허가 검색되었으며 1990년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 일본, 호주 등으로 나타났음. 특허의 대부분은 Strain Gauge, Acquisition System, Data Acquisition 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-38〉 특허출원 및 등록 추이(아스팔트 바인더 실험법)

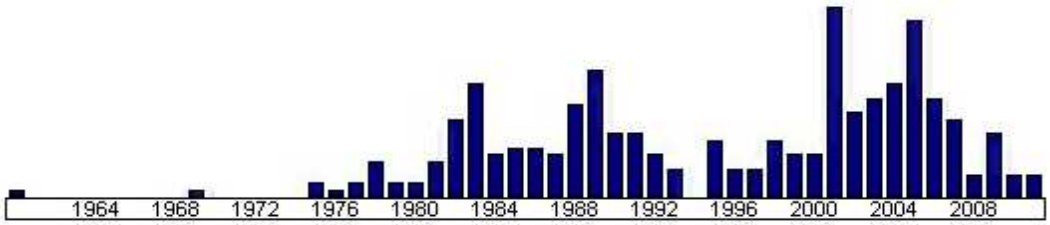


〈그림 2-39〉 국가별 특허맵(아스팔트 바인더 실험법)

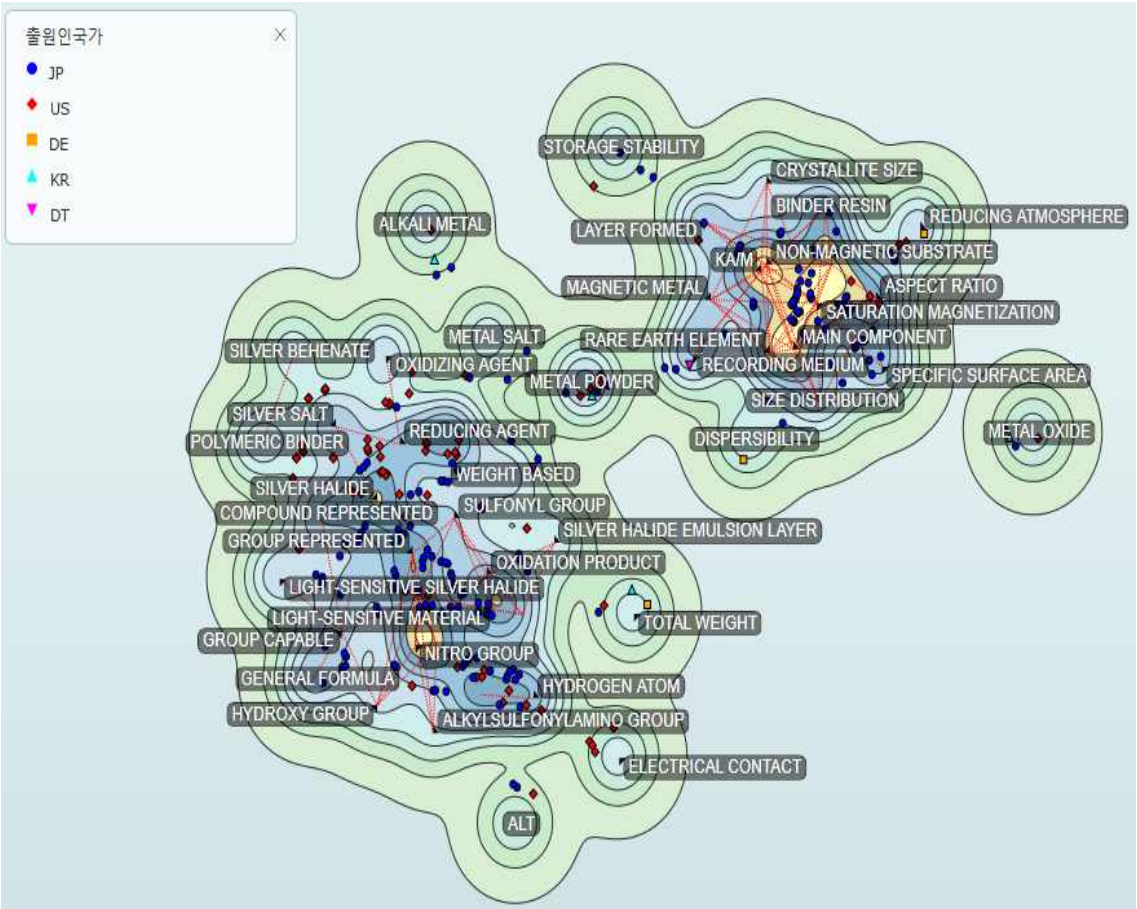
⑧ 바인더의 산화안정성 검토를 위한 실험 방법

○ 세계적으로 1970년대부터 총 306개의 특허가 검색되었으며 1980년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 일본, 미국, 독일, 한국 등으로 나타났음. 특허의 대부분은 Saturation Magentization, Magnetic Metal, Non-Magnetic Substrate 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-40〉 특허출원 및 등록 추이(바인더의 산화안정성)

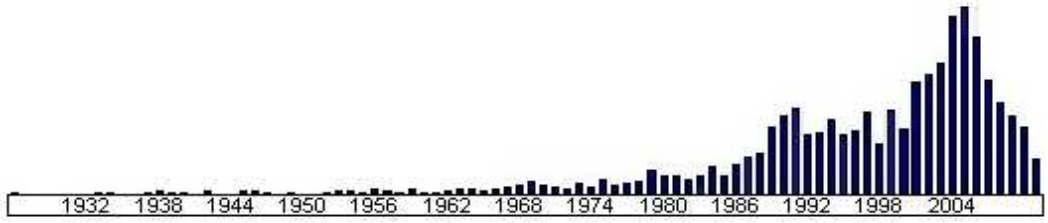


〈그림 2-41〉 국가별 특허맵(바인더의 산화안정성)

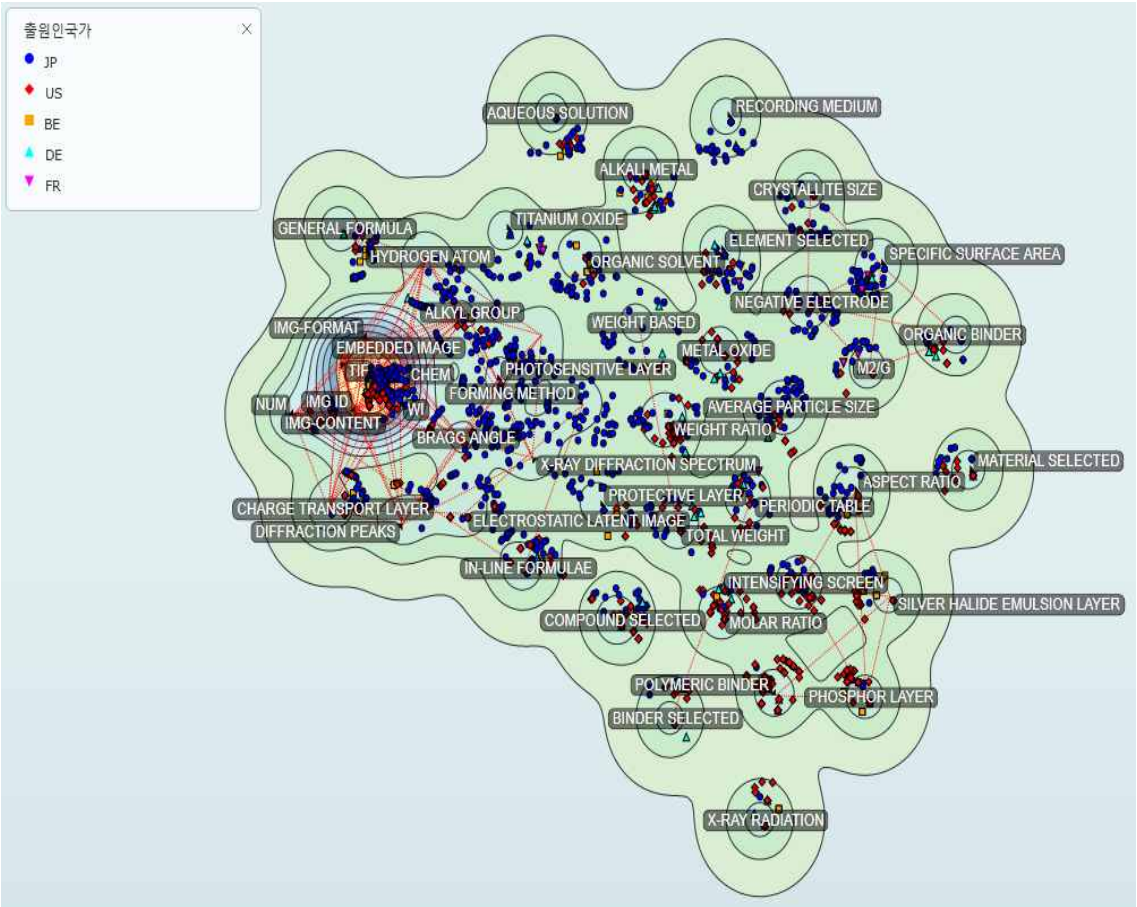
⑨ X-선 회절분석 실험을 이용한 화학적 개질 바인더의 결합특성 평가

○ 세계적으로 1960년대부터 총 3408개의 특허가 검색되었으며 1980년대 후반을 시작으로 많은 특허가 출원 및 등록 된 것으로 분석되었음

○ 미국내 특허를 출원 또는 등록한 주된 국가는 일본, 미국, 독일, 프랑스 등으로 나타났으며 그중에서도 일본과 미국이 많은 분야에서 특허를 출원 또는 등록한 것으로 나타났음. 특허의 대부분은 Embedded Image, IMG ID, IMG Content 등의 키워드에서 집중적으로 출원 또는 등록된 것으로 분석되었음



〈그림 2-42〉 특허출원 및 등록 추이(X-선 회절분석 실험)



〈그림 2-43〉 국가별 특허맵(X-선 회절분석 실험)

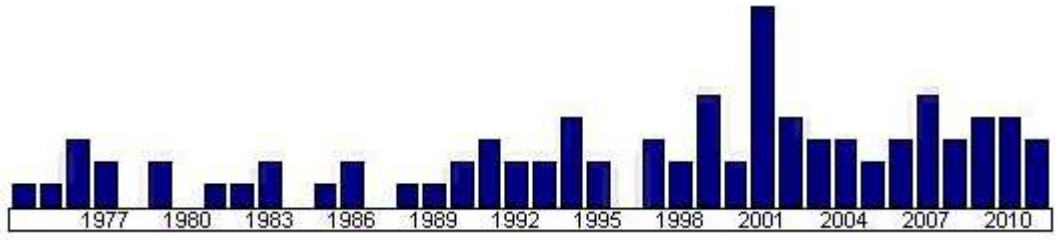
⑩ 사전 제작형 콘크리트 포장 첨가제

○ 사전 제작형 콘크리트 포장 첨가제에 관련된 특허는 5건 이하로 매우 작은 수만이 검색되었으며, 이중 유의한 재료는 아스팔트 또는 콘크리트 재료 파손에 패칭 재료에 첨가되는 저점도 레진이 검색되었음

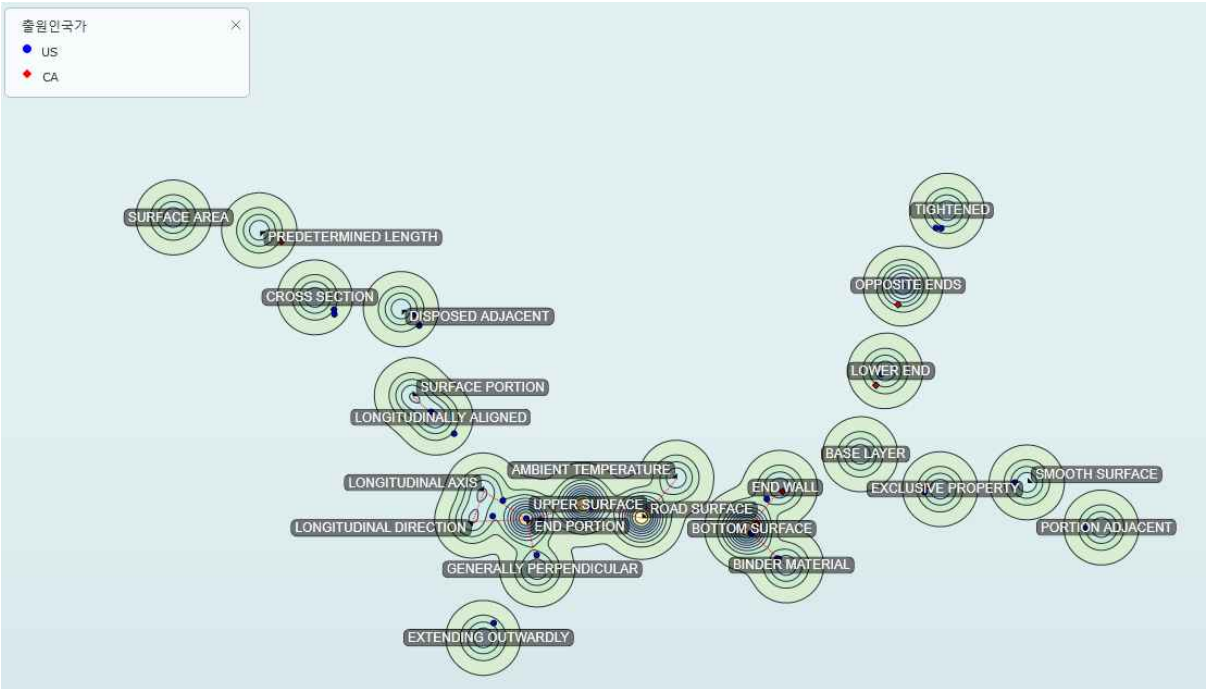
⑪ 사전제작형 포장 재료

○ 세계적으로 1977년대부터 총 112개의 특허가 검색되었으며 1990년대 후반을 시작으로 특허의 출원 및 등록이 증가된 것으로 분석되었음

○ 미국과 캐나다에서 사전제작형 포장 재료에 대한 특허를 출원 또는 등록하였으며, 이들은 포장 층을 구성하는 재료 이외에 기타 구조물에 대한 특허를 다수 포함하고 있음.



〈그림 2-44〉 특허출원 및 등록 추이(사전제작형 포장 재료)



〈그림 2-45〉 국가별 특허맵(사전제작형 포장 재료)

5. 논문분석

(1) 분석 개요

○ 교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 개발에서 제시한 기술의 국내외적 수준을 평가하기 위하여 논문 동향을 분석함

(2) 분석 목적

○ 교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법을 개발함에 있어, 조립식 도로 설계기술, 조립식 도로 해석기술, 조립식 도로 지반 적정기술, 롤링 카펫 연성도로 포장재료, 기능성 콘크리트 패널 슬래브, 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술, 조립식 도로포장 생산설비 기술, 조립식 도로포장 시공기술, 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술의 세계적 기술수준을 평가하기 위하여 논문 분석을 수행함.

(3) 분석 범위

○ 논문 동향 조사는 Scopus를 이용하였으며, 주요 개발핵심 기술에 대한 연도별 논문 수와 공동연구 네트워크를 평가하였음.

(4) 기술 분류 체계

<표 2-18> 기술 분류 체계

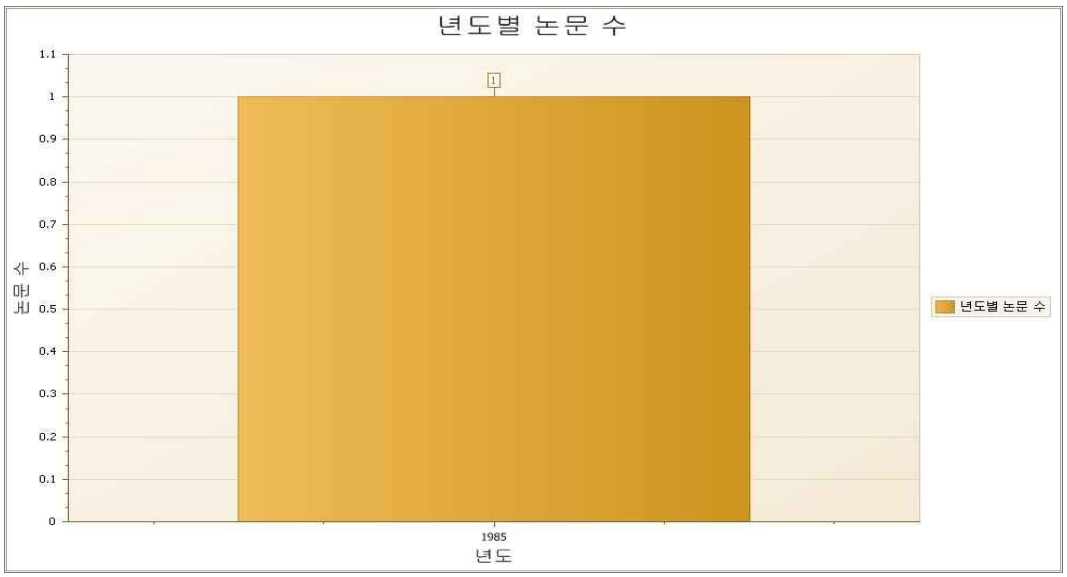
대분류	중분류	소분류
교통지체 최소화를 위한 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 공법	조립식 도로시스템	조립식도로 설계기술
		조립식도로 해석기술
		조립식도로 지반 적정기술
	조립식 도로재료	롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술
		기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술
	조립식도로 시공 및 유지보수	조립식도로포장 재료생산 및 제작기술
		조립식도로포장 생산설비기술
		조립식도로포장 시공기술
		조립식도로포장 유지관리 및 쾌속보수기술

(5) 분석방법 및 결과

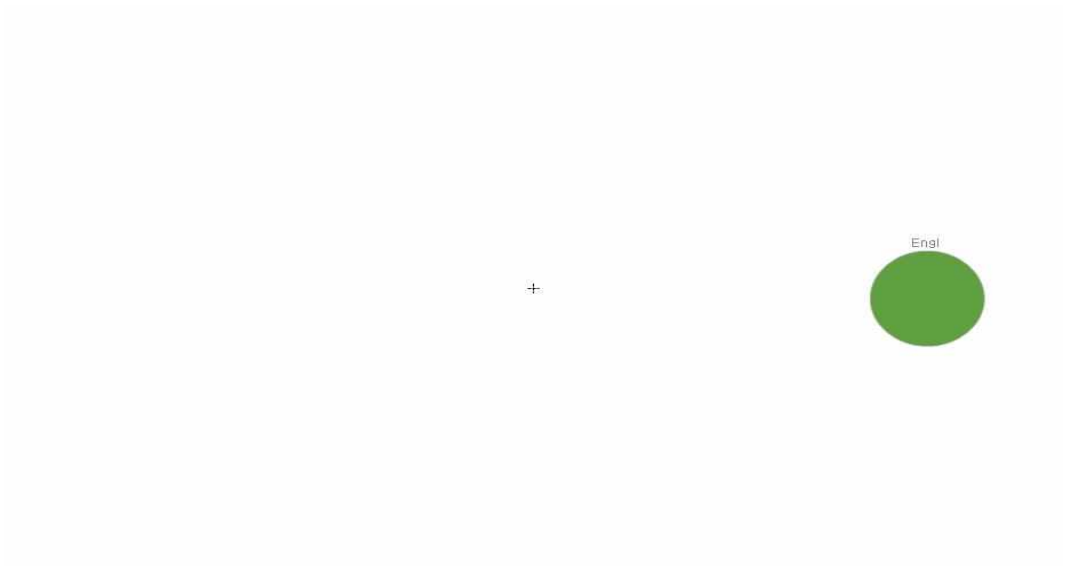
□ 조립식 도로시스템

① Rollpave, Rollable Pavement

○ Rollable pavement는 이전에 연구가 거의 이루어지지 않은 새로운 분야의 연구로서, 1985년에 이집트에서 발표된 논문은 본 과제에서 추구하는 쾌속 시공형 도로와는 거리가 있음. 네덜란드에서는 이미 실용화단계에 있으나, 특허 및 기술 유출을 대비하기 위하여 논문발표를 하지 않은 것으로 분석됨



〈그림 2-46〉 연도별 논문발표 동향(Rollpave 또는 Rollable Pavement 개발)



〈그림 2-47〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(Rollpave 또는 Rollable Pavement 개발)

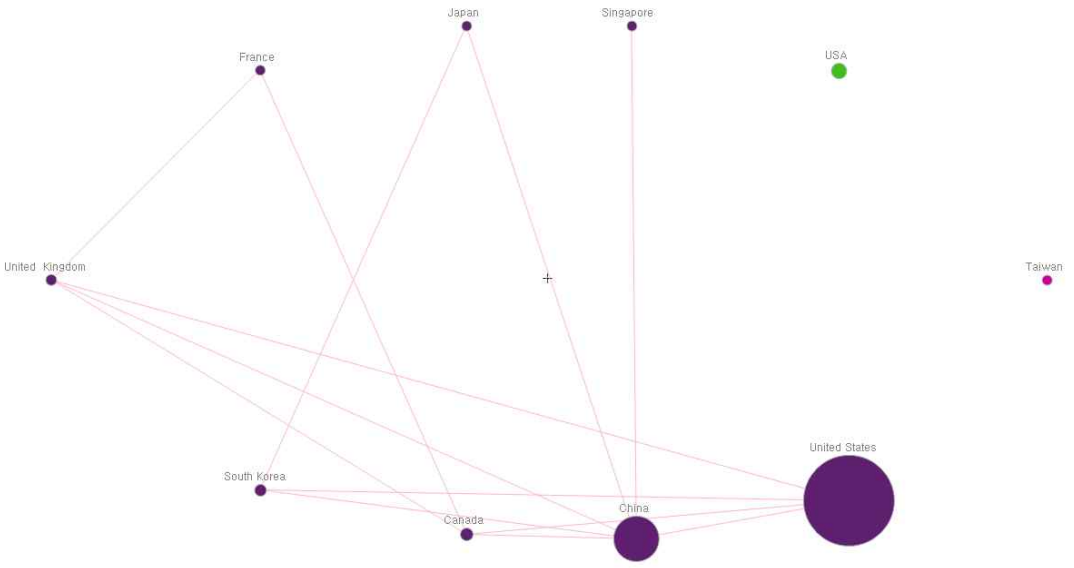
② 경량 또는 장지간 콘크리트 슬래브

○ 경량 콘크리트 또는 장지간 콘크리트 슬래브 포장에 관련된 논문은 1970년부터 1500여 건이며, 1980년대 초반과 2000년대 초반에 활발히 연구가 이루어졌음.

○ 국가별로는 미국과 중국에서 관련된 연구를 가장 활발히 하고 있으며, 그 뒤를 이어 독일 등에서 공동연구를 진행하고 있음.



〈그림 2-48〉 연도별 논문발표 동향(경량 또는 장지간 콘크리트 슬래브)



〈그림 2-49〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(경량 또는 장지간 콘크리트 슬래브)

③ 탈현장 제작식 콘크리트 포장

○ 탈현장 제작식 콘크리트 포장에 관련된 논문은 1978년부터 80여건이며, 1990년대부터 서서히 증가하기 시작하여 현재까지 평균 약 4~6편의 논문이 꾸준히 발표되고 있음.

○ 국가별로는 미국이 탈현장 제작식 콘크리트 포장에 관련된 연구를 가장 활발히 하고 있으며, 공동연구가 활발하게 이루어지지는 않고 있음.



〈그림 2-50〉 연도별 논문발표 동향(탈현장 제작식 콘크리트 포장)



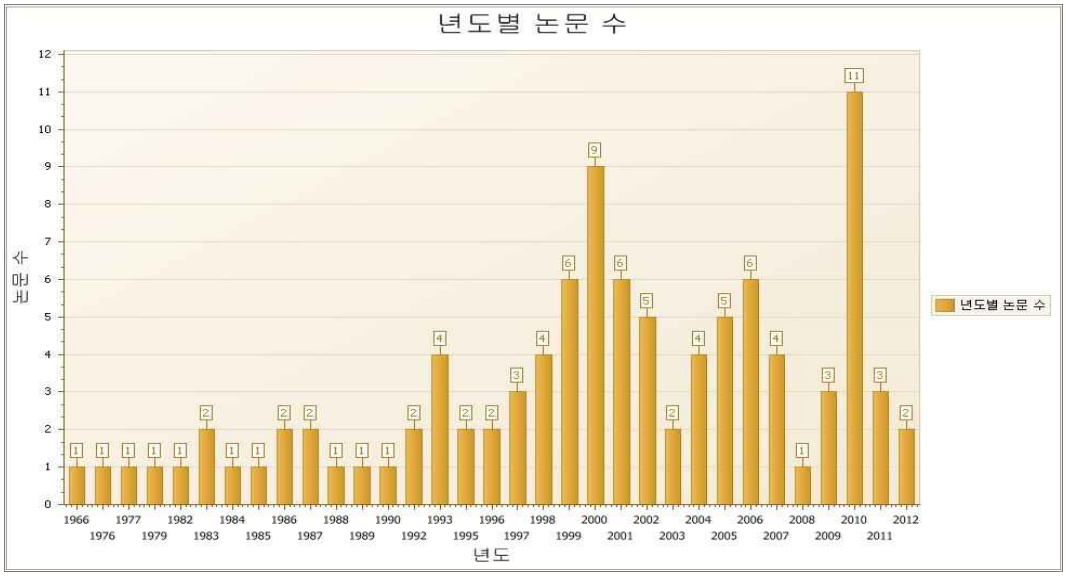
〈그림 2-51〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(탈현장 제작식 콘크리트 포장)

□ 조립식 도로재료

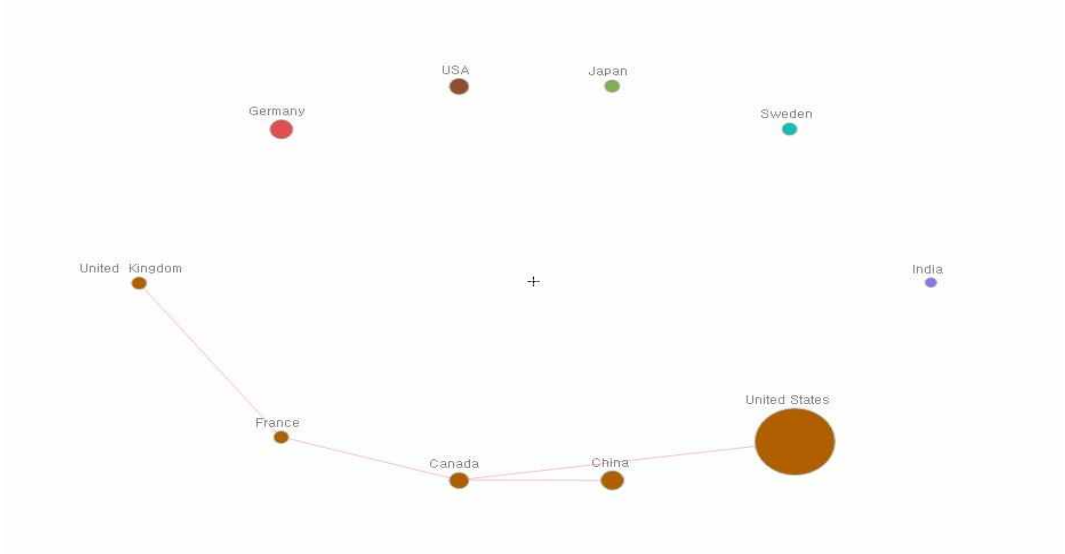
① 화학적 개질 바인더

○ 화학적 개발바인더에 관련된 논문은 1966년부터 100여건이며, 1990년대 초반부터 증가하기 시작하여 2000년대 초반부터 현재까지 평균 약 6~8편의 논문이 꾸준히 발표되고 있음

○ 국가별로는 미국이 화학적 개질 아스팔트 바인더에 관련된 연구를 가장 활발히 하고 있으며, 그 뒤를 이어 독일, 영국 등에서 연구를 진행하고 있음. 미국, 중국, 영국, 캐나다 및 프랑스 등에서 공동연구를 수행하고 있음



〈그림 2-52〉 연도별 논문발표 동향(화학적 개질 바인더)

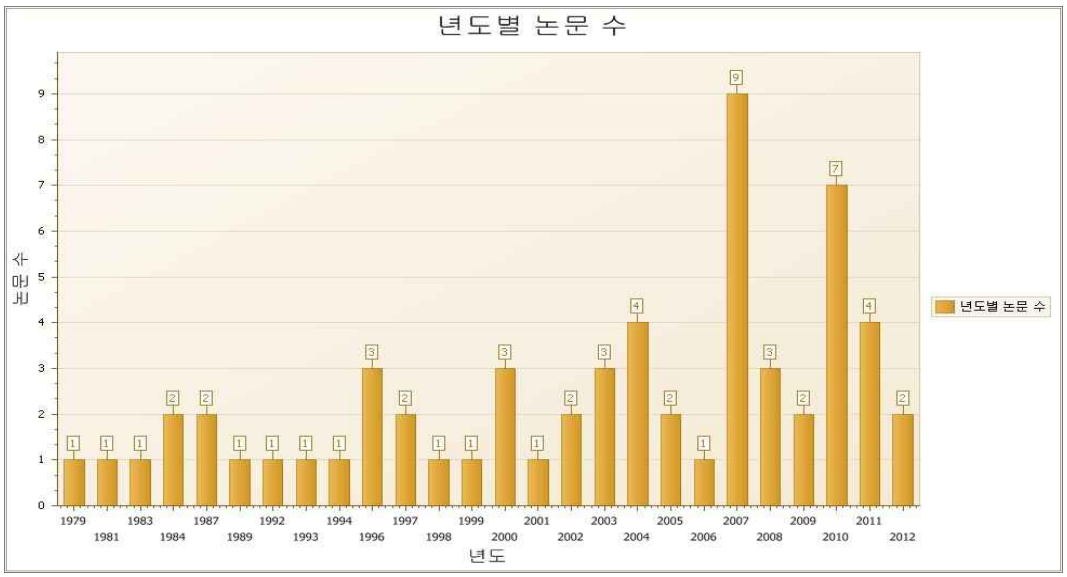


〈그림 2-53〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(화학적 개질 바인더 개발)

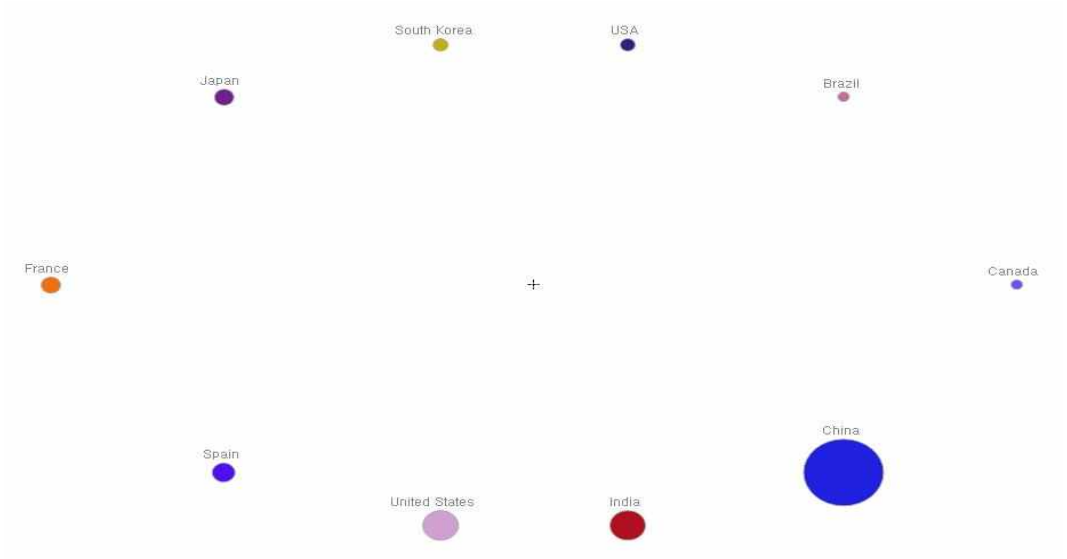
② 열가소성 탄성체

○ 열가소성 탄성체를 이용한 바인더의 관련된 논문은 1979년을 시작으로 현재까지 61건이 발표되었으며, 2000년을 기준으로 꾸준히 증가하고 있는 경향을 나타내는 것으로 분석되었음

○ 중국, 미국, 인도 등에서 개별적인 연구가 이루어지고 있으며, 공동연구는 아직 활발하지 않은 것으로 분석되었음



〈그림 2-54〉 연도별 논문발표 동향(열가소성 탄성체 바인더)

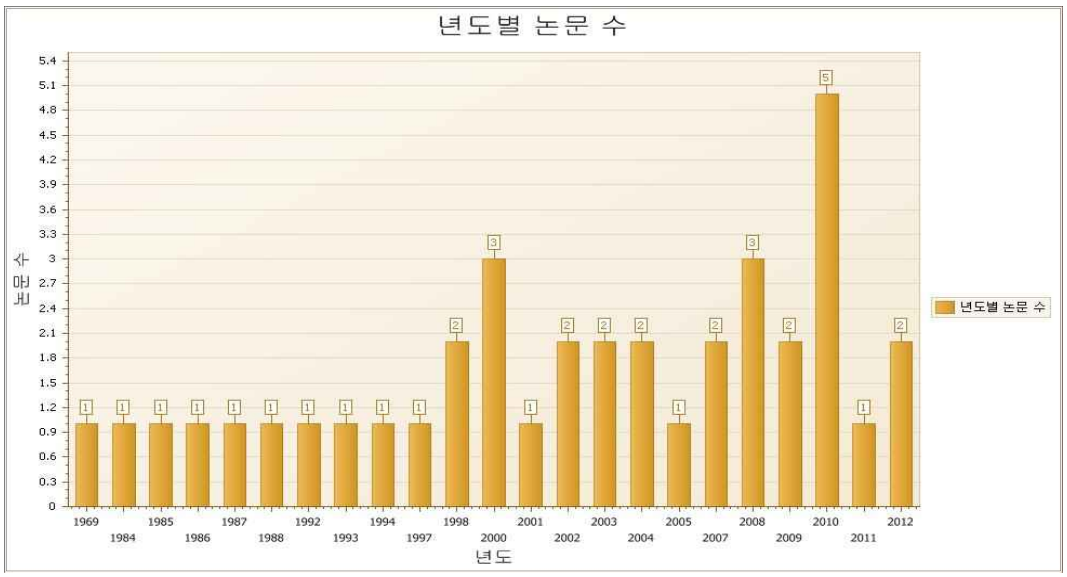


〈그림 2-55〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(열가소성 탄성체 바인더)

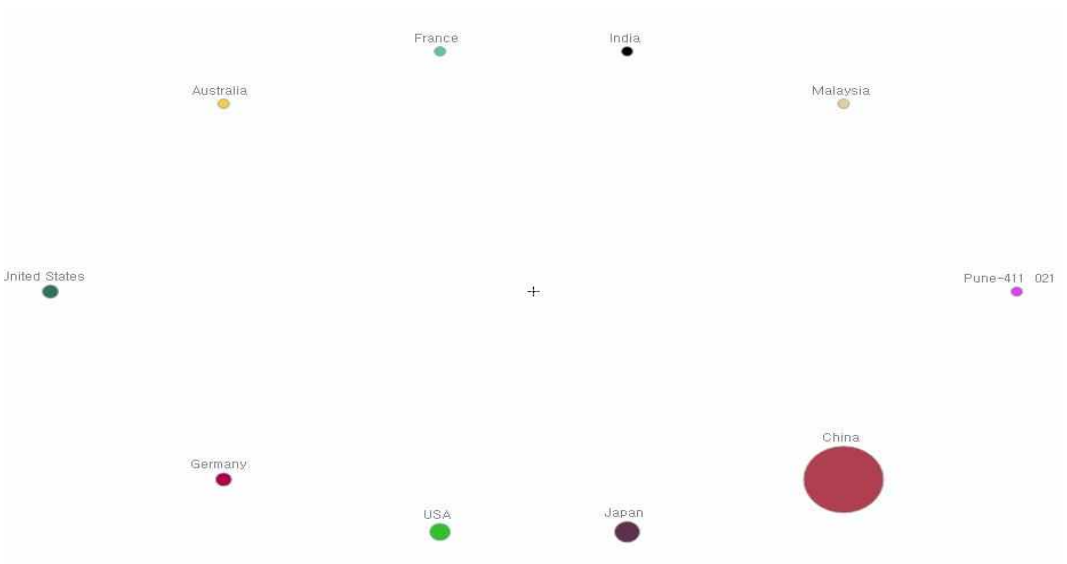
③ 열가소성 폴리우레탄

○ 열가소성 우레탄 바인더에 대한 연구는 1969년부터 현재까지 38편의 논문이 발표되었으며, 1990년 후반부터 꾸준히 증가되고 있음

○ 국가별로는 중국을 중심으로 일본, 미국 등에서 연구가 진행되고 있으며, 공동연구는 활발하지 않은 것으로 분석되었음



〈그림 2-56〉 연도별 논문발표 동향(열가소성 폴리우레탄 바인더)

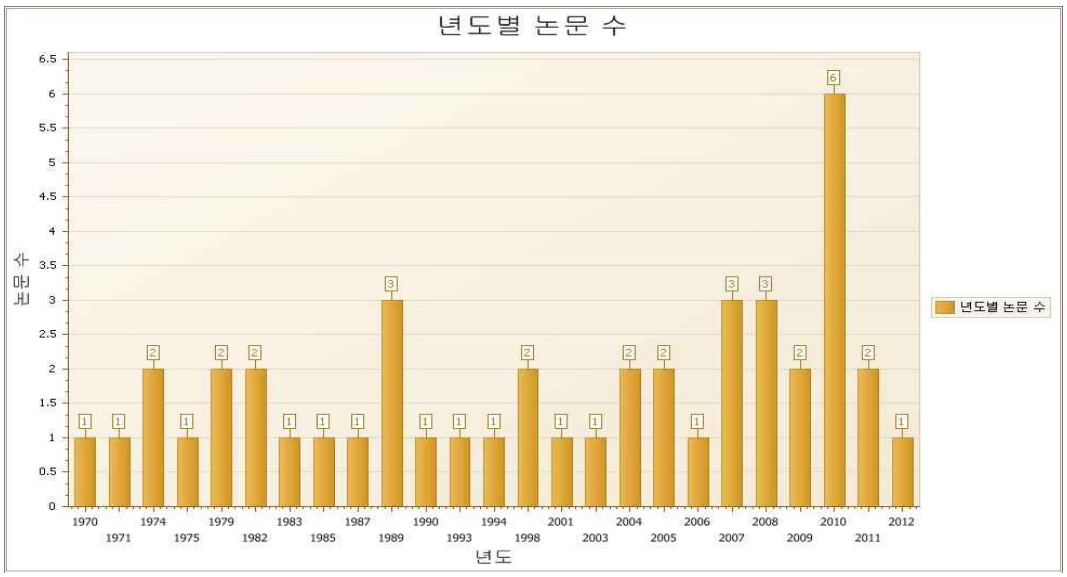


〈그림 2-57〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(열가소성 폴리우레탄 바인더)

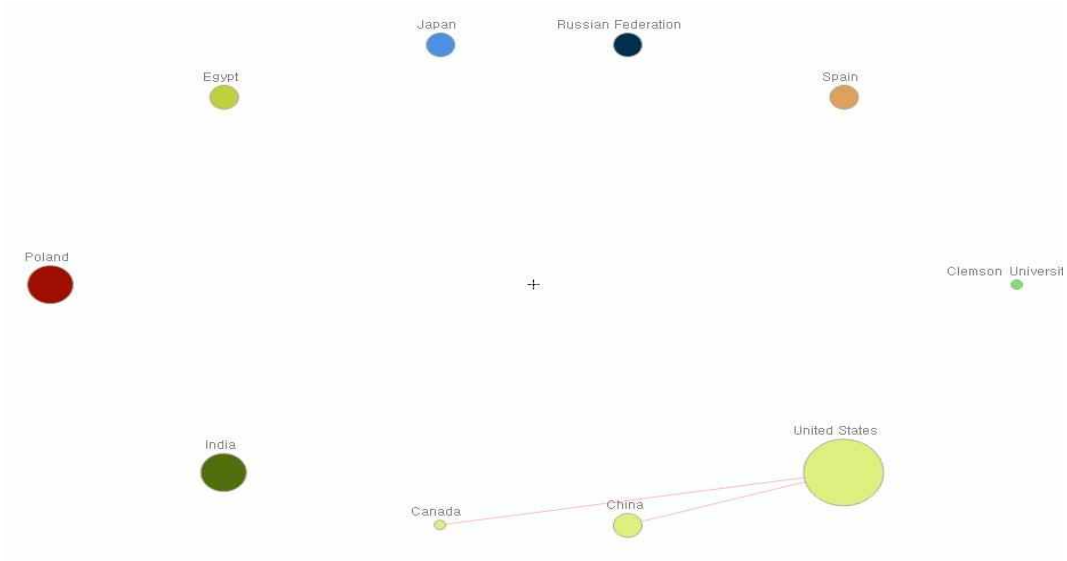
④ 고무 탄성체 바인더

○ 고무 탄성체 바인더는 1970년대부터 현재까지 44건의 논문이 발표되었으며 2000년을 기준으로 꾸준히 증가되고 있는 경향을 나타냄

○ 미국을 중심으로 중국 및 캐나다에서 공동연구가 진행된 바 있으며, 폴란드와 인도 등에서도 개별적인 연구가 진행되고 있음



〈그림 2-58〉 연도별 논문발표 동향(고무 탄성체 바인더)



〈그림 2-59〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(고무 탄성체 바인더)

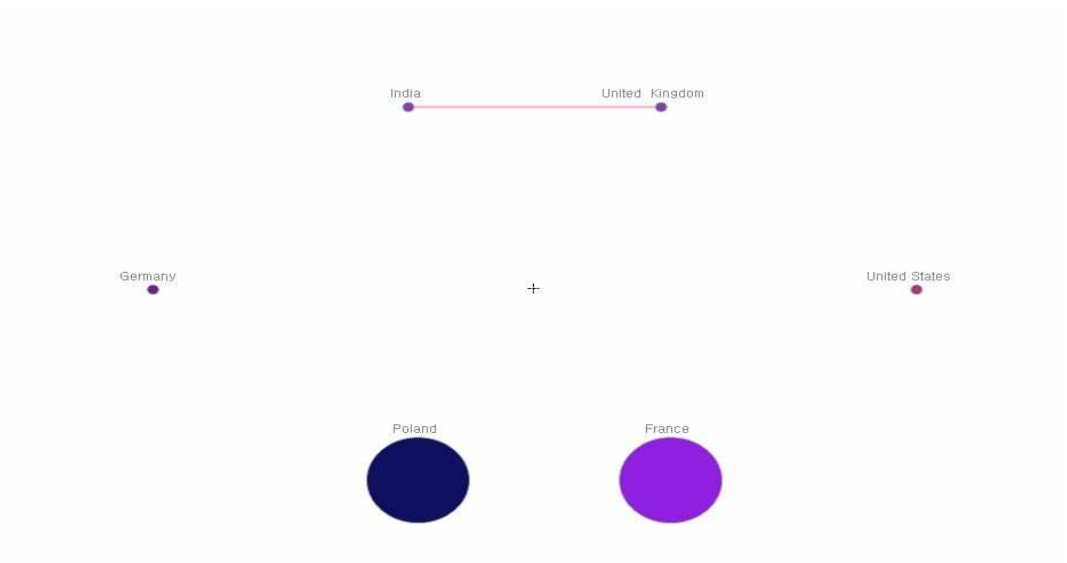
⑤ 산화 안정성을 고려한 탄성 고분자 바인더

○ 산화 안정성을 고려한 탄성 고분자에 관련된 논문은 1978년부터 12건이며, 1970년대 후반부터 꾸준히 발표되고 있음. 산화 안정성에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있는 것으로 분석됨

○ 국가별로는 프랑스와 폴란드를 중심으로 연구가 이루어졌으며, 인도와 영국에서 공동연구를 진행한 바 있음



〈그림 2-60〉 연도별 논문발표 동향(산화 안정성을 고려한 고분자 탄성체)

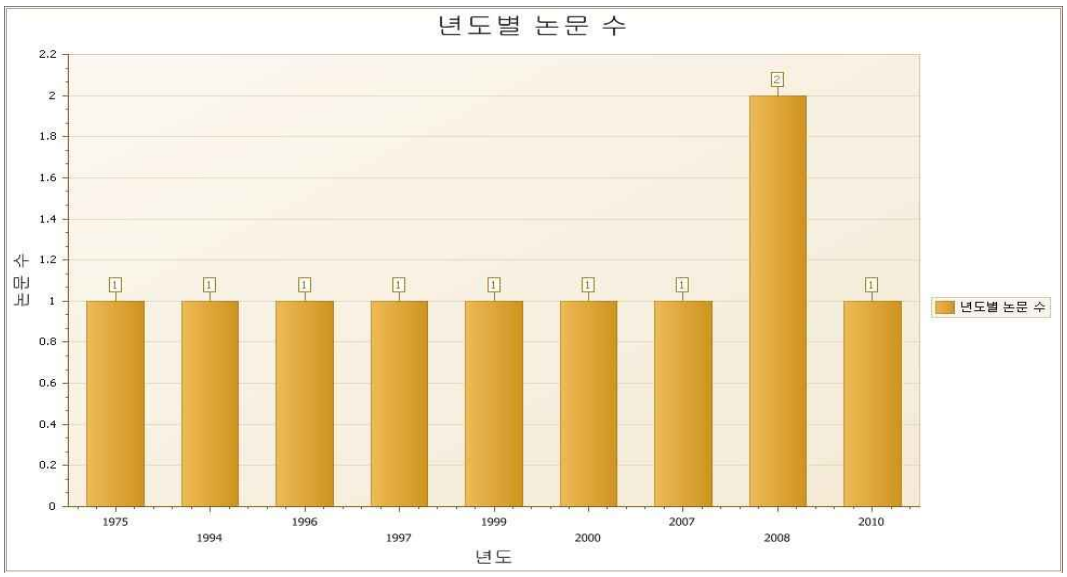


〈그림 2-61〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(산화 안정성을 고려한 고분자 탄성체)

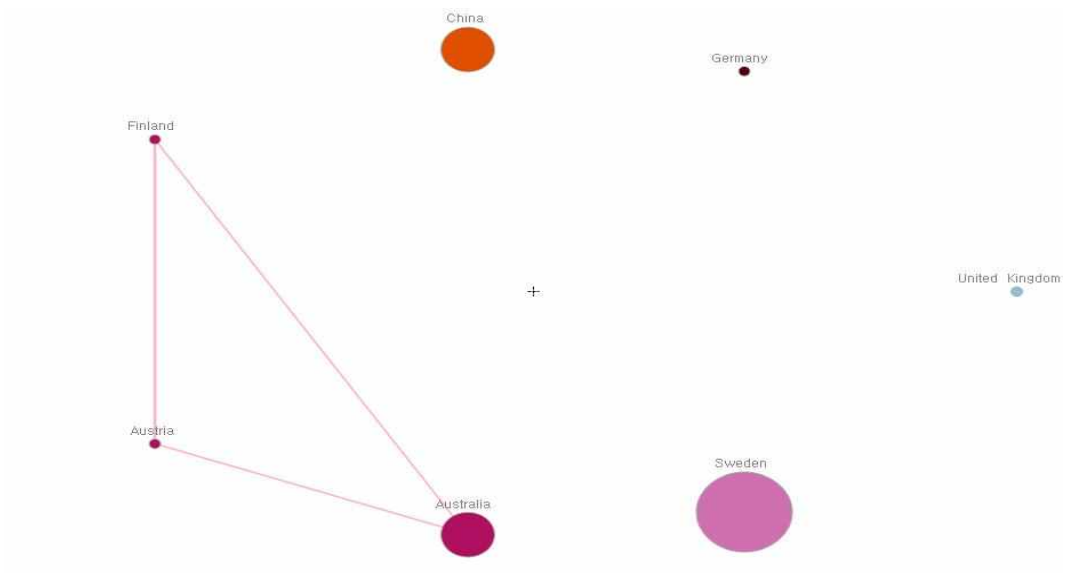
⑥ 탄소이중결합을 배제 가능한 탄성 고분자 바인더

○ 탄성고분자 바인더의 탄소이중결합을 주제로 발표된 논문은 1975년부터 10편이 발표되었으며, 이 분야에서의 연구는 활발하게 이루어지 않은 것으로 분석되었음

○ 스웨덴, 호주, 중국을 중심으로 연구가 진행된 바 있으며, 호주와 오스트리아, 핀란드에서는 공동연구가 수행된 바 있음



〈그림 2-62〉 연도별 논문발표 동향(탄소이중결합관련 바인더)



〈그림 2-63〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(탄소이중결합관련 바인더)

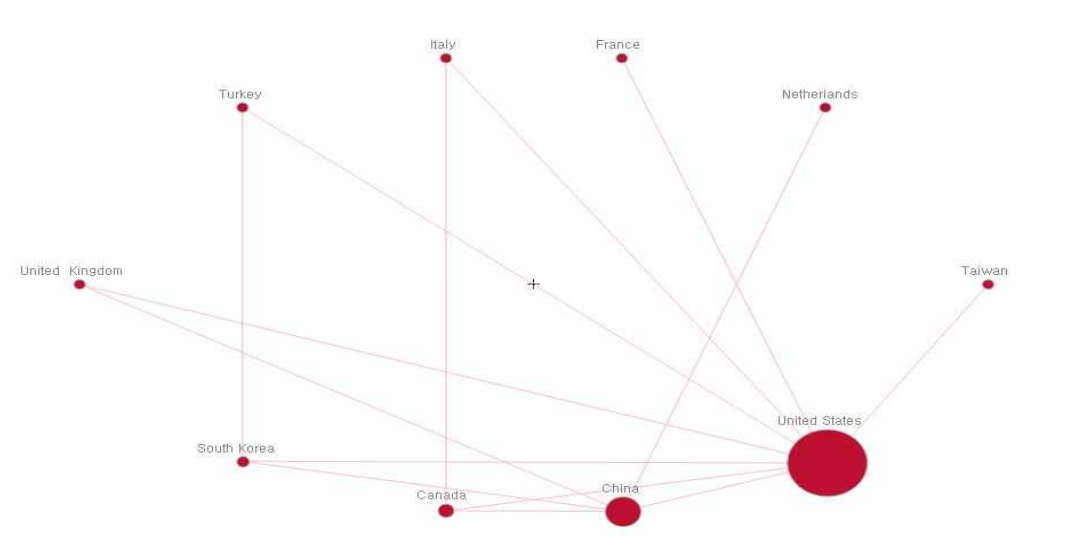
⑦ **바인더 물성 실험법:** Dynamic Mechanical Analysis(DMA), Dynamic Shear Rheometer(DSR), Direct Tension Tester(DTT), Bending Beam Rheometer(BBR), Multiple Stress Creep and Recovery(MSCR) Test

○ 아스팔트 바인더의 다양한 실험방법은 1940년대부터 시작되었으나, 1990년대 후반부터 연구가 활발하기 진행되어 2011년에는 189건에 달하는 논문이 발표되었음

○ 아스팔트 바인더의 물성 연구는 미국을 중심으로 한국, 네덜란드, 영국 및 중국 등 다양한 국가에서 진행되고 있음. 이들 사이의 공동연구도 꾸준히 증가하고 있는 추세로 분석됨



〈그림 2-64〉 연도별 논문발표 동향(아스팔트 바인더 물성 실험 방법)

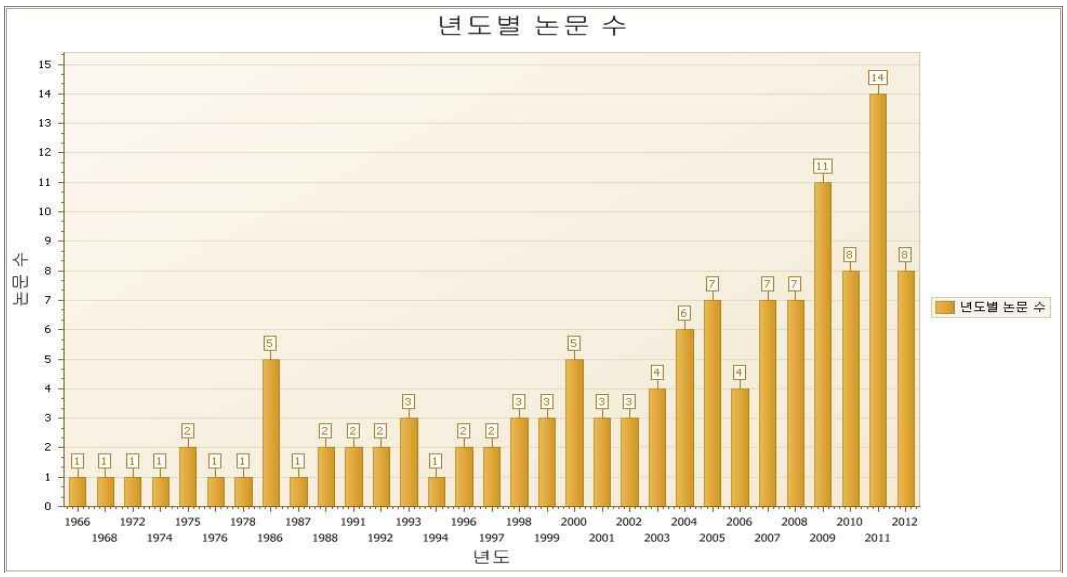


〈그림 2-65〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(아스팔트 바인더 물성 실험 방법)

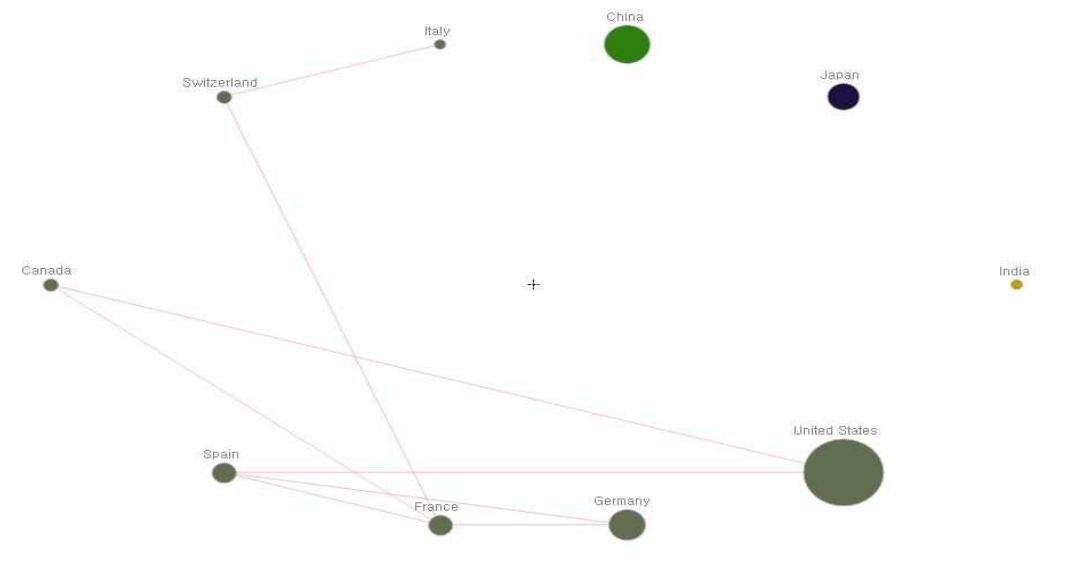
⑧ 바인더의 산화안정성 검토를 위한 실험 방법

○ 산화안정성에 관련된 연구는 1960년대부터 꾸준히 증가하여 최근에는 활발한 연구가 이루어지고 있는 것으로 분석되었음

○ 국가별로는 미국과 중국을 중심으로 독일, 일본, 프랑스 등에서 연구가 이루어지고 있으며, 스페인, 캐나다 등과의 공동연구가 활발히 수행되는 것으로 분석되었음



〈그림 2-66〉 연도별 논문발표 동향(산화 안정성)

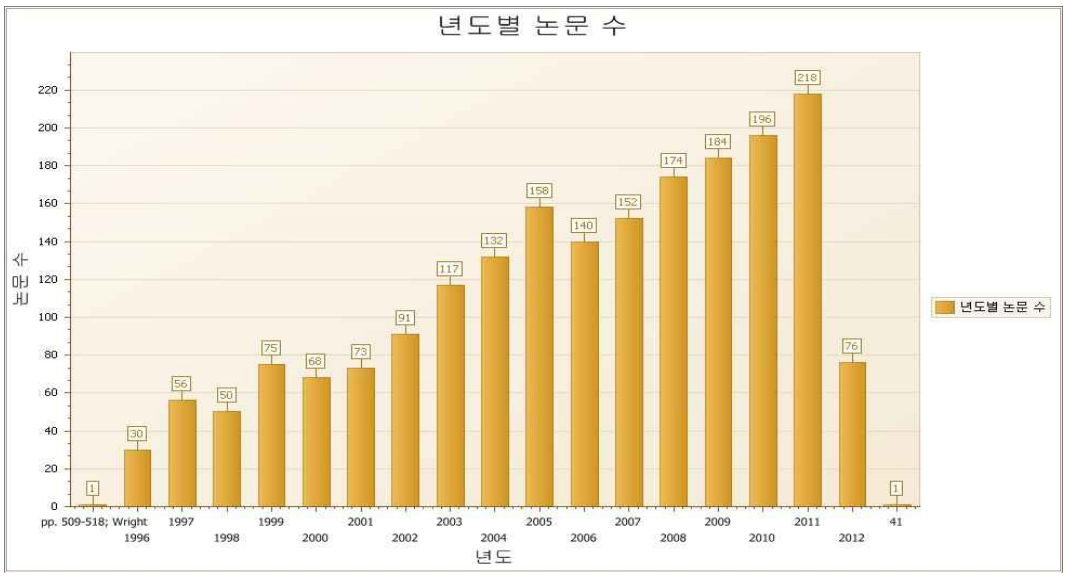


〈그림 2-67〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(산화 안정성)

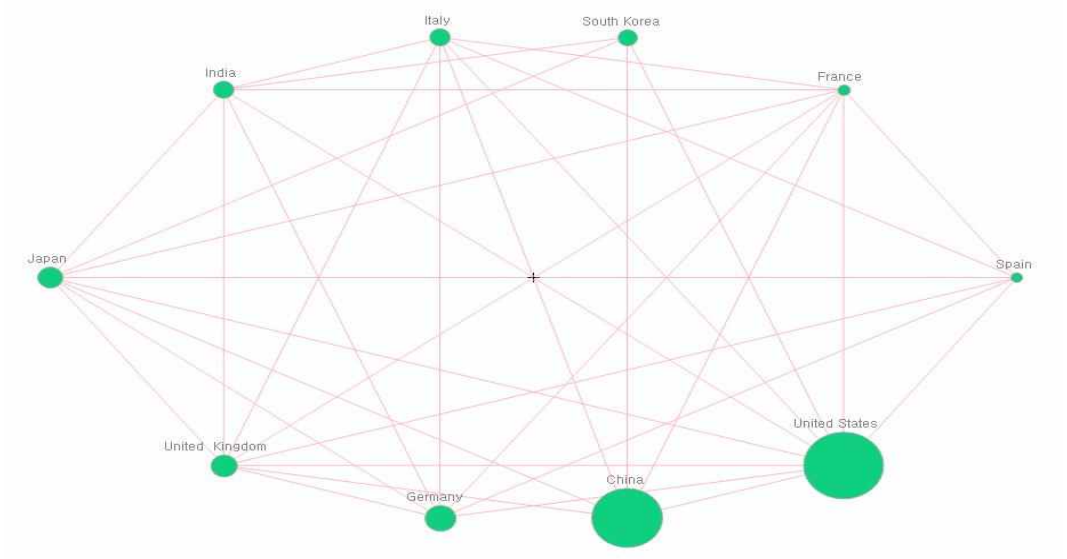
⑨ X-선 회절분석 실험을 이용한 화학적 개질 바인더의 결합특성 평가

○ x-선 회절분석을 이용하여 바인더의 화학적 특성에 대하여 연구한 결과는 2,474건으로 분석되었으며, 1996년을 시작으로 지속적으로 증가하고 있음

○ 국가별로는 미국, 중국, 영국 및 다양한 국가에서 관련 연구를 진행하고 있으며, 이들 국가 간의 공동연구가 활발하게 진행되고 있음



〈그림 2-68〉 연도별 논문발표 동향(x-ray를 이용한 바인더 평가)

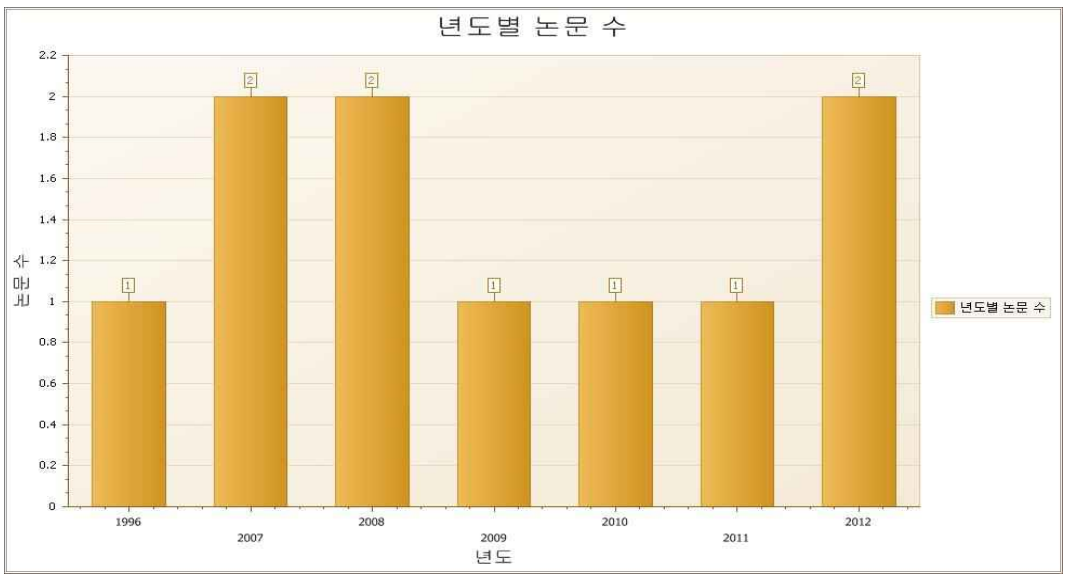


〈그림 2-69〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(x-ray를 이용한 바인더 평가)

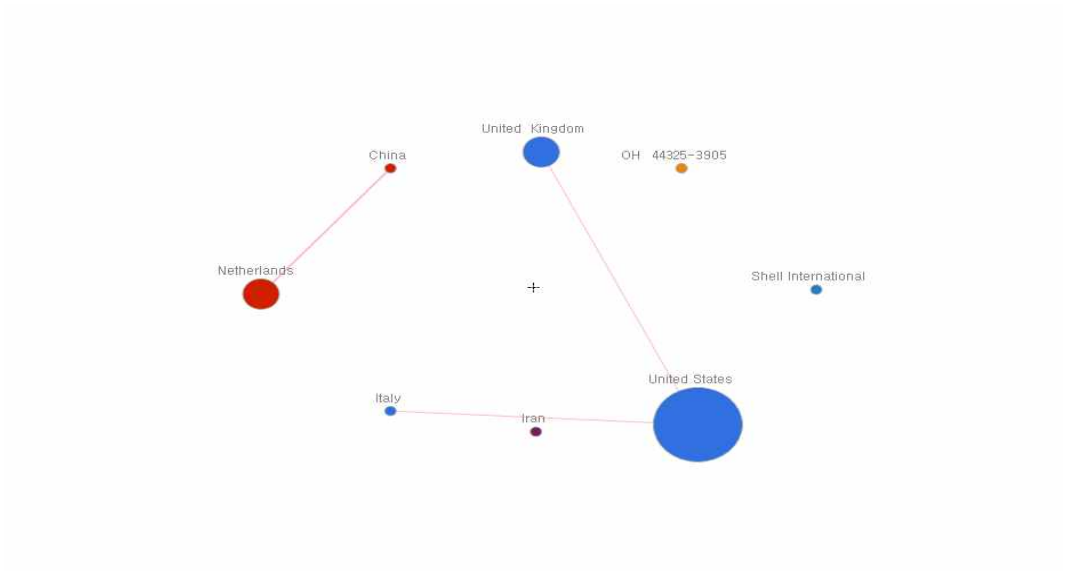
⑩ 골재와 바인더의 부착력 측정 관련 실험

○ 골재와 바인더의 부착력 관련 실험은 1990년대 후반부터 진행되어왔으며 총 10여 편의 논문이 골재와 바인더 사이의 부착력에 중심을 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었음

○ 골재의 부착력관련 연구는 미국, 네덜란드, 영국을 중심으로 이루어지고 있으며, 미국, 영국 사이의 공동연구가 진행되고 있음



〈그림 2-70〉 연도별 논문발표 동향(골재와 바인더 사이의 부착력 측정 실험)

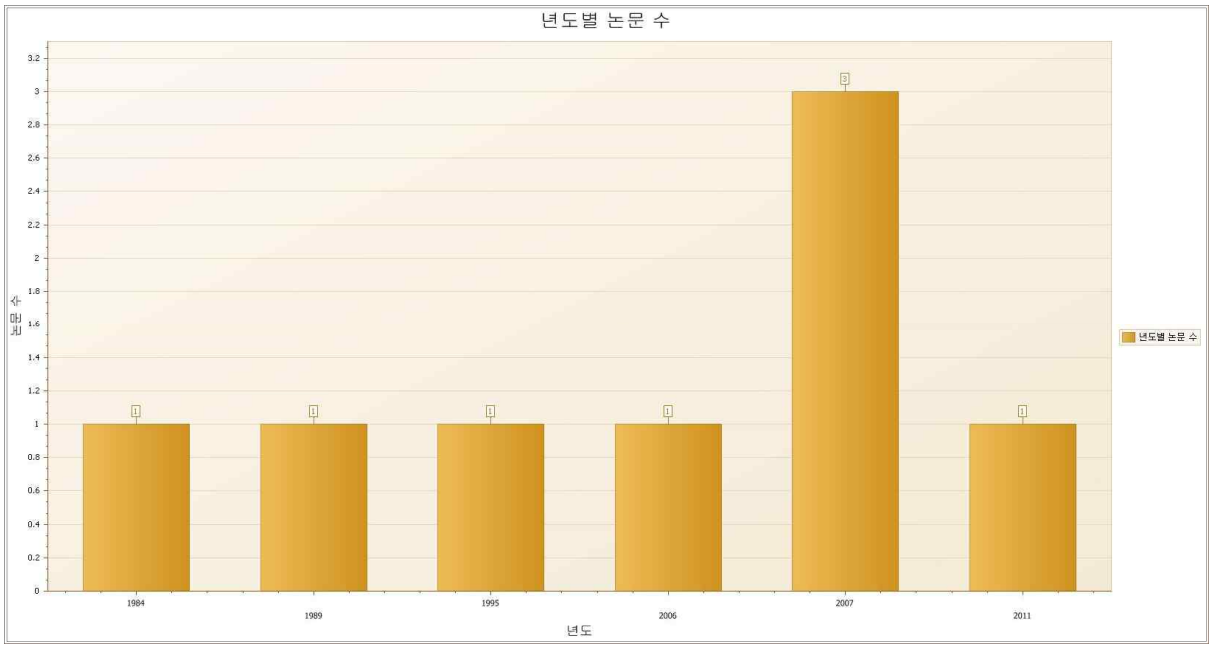


〈그림 2-71〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(골재와 바인더 사이의 부착력 측정 실험)

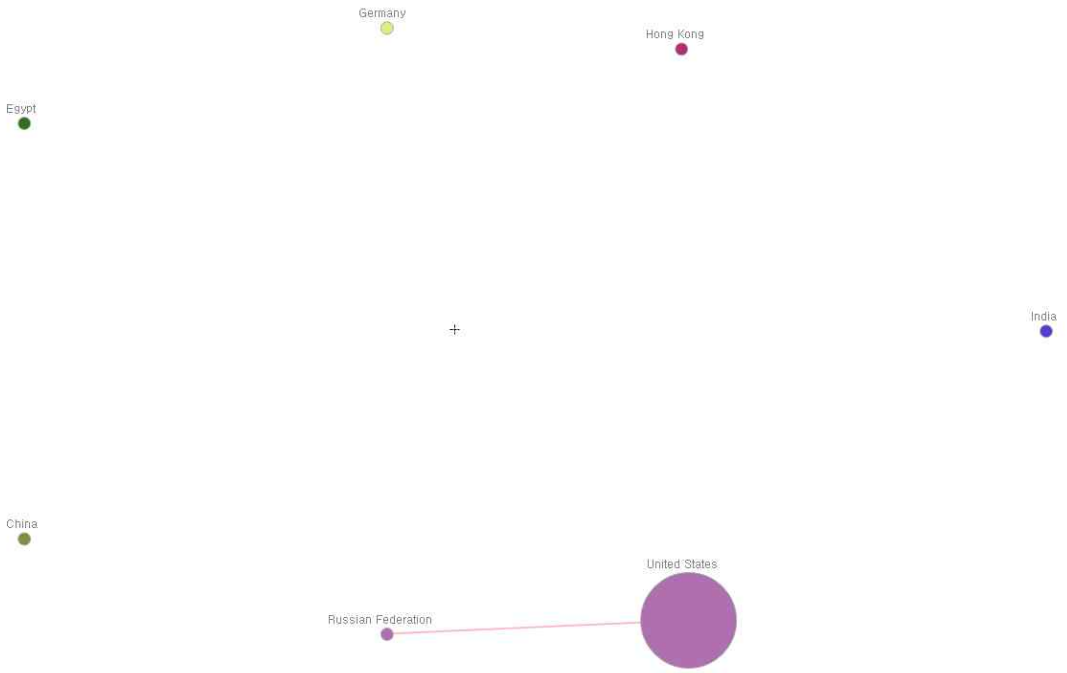
⑪ 사전제작형 콘크리트 포장 첨가제

○ 사전 제작형 콘크리트 포장 첨가제에 관련된 연구는 1980대 후반부터 진행되어왔으며 총 8 편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었음

○ 사전 제작형 콘크리트 포장 첨가제에 관련된 연구는 미국, 러시아을 중심으로 이루어지고 있으며, 이 두 국가사이에서 공동연구가 진행된 바 있음



〈그림 2-72〉 연도별 논문발표 동향(사전제작형 콘크리트 포장 첨가제)



〈그림 2-73〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(사전제작형 콘크리트 포장 첨가제)

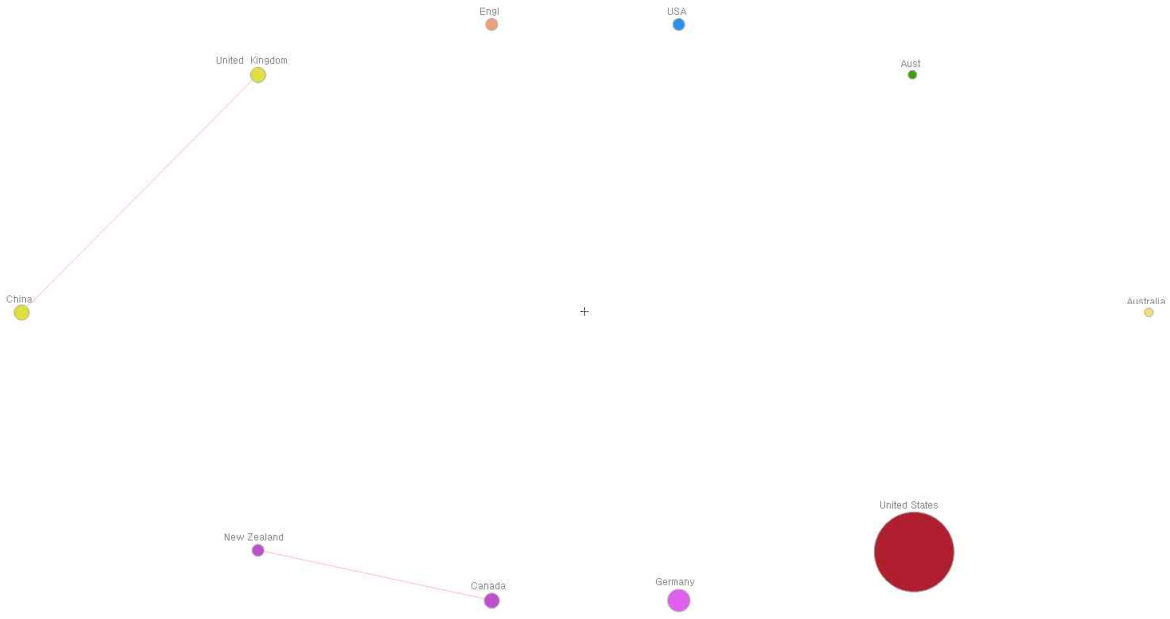
⑫ 사전제작형 포장 재료 개발

○ 사전제작형 포장 재료에 관련된 연구는 1970대부터 진행되어왔으며, 총 90여 편의 논문이 관련 주제를 대상으로 연구되어 왔으나, 현대에 개념에서의 사전제작형 도로포장 재료만을 대상으로한 연구로 구분되기는 어려움

○ 사전제작형 포장 재료에 관련된 연구는 미국, 영국, 중국을 중심으로 이루어지고 있으며, 영국과 중국 또는 캐나다와 뉴질랜드에서 공동연구를 수행한 바 있음



〈그림 2-74〉 연도별 논문발표 동향(사전제작형 포장 재료)



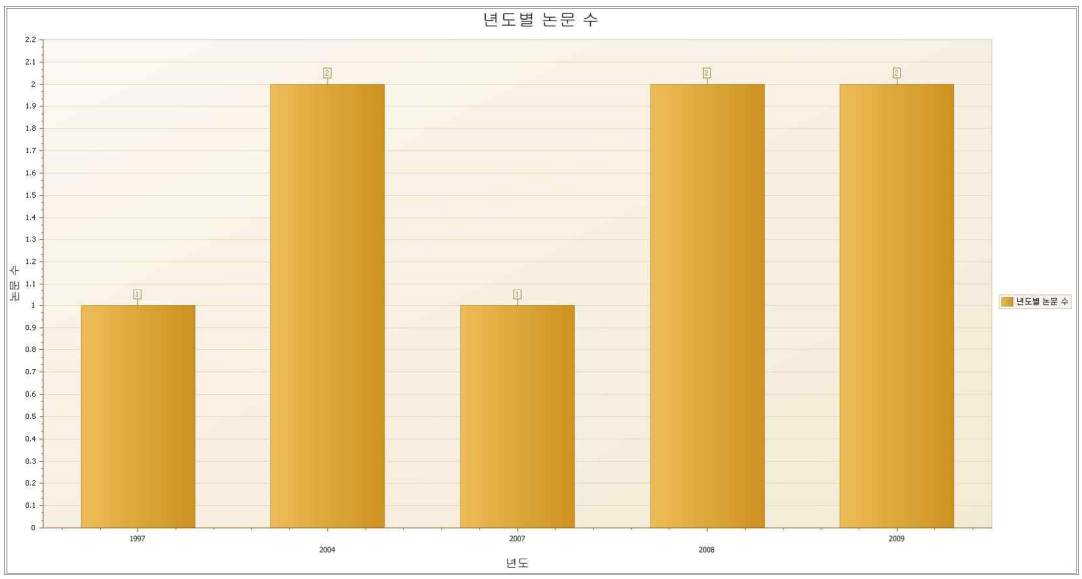
〈그림 2-75〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(사전제작형 포장 재료)

□ 조립식도로 시공 및 유지보수

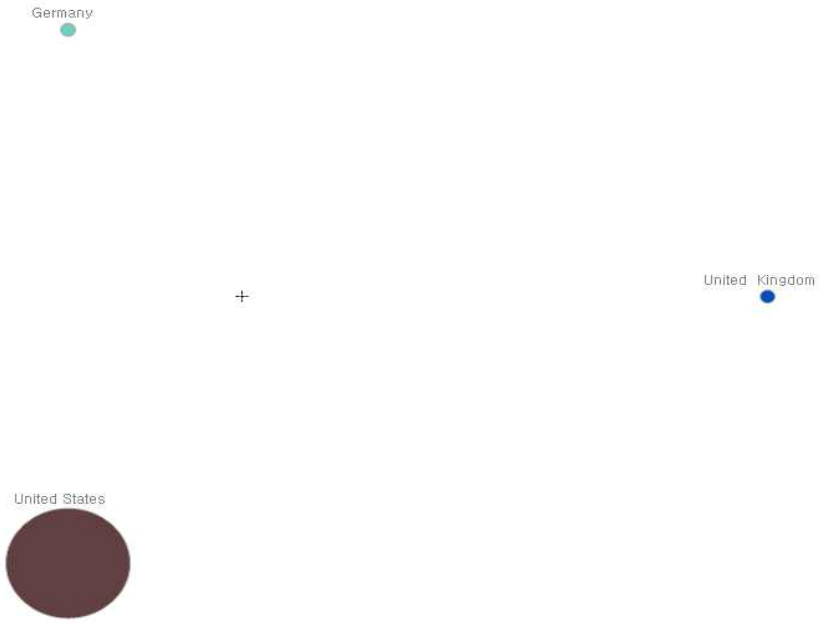
① 사전제작형 포장 시공 장비

○ 사전 제작형 포장 시공 장비에 관련된 논문은 1990대 후반부터 진행되어왔으며 총 8 편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었음

○ 사전 제작형 포장 시공 장비 관련된 연구는 미국, 독일, 영국을 중심으로 이루어지고 있으며, 공동연구는 활발하지 않음



〈그림 2-76〉 연도별 논문발표 동향(사전제작형 포장 시공장비)

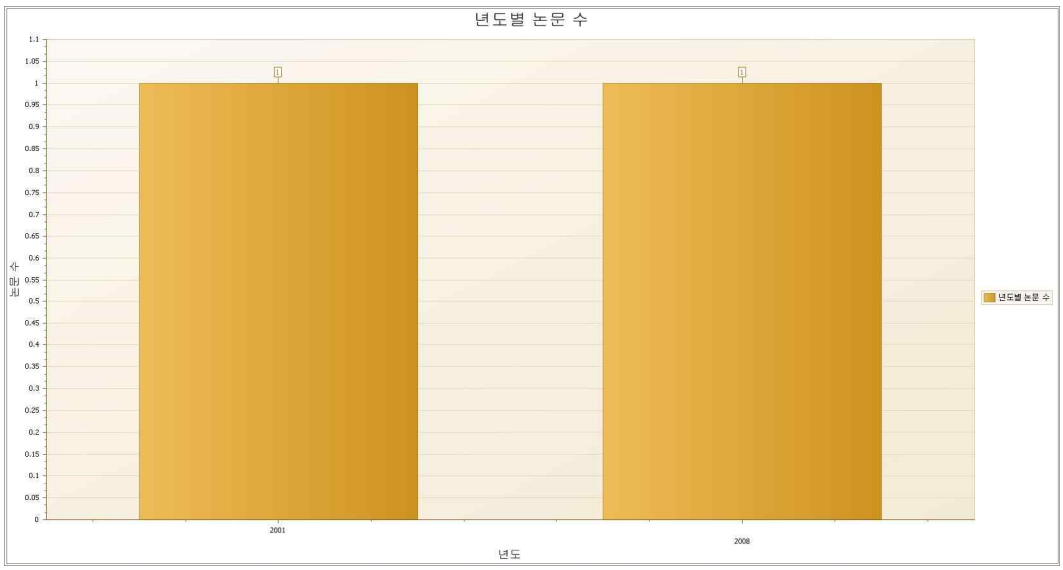


〈그림 2-77〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(사전제작형 포장 시공장비)

② SIM을 포함한 사전제작형 포장의 유지보수

○ 사전 제작형 포장 보수에 관련된 논문은 2000대부터 진행되어왔으며 총 2 편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었음

○ 사전 제작형 포장 보수에 대한 논문은 미국을 중심으로 이루어지고 있으며, 공동연구는 활발하지 않음



〈그림 2-78〉 연도별 논문발표 동향(사전제작형 포장의 유지보수)



〈그림 2-79〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(사전제작형 포장의 유지보수)

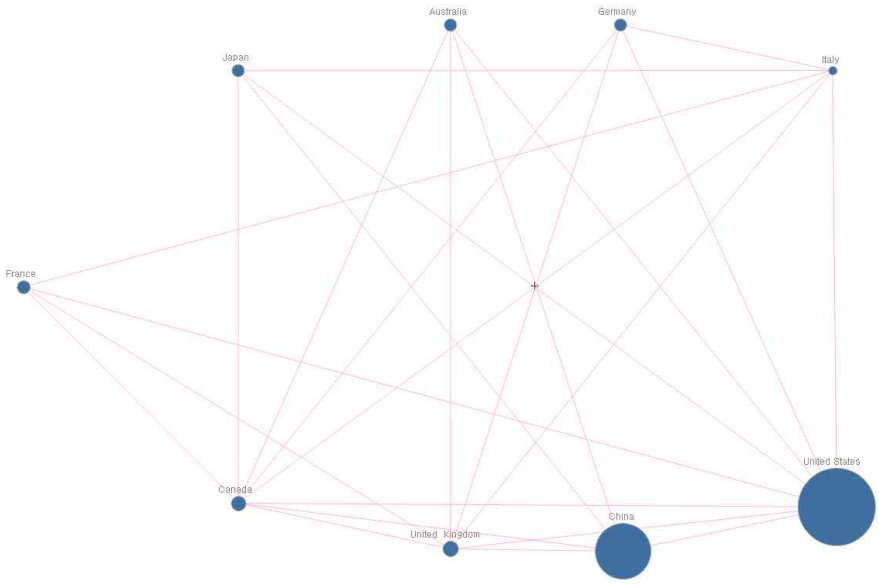
③ 포장의 평탄성 및 안정성 평가

○ 포장의 평탄성 및 안정성에 관련된 논문은 1950대 후반부터 진행되어왔으며 총 1952편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었으며, 2000년도 이후 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있음

○ 포장 평탄성 및 안정성에 관련된 연구는 다양한 국가에서 활발하게 진행되고 있으며, 공동연구 또한 다양한 국가에서 진행되고 있음



〈그림 2-80〉 연도별 논문발표 동향(포장 평탄성 및 안정성 평가)



〈그림 2-81〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(포장 평탄성 및 안정성 평가)

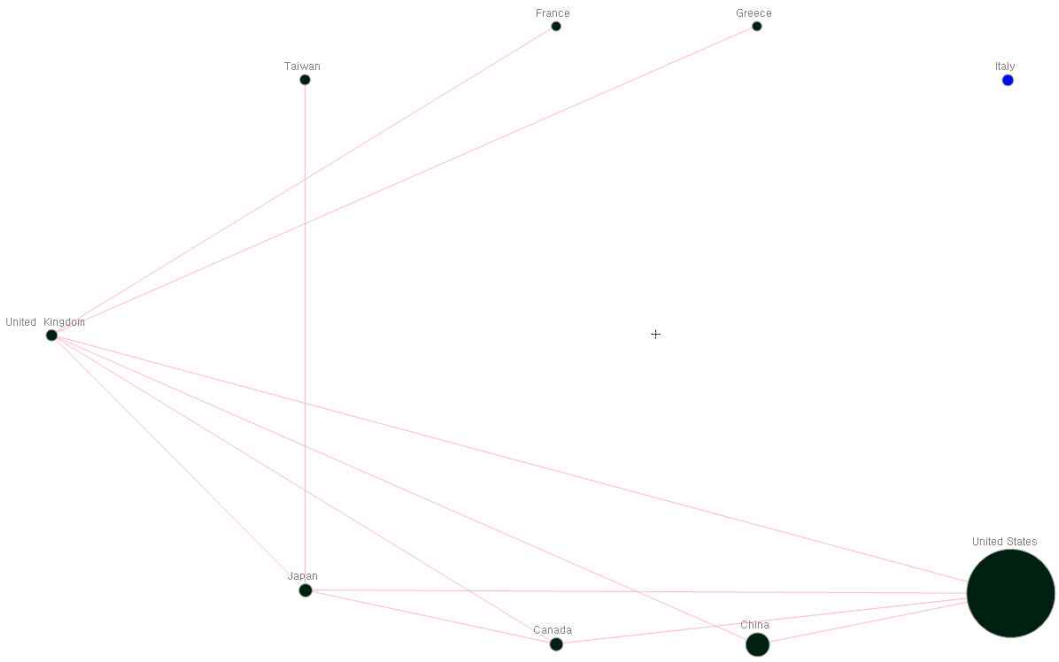
④ 포장 하부의 건전성 평가

○ 포장 하부의 건전성 평가에 관련된 논문은 1950대 후반부터 진행되어왔으며 총 439편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었으며, 2000년도 이후 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있음

○ 포장 평탄성 및 안정성에 관련된 연구는 다양한 국가에서 활발하게 진행되고 있으며, 미국, 일본, 영국 등에서 공동연구가 이루어지고 있음



〈그림 2-82〉 연도별 논문발표 동향(포장 평탄성 및 안정성 평가)



〈그림 2-83〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(포장 평탄성 및 안정성 평가)

⑤ 셀룰러 콘크리트 또는 폼콘크리트를 이용한 포장 보수

○ 포장 하부의 건전성 평가에 관련된 논문은 1950대 후반부터 진행되어왔으며 총 41편의 논문이 관련 주제를 둔 연구결과를 바탕으로 보고되었으며, 2000년도 이후 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있음

○ 포장 평탄성 및 안정성에 관련된 연구는 다양한 국가에서 활발하게 진행되고 있으며, 미국, 일본, 영국 등에서 활발한 공동연구가 이루어지고 있음



〈그림 2-84〉 연도별 논문발표 동향(셀룰러 콘크리트 또는 폼콘크리트를 이용한 포장보수)



〈그림 2-85〉 국가별 공동연구 네트워크 분석(셀룰러 콘크리트 또는 폼콘크리트를 이용한 포장보수)

6. 유사과제 분석

○ 최근 15년간 과제를 검토한 결과, 쾌속 시공 및 유지보수를 목적으로 한 상기의 과제는 이미 제작된 롤러블 표층과 콘크리트 슬래브 층을 현장에서 적용하는 형식으로 구성되어, 기 수행된 기타와 과제와 유사성이 거의 없는 것으로 나타났음

과제명	연구 기관	연구기간	금액 (억원)	주요 연구 내용 또는 목적
균열저항성을 높인 중온 아스팔트포장 개질제 개발	(주)뉴페이브	2009.10.26.~2012.10.25.	10.47	중온아스팔트 포장용첨가제개발 및 중온아스콘의 제조 및 포장시공연구 등.
복합포장시스템 및 폴리머 콘크리트 교면 포장개발	한국도로공사 도로교통 연구원	2010.09.15.~2011.12.14.	8.93	복합포장시스템,폴리머콘크리트포장재료,시공기술을개발하고,이를실용화하며최종적으로설계및시공지침을제시하는것을 최종목표로함.
산업부산물(슬래그 및 황목사)을 활용한(기능성)칼라 반강성 자전거 도로포장재의 개발	(주)두영티앤에스	2009.12.30.~2011.08.12.	3.46	자전거도로 및 바닥포장분야에 사용하고 있는 유기계소재(에폭시,우레탄 등) 및 무기계소재(칼라아스팔트 등 기존유제타입)를 산업부산물(분말슬래그등)을 대량(총중량의40%이상)사용하면서도친환경적(인체에 무해하고 인화성이 없는)소재로서 기존 포장체와의 부착성이 높고, 소성변화 저항성 및 취성이 강한 친환경적인 유무기 복합소재(칼라폴리머시멘트페이스트)를 대체 개발하는 것을 목표로 함.
포장의 예방적 유지 관리를 위한 포그씰/샌드씰 공법의 사업화 방안 연구	(주)토탈페이브시스템	2009.11.25.~2011.02.12.	2.50	예방적 유지관리 공법 적용을 위해, 앞서 개발된 유지보수용 재료에 적합한 포설 장비를 개발하여 신속하고 고품질의 시공을 실시하여 교통 차단을 최소화하여 사회적비용의 저감과 사용자의 편익을 극대화함.
장수명친환경도로 포장재료및설계시공기술개발	한국도로공사도로교통 연구원	2005.06.30.~2010.09.07.	173.54	친환경성, 이용자중심의 다기능성을 갖는 도로포장 시스템개발, 고내구성 장수명 포장 신재료 및 활용기술개발, 비파괴 및IT기법을 접목한 첨단도로 포장의 시공 기술개발, 수명연장 및 최적 공용성 확보를 위한 도로 유지관리기술 개발
구조적 성능을 고려한 시멘트 콘크리트포장의 기능 개선 시공화 연구	(주)한맥기술	2006.12.20.~2009.12.16.	12.24	줄눈 콘크리트포장의 구조적 안정성 및 공용성확보, 시공성 향상 및 건설비용 절감을 위한 현장 적용 실용화연구
아스팔트포장 종방향 파손의 최소단면 보수공법 개발	(주)도화종합기술공사	2006.12.20.~2009.12.16.	11.86	아스팔트포장의 소성변형 및 피로균열에 의한 종방향 파손부위에 대하여 기존에 적용하던 전단면 유지보수공법을 탈피하여 최소단면적으로 국부적인 적용을 할 수 있는 유지공법 개발

과제명	연구 기관	연구기간	금액 (억원)	주요 연구 내용 또는 목적
친환경4S(Safe,Silence,aeSthetic,anduserSatisfaction guaranteed)포장시스템개발연구	중앙대학교	2004.08.20.~2007.08.19.	19.20	최근 환경에 대한 국민적 관심증가에 맞추어 안전하고(Safety)조용하고(Silent)아름다운(aeSthetic)포장의 개념에 적합한 포장재료, 시공장비, 유지보수 관련지침을 개발하여 사용자 만족(Satisfaction)의 포장시스템을 완성
아스팔트포장의 콜드조인트(coldjoint)균열방지 개선에 대한 연구	인천대학교	2003.12.30.~2006.12.29.	12.80	아스팔트포장의 시공시 콜드조인트로 인해 발생하는 종방향 균열을 억제하여 유지보수비용을 절감하고, 포장내구성 증진 및 도로이용자의 안전성과 쾌적성을 확보하기 위한 공법(안) 및 시방서(안)을 제시
아스팔트 포장체의 구조적 적정성 및 상태 평가 시스템 개발	한국건설기술연구원	2004.07.20.~2006.07.19.	2.23	기존 아스팔트 포장체의 구조적 적정성을 평가하여 적절한 보수시기와 공법을 선정함으로서 포장의 잔존수명을 증대시켜 궁극적으로 아스팔트포장의 유지보수 비용 절감할 수 있는 아스팔트 포장체의 구조적 상태평가시스템을 개발
재활용 아스팔트 포장의 수명증진을 위한 품질향상 방안 연구	강원대학교	2002.12.31.~2005.12.30.	9.63	재생혼합물의 공용품질을 향상 시키기 위한 방안을 제시하여 내구성이 우수하고 공용성이 좋아 신규혼합물과 대등한품질의 재생혼합물을 생산 및 실용화하기위한 기술을 제시
노후 콘크리트포장의 아스팔트Overlay를 위한 고탄성응력 흡수 중간 층 아스팔트 재료 및 공법 개발 연구	서울과학기술대학교 산학협력단	2003.12.30.~2005.12.29.	6.71	노후된 콘크리트포장의 반사균열을 억제하기 위한 고탄성 중간층 혼합물을 개발
장수명 아스팔트 포장 공법 개발	세종대학교	2002.12.06.~2005.12.05.	11.90	기존 아스팔트포장공법이 가지는 구조적/재료적문제점을 해결하여 설계수명을 배가하고 보수주기를 증가시켜 유지보수비 및 사용자 비용을 절감할 수 있는 장수명 아스팔트 포장공법의 개발
폐비닐 골재를 활용한 도로포장 동상방지에 관한 실용화 연구	한국건설기술연구원	2003.10.30.~2005.10.30.	3.76	폐비닐골재를 활용한 도로 동상방지 설계, 시공기술 개발

과제명	연구 기관	연구기간	금액 (억원)	주요 연구 내용 또는 목적
폐콘크리트 분말을 흙 도로포장 재료로 활용하기 위한 건설폐기물 재활용 촉진기술 개발	한양대학교	2003.12.30.~2004.12.29.	1.91	폐콘크리트 분말을 자기충전 콘크리트 및 흙 도로포장 재료로 활용하기 위한 건설폐기물 재활용 촉진기술 개발
특수 아스팔트 포장의 장기 공용성 평가 및 개선 연구	한국건설기술연구원	2002.12.31.~2003.12.30.	2.41	특수 아스팔트에 대한 장기 공용성 검증에 대한 절차 제시
중하중 교통도로의 신속개방형 대보수 및 덧씌우기용 고성능 강성포장재료의 설계 및 시공기술 개발	중앙대학교	2000.09.29.~2003.09.28.	6.28	중하중 교통량이 많은 도로에서 신속 교통 개발 가능한 콘크리트 덧씌우기 재료 및 기술 개발
토목섬유를 이용한 아스팔트포장 내구성 증진 연구	한국건설기술연구원	1999.09.10.~2003.09.09.	6.11	그리드형태의 토목섬유를 이용한 내구성 증진 가능한 아스팔트 포장개발
폐아스팔트 포장 재료의 개질재 활용기법개발	강원대학교	1996.11.13.~1998.11.12.	1.96	폐아스팔트 포장 재료를 활용한 표층용 가열혼합물을 재활용하는 기법을 개발함.

7. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

□ 국내외 연구 인프라 현황

○ 본 연구단 기술 개발을 위한 인프라로 전문 인력 보유 정도, 기자재, 산학연 공동연구기반, 기술이전 및 거래, 국제기술협력 기반, 업계 현황 등에 대하여 국내 현황과 선진국과의 수준 비교 분석을 함

○ 다음 표는 국내외 도로포장 설계, 해석 및 유지관리 분야와 관련된 주요업체 및 전문 인력 현황

<표 2-22> 국내외 연구 인프라 현황

중점추진분야	관련 기관	대표 연구자	연구영역 및 방향
도로포장 재료/설계/해석 /유지관리 기술	강릉원주대학교	이승우	콘크리트 포장 및 토석류 연구
	강원대학교	김광우	아스팔트 바인더 평가
		윤경구	콘크리트 재료 개발
		박철우	콘크리트 포장 구조 및 재활용 골재
	경북대학교	이창준	도로포장 구조해석 프로그램 개발
	경희대학교	이석근	아스팔트 포장 재료 평가
		김성민	콘크리트 포장 설계 및 시공
		김용락	아스팔트 포장 재료 평가
	공주대학교	이관호	아스팔트 포장 재료 평가 및 유지보수
	단국대학교	박성완	도로포장 하부물성 정량화
	동의대학교	권기철	포장하부 물성 정량화
	명지대학교	김인태	도로포장 설계 및 비용분석
	배제대학교	임유진	보조기층 및 노상 재료 평가
	서울과학기술대학교	박태순	아스팔트 포장 재료 평가
		문성호	포장 재료 및 소음 평가
	세종대학교	이현종	아스팔트 포장 재료 개발
		백종은	아스팔트 포장 재료 평가
	인덕대학교	최준성	도로포장 설계 및 비파괴 검사
	인하대학교	정진훈	콘크리트 포장 평가 및 유지보수
	중앙대학교	조윤호	콘크리트 포장 재료 및 유지관리 시스템
	한양대학교	서영찬	포장 가속시험을 통한 해석
	홍익대학교	양성철	콘크리트 포장 재료 평가
	North Calorina State U.	김영수	아스팔트 도로포장 물성해석
	U. of Illinois	Imad Al-Qadi	도로포장 비파괴 해석
	한국건설기술연구원	유평준	포장 재료 개발, 설계 및 유지관리
		남정희	포장가속시험장비 개발
		박영환	콘크리트 재료 개발
		박희문	도로포장 비파괴 평가
		윤태영	아스팔트 포장 재료 모형 개발
		최지영	아스팔트 포장 재료 평가
		엄병식	도로포장 유지관리 및 교통량 정량화
		김기현	아스팔트 포장 재료 및 도로포장 유지관리
		함상민	아스팔트 포장 재료 평가
	한국도로공사 도로교통연구원	이광호	SMA 포장
		이경하	아스팔트 포장 유지관리
		한승환	콘크리트 포장평가 및 유지보수
		옥창권	아스팔트 포장설계, 시공 및 유지관리
		김형배	포장설계
		유태석	시멘트 콘크리트 포장 설계 및 평가
		서영국	저탄소 도로의 적용성 평가
		권순민	차량하중 측정 및 재료평가
	토탈페이브시스템	김지원	포장 해석, 설계 및 유지보수
	포스코건설	김현욱	아스팔트 포장 거동 해석
	현대기술연구소	이석홍	아스팔트 포장 재료 개발 및 평가
	피유시스	-	도로포장용 폴리우레탄 수지 개발

□ **선진국 대비 국내 연구 인프라 수준**

○ 아래 표는 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준임

<표 2-23> 기술분야별 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
도로포장 설계기술	전문인력 보유정도			○		
	기술 구축정도		○			
	연구 시설 및 설비		○			
	기술 투자지원		○			
도로포장 재료기술	전문인력 보유정도			○		
	기술 구축정도	○				
	연구 시설 및 설비		○			
	기술 투자지원		○			
도로포장 해석기술	전문인력 보유정도			○		
	기술 구축정도		○			
	연구 시설 및 설비	○				
	기술 투자지원		○			
도로포장 시공 및 유지관리 기술	전문인력 보유정도			○		
	기술 구축정도		○			
	연구 시설 및 설비		○			
	기술 투자지원		○			

8. 종합분석

□ 국내외 기술동향 및 환경분석 종합정리

○ 도로포장의 신재료, 설계, 해석 등을 종합한 융합형 도로건설기술은 낙후되어 있고, 개발 중심의 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지・안전・환경 측면의 비효율성, 교통 혼잡에 따른 물류 비용구조의 후진성에 대처하려는 기존 도로기술의 변화 욕구를 가속시키고 있는 실정임

○ 최근의 교통량 및 중하중 차량 증대로 도로의 공용수명 저하 및 노후 도로의 증가로 도로 유지관리 비용의 지속적 증가가 예측되며, 도로 분야 유지관리 주체들의 심각한 예산 부족이 동시 다발적으로 발생할 것으로 예상됨

○ 선진국의 경우 각 국가별로 도로의 물류이동 점유율 80% 이상인 점을 감안하여, 신속한 도로포장 시공 및 교통 혼잡 해소 목표를 수립하고 목표달성을 위한 도로포장 신재료 및 신공법 개발 관련 연구 규모가 지속적으로 증가하고 있음

○ 국내의 경우도 사회간접자본 관련 핵심 기술자립을 새로운 건설교통 관련 국가 비전으로 제시하고 있으나, 도로포장의 쾌속시공 관련 연구, 환경영향 최소화를 위한 신재료 개발, 교통지체 최소화를 위한 도로 유지관리 관련 연구 및 전략 수집은 미비한 실정임

○ 다른 분야에 비해 도로포장분야는 소규모의 실용기술 개발로 막대한 경제·사회적 파급효과를 발휘하는 점을 감안할 때 기술개발에 따른 기대성과의 잠재력이 크며, 도로분야의 환경피해 최소화를 위한 녹색기술 선점에 대한 국제적 경쟁이 가속화되고 있으며, 세계적으로 요구되고 있는 도로분야 에너지 및 온실가스 배출량 저감을 위한 도로포장 재료, 시공 및 유지관리 기술개발이 필요하기 때문에 도로포장 관련 시장은 향후 지속적 성장이 전망됨

○ 본 연구단에서 목표로 하고 있는 쾌속시공 롤러블 카펫 표층은 신설 또는 유지보수 도로에 선택적 사용이 가능하며, 롤러블 카펫 표층을 포함한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층의 경우, 고속도로 포장 뿐 만 아니라 도심지 교차로, 버스전용차로, 공항 및 항만 포장 구간 등 여러 구간에 선택적 적용이 가능하며, 공동구가 매설된 포장 구간에 사용하여 잦은 개착으로 인한 폐기물 발생을 줄이고 쾌속시공이 가능한 것으로 분석됨

○ 특허분석결과, 바인더와 개질 재료에 대한 특허는 점차 증가하는 추세로 나타났으나, 롤러블 도로포장으로 적용하는 특허는 확인되지 않았음

○ 특히, 기능성 도로포장, 롤링이 가능한 도로포장 관련기술은 국내에서 아직 미개척 분야이기 때문에 기술 개발에 대한 전망이 밝은 것으로 나타났음

○ 1990년 이래 논문 편수는 점차로 증가추세로 활발한 연구가 진행되고 있으며, 대부분의 기술이 미국을 중심으로 연구가 진행되고 있음. 또한 다국가간 공동네트워크를 구성하고 있는 연구도 적지 않음

<표 2-24> 유사기술과의 항목별 비교 분석

	해외 유사형식의 포장 (네덜란드)	조립식 쾌속시공 도로포장
연구목표	선두기술 개발 및 실용화 (소음저감 목적)	- 기술자립을 통한 실용화 (쾌속시공 및 소음저감)
기술개발의 필요성	네덜란드 현지 골재를 활용한 포장재료 개발	- 국내의 자원 및 환경을 고려한 재료 개발 - 쾌속시공 및 유지보수를 통한 도로사용자의 편의성 극대화 - 첨단기술 개발을 통한 국내 도로 재료 및 시공 기술력 향상 - 아시아권 국가들을 대상으로 기술이전을 통하여 국부창출
기술항목	구체적인 보고서가 공개된 바 없으나, 소음저감형 Rollpave 개발이 주요 기술 항목임	- 포장형식 - 롤러블 표층재료 - 사전제작형슬래브 - 시공 및 유지보수 장비
논문 및 특허항목*	현재 확인된 관련 특허는 없으나, 특허 출원 중일 가능성이 있음.	- 이상의 기술항목에 나타난 바와 같은 조립식 도로포장에 관련된 시스템, 재료, 공법 등에 대한 10개 주제에 대하여 논문발표 및 6개 항목에 대하여 특허출원
시험시공*	2006, 2007, 2009년 현장 시험시공	- 연천 SOC센터 가속장비를 활용한 공용성 조기 확인 계획 포함 - 일반국도 일부 개소에서의 시험시공 계획 포함 (1개소)
기술개발 방식/ 정부지원의 필요성	- 델프트 공대에서 최초기술 개발 - 네덜란드 Danish Road Institute에서 재정지원	- 국내 도로포장 주요 연구기관의 전폭적인 참여(정부출연 연구기관 및 주요사립대, 주요 기업 연구소)를 통한 전방위 연구방법 - 기술개발 및 실용화를 통하여 발생될 혜택의 공공성과 과제의 도전적 성향을 고려할 때, 정부지원의 필요성이 절실함
지침 및 표준화 항목*		- 국내 여건을 고려한 관련 쾌속시공 포장재료에 대한 6개 항목에 대하여 지침을 제안하고 시공, 유지보수에 관련 1개 항목에 대한 표준화 인증
기존연구와의 차별성		- 포장재료, 형식, 시공장비및 유지보수 관련 최첨단 기술로 기존 연구와의 차별성이 확보됨.
수입대체효과		- 해외 유사형식의 도로포장 재료는 현지의 재료를 기반으로 만들어졌으며, 이를 국내에 그대로 적용하기에는 한계가 있음. - 또한 시공기술 및 장비 도입에는 막대한 기술료 및 로열티가 부여되므로, 경제성이 확보되기 어려움

*정량적 성과물은 3장 4절 바의 최종성과물 및 성과지표 참조

<표 2-25> 기대효과 및 활용방안

기대효과

기술적

- 도로설계에 대한 발상의 전환을 통한 가치창조형 미래도로 모델 제시
- 조립식 도로포장 형식, 구조해석, 재료 및 단면설계기술의 국산화

경제적

사용자비용분석결과

공법	비용항목							합계
기존 덧씌우기	시간 지체 비용	승용차		소형버스		대형버스		13,414,019
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		4,557,137	2,344,765	141,752	72,935	3,158,536	3,138,894	
	운전자 비용	승용차	소형 버스	대형 버스	소형 화물	중형 화물	대형 화물	25,585,719
		13,934,339	304,879	304,879	6,817,217	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							4,477,076
	환경오염비용							1,294,742
	총합							44,771,556
REGO PAVE	시간 지체 비용	승용차		소형버스		대형버스		4,471,340
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		1,519,046	781,588	47,251	24,312	1,052,845	1,046,298	
	운전자 비용	승용차	소형 버스	대형 버스	소형 화물	중형 화물	대형 화물	11,344,843
		4,644,780	101,626	101,626	2,272,406	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							1,492,359
	환경오염비용							705,986
	총합							18,014,527

※세부사항은 부록II참고

정책적

- 도심지 및 부도심지에 선진 도로포장형식 적용, 이를 통한 지체비용 및 자원의 효율적 활용의 실적을 통하여 국가적으로 추구하는 녹색강국의 이미지를 사용자들에게 제시할 수 있음.
- 선진도로 포장형식 및 기술을 국외 플랜트 설비 프로젝트에 패키지형식으로 적용하여, 고품질 쾌속 도로 기반의 기술을 홍보하여 국가위상을 강화할 수 있음.

4절. 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 2-86〉 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 2-26> 기술수요조사 수행 결과

구분	내 용
조사기간	2012년 4월 13일(금) ~ 5월 2일(수)
조사대상	-조사대상 기관 : 참여연구진, 도로학회, -응답현황 ·조립식 도로 시스템 기술 : 8건 ·조립식 도로 재료 기술 : 7건 ·조립식 도로 시공 및 유지보수 기술 : 15건
응답자수	30건
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

(2) 기술수요조사 결과 분석

□ 기술수요조사 결과 분류

○ 회신된 기술수요조사서를 취합하여 수요조사서 항목별로 분류하여 정량적으로 검토

<표 2-27> 중점추진분야별 수요조사 결과

구분	중점추진분야			계
	조립식 도로 시스템 기술	조립식 도로 재료 기술	조립식 도로 시공 및 유지보수 기술	
명	8	7	10	30
비율(%)	27	23	50	100

<표 2-28> 연구수행기관별 수요조사 결과

구분		중점추진분야			계
		조립식 도로 시스템 기술	조립식 도로 재료 기술	조립식 도로 시공 및 유지보수 기술	
연구 수행 기관	기업	-	-	1	1
	대학교	6	1	13	20
	연구소	2	6	1	9
	기타	-	-	-	-
	계	8	7	15	30

<표 2-29> 기술개발단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야			계
		조립식 도로 시스템 기술	조립식 도로 재료 기술	조립식 도로 시공 및 유지보수 기술	
기술 개발 단계	기초/원천	-	-	-	-
	응용	4	3	6	13
	실용화	4	4	9	17
	실증화 테스트베드형	-	-	-	-
	계	8	7	15	30

<표 2-30> TRL 단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야			계	비율 (%)
		조립식 도로 시스템 기술	조립식 도로 재료 기술	조립식 도로 시공 및 유지보수 기술		
TRL 현재 단계	기초이론/실험	6	3	8	17	57
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	2	4	7	13	43
	실험실 규모의 기본성능 평가	-	-	-	-	-
	실험실 규모의 핵심 성능평가	-	-	-	-	-
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	-	-	-	-	-
	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	-	-	-	-	-
	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	-	-	-	-	-
	시제품 신기술 검증인증 및 표준화	-	-	-	-	-
	사업화	-	-	-	-	-
	계	8	7	15	30	100
TRL 개발 완료 단계	기초이론/실험	-	-	-	-	-
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	-	-	-	-	-
	실험실 규모의 기본성능 평가	-	-	-	-	-
	실험실 규모의 핵심 성능평가	1	3	-	4	13
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	3	3	7	13	43
	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	2	1	3	6	20
	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	2	-	3	5	17
	시제품 신기술 검증인증 및 표준화	-	-	2	2	7
	사업화	-	-	-	-	-
	계	8	7	15	30	100

<표 2-31> 기술분류체계 내의 분포결과

기술분류체계		
대	중	소
조립식 도로 시스템 (REGO-system)	조립식 도로 설계기술 (REGODESIGN)	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발
		연속식 REGOSLAB 시스템 개발
		REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발
		조립식도로 경제성 분석 기술
	조립식 도로 해석기술 (REGOANAL)	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술 개발
		조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발
	조립식 도로 지반 적정기술 (REGOFOUND)	하부구조 기초지반 설정계수 도출 및 설계/시공 기술개발
		하부지반 치환 및 보강 기술개발
조립식 도로 재료 (REGOMATerial)	롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 (REGOMAT)	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발
		롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발
		롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발
		롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발
	기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	경량시공 REGOSLAB 개발
		고내구성 REGOSLAB 개발
		투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발
조립식 도로 시공 및 유지보수 (REGO-construction)	조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발
		롤러블 REGOMAT 생산 기술
		경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술
	조립식 도로포장 생산설비 기술	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발
		경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발
		조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발
	조립식 도로포장 시공기술	롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발
		경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발
		조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발
		GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술
	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발
		조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발
		조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)
		슬래브 높이 조정 장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발
		Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 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: 신뢰성 평가 및 수요기업 평가, 8: 시제품 신기술 검증・인증 및 표준화, 9: 사업화

<표 2-32> 기술수요조사서의 상세내용

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
1-1-1	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 설계기술	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	◦ 교통지체 최소화를 위하여 사전 제작한 콘크리트 슬래브를 이용하여, 단절 또는 탈부착식으로 슬래브를 연결하는 도로 포장 시스템의 구조형식 개발 ◦ 단절 및 탈부착식 REGOSLAB의 설계 및 시공 지침 개발	• 최적 단면 형상 및 크기 개발(고속도로, 도심지도로 포장 등 도로 등급 및 용도에 따른 단면 형식 선정) • 단절식 슬래브 간 접합 방식 개발(연결 간격 또는 크기: 다웰바, 볼트 이음 등. 접합 방법: 포켓접합, 홀접합 등) • 탈부착 슬래브 적용 기술 개발 • 구조형식에 따른 REGOSLAB 요소 기술의 역학적 특성 구조해석 • 시험시공 • 거동 계측 및 모니터링 • 단면표준화 및 설계 및 시공 지침 개발	응용	(현재)1 (완료)6
1-1-2	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 설계기술	연속식 REGOSLAB 시스템 개발	◦ 교통지체 최소화를 위하여 사전 제작한 콘크리트 슬래브를 이용하여 연속적으로 슬래브를 연결하는 도로 포장 시스템의 구조형식 개발 ◦ 연속식 REGOSLAB의 설계 및 시공 지침 개발	• 최적 단면 형상 및 크기 개발(고속도로, 도심지도로 포장 등 도로 등급 및 용도에 따른 단면 형식 선정) • 최적 접합 방식 개발(센트럴 프리스트레싱 방식, 갭슬래브를 이용한 프리스트레싱 방식, 용접 방식 등) • 구조형식에 따른 REGOSLAB 요소 기술의 역학적 특성 구조해석 • 시험시공 • 거동 계측 및 모니터링 • 단면표준화 및 설계 및 시공 지침 개발	응용	(현재)1 (완료)6
1-1-3	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 설계기술	REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	◦ 롤러블 카펫 방식의 쾌속도로 시공을 위한 조립식 기층의 최적 구조 성능 도출을 위한 최적 연결부 현상개발	• 조립식 슬래브의 최적 단면 형상에 미치는 영향요소의 분석 • 수평단면의 형상에 따른 구조적 거동특성 분석 • 접합부 단부의 형상에 따른 구조적 거동 특성 분석 • 수치해석을 통한 수평 및 접합부 전단키 단면특성에 변수별 해석 실시 • 구조체 모형을 통한 실제 구조실험을 통한 구조거동 특성 분석 • 채움재의 재료 특성에 따른 워커빌리티 특성 분석 및 단면 특성에 따른 시공 효율성 분석 • 조립식 슬래브의 최적단면 형상 도출 • 채움재 및 단면형상에 따른 조립식 슬래브의 최적 시공 지침개발	실용화	(현재)1 (완료)4.6

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
1-1-4	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 설계기술	조립식도로 경제성 분석 기술	◦ REGOAVE 시스템 경제성 분석을 위한 프로그램 개발 ◦ 미래형 포장 시스템에 대한 비용 및 편익 산정 방법 개발	• 비용 산정 모듈 개발 • 편익 정량화 알고리즘 개발 • 경제성 분석 프로그램 개발 • 최적화 기법을 통한 포장 대안 선정 로직 개발	실용화	현재)2 (완료)5
1-2-1	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 해석 기술	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술 개발	◦ 고탄성거동을 하는 REGOMAT의 재료적인 특성을 반영할 수 있는 Hyperelastic 모델을 개발하여, REGOMAT의 생산부터 공용기간 동안 REGOMAT의 역학적 거동을 분석 ◦ 다양한 크기와 형식을 가지는 REGOSLAB의 교통하중과 환경변화에 따른 역학적인 거동을 분석할 수 있는 3차원 구조해석모델을 개발 ◦ REGOMAT과 REGOSLAB의 피로파괴거동을 구현할 수 있는 파괴모델을 개발하여 REGOMAT과 REGOSLAB의 공용수명을 예측할 수 있는 공용성모델을 개발	• REGOMAT의 비선형(Hyperelastic)점탄성거동을 구현하기 위한 구성방정식 개발 및 사용자요소모델 개발 • REGOSLAB의 표준 및 응용 단면에 대한 3차원 유한요소해석모델 개발 • REGOMAT과 REGOSLAB의 피로파괴 구성모델 및 피로파괴 공용성모델 개발 • REGOPAVE 복합포장을 위한 3차원 유한요소 모델 및 REGOMAT/REGOSLAB과 REGOSLAB/REGOFOUND에 적용할 수 있는 Interface 모델 개발	응용	(현재)1 (완료)5
1-2-2	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 해석 기술	조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	◦ 조립식 도로포장형식에 특화된 구조해석 통합도구의 개발로서 3차원 유한요소 해석엔진, 유한요소 전, 후 처리기 모듈 및 통합 GUI 환경을 개발 ◦ 각 해석도구 모듈의 성능을 현시점 범용의 상용제품들과 동등 이상의 성능을 제공하면서 조립식 도로포장 구조형식을 경제적, 효율적으로 해석가능한 통합도구의 개발	• 조립식 포장구조 전용 해석엔진 개발 기초연구 - 3차원 유한요소 해석 엔진 코드 요구 분석 조사 및 Framework 구현 • 조립식 포장구조 특성화된 재료모형 및 유한요소 개발 - 점탄성 재료 모형과 Interface 요소의 개발 • 조립식 포장구조 전용 전처리기 개발 - 조립식 포장 구성부품 정의방법 연구 및 3차원 유한요소 모형의 자동 생성기 개발 • 조립식 포장구조 전용 후처리기 개발 - 결과 분석을 통한 최대응력, 변형률 위치 추적, 3차원 컨투어출력 모듈 개발 등의 해석결과 분석도구 개발 • 조립식 포장전용 구조해석 통합 도구 개발- GUI환경 도입을 통한 유한요소 해석 엔진, 전-후처리기의 통합	응용	(현재)1 (완료)5

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
1-3-1	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 지반 적정 기술	하부구조 기초지반 설정계수 도출 및 설계/시공 기술개발	◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로에 적합한 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발	• 하부구조 기초지반 및 조립식 설계정수 도출 • 하부구조 기초지반 및 조립식 설계기술 개발 • 하부구조 기초지반 및 조립식 시공기술 개발 • 상부-하부구조 인터페이스 접합 기술 개발	실용화	(현재)1 (완료)7
1-3-2	조립식 도로 시스템/ 조립식 도로 지반 적정 기술	하부지반 치환 및 보강 기술개발	◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로에서 장기 안전성 확보를 위한 하부지반 치환 및 보강기술 개발	• 조립식 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 설계기술 개발 • 조립식 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 시공기술 개발 • 치환/보강된 하부지반과 조립식 하부구조 기초 인터레이스 접합기술 개발	실용화	(현재)2 (완료)7
2-1-1	조립식 도로재료/ 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발	◦ 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 바인더 개발	• 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 최적 고분자 선정연구(TPE, TPE, EPDM, EPR) • 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 물리적/화학적 특성 연구(DMA, DSR, X-선회절, FTIR, 자외선) • 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 파괴규명을 위한 실험(DTT, BBR, MSCR) • 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 물리특성 해석모델 개발(Rubber Elasticity, ASTM D7175) • 롤러블 카펫 아스팔트 바인더에 의한 접착력 유지 및 롤러블 마찰력 최소화 (Scratcher test, ASTM D6648)	응용	(현재)1 (완료)5
2-1-2	조립식 도로재료/ 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발	◦ 사전제작 형태로서 현장에서 롤러블(Rollable)로 시공 가능한 연성 도로포장 표층 혼합물의 배합설계법 및 물리특성의 해석적 연구	• 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 최적 배합설계법 개발 • 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 체적특성 연구(기능성 골재입도) • 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 물리특성(파괴) 규명을 위한 실험방법 개발 • 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 물리특성 해석(Hyper-elastic) 모델 개발 • 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 현장가속시험	실용화	(현재)2 (완료)6,9
2-1-3	조립식 도로재료/ 롤러블 카페 연성 도로포장재료 기술	롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발	◦ 고분자처리 택코팅용 유화제 또는 고점도 Membrane 쉬트 개발	• 무가열 상온 시공가능 고분자처리 유화아스팔트 개발 (화학적 경화반응, 완화거동, 가교반응 분석) • 완전접착유도를 위한 롤러블 카펫 표층하부 Membrane 쉬트 개발 (점도특성, 유리전이특성, 용융특성) • 고분자 처리 유화아스팔트의 물성기준 설정 연구(점도, 부착강도, 전하특성, 저장안정도, 증발잔류 등) • 롤러블 카펫 표층과 하부 콘크리트 패널 슬래브의 중간층 부착성능 평가 및 공용기준 연구 • 중간층 선택에 따른 개질 아스팔트바인더 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)	응용	(현재)1 (완료)5

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
2-1-4	조립식 도로재료/ 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술	롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발	◦ 롤러블 카펫 표층 혼합물의 피로성능 증진을 위한 고인성 확보가능 마이크로 토목섬유 개발	• 롤러블 카펫 표층 혼합물의 피로수명 증대를 위한 마이크로 토목섬유 재료 개발 • 롤러블 카펫 표층 혼합물용 마이크로 토목섬유 최적 형상, 혼입율 결정 연구 • 롤러블 카펫 표층 마이크로 토목섬유 혼합물의 피로성능 특성 연구 (물성모델 검토) • 롤러블 카펫 표층 마이크로 토목섬유 혼합물의 가속파괴시험	응용	(현재)2 (완료)5
2-2-1	조립식 도로재료/ 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술	경량시공 PEGOSLAB 개발	◦ 강성 조립식 도로포장 슬래브의 제작기간을 축소하고 경량화를 통한 시공성 향상가능한 고내구성의 조립식 슬래브의 개발	• 조립식 포장체의 단면최적화를 통한 경량성 향상기술 개발 • 조립식 포장체의 양생기간을 단축하기 위한 경량골재 내부양생 활용 제작기법의 개발 • 조립식 포장체에 경량골재의 사용을 통한 경량 포장제 제작 기법의 개발 • 경량화 조립식 포장체의 역학적 내구성 특성의 검토 • 경량화 조립식 포장체의 장기 거동 특성의 분석	실용화	(현재)2 (완료)4.5
2-2-2	조립식 도로재료/ 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술	고내구성 PEGOSLAB 개발	◦ 강성 조립식 도로포장 슬래브의 고용성 향상을 위한 고내구성의 조립식 슬래브의 개발	• 포장제의 역학적 특성 보강을 위한 섬유보강 기술을 적용한 조립식 슬래브 최적 배합기술 개발 • 고내구성 비부식 보강재인 FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 제작 기술 개발 • 고내구성 비부식 보강재인 FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 역학적 내구적 특성 분석 • 섬유보강 고내구성 모듈라 포장체의 역학적 내구성 특성의 검토 • 섬유보강 고내구성 모듈라 포장체의 장기 거동 특성의 분석	실용화	(현재)2 (완료)4.8

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
2-2-3	조립식 도로재료/ 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술	투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	◦ 강성 조립식 도로포장 슬라브에 기능성을 부여하여 투배수 및 소음저감 목적에 최적의 효율성을 가지는 조립식 슬래브의 개발	• 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브 재료기술의 개발 • 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브의 배수성능 검토 • 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브의 역학적 내구성 특성의 실험적 검토 • 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브 재료기술의 개발 • 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브의 배수성능 검토 • 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브의 역학적 및 내구성 특성의 실험적 검토 • 표면 및 하부배수 기능을 부여한 조립식 포장체의 역학적 특성 보강을 위한 섬유혼입 보강 기술의 개발 • 강성포장체의 골재노출 및 표면처리 공법을 통한 저소음 포장체 재료 및 시공 기술 개발 • 강성포장체의 골재노출 및 표면처리 공법을 통한 저소음 포장체의 소음저감 성능의 검증 • 연결부의 제작기법에 따른 소음저감 성능의 검토	실용화	(현재)1 (완료)4.7
3-1-1	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발	◦ 곡선 및 교차로 구간에 대한 조립식 도로포장 적용 기술 개발 ◦ 쾌속시공 개념의 조립식 도로포장 시공시 필요한 기존의 공동구 및 맨홀 처리 기술 개발	• 곡선부에 대응 가능한 프리캐스트 슬래브 생산 기술 개발 • 곡선 및 교차로 구간에 대응 가능한 매트형 소규모 포장체와 연결부 처리 기술 개발 • 조립식 포장의 적용이 불가능한 구간을 정의하고 일부 현장타설을 병행하는 조립식 도로포장 적용 방법론 개발 • 맨홀 부근 롤러블 REGOMAT 처리기술 개발 • 프리캐스트 슬래브를 고려한 맨홀 높이 조절 기술 개발 • 경량 콘크리트 REGOSLAB용 프리캐스트 맨홀 및 공동구 개발 • 기존 맨홀 및 공동구의 보완 조치를 최소화할 수 있는 REGOSLAB용 프리캐스트 시공 기술 개발	응용	(현재)1 (완료)5
3-1-2	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	롤러블 REGOMAT 생산 기술	◦ 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT에 대한 대량 생산 가능성을 검토 ◦ 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 생산 시스템을 조사하고 개발된 기술의 구축 방향 제시	• 롤러블 REGOMAT의 특성(단입도 박층 구조)을 고려한 기능별 대량 재료 생산 방법론 개발 • 인장강도 및 밴딩 등 재료적 특성을 고려한 기능별 최적의 압출 및 롤러블 방식 개발 • 기능별 롤러블 REGOMAT 제품 생산(도로, 주택단지, 산업단지) • 하부층 접착시트(폴리우레탄 계열) 개발 및 REGOMAT 부착 방법 정립 • 롤러블 REGOMAT 생산시 차선 도색 방법 개발	응용	(현재)1 (완료)5

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
3-1-3	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술	◦ 쾌속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물에 대한 대량 생산 가능성을 검토 ◦ 기술 선진국인 미국의 생산 시스템을 조사하고 개발된 기술의 생산성 및 생산 설비 구축 방향 제시	• 표면조직, 하중전달장치, 높이 조정장치, 텐던 등 프리캐스트 슬래브 및 하부구조에 적용되는 요소기술 생산성 검토 • 단순한 거푸집으로 생산이 가능하도록 슬래브 내부의 요소기술 배치 최적화 • 시험생산을 통한 거푸집 성능 검증 • 대량생산 체제를 고려한 생산 시스템 검토	응용	(현재)1 (완료)5
3-2-1	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 생산설비 기술	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발	◦ 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT에 대한 대량 생산 설비 개발 ◦ 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 생산 설비를 조사하고 국내에 적합한 생산 설비 구축	• 기존 아스팔트 플랜트를 개선한 롤러블 REGOMAT 혼합 생산설비 개발 • 롤러블 REGOMAT의 특성(단입도 박층 구조)을 고려한 기능별 대량 혼합물 압출 장비 개발 • 인장강도 및 휨강도 등 재료적 특성을 고려한 기능별 최적의 롤러블 설비 조합 • 대량 생산이 가능한 롤러블 REGOMAT 플랜트 공정관리 및 품질관리 방안 • 기존 플랜트 활용 방안 도출 • 플랜트내 오염 물질 처리 시설 개발	실용화	(현재)1 (완료)6
3-2-2	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 생산설비 기술	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발	◦ 쾌속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 대량 생산이 가능한 장비 개발 ◦ 이동이 가능하고 거푸집과 양생장비가 조화를 이루는 생산 설비 개발	• 기술 선진국인 미국의 생산 장비와 국내 프리캐스트 콘크리트 생산 설비를 벤치마킹 • 거푸집 제작, 콘크리트 타설, 양생, 및 보관에 이르는 일련의 프리캐스트 생산 공정을 실현할 수 있는 설비 개발 • 시험생산을 통한 생산 설비 성능 검증 • 프리캐스트 생산시 불량률을 최소화할 수 있는 시스템 검증 • 기존 프리캐스트 설비의 개선을 통한 생산 설비 개발 • 현장 운반비를 절감할 수 있도록 이동이 가능한 생산 설비 개발	실용화	(현재)1 (완료)6
3-2-3	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 생산설비 기술	조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발	◦ 롤러블 REGOMAT에 대한 제고 관리 및 적재 설비 개발 ◦ 경량 콘크리트 REGOSLAB 패널의 적재 설비 및 관리 기준 개발	• 롤러블 REGOMAT의 재료 특성을 고려한 보관 방식 개발(최적 온도 및 습도 범위) • 롤러블 REGOMAT의 적재 방식과 지게차 인양부 개조를 통한 장비 개발 • 롤러블 REGOMAT의 고온 보관용 창고 시험 제작 • 장기간 보관시 품질 저하 방지 방안 제시 • 적층이 가능한 REGOSLAB 대량 보관 방식 및 설비 개발 • REGOSLAB 적재 방식과 지게차 인양부 개조를 통한 장비 개발	실용화	(현재)1 (완료)6

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
3-3-1	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 시공기술	롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발	◦ 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT 시공시 필요한 장비 및 기술 개발 ◦ 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 시공 장비를 조사하고 국내에 적용 가능한 장비를 활용한 시공 방법 제시	• 롤러블 REGOMAT의 하부층에 대한 부착 방법의 시공성 검토 • 롤러블 과정에서 발생할 수 있는 균열 억제 방안 검토 • 교통차단 면적을 최소화(1.5차선)할 수 있는 다목적 장비 조합 검토 및 표준화 방안 검토 • 현장 시공시 에너지 소비를 억제할 수 있는 장비 대안 검토 • 소성변형 및 부등 침하 구간에 대한 적용 방안 및 기준 검토 • 현장에서 시공 가능한 범위 내에서 롤러블 포장 재료의 규격 결정 • 거치대 및 부착을 위한 열가소성 포설 장비 개발 • 곡선부 시공 방법에 대한 검토 • REGOMAT 운반용 특장차 또는 거치대 부착형 트레일러 개발	실용화	(현재)2 (완료)7
3-3-2	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 시공기술	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	◦ 쾌속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 시공이 가능한 장비 개발 ◦ 생산시설에서 REGOSLAB 패널을 운반하여 교통개방까지 시공에 요구되는 관련 기술 개발	• 기술 선진국인 미국의 시공 장비와 국내 유사한 프리캐스트 콘크리트 시공이 가능한 장비 벤치마킹 • 프리캐스트 슬래브 조립 이후 평탄성 유지가 가능한 시공 방법 검토 • 기존 하부층과 프리캐스트 슬래브 사이의 채움재 필요성 검토 • 하부 지지구조물에 대한 시공 방법 검토 • 하중전달장치, 높이 조절장치 등 프리캐스트 슬래브의 부가적 요소에 대한 시공 장비 적용성 검토 • 프리캐스트 슬래브 운반용 특장차 또는 트레일러 설계 대안 검토 및 제작 • 곡선부, 편경사 변화 구간 등에 대한 평탄성 유지 방안 검토 및 장비 적용성 검토 및 제어 기술 개발 • 갠트리 크레인형 시공 장비 설계 대안 검토 • 롤러블 아스팔트 시공 장비와 공통 적용이 가능한 부분에 대한 검토 • 1.5차선 교통차단 만으로 시공이 가능한 장비 조합 검토 • 개별 장비에 대한 설계도면 생성 및 시제품 제작 • 시제품 장비를 통한 시험시공으로 성능 평가 및 장비 보완	실용화	(현재)2 (완료)7
3-3-3	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 시공기술	조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	◦ 개발된 조립식 도로재료 및 도로시스템의 최적 시공성 확보를 위한 품질관리 방안 ◦ 조립식 도로포장에 대한 준공당시 성능에 대한 정의 및 평가기준 개발	• 현장 시공성 및 시공 효율성 확보를 위해 현장 시공 절차서 개발 • 맞춤형 쾌속 시공 프로세스 별 품질관리(품질검사 항목/시험법/기준값) 방안 개발 • 조립식 도로시스템 별 준공시 성능평가(평탄성, 기능성 등) 기준 개발	실용화	(현재)2 (완료)8

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
3-3-4	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 시공기술	GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	◦ RECO-pave를 설계할 경우에 필요한 지하매설물 확인 기술 개발 ◦ 프리캐스트 개념의 기층 구조를 적용하는 경우에 지지구조물과 지하매설물의 간섭의 회피하기 위한 기술 개발	• 프리캐스트 기층 구조물의 하부지지구조물과 지해매설물의 상충 문제를 사전 설계 단계에서 조사해야함 • 도심지 구간의 도로에서 조사를 수행해야하므로 국내외의 현용 장비가 충분한 투과력을 가지는지 검토가 필요함 • 투과력이 불충분할 경우 투과력 확보를 위한 연구가 필요함	실용화	(현재)2 (완료)7
3-4-1	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발	◦ 조립식 도로포장의 예방적 유지보수 공법 및 재료 기술 개발 ◦ 매립형 센서를 사용한 조립식 도로포장의 구조적 측면 예방적 유지관리 기법 개발	• 조립식 아스팔트 포장 예방적 유지보수 재료 및 시공 기법 개발 • 조립식 콘크리트 포장 예방적 유지보수 재료 및 시공 기법 개발 • 실시간 계측을 위한 계측 관련 기술 개발 • 실시간 계측 자료의 처리 기술 개발 • 조립식 도로포장 예방적 유지보수 시기와 기준 및 공법관련 지침 개발	응용	(현재)2 (완료)5
3-4-2	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발	◦ 조립식 도로포장의 평탄성 및 레벨 측정을 조합한 평탄성 관리 기술 제시 ◦ 조립식 도로포장의 포장 손상 평가 기준 마련 ◦ 조립식 도로포장의 미끄럼 및 소음 평가 기준 제시	• 기존 경사계의 정확도 및 정밀도를 검토하고 외부 변수에 따른 정확도 수준 검토 • 매립형으로 제작하기 위한 패키징 기술과 USN 기반 데이터 획득을 위한 압전소자 및 통신 연계 기술 개발 • 정밀 레벨 측정 대안(GPS, 3D Scan, 레벨 측량)에 대한 정확도 수준 및 소요시간 검토 • 평탄성 보완을 위한 방법론 개발 및 평탄성 평가 주기 및 방법 결정 • 각 슬래브간의 단차 제어 기술 및 최소 발생 기준 • 조립식 포장의 파손 위치, 유형 및 심각도 분석 • 조립식 포장의 파손 평가 인자결정 및 공용성능 평가 기준 모형 개발 • 조립식 포장의 파손 조사 방법 및 주기 결정 • 조립식 포장의 미끄럼에 대한 최적 조사 방법 및 주기 결정 • 조립식 도로포장의 미끄럼 및 소음 성능에 관한 관리 기준 제시	실용화	(현재)2 (완료)8

No.	중점 추진 분야	제안 기술명	연구개발목표	연구개발내용	기술 개발 단계	TRL 분류
3-4-3	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)	◦ 조립식 도로포장의 긴급보수 절차 및 재료선정 방안 연구 ◦ 조립식 도로포장의 재사용 및 재활용 기술 개발 ◦ 조립식 도로포장의 연결부의 신속하고 용이한 유지보수 방법 확립	• 포장 파손부위 절삭 및 제거 방안 연구 • 기존 하부층과 프리캐스트 슬래브 사이의 채움재 검토 • 채움재의 재료 특성에 따른 워커빌리티 특성 분석 및 단면 특성에 따른 시공 효율성 분석 • 조립식 도로포장 시공 이후 평탄성 유지가 가능한 유지보수 방법 검토 • 교통차단 면적을 최소화할 수 있는 다목적 장비 조합 검토 및 표준화 방안 검토 • 연결부의 형상에 따른 구조적 거동 및 파괴 특성 분석 • 조립식 슬래브 간 하중전달 효과 유지 및 회복을 위한 최적 유지보수 방안 연구 • 조립식 도로포장의 재사용 및 재활용 방안 연구	실용화	(현재)2 (완료)5
3-4-4	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	슬래브 높이 조정 장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발	◦ 프리캐스트 슬래브를 연약지반 구간의 단지내 포장에 적용하는 기술 개발 ◦ 슬래브 내부에 매립할 수 있는 높이조정장치를 개발하여 연약지반 구간의 침하에 대응하는 기술 개발	• 연약지반의 부등침하 특성 파악 및 항만과 단지내 포장의 파손 사례 검토 • 하부 지지구조물의 침하 억제 대책 수립 • 기존 건축 및 토목용 교좌장치, 면진장치, 높이조정장치를 벤치마킹하여 프리캐스트 슬래브와 지지구조물 사이에 필요한 높이조정장치 개발 • 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물의 거푸집과 융합이 가능하여 생산성이 발현되도록 형상 최적화 개발	응용	(현재)1 (완료)5
3-4-5	조립식 도로 시공 및 유지보수/ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발	◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성 ◦ REGOSLAB의 부분 침하 발생시 적용할 보수 공법	• 조립식 포장체의 침하 복구를 위한 업리프트 기술의 개발 • 폴리우레탄(polyurethane) 또는 셀룰라 폼 (cellular foam) 콘크리트 재료 및 시공기술 개발 • 조립식 포장체의 침하 복구를 위한 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트의 역학적 내구적 특성 검증 • 침하 발생 구간의 복구를 위한 현장 적용기술 개발 • 침하 구간의 적용된 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트의 장기 공용성 확보 기술 개발 • 업리프트 (up-lift) 기술을 활용한 침하 복구기술 시공지침 개발	응용	(현재)1 (완료)5

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 : 2012. 5. 22 ~ 5. 28

○ 조사대상 : 산학연 관련 전문가

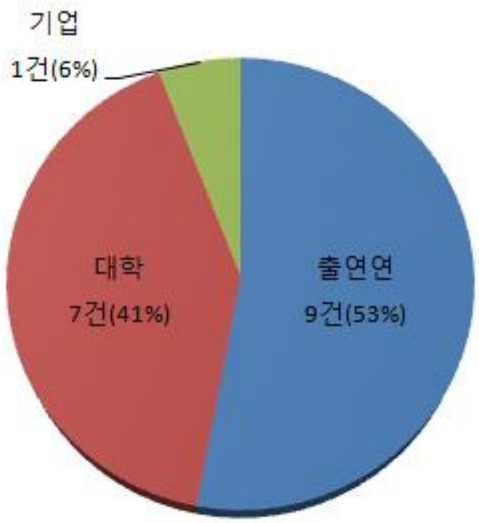
○ 조사방법 : e-mail 조사

○ 조사항목

- 기술적 실현시기, 사회/경제적 실현시기

□ 응답자 특성

○ 응답자의 구성은 총 17명이 응답하였으며, 출연연 9건(53%) , 대학 7건(41%), 기업 1건(6%), 순으로 나타남



〈그림 2-87〉 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 실

용화시기를 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

□ 조립식 도로포장의 국내외 기술적 실현 시기는 2011년(97%), 2016년(50%)에 집중되어 있음

○ 해외의 경우, 2012년 기준 기술적 실현 시기는 2011년(97%)에 집중되어 있어 이미 기술적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 사회/경제적 실현 시기는 1~2년 내에 실현가능한 것으로 조사되었음

○ 국내의 경우, 2012년 기준 기술적 실현 시기는 15~17년에 실현가능한 것으로 조사되었으며, 사회/경제적 실현 시기는 5~8년 내에 실현가능한 것으로 조사되었음

<표 2-33> 조립식 도로포장 관련 기술적, 사회/경제적 실현시기 분포

(단위: 수, %)

구분			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
기술적 실현시기	세계	과제 수	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
		비중(%)	97	0	3	0	0	0	0	0	0	0	100
	국내	과제 수	0	0	1	0	7	15	6	1	0	0	30
		비중(%)	0	0	3	0	23	50	20	3	0	0	100
사회/경제적 실현시기	세계	과제 수	10	2	12	6	0	0	0	0	0	0	30
		비중(%)	33	7	40	20	0	0	0	0	0	0	100
	국내	과제 수	0	0	0	0	0	0	2	2	6	20	30
		비중(%)	0	0	0	0	0	0	7	7	20	67	100

□ **조립식도로 시스템 설계 기술개발의 국내의 기술적 실현 시기는 15~18년으로 다양하게 분포하였음**

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

- 해외의 기술적 실현 시기는 11년으로 이미 실현된 것으로 조사되었음
- 국내의 기술적 실현 시기는 2012년 기준으로 3~6년에 사이에 기술개발이 가능한 것으로 조사되었음

○ 사회/경제적 실현 시기의 경우, 해외의 경우 대부분이 사회/경제적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 국내의 경우는 5~8년 후에 가능한 것으로 조사되었음

<표 2-34> 조립식 도로 시스템 설계 기술개발 실현시기 현황

(단위: 년도)

번호	예측기술명	기술적 실현시기		사회/경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
1	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	11	17	11	19
2	연속식 REGOSLAB 시스템 개발	11	17	13	20
3	REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	11	17	11	19
4	조립식도로 경제성 분석 기술개발	11	18	11	19
5	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발	11	16	11	17
6	조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	11	16	11	17
7	하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발	11	15	11	18
8	하부지반 치환 및 보강 기술개발	13	15	11	18

□ **조립식 도로재료 기술개발의 국내의 기술적 실현 시기는 15~17년으로 다양하게 분포하였음**

○ 기술적 실현시기의 경우, 해외에서는 이미 기술이 개발된 것으로 조사되었으며 국내는 최대 2년 후에 가능한 것으로 조사되었음

- 해외의 기술적 실현 시기는 11년으로 이미 실현된 것으로 조사되었음
- 국내의 기술적 실현 시기는 2012년 기준으로 3~5년에 사이에 기술개발이 가능한 것으로 조사되었음

○ 사회/경제적 실현 시기의 경우, 해외의 경우 일부분이 사회/경제적으로 실현된 것으로 조사되었으며, 국내의 경우는 7~8년 후에 가능한 것으로 조사되었음

<표 2-35> 조립식 도로재료 기술개발 실현시기 현황

(단위: 년도)

번호	예측기술명	기술적 실현시기		사회/경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
1	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발	11	16	13	20
2	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발	11	17	14	20
3	롤러블 카펫 하부 접착용 중간층 재료 개발	11	17	13	20
4	롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목 섬유 개발	11	16	13	20
5	경량시공 REGOSLAB 개발	11	15	11	19
6	고내구성 REGOSLAB 개발	11	15	11	19
7	투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	11	17	11	19

□ **조립식 도로 시공 및 유지보수 기술개발의 국내의 기술적 실현 시기는 15~16년에 집중되어 분포하였음**

○ 기술적 실현 시기의 경우, 해외에서는 이미 기술이 개발된 것으로 조사되었으며 국내는 최대 3~4년 후에 가능한 것으로 조사되었음

- 해외의 기술적 실현 시기는 11년으로 이미 실현된 것으로 조사되었음
- 국내의 기술적 실현 시기는 2012년 기준으로 3~4년에 사이에 기술개발이 가능한 것으로 조사되었음

○ 사회/경제적 실현 시기의 경우, 해외의 경우 1~2년내로 실현이 가능한 것으로 조사되었으며, 국내의 경우는 2020년에 가능한 것으로 조사되었음

<표 2-36> 조립식 도로 시공 및 유지보수 기술개발 실현시기 현황

(단위: 년도)

번호	예측기술명	기술적 실현시기		사회/경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
1	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발	11	16	13	20
2	롤러블 REGOMAT 생산 기술	11	16	13	20
3	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술	11	16	13	20
4	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발	11	16	13	20
5	경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발	11	16	12	20
6	조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발	11	15	13	20
7	롤러블 REGOMAT시공 기술 및 장비 개발	11	16	13	20
8	경량 콘크리트 REGOSALB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	11	16	13	20
9	조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	11	16	13	20
10	GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	11	13	12	20
11	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발(SIM 포함)	11	15	14	20
12	조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발	11	15	14	20
13	조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)	11	16	14	20
14	슬래브 높이 조정장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발	11	16	14	20
15	Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발	11	16	14	20

3. 기술수준조사

가. 기술수준조사의 개요

□ 기술수준조사의 개념[1)]

○ 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 조립식 도로포장 연구단에 포함될 수 있는 기술개발 아이템 도출 시 참고자료로 활용함

□ 기술수준조사의 내용

○ 조사기간 : 2012. 5. 22 ~ 5. 29

○ 조사대상 : 산학연 관련 전문가

○ 조사방법 : e-mail 조사

○ 조사항목

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

<표 2-37> 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)

1) 교통분야 기술수준 조사연구, 한국건설교통기술평가원, 2008

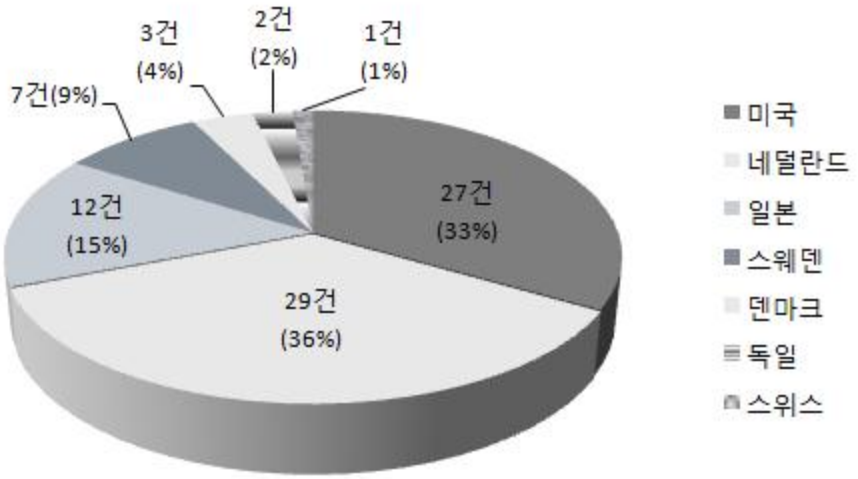
나. 기술수준조사 결과

(1) 조립식 도로포장 연구단의 기술분류체계 상의 최고기술보유국 및 기술수준 분석

□ 최고기술보유국 비중

○ 조립식 도로포장 연구단의 30개의 제안기술명(후보과제명)별로 최고기술보유국을 조사한 결과 모든 제안기술명에서 2개국 이상의 나라에서 최고기술을 보유한 것으로 나타남

- 기술분류체계의 제안기술명별 최고기술보유국을 조사한 결과, 네덜란드 29개(36%) 기술, 미국 27개(33%) 기술, 일본 12(15%) 기술, 스웨덴 7개(9%) 기술, 덴마크 3(4%) 기술, 독일 2개(2%) 기술, 스위스 1개(1%) 기술을 보유한 것으로 나타남



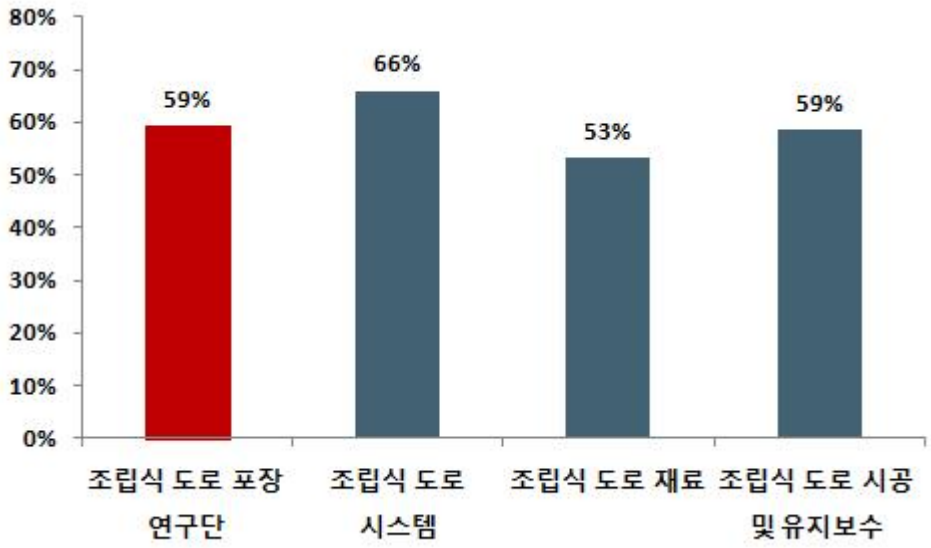
〈그림 2-88〉 최고기술보유국 비중

□ 기술수준조사 분석결과

○ 조립식 도포포장 연구단의 기술수준은 선진국 대비 59.3% 수준인 것으로 나타났음

○ 기술분류체계 중분류별로 기술수준을 조사했을 경우, 조립식 도로시스템, 조립식 도로 시공 및 유지보수, 조립식 도로 재료의 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남

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

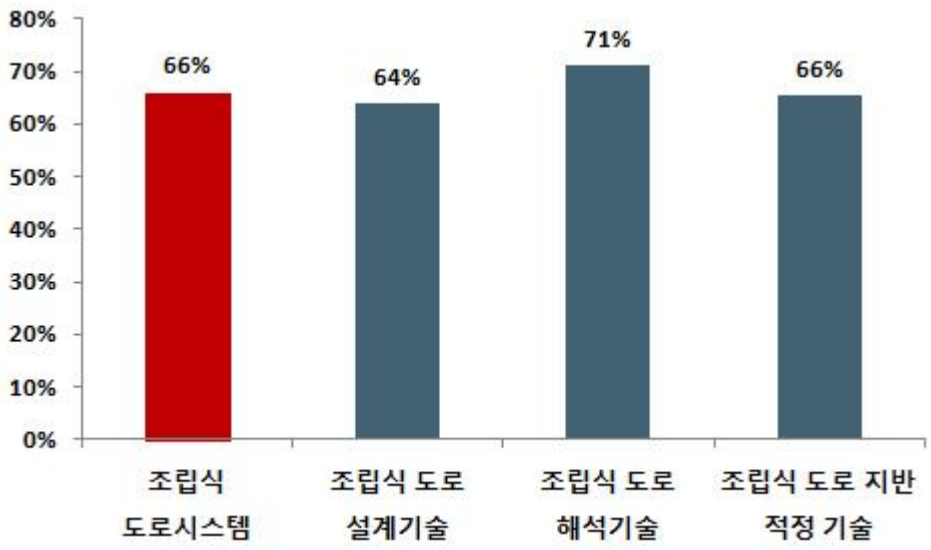


〈그림 2-89〉 조립식 도로포장 연구단 중분류별 기술수준

○ 조립식 도로포장 연구단의 기술격차 4.6년이며, 최고기술국과 기술격차 수준(3.5점)은 현행 유지하는 것으로 나타남

- 기술격차, 기술격차추세를 기술분류체계별로 조사한 결과, 기술격차가 가장 큰 분야는 조립식 도로재료(5.1년) 분야 임
- 조립식 도로 시스템, 조립식 도로재료, 조립식 도로 시공 및 유지보수 분야는 기술격차가 커지고 있는 것으로 나타남

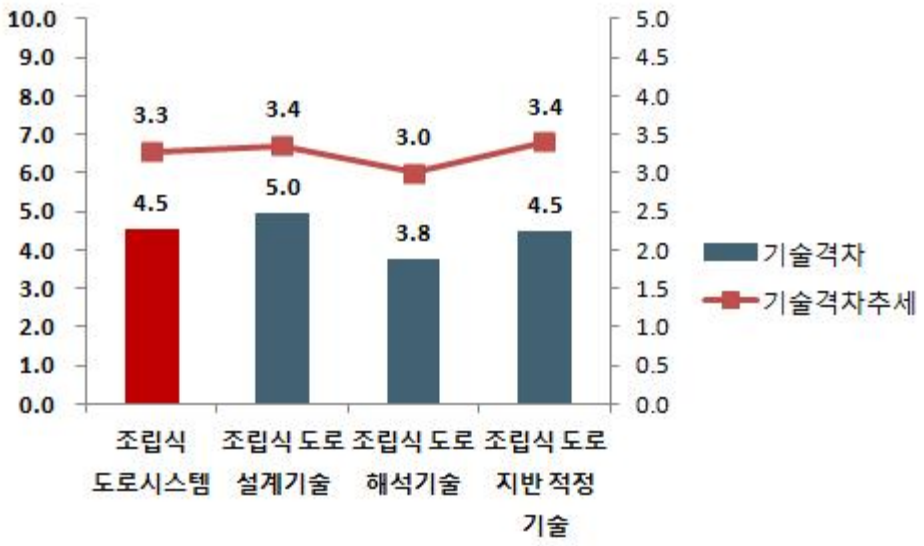
○ 조립식 도로시스템의 기술분류체계 소분류별 기술수준 조사결과 조립식 도로 해석기술(71%), 조립식 도로 지반 적정 기술(66%), 조립식 도로 설계기술(64%)의 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남



〈그림 2-90〉 조립식 도로시스템 소분류별 기술수준

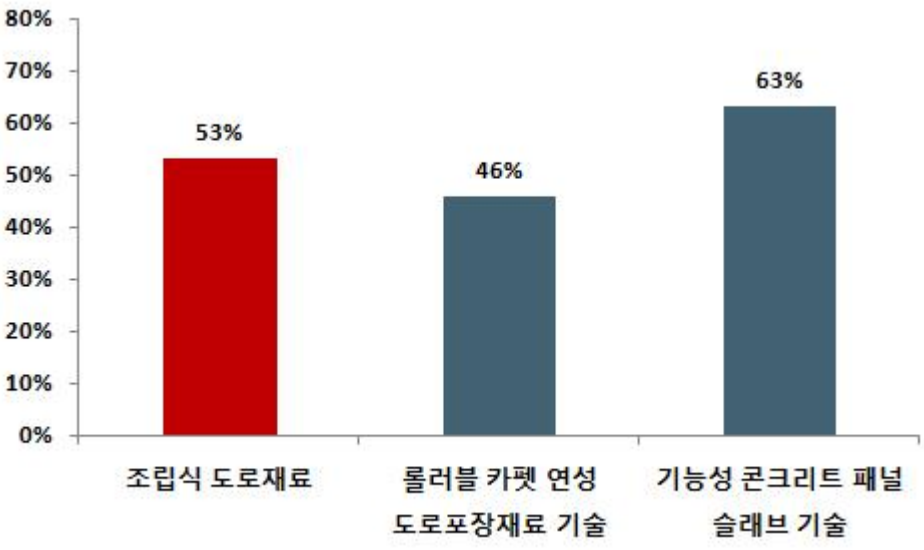
○ 조립식 도로시스템분야의 기술격차는 4.5년이며, 기술격차는 현수준(3.3년)을 유지하고 있는 것으로 나타남

- 조립식 도로시스템분야 내에서 기술격차가 가장 큰 분야는 조립식 도로 설계기술 분야(5.0년)임
- 조립식 도로시스템분야 내에서 소분류 분야의 기술력 차는 현행 수준을 유지하고 있는 것으로 나타남



〈그림 2-91〉 조립식 도로시스템 소분류별 기술격차 및 기술격차추세

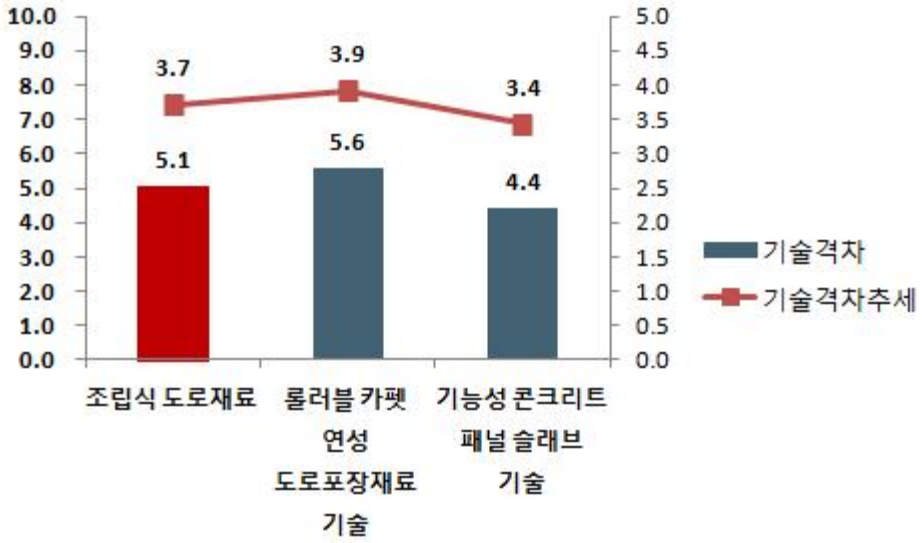
○ 조립식 도로재료의 기술분류체계 소분류별 기술수준 조사결과 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술(63%), 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술(46%)의 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남



〈그림 2-92〉 조립식 도로재료 소분류별 기술수준

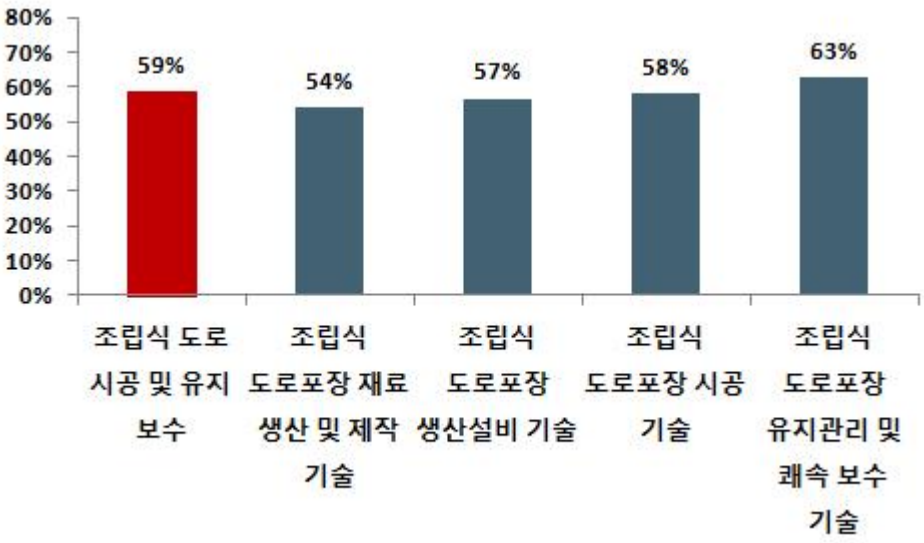
○ 조립식 도로재료분야의 기술격차는 5.1년이며, 기술격차는 확장(3.7년)되고 있는 것으로 나타남

- 조립식 도로재료분야 내에서 기술격차가 가장 큰 분야는 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 분야(5.6년)임
- 조립식 도로재료분야 내에서 소분류 분야의 기술격차는 확장과 현행 수준을 유지하고 있는 것으로 나타남



〈그림 2-93〉 조립식 도로재료 소분류별 기술격차 및 기술격차추세

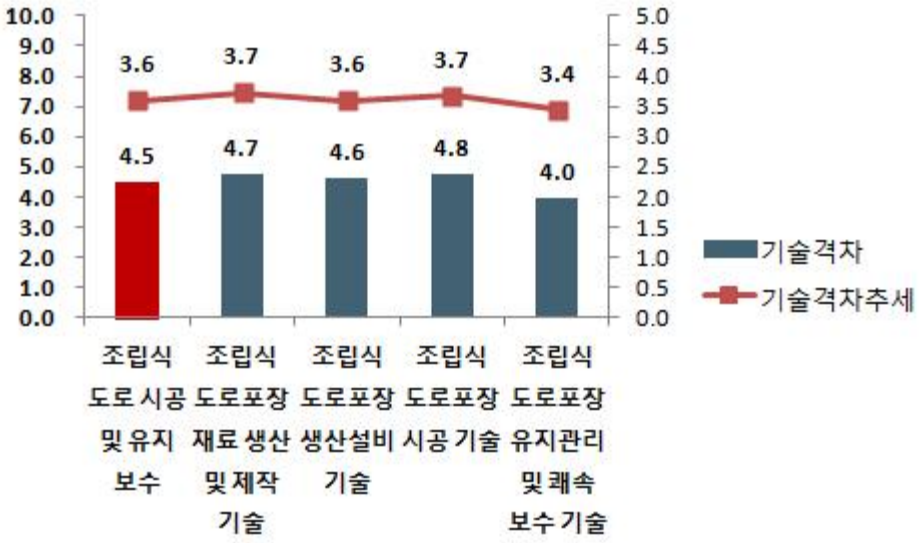
○ 조립식 도로 시공 및 유지 보수의 기술분류체계 소분류별 기술수준 조사결과 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속 보수 기술(63%), 조립식 도로포장 시공 기술(58%), 조립식 도로포장 생산설비 기술(57%), 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술(54%)의 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남



〈그림 2-94〉 조립식 도로시공 및 유지보수 소분류별 기술수준

○ 조립식 도로시공 및 유지 보수분야의 기술격차는 4.5년이며, 기술격차는 확장(3.6년)되고 있는 것으로 나타남

- 조립식 도로시공 및 유지 보수분야 내에서 기술격차가 가장 큰 분야는 조립식 도로포장 시공기술 분야(4.8년) 임
- 조립식 도로시공 및 유지 보수분야 내에서 소분류 분야의 기술격차는 확장하는 추세인 것으로 나타남



〈그림 2-95〉 조립식 도로시공 및 유지보수 소분류별 기술격차 및 기술격차추세

□ 제안기술명의 기술수준조사 분석결과

기획 과제명 (대분류)	세부과제 (중분류)	구성기술 (소분류)	제안기술명	최고 기술 보유국	우리 나라 기술 수준 (%)	기술 격차 (년도)	기술 격차 추세
교통지체 최소화를 위한 괘속 도로포장 시공 및 유지보수 공법 개발 기획	조립식 도로 시스템 (REGO-system)	조립식 도로 설계 기술 (REGODESIGN)	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	미국/네덜란드	63%	5.3	3.3
			연속식 REGOSLAB 시스템 개발	미국/네덜란드	59%	5.1	3.3
			REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	미국/네덜란드	67%	5.1	3.5
			조립식도로 경제성 분석 기술	미국/네덜란드	66%	4.3	3.3
		조립식 도로 해석 기술 (REGOANAL)	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발	미국/네덜란드	72%	3.7	2.9
			조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	미국/네덜란드	70%	3.8	3.1
		조립식 도로 지반 적정	하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발	미국/네덜란드	66%	4.4	3.4

기획 과제명 (대분류)	세부과제 (중분류)	구성기술 (소분류)	제안기술명	최고 기술 보유국	우리 나라 기술 수준 (%)	기술 격차 (년도)	기술 격차 추세
		기술 (REGOFOUND)	하부지반 치환 및 보강 기술개발	미국/네덜란드	65%	4.6	3.4
	조립식 도로 재료 (REGO-material)	롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 (REGOMAT)	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발	네덜란드/스웨덴/덴마크	43%	5.7	4.1
			롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발	네덜란드/스웨덴/덴마크	44%	5.7	4.1
			롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발	네덜란드/스웨덴	45%	5.6	4.1
			롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발	미국/네덜란드/덴마크/스웨덴/일본	51%	5.3	3.4
		기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	경량시공 REGOSLAB 개발	미국/네덜란드/일본	62%	4.3	3.5
			고내구성 REGOSLAB 개발	미국/네덜란드/일본	65%	4.2	3.3
			투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	미국/네덜란드/독일/일본	62%	4.7	3.5
	조립식 도로 시공 및 유지보수 (REGO-construction & maintenance)	조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발	미국/네덜란드	54%	4.7	3.9
			롤러블 REGOMAT 생산 기술	미국/네덜란드	48%	5.2	3.9
			경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술	미국/네덜란드/일본	61%	4.3	3.4
		조립식 도로포장 생산설비 기술	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발	미국/네덜란드/스웨덴	46%	5.2	4.0
			경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발	미국/네덜란드/일본	59%	4.6	3.5
			조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발	미국/네덜란드/일본	65%	4.1	3.3
		조립식 도로포장 시공 기술	롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발	미국/네덜란드/스웨덴/일본	49%	4.9	3.9

기획 과제명 (대분류)	세부과제 (중분류)	구성기술 (소분류)	제안기술명	최고 기술 보유국	우리 나라 기술 수준 (%)	기술 격차 (년도)	기술 격차 추세
			경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	미국/네덜란드/일본	64%	4.3	3.5
			조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	미국/네덜란드/스웨덴/일본	59%	4.9	3.7
			GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	미국/일본	60%	4.9	3.6
		조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속 보수 기술	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발(SIM 포함)	미국/네덜란드/일본	56%	4.1	3.7
			조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발	미국/네덜란드/스위스	68%	3.9	3.2
			조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)	미국/네덜란드	64%	4.0	3.1
			슬래브 높이 조정장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발	미국/네덜란드	65%	3.9	3.5
			Up-lift 기술을 활용한 REGOSALB 국부침하 보수 공법 개발	미국/네덜란드	62%	3.9	3.7

(2) 조립식 도로포장 연구단의 기술수준-기술격차추세 포트폴리오 분석

<기술수준-기술격차추세 교차 분석>

○ 1사분면에 위치한 기술분야는 선진국 대비 기술수준은 높으나, 기술격차가 증가하고 있는 분야임
○ 2사분면에 위치한 기술분야는 선진국 대비 기술수준은 낮으며, 기술격차가 증가하고 있는 분야임
○ 3사분면에 위치한 기술분야는 선진국 대비 기술수준은 낮으며, 기술격차가 감소하고 있는 분야임
○ 4사분면에 위치한 기술분야는 선진국 대비 기술수준은 높으며, 기술격차는 감소하고 있는 분야임

□ **조립식 도로포장 연구단 기술분류체계 상의 소분류 기준 기술수준-기술격차추세 교차분석 결과는 다음과 같음**

○ 1사분면에 해당하는 기술분야 없음

○ 2사분면에 해당하는 기술 분야

- 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 분야,(B1), 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술 분야(C1), 조립식 도로포장 생산설비 기술 분야(C2), 조립식 도로포장 시공 기술 분야(C3)

○ 3사분면에 해당하는 기술 분야 없음

○ 4사분면에 해당하는 기술 분야

- 조립식 도로 설계 기술 분야(A1), 조립식 도로 해석기술(A2), 조립식 도로 지반 적정 기술(A3), 기능성 콘크리트 패널슬래브(B2), 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수(C4)



〈그림 2-96〉 조립식 도로포장 연구단 소분류별 기술격차-기술격차추세 포트폴리오 분석

□ **조립식 도로시스템 기술분류체계 상의 제안기술명 기준 기술수준-기술격차추세 교차분석 결과는 다음과 같음**

○ 1사분면에 해당하는 기술 분야 없음

- RECOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발(A13)

○ 2사분면에 해당하는 기술 분야 없음

○ 3사분면에 해당하는 기술 분야 없음

- 연속식 RECOSLAB 시스템 개발(A12)

○ 4사분면에 해당하는 기술 분야

- 단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발(A11), 조립식 도로 경제성 분석 기술(A14), 조립식 도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발(A21), 조립식 도로 전용 구조해석 통합도구 개발(A22), 하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발(A31), 하부지반 치환 및 보강 기술개발(A32)



〈그림 2-97〉 조립식 도로시스템 분야 제안기술명별 기술격차-기술격차추세 포트폴리오 분석

□ **조립식 도로재료 기술분류체계 상의 제안기술명 기준 기술수준-기술격차추세 교차분석 결과는 다음과 같음**

○ 1사분면에 해당하는 기술 분야

- 경량시공 RECOSLAB 개발(B21), 투배수 및 소음저감 기능성 RECOSLAB 개발(B23)

○ 2사분면에 해당하는 기술 분야

- 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발(B11), 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발(B12), 롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발(B13)

○ 3사분면에 해당하는 기술 분야

- 롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발(B14)

○ 4사분면에 해당하는 기술 분야

- 고내구성 REGOSLAB 개발(B22)



〈그림 2-98〉 조립식 도로재료 분야 제안기술명별 기술격차-기술격차추세 포트폴리오 분석

□ **조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 기술분류체계 상의 제안기술명 기준 기술수준-기술격차추세 교차분석 결과는 다음과 같음**

○ 1사분면에 해당하는 기술 분야

- 경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발(C32), GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술(C34), 슬래브 높이 조정 장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발(C44), Up-lift 기술을 활용한 REGOSALB 국부침하 보수 공법 개발(C45)

○ 2사분면에 해당하는 기술 분야

- 비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발(C11), 롤러블 REGOMAT 생산 기술(C12), 롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발(C21), 경량 콘크리트 RECOSLAB 패널 슬래브 생산 설비 개발(C22), 롤러블 RECOMAT 시공 기술 및 장비 개발(C31), 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발(C33), 조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발(C41)

○ 3사분면에 해당하는 기술 분야 없음

○ 4사분면에 해당하는 기술 분야

- 경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 생산 기술(C13), 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발(C23), 조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발(C42), 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절

차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)(C43)



〈그림 2-99〉 조립식 도로 시공 및 유지보수 분야 제안기술명별 기술격차-기술격차추세 포트폴리오 분석

4. 제안기술명의 중요도 평가

가. 중요도 평가 개요

□ 기술수준조사의 내용

○ 조사기간 : 2012. 5. 22 ~ 5. 29

○ 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

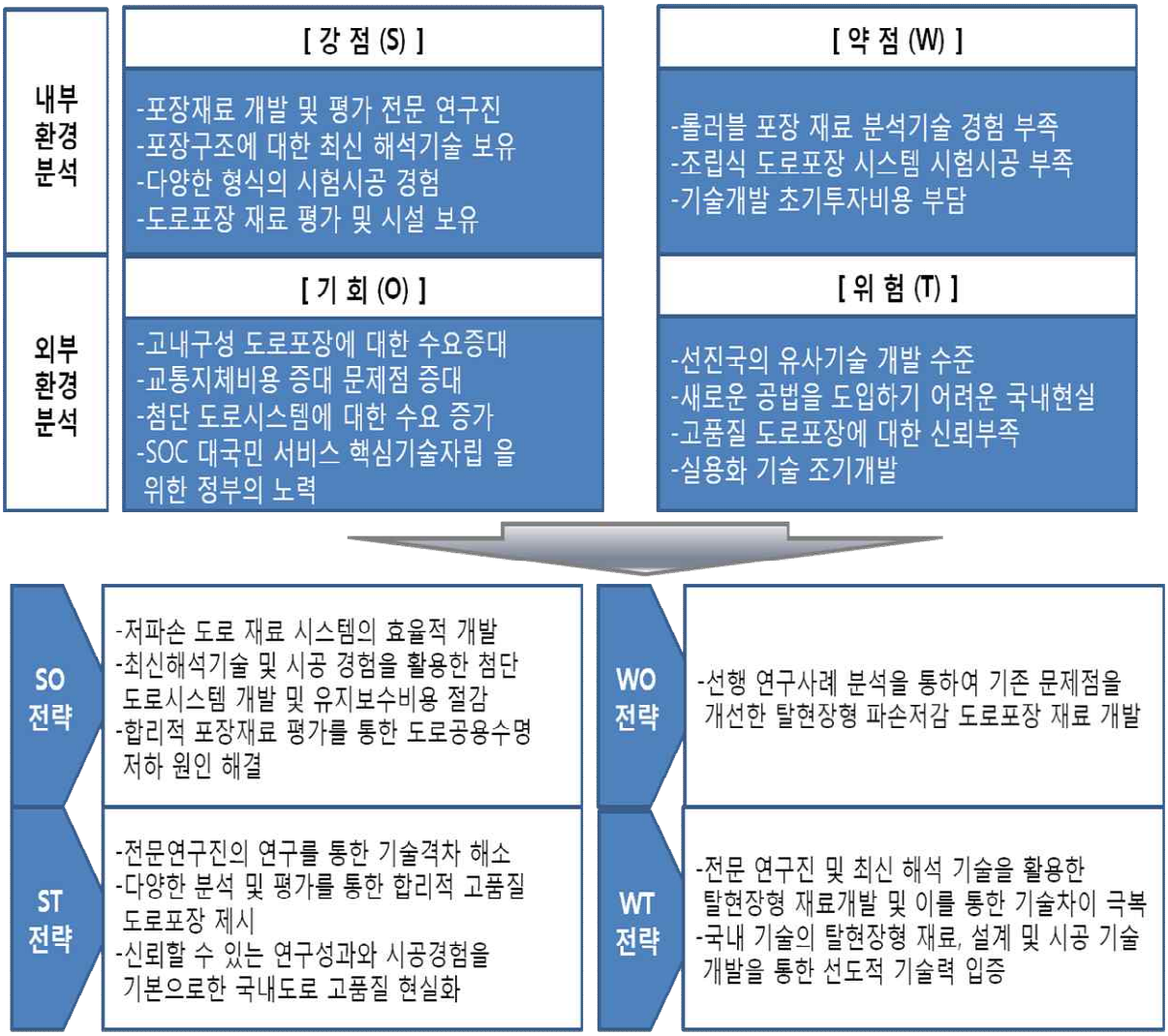
기획 과제명 (대분류)	세부 과제 (중분류)	구성 기술 (소분류)	제안기술명	기술 개발의 시급성	기술의 핵심성	경제적/ 사회적 기대효과	합계	순위
조립식 도로포장 연구단	조립식 도로 시스템 (REGO-system)	조립식 도로 설계기술(REGODESIGN)	단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	4.4	4.3	4.1	4.3	5
			연속식 REGOSLAB 시스템 개발	3.8	3.7	3.4	3.6	16
			REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	4.1	4.0	3.7	3.9	10
			조립식도로 경제성 분석 기술개발	3.7	3.5	4.1	3.8	13
		조립식 도로 해석 기술 (REGOANAL)	조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발	3.4	3.6	3.3	3.4	27
			조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	3.4	3.6	3.3	3.4	28
		조립식 도로 지반 적정 기술 (REGOFOUND)	하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발	3.5	3.8	3.5	3.6	20
			하부지반 치환 및 보강 기술개발	3.4	3.8	3.3	3.5	26
	조립식 도로 재료 (REGO-mate	롤러블 카펫 연성 도로포장재	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발	4.7	4.8	4.5	4.7	1

	rial)	료 기술 (REGOMAT)	롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발	4.6	4.6	4.4	4.5	2
			롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료개발	4.2	4.2	4.4	4.3	3
			롤러블 카펫 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발	3.9	3.7	4.1	3.9	12
		기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	경량시공 REGOSLAB 개발	4.2	4.0	4.5	4.2	6
			고내구성 REGOSLAB 개발	4.3	4.2	4.3	4.3	4
			투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	4.1	4.1	4.3	4.2	7
	조립식 도로 시공 및 유지보수 (REGO-construction)	조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발	3.5	4.1	3.6	3.7	14
			롤러블 REGOMAT 생산 기술	3.9	4.1	3.8	3.9	11
			경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술	3.4	3.6	3.7	3.6	23
		조립식 도로포장 생산설비 기술	롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발	4.1	3.9	3.9	4.0	9
			경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 설비 개발	3.6	3.7	3.5	3.6	21
			조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발	3.3	3.3	2.9	3.2	30
		조립식 도로포장 시공 기술	롤러블 REGOMATt 시공 기술 및 장비 개발	3.9	4.3	3.8	4.0	8
			경량 콘크리트 REGOSALB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	3.6	3.9	3.6	3.7	15
			조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	3.7	3.9	3.3	3.6	19
			GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	3.1	3.4	3.1	3.2	29
		조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속 보수 기술	조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발(SIM 포함)	3.3	3.5	3.9	3.6	24
			조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발	3.4	3.4	3.9	3.6	25
			조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 (긴급보수, 연결부 보수포함)	3.4	3.5	4.0	3.6	17
			슬래브 높이 조정장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발	3.5	3.7	3.7	3.6	18
			Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발	3.5	3.6	3.7	3.6	22

5절. 기술개발 방향 설정

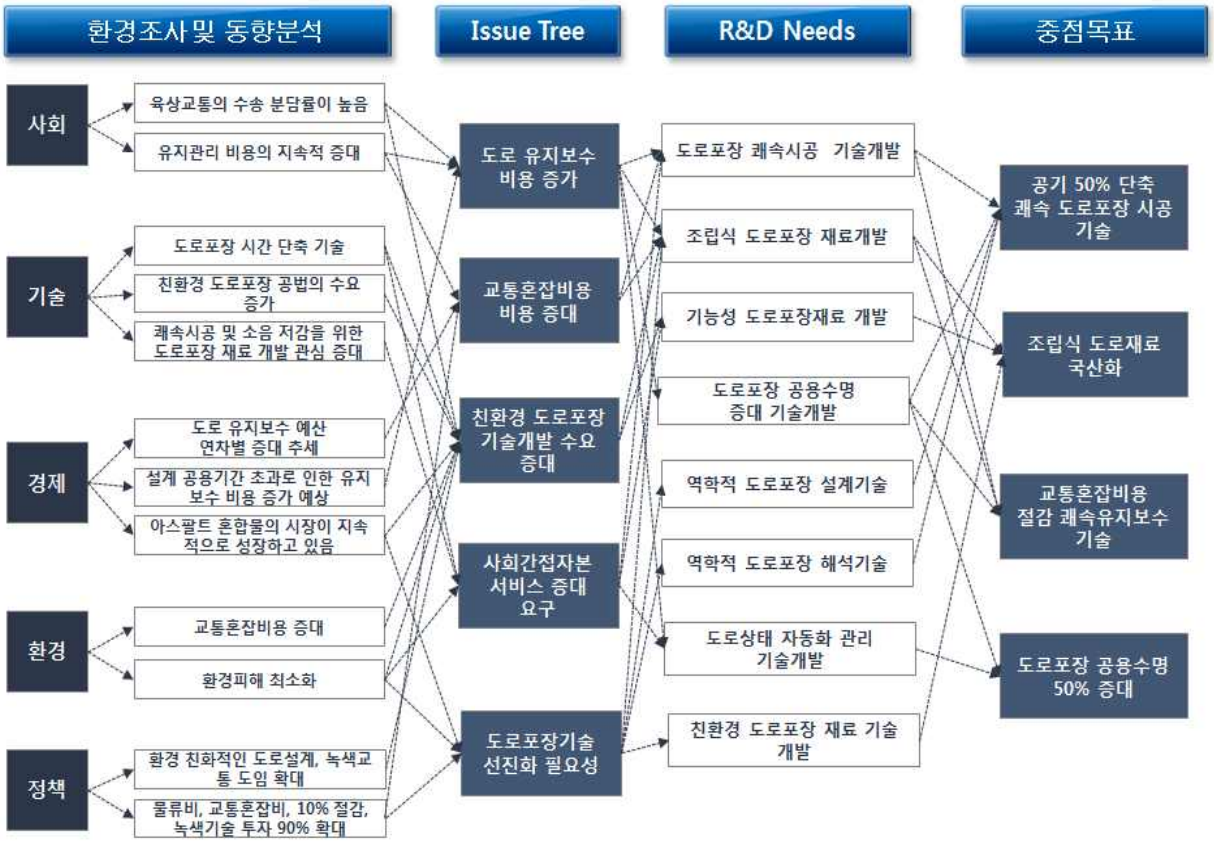
1. 분석결과 종합

가. SWOT 분석



〈그림 2-100〉 SWOT 분석 결과

나. Issue Tree 도출



〈그림 2-101〉 Issue Tree

2. 중점추진분야 설정

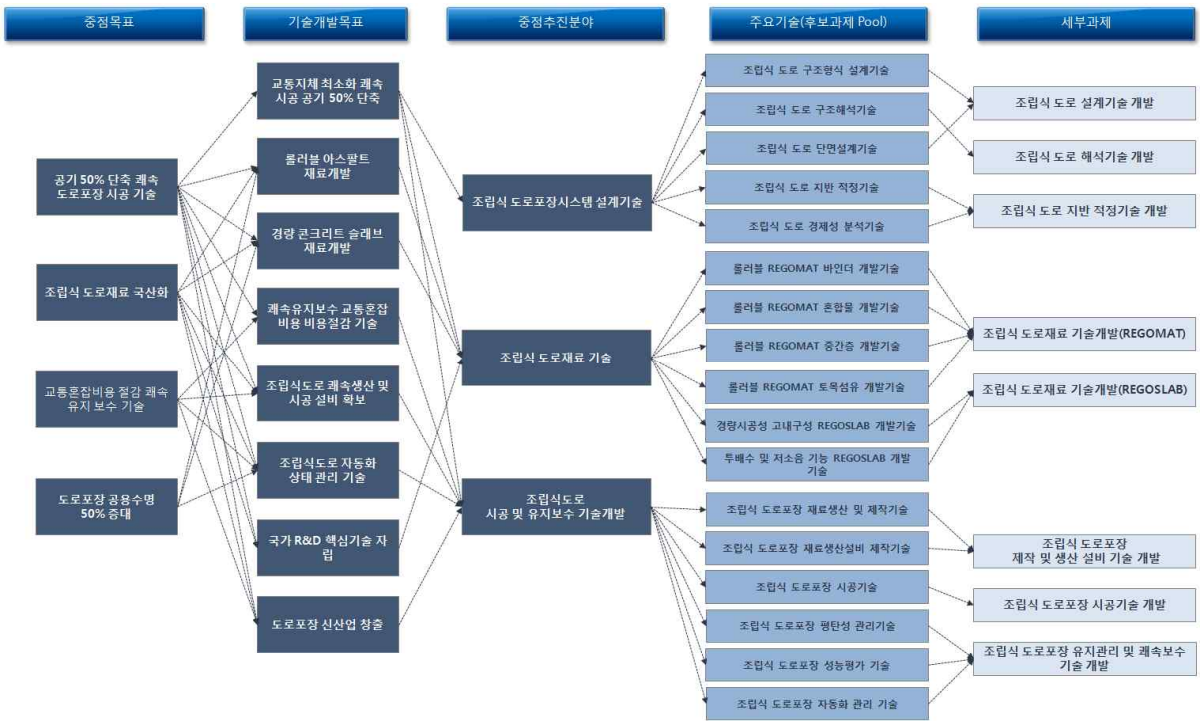
가. 중점추진분야 설정

(1) 중점추진분야 및 후보과제 Pool 구성

(가) 중점추진분야 및 후보과제 Pool

□ **전문가 설문조사 및 국내외 동향 및 환경분석을 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 8개의 세부과제를 도출함



〈그림 2-102〉 중점추진분야 및 후보과제

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 연구 비전

○ 교통차단 또는 지체 최소화 및 쾌속시공이 가능하며 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장의 물리적·역학적 장점을 최대로 반영한 조립형 도로 포장 시스템 구축으로 도로 포장 계획 내구 수명을 100% 이상으로 확보할 수 있는 도로, 유지보수 횟수가 최소화되는 도로, 품질관리가 용이하며 파괴가 예고되어 안전하고 쾌적한 주행성능을 발휘하는 공장 생산형 롤러블(릴링-언릴링) 카펫 표층재료(REady-to-GO MATtress: REGOMAT), 조립식 강성기초 패널 도로포장 재료(REady-to-GO SLAB: REGOSLAB), 설계, 구조해석, 시공 및 유지 관리 기술 개발 등을 목표로 한 조립식 도로포장 시스템 (REady-to-GO PAVEment system: REGOPAVE) 개발을 목표로 함

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



〈그림 3-1〉 핵심개발기술의 비전

2. 연구전략목표

○ 지역 통합적인 교통·물류망의 구축, 지역 균형 개발 등에 중추적인 역할을 담당하는 도로망의 특성상, 쾌속 시공을 통한 고통 혼잡비용 절감, 내구성 확보와 유지 관리 최소화

등이 가능한 고기능 첨단 도로 건설을 필요로 하고 있으며, 또한 국내 관련기술의 외국 의존도가 매우 높아 국가예산 낭비로 연결되어 관련 기술 개발이 시급함

○ 도로포장 건설 특성 상, 저온 (4℃)이하에서 시공할 경우, 도로 포장체의 공용성능에 큰 문제가 발생할 수 있어, 대부분의 도로포장 신설 또는 유지보수 시공은 특정 계절에 집중되어, 막대한 교통지체 비용, 교통혼잡비용 증대, 포장체 내구성능저하, 원자재 비용증대 및 수급 문제 및 이용자 불편 등의 여러 가지 문제점을 초래하고 있어 이에 대응하기 위한 교통지체 최소화, 환경영향 최소화 및 4계절 시공가능 등을 대표적 특징으로 하는 조립식 도로포장(REGOPAVE) 시스템 개발을 도모할 시점 임

○ 특히 우리나라 도로포장의 95% 이상을 점유하고 있는 아스팔트 도로포장 표층 5cm 시공에 대해 플랜트가 교통지체 없이 왕복 30 km 내외의 근거리, 최대 규모의 장비 투입 등을 전제로 할 경우, 1,000m/(1차로, 8시간 작업 기준)으로 시간당 최대 약 100m 정도이지만 포설, 다짐 및 마무리 시간 등을 고려할 경우, 시간당 50-60m 정도 시공이 가능한 반면, 롤러블 카펫 도로표층의 경우 이의 약 2배로 시간당 100-150m로 쾌속 시공이 가능하며, 시공절차가 대폭 간소화되며, 환경피해 최소화(분진, 소음 등), 에너지 사용량 최소화 및 교통 즉시개방 등을 특징으로 하는 조립식 도로 포장 시스템 개발을 목표로 함

○ 국토해양부와 환경부는 2004년에 '환경 친화적인 도로건설 지침'을 공동으로 제정하여 모든 도로구간에 적용하고 있으며 일반국도의 대표구간을 선정하여 친환경도로 시범사업을 시행중에 있으므로, 본 연구에서 개발되는 교통지체/혼잡 최소화 및 환경영향 최소화 롤러블 카펫 표층 시스템 (REGOMAT)과 반영구적 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층 포장 시스템(REGOSLAB)의 표준화 기술개발을 주축으로 한 조립식도로포장 시스템(REGOPAVE) 기술개발이 필요한 시점임

○ 사회간접자본의 건전성은 국가 경쟁력 강화에 일익을 담당하며, 국가 기반시설 성능 고도화 차원에서 지속가능한 도로포장 시스템을 개발하여 보급함



〈그림 3-2〉 핵심개발기술의 국가전략 부합성

○ 본 연구에서 목표로 하는 롤러블 카펫 표층재료(REGOMAT) 및 탈부착이 가능한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층재료(REGOSLAB)등을 포함하는 조립식 도로포장(REady-to-GO PAVEment System: REGOPAVE)의 설계, 해석, 유지관리 기술 개발은 20여 년간 축적된 연구단의 도로포장 관련기술을 효과적으로 활용하기 위하여, 명확한 핵심단위기술을 개발하여 최종적으로 REGOPAVE를 실현하는 전략을 설정함

○ 롤러블 카펫 기능성 표층 시스템(REGOMAT) 및 탈부착이 가능한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층 시스템(REGOSLAB) 개발을 주축으로 하여 첨단재료, 설계, 시공, 유지관리 등이 하나로 합체된 통합형(All-in-One) 연구개발 전략을 설정함

○ 쾌속시공 롤러블 카펫 표층은 신설 또는 유지보수 도로에 선택적 사용이 가능하며, 롤러블 카펫 표층을 포함한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층의 경우, 주로 콘크리트 포장을 사용하는 고속도로에서 수요가 클 것으로 판단하며, 일반국도 및 주요 간선도로 연성포장의 신설, 확장 및 전단면 보수 등에도 적용이 가능함

○ 탈부착 조립식 도로포장은 신속한 시공이 필요한 도심지 교차로, 버스전용차로, 공항 및 항만 포장 구간 등 여러 구간에 적용이 가능하며, 특히, 공동구가 매설된 포장 구간에 사용하여 잦은 개착으로 인한 폐기물 발생을 줄이고 쾌속시공이 가능함

○ 기존 도로포장 시공 회사의 계절 또는 시공온도 제한적인 현장시공방식에 더하여, 4계절 시공이 가능한 전천후 조립식 도로포장 시스템 기술 실현으로 관련 산업발전에 기여하며, 특히 연성 포장인 롤러블 카펫 표층 포장의 경우, 공장생산된 롤러블 표층 재료 수급, 소규모 장비임대 및 인원으로 시공이 가능하므로, 기존 시공사의 업역 확대에 기여함

○ 교통지체 최소화 쾌속시공 가능 조립식 도로포장 시스템 구축

○ 2018년 기존 도로포장 대비 포장 공용수명 1.5배 증대

○ 2018년 선진국 기술수준 대비 90% 이상 달성

2절. 기술개발에 따른 미래상

AS-IS	TO-BE
• 전통적인 현장 타설 방식으로 재료운반, 포설, 다짐, 양생 등의 일련의 시공절차 포함 • 현장 타설로 엄격한 품질관리 또는 보증에 어려움이 있음 • 현장 타설로 이산화탄소, 유증기, 분진 및 소음 등으로 다수 민원발생 • 신규 아스팔트 바인더 또는 개질 아스팔트 바인더를 이용한 전통적 가열 아스팔트 혼합물 포장 • 두께가 두꺼우면서도, 열 변형 또는 온도균열에 취약하여 매년 막대한 규모의 유지보수비용 증가 • 유지보수 빈번한 교통차단 또는 폐쇄로 혼잡비용 증가	• 종래의 현장 타설 방식을 벗어나, 공장에서 제작 생산한 롤러블 표층 카펫(REGOMAT)을 현장에서 접착 시공하는 쾌속시공기술로 진화(고탄성 롤러블 표층재료 및 고점도 중간층 멤브레인): 쾌속시공 및 교통지체/혼잡 최소화 • 엄격한 품질관리로 설계수명 대비 공용수명 보증 • 환경피해 최소화(시공시 발생하는 분진, 소음 진동 등) • 조립식 도로포장 시공절차 간소화로 사용에너지 및 이산화탄소 발생량 저감 • 쾌속시공 실현으로 교통지체 및 혼잡비용 최소화
• 인근 플랜트에서 골재 및 아스콘 생산 운반 후 포설 다짐 • 현장 배치 플랜트에서 콘크리트 생산 후 운반, 슬립폼 페이버를 통해 포설 후 양생 • 시공 및 기상조건 등에 따라 콘크리트 포장 성능 차이가 크며 일관된 품질관리 어려움 • 포장체의 거동을 연속체이론과 탄성론에 기초하여 해석하므로 균열, 소성변형, 점탄성거동을 정확하게 예측하기 어려움 실정임	• 생산 공장 내에서 콘크리트 슬래브형 패널(REGOSLAB)을 생산하여 공정 및 품질관리 향상 • 조립식 도로 포장 공정에서 발생하는 유해 물질 외부 반출 차단 • 조립식도로포장 수요에 따른 생산 자동화, 재고 관리 가능 • 단계별 공정 분리를 통해 적용 조건에 따른 기능성(소음, 폭우, 폭설) 조립식 생산시스템 구축 • 아스팔트 및 콘크리트 생산 플랜트와 연계된 생산 시스템을 구축하여 비용 절감 • 아스팔트 및 콘크리트 재료 및 구조특성의 동시적용이 가능한 3차원 유한요소해석 엔진코드 개발
• 도로 하부구조(기층, 보조기층, 노상, 노반) 현장 시공 방식으로 재료운반, 포설, 다짐 등의 일련의 시공절차 포함 • 하부구조 현장 시공에 필요한 재료구매 및 운반과정에서 발생하는 고비용과 현장 다짐의 품질관리에 추가적인 시간이 필요하여 비효율적임 • 하부구조 재료에 따른 현장 다짐의 엄격한 품질관리 또는 보증에 어려움이 있음	• 종래의 현장다짐방식을 벗어나, 인공지반을 조성할 수 있는 하부구조 모듈화를 통해 공장 생산, 현장쾌속시공, 품질관리 평가의 간소화로 진화 • 재료운반, 포설, 다짐의 간소화를 통한 하부구조 건설비용 절감과 엄격한 품질관리로 설계수명 대비 공용수명 보증 • 조립식 포장체 설계하중을 고려한 적정 지반정수 및 다짐도 결정
• 유지보수시 도로 포장 단면의 일부분(모듈)을 보수하므로 노후 포장 및 구조적 결함이 있는 포장 구간의 근본적인 보수공법 필요 • 포장 파손에 대한 다양한 유지보수 방법이 존재하나 절삭덧씌우기 및 재포장시에는 시에는 장시간의 교통차단이 수반됨	• 사전 제작한 슬래브를 시용한 쾌속시공으로 교통 차단시간 감소 • 고품질 고내구성 슬래브를 이용한 콘크리트 포장 설치로 포장의 내구성 및 사용성을 증진시키고, 공용 중 포장변형 및 평탄성을 지속적으로 유지관리(Automated Road) • 유지보수 빈도의 저하로 유지보수 비용 절감 및 도로 이용자의 편익 증대 도모
	

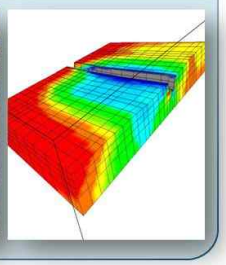
분야 1 : 전통적 도로포장 시스템 설계, 해석, 시공 방식: As - is

- 전통적 현장 타설방식으로 재료생산, 운반, 포설, 양생, 마무리 등 일련의 시공절차 수반
- 현장타설로 엄격한 품질관리/보증에 어려움
- 유지보수시 빈번한 교통차단/폐쇄
- 전단면 또는 부분단면보수 비용 및 시간 증대
- 포장 구조해석은 단순한 2차원 모델을 사용
- 단순 지반/노상 지지력으로 관리

분야 1 : REGO-system: To-be

- 사전 제작한 슬래브를 통한 급속시공으로 교통차단시간 감소
- 탈현장 양생/ 엄격한 품질관리 및 보증
- 쾌속 유지보수로 비용 절감 및 이용자 편익 증대
- 기능성을 추가한 다양한 용도활용(저소음, 배수기능)
- 3차원 역학적 해석 및 설계법 도입으로 과다설계 지양
- 설계하중을 고려한 지반설계정수 관리





〈그림 3-3〉 조립식 도로 시스템 설계 기술 개발의 미래상

분야 2-1 : 현장시공 가열아스팔트 혼합물 : As-is

- 전통적 현장 타설방식으로 재료생산, 운반, 포설, 다짐, 마무리 등 일련의 시공절차 수반
- 현장타설로 이산화탄소, 유증기, 분진 및 소음 등 다수 민원발생
- 고온 가열아스팔트 혼합물로 사용에너지 증대
- 두께가 두꺼우면서도 열변형 및 균열에 약해 막대한 유지보수비용 소요
- 유지보수시 빈번한 교통차단/폐쇄로 혼잡비용 증대

분야 2-1 : REGO-material (REGOMAT) : To-be

- 공장에서 생산한 롤러블 표층 카펫을 현장에서 접착시공하는 쾌속시공
- 탈부착이 가능한 카펫으로 공용 후/회수 재생 처리
- 환경피해 최소화(이산화탄소, 분진 및 소음 등)
- 쾌속시공이 필요한 다양한 용도로 사용가능(도심부 쾌속보수, 공항포장 등)
- 과학적 도로포장재료 고분자 물성해석기술 발전에 이바지



〈그림 3-4〉 조립식 도로재료 기술 개발 – REGOMAT의 미래상

분야 2-2 : 현장시공 콘크리트 슬래브 타설 및 양생: As-is

- 전통적 현장 타설방식으로 재료운반 시공 양생절차가 번거롭고 품질관리 곤란
- 현장 타설 콘크리트는 분진 및 소음 발생 등 환경피해 유발 및 시공시 많은 에너지 소모
- 유지보수시 쾌속시공이 어려워 이용자 불편 초래
- 휨강도 만으로 슬래브를 설계하여 과다 설계 우려가 큼
- 기능성 콘크리트 제작이 어려움

분야 2-2 : REGO-material (REGOSLAB) : To-be

- 공장에서 생산가능한 콘크리트 재료 개발
- 고품질 고내구성 보장을 위한 첨가제/토목섬유 개발
- 탈부착이 가능한 경량형 콘크리트 슬래브 개발 활용
- Helmholtz 공명기를 활용한 기능성 콘크리트 재료
- 역학적 슬래브 단면 설계로 과다설계 지양
- 경량 콘크리트 슬래브 쾌속시공으로 교통혼잡비용 저감
- 도로포장 재료 다양화에 기여





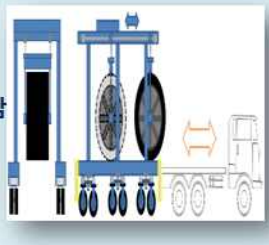
〈그림 3-5〉 조립식 도로재료 기술 개발 - REGOSLAB의 미래상

분야 3 : 전통적 현장 시공 및 유지보수 방식: As-is

- 국내의 도로포장 관련 연구는 현장타설 방식에 국한 되어 있음
- 국내에서 거푸집 시험제작 이외에 REGOMAT 및 REGOSLAB 생산기술 관련 연구는 수행된 바 없음
- 쾌속시공 개념의 조립식 도로포장 시공시 기존의 비정형 구간 및 구조물 처리 기술 부재
- 도로포장 재료 생산시 플랜트에서의 막대한 에너지 및 비용 소모
- 국내 도로포장의 97%이상의 아스팔트 도로포장의 빈번한 유지보수로 막대한 예산소요 및 교통혼잡비용
- 현상학적 관찰로 유지보수공법 결정에 따른 보수방법의 유효성 결여
- 예방적 유지관리 필요시기 예측 불가능

분야 3 : REGO-construction & maintenance: To-be

- 조립식도로의 쾌속시공 기능 극대화를 위한 생산/시공
- REGOMAT 릴링 및 압출 기술 및 관련 생산설비 개발
- REGOSLAB 다용도/간편 거푸집 개발
- 쾌속시공 및 현장장비 최소화로 교통 지체/혼잡비용 절감
- 쾌속시공 프로세스별 품질관리 기준 제시
- 조립식 포장에 적합한 도로유지관리체계 개발/활용
- 동질성 구간을 대상으로 한 온라인 상태관리 시스템
- 예방적 유지보수 시기 예측을 통한 쾌속 유지보수
- 조립식 포장체 국부침하 보수 기법(Up-Lift) 기술 활용





〈그림 3-6〉 조립식 도로 시공 및 유지보수 공법 개발 - 시공 및 생산의 미래상

3절. 연구개발과제 구성 및 기술/성과 로드맵

□ REGOPAVE 개발 과제는 다음과 같이 구성되었음



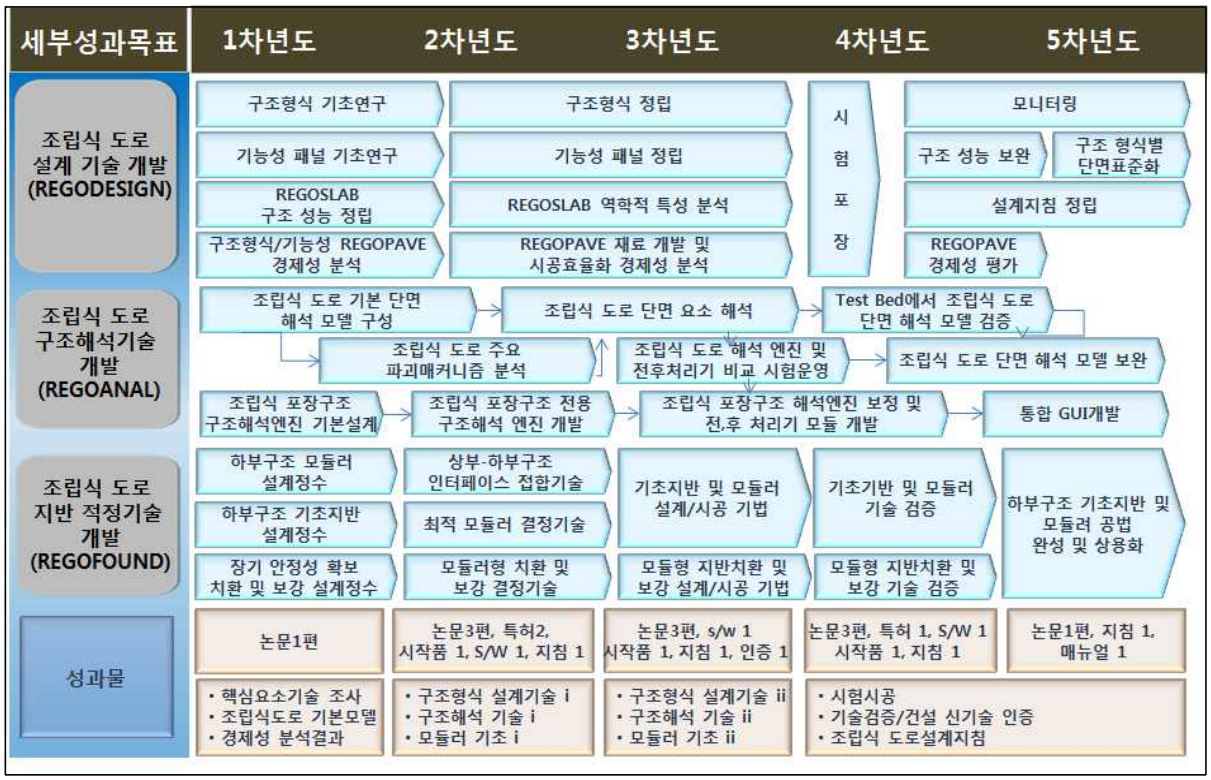
〈그림 3-7〉 연구개발과제의 구성

□ REGOPAVE 연구단의 거시적 기술개발 로드맵은 다음과 같이 도출되었음



〈그림 3-8〉 연구단 거시적 기술개발로드맵

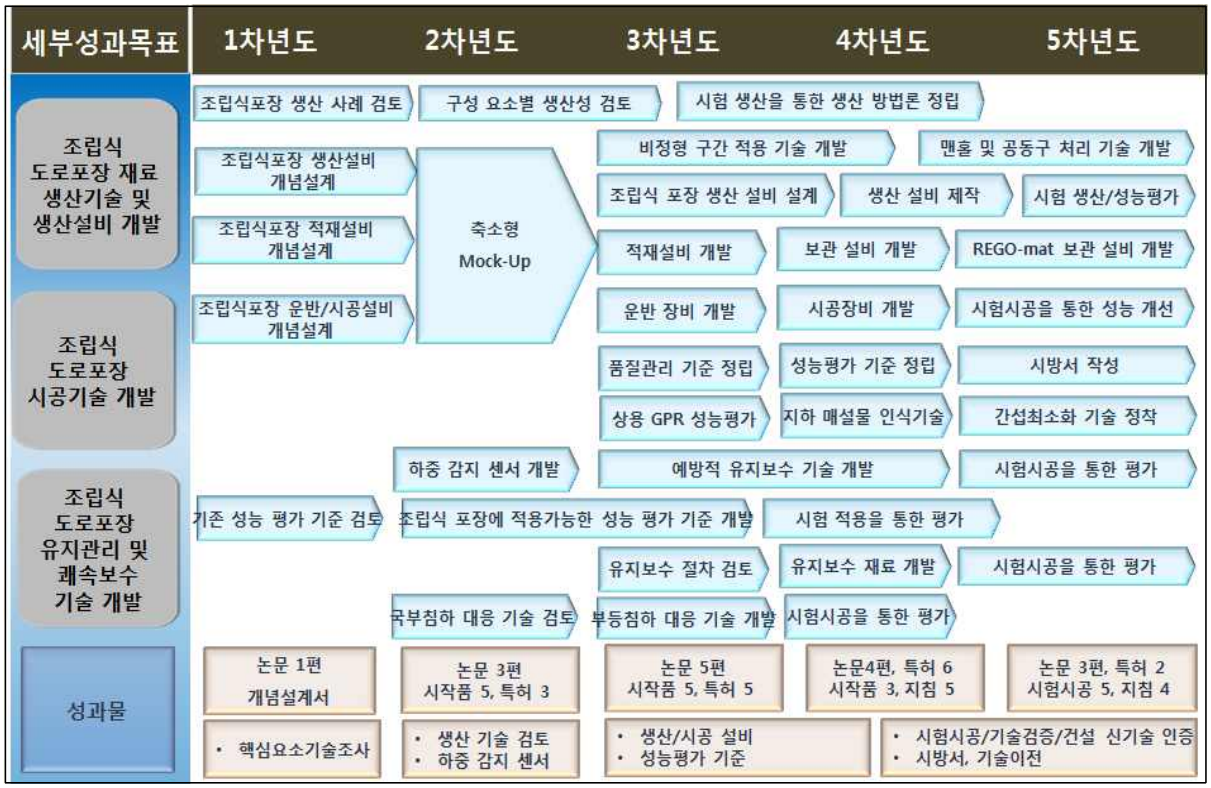
□ REGOPAVE 연구단의 세부과제별 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵은 다음과 같음



<그림 3-9> 1세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵



<그림 3-10> 2세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵



〈그림 3-11〉 3세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵

4절. 세부과제별 주요내용, 추진전략 및 성과활용 방안

1. 1세부과제 개요 : 조립식 도로 시스템 설계 기술 개발

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	• 쾌속시공 및 교통지체 또는 차단 최소화를 목표로 공장에서 제작한 롤러블 카펫 표층(REGOMAT) 및 콘크리트 패널 슬래브 기층(REGOSLAB)으로 구성되는 조립식 도로포장 시스템의 구조형식(단속식, 탈부착식 또는 연속식), 역학적 해석도구, 구조형식 설계법 및 설계지침 및 조립식도로 지반 적정기술 연구개발
세부과제의 범위	• 시간적 범위: 2018년(최종 목표연도: 2020년) • 공간적 범위: 신설 도로건설 및 기존도로유지보수, 공항포장, 항만포장, 교차로 • 연구적 범위 - 조립식 도로 구조형식 설계기술 - 조립식 도로 구조해석기술/통합도구 및 단면설계 기술 - 조립식 도로 지반 적정기술 - 조립식 도로 경제성 분석기술
기술개발목표	•2018년 선진국 대비 기술수준 평균 90% 달성 •2018년 기존 도로포장 대비 포장수명 1.5배 증대 •2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 •2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 조립식도로의 구조형식(단면형식, 조인트 접합방식, 기능성) 개발 - 줄눈 콘크리트 포장과 유사한 신설 콘크리트 포장용 단절 조립식 경량 콘크리트 패널 슬래브 - 쾌속 유지보수용 탈·부착식 재사용 가능 콘크리트 패널 슬래브 - 장스팬 연속식 프리스트레싱 콘크리트 패널 슬래브 • 유한요소법을 이용한 조립식도로의 3차원 구조해석기술개발 • 조립식도로의 단면두께설계를 위한 카달로그식 단면설계법 개발 • 조립식도로 포장 전용 구조해석 통합 도구 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

○ 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

○ 국가과학기술위원회의 2012년 기술 분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성

○ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 도로분야의 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함

○ 조립식도로 포장의 경우 설계를 위해 포장구조의 역학적 거동을 파악할 수 있는 포장구조 전용 유한요소해석 도구가 필수적이나, 효율적인 성능을 가진 해석도구가 국내기술로 개발되어 있지 않음

○ 이는 국내 기술의 한계가 아니라 현재까지 개발의 필요성이 상대적으로 적었으며, 개발 후의 제품의 경제적 수요가 적기 때문에 정부의 연구지원 없이는 일정수준 이상의 성능을 가진 코드 개발이 불가능 구조이며, 진보된 포장구조해석 도구의 개발을 통하여, 조립식 포장구조는 물론 국내 도로포장 해석 및 설계 분야의 기술력 증대를 위해서는 정부의 연구지원이 절실함

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 한국도로공사 주관으로 줄눈콘크리트 포장을 사전 제작한 슬래브를 이용하여 보수하는 방법에 대한 기초적인 연구를 수행한 사례가 있음

○ 산업혁신기술개발의 일환으로 프리캐스트 슬래브를 이용하여 줄눈콘크리트 포장 보수시공 및 결빙방지 등의 기능성 슬래브를 이용한 도로 포장 시험시공을 수행한 기초적인 연구 사례가 있음

○ 프리캐스트 공법을 적용한 교량 및 암거 등의 조립식 구조물 시공 공법에 대한 기존 연구내용 및 기술 중 본 과제에 적용 가능한 사항을 활용

○ 세계 최초로 한국건설기술연구원에서 수행한(2009-2012) 현장 타설 도로포장용 파이버 보강-리젝 애쉬 치환-콘크리트 기층재료 연구를 바탕으로 조립식으로 제작 가능한 기능성 콘크리트 슬래브 패널 개발 연구에 연계 필요성

○ 도로포장 역학적 단면설계 관련연구는 “한국형 포장설계법 개발”연구에서 경험·역학적 설계방법 개발 연구를 수행한 바가 있으나, 전통적 현장 타설 방식에 적용 가능하여 탈현장 조립식 도로포장에 적용할 수 없음

○ 도로포장 역학적 두께설계에 필수 요소인 구조해석도구는 상용도구를 이용하는데 많은 어려움이 있고, 포장재료의 물리적 특성을 효과적으로 해석에 반영하기 위해서는 한국건설기술연구원에서 개발한 도로포장 2차원 유한요소 구조해석 엔진(KICTPAVE)를 보정하여 3차원 해석이 가능한 엔진으로 업그레이드가 가능하여 연구개발 성과물 확보에 유리함

○ 조립식 도로포장의 최적의 조인트 접합방식 결정을 위해서는 상기와 같은 3타원 구조해석을 필요로 하며, 또한, 조립식 포장체 내에서 발생하는 임계 응력 또는 변형율을 조립식 도로포장 최적 두께설계 도구에 연계하기 위해서는 구조해석 도구를 필요로 하는 바, 상기 연구결과 활용 필요성이 있음

○ “한국형 포장설계법 개발”연구에서 하부구조의 다짐관리 및 안정처리에 선행연구가 있으나 본 연구에서 제안한 모듈형 기초기반과 관련된 하부구조 설계/시공 기법 및 치환/보강 기법에 대한 연구가 전무함

세세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
조립식 도로 설계 기술 개발	• 조립식도로의 구조형식(단면 형식, 접합방식) 개발 • 조립식도로 경제성 분석 기술	한국형 조립식 포장공법의 개발에 관한 연구	• 줄눈콘크리트 포장 형식의 프리캐스트 슬래브 포장의 개발 및 결빙방지 등의 기능성 프리캐스트 포장 시험시공	(주)한국유지관리 (2005~2007)	• 줄눈콘크리트 포장 형식만을 적용한 기초적인 연구로써 본 과제에서 연구하는 여러 구조 형식의 조립식 포장 공법과는 차별됨	• 결빙방지 등 기능성 프리캐스트 슬래브의 요소 기술을 분석하여 본 과제에 연계 고려
조립식 도로 해석 기술 개발	• 조립식도로 구조해석기술개발 • 조립식도로 구조해석 통합도구 개발 • 조립식도로의 단면설계 지침 개발	복합포장시스템 구조해석기술 개발	• 복합포장의 2차원구조해석엔진 개발 • 복합포장의 2차원 구조해석 전후처리기 개발	한국건설기술연구원 (2009-2013)	• 복합포장의 2차원 구조해석도구로 본 연구에서 목표로 하고 있는 3차원 구조해석 엔진과는 차별됨	• 2차원해석을 위한 엔진 설계경험을 본 과제에 연계
		한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안	• 역학적-경험적 도로포장 설계방법 개발 • 연성 도로포장 설계방법 연구 및 개발 • 강성 도로포장 설계방법 연구 및 개발	한국건설기술연구원/한국도로공사/한국도로학회 (2000-2010)	• 기존과제에서 연성포장, 강성포장 각각에 대한 구조해석 연구진행, 상용 또는 기존 개발된 연구용 해석코드 사용 • 본 과제의 조립식 포장구조해석의 경우 연성,강성 포장 두가지 성질을 모두 가지는 구조로서 기존 기술을 직접적용 불가	• 연성, 강성 포장구조 해석을 위한 연구로부터 도출된 다양한 결과를 참고하여, 조립식 포장 구조해석 기술 개발시 시행착오를 최소화 할 수 있음
조립식 도로 지반 적정기술 개발	• 조립식도로 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발 • 조립식도로 기초지반 치환 및 보강기술 개발	한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안	• 포장 하부구조 다짐관리 기법 개발 • 포장 하부구조 안정처리 기법 개발	한국건설기술연구원/한국도로공사/한국도로학회 (2000-2010)	• 기존 과제에서는 하부구조에 대한 다짐관리 기법과 시멘트와 플라이애쉬를 활용한 안정처리 기법이므로 본연구의 조립식 모듈형 기초기반연구와 차별됨	• 시멘트와 플라이애쉬를 활용한 안정처리 기법은 노상의 지지력증대를 위한 치환 및 보강기술과 연개

라. 연구개발 주요내용

□ 1세세부과제

세세부과제 제목	조립식도로 설계 기술 개발
세세부과제의 개념	• 연성 REGOMAT 및 REGOSLAB 를 일체로 하는 조립식 도로의 최적 구조형식 설계 기술 개발 • 쾌속시공이 가능하도록 콘크리트 슬래브를 이용하여 조립식으로 도로 포장 시스템을 구성하는 설계 기술 개발
세세부과제의 범위	• 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식 등) 콘크리트 포장 구조형식 개발(표층 및 기층용) • 조립식 도로의 최적 구조형식 설계 기술 개발 • 조립식 도로 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발 • 시험시공을 통한 거동 계측 및 모니터링 • 단면표준화 및 설계 지침 개발 • 조립식도로의 경제성 평가
기술개발목표	• 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시 • 경제성 있는 조립식 도로 포장 형식, 구조해석 및 단면설계기술 국산화 • 쾌속시공 및 경제성이 우수한 조립식 도로 포장 형식 개발
기술개발 성공가능성	• 선진국에서는 유사기술의 도입 및 발전이 급속도로 진행되고 있기 때문에 이와 관련된 기술의 조사 및 분석을 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹하며 보다 진보적인 기술을 접목시킴으로써 기술개발의 성공 및 조기 실현이 가능함 • 주관연구기간(KICT)에서 개발한 복합포장을 위한 카달로그 설계 알고리즘을 조립식 도로포장 형식으로 수정 보완하므로 조기개발 가능성이 큼

□ 2세세부과제

세세부과제 제목	조립식도로 해석 기술 개발
세세부과제의 개념	• 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로의 두께설계를 위한 역학적 해석 기술, 전용 구조해석 통합도구 및 간편 단면 설계법 개발
세세부과제의 범위	• 조립식도로 역학적 해석이 가능한 구조해석도구 국산화 기술 개발 • 조립식도로 파괴매커니즘 정립기술 • 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진개발 • 조립식도로 유한요소 구조해석 전후처리기 개발 • 조립식 도로의 단면두께설계 알고리즘 개발 • 조립식도로 간편 단면설계법 개발 • 조립식 도로 시공 실내 시뮬레이션 기술
기술개발목표	• 조립식 도로의 단면두께 설계를 위한 구조해석기술, 전용해석도구 및 간편 설계법 개발
기술개발 성공가능성	• 주관연구기관(KICT)에서 개발한 도로포장 전용 2차원 유한요소해석 엔진 및 간편 설계모듈(통칭 KICTPAVE)은 소스코드접근이 가능하며 조립식도로에 적합하도록 3차원 확장 등의 수정 및 보완 가능하므로 조기 개발 가능성이 큼 • 연구개발을 통해 도출되는 3차원 유한요소해석엔진은 조립식 포장구조설계의 핵심부품으로 사용하여, 조립식 포장 카달로그 설계법 등의 설계도구 개발에 사용 가능함 • 해석엔진에 적용되는 포장구조의 특화요소인 점탄성 재료, 인터페이스요소, 입상재료 등의 제공으로 조립식 포장구조 뿐만 아니라 기존 특수포장(공항, 항만포장 등)의 구조해석 도구로도 사용가능

□ 3세세부과제

세세부과제 제목	조립식 도로 지반 적정기술 개발
세세부과제의 개념	• 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로에 적합한 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발
세세부과제의 범위	• 하부구조 기초지반 및 조립식 설계정수 도출 • 하부구조 기초지반 및 조립식 설계기술 개발 • 하부구조 기초지반 및 조립식 시공기술 개발 • 상부-하부구조 인터페이스 접합 기술 개발 • 장기 안전성 확보를 위한 모듈형 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 공법 도출
기술개발목표	• 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발 • 하부지반 치환 및 보강기술 개발
기술개발 성공가능성	• KICT의 도로포장 하부지반 전문가(지반공학 전문가)에 의해 동적인 교통하중을 바탕으로 하부지반의 정량적 분석 및 평가로 최적의 하부구조 기초기반 및 모듈 개발 • 종래의 현장다짐방식을 벗어나, 인공지반을 조성할 수 있는 하부구조 모듈화를 통해 공장 생산, 현장쾌속시공, 품질관리 평가의 간소화가 가능 • 재료운반, 포설, 다짐의 간소화를 통한 하부구조 건설 비용 절감과 엄격한 품질관리로 설계수명 대비 공용수명

마. 최종성과물 및 성과지표

세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1	조립식 도로 설계 기술 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.2	• 조립식도로 구조형식/단면설계 총5편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	2	0.3	• 조립식도로 구조형식/단면설계 2건
		3	인증	공법 및 프로세스 인증건수	건	1	0.1	• 조립식도로 구조형식 인증 1건
		4	지침	지침 개발	건	2	0.1	• 조립식도로 구조형식에 따른 설계 지침 2건
		5	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	• 조립식도로 구조형식 시작품 2건
2	조립식 도로 해석 기술 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.4	• 조립식도로 구조해석 총 3편
		2	지식재산권	S/W 등록 건수	건	3	0.3	• 조립식도로 구조해석 엔진 및 처리기 3건
		3	지침/ 매뉴얼	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.3	• 조립식도로 간편 단면설계 지침 1건 • 조립식도로 구조해석 매뉴얼 1건
3	조립식 도로 지반 적정기술 개발	1	논문	논문 게재건수	편	3	0.2	• 하부구조 기초지반 및 조립식 설계/시공기술 2편 • 하부지반 치환 및 보강기술 1편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	1	0.2	• 하부구조 모듈러 형식 1건
		3	시작품	설계도서 및 시작품	개	1	0.2	• 하부구조 모듈러 개발 1건
		4	지침/ 매뉴얼	지침/매뉴얼 개발 및 보급	건	1	0.1	• 하부구조 기초지반 및 조립식 설계/시공기술 지침/메뉴얼1건
		5	기술선진화	기술수준 향상효과	건	1	0.1	• 하부구조 기초지반 및 모듈러 개발 1건
		6	현장 적용	현장적용 건수	개소	1	0.2	• 하부구조 기초지반 및 조립식 시험시공 1건

바. 연차별 성과목표

세세부 과제	성과목표	성과지표	연차별 목표				
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1	조립식 도로 구조설계 기술 개발	논문	1	1	1	1	1
		지식재산권		특허 1		특허 1	
		인증			1		
		지침			1		1
		시작품		1		1	
2	조립식 도로 구조해석 기술 개발	논문		1	1	1	
		지식재산권		S/W 1	S/W 1	S/W 1	
		지침/매뉴얼		1		1	
3	조립식 도로 지반 적정기술 개발	논문		1	1	1	
		지식재산권		특허 1			
		시작품			1		
		지침/매뉴얼					1
		기술선진화				1	
		현장 적용				1	

사. 성과물 검증방안

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

○ 조립식 도로 시스템 성능검증은 구조형식 적절성은 3차원 구조해석 결과 비교 검정 및 시작품의 내구 성능평가 등을 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, 예를 들어 한국도로공사의 시험도로 및 주관연구기관(KICT)에서 추진하는 연천 SOC 시험장의 활용시점과 맞추어질 경우, 이를 활용하여 장기 공용성 테스트를 실시하도록 연계함

○ 개발된 조립식 포장전용 구조해석 엔진 및 전후 처리기의 경우, 해석 코드의 수치적 검정을 위해 현재, 기계, 항공, 조선 등의 분야에서 범용으로 활발히 사용되고 있는 ABAQUS, ANSYS 등의 3차원 유한요소 해석 모형을 이용하여 비교 검정함

○ 수치검정 후 도로포장분야 연구진 및 실무진에 적극 배포하여 개발제품의 보급과 동시에 사용자 피드백 정보를 확보하며, 이를 이용하여 개발 제품의 실무적 검정을 받음

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
조립식 도로 시스템 설계 기술 개발	1	조립식 도로 구조형식	국토해양부/ 한국도로공사/ 지방자치체	· 조립식도로 최적 구조형식을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 도심지 도로 (교차로, 버스전용차로) 쾌속시공 · 공항활주로/유도로 쾌속시공
		조립식 도로 설계지침	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 조립식도로 최적 구조형식 설계 지침 보급
	2	조립식 도로 구조해석 엔진	국토해양부/ 대학/ 관련 기업체	· 조립식도로는 물론 일반, 특수 도로포장의 구조해석 엔진으로 사용 가능하게 보급
		조립식도로 구조해석 전후처리기 모듈 및 통합 GUI 환경		· 조립식도로의 설계에 요구되는 포장구조 거동 해석시 연구자/실무자에게 효율적인 구조해석환경 제공
	3	하부구조 기초지반 및 조립식 설계/시공법	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 하부구조 기초지반 및 조립식 공법을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
		하부지반 치환 및 보강공법		· 불량한 하부지반의 일반국도 및 고속국도 현장에 적용

2. 2세부과제 개요 : 조립식 도로재료 기술 개발

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	• 쾌속시공 및 교통지체 또는 차단 최소화를 목표로 공장에서 제작한 롤러블 카펫 표층 재료 및 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층 재료개발 연구
세부과제의 범위	• 시간적 범위: 2018년(최종 목표연도: 2020년) • 공간적 범위: 신설 도로건설 및 기존도로 유지보수, 산업단지, 공항포장, 항만포장, 교차로 • 연구적 범위 - 롤러블 REGOMAT 바인더 개발 - 롤러블 REGOMAT 혼합물 개발 - 롤러블 REGOMAT 중간층 개발 - 롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발 - 경량시공 고내구성 콘크리트 패널 슬래브 재료 개발 - 투배수 및 소음저감 기능성 콘크리트 패널 슬래브 재료 개발
기술개발목표	• 2018년 선진국 대비 기술수준 평균 90% 이상 달성 - 제로 상분리(Zero Phase Separation), 크리프 회복율 60% 이상 고분자 개질 아스팔트 바인더 및 4cm 롤러블 아스팔트 혼합물 - 롤러블 카펫 표층 시공 접속부 완전결합을 위한 EVA 열접착제를 이용한 멤브레인 접착시트 개발 • 2018년 쾌속 롤러블 표층 카펫 시공 1회 100m/시간당 달성 • 2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 • 2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 혼합물 개발 • 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발 • 기능성 경량시공 고내구성 콘크리트 패널 슬래브 재료 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

○ 2013-2017국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 SOC 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 SOC 시설물 소재분야 첨단화 기술개발 필요성

○ 건설교통기술은 도로인프라의 효율적·경제적 건설과 운영과 같이 공공 인프라적 성격이 강하고 국민 삶의 질 및 국가예산 절감등과 밀접한 분야이므로 정부·공공 기관주도의 연구개발 필요

○ 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 아스팔트 도로포장의 종방향 바퀴자국 패임(러팅), 중하중 반복에 의한 포장균열 및 우천시 포트홀 등은 도로를 주행하는 운전자 및 차량의 안전에 많은 문제점을 초래하고 있어, 이에 대응하기 위한 도로포장 첨단재료, 구조형식 및 시공방법 등의 조속개발 필요성

○ 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

○ 도로 건설은 지역균형 개발, 물류・교통망의 구축, 도로망의 효율적인 활용 등에 필수적이므로 막대한 수요가 예상되는데 반하여 아직까지 도로 건설기술 중 특히 고분자를 활용한 첨단 도로포장 재료 및 기능성 콘크리트 재료 분야 국내 기술력은 선진국 대비 60% 수준으로 핵심기술 자립이 필요한 시점임

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

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

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

○ 한국건설기술연구원에서 수행한 주요사업(2009-2012: 복합포장시스템 개발연구)하부 기층과 상부 롤러블 표층을 접착을 위한 중간층 혼합물은 폴리우레탄을 이용한 유화제 개발 관련 기초연구를 수행한 바가 있으며, EVA(Ethylene-Vinyl Acetate) 열접착제를 이용한 멤브레인층 개발연구는 기초연구 수준 임

○ 한국건설기술연구원에서 수행한 주요사업(2009-2012: 복합포장시스템 개발연구)의 표층용 고분자 개질 아스팔트 바인더 연구결과로 제시된 화학적 개질 아스팔트 바인더의 조성을 달리하여, 60% 이상의 크리프 회복율 및 롤링이 가능한 고탄성 아스팔트 바인더 개발에 활용 함

○ 롤러블 카펫표층의 시공 조인트에 상기한 EVA 열접착제를 이용한 멤브레인 접착시트를 이용하여 접속부 조인트의 완전접착에 활용함

○ 도로포장용 경량 콘크리트 혼합물 관련 연구는 초속경 콘크리트 혼합물 또는 FRP 보강 콘크리트 시작품을 제작한 바가 있으며, 공명기를 삽입한 저소음 기능성 콘크리트 혼합물은 소규모의 시작품을 제작한 바가 있으며, 다공성 콘크리트 혼합물(저소음)은 기초연구 수준 임

○ 토목섬유를 이용한 아스팔트 및 콘크리트 보강 혼합물 개발은 시작품 개발단계 이며, 시험시공을 수행 한 바가 있음

세세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
REGOMAT 재료 개발	• REGOMAT 바인더 개발 • REGOMAT 혼합물 개발 • REGOMAT 중간층 개발 • REGOMAT 토목섬유 개발	복합 포장시스템 및 폴리머 콘크리트 교면 포장개발	• 다양한 도로환경에 따른 최적의 복합 포장시스템, 폴리머 콘크리트 포장재료, 시공기술을 개발	한국도로공사 (2010-2011)	• 일반도로포장용의 롤링이 가능한 고분자/토목섬유 개질 재료 개발	• 본 과제에서 사용한 고분자의 실험결과와의 상대적 비교 필요
		복합도로포장 시스템 개발	• 조립식이 아닌 일반도로 포장의 복합포장(아스팔 및 콘크리트) 형식 개발 연구	한국건설기술연구원 (2009-2012)	• 조립식 아스팔트와 조립식 콘크리트 포장체를 복합한 구조형식 개발	• 각종 시험실 및 시험장에서 평가결과를 조립식 도로포장과 비교평가에 이용
REGOSLAB 재료 개발	• 섬유보강 경량 REGOSLAB 개발 • 경량시공 및 고내구성 REGOSLAB 개발 • 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	장수명 친환경 도로 포장재료 및 설계 시공기술 개발	• 현장시공형식의 고내구성 장수명 포장(Perpetual) 신재료 및 활용 기술 개발과 비파괴 및 IT기법을 접목한 첨단도로포장의 시공기술 개발	한국도로공사 (2005-2010)	• 조립식 아스팔트와 조립식 콘크리트 포장체를 복합한 구조형식 개발	• 각종 시험실 및 시험장에서 평가결과를 조립식 도로포장과 비교평가에 이용
		ET신기술 경량골재를 이용한 고강도 경량 프리캐스트 바닥판 및 시공시스템 개발	• 고강도 경량 콘크리트를 이용하여 프리캐스트 바닥판을 제작하고 이를 통한 기존 교량의 노후 바닥판 교체 시공	서울산업대학교 (2003-2005)	• 교량 바닥판에 프리캐스트 슬래브를 적용한 교량분야의 연구로써 도로 포장 분야와는 차별성이 있음	• ET(환경기술)을 통한 친환경적 프리캐스트 슬래브 제작 방안 및 경량 슬래브를 통한 양중장치의 용량감소 등 본 과제에 연계 고려

라. 연구개발 주요내용

□ 1세세부과제

세세부과제 제목	롤러블 카펫 연성 도로포장재료(REady-to-GO MATtress: REGOMAT) 기술 개발
세세부과제의 개념	• 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작·쾌속시공으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 재료 개발
세세부과제의 범위	• 포장 표층 재료 기능성 관계 정립 연구 • 롤러블 REGOMAT 바인더 개발 • 롤러블 REGOMAT 혼합물 개발 • 롤러블 REGOMAT 중간층 개발 • 롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발
기술개발목표	• 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시 • 교통지체 최소화 쾌속시공 롤러블 카펫 표층 포장체 개발 • 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 개발을 목표로 함 • 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발 • 단입도 골재 혼합물 개발로 최소 일반 혼합물 대비 5dB(A) 저감 저소음 기능성 확보
기술개발 성공가능성	• 2000년대부터 국내에서 일반아스팔트의 점도특성을 크게 개선한 개질 아스팔트 합성 관련 연구결과 활용 • 주관연구기간(KICT)에서 개발한 고점도 바인더를 롤링이 가능한 아스팔트 혼합물로 수정·보완 하므로 조기개발 가능성이 큼

□ 2세세부과제

세세부과제 제목	기능성 콘크리트 패널 슬래브(REady-to-GO SLAB panel: REGOSLAB) 기술 개발
세세부과제의 개념	• 강성 조립식 도로포장 기능성 슬라브 패널의 제작기간을 축소하고 경량화를 통한 시공성 향상가능한 고내구성의 경량 콘크리트 슬래브 패널 개발
세세부과제의 범위	• 경량시공 및 고내구성 REGOSLAB 개발 • 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발 • 경량골재의 사용을 통한 경량 포장제의 역학적 특성 보강을 위한 섬유혼입 보강 기술의 개발 • FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 제작 기술 개발
기술개발목표	• 괘속시공기법의 개발 목적에 부합하는 시공성 향상 경량 포장체의 개발로 인한 시공성능 향상 • 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소
기술개발 성공가능성	• 주관연구기관(KICT)에서 개발한 섬유보강 콘크리트 기발기술을 조립식 도로에 적합하도록 수정 보완하므로 조기 개발 가능성이 큼 • 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 필요한 실정임

마. 최종성과물 및 성과지표

세세부과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정근거
1	롤러블 카펫 연성 도로포장 재료 기술 (REGOMAT)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	8	0.3	• REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 8편
		2	지식재산권	특허출원/SW 건수	건	5	0.3	• REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 5건
		3	지침	지침 개발	건	1	0.1	• REGOMAT 혼합물 배합설계 지침 1건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	4	0.3	• REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 4건
2	기능성 콘크리트 슬래브 기술 (REGOSLAB)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.3	• REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 6편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	3	0.3	• REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 3건
		3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.1	• REGOSLAB 배합설계 지침 2건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	3	0.3	• REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 3건

바. 연차별 성과목표

세세부 과제	성과목표	성과지표	연차별 목표				
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1	롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 (REGOMAT)	논문	1	2	3	2	
		지식재산권		특허 2	SW1	특허 2	
		지침			1		
		시작품		1	1	2	
2	기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	논문	1	2	2	1	
		지식재산권		특허 2		특허 1	
		지침			1		1
		시작품		1	1	1	

사. 성과물 검증방안

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

○ 조립식 도로 재료 성과물(롤러블 카펫 표층재료)는 제로 상분리 여부, 크리프 변형율 60% 이상 등은 ASTM 및 AASHTO 표준 시험 법에 의거 성과품 성능검증 시험을 실시하며, 3cm 이상 롤러블 아스팔트 혼합물의 성능 검증은 별도의 기술인증을 세계최고 기술보유국(네덜란드)의 제품과 상대비교를 실시함

○ 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층재료의 기술검증은 도로포장 재료 휨강도, 인성지수 증대효과, 건조수축 저감율 등을 ASTM 및 AASHTO 표준시험법에 의거 기술검증을 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

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
조립식 도로 재료 기술 개발	1	REGOMAT 바인더/혼합물/중간층/토목섬유 혼합물	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 쾌속시공 가능 표층재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 쾌속시공 가능 표층재료를 공항포장, 산업단지내 포장 등에 적용 · 쾌속시공 표층재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성
	2	REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	· 쾌속시공 가능 기층재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 · 쾌속시공 가능 기층재료를 공항포장, 산업단지내 포장 등에 적용 · 쾌속시공 기층재료 국내외 기술이전
			도로관리 지자체/ 유지관리 전문기업	· 도로관리지자체와 유지관리전문기업 주관 공사구간내 시험포장 실시로 기술수요확대 · 맞춤형 개발기술의 선택적 기술이전 환경 조성

3. 3세부과제 개요 : 조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	• 대량생산 및 쾌속시공을 목표로 롤러블 REGOMAT와 경량 콘크리트 REGOSLAB의 생산, 보관 및 운반, 시공 및 유지관리 등 모든 과정을 포함한 종합적 복합 기술 개발
세부과제의 범위	• 시간적 범위: 2018년(최종 목표연도: 2020년) • 공간적 범위: 신설 도로건설 및 기존도로 유지보수, 산업단지, 공항포장, 항만포장, 교차로 • 연구적 범위 - 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 기술, 비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발 - 조립식 도로포장 생산설비 기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 설비 구축, 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발 - 조립식 도로포장 시공기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 시공 기술 및 장비 개발, 품질관리 및 성능평가 기준 개발 - 조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능평가 기준 개발: 조립식 도로포장의 예방적 유지관리 기법 개발, 조립식 도로포장의 평탄성 관리 및 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발, 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발, 슬래브 높이 조정장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발, Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 기술
기술개발목표	• 2018년 선진국 생산 및 시공 기술수준 대비 평균 90% 달성 • 2018년 롤러블 REGOMAT 시공 100m/시간당 달성 • 2018년 조립식 도로포장 유지관리 기술 확보 • 2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 • 2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 기능별(도로, 공항, 항만, 주택단지, 산업단지 등) 롤러블 REGOMAT 대량 생산 시스템(재료 배합, 압출, 롤링, 품질관리, 오염관리 등 요소기술 결합) 구축 • 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 기술 개발 • 경량 콘크리트 프리캐스트 패널, 하부 지지구조물을 포함한 REGOSLAB의 구성 요소 기술 개발 • 표면조직, 하중전달장치, 텐던 등 모든 요소를 포괄할 수 있는 단일 거푸집 체계 개발 • 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능할 수 있도록 REGOSLAB 요소 기술 및 설비 최적화 • 쾌속시공 및 품질 향상을 위한 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발 • 품질 확보를 위한 조립식 도로포장 사례별 시공 기술 개발(하부 균열 억제 기술, 운반 및 시공 장비 조합, 교통차단 및 에너지 소비 억제 기술, 곡선부 및 편경사구간 처리 기술) • 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발 • 조립식 도로포장의 상태 조사(Stress and Strain in Motion 또는 매립형 센서)에 따른 예방적 유지관리 기법 개발 • 조립식 도로포장의 평탄성(IRI 2.0 m/km 이하) 관리 및 성능(미끄럼 및 소음)평가 기준 개발 • Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

○ 2013-2017국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 SOC 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 SOC 시설물 소재분야 첨단화 기술개발 필요성

○ 건설교통기술은 도로인프라의 효율적·경제적 건설과 운영과 같이 공공 인프라적 성격이 강하고 국민 삶의 질 및 국가예산 절감등과 밀접한 분야이므로 정부·공공 기관주도의 연구개발 필요

○ 본 연구에서 제안하는 연구개발의 목표는 조립식 도로포장을 개발하고 보급하는 것이며, 3 세부과제의 목표는 조립식 도로포장의 생산, 시공, 유지관리에 필요한 기술을 개발하는 것임

○ 조립식 개념의 도로포장은 도로 포장에 필요한 다양한 요소기술을 레고 블록과 같이 단순화하여 제공하고, 현장의 필요성에 부합하도록 요소기술을 조합하여 도로포장 시공을 마무리할 수 있는 개념임

○ 기존 도로포장의 패러다임을 혁신하는 개념의 연구개발로서 생산 설비 및 시공 장비는 기존 도로포장 업계에서 사용하는 것과는 전혀 다른 개념이 적용되는바 국가적인 기술의 혁신을 위해서 시험시공 및 시험생산 등 연구개발 과정에서는 정부 지원이 반드시 필요하다 판단됨

○ 향후 사업화 과정에서는 실질적으로 생산 및 시공을 담당할 업체들이 연구개발 과정에서 도출된 생산 설비 및 시공 장비 개발의 성과를 이어받아 개선하며 참여할 것으로 판단됨

○ 본 기술은 기존 방식의 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술임에도 불구하고 사회기반시설물에 대한 연구이기 때문에 일반 기업 주도로 연구하기가 현실적으로 어려움

○ 본 기술은 재료 생산 및 운송부터 시공 및 유지보수까지 각 공정별로 대규모 투자가 필요하나, 국내의 경우 포장 산업 구조가 중소기업 위주로 구성되어 있어 본 기술이 민간 자본으로 개발되는 것은 거의 불가능한 실정임

○ 본 기술은 포장의 내구수명 개선뿐만 아니라 교통지체 저감, 소음 저감 등 부가적인 이익이 매우 높아 공익적인 관점에서 정부차원의 지원이 필요함

○ 전 세계적으로 아직 기술 개발단계로 상용화시 사회기반인프라가 취약한 중국 및 동남아 시장 선점 가능

○ 플랜트, 석유화학, 시멘트 생산 기업 간의 상호협력 및 연계를 통해 생산 비용 절감 및 국내외 도로건설시장 주도할 수 있음

○ 국내 대량 양산 체계를 구축시 유지관리 시장에서 파급효과가 매우 높음

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 과거 프리캐스트 연구는 기존 줄눈콘크리트포장의 유지관리를 위해서 개발한 것이 연구목표로서, 소규모 모크업 시공 수준에 국한하여 연구개발이 진행되었음

○ 본 연구에서는 신설 및 유지관리를 포괄하며 대량 생산에 필요한 설비 개발과 목적 지향적인 시공 장비를 활용하여 조립식포장을 시공하는 것을 연구목표로 하여 추진하므로 기존 연구과제와의 중복성은 없음

○ 본 기술의 특성상 콘크리트 계열의 조립식 포장(REGOSLAB)의 생산설비는 기존 구조물용 프리캐스트와 유사성이 존재하므로 벤치마킹이 필요함

○ 아스팔트 계열의 조립식 포장(REGOMAT)의 생산설비는 국내에서는 유사연구가 추진된 사례가 없으므로 해외 사례를 벤치마킹하여 진행해야함

○ 아스팔트 계열의 조립식 포장(REGOMAT)은 기술의 활용도 및 파급 효과에 비해 국내적으로 시장 동향은 거의 전무한 실정으로 투자 대비 기술 선점 효과가 매우 큼

○ 본 기술은 기존 아스팔트 혼합물 생산 기술인 롤러에 의한 현장 다짐 방식과 유사점이 거의 없기 때문에 기존 기술의 활용방안이 매우 국한되어 있음

○ 오히려 다른 생산 분야(롤링 방식의 석유화학 제품) 기술과 유사성이 있으며, 현재 아스팔트 플랜트 시설을 활용하기 위해서는 국내의 시설을 대폭 개량하여야 함

○ 타 분야 플랜트 공정에 대한 연계 방안과 기존 시설을 최대한 활용할 수 있는 방향으로 연구가 진행되어야 함

○ 아스팔트 계열의 조립식 포장(REGOMAT)의 특성(단입도 박층 구조)을 고려하여야 하고 기능별 재료 생산에서 시공까지 모든 공정을 포함한 대량 생산 시스템을 구축하여야 함

○ 혼합물의 인장강도 및 밴딩 등 재료적 특성을 고려한 기능별 최적의 압출 및 롤링 방식을 설정하여야 함

○ 아스팔트 물성을 고려한 혼합 및 압출 기술, 롤링 기술, 접착 시트의 성능 시험, 공정 및 품질 관리 방법 등 다양한 요소기술을 반영하여 시스템을 개발하고 매년 시험시공을 통해 대량 생산시 발생할 수 있는 문제점을 조기에 파악

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
조립식 도로 시공 및 유지보수	• 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 • 조립식 도로포장 시공기술 • 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술 개발	• 친환경 도로 포장 재료 및 기술 개발 • 장수명 포장 설계 및 시공 등 • 고내구성 블록 포장 개발	한국도로공사 (2005-2010)	• 현장 시공 방식으로 이루어져 본 기술과 유사점이 거의 없음	• 생산기술 개발시 표층 재료 관련 물성 시험 결과를 참고
		프리캐스트 부재를 활용한 콘크리트 포장의 신속보수 공법 개발	• 프리캐스트 보수 단면 및 설계 및 시공 기준 제시 • 포장 단면 보수재료의 품질 기준 및 시험 기준	한국도로공사 (2006-2008)	• 프리캐스트 포장체 시험제작 및 소규모 시험시공 수행, 거푸집 시험 제작 이외에 폭넓은 연구는 이루어지지 않았음	• 기존 시험시공 사례를 참고하여 초기 REGOSLAB 설계(안) 개발

라. 연구개발 주요내용

□ 1세세부과제

세세부과제 제목	조립식 도로포장 재료 생산 기술 및 생산 설비 기술
세세부과제의 개념	• 롤러블 REGOMAT와 경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브 생산 기술
세세부과제의 범위	• 롤러블 REGOMAT 생산 기술 • 경량 콘크리트 REGOSLAB 패널 슬래브생산 기술 • 품질 확보가 가능한 롤러블 REGOMAT 대량 생산 설비 개발 • 쾌속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 대량 생산이 가능한 장비 개발 • 롤러블 REGOMAT 생산 설비 개발 • 경량콘크리트 REGOSLAB 슬래브생산 설비 개발 • 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발
기술개발목표	• 롤러블 REGOMAT 재료 생산 방법 및 품질 관리 방안 제시 • 롤러블 REGOMAT 재료 배합, 압출, 롤링, 품질관리, 오염관리 등 요소기술 결합 • 경량 콘크리트 프리캐스트 패널, 하부 지지구조물을 포함한 REGOSLAB의 구성 요소의 생산성 확보 • 표면조직, 하중전달장치, 텐던 등 모든 요소를 포괄할 수 있는 단일 거푸집 체계로 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능할 수 있도록 구성 요소 기술 개발 • 국내 활용 가능한 장비를 조합하여 롤러블 REGOMAT의 대량 생산 시스템(재료 배합, 압출, 롤링, 품질관리, 오염관리 시설 결합) 설비 구축 • 콘크리트의 타설, 표면조직 형성, 거푸집, 보관, 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 구성 요소가 모두 통합된 일련의 프리캐스트 생산 공정을 실현할 수 있는 설비 개발 • 생산된 슬래브의 양생을 자동화하여 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능한 생산 시설 개발이 목표 • 현장 운반비를 절감할 수 있도록 이동이 가능한 생산 설비 개발 • 롤러블 REGOMAT의 재료 특성을 고려한 보관 시설과 장기간 보관시 품질 저하 기술 개발 • 롤러블 REGOMAT의 적재 방식과 장비 개조 • 경량 콘크리트 REGOSLAB 적재 방식 및 운송 장비 개발
기술개발 성공가능성	• 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 롤러블 생산 시스템을 조사하고 개발된 기술의 구축 방향 제시 • 배합설계 및 혼합물 성능 실험과 병행하여 롤러블 REGOMAT 생산 기술을 연구를 진행하며, 기능별로 롤러블 REGOMAT 입도, 두께, 바인더 형식 차별화하여 기술 개발 • 매 차년도별로 시험생산을 실시하여 개발된 요소기술의 적용성을 확인하고 거푸집을 시험 제작하여 기술력 확보 • 프리캐스트 하부 구조물의 개발과 기존 맨홀 활용 방안을 병행하여 연구를 진행하며, 시험시공에 의해 조기에 파악하여 기술개발 달성 • 아스팔트 물성을 고려한 혼합 및 압출 기술, 롤링 기술, 접착 시트의 성능 시험, 공정 및 품질 관리 방법 등 다양한 요소기술을 반영하여 설비 시스템을 개발하고 대량 생산시 발생할 수 있는 문제점을 조기에 파악하여 개발 과제의 성공 가능성을 향상 • 프리캐스트 생산시 불량률을 최소화할 수 있도록 시험생산을 통해 검증하여 성공 가능성 향상 • 기존 프리캐스트 제작공장의 설비를 최대한 활용하여 초기 연구를 진행하되, 최종단계에서는 설비의 이동성을 동시에 고려하는 연구 방향을 설정하여 공법의 경제성 향상 • 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB의 형상과 운송장비특성을 고려하여 기술 개발

□ 2세세부과제

세세부과제 제목	조립식 도로포장 시공기술
세세부과제의 개념	• 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT과 경량콘크리트 REGOSLAB 시공시 필요한 장비 및 기술 개발
세세부과제의 범위	• 롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발 • 경량콘크리트 REGOSLAB 패널 시공 기술 및 장비 개발 • 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발
기술개발목표	• 시공 장비 및 기술 개발로 롤러블 REGOMAT 시공 체계 확립 • 프리캐스트 슬래브용 시공 장비 체계 규정 및 장비 개발 • 품질 확보를 위한 사례별 시공 기준 제시 • 결정된 규격에 합당한 장비(특장차, 겐트리 크레인)의 형태로 목적에 따라 구분하여 개발하고 교통 차단 면적을 최소화하여 시공중 교통지체를 최소화 • Fast-track 개념과 Multi-construction 개념을 적용한 쾌속 시공 프로세스 별 품질관리 기준 제시 • 조립식 도로 시스템의 준공시 필요한 성능을 정의하고, 효과적인 성능평가 방법 및 기준 제시
기술개발 성공가능성	• 국내에서 현실적으로 활용 가능한 시공 장비를 면밀히 검토(갠트리 크레인 및 드럼 거치대 장비의 용이성, 인력의 숙련도, 기하구조의 적응성)하여 기술 개발 • 시제품 장비를 통한 시험시공으로 성능 평가 및 장비 보완하고 최근 일본에서 개발된 하부지지구조물의 시공 방법 및 침하 방지 대책 참고 • 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가기준에 대한 핵심연구는 연구개발 단계시 설정된 우선순위를 바탕으로 중요도를 채택하며 1, 2, 3 차년도에 중점적으로 초안을 개발함 • 개발된 핵심기술에 대한 현장 시험시공을 거쳐 품질관리기준 및 성능평가기준 안 제시하고 정기적 성능평가를 통해 기준 법제화

□ 3세세부과제

세세부과제 제목	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술
세세부과제의 개념	• 공용중인 롤러블 REGOMAT과 경량콘크리트 REGOSLAB에 대한 전반적인 유지관리 및 보수 기술
세세부과제의 범위	• 조립식 도로포장의 상태 조사에 따른 예방적 유지관리 기법 개발 • 조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능 평가 기준 개발 • 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발 • Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발
기술개발목표	• 조립식 포장 수명 증대를 위한 예방적 유지보수 기술(재료 및 시공 기법, 기준) 개발 • SIM(Stress and Strain in Motion) 또는 매립형 센서를 사용한 조립식 도로포장의 공용시간에 대한 건전성 예측방법 개발(패키징 기술과 USN 기반 데이터 획득을 위한 압전소자 및 통신 연계 기술 포함) • 평탄성 IRI 2.0 m/km 이하 수준으로 유지할 수 있는 관리 기술 개발 • 조립식 도로포장의 파손 특성 파악을 통한 평가기준 인자선정 및 공용성능 관리기준 개발 • 조립식 도로포장의 미끄럼 및 소음특성 파악을 통한 관리 기준 제시 • 조립식 포장의 파손 평가 인자결정 및 공용성능 평가 기준 모형 및 재활용 방안 개발 • 강성 조립식 도로포장 슬라브의 공용에 따른 하부지반구조의 부등침하 또는 다짐 미비로 인한 침하발생시 이를 보수하여 원시공시의 평탄성 복원 기술 개발 • 침하 복구를 위한 셀룰라(cellular) 폼(foam) 콘크리트 재료 및 시공기술과 장기공용성 확보 기술 개발 • Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발
기술개발 성공가능성	• 연약지반의 부등침하 특성 파악 및 항만과 단지내 포장의 파손 사례 검토 • 기존 건축 및 토목용 교좌장치, 면진장치, 높이 조정장치를 벤치마킹하여 프리캐스트 슬래브와 지지구조물 사이에 필요한 높이조정장치 개발 • 기존 경사계의 정확도 및 정밀도를 검토하고 외부 변수에 따른 정확도 수준 검토 • 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물의 개발과 병행하여 평탄성 관리 기술을 연구하여 슬래브 및 지지구조물에 필요한 요소 기술을 반영 • 조립식 도로포장 유시보수 시 연결부 등 시공에 관련된 모든 사항을 검토하고, 수치해석을 통해 관련 요소기술의 개선안 정립, 긴급유지보수와 국내외의 포장 파손 저감 기술을 검토하며 교좌장치 등 다양한 연관 장치들에 대한 기술 수준을 검토 • 개발된 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물에 적용 가능한 형태로 최적화하여 시험체 제작 • 시험시공을 통하여 높이조정 능력을 검증하고 장치의 형상을 최적화하여 REGOSLAB의 요소기술로 반영

마. 최종성과물 및 성과지표

세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1	조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.3	• REGOMAT 생산, REGOSLAB 생산 기술 총 6편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	8	0.6	• REGOMAT 및 REGOSLAB 생산 설비 3건, 생산적용기술 3건, 재료 운반 및 보관2건
		3	지침	지침 개발	건	4	0.4	• REGOMAT 및 REGOSLAB 생산 관련 총 4건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	7	0.7	• REGOMAT 생산, REGOSLAB 생산기술 총 7건
2	조립식 도로포장 시공기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.2	• REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공, 품질관리 및 평가 총 5편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	• REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공 총 4건
		3	지침	지침 개발	건	1	0.2	• 시공 중 품질관리 및 성능평가 1건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	6	0.3	• REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공 총 설계도서 3건 및 시작품 3건
3	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.3	• REGOMAT 보수, REGOSLAB 보수, 평탄성 및 성능관리, 유지관리 총 5편
		2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	• REGOMAT 보수, REGOSLAB 보수, 평탄성 및 성능관리 총 4건
		3	지침	지침 개발	건	4	0.3	• 보수방법, 평탄성 및 성능관리, 유지관리 총 4건
		4	시작품	설계도서 및 시작품	건	5	0.1	• REGOMAT 및 REGOSLAB 보수 설계도서 3건, 평탄성 및 성능관리 2건

바. 연차별 성과목표

세세부과제	성과목표	성과지표	연차별 목표				
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도
1	조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술	논문		1	2	2	1
		지식재산권		특허1	특허2	특허4	특허1
		지침				3	1
		시작품		2	2	1	2
2	조립식 도로포장 시공기술	논문		1	2	1	1
		지식재산권		특허1	특허2	특허1	
		지침					1
		시작품		2	2	1	1
3	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	논문	1	1	1	1	1
		지식재산권		특허1	특허1	특허1	특허1
		지침				2	2
		시작품		1	1	1	2

사. 성과물 검증방안

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

○ 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

○ 본 세부 연구를 통하여 도출되는 연구 성과물은 조립식 도로포장용 생산방법, 조립식 도로포장용 재료 생산설비, 현장에서 시공에 사용할 시공장비, 향후 유지보수에 필요한 유지보수기준 및 보수방법 등으로 구성됨

○ 생산방법은 시험 생산을 통하여 검증이 가능하며, 이는 시험실 수준에서도 검증이 가능함

○ 생산설비의 경우에는 실제 목표한 수준으로 조립식 도로포장 재료의 생산 및 품질관리가 가능한지의 여부를 확인해야하며, 이는 최초에 시험생산이 가능하도록 파일럿 생산설비를 보유한 공장에서 성능을 평가해야함

○ 시공 장비의 경우에는 주관연구기관에서 확보를 추진하는 연천 SOC 시험장과 같은 종합적인 성능평가가 가능한 도로시험장 또는 폐도 구간과 같이 실물 시공 장비가 투입되어 연속적인 작업공정을 완수할 수 있는 공간적 확보가 가능한 공간이 필요하며, 이와 같은 장소에서 실물 시험을 통하여 성능검증을 수행해야 함, 성과지표로 제시한 쾌속시

공 달성여부를 판단하는 것이 가장 중요함

○ 유지보수기준 및 보수방법의 경우에는 포장가속시험기와 같이 짧은 시간에 반복적인 하중 재하가 가능한 장비를 이용하여 포장체에 조기 손상을 유발하고, 이를 누적 교통량과 비교하여 유지보수시기, 적용 보수방법 등을 결정하여 기준 및 지침의 타당성을 검토함

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부 과제	세세부 과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
조립식도로 시공 및 유지보수	1	조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술	국토해양부/ 한국도로공사/ 재료 생산 기업	• 프리캐스트 전문기업과 연계하여 1, 2세부에서 개발된 조립식 도로포장 재료의 요소기술을 확인하여 대량 생산 가능 여부 검토 • 시험실 수준의 시험생산을 통하여 기계화 대량생산이 가능하도록 요소기술 최적화 • 건설재료 자동화 생산설비 제작 업체와 연계하여 시험시공용 재료의 시험생산을 통하여 대량생산 가능 여부 판단하고 생산 설비 설계안 도출 • 건설재료 자동화 생산설비 제작 기술을 확보한 공동연구기관으로 확보하여 파일럿 생산설비 제작 • 생산성 및 품질관리 전문가를 활용하여 시험생산을 통하여 성능 검증 및 양산 단계 문제점 보완
	2	조립식 도로포장 현장 시공 장비	국토해양부/ 한국도로공사/ 전문 시공 기업	• 특장차 제작기술을 확보한 전문기업을 공동연구기관으로 확보하여 재료 운반 장비 개발 • 갠트리 크레인 제작기술을 확보한 전문기업을 공동연구기관으로 확보하여 현장 시공용 장비 개발 • 교통차단 및 부대공사용 장비의 경우에는 기존 가용한 장비를 최대한 활용하도록 시공 기술 개발
		조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준	국토해양부/ 한국도로공사/	• 기존 아스팔트 및 콘크리트 도로에 적용하는 품질관리 및 성능평가 기준을 조립식 도로포장에 부합하도록 개선하는 방향으로 연구 추진 • 시험시공을 통하여 확보 가능한 품질 및 성능 수준 확인 이후 기준 작성
	3	조립식도로 유지관리기준 및 방법	국토해양부/ 한국도로공사/	• 기존 도로에 적용하는 유지관리기준을 조립식 도로포장에 부합하도록 개선하는 방향으로 연구 추진 • 시험시공 및 포장가속시험을 통하여 발생 가능한 조립식포장의 파손 형태, 수명주기를 관찰한 이후에 유지관리기준을 작성 • 기존 도로포장 유지관리방법을 조립식 도로포장에 시험적용하고 적합한 방법론만을 도출하여 제시
		조립식도로 유지보수 절차 및 장비	국토해양부/ 한국도로공사/ 유지관리 전문기업	• 도로관리주체와 유지관리전문기업을 통합하는 참여연구진 구성을 통하여 적용 가능한 유지보수 공법별로 적용 절차와 장비를 규정 • 필요한 경우 조립식 도로포장 재료의 특수성을 반영하는 보수재료 개발을 통하여 보수 내구성 연장
		연약지반 부등침하 대응 기술	국토해양부/ 한국도로공사/	• 항만 및 단지내 포장과 같이 부등침하가 빈발하는 구간에 대하여 조립식 도로포장의 장점인 조립식 기술을 적용하여 부등침하 및 부분침하에 대응하는 기술 개발 • 재료, 장비, 및 유지보수 측면을 동시에 고려하여 대응 기술 개발 • 현장 시험시공을 통하여 성능을 평가하고 일반기업에 기술 이전 추진

5절. 세부과제간의 연계관계

○ 본 연구단에서 제안하는 세부과제는 아래 그림에 나타난 바와 같이, 도로포장 재료, 설계 시스템과 시공 및 유지관리 기술등이 조립식도로 포장체 실현의 큰 틀에서 서로 유기적으로 연결되며, 세부 및 세세부과제간의 연계성을 유지하여 교통지체를 최소화한 쾌속 도로포장 시스템을 완성토록 함.

○ 세부 및 세세부 과제간의 연계성은 ① 환경친화기술, ② 신재료개발기술, ③신재료 물성해석기술, ④내구성 증진 복합기술, ⑤ 표준화 기술, 및 ⑥구조해석 및 설계기술 등의 범주 안에서 상하위 또는 수평적 연계관계가 성립되어 최종적으로 시험 생산, 시험포장, 및 가속시험을 통하여 개발 기술을 검증 함

사업명: 교통지체 최소화 조립식 도로포장 기술개발		1	2	3	4	5	6
1 세부: 조립식 도로 시스템 설계 기술	1-1 조립식도로 설계기술개발				●	●	●
	1-2 조립식도로구조해석기술			●		●	●
	1-3 조립식 도로지반 적정기술	●			●	●	
2 세부: 조립식 도로재료 기술	2-1 롤러블 카펫 연성 도로포장 재료기술	●	●	●	●	●	
	2-2 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술	●	●	●	●	●	
3 세부: 조립식 도로 시공 및 유지 보수 기술	3-1 조립식 도로포장 제작 및 생산설비기술				●	●	
	3-2 조립식도로포장 시공기술	●			●	●	
	3-3 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수기술	●			●	●	

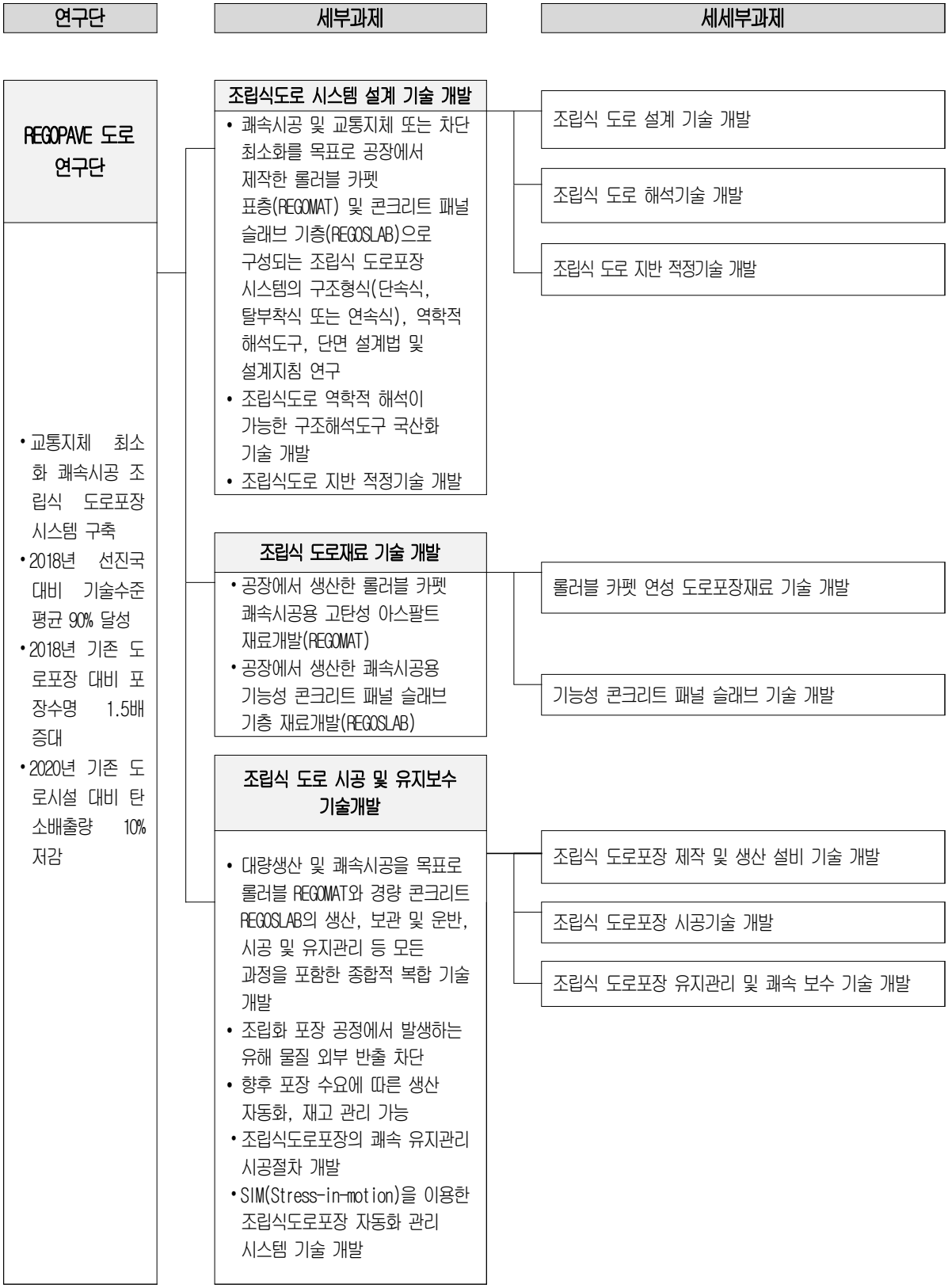
1: 환경 친화기술-2: 신재료 개발기술-3: 신재료 물성 해석기술-4: 내구성 증진 융복합 기술-5: 표준화 기술-6: 구조 해석 및 설계기술

시험생산 및 시험포장 (Test-bed)	4-1 롤러블 카펫표층 시험포장
	4-2 기능성 콘크리트 패널 슬래브 시험포장
	4-3 조립식 복합 포장 시험 시공 및 가속시험

〈그림 3-12〉 세부과제 연계성

6절. 연구수행체계 제안

□ REGOPAVE 연구단의 연구개발과제는 3개 세부과제, 8개 세세부과제로 구성하였음



4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성

□ 국가 전략적 중요성

○ 정부 지원의 타당성

- 조립식 도로포장 관련 기술은 해외에서는 이미 실용화가 되어 있으나, 우리나라에는 초기단계임
  - 우리나라의 도로시공기술은 선진국 근접해 있으나, 도로설계기법, 첨단재료, 해석 및 유지관리기술과 연계되는 융합형 도로건설 기술은 낙후되어 있음
- 최근 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지/안전/환경 측면의 비효율성, 교통 혼잡 문제, 도로 유지관리 비용의 상승으로 인해 경제성 및 환경 개선, 교통 혼잡 해소, 유지관리 비용 절감 등에 부합하는 도로포장 기술개발의 필요성이 증대되고 있음
  - 공공 시설물의 90년대 이후 급격한 유지관리 비용의 상승은 국가 재정에 위협적인 요소가 되고 있음
  - 특히 도로 시설물의 경우, 1990년 약 3천억 원에서 2009년 약 1조 2천억 원으로 1990년 이후 약 5배의 유지보수비용이 증가되었음
  - 일반국도 도로포장 유지보수 예산의 경우, 1990년대 년간 약 3백억 원에서 2009년 약 7백억 원으로 약 2배가량 증대되었으며, 연간 유지보수대상 연장이 증대됨에 따라 향후 도로포장 유지보수예산의 지속적 증대가 예상
  - 고속국도의 도로포장 유지보수예산의 경우, 1990년대 연간 약 4백억 원에서 2009년 약 8백억 원으로 약 2배가량 증대되었으며, 2020년 까지 약 1천 백억 원가량으로 증대될 것으로 예측하고 있음
  - 도로포장 시스템의 경우, 특히 아스팔트 도로포장(국내 도로의 약 95%)의 경우 설계수명 대비 실제 공용수명이 부족하여, 도로 분야 유지관리 주체들의 심각한 예산 부족이 동시 다발적으로 발생할 것으로 예상됨

<표 4-1> 도로 시설별 공용수명

도로시설 종류	공용수명 (년)
도로포장(아스팔트)	6-10
교량	>50
사면	>100
터널	>60

- 도로 포장의 구조 해석, 구조 설계, 시공, 유지관리 등을 일관되게 수행할 수 있는 공장 생산형 ALL-in-ONE 시스템은 세계적으로 도로포장분야의 신성장 동력연구이며, 현재 유럽(32개국 연구포럼) 및 미국(SHRP)에서 주도적으로 연구를 수행하고 있음

○ 사업 추진의 시급성

- 2013년 온실가스 감축 의무국으로 분류되고, 도로부분에서 상당량의 온실가스를 배출하고 있는 상황에 비춰볼 때 도로부문의 온실가스 저감을 위한 연구개발이 조속히 수행되어야 할 것으로 보임
  - 온실가스 부문별 배출량은 수송부문에서 19.8%(99.8백만 톤)을 차지하며, 연평균 5.5%의 증가함에 따라 도로부분의 온실가스 배출 저감의 필요성이 증대되고 있음
  - 우리나라도 교토의정서에 의해 2013년부터 온실가스 감축 의무국으로 분류됨에 따라 녹색성장 개념을 도입한 연구가 초창기인 지금 도로포장 분야에서도 신공법(쾌속시공) 및 신재료(고내구성 재료)에 대한 연구를 통해 녹색원천기술 확보와 기술 경쟁력 확보가 시급함
- 국민 삶의 질 향상은 사회간접시설의 효과적 공용으로 국토전반에 걸쳐 국민들의 높아진 사회간접시설 서비스 기대 수준에 걸맞은 기능성과 내구성을 갖춘 고성능 도로 포장 시스템 건설수요가 계속하여 증가할 것으로 예상됨
- 이와 더불어 중국 및 동남아의 경제발전에 따라 향후 이들 지역에서의 고성능 도로 포장 시스템 수요가 꾸준히 증가할 것으로 추정됨
  - 2012년 기준 아스팔트 혼합물 세계시장규모는 6조 2천억 원으로 2020년에는 9조 2천억 원으로 지속적 성장이 예상되고 있음
- 도로포장의 내구성이 낮아 매년 도로포장 유지관리비용이 급격히 늘어나는 시점에서 공장에서 사전 제작하여 내구성을 향상한 조립식 도로포장이 신속히 보급될 경우 유지관리 예산의 저감이 가능할 것으로 사료됨

2. 상위계획과의 부합성

□ 정책적 일관성 분석

○ 국가 연구 개발 사업으로서의 지원 타당성

- 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
- 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 공공성이 큰 기반기술로서 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움에 따라 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함
- 사회간접시설의 서비스 수준 증대로 국민 삶의 질 향상은 더 나은 쾌적한 도로 환경 제공, 교통지체 최소화로 도로교통 혼잡비용 절감 대안 마련, 기후변화 대응 등의 국가적 아젠다의 실현을 위해서는 환경영향 최소화를 위한 녹색기술 및 국가기반시설 성능 고도화 목표를 설정하고 있는 쾌속시공 조립식 도로포장의 조기 도입 실현 필요함
- 조립식(롤러블) 카펫 표층 시스템 및 조립식 포장 시스템 개발 기술은 민간 기업의 단기적 이익보다는, 도로 포장의 장수명화, 유지관리 최소화, 국가예산절감, 국가경쟁력 강화 등 공공성이 강한, 종합적이고 대형 복합적인 기술이므로 학계나 민간 기업 주도보다는 공공기관 주도형 연구개발이 필요함

○ 상위 유관계획과의 부합성

- 녹색성장 국가전략(녹색성장위원회), 2013-2017 국토해양 R&D발전전략(국토해양부), 신재생에너지기본계획(지식경제부) 등 정부 정책과 연구단과의 연계성을 분석한 결과 연구단은 상위계획과 높은 연계성을 가지고 있는 것으로 분석됨
  - 2013-2017 국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 SOC 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 SOC 시설물 소재분야 첨단화 기술개발 필요성에 부합함
  - 국가과학기술위원회의 2012년 기술 분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성
  - 저탄소 녹색성장을 위한 도로포장부문의 새로운 기술개발은 국가 녹색성장의 한 분야로 쾌속시공 도로포장 기술개발을 통한 환경피해 저감으로 도로 이용자의 사회적 비용 10% 이상 절감 기대효과 및 저탄소, 녹색성장에 대한 국가정책 실현 일환으로 도로포장 재료 생산, 건설 및 유지관리 과정에서 발생하는 이산화탄소 저감을

통한 탄소시장 거래 수익창출 가능함

- 제2차 과학기술기본계획의 “신산업창출”, “국가기술 주도”는 본 연구단과 부합성이 높음
  - 우리나라 R&D 경쟁력을 강화시키고 과학기술정책을 체계적으로 추진하기 위해 수립되었음
  - 5%의 투자와 R&D 및 시스템 각 7대 중점분야 육성을 통해 7대 과학기술강국을 실현한다는 목표와 추진체계를 가지고 있음



〈그림 4-1〉 국가과학기술의 목표 및 추진체계
(출처 : 선진인류국가를 향한 이명박 정부의 과학기술기본계획 577 Initiative, 2008)

  - 본 연구는 과학기술기본계획의 7대 R&D 분야 중 “국가주도 기술”과 관련 있는 연구 과제로서 정부 상위계획과의 일치성이 높음

- 제4차 건설기술진흥기본계획 수정계획의 “녹색성장 기반구축” 등은 본 연구단과 부합성이 높음
  - 건설기술 정책·제도의 선진화 및 연구개발의 촉진·활용 등을 통해 건설기술수준 향상 및 경쟁력 제고를 위한 국가종합계획임
  - 국가적인 경제정책 방향인 저탄소 녹색성장에 대응하기 위하여 건설기술정책의 로드맵 역할을 하는 기본계획 수정 필요
  - 제4차 건설기술진흥기본계획 수정계획의 전략 중 녹색성장 기반구축, 선진국 대비 기술수준 향상, 건설생산성 향상, 건설엔지니어링 글로벌화 실현, 선진 건설사업 프

로세스 구축은 본 연구에서 제시한 조립식 도로포장 연구단과 일치성이 높은 것으로 판단됨



〈그림 4-2〉 제4차 건설기술진흥 기본계획 수정계획 비전, 목표 및 전략
(출처 : 국토해양부, "제 4차 건설기술진흥기본계획 수정계획", 2009.07.)

3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계

□ 정책적 추진의지 분석

○ 본 과제와 관련하여 국토해양부의 관련 사업 추진 의지

- 국토해양부는 "국토해양 R&D 발전전략"을 통하여 기술수준 향상, 사회·경제적 비용 저감, 사회 환경개선 등의 성과를 창출하여 글로벌 5대 녹색강국으로 도약하고자 함



〈그림 4-3〉 국토해양 R&D 발전전략 비전 및 목표

(출처 : 국토해양 R&D 발전전략 보도자료, 2010.10.)

- 국토해양 R&D 사업체계를 미래중점분야 육성 등 사업체계를 23개에서 19개 사업으로 개편하고 녹색·공공, 기초·원천기술 투자를 확대함
- 국토해양부는 글로벌 5대 녹색 강국으로 진입하기 위하여 30개의 미래유망분야를 도출하였고 본 과제는 이의 일환으로 시작된 기획 연구로써 정부의 정책적 추진의지가 분명함
- 본 기획 연구는 국토해양부에서 2012년 제시한 핵심과제 중 “녹색교통·도시의 성공적 안착”을 위한 미래도로기술 개발 기획과제이며, 신설 및 유지보수 도로포장의 쾌속시공으로 교통지체 최소화 유도 및 순환형 자원재활용 녹색건설기술(조립식 도로포장 시스템) 개발로 사회간접시설의 대국민서비스 수준 향상에 기여하고자 함

- 국토해양부는 도로시설 건설, 운영, 유지관리 주무부처로 본 연구과제 성과물과 직접적으로 연관되어 있으며, 특히 도로시설을 통한 물동량 증가추세를 볼 때 도로시설의 장기공용성능이 보장되며 교통지체 최소화로 혼잡비용 절감을 통한 국민 삶의 질 향상을 도모하고자 함
- 국토해양부와 환경부는 2004년에 ‘환경 친화적인 도로건설 지침’을 공동으로 제정하여

모든 도로구간에 적용하고 있으며 일반국도의 대표구간을 선정하여 친환경도로 시범사업을 시행중에 있으므로 본 연구에서 개발되는 환경영향 최소화 조립식(롤러블) 카펫 표층 시스템과 반영구적 조립식 강성기초 패널 슬래브 포장 시스템의 표준화 기술개발 도모 시점임

4. 사업추진상의 위험요인 분석

□ 재원조달 가능성

- 국토해양부의 예산은 '08년부터 지속적으로 증가하여 '11년 R&D예산은 '10년 대비 6.0% 증가한 6,095억 원임

<표 4-2> 국토해양부 R&D 예산('10~'11)

(단위: 억 원)

구 분	08예산	09예산	10예산	11예산안	증감	
					금액	비율(%)
국토해양부	4,733	5,468	5,750	6,095	345	6.0

* 출처 : 과학기술기본계획 2009년~2011년 시행계획

▪ 국토해양부의 7대 R&D 분야 중 국가주도기술 핵심역량 확보의 예산은 2008년부터 지속적으로 증가하여 2010년 대비 12.7% 증가하여 '11년도 예산(안)은 6,663억 원임

<표 4-3> 7대 R&D 분야별 시행계획 예산('10~'11)

(단위: 백만 원)

7대 R&D 분야	08예산	09예산안	10예산	11예산안	증 감	
					금액	비율(%)
주력기간산업 기술 고도화 (자동차·조선, 기계·제조공정, 반도체 등)	508,351	348,995	363,236	427,413	64,177	17.7
신산업창출을 위한 핵심기술개발 강화 (차세대시스템 S/W, 암 진단·치료 등)	450,931	919,646	997,075	1,161,693	164,618	16.5
지식기반서비스 산업 기술개발 확대 (융합형 콘텐츠, 첨단물류 등)	90,732	224,214	167,719	176,058	8,339	5.0
국가주도기술 핵심역량 확보 (우주 항공, 원자력, 국방, 첨단 건설 등)	1,909,104	2,195,036	2,343,861	2,539,238	195,377	8.3
현안관련 특정분야 연구개발 강화 (인수공통전염병, 부품·소재 등)	739,579	825,376	946,567	1,058,866	112,299	11.9
글로벌 이슈관련 연구개발 추진 (신재생에너지, 기후변화 예측·적응 등)	861,477	910,345	770,453	940,120	169,667	22.0
기초·기반·융합기술 개발 활성화 (바이오칩·센서, 지능형 로봇 등)	166,959	305,966	326,026	360,058	34,032	10.4
총 합 계	4,727,133	5,729,578	5,914,937	6,663,446	748,509	12.7

* 출처 : 과학기술기본계획 2009년~2011년 시행계획

▪ “국가주도기술 핵심역량 확보”는 민간이 투자하기에는 규모가 크고 위험부담이 높고 공익목적 달성과 첨단산업화가 가능한 분야로서, 조립식 도로포장 시스템과 연관성이 높은 분야이며 지속적으로 예산이 증가하고 있어서 본 연구를 시작하기 위한 예산 확보에는 어려움이 없을 것으로 판단됨

□ 법·제도적인 위험요인

○ 도로/교통과 관련된 법/제도는 조립식 도로포장 연구단의 기술개발의 필요성이나 활용성을 보다 강화시키는 작용을 할 것이기 때문에 동 사업의 위험요인으로 작용하지는 않을 것으로 판단됨

- 국토해양부와 환경부는 2004년에 ‘환경 친화적인 도로건설 지침’을 공동으로 제정하여 모든 도로구간에 적용하고 있으며 일반국도의 대표구간을 선정하여 친환경도로 시범사업을 시행중에 있음

- 2010년 3월 국가통합교통체계효율화법 제 94조에 의해 중장기 법정계획을 수립한 국가교통기술개발계획('09-'13)에는 교통체계의 근본적 혁신 등의 주요내용을 다루고 있음

  ▪ 교통기술의 선진화 및 국가경쟁력과 직결된 교통 혼잡비, 사고비, 물류비 등을 감축하고, 국민의 교통편의 증진을 위해 교통기술을 적극적으로 개발·육성

  ▪ 온실가스 및 에너지 저감·안전 등 지속 가능형, 수단간 연계·환승형, 지능형 교통체계 확산 및 u-transportation 도입 발전, 대량·고효율 수송시스템 등에 대한 구체적인 기술개발계획 제시

  ▪ 지속가능하고 수송효율적인 교통체계를 구축하는 한편, 시설 투자 효율화 등 교통체계를 근본적 혁신 등을 주요내용으로 다루고 있음

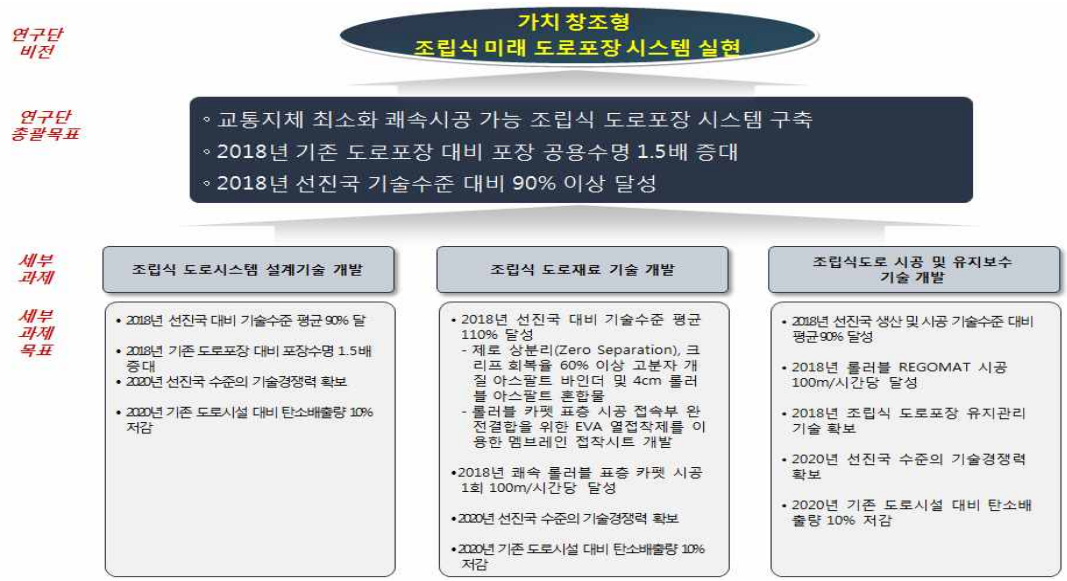
2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 적절성

○ 사업 목표의 구체성 분석

- “조립식 도로포장 연구단”은 탈현장 시공으로 공장에서 생산한 도로 포장체를 쾌속 시공하는 기술을 개발하는 것으로써 연구의 목적이 명확함
  - “조립식 도로 연구단”은 전통적 도로포장 시공방식에서 벗어나, 생산/운반/조립 후 교통개방의 쾌속시공 도로포장으로 조립식 도로의 설계/해석/시공/운영/유지관리 등을 일관되게 포함한 통합 시스템이며, 교통지체 최소화 및 교통개방 시간 단축으로 교통 혼잡비용 최소화 유도 및 환경영향 최소화 등을 연구목적으로 하고 있음
  - 교통지체 및 환경영향 최소화를 위한 도로의 성능 및 기능 확대 측면에서 기능성 및 내구성능을 크게 향상시킨 공장생산·쾌속시공 가능형 롤러블 표층 카펫 포장 시스템, 기층용 조립식 콘크리트 패널 슬래브 도로 포장체 및 시공·유지관리 시스템(재료, 설계, 시공 및 관리 통합시스템) 개발을 추진하고자 함
- 본 연구단에서 개발하고자 하는 기술의 목표를 정량적으로 설정하였음
  - 연구단의 연구목표는 “2018년 선진국 대비 기술수준 평균 90% 달성”, “2018년 기존 도로포장 대비 포장 공용수명 1.5배 증대”, 교통지체 최소화 쾌속시공 기능 조립식 도로포장 시스템 구축” 등으로 설정하였음



〈그림 4-4〉 연구단 총괄목표 및 세부목표

- 논문/특허 분석, 시장 및 기술에 대한 국내외 동향분석을 통하여 연구목표 및 세부과제를 도출한 근거를 타당하게 제시하였음

  - Freedonia 보고서에 따르면, 아스팔트 혼합물 생산관련 2012년 세계시장규모는 6조 2천억 원 정도로 추산되고 있으며, 2020년에는 9조 2천억 원으로 지속적으로 증가될 것으로 예측됨

  - 국내 건설 시장의 유지관리 비율은 1994년 이후 꾸준히 증가해 왔으며, 신규 공사가 줄어들고 기존 시설물의 비율이 많아짐에 따라 선진국 수준인 40% 대 까지 유지관리 관련 예산이 증대할 것으로 예상됨.(현재는 약 20% 정도 비율)

  - 국내 도로설계기법, 첨단재료, 해석 및 시공기술과 연계되는 융합형 도로건설기술은 최고 선진국 대비 약 60%정도 기술 수준이며, 개발 중심의 도로건설 시장 성장 한계, 도로건설 비용 상승과 생산성 저하, 에너지·안전·환경 측면의 비효율성, 교통 혼잡에 따른 물류 비용구조의 후진성에 대처하려는 기존 도로기술의 변화 욕구를 가속시키고 있는 실정임

  - 조립식 도로 포장 관련 분야의 선진국 대비 기술수준은 조립식 도로시스템 66%, 조립식 도로재료 53%, 조립식 도로 시공 및 유지보수 59% 수준으로 낮은 수준이며, 기술격차는 3년~4년으로 조사됨

  - 세계적으로 현장 타설형 도로포장이 대부분이며, 재료 생산 및 시공시 온실가스 저감, 비점오염물 저감 및 도심지 등에서의 도로포장 쾌속 건설 및 쾌속 유지보수로 교통 혼잡비용 최소화를 도모하기 위한 국내 조립식 쾌속시공 도로포장 연구는 기초 연구 수준 임

  - Strategic Highway Research Program(SHRP)을 첨단도로 시스템, 재료개발, 교통혼잡 개선 및 삶의 질 개선이라는 목표로 만들어졌으며, 2005년에 SHRP를 재정립하여 4개 중점 분야(안전지향, 유지가능, 신뢰확보, 고객지향)에 대하여 연구가 추진 중이며, 쾌속 유지관리 가능 도로 교량 설계기술, 조립식 도로포장 기술, 쾌속시공 시설물의 공용성능 평가 및 관리 기준 기술 개발 등을 포함한 SHRP의 후속으로 SHRP-2 프로그램(2009-2012)을 의회에서 승인함

  - 유럽연합에서는 도로 인프라 관리 기술관련 혁신 의제인 NR2C(New Road Construction Concept) Vision 20-40 계획에서 미래도로 인프라에 요구되는 핵심가치를 설정하였으며, 조립식 도로의 경우 최고 기술 보유국인 네덜란드의 경우, 2006년에 최초 시험시공 이후(500m) 공용성능 평가단계를 통하여 기술의 경제성, 적용 유효성 및 장기공용성능이 검증되어, 현재 일반도로 및 고속국도 현장에 시공 되고 있음

  - 네덜란드의 조립식 아스팔트 도로포장 기술은 초기 연구개발 비용, 일반 포장 대비 초기 재료비가 약 1.8배 비싸나, 시공절차 축소, 시공에너지 절감, 사회적/환경적 비용 절감효과 및 공기 단축비용 절감 효과가 우수함

  - 조립식 아스팔트 도로포장 기술은 3cm 두께의 얇은 층 시공으로 표층장기수명 10년 이상, 일반 포장대비 공기 50% 단축, 기능성 소음저감 일반 대비 최소

6dB(A) 저감, 사계절 시공 가능, 분진 소음 등 환경 피해 최소화하 가능함

- 조립식 도로포장관련 논문·특허분석은 조립식(롤러블) 표층 및 프리캐스트 프리스트레스 콘크리트 슬래브를 중심으로 분석 하였으며, Rollable 표층 포장은 관련 연구가 거의 이루어지지 않은 새로운 분야의 연구로서, 1985년에 이집트에서 발표된 논문이 최초이며, 이후 네덜란드에서는 이미 2006년 이후 시험포장을 거쳐 실용화단계에 있으나, 특허 및 기술유출 우려로 적극적인 논문발표를 하지 않은 것으로 분석됨
- 미국에서 매년 개최되는 도로교통 분야의 세계최대 규모의 학술행사인 TRB(Transportation Research Board) 논문집 검색결과, 조립식 도로포장, 특히 2004년 이후 발표된 롤러블 카펫 포장 표층 시스템 관련 논문의 경우, 시스템의 전체적 특성 및 우수한 공용성능 평가결과만이 제시되어 있으며, 핵심 재료 종류, 재료조성 및 물리적 성능시험결과 등은 수록되어 있지 않음

- 세부과제별 기술개발목표를 구체적으로 제시함으로써 연구단의 목표 달성 여부는 세부과제별 기술개발목표 달성 여부로 판단할 수 있음

<표 4-4> 세부과제별 기술개발목표

1세부과제 기술개발목표	•2018년 선진국 대비 기술수준 90% 이상 달성 •2018년 기존 도로포장 대비 포장수명 1.5배 증대 •2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 •2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 조립식도로의 구조형식(단면형식, 조인트 접합방식, 기능성) 개발 - 줄눈 콘크리트 포장과 유사한 신설 콘크리트 포장용 단절 조립식 경량 콘크리트 패널 슬래브 - 쾌속 유지보수용 탈·부착식 재사용 가능 콘크리트 패널 슬래브 - 장스팬 연속식 프리스트레싱 콘크리트 패널 슬래브 • 유한요소법을 이용한 조립식도로의 3차원 구조해석기술개발 • 조립식도로의 단면두께설계를 위한 카달로그식 단면설계법 개발 • 조립식도로 포장 전용 구조해석 통합 도구 개발
2세부과제 기술개발목표	• 2018년 선진국 대비 기술수준 90% 이상 달성 - 제로 상분리(Zero Phase Separation), 크리프 회복율 60% 이상 고분자 개질 아스팔트 바인더 및 3cm 이상 롤러블 아스팔트 혼합물 - 롤러블 카펫 표층 시공 접속부 완전결합을 위한 EVA 열접착제를 이용한 멤브레인 접착시트 개발 • 2018년 쾌속 롤러블 표층 카펫 시공 1회 100m/시간당 달성 • 2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 • 2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 혼합물 개발 • 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발 • 기능성 경량시공 고내구성 콘크리트 패널 슬래브 재료 개발
3세부과제 기술개발목표	• 2018년 선진국 생산 및 시공 기술수준 대비 90% 이상 달성 • 2018년 롤러블 REGOMAT 시공 100m/시간당 달성 • 2018년 조립식 도로포장 유지관리 기술 확보 • 2020년 선진국 수준의 기술경쟁력 확보 • 2020년 기존 도로시설 대비 탄소배출량 10% 저감
	• 기능별(도로, 공항, 항만, 주택단지, 산업단지 등) 롤러블 REGOMAT 대량 생산 시스템(재료 배합, 압출, 롤링, 품질관리, 오염관리 등 요소기술 결합) 구축 • 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 기술 개발 • 경량 콘크리트 프리캐스트 패널, 하부 지지구조물을 포함한 REGOSLAB의 구성 요소 기술 개발 • 표면조직, 하중전달장치, 텐던 등 모든 요소를 포괄할 수 있는 단일 거푸집 체계 개발 • 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능할 수 있도록 REGOSLAB 요소 기술 및 설비 최적화 • 쾌속시공 및 품질 향상을 위한 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발 • 품질 확보를 위한 조립식 도로포장 사례별 시공 기술 개발(하부 균열 억제 기술, 운반 및 시공 장비 조합, 교통차단 및 에너지 소비 억제 기술, 곡선부 및 편경사구간 처리 기술) • 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발 • 조립식 도로포장의 상태 조사(Stress and Strain in Motion 또는 매립형 센서)에 따른 예방적 유지관리 기법 개발 • 조립식 도로포장의 평탄성(IRI 2.0 m/km 이하) 관리 및 성능(미끄럼 및 소음)평가 기준 개발 • Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발

○ 사업 내용의 논리성 및 적절성

- 연구단을 구성하는 3개의 세부과제는 기술개발의 범위, 목적에서 차이를 가지고 있으며, 명확한 연계 구조를 가지고 있어 사업내용이 논리적이며, 연구단의 목표 달성을 위해 적절하게 구성된 것으로 판단됨

  ▪ 세부 및 세세부과 과제간 연계성 검토 항목은 환경친환기술, 신재료 개발기술, 신재료 물질 해석기술, 내구성 증진 복합기술, 표준화 기술, 구조해석 및 설계기술

을 바탕으로 검토함

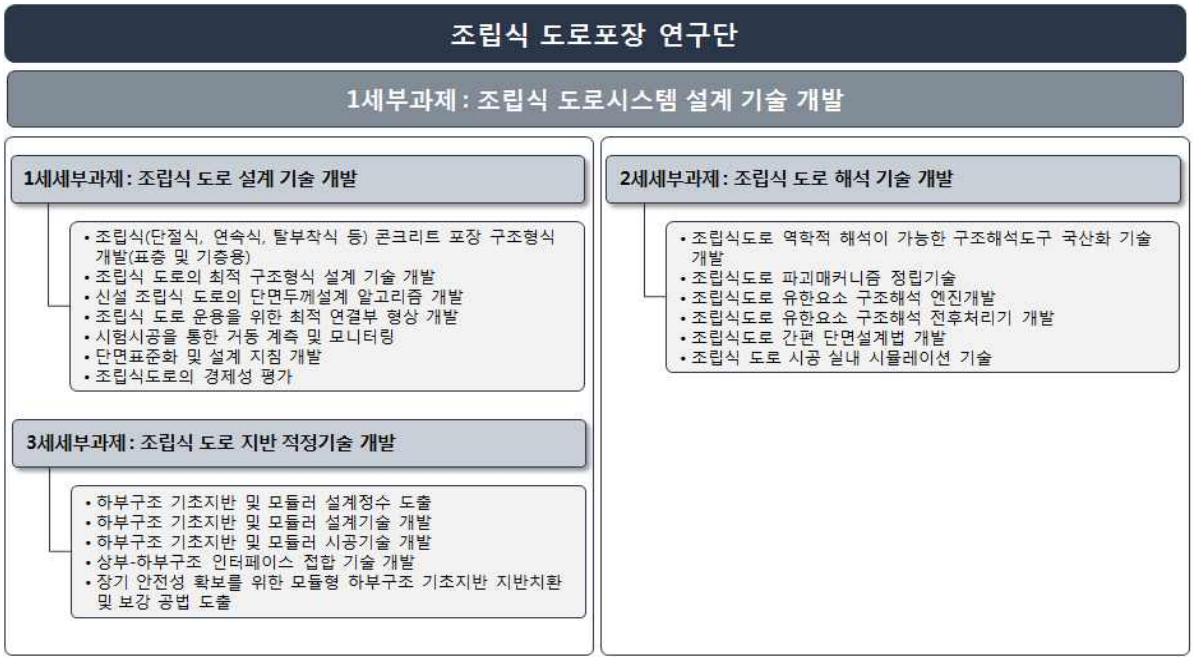
사업명: 교통지체 최소화 조립식 도로포장 기술개발		1	2	3	4	5	6
1 세부: 조립식 도로 시스템 설계 기술	1-1 조립식도로 설계기술개발				●	●	●
	1-2 조립식도로구조해석기술			●		●	●
	1-3 조립식 도로지반 적정기술	●			●	●	
2 세부: 조립식 도로재료 기술	2-1 롤러블 카펫 연성 도로포장 재료기술	●	●	●	●	●	
	2-2 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술	●	●	●	●	●	
3 세부: 조립식 도로 시공 및 유지 보수 기술	3-1 조립식 도로포장 제작 및 생산설비기술				●	●	
	3-2 조립식도로포장 시공기술	●			●	●	
	3-3 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수기술	●			●	●	

1: 환경 친화기술-2: 신재료 개발기술-3: 신재료 물성 해석기술-4: 내구성 증진 융복합 기술-5: 표준화 기술-6: 구조 해석 및 설계기술

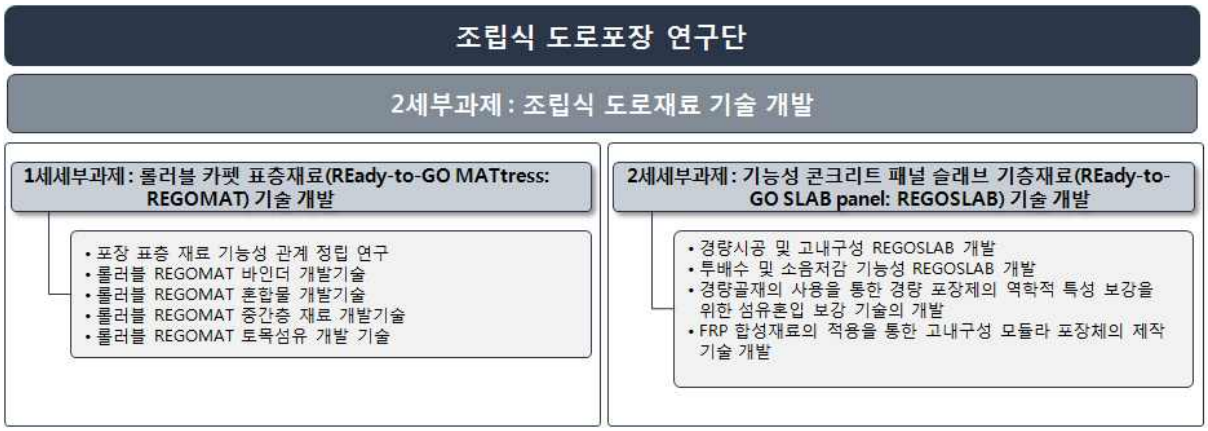
시험생산 및 시험포장 (Test-bed)	4-1 롤러블 카펫표층 시험포장
	4-2 기능성 콘크리트 패널 슬래브 시험포장
	4-3 조립식 복합 포장 시험 시공 및 가속시험

〈그림 4-5〉 세부과제간 연계관계

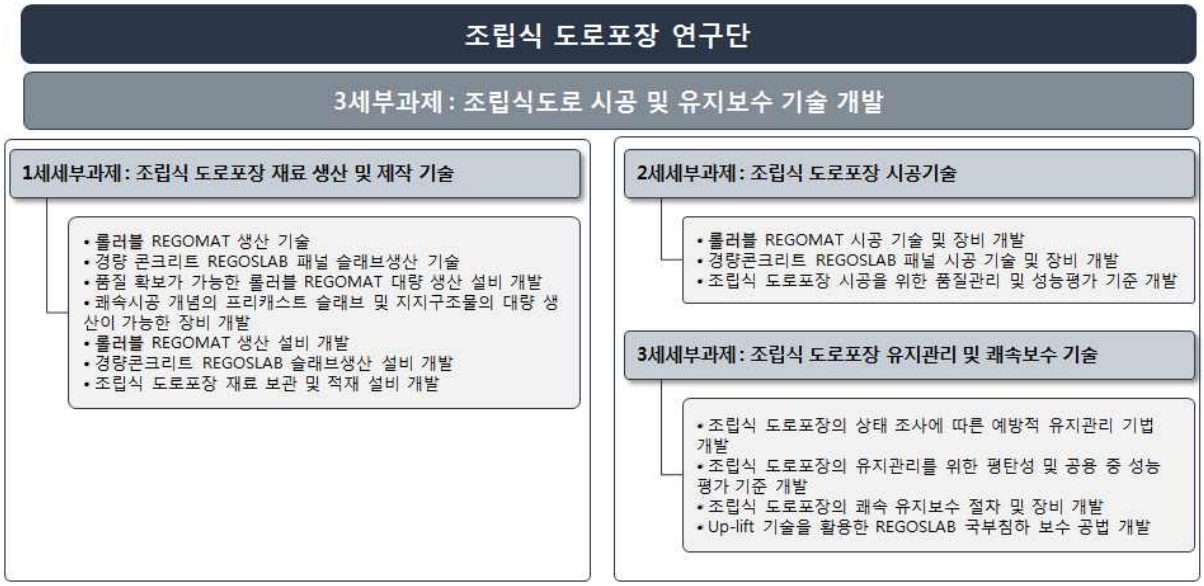
- 1세부과제는 조립식 도로 시스템 설계기술개발로 조립식도로의 구조형식(단속식, 탈부착식 또는 연속식), 역학적 해석도구, 구조형식 설계법 및 설계지침 연구를 개발하는 것으로 이를 달성하기 위해 3개의 세세부과제로 구성하고 있어 적절한 것으로 평가됨
- 2세부과제는 조립식도로 재료 기술개발로 롤러블 카펫 표층 재료 및 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층 재료를 개발하는 것으로 이를 달성하기 위해 2개의 세세부과제로 구성하고 있어 적절한 것으로 평가됨
- 3세부과제는 조립식 도로시공 및 유지관리 기술 개발로 롤러블 REGOMAT와 경량 콘크리트 REGOSLAB의 생산, 보관 및 운반, 시공 및 유지관리 등 모든 과정을 포함한 종합적 복합 기술 개발을 위해 3개의 세세부과제로 구성하고 있어 적절한 것으로 평가됨



〈그림 4-6〉 1세부과제 세세부과제 및 구성기술



〈그림 4-7〉 2세부과제 세세부과제 및 구성기술



〈그림 4-8〉 3세부과제 세세부과제 및 구성기술

□ 사업추진전략의 적절성

○ 사업추진전략의 구체성

- 본 연구단은 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세부목표의 단계별 목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 3개의 세부과제와 8개의 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 극대화·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(네덜란드 델프트 공대, 미국 일리노이대, 고원로업(중국) 등) 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 설정 근거를 적절하게 제시함

<표 4-5> 최종성과물 및 성과지표

세부 과제	세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치	목표치 설정근거
조립식 도로 시스템 설계 기술 개발	1	조립식 도로 설계 기술 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.4	- 조립식도로 구조형식/단면설계 총 5편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	2	0.3	- 조립식도로 구조형식/단면설계 2건
			3	인증	공법 및 프로세스 인증건수	건	1	0.1	- 조립식도로 구조형식 인증 1건
			4	지침	지침 개발	건	2	0.3	- 조립식도로 구조형식에 따른 설계 지침 2건
			5	시작품	설계도서 및 시작품	건	2	0.3	- 조립식도로 구조형식 시작품 2건
	2	조립식 도로 해석 기술 개발	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	3	0.4	- 조립식도로 구조해석 총 3편
			2	지식재산권	S/W 등록 건수	건	3	0.3	- 조립식도로 구조해석 엔진 및 처리기 3건
			3	지침/매뉴얼	매뉴얼 개발 및 보급	건	3	0.3	- 조립식도로 간편단면설계 지침 1건 - 조립식도로 구조해석 매뉴얼 2건
	3	조립식 도로 지반 적정기술 개발	1	논문	논문 게재건수	편	3	0.2	- 하부구조 기초지반 및 모듈러 설계/시공기술 2편 - 하부지반 치환 및 보강기술 1편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	1	0.2	- 하부구조 모둘러 형식 1건
			3	시작품	설계도서 및 시작품	개	1	0.3	- 하부구조 모듈러 개발 1건
			4	지침/매뉴얼	지침/매뉴얼 개발 및 보급	건	1	0.3	- 하부구조 기초지반 및 모듈러 설계/시공기술 지침/메뉴얼1건
			5	기술선진화	기술수준 향상효과	건	1	0.2	- 하부구조 기초지반 및 모듈러 개발 1건
			6	현장적용	현장적용 건수	개소	1	0.2	- 하부구조 기초지반 및 모듈러 시험시공 1건

세부 과제	세세부 과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치	목표치 설정근거
조립식 도로 재료 기술 개발	1	롤러블 카펫 연성 도로포장 재료 기술 (REGOMAT)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	8	0.4	- REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 8편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	- REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 4건
			3	지침	지침 개발	건	1	0.3	- REGOMAT 혼합물 배합설계 지침 1건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	4	0.3	- REGOMAT 바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유 총 4건
	2	기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.4	- REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 6편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	3	0.3	- REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 3건
			3	지침	매뉴얼 개발 및 보급	건	2	0.3	- REGOSLAB 배합설계 지침 2건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	3	0.3	- REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브 3건
조립식 도로 시공 및 유지 보수 기술 개발	1	조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	6	0.3	- REGOMAT 생산, REGOSLAB 생산 기술 총 6편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	8	0.6	- REGOMAT 및 REGOSLAB 생산 설비 3건, 생산적용기술 3건, 재료 운반 및 보관2건
			3	지침	지침 개발	건	4	0.4	- REGOMAT 및 REGOSLAB 생산 관련 총 4건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	7	0.7	- REGOMAT 생산, REGOSLAB 생산기술 총 7건
	3	조립식 도로포장 시공기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.2	- REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공, 품질관리 및 평가 총 5편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	- REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공 총 4건
			3	지침	지침 개발	건	1	0.2	- 시공 중 품질관리 및 성능평가 1건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	6	0.3	- REGOMAT 시공, REGOSLAB 시공 총 설계도서 2건 및 시작품 6건
	3	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	1	논문	학술지 게재 논문건수	편	5	0.3	- REGOMAT 보수, REGOSLAB 보수, 평탄성 및 성능관리, 유지관리 총 5편
			2	지식재산권	특허출원 건수	건	4	0.3	- REGOMAT 보수, REGOSLAB 보수, 평탄성 및 성능관리 총 4건
			3	지침	지침 개발	건	4	0.3	- 보수방법, 평탄성 및 성능관리, 유지관리 총 4건
			4	시작품	설계도서 및 시작품	건	5	0.1	- REGOMAT 및 REGOSLAB 보수 설계도서 3건, 평탄성 및 성능관리 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 4-6> 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	세세부 과제	목표성과물	기술 수요처	실용화 방안
조립식 도로 시스템 설계 기술 개발	조립식 도로 설계 기술 개발	조립식 도로 구조형식	국토해양부/ 한국도로공사	• 조립식도로 최적 구조형식을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
		조립식도로 설계지침	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	• 조립식도로 최적 구조형식 설계 지침 보급
	조립식 도로 해석 기술 개발	조립식 도로 구조해석 엔진	국토해양부/ 대학/ 관련 기업체	• 조립식도로는 물론 일반, 특수 도로포장의 구조해석 엔진으로 사용 가능하게 보급.
		조립식도로 구조해석 전후처리기 모듈 및 통합 GUI 환경		• 조립식도로의 설계에 요구되는 포장구조 거동해석시 연구자/실무자에게 효율적인 구조해석환경 제공
	조립식 도로 지반 적정기술 개발	하부구조 기초지반 및 모듈러 설계/시공법	국토해양부/ 대학/ 관련 기업체	• 하부구조 기초지반 및 모듈러 공법을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
		하부지반 치환 및 보강공법		• 불량한 하부지반의 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
조립식 도로 재료 기술 개발	롤러블 카펫 연성 도로포장재료 (REGOMAT) 기술 개발	REGOMAT 바인더/혼합물/중간층/토목섬유 혼합물	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	• 쾌속시공 가능 표층재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 • 쾌속시공 가능 표층재료를 공항포장, 산업단지내 포장등에 적용 • 쾌속시공 표층재료 국내외 기술이전
	기능성 콘크리트 패널 슬래브 (REGOSLAB) 기술 개발	REGOSLAB 기능성 슬래브, 경량 슬래브, 고내구성 섬유보강 슬래브	국토해양부/ 한국도로공사/ 관련기업체	• 쾌속시공 가능 기층재료를 일반국도 및 고속국도 현장에 적용 • 쾌속시공 가능 기층재료를 공항포장, 산업단지내 포장등에 적용 • 쾌속시공 기층재료 국내외 기술이전
조립식도로 시공 및 유지보수	조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술	조립식 도로포장 재료의 생산 기술	국토해양부/ 한국도로공사/ 재료 생산 기업	• 프리캐스트 전문기업과 연계하여 1, 2세부에서 개발된 조립식 도로포장 재료의 요소기술을 확인하여 대량생산 가능 여부 검토 • 시험실 수준의 시험생산을 통하여 기계화 대량생산이 가능하도록 요소기술 최적화 • 건설재료 자동화 생산설비 제작 업체와 연계하여 시험시공용 재료의 시험생산을 통하여 대량생산 가능 여부 판단하고 생산 설비 설계안 도출 • 건설재료 자동화 생산설비 제작 기술을 확보한 공동연구기관으로 확보하여 파일럿 생산설비 제작 • 생산성 및 품질관리 전문가를 활용하여 시험생산을 통하여 성능 검증 및 양산 단계 문제점 보완
	조립식 도로포장 시공기술	조립식 도로포장 현장 시공 장비	국토해양부/ 한국도로공사/ 전문 시공 기업	• 특장차 제작기술을 확보한 전문기업을 공동연구기관으로 확보하여 재료 운반 장비 개발

세부과제	세세부 과제	목표성과물	기술 수요처	실용화 방안
				• 갠트리 크레인 제작기술을 확보한 전문기업을 공동연구기관으로 확보하여 현장 시공용 장비 개발 • 교통차단 및 부대공사용 장비의 경우에는 기존 가용한 장비를 최대한 활용하도록 시공 기술 개발
		조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준	국토해양부/ 한국도로공사/	• 기존 아스팔트 및 콘크리트 도로에 적용하는 품질관리 및 성능평가 기준을 조립식 도로포장에 부합하도록 개선하는 방향으로 연구 추진 • 시험시공을 통하여 확보 가능한 품질 및 성능 수준 확인 이후 기준 작성
	조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	조립식도로 유지관리기준 및 방법	국토해양부/ 한국도로공사/	• 기존 도로에 적용하는 유지관리기준을 조립식 도로포장에 부합하도록 개선하는 방향으로 연구 추진 • 시험시공 및 포장가속시험을 통하여 발생 가능한 조립식포장의 파손형태, 수명주기를 관찰한 이후에 유지관리기준을 작성 • 기존 도로포장 유지관리방법을 조립식 도로포장에 시험적용하고 적합한 방법론만을 도출하여 제시
		조립식도로 유지보수 절차 및 장비	국토해양부/ 한국도로공사/ 유지관리 전문기업	• 도로관리주체와 유지관리전문기업을 통합하는 참여연구진 구성을 통하여 적용 가능한 유지보수 공법별로 적용 절차와 장비를 규정 • 필요한 경우 조립식 도로포장 재료의 특수성을 반영하는 보수재료 개발을 통하여 보수 내구성 연장
		연약지반 부등침하 대응 기술	국토해양부/ 한국도로공사/	• 항만 및 단지내 포장과 같이 부등침하가 빈발하는 구간에 대하여 조립식 도로포장의 장점인 모듈러 기술을 적용하여 부등침하 및 부분침하에 대응하는 기술 개발 • 재료, 장비, 및 유지보수 측면을 동시에 고려하여 대응 기술 개발 • 현장 시험시공을 통하여 성능을 평가하고 일반기업에 기술 이전 추진

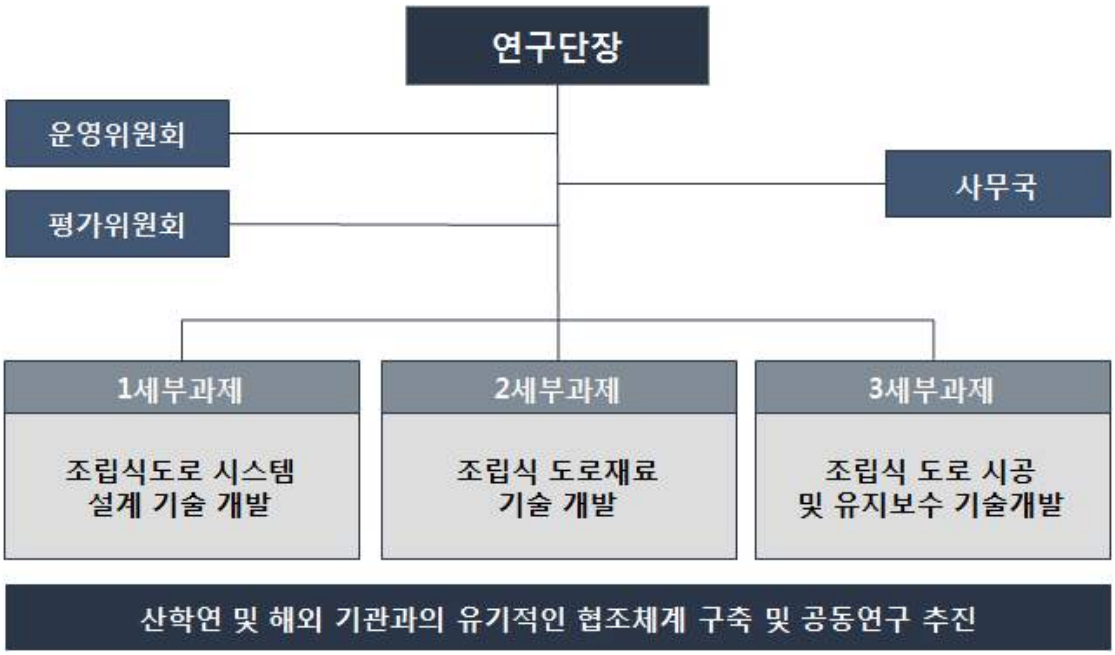
□ **사업추진체계 및 절차의 적절성**

- 연구단으로의 추진체계 및 절차는 적절한 것으로 판단됨



〈그림 4-9〉 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 3개 세부과제 8개 세세부과제로 이루어진 사업으로 과제의 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨
- 본 사업의 연구비(정부출연금 기준) 약 93억원으로 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[2]에 만족함



〈그림 4-10〉 사업추진체계의 구성

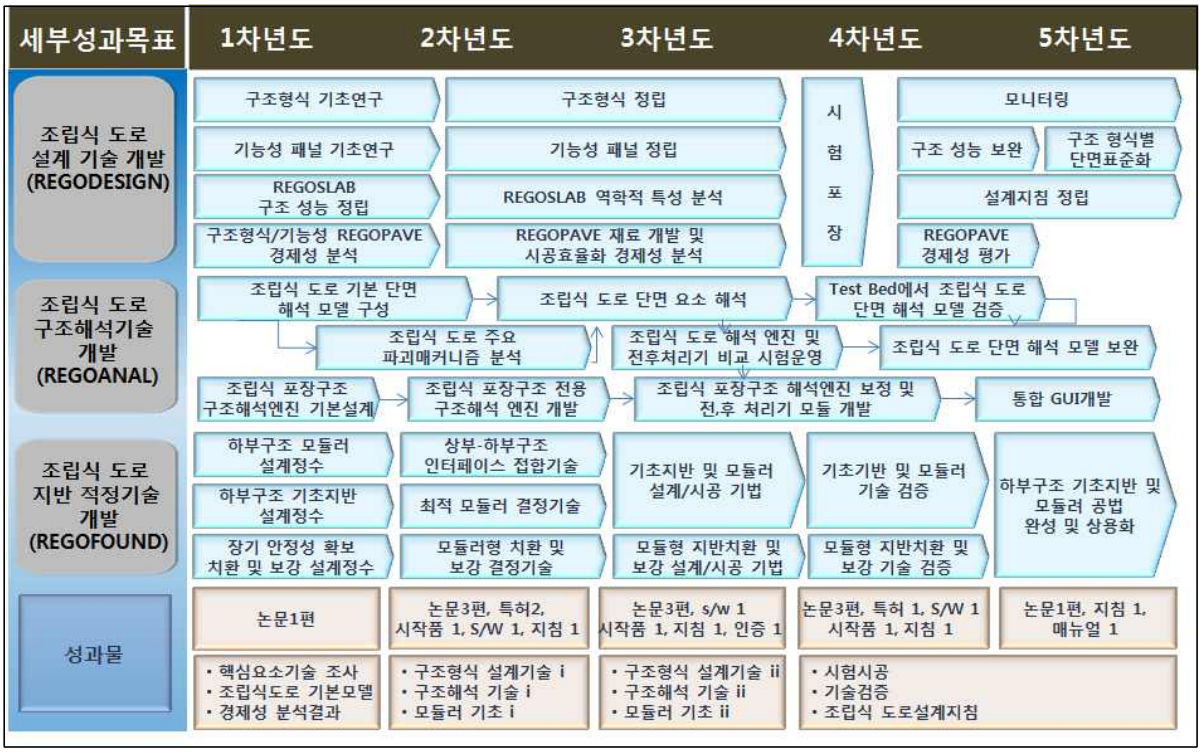
2) 연구단 규모 : 50억 원 이상~300억 원 미만

□ 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



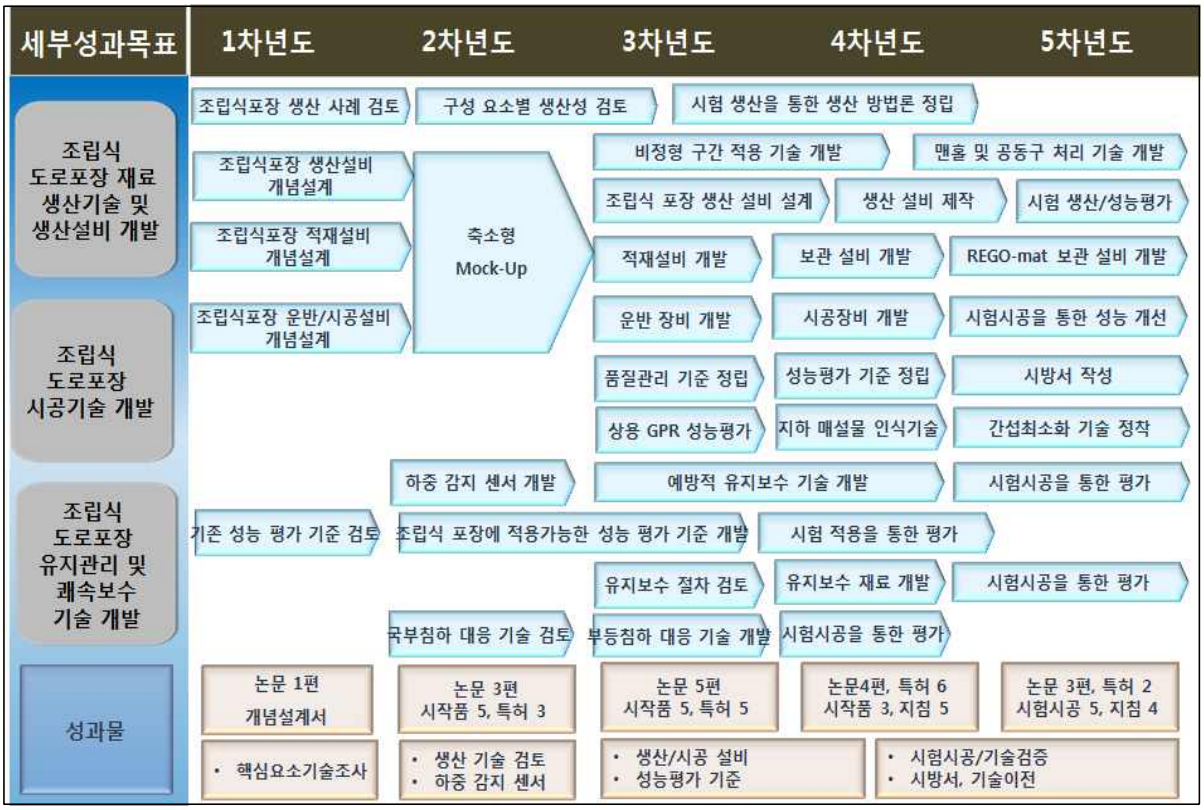
〈그림 4-11〉 연구단 거시적 기술개발로드맵



〈그림 4-12〉 1세부 과제의 미시적 기술개발 및 성과 로드맵



〈그림 4-13〉 2세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵



〈그림 4-14〉 3세부 과제의 미시적 기술 개발 및 성과 로드맵

2. 기술수준 및 성공가능성

□ 기술수준 및 역량 분석

○ 국내 기술동향분석으로부터 파악된 국내기술 수준

- 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정이며, 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 낮은 상황임
- 조립식 도로포장, 특히 롤링이 가능한 아스팔트 표층관련 연구는 기초연구 수준이며, 조립식 콘크리트 패널 슬래브 포장은 단절식 프리캐스트 방식은 시험시공을 수행한 바가 있으나, 연속식 프리스트레스 또는 포스트 스트레스 포장체에 대한 연구는 기초연구 수준임
- 열가소성 탄성체 고분자를 이용한 화학적 개질 아스팔트 바인더 및 혼합물은 개발 초기 단계임
- 하부 기층과 상부 롤러블 표층을 접착을 위한 중간층 혼합물은 폴리우레탄을 이용한 유화제 개발 관련 기초연구를 수행한 바가 있으며, EVA(Ethylene-Vinyl Acetate) 열접착제를 이용한 멤브레인층 개발연구는 기초연구 수준 임
- 산업혁신기술개발의 일환으로 프리캐스트 슬래브를 이용하여 줄눈콘크리트 포장 보수

시공 및 결빙방지 등의 기능성 슬래브를 이용한 도로 포장 시험시공을 수행한 기초적인 연구 사례가 있음

- 도로포장용 경량 콘크리트 혼합물 관련 연구는 초속경 콘크리트 혼합물 또는 FRP 보강 콘크리트 시작품을 제작한 바가 있으며, 공명기를 삽입한 콘크리트 혼합물은 소규모의 시작품을 제작한 바가 있으며, 다공성 콘크리트 혼합물 (저소음)은 기초연구 수준임
- 토목섬유를 이용한 아스팔트 및 콘크리트 보강 혼합물 개발은 시작품 개발단계 이며, 시험시공을 수행 한 바가 있음
- 조립식 도로포장 시공을 위한 생산 설비 및 시공 장비 연구는 개념을 설정하는 단계이며, 외국의 예를 벤치마킹하여 기본구성요건을 정의하는 수준임
- 도로포장 역학적 단면설계 관련연구는 『한국형 포장설계법 개발』 연구에서 경험·역학적 설계방법 개발 연구를 수행한 바가 있으나, 전통적 현장 타설 방식에 적용 가능하여 탈현장 조립식 도로포장에 적용할 수 없음
- 도로포장의 유지관리 관련 연구는 고속국도 및 일반국도의 유지관리를 위한 포장관리 시스템을 개발하여 적용하고 있으나, 핵심 알고리즘은 유럽의 HDM(Highway Development Manual) 모델을 도입하여 운용하고 있으며, 조립식 도로에 대한 유지관리 시공법 또는 지침 연구는 수행 된 바가 없음

○ 국외 기술동향분석으로부터 파악된 국외기술 수준

- 미래지향적 도로연구 프로그램(Roads to the future) 비전에 맞추어 미국의 SHRP 프로그램, 유럽의 FOR(Forever Open Road)등 다각적인 기능성 도로포장 연구 수행 중
- 유럽의 경우 200년 초부터 PERSUADE 프로젝트의 PERS(PoroElastic Rubber Surface) 연구과제에서 기능성 저소음 포장 연구에서 각종 기능성 포장(Single Layer Porous Asphalt, Two Layer Porous Asphalt, Rollpave 등)의 저소음 특성 평가 연구를 수행하고 있음
- 상기 연구는 여러 나라 (네덜란드, 일본, 벨기에 등)에서 개발한 기능성 연성포장의 특성을 시험 시공하여, 저소음 특성, 장기공용성능(러팅 저항성) 및 바인더 및 중간층(Substrate) 특성 연구결과를 바탕으로 기 개발한 재료의 보완에 이용함
- 특히 롤링이 가능한 Rollpave의 경우 탁월한 소음저감 및 러팅 저항 성능을 발휘하는 것으로 보고되었으며, 바인더의 조성을 상온(폴리우레탄 바인더+Silica Sand(2.5-3mm)+Rubber(1mm)) 조성 혼합물 또는 고온(SBS 개질 바인더+Silica sand(4.75mm))등의 새로운 롤링 가능 혼합물을 개발하여 시험시공을 실시한 바가 있음
- Rollpave의 하부 층과의 부착을 위한 중간층 재료로 SBS 개질 및 토목섬유보강 유화제, 양면테이프 방법, 시멘트 처리 접착 등의 다각적인 연구를 진행한 바가 있음.
- 일본의 경우에서도, 상기 PERS 프로젝트에 참여하여 고무아스팔트 표층의 저소음 특성 및 공용성능을 평가한 바가 있으며, 일본 PWRI(일본 토목연구소)내의 Test-track에 상기 재료를 시험 시공하여 공용성능을 평가한 바가 있음

- 조립식 콘크리트 포장(미국, 일본), 롤러블 아스팔트 포장(네덜란드) 등 장기수명을 보장하면서 기능성을 부여하며, 시공기간을 대폭적으로 단축하여 교통 혼잡비용을 절감하기위한 실용화 기술 개발에 주력하여, 시험포장을 통한 성능검증이후 실제 일반 도로 및 고속도로에 시공되고 있음
- 고분자를 활용한 고내구성 재료 개발을 위한 원천 재료 기술 개발 중

□ 기술개발의 성공가능성

- 현재의 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 기술동향 및 환경분석, 이슈트리분석, SWOT분석을 통한 기술개발추진전략 제시를 통해 기술개발 성공가능성은 높은 것으로 판단됨
    - 쾌속시공을 위한 롤링이 가능한 아스팔트 재료개발의 경우, 주관연구기관에서 기초연구를 수행한 결과(고분자 개질 바인더, 토목섬유 등)를 본 연구에 연계함으로써 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단 됨
    - 쾌속시공을 위한 공장생산 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기초의 경우, 공동연구기관에서 수행한 조립식 콘크리트 패널 기초연구 및 주관연구기관에서 수행한 토목섬유 보강 콘크리트 기초 연구결과를 본 연구에 접목함으로써 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단 됨
    - 쾌속시공을 위한 조립식도로포장 시공 및 유지관리 관련 연구는 본 연구단에서 포함하고 있는 도로포장 장비개발 민간업체((주)TPS(Total Pavement System), (주) RETECH 산업)의 전문가를 활용하여 산학연 체계를 구축함
    - 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 연구성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 활용화 방안, 기존과제 연구성과의 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

<표 4-7> 후보과제의 국내 유사과제와의 차별화 방안

유사과제명	연구 기관	유사과제 연구내용 또는 목적	후보과제 차별화 방안
한국형 포장설계법 개발과 포장성능개선 방안 연구	한국 건설기술연구원/ 한국 도로공사	한국형 포장설계법 개발과 포장설계 시공 관련 지침 개발	- 유사과제는 현장 시공방식 - 후보과제는 탈현장 방식
복합 포장시스템 및 폴리머 콘크리트 교면 포장개발	한국 도로공사 도로교통연구원	고속도로 상에서 운전자 주행 쾌적성 및 안전성과 유지관리 효율성의 확보를 위하여 다양한 도로환경에 따른 최적의 복합 포장시스템, 폴리머 콘크리트 포장재료, 시공기술을 개발	- 유사과제는 현장시공 교면 포장대상 - 후보과제는 탈현장 도로포장이 대상
장수명 친환경 도로 포장재료 및 설계 시공기술 개발	한국 도로공사 도로교통연구원	친환경성, 이용자 중심의 다기능성을 갖는 도로포장시스템 개발을 위하여 고내구성 장수명 포장 신재료 및 활용 기술 개발과 비파괴 및 IT기법을 접목한 첨단도로포장의 시공기술 개발	- 유사과제는 전통방식의 Perpetual 포장 형식 - 후보과제는 탈현장으로 롤러블이 가능한 표층 재료 개발 대상
친환경 4S 포장시스템 개발 연구	중앙 대학교	최근 환경에 대한 국민적 관심 증가에 맞추어 안전하고(Safety), 조용하고(Silent), 아름다운(aeSthetic)포장의 개념에 적합한 포장재료, 시공장비, 유지보수 관련 지침을 개발하여 사용자 만족(Satisfaction)의 포장시스템을 개발	- 유사과제는 현장 시공방식이며, 콘크리트 유지보수 공법(white-topping) 개발 - 후보과제는 조립식 콘크리트 패널 슬래브를 대상
아스팔트 포장의 콜드조인트 균열방지 개선에 대한 연구	인천 대학교	아스팔트 포장의 시공시 콜드조인트로 인해 발생하는 종방향 균열을 억제하여 유지보수 비용을 절감하고, 포장내구성 증진 및 도로이용자의 안전성과 쾌적성을 확보하기 위한 공법(안) 및 시방서(안)을 제시	- 유사과제는 종방향 균열 보수방안개발 - 후보과제는 탈현장 포장체 개발
아스팔트 포장체의 구조적 적정성 및 상태 평가 시스템 개발	한국 건설기술연구원	기존 아스팔트 포장체의 구조적 적정성을 평가하여 적절한 보수시기와 공법을 선정함으로서 포장의 잔존수명을 증대시켜 궁극적으로 아스팔트 포장의	- 유사과제는 FWD를 이용한 포장체 구조건전성 평가 - 후보과제는 센서를 이용한 자동 포장상태관리 시스템

유사과제명	연구 기관	유사과제 연구내용 또는 목적	후보과제 차별화 방안
		유지보수 비용을 절감할 수 있는 아스팔트 포장체의 구조적상태 평가 시스템을 개발	
재활용 아스팔트 포장의 수명증진을 위한 품질향상 방안 연구	강원 대학교	재생 혼합물의 공용 품질을 향상 시키기 위한 방안을 제시하여 내구성이 우수하고 공용성이 좋아 신규 혼합물과 대등한 품질의 재생 혼합물을 생산 및 실용화하기 위한 기술을 제시	- 유사과제는 아스팔트 포장재료의 재활용 - 유보과제는 탈부착식의 롤러블 아스팔트 포장 재료 개발
장수명 아스팔트 포장 공법 개발	세종 대학교	기존 아스팔트 포장 공법이 가지는 구조적/재료적 문제점을 해결하여 설계 수명을 배가하고 보수 주기를 증가시켜 유지보수비 및 사용자 비용을 절감할 수 있는 장수명 아스팔트 포장 공법의 개발.	- 유사과제는 전통방식의 Perpetual 포장 형식 - 후보과제는 탈현장으로 롤러블이 가능한 표층 재료 개발 대상
특수 아스팔트 포장의 장기 공용성 평가 및 개선 연구	한국 건설기술연 구원	특수 아스팔트에 대한 장기 공용성 검증에 대한 절차 제시	- 유사과제는 SBS 고분자 개질 아스팔트 대상 - 후보과제는 SBS를 대상으로 하지 않음
중하중 교통도로의 신속개방형 대보수 및 덧씌우기용 고성능 강성포장재료의 설계 및 시공기술 개발	중앙 대학교	중하중 교통량이 많은 도로에서 신속 교통 개발 가능한 콘크리트 덧씌우기 재료 및 기술 개발	- 유사과제는 전통방식의 현장 포설 콘크리트 포장 형식 - 후보과제는 탈현장으로 롤러블이 가능한 표층 재료 및 조립식 강성패널 등이 개발 대상
토목섬유를 이용한 아스팔트포장 내구성 증진 연구	한국 건설기술연 구원	그리드 형태의 토목섬유를 이용한 내구성 증진 가능한 아스팔트 포장 개발	- 유사과제는 그리드 형태의 토목섬유 - 후보과제는 미세 파이버 형식의 토목섬유를 대상

<표 4-8> 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
조립식 도로 설계 기술 개발	• 조립식도로의 구조형식 (단면 형식, 접합방식) 개발 • 조립식도로 경제성 분석 기술	한국형 조립식 포장공법의 개발에 관한 연구	• 줄눈콘크리트 포장 형식의 프리캐스트 슬래브 포장의 개발 및 결빙방지 등의 기능성 프리캐스트 포장 시험시공	(주)한국유지관리 (2005-2007)	• 줄눈콘크리트 포장 형식만을 적용한 기초적인 연구로써 본 과제에서 연구하는 여러 구조 형식의 조립식 포장 공법과는 차별됨	• 결빙방지 등 기능성 프리캐스트 슬래브의 요소 기술을 분석하여 본 과제에 연계 고려
조립식 도로 해석 기술 개발	• 조립식도로 구조해석기술개발 • 조립식도로 구조해석 통합도구 개발 • 조립식도로의 단면설계 지침 개발	복합포장시스템 구조해석기술 개발	• 복합포장의 2차원구조해석엔진 개발 • 복합포장의 2차원 구조해석 전후처리기 개발	한국건설기술연구원 (2009-2013)	• 복합포장의 2차원 구조해석도구로 본 연구에서 목표로 하고 있는 3차원 구조해석 엔진과는 차별됨	• 2차원해석을 위한 엔진 설계경험을 본 과제에 연계
		한국형 포장설계법 개발과	• 역학적-경험적 도로포장 설계방법 개발 • 연성 도로포장 설계방법	한국건설기술연구원/한국도로공사/한국도로	• 기존과제에서 연성포장, 강성포장 각각에 대한 구조해석	• 연성, 강성 포장구조 해석을 위한 연구로부터

		포장성능 개선방안	연구 및 개발 • 강성 도로포장 설계방법 연구 및 개발	학회 (2000-2010)	연구진행, 상용 또는 기존 개발된 연구용 해석코드 사용 • 본 과제의 조립식 포장구조해석의 경우 연성,강성 포장 두가지 성질을 모두 가지는 구조로서 기존 기술을 직접적용 불가	도출된 다양한 결과를 참고하여, 조립식 포장 구조해석 기술 개발시 시행착오를 최소화 할 수 있음
조립식 도로 지반 적정기술 개발	• 조립식도로 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발 • 조립식도로 기초지반 치환 및 보강기술 개발	한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안	• 포장 하부구조 다짐관리 기법 개발 • 포장 하부구조 안정처리 기법 개발	한국건설기술연구원/한국도로공사/한국도로학회 (2000-2010)	• 기존 과제에서는 하부구조에 대한 다짐관리 기법과 시멘트와 플라이애쉬를 활용한 안정처리 기법이므로 본연구의 조립식 모듈형 기초기반연구와 차별됨	• 시멘트와 플라이애쉬를 활용한 안정처리 기법은 노상의 지지력증대를 위한 치환 및 보강기술과 연개
롤러블 카펫 연성 도로포장 재료 기술 (REGOMAT)	• REGOMAT 바인더 개발 • REGOMAT 혼합물 개발 • REGOMAT 중간층 개발 • REGOMAT 토목섬유 개발	복합 포장시스템 및 폴리머 콘크리트 교면 포장개발	• 다양한 도로환경에 따른 최적의 복합 포장시스템, 폴리머 콘크리트 포장재료, 시공기술을 개발	한국도로공사 (2010-2011)	• 일반도로포장용의 롤링이 가능한 고분자/토목섬유 개질 재료 개발	• 본 과제에서 사용한 고분자의 실험결과와의 상대적 비교 필요
		복합도로포장 시스템 개발	• 조립식이 아닌 일반도로 포장의 복합포장(아스팔 및 콘크리트) 형식 개발연구	한국건설기술연구원 (2009-2012)	• 조립식 아스팔트와 조립식 콘크리트 포장체를 복합한 구조형식 개발	• 각종 시험실 및 시험장에서 평가결과를 조립식 도로포장과 비교평가에 이용
기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 (REGOSLAB)	• 섬유보강 경량 REGOSLAB 개발 • 경량시공 및 고내구성 REGOSLAB 개발 • 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	장수명 친환경 도로 포장재료 및 설계 시공기술 개발	• 현장시공형식의 고내구성 장수명 포장(Perpetual) 신재료 및 활용 기술 개발과 비파괴 및 IT기법을 접목한 첨단도로포장의 시공기술 개발	한국도로공사 (2005-2010)	• 조립식 아스팔트와 조립식 콘크리트 포장체를 복합한 구조형식 개발	• 각종 시험실 및 시험장에서 평가결과를 조립식 도로포장과 비교평가에 이용
		ET신기술 경량골재를 이용한 고강도 경량 프리캐스트 바닥판 및 시공시스템 개발	• 고강도 경량 콘크리트를 이용하여 프리캐스트 바닥판을 제작하고 이를 통한 기존 교량의 노후 바닥판 교체 시공	서울산업대학교 (2003-2005)	• 교량 바닥판에 프리캐스트 슬래브를 적용한 교량 분야의 연구로써 도로 포장 분야와는 차별성이 있음	• ET(환경기술)을 통한 친환경적 프리캐스트 슬래브 제작 방안 및 경량 슬래브를 통한 양중장치의 용량감소 등 본 과제에 연계 고려
조립식 도로 시공 및 유지보수	• 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 • 조립식 도로포장 시공 기술 • 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술	장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술 개발	• 친환경 도로 포장 재료 및 기술 개발 • 장수명 포장 설계 및 시공 등 • 고내구성 블록 포장 개발	한국도로공사 (2005-2010)	• 현장 시공 방식으로 이루어져 본 기술과 유사점이 거의 없음	• 생산기술 개발시 표층 재료 관련 물성 시험 결과를 참고

		프리캐스트 부재를 활용한 콘크리트 포장의 신속보수 공법 개발	• 프리캐스트 보수 단면 및 설계 및 시공 기준 제시 • 포장 단면 보수재료의 품질 기준 및 시험 기준	한국도로공사 (2006-2008)	• 프리캐스트 포장체 시험제작 및 소규모 시험시공 수행, 거푸집 시험 제작 이외에 폭넓은 연구는 이루어지지 않았음	• 기존 시험시공 사례를 참고하여 초기 PEGOSLAB 설계(안) 개발

3절. 경제적 타당성

1. 경제성

□ 경제성 분석 방법

○ 비용/편익 분석(Benefit/Cost Analysis)

- B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음

○ 분석대상

- 조립식 도로포장 연구단의 세부사업과 관련된 7개 시장에 대해 분석하였으며, 7개 시장의 총괄적인 비용/혜택 분석 결과를 도출함

○ 편익범위

- 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함
- 본 연구단의 연구기간을 2012년~2016년으로 가정하고, 실용화 기간을 3~4년으로 볼 때 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2020년 이후라 볼 수 있음
  - 각 세부과제별로 2020년~2029년(10년간) 시장을 예측하여 반영하였음

○ 비용의 설정

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

○ Benefit 산출을 위한 요소

- R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위하여, 추가창출시장규모, 부가가치비중, 시장점유율, 기술기여도, 기술개발성공률, R&D기여도, 할인율 고려함

$$\text{Benefit} = (\text{국내시장규모} \times \text{시장점유율} \times \text{기술성공률} \times \text{기술기여도}) \times (\text{부가가치비중} \times \text{R\&D기여도})$$

(연구개발사업 추진으로 인한 추가창출 생산액 기댓값) *(부가가치창출비율)*

- 추가창출시장규모 : 기술개발과제 추진을 통한 연구결과물이 파급되는 산업의 시장규모
- 시장 점유율 : 해당 산업의 관련 국내 시장에서의 점유비율
- 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함
- 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2009년 산업연관표를 기준으로 건설업

종의 40.1%를 적용함

- R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중[3)]
- 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중[4)]
- 할인율 : 할인율은 10년 만기 국고채금리인 4.3%와 KDI 일반지침(2007년) 상의 5.5% 중 KDI 일반지침(2007년) 5.5%를 적용함

□ 경제성 분석 결과

○ 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 산정하고, 이를 취합하여 연구단 전체 B/C ratio를 산정함

○ 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 1.33로 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 = 시장규모의 현재가치(59,461억 원)×시장점유율 × 기술개발성공률(30%) × 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)
  - 비용(361억원) = 연도별 소요 예산의 현재가치
  - 편익/비용 = 1.33

3) KISTEP에서 작성된 “09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구”의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 10.9% 적용함

4) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함

<표 4-9> 조립식 도로포장 연구단 B/C분석 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit			Cost
	국 내			연구비
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration	
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	17.0
2014	-	-	-	27.2
2015	-	-	-	46.5
2016	-	-	-	52.2
2017	-	-	-	32.1
2018	-	-	-	-
2019	-	-	-	-
2020	4,302	15%	65,499	-
2021	4,550	20%	91,411	-
2022	4,803	24%	119,818	-
2023	5,116	30%	153,871	-
2024	5,416	30%	162,864	-
2025	5,728	30%	172,081	-
2026	6,108	30%	187,693	-
2027	6,449	30%	197,907	-
2028	6,848	34%	235,508	-
2029	7,276	38%	280,736	-
NPV	-	-	59,461	146.42
B/C	-	-	-	1.33

- 향후 해외 조립식 도로포장 시장을 포함 할 경우 BC분석 값은 더욱 높아질 것으로 예상됨

<표 4-10> 시장1. 조립식 도로 설계 기술 시장 분석 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	600	15%	90
2021	650	20%	130
2022	700	25%	175
2023	750	30%	225
2024	800	30%	240
2025	850	30%	255
2026	900	30%	270
2027	950	30%	285
2028	1020	34%	346
2029	1096	38%	420
NPV	-	-	1,337

<표 4-11> 시장2. 조립식 도로 지반 적정기술 시장 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	67	9%	6
2021	73	10%	7
2022	81	11%	8
2023	89	12%	10
2024	97	14%	13
2025	107	15%	16
2026	118	17%	20
2027	130	19%	24
2028	143	21%	29
2029	157	23%	35
NPV	-	-	89

<표 4-12> 시장3. 조립식 도로포장을 제작 및 생산 설비 기술 시장 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	22	5%	1
2021	23	5%	1
2022	25	10%	2
2023	27	10%	3
2024	29	20%	6
2025	32	20%	6
2026	34	20%	7
2027	37	30%	11
2028	40	30%	12
2029	43	30%	13
NPV	-	-	32

<표 4-13> 시장4. 조립식 도로포장 시공기술 시장 분석 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	20	100%	20
2021	20	100%	20
2022	20	100%	20
2023	40	100%	40
2024	40	100%	40
2025	40	100%	40
2026	100	100%	100
2027	100	100%	100
2028	100	100%	100
2029	100	100%	100
NPV	-	-	298

<표 4-14> 시장5. 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 시장 분석 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	170	15%	25.5
2021	200	20%	40
2022	220	25%	55
2023	250	30%	75
2024	280	30%	84
2025	310	30%	93
2026	340	30%	102
2027	380	30%	114
2028	428	34%	145
2029	482	38%	184
NPV	-	-	497

<표 4-15> 시장6. 조립식 도로포장을 이용한 포장 보수 기술 시장 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	600	15%	90
2021	650	20%	130
2022	700	25%	175
2023	750	30%	225
2024	800	30%	240
2025	850	30%	255
2026	900	30%	270
2027	950	30%	285
2028	1020	34%	345
2029	1096	38%	419
NPV	-	-	1,282

<표 4-16> 시장7. 조립식 도로포장을 이용한 신설포장 기술 시장 결과

(단위 : 억 원)

구 분	Benefit		
	국 내		
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration
2012	-	-	-
2013	-	-	-
2014	-	-	-
2015	-	-	-
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	28,230	15%	4,234
2021	29,340	20%	5,868
2022	30,570	25%	7,642
2023	32,100	30%	9,630
2024	33,700	30%	10,110
2025	35,390	30%	10,617
2026	37,160	30%	11,148
2027	39,020	30%	11,706
2028	40,970	34%	13,929
2029	43,020	38%	16,347
NPV	-	-	53,576

2. 과학기술적 파급효과

□ 과학기술적 및 기타 파급효과 분석

○ 도로포장 설계시 도로 수준별 및 요구 성능별 다양한 도로 포장 설계를 가능하게 하여 (일반도로포장, 공항포장, 항만포장, 교차로, 주차장 등) 도로 이용자 중심 및 환경 친화형 도로 포장을 구현하는 기틀을 제공

○ 도로포장의 쾌속시공 기법 도입으로 교통폐쇄 또는 지체에 따르는 혼잡비용 절감

○ 기능성 제공(저소음, 진동감쇄, 배수 등)으로 사회간접시설의 대국민 서비스 질 상승

○ 국가 전략산업 기술개발 결과물의 국가적 SOC 적용 테스트베드 적용사례로 활용

○ 조립식 도로포장 생산 시스템 구축에 적용되는 단계별 요소 기술은 원재료 가공부터 포장체 생산, 운반, 시공까지 포함한 고부가가치 복합 기술로 모든 도로 사업뿐만이 아니라 도시건설, 건축 분야에 확대 적용 가능함

○ 쾌속시공 롤러블 카펫 표층은 신설 또는 유지보수 도로에 선택적 사용이 가능하며, 일반국도 및 주요 간선 도로 연성 포장의 신설, 확장 및 전단면 보수 등에 적용 가능함

○ 탈부착 조립식 도로포장은 신속한 시공이 필요한 도심지 교차로, 버스전용차로, 공항 및 항만 포장 구간 등 여러 구간에 적용이 가능하며 쾌속시공을 통하여 잦은 개착으로 인한 폐기물 발생을 저감함으로써 환경적 피해를 방지함

○ 4계절 시공이 가능한 전천후 조립식 도로포장 시스템 기술 실현으로 관련 산업발전에 기여하고 공장생산된 롤러블 표층 재료 수급, 소규모 장비임대 및 인원으로 시공이 가능하여 기존 시공사의 업역 확대에 기여

○ 논문, 특허 등의 과학기술적 성과의 공익적 파급효과를 기대

- 세부과제별로 논문 건수, 특허 출원 등록 건수를 분석한 결과 논문 37건, 특허 29건의 과학기술적 성과를 기대할 수 있는 것으로 분석됨

<표 4-17> 유사사업 논문/특허 비교

구 분	특허	논문	합계
친환경 지능형 도로설계 연구단	8	9	17
장수명/친환경 도로포장 연구단	16	9	25
탄소중립형 도로 연구단	23	44	67
조립식 도로포장 연구단(REGOPAVE 연구단)	37	29	66

- 유사한 사업을 수행한 연구단과 비교 시 다소 높은 과학기술적 성과를 도출할 것으로 기됨

3. 예산 적정성 분석

□ 예산 적정성 분석

○ 유사사업 등과의 비교 등을 활용한 정부연구개발 투자비 규모의 적정성, 세부 사업/과제별 사업비의 적정성을 분석하였음

- 국토해양부에서 수행한 유사사업의 연구비를 비교분석한 결과 연구기간 대비 사업비 규모는 기존의 유사한 연구단과의 연구 규모 등을 고려한다면 사업비 규모는 적정한 것으로 판단됨
  - 조립식 도로포장 연구단의 세세부과제당 연구비가 21.92억 원으로 장수명/친환경 도로포장 연구단의 세세부과제당 연구비 15.7억 원 보다 조금 높은 편이고, 탄소중립형 도로연구단의 세세부과제당 연구비가 31.1억 원 보다는 낮음
- 연구의 성공은 예산 지원 정도에 따라 결정될 수 있기 때문에 과제지원기관의 적극적인 예산 지원은 매우 중요할 것임

<표 4-18> 유사사업 연구예산 비교

구 분	연구비	연구 기간	세부 과제수	세세부과제 수	연구내용
장수명/친환경 도로포장 연구단	173억 원	5년	2	11개	환경친화적 도로포장 및 저소음 포장공법 개발
탄소중립형 도로 연구단	280억 원	5년	2	9개	도로에서 발생하는 CO2 저감
조립식 도로포장 연구단(PREGOPAVE 연구단)	175억 원	5년	3	8개	교통지체 최소화 쾌속시공 조립식 도로포장 시공 및 유지관리 기술 개발

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 도로포장 신설 및 유지관리 분야에서 종래 기술의 문제점을 크게 개선 가능한 쾌속 시공용 도로포장 재료, 설계 및 유지관리 기술 개발의 전략적 도모 시점으로 분석됨.

○ 국가 정책동향 분석 결과, 조립식 도로포장 기술개발은 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 이익추구형 연구개발보다는 정부주도형 연구개발이 필요한 것으로 분석 됨.

○ 조립식 도로 기술 개발 연구단의 정부지원 타당성과 사업 추진의 시급성 등이 일관성 있게 제시되었으며, 저탄소 녹색성장을 위한 국가 정책 실현 일환으로 쾌속시공 및 교통지체 최소화 도로포장 부문의 신재료 및 신기술 개발사업 추진으로 혼잡비용 및 환경피해 절감 관련 기대효과로 정책적 타당성이 충분한 것으로 판단됨

○ 국토해양부는 도로시설 건설, 운영, 유지관리 주무부처로 본 연구과제 성과물이 직접적으로 연관되어 있으며, 도로시설의 장기공용성능 확보 및 교통지체 최소화로 혼잡비용 절감을 통한 국민 삶의 질 향상을 도모 하는 점으로 볼 때 본 사업에 대한 국토해양부의 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 중복성이며, 검토의견은 다음과 같음**

○ 기술개발 계획의 적절성의 경우, 조립식 도로포장 연구단은 탈현장 시공으로 공장에서 생산한 도로 포장체를 쾌속 신설 또는 유지보수 시공하는 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 구분하여 핵심기술개발에 전문화된 실증적 연구경험의 국내외 산학연 체계를 구축하여 효율

적인 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 “조립식 도로포장 연구”는 기술적 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨

○ 선진국에서는 이미 2000년 초부터 미래지향적 도로포장연구프로그램을 만들어 관련 연구에 박차를 가하고 있는 것으로 분석 되었으며, 조립식 도로포장 연구의 기반기술 중, 국내에서 기존에 수행한 요소기술 및 기초연구결과를 접목하여 조립식 도로포장 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 제시하였으며, 직접적인 비용/혜택 분석(Cost/Benefit Analysis)을 통해 본 사업의 경제적 측면을 분석한 결과, 경제적 타당성이 있는 것으로 나타남(B/C ratio : 1.33)

○ 과학기술적 파급효과의 경우 유사 연구를 수행한 연구단은 국내에 없으며, 다양한 과학기술적 효과를 기대해볼 수 있을 것임

- 본 연구에서는 연구결과의 수요처를 일반 도로포장에만 국한하지 않고, 산업단지내 중하중용 도로, 공항포장, 항만포장, 교차로 및 주차장 등지에 맞춤형 시스템을 제안하고 있어 공익적 파급효과, 사업성과의 활용방안 등에 대한 광범위한 기대효과를 예상해볼 수 있음

○ 예산적정성의 경우 유사사업 등과의 비교 및 예산수립 체계, 과정의 분석을 통해 검토결과 본사업의 예산은 적정한 것으로 판단됨

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	5차 년도	소계
책임연구원	3	3	3	3	2	14
연구원	16	21	30	31	24	122
연구보조원	15	21	30	30	24	120
보조원	8	8	9	8	7	40
합 계	42	53	72	72	57	296

2. 세부과제별 인력투입계획

가. 1세세부과제

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	소계
책임연구원	1	1	1	1	1	5
연구원	8	8	8	8	7	39
연구보조원	8	8	8	8	7	39
보조원	8	8	8	8	7	39
합 계	25	25	25	25	22	122

나. 2세세부과제

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	소계
책임연구원	1	1	1	1	1	5
연구원	5	7	7	7	7	33
연구보조원	5	7	7	7	7	33
보조원	-	-	1	-	-	1
합 계	11	15	16	15	15	72

다. 3세세부과제

(단위 : 명)

세부 항목	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	소계
책임연구원	1	1	1	1	0	4
연구원	3	6	15	16	10	50
연구보조원	2	6	15	15	10	48
보조원	-	-	-	-	-	-
합 계	6	13	31	32	20	102

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

가. 인건비

○ 해당과제 참여연구원의 인건비 기준단계 산정을 목정으로 작성하는 것으로 월 기준 단가는 2012년도 회계예규 “예정가격작성기준” 학술연구용역 인건비 기준단가를 참고하여 작성하였음

2. 전체 소요예산

(단위 : 백만 원)

	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	1,330	368	2,089	633	3,465	1,186	3,874	1,346	2,395	814	13,153	4,347
1세부	720	161	886	238	958	313	846	260	670	198	4,080	1,170
1-1	105	30	96	39	105	60	96	39	99	39	501	207
1-2	88	25	80	33	88	50	80	33	80	33	416	174
1-3	62	24	86	33	133	48	86	33	62	24	429	162
1-4	80	31	80	31	88	53	79	31	-	-	327	146
1-5	94	-	141	-	141	-	141	-	139	-	656	-
1-6	116	-	155	-	155	-	116	-	115	-	657	-
1-7	87	22	131	44	131	44	131	66	87	44	567	220
1-8	88	29	117	58	117	58	117	58	88	58	527	261
2세부	461	167	782	282	1,048	370	917	342	649	232	3,857	1,393
2-1	70	24	120	40	120	40	107	40	71	24	488	168
2-2	-	-	92	32	160	53	142	53	93	32	487	170
2-3	87	30	87	30	111	40	111	40	90	30	486	170
2-4	-	-	95	33	146	55	146	55	93	33	480	176
2-5	108	38	117	58	152	53	152	53	106	38	635	240
2-6	92	35	127	49	198	71	127	49	92	35	636	239
2-7	104	40	144	40	161	58	132	52	104	40	645	230
3세부	149	40	421	113	1,470	502	2,060	745	1,116	384	5,216	1,784
3-1	51	20	102	36	342	119	590	197	287	96	1,372	468
3-2	51	20	102	49	316	159	319	253	234	170	1,022	651
3-3	-	-	-	-	141	56	270	91	125	42	536	189
3-4	-	-	-	-	141	56	270	91	125	42	536	189
3-5	-	-	34	-	70	-	140	-	140	-	384	-
3-6	-	-	-	-	20	-	60	-	100	-	180	-
3-7	-	-	34	14	140	48	110	35	44	14	328	111
3-8	47	-	93	-	109	-	69	-	-	-	318	-
3-9	-	-	-	-	61	20	107	36	61	20	229	76
3-10	-	-	56	14	130	44	125	42	-	-	311	100

3. 세부과제별 소요예산

가. 1세세부과제

(단위 : 백만 원)

예산항목	세부항목	단가(연급여)	예산항목 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	69.6	17	17	17	17	17	84	1.6
	연구원	52.8	177	228	250	234	177	1,068	20.3
	연구보조원	34.8	132	173	203	167	132	806	15.4
	보조원	26.4	90	122	141	116	86	554	10.6
	소 계		416	540	610	534	411	2,512	47.8
직접비	연구장비 재료비		220	278	322	271	218	1,309	24.9
	연구활동비		103	123	132	123	99	580	11.0
	연구수당		62	81	92	80	62	377	7.2
	소 계		385	482	545	474	378	2,265	43.2
위탁연구개발비			-	-	-	-	-	-	0.0
간접비			80	102	115	98	78	473	9.0
합 계			881	1,124	1,271	1,106	868	5,250	100.0

(1) 인건비

(단위 : 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1.1 단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발	64,008	64,584	79,848	65,088	66,672	340,200
1.2 연속식REGOSLAB시스템개발	54,720	54,720	66,240	54,720	53,136	283,536
1.3 REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발	41,040	56,808	86,256	58,392	41,040	283,536
1.4 조립식도로 경제성 분석 기술	44,712	53,136	67,320	53,136	-	218,304
1.5 조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발	45,216	67,824	67,824	67,824	66,240	314,928
1.6 조립식도로 전용 구조해석 통합도구개발	56,304	74,160	74,160	56,304	54,720	315,648
1.7 하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발	53,136	84,672	84,672	94,176	60,984	377,640
1.8 하부지반 치환 및 보강 기술개발	56,808	84,168	84,168	84,168	68,400	377,712
합 계	415,944	540,072	610,488	533,808	411,192	2,511,504

나. 2세세부과제

(단위 : 백만 원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연급여)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	
인건비	책임연구원	69.6	17	17	17	17	17	84	1.6
	연구원	52.8	165	285	371	345	234	1,400	26.7
	연구보조원	34.8	121	211	263	240	170	1,006	19.2
	보조원	26.4	-	-	32	-	-	32	0.6
	소 계		303	513	682	602	422	2,521	48.0
직접비	연구장비 재료비		154	265	371	323	228	1,342	25.6
	연구활동비		74	115	139	132	89	549	10.5
	연구수당		45	77	102	90	63	378	7.2
	소 계		273	457	613	546	381	2,269	43.2
위탁연구개발비			-	-	-	-	-	-	0.0
간접비			52	94	123	111	79	460	8.8
합 계			628	1,064	1,418	1,259	881	5,250	100.0

(1). 인건비

(단위 : 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
2.1 롤러블 REGOMAT 바인더 개발기술	45,072	77,616	77,616	69,264	45,317	314,885
2.2 롤러블 REGOMAT 혼합물 개발기술	-	59,904	103,032	92,520	9,904	315,360
2.3 롤러블 REGOMAT 중간층 재료 개발기술	56,736	56,736	72,504	72,504	56,736	315,216
2.4 롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발 기술	-	61,992	96,696	96,696	59,904	315,288
2.5 경량시공 REGOSLAB 개발	70,416	84,096	98,784	98,784	68,328	420,408
2.6 고내구성 REGOSLAB 개발	60,984	84,096	128,376	84,096	61,992	419,544
2.7 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발	69,336	88,272	105,120	88,272	69,336	420,336
합 계	302,544	512,712	682,128	602,136	421,517	2,521,037

다. 3세세부과제

(단위 : 백만 원)

예산항목	세부항목	예산항목							비율(%)
		단가(연급여)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	
인건비	책임연구원	69.6	17	17	55	17	0	105	1.5
	연구원	52.8	35	108	367	554	263	1,327	19.0
	연구보조원	34.8	21	78	231	361	174	865	12.4
	보조원	26.4	-	-	-	-	-	-	0.0
	소 계		72	202	653	932	437	2,297	32.8
직접비	연구장비 재료비		67	203	927	1,342	784	3,322	47.5
	연구활동비		22	50	117	135	82	406	5.8
	연구수당		11	30	98	140	65	345	4.9
	소 계		100	283	1,132	1,667	891	4,073	58.2
위탁연구개발비			-	-	-	-	-	-	0.0
간접비			16	48	177	256	132	630	9.0
합 계			189	534	1,972	2,805	1,500	7,000	100.0

(1) 인건비

(단위 : 천원)

주요 Activity	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
3.1 롤러블 REGOMAT 제작 및 생산설비 기술	23,040	41,904	133,920	220,680	105,120	524,664
3.2 REGOSLAB 패널 슬래브 제작 및 생산설비 기술	21,024	42,048	142,416	200,808	117,720	524,016
3.3 롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발	0	0	58,651.2	104,076	47,512.8	210,240
3.4 REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발	0	0	58,651.2	104,076	47,512.8	210,240
3.5 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발	0	13,680	42,048	84,096	42,048	181,872
3.6 GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술	0	0	21,024	42,048	42,048	105,120
3.7 조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발	0	19,353.6	57,816	50,436	13,680	141,285.6
3.8 조립식 도로포장의 구조적 및 기능적 성능평가 기준 개발	28,368	56,736	54,648	28,368	0	168,120
3.9 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 개발	0	0	21,024	42,048	21,024	84,096
3.10 Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발	0	28,368	63,072	55,692	0	147,132
합 계	72,432	202,089.6	653,270.4	932,328	436,665.6	2,296,785.6

(2) 장비리스트(3천만 원 이상)

연차	장비명	용도	비용(원)
2차년도	Up-lift 장비	폴리우레탄 또는 셀룰라폼콘크리트 주입분사 리프트 장치	50,000,000

(3) 시작품 제작리스트(1천만 원 이상)

연차	시작품명	용도	비용(원)
2차년도	카펫형REGOMAT시험제작장	카펫형 아스팔트 포장을 제조할 수 있는 실내 제작 시설	30,000,000
	연속식 프리캐스트용 거푸집 제작	시험 생산을 위하여 거푸집을 제작하고 시험 생산에 활용	30,000,000
3차년도	REGOMAT 시험 제조 설비	카펫형 아스팔트 포장을 말고 펼칠 수 있는 설비	50,000,000
	단절식/탈부착식프리캐스트용 거푸집제작	시험 생산을 위하여 거푸집을 제작하고 시험 생산에 활용	60,000,000
	개질제 투입 장치 제작	아스팔트 배치 플렌트에 연결할 개질제 계량 및 자동 투입 장비	30,000,000
	트레일러 부착형 REGOMAT 운반 장비	조립식 포장 재료를 제작장에서 현장으로 운반하는 장비	30,000,000
	트레일러 부착형 REGOSLAB 운반 장비	조립식 포장 재료를 제작장에서 현장으로 운반하는 장비	30,000,000
	하중 센싱 모듈 제작	압전소자를 활용하여 누적하중을 획득할 수 있는 센서 모듈	50,000,000
4차년도	양산용 거푸집 제작	양산에 활용할 수 있도록 개선된 거푸집을 제작	50,000,000
	REGOMAT 생산 설비	카펫형 아스팔트 포장의 양산용 설비	400,000,000
	기존 프리캐스트 생산 공정 개조	기존 프리캐스트 공장의 설비를 REGOSLAB 양산에 맞도록 개조	100,000,000
	가열형 REGOMAT 저장 창고	REGOMAT 출고 직전 제품 가열이 가능한 창고	100,000,000
	REGOMAT 시공 장비 제작	말려있는 아스팔트 포장을 펼치며 하부 포장면에 부착하는 장비	160,000,000
	REGOSLAB 시공 장비 제작	겐트리 크레인 형태의 시공 장비 제작	150,000,000
5차년도	REGOMAT 생산 설비 보완	시험 생산을 통해 도출된 문제점을 보완하여 양산용 설비를 완성	200,000,000
	REGOMAT REGOSLAB 적재 장비	지게차에 부착하여 사용할 수 있는 조립식 포장 적재용 Attachment	30,000,000
	REGOMAT 시공 장비 보완	시험시공을 통하여 도출된 문제점을 개선하여 시공 장비 완성	50,000,000
	REGOSLAB 시공 장비 보완	시험시공을 통하여 도출된 문제점을 개선하여 시공 장비 완성	50,000,000

(4) 재료구입(1천만 원 이상)

연차	재료구입명	용도	비용(원)
2차년도	포장 재료	REGOMAT 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	20,000,000
	포장 재료	REGOSLAB 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	10,000,000
3차년도	포장 재료	REGOMAT 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	30,000,000
	포장 재료	REGOSLAB 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	20,000,000
4차년도	포장 재료	비정형 구간용 조립식 포장재료 시험 제작	20,000,000
	포장 재료	REGOMAT 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	20,000,000
	포장 재료	REGOSLAB 생산 방법 검토를 위한 포장재료 제작	10,000,000
	포장 재료	REGOMAT 생산 설비 평가를 위한 포장재료 구매	30,000,000
	포장 재료	REGOSLAB 생산 설비 평가를 위한 포장재료 구매	20,000,000
5차년도	포장 재료	REGOMAT 생산 설비 평가를 위한 포장재료 구매	20,000,000
	포장 재료	REGOSLAB 생산 설비 평가를 위한 포장재료 구매	10,000,000

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 제안요구서(RFP)

연구과제명	조립식 도로포장 연구단 (REady-to-GO PAVEment: REGOPAVE 연구단)
1. 연구개발 목표	
	○ 교통지체 최소화 쾌속시공 조립식 도로포장 시스템(재료, 해석, 설계, 시공 및 유지관리) 구축 ○ 기존대비 50% 공기단축 조립식 도로포장 시스템 구축 ○ 쾌속시공으로 30% 교통혼잡비용저감 조립식 도로포장 시스템 구축 ○ 설계수명 내 무보수 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층 시스템 (재료, 접합방식, 해석, 설계, 시공 및 유지관리)개발 ○ 제로 상분리, 크리프 회복율 60% 이상, 두께 3cm 이상 롤러블 아스팔트 혼합물 개발 ○ 조립식 도로포장 재료 생산, 시공 및 유지관리 시스템(장비, 시공 및 시방) 개발 ○ 2018년 기존 도로포장 대비 포장 공용 내구수명 1.5배 증대 ○ 4계절 시공이 가능한 전천후 조립식 도로포장 시스템 기술 실현: 2018년 선진국 기술수준 대비 90% 이상 달성
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국토해양부는 건설교통 R&D 사업을 통해 개발된 기술 중 실용성이 큰 기술을 발굴하여 사업화에 필요한 후속기술개발, 기술검증 프로세스 도입, 성능중심의 건설기준, 생산성 향상을 위한 기술 표준화 및 인프라 구축 등을 주요한 정책방향으로 설정 함 ○ 국토해양부 건설기술혁신사업 목표는 차세대 지속가능한 도로 및 초장대교량기술 개발, 친환경 물 관리 시스템 및 지능형 시설물관리, 첨단 SOC 재료 개발 및 IT기술을 접목한 프로세스 혁신 등 건설기술 전반의 기술적 혁신을 도모 하고자 함 ○ 도로의 화물수송 분담율은 80% 이상으로 에너지 소비는 타 사회간접 시설대비 100배 이상, 온실 가스는 90배 이상 배출하는 점에서 도로포장분야에서 신공법(쾌속시공) 및 신재료(고내구성 재료)에 대한 연구를 통해 녹색원천기술 및 선진국 수준의 기술경쟁력 확보가 시급함 ○ 공공 시설물의 90년대 이후 급격한 유지관리 비용의 상승은 국가재정에 위협적인 요소가 되고 있으며, 특히 도로 시설물의 경우, 1990년 약 3천억 원에서 2009년 약 1조 2천억 원으로 1990년 이후

약 5배의 유지보수비용이 증가되었음

- 이중에서 일반국도 도로포장 유지보수 예산의 경우 1990년대 연간 약 3백억 원에서 2009년 약 7백억 원으로 약 2배가량 증대되었으며, 연간 유지보수대상 연장이 증대됨에 따라 향후 도로포장 유지보수예산의 지속적 증대가 예상됨
- 고속국도의 도로포장 유지보수예산의 경우, 1990년대 연간 약 4백억 원에서 2009년 약 8백억 원으로 약 2배가량 증대되었으며, 2020년 까지 약 1천 백억 원가량으로 증대될 것으로 예측하고 있음

○ 사회간접자본의 건전성은 국가 경쟁력 강화에 일익을 담당하며, 국가 기반시설 성능 고도화 차원에서 지속가능한 도로포장 시스템을 개발하여 보급하고자 하는 유관기관의 연구개발 정책에 부응하기 위하여 도로포장 신설 및 유지관리 분야에서 종래 기술의 문제점 등을 크게 개선한 쾌속시공용 도로포장 공법, 첨단재료, 설계, 시공 및 유지관리 관련 기술개발을 필요로 함

○ 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정이며, 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

○ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 공공성이 큰 기반기술로서 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려우므로 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함

○ 사회간접자본의 서비스 수준 증대로 국민 삶의 질 향상은 더 나은 쾌적한 도로 환경 제공, 교통지체 최소화로 도로교통 혼잡비용 절감 대안 마련, 기후변화 대응 등의 국가적 아젠다의 실현을 위해서는 환경영향 최소화를 위한 녹색기술 및 국가기반시설 성능고도화 목표를 설정하고 있는 쾌속시공 조립식 도로포장의 조기실현을 필요로 함

○ 또한, 우리나라에 대해 온실가스 의무 감축을 부여할 것으로 전망됨에 따라 도로포장분야에서 교통지체 또는 혼잡을 최소화하고, 에너지 소비량 저감이 가능한 실용화 기술 개발을 통해 국가적 아젠다에 부응할 필요가 있음

- 국가 총에너지의 교통부문 중 도로부문이 차지하는 비중은 약 80%에 이르며, 이중 전체 온실가스 배출량의 16%가 도로부문에 달하는 점을 고려할 때, 도로포장분야에서 쾌속시공 기술도입을 통한 혼잡비용 및 사용 에너지 절감을 위한 기술개발을 도모할 시점임

○ 따라서 미래형 기술로서 기술 집약도가 높으면서 연구개발 선진국에서 실용화의 초기단계에 있는 쾌속 시공형 도로포장 기술은 국내의 기술수준을 국토해양부에서 요구하는 수준으로 높일 수 있으며, 실용화시 비용대비 효과가 매우 높은 기술로서 국가 발전에 크게

	이바지할 수 있음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 국내 도로 포장 시스템 관련 기술은 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정이며, 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 낮은 상황이므로 도로 포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보를 위한 체계적인 연구가 필요함 - 세계적으로 현장 타설형 도로포장이 대부분이며, 재료 생산 및 시공시 온실가스 저감, 비점오염물 저감 및 도심지 등에서의 도로포장 쾌속 건설 및 쾌속 유지보수로 교통 혼잡비용 최소화를 도모하기 위한 국내 조립식 쾌속시공 도로포장 연구는 기초 연구 수준임 - 조립식 도로포장, 특히 롤링이 가능한 아스팔트 표층관련 연구는 기초연구 수준이며, 조립식 콘크리트 패널 슬래브 포장은 단절식 프리캐스트 방식은 시험시공을 수행한 바가 있으나, 연속식 프리스트레스 또는 포스트 스트레스 포장체에 대한 연구는 기초연구 수준임 - 열가소성 탄성체 고분자를 이용한 화학적 개질 아스팔트 바인더 및 혼합물은 개발 초기 단계임 - 하부 기층과 상부 롤러블 표층을 접착을 위한 중간층 혼합물은 폴리우레탄을 이용한 유화제 개발 관련 기초연구를 수행한 바가 있으며, EVA(Ethylene-Vinyl Acetate) 열접착제를 이용한 멤브레인층 개발연구는 기초연구 수준 임 - 산업혁신기술개발의 일환으로 프리캐스트 슬래브를 이용하여 줄눈콘크리트 포장 보수시공 및 결빙방지 등의 기능성 슬래브를 이용한 도로 포장 시험시공을 수행한 기초적인 연구 사례가 있음 - 도로포장용 경량 콘크리트 혼합물 관련 연구는 초속경 콘크리트 혼합물 또는 FRP 보강 콘크리트 시작품을 제작한 바가 있으며, 공명기를 삽입한 저소음 기능성 콘크리트 혼합물은 소규모의 시작품을 제작한 바가 있으며, 다공성 콘크리트 혼합물(저소음)은 기초연구 수준 임 - 토목섬유를 이용한 아스팔트 및 콘크리트 보강 혼합물 개발은 시작품 개발단계 이며, 시험시공을 수행 한 바가 있음 - 조립식 도로포장 시공을 위한 생산 설비 및 시공 장비 연구는 개념을 설정하는 단계이며, 외국의 예를 벤치마킹하여 기본구성요건을 정의하는 수준임 - 도로포장 역학적 단면설계 관련연구는 “한국형 포장설계법 개발” 연구에서 경험·역학적 설계방법 개발 연구를 수행한 바가 있으나, 전통적 현장 타설 방식에 적용 가능하여 탈현장 조립식 도로포장에 적용할 수 없음 - 도로포장의 유지관리 관련 연구는 고속국도 및 일반국도의 유지관리를 위한 포장관리 시스템을 개발하여 적용하고 있으나, 핵심 알

고리즘은 유럽의 HDM(Highway Development Manual) 모델을 도입하여 운용하고 있으며, 조립식 도로에 대한 유지관리 시공법 또는 지침 연구는 수행 된 바가 없음

○ 국외기술동향

- 미래지향적 도로연구 프로그램(Roads to the future) 비전에 맞추어 미국의 SHRP 프로그램, 유럽의 FOR(Forever Open Road)등 다각적인 기능성 도로포장 연구 수행 중
- 유럽의 경우 2000년 초부터 PERSUADE 프로젝트의 PERS(PoroElastic Rubber Surface) 연구과제에서 기능성 저소음 포장 연구에서 각종 기능성 포장(Single Layer Porous Asphalt, Two Layer Porous Asphalt, Rollpave 등)의 저소음 특성 평가 연구를 수행 하고 있음
- 상기 연구는 여러 나라(네덜란드, 일본, 벨기에 등)에서 개발한 기능성 연성포장의 특성을 시험 시공하여, 저소음 특성, 장기공용성능(러팅 저항성) 및 바인더 및 중간층(Substrate) 특성 연구결과를 바탕으로 기 개발한 재료의 보완에 이용함
- 특히 롤링이 가능한 Rollpave의 경우 탁월한 소음저감 및 러팅 저항 성능을 발휘하는 것으로 보고되었으며, 바인더의 조성을 상온(폴리우레탄 바인더+Silica Sand(2.5-3mm)+Rubber(1mm)) 조성 혼합물 또는 고온(SBS 개질 바인더+Silica sand(4.75mm))등의 새로운 롤링 가능 혼합물을 개발하여 시험시공을 실시한 바가 있음
- Rollpave의 하부 층과의 부착을 위한 중간층 재료로 SBS 개질 및 토목섬유보강 유화제, 양면 테이프 방법, 시멘트 처리 접착 등의 다각적인 연구를 진행한 바가 있음
- 일본의 경우에서도, 상기 PERS 프로젝트에 참여하여 고무아스팔트 표층의 저소음 특성 및 공용성능을 평가한 바가 있으며, 일본 PWRI(일본 토목연구소)내의 Test-track에 상기 재료를 시험 시공하여 공용성능을 평가한 바가 있음
- 조립식 콘크리트 포장(미국, 일본), 롤러블 아스팔트 포장(네덜란드) 등 장기수명을 보장하면서 기능성을 부여하며, 시공기간을 대폭적으로 단축하여 교통 혼잡비용을 절감하기위한 실용화 기술 개발에 주력하여, 시험포장을 통한 성능검증이후 실제 일반 도로 및 고속도로에 시공되고 있음
- 고분자를 활용한 고내구성 재료 개발을 위한 원천 재료 기술 개발 중

3. 연구개발내용	

□ 1세부과제 : 조립식도로 시스템 설계 기술 개발

○ 조립식 도로 설계 기술 개발

- 단절 및 탈부착식 REGOSLAB(REady-to-GO SLAB) 시스템 개발
- 연속식 REGOSLAB 시스템 개발
- REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발
- 조립식도로 경제성 분석 기술

○ 조립식 도로 구조해석 기술 개발

- 조립식도로 요소단면 설계를 위한 구조해석 기술개발
- 조립식도로 전용 구조해석 및 두께설계 통합도구개발

○ 조립식 도로 지반 적정기술 개발

- 하부구조 기초지반 및 모듈 설정계수 도출 및 설계/시공 기술개발
- 하부지반 치환 및 보강 기술개발

□ 2세부과제 : 조립식도로 재료 기술 개발

○ 롤러블 카펫 연성 도로포장재료 기술 개발

- 롤러블 REGOMAT(REady-to-GO MATtress) 바인더 개발 기술
- 롤러블 REGOMAT 혼합물 개발 기술
- 롤러블 REGOMAT 중간층 재료 개발기술
- 롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발 기술

○ 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 개발

- 경량시공 REGOSLAB 개발
- 고내구성 REGOSLAB 개발
- 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발

□ 3세부과제 : 조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발

○ 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 개발

- 롤러블 REGOMAT 제작 및 생산 설비 기술
- REGOSLAB 패널 슬래브 제작 및 생산 설비 기술

○ 조립식 도로포장 시공기술 개발

- 롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발
- REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발
- 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발
- GPR(Ground Penetrating Radar)을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술

○ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 개발

- 조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발
- 조립식 도로포장의 구조적 및 기능적 성능평가 기준 개발
- 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 개발
- Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 조립식 도로포장 연구단은 크게 3개 세부과제, 8개 세세부과제로 나누어 진행함

□ **1세부과제: 조립식도로 시스템 설계 기술 개발**

- 1세세부 : 조립식도로 설계 기술 개발
- 2세세부 : 조립식도로 해석 기술 개발
- 3세세부 : 조립식도로 지반 적정기술 개발

□ **2세부과제: 조립식도로 재료 기술 개발**

- 1세세부 : 롤러블 카펫 연성도로포장재료 기술 개발
- 2세세부 : 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기술 개발

□ **3세부과제: 조립식 도로포장 시공 및 유지보수 기술 개발**

- 1세세부 : 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 개발
- 2세세부 : 조립식 도로포장 시공기술 개발
- 3세세부 : 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 개발

○ 본 연구에서 목표로 하는 롤러블 카펫 표층 및 탈부착이 가능한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층 시스템(REady-to-GO PAVEment System: REGOPAVE) 개발은 20여 년간 축적된 연구단의 도로포장 관련기술을 효과적으로 활용하기 위하여, 명확한 핵심단위기술을 개발 및 성과지표 및 마일스톤 관리기법 적용으로 REGOPAVE를 실현하는 전략을 설정하였으며, 종래의 연구를 위한 연구형(Hit or Miss)를 지양한 실용화 기술 개발 전략을 설정 함

○ 롤러블 카펫 기능성 표층 시스템(REGOMAT) 및 탈부착이 가능한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층 시스템(REGOSLAB) 개발을 주축으로 하여 첨단재료, 설계, 시공, 관리 등이 하나로 합체된 통합형(All-in-One) 연구개발 전략을 설정함

○ 쾌속시공 롤러블 카펫 표층은 신설 또는 유지보수 도로에 선택적 사용이 가능하며, 롤러블 카펫 표층을 포함한 조립식 콘크리트 패널 슬래브 기층의 경우, 고속도로 포장 뿐 만 아니라 도심지 교차로, 버스전용차로, 공항 및 항만 포장 구간 등 여러 구간에 적용이 가능하며, 공동구가 매설된 포장 구간에 사용하여 잦은 개착으로 인한 폐기물 발생을 줄이고 쾌속시공이 가능한 맞춤형 시스템 실현 전략을 설정 함

○ 성과품의 기능과 성능(조립식 도로 시스템)을 검증하는 전략으로 실험실 단위의 단위시험과 주관연구기관에 설치된 소규모 도로시험장(Test-bed) 및 주관연구기관에서 현재 추진하고 있는 대규모 연천 SOC Diet-Center에 연계 가능한 실증시험 또는 실제 도로의 시험도로 운영 추진

○ 성과품(조립식 도로 재료)의 성능 및 기술 인증은 ASTM 및 AASHTO의 표준시험법 시험 실시

○ 성과품(생산설비)의 경우에는 실제 목표한 수준으로 조립식 도로포장 재료의 생산 및 품질관리가 가능한지의 여부를 파일럿 설비 제작으로 확인

☐ 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, (주)토탈페이브시스템 및 (주)이텍산업, 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 개진 하였음(일리노이 공대, 네달란드 델프트 공대, 중국 고원노업(민간회사))

○ 과제성격에 따라 학제간(Inter-disciplinary) 연구진 구성이 필요하며, 연구 성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력 투입이 필요함

5. 최종성과물

☐ 주요성과물

□ **세부과제 1: 조립식도로 시스템 설계 기술 개발**

○ (1)차년도

- 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식)도로 포장 최적 구조형식 기초연구
- 조립식 도로 운용을 위한 최적 연결부 형상 기초연구
- 조립식도로의 경제성 평가(최적 공정/공기 단축율, 최적 수명주기 비용, 교통혼잡비용 절감 효과 분석)
- 조립식도로 파괴매커니즘 정립
- 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진 기본설계
- 조립식도로 단면 두께 설계법 기초 설계

○ (2), (3)차년도

- 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식)도로 포장 최적 구조형식 선정
- 조립식 도로 운용을 위한 최적 연결부 형상 선정
- 조립식 도로의 최적 구조형식 설계 기술
- 조립식도로 3차원 유한요소 구조해석 엔진 개발
- 조립식도로 3차원 유한요소 구조해석 전후처리기 개발
- 유한요소해석결과를 활용한 조립식도로 단면 두께 설계법 개발

○ (4), (5)차년도

- 단절/탈부착식 REGOSLAB시험시공, 거동계측 및 모니터링(테스트베드)
- 연속식 REGOSLAB 시험시공, 거동계측 및 모니터링
- REGOSLAB 단면 표준화 및 설계지침
- 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진 보정 및 시험운영
- 조립식도로 유한요소 구조해석 전후처리기 보정 및 시험운영
- 유한요소해석결과를 활용한 단면두께설계법 보정 및 시험운영
- 조립식도로 현장적용 상용화제품 제작/검증/평가

□ **2세부과제: 조립식도로 재료 기술 개발**

○ (1)차년도

- REGOMAT 표층 재료 기초연구(바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유)
- 경량시공 REGOSLAB 재료(경량골재) 기초연구
- 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 기초연구
- 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 기초연구

○ (2), (3)차년도

- REGOMAT 표층 재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발(바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유): 제로 상분리 고분자 개질 바인더, 크리프 회복율 60% 이상, 3cm 이상 롤러블 개질 아스팔트 혼합물
- 경량시공 REGOSLAB 재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발
- 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발
- 투배수/소음저감기능성 REGOSLAB재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발

○ (4), (5)차년도

- REGOMAT 표층 물성시험 및 모델 보정(바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유)
- REGOMAT 표층 시험시공, 계측, 모니터링
- 경량시공 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정
- 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정
- 투배수/소음저감기능성 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정
- 현장적용 상용화제품 제작/검증/평가

□ **3세부과제: 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 개발**

○ (1)차년도

- 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 기초연구
- 조립식 도로포장 시공기술 기초연구

- 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 기초연구

○ (2), (3)차년도

- REGOMAT 생산기술/설비 개발
- REGOSLAB 생산기술/설비 개발
- REGOMAT 시공기술/시공장비 개발
- REGOSLAB 시공기술/시공장비 개발
- 조립식도로 유지관리시스템 기초설계(유지보수절차, 예방적 유지관리법)

○ (4), (5)차년도

- REGOMAT 시험생산 및 장비 보정
- REGOSLAB 시험생산 및 장비보정
- 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 개발
- 조립식도로 품질관리 및 성능평가 기준 개발
- 조립식도로 유지관리기술 개발(부등침하 대응, 국부침하대응)

6. 기대효과 및 파급효과

○ 사회·경제적 기대효과

- 쾌속시공으로 교통지체/폐쇄 최소화로 물류비용/혼잡비용 및 유지보수 최소화로 도로포장의 전주기 생애비용 최소 20% 절감(공장 생산을 통한 엄격한 품질관리로 고품질 및 고내구성 확보로 사용수명이 기존에 비해 대폭 증가되어 생애주기비용 절감)
- 재활용이 가능한 토목섬유 개발로 토목섬유 원자재 도입비용 및 롤러블 카펫표층 및 기능성 기층 슬래브의 On-Off(유지보수 재활용을 위한 탈부착)으로 자원사용량 절감
- 쾌속시공 연성표층 및 강성기층 포장재료, 생산설비 및 시공절차의 국내외의 특허 확보가 가능하며, 국내의 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 전전후 도로포장 시공이 가능하여, 교통수요를 고려한 도로포장 건설 및 유지보수 실행으로 혼잡비용 최소화 및 교통서비스 수준 증대에 기여
- 핵심 기술 자립화로 해외 기술료 비용 절감 및 기술 수출을 통한 외화 획득
- 지속가능하고, 안전한 기반 도로 시설 구축으로 국민들의 삶의 질을 향상
- 아스팔트 도로포장 재료뿐만 아니라 콘크리트 재료, 도로포장 설비시장 및 유지관리 시장 전망을 포함 할 경우 B/C ratio는 최소 2.0 이상을 상회 할 것으로 예측하며, 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음

○ 기술적 기대효과

- 도로포장 설계시 도로 수준별 및 요구 성능별 다양한 도로 포장 설계를 가능하게 하여(일반도로포장, 공항포장, 항만포장, 교차로, 주차장 등) 도로 이용자 중심 및 환경 친화형 도로 포장을 구현하는 기틀을 제공
- 조립식 도로포장 생산 시스템 구축에 적용되는 단계별 요소 기술은 원재료 가공부터 포장체 생산, 운반, 시공까지 포함한 고부가가치 복합 기술로 모든 도로 사업뿐만이 아니라 도시건설, 건축 분야에 확대 적용 가능함
- 롤러블 카펫 표층포장 유지 관리 기술은 장기 공용 이후, 발생 가능 또는 발생한 파괴 양상을 신속하게 비파괴적 방법으로 조사 파악하며, 특히, 소요기능별로 설치되는 기능성 아스팔트 표층 혼합물의 특성이 명확히 설계 단계에서 정의되며, 실제 공용수명이 예측 가능함으로써 최적의 보수시기 및 방법을 설정함으로써 경제적이며 도로 이용자 중심의 장기 유지 보수 전략 수립이 가능함
- 아스팔트 포장, 콘크리트 포장, 합성 포장에 선택적으로 적용할 수 있는 범용 3차원 유한요소모델의 개발을 통하여 다양한 포장구조체에 대한 해석에 활용할 수 있음
- 국내 도로 포장 시스템 관련 기술수준이 선진국 대비 약 60% 수준에 불과한 실정으로 최근 국내에서 시공되었거나 건설 중인 도로 포장은 대부분 1960년대에 최초 개발된 미국의 설계방식을 도입하여 건설되는 등, 기술자립도가 매우 낮은 상황이나, 조립식 도로포장에 대한 독창적이며, 검증 가능한 세계적 기술 확보 기대

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2013.1 ~ 2017.12(5년)

- 1차년도 연구기간 : 2013.1 ~ 2013.12(12개월)

○ 총 정부출연금 : 131억 원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 13억 원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

2. 세부과제 제안요구서(RFP)

□ 1세부과제: 조립식도로 시스템 설계 기술 개발

세부과제명	조립식도로 시스템 설계 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 쾌속시공 및 교통지체 또는 차단 최소화를 목표로 공장에서 제작한 롤러블 카펫 표층(REGOMAT) 및 콘크리트 패널 슬래브 기층(REGOSLAB)으로 구성되는 조립식 도로포장 시스템의 구조형식(단속식, 탈부착식 또는 연속식), 역학적 해석도구, 구조형식 설계법 및 설계지침 연구 ○ 조립식 도로 구조형식 설계기술 ○ 조립식도로 구조해석기술/통합도구 및 단면설계 기술 ○ 조립식 도로 지반 적정기술 ○ 조립식 도로 경제성 분석기술 ○ 2020년 선진국 수준 기술 경쟁력 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향 □ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국가과학기술위원회의 2012년 기술분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성 - 기존 도로 포장의 공용수명은 아스팔트 포장의 경우 설계수명이 약 15년에서 20년인 데 반해, 약 50%-60% 정도에 불과함 - 이는 기존 도로포장 재료, 구조해석, 단면설계 및 내구성능 증진 방안 등을 종합적으로 개선할 필요성이 있음 - 국내 도로포장 시공기술은 선진국에 근접해 있으나, 첨단재료 개발, 해석 방법 및 설계방식은 외국에서 핵심기술을 도입하여 사용하므로, 이에 대한 기술자립 필요성이 있음 - 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 도로분야의 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려우므로 기업주도형보다는 정부주도형의 연구개발이 필요함 - 조립식도로 포장의 경우 설계를 위해 포장구조의 역학적 거동을 파악할 수 있는 포장구조 전용 유한요소해석 도구가 필수적이나, 효율적인 성능을 가진 해석도구가 국내기술로 개발되어 있지 않음 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 미국, 일본, 유럽연합등지에서는 2000년대 초부터 쾌속시공이 간으하며 기능성을 내포한 조립식 조립식 도로포장 시스템 개발에 주력하고 있음

	- 특히, 유럽(네덜란드)에서는 기능성 저소음 롤러블 표층으로써 Rollpave 및 조립식 콘크리트 포장인 Modieslab를 개발하여 2006년부터 여러개소에 걸친 시험시공을 통해 장기공용성능 검증 이후 일반도로 및 고속도로에 사용빈도를 확대하고 있음 - 상기 조립식 도로포장 시스템의 각종 장점(기능성, 고내구성, 쾌속시공, 환경피해 최소, 4계절 시공 등)을 국내적용을 위한 외산재료 수입은 물류비용 증대로 가능성이 희박함 - 유럽(네덜란드) 델프트 공대에서 조립식도로포장 시스템 전용 구조해석도구인 CAPA3D를 개발하여 조립식도로 포장의 전용 구조해석도구로 활용하고 있음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 국내 조립식도로 포장 기술은 매우 기본적인 연구만 진행된 상태이며, 줄눈 콘크리트 포장 형식의 구조 형식만 이용되고 있음 - 한국도로공사 주관으로 줄눈콘크리트 포장을 사전 제작한 슬래브를 이용하여 보수하는 방법에 대한 기초적인 연구를 수행한 사례가 있음 - 산업혁신기술개발의 일환으로 프리캐스트 슬래브를 이용하여 줄눈콘크리트 포장 보수시공 및 결빙방지 등의 기능성 슬래브를 이용한 도로 포장 시험시공을 수행한 기초적인 연구 사례가 있음 - 프리캐스트 공법을 적용한 교량 및 암거 등의 구조물 시공 공법에 대한 기존 연구내용 및 기술 중 본 과제에 적용 가능한 사항을 활용 - 주관연구기관에서 도로포장 2차원 유한요소 구조해석 엔진(KICTPAVE)를 보정하여 3차원 해석이 가능한 엔진으로 업그레이드가 가능하여 연구개발 성과물 확보에 유리함 ○ 국외기술동향 - 유럽(네덜란드)의 경우, 조립식 도로포장 시스템으로서 연성표층 포장인 Rollpave, 강성 콘크리트 슬래브인 Modieslab를 개발하여 2000년 초부터 시험시공을 실시하고, 2006년부터 일반도로 및 고속국도에 그 사용빈도가 확대되고 있음 - 일본의 경우, 고내구·고수명 또한 유지수선이 용이한 조립식 고강도 PRC(Precast Reinforced Concrete) 슬래브를 “시대의 요청에 부응하는 기술”로서 개발되어 일부의 공항이나 항만 및 도로에 채용되고 있으며, 신기술을 개발하고 그 성과를 보급하여 향후의 성숙한 사회자본 유지관리에 공헌하는 것을 목적으로 하여, 2008년 월 1일에 「고강도PRC판 연구회」가 설립되어 관련 연구에 주력하고 있음 - 일본의 경우, 쾌속시공이 가능한 PERS(PoroElastic Rubber Surface)를 개발하여 매트형으로 신속하게 도로포장 유지보수가능한 재료를 개발하여 현장에 적용하고 있음 - 미국의 경우, 2008년 SHRP-II 연구프로그램에 조립식 조립식 도로포장 시스템 관련 연구(기획연구)를 실시하고, 현재 5개년 계획으로 본 연구를 수행하고 있음

- 미국의 경우, 1990년대 말과 2000년대 초부터 현장적용 연구가 이루어지고 있으며 Fort Miller사에서 개발한 Super-Slab 시스템과 미국 텍사스주에서 개발한 PPCP(Precast Prestressed Concrete Pavement)가 대표적인 사례임

3. 연구개발 내용

○ 조립식 도로 설계 기술개발

- 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식 등) 콘크리트 포장 구조형식 개발(표층 및 기층용)
- 조립식 도로의 최적 구조형식 설계 기술 개발
- 기능성 기층 패널슬래브 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식) 구조형식 개발
- 조립식 도로 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발
- 시험시공을 통한 거동 계측 및 모니터링
- 단면표준화 및 설계 지침 개발
- 조립식도로의 경제성 평가

○ 조립식 도로 해석 기술 개발

- 조립식도로 역학적 해석이 가능한 구조해석도구 국산화 기술 개발
- 조립식도로 파괴매커니즘 정립기술
- 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진개발
- 조립식도로 유한요소 구조해석 전후처리기 개발
- 조립식 도로의 단면두께설계 알고리즘 개발
- 조립식도로 단면설계법 개발
- 조립식 도로 시공 실내 시뮬레이션 기술

○ 조립식 도로 지반 적정기술 개발

- 하부구조 기초지반 및 모듈러 설계정수 도출
- 하부구조 기초지반 및 모듈러 설계기술 개발
- 하부구조 기초지반 및 조립식 시공기술 개발
- 상부-하부구조 인터페이스 접합 기술 개발
- 장기 안전성 확보를 위한 모듈형 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 공법 도출

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 조립식 도로포장 연구단의 1세부과제는 조립식 도로포장 시스템 설계기술 개발 연구로 2세부과제의 재료개발 및 3세부과제의 시공 및 유지보수연구 개발 결과를 종합적으로 구현하는 핵심세부과제이며, 쾌속시공을 위한 도로포장 시스템 구현을 일반도로포장에 국한하지 않고 맞춤형(공항, 항만, 산업단지

	등) 단면설계기법 개발을 통하여 광범위한 활용성을 확보 함 ○ 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	○ 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 ○ 조립식 도로포장 연구단의 1세부과제로 추진하며, 다음의 3개의 세세부과제로 구성 - 1세세부 : 조립식도로 설계 기술 개발 - 2세세부 : 조립식도로 해석 기술 개발 - 3세세부 : 조립식도로 지반 적정기술 개발
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식) 도로 포장 최적구조형식(안) - 조립식도로의 최적 연결부 형상(안) - 조립식도로 파괴매커니즘 분석 - 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진 기본설계 - 조립식도로 단면설계법 기초 설계(안) - 조립식도로의 경제성 평가 결과 ○ (2), (3)차년도 - 조립식(단절식, 연속식, 탈부착식) 도로 포장 최적구조형식 - 조립식도로의 최적 연결부 형상 - 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진 실시설계 및 1차 S/W - 조립식도로 유한요소 구조해석 전후처리기 실시설계 및 1차 S/W

	- 조립식도로 간편 단면설계법 실시설계 및 1차 S/W ○ (4), (5)차년도 - 조립식도로 시험시공, 계측 및 모니터링 - 조립식도로 유한요소 구조해석 엔진 S/W - 조립식도로 유한요소 구조해석 전후처리기 S/W - 조립식도로 단면설계법 실시설계 S/W - 조립식도로포장 단면 표준화 및 설계지침 - 현장적용 상용화제품 제작/평가 및 테스트베드 구축
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013.1 ~ 2017.12(5년) ○ 연구비 예산 : 52.5억 원 (정부출연금 : 40억 원 이내)
7. 기대효과 및 파급효과	
	○ 선진국에서는 유사기술의 도입 및 발전이 급속도로 진행되고 있기 때문에 이와 관련된 기술의 조사 및 분석을 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹하며 보다 진보적인 기술을 접목시킴으로써 기술개발의 성공 및 조기 실현이 가능함 ○ 일반도로 뿐만아니라 공항, 항만, 산업단지 등의 신설 및 유지보수 도로포장 쾌속시공 및 시공절차 간소화로 사용에너지 및 혼잡비용 절감에 기여 ○ 종래의 현장다짐방식을 벗어나, 인공지반을 조성할 수 있는 하부구조 모듈화를 통해 공장 생산, 현장쾌속시공, 품질관리 평가의 간소화가 가능 ○ 고내구성 고품질의 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층을 이용한 도로 포장 건설로 장기간 공용성 확보로 인한 유지보수 비용 절감 ○ 조립식 도로포장 단면 표준화를 통한 품질 확보 및 도로 포장 시장 점유 ○ 조립식 도로포장 기술 실증을 통한 상용화 및 사업화 정착 ○ 조립식도로포장 기술자립, 기술경쟁력 항상 및 시장 점유

□ 2세부과제: 조립식 도로재료 기술 개발

세부과제명	조립식 도로재료 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 쾌속시공 및 교통지체 또는 차단 최소화를 목표로 공장에서 제작한 롤러블 카펫 표층 재료(REGOMAT) 및 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층(REGOSLAB) 재료개발 연구 ○ REGOMAT 아스팔트 바인더/혼합물/중간층/토목섬유 재료 개발 (제로 상분리 및 크리프 회복율 60 % 이상 바인더, 두께 최소 3cm 이상 롤러블 아스팔트 혼합물) ○ REGOSLAB 경량시공 고내구성 콘크리트 패널 슬래브 기층재료 개발 (설계수명내 무보수 경량 콘크리트 패널 슬래브 재료) ○ REGOSLAB 투배수 및 소음저감 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층재료 개발 ○ 2020년 선진국 수준 기술 경쟁력 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향 □ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국가과학기술위원회의 2012년 기술분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성 - 2013-2017국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 SOC 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 SOC 시설물 소재분야 첨단화 기술개발 필요성 - 건설교통기술은 도로인프라의 효율적·경제적 건설과 운영과 같이 공공 인프라적 성격이 강하고 국민 삶의 질 및 국가예산 절감등과 밀접한 분야이므로 정부·공공 기관주도의 연구개발 필요 - 전통적인 설계/건설 방식에 따른 도로망의 점진적 확충에 따른 유지 보수 관련 국가 예산 또한 지속적으로 증가할 전망이고, 최근의 이상기온 및 중하중 차량 증가로 인한 도로 포장의 조기 파손 증대, 특히 아스팔트 도로포장의 종방향 바퀴자국 패임(러팅), 중하중 반복에 의한 포장균열 및 우천시 포트홀 등은 도로를 주행하는 운전자 및 차량의 안전에 많은 문제점을 초래하고 있어, 이에 대응하기 위한 도로포장 첨단재료, 구조형식 및 시공방법등의 조속개발 필요성 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 미국, 일본, 유럽연합등지에서는 2000년대 초부터 쾌속시공이 가능하며 기능성을 내포한 조립식 조립식 도로포장 시스템 개발에 주력하고 있음 - 미국의 SHRP에서는 도로포장의 수명을 유지하면서 급속한 시공 및 유지보수를 통하여 도로의 성능을 최대화하려는 연구가 시작되고 있으며, 이를 위하여 모듈러(Modular) 포장과 롤러블(Rollable) 포장을 그 대안으로 고려하고 연구를 시작하고 있음

- SHRP에서 추구하는 급속한 시공 및 유지보수 기술은 현장에서의 시공시간을 최소화하는 것을 주요 골자로 하고 있으며, 이를 위하여 포스트 텐션 콘크리트 포장(미 텍사스 대학교), 전단면 프리캐스트 보수 시스템(FHWA) 등이 관련 연구를 진행하고 있음
- 유럽연합의 회원국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 재료를 개발 및 실용화에 성공하여 2007년 이후 고속도로 현장에 활발히 적용하고 있으며 이를 활용한 쾌속 유지보수 공법을 개발하고 있음
- 또한 이 공법은 네덜란드를 포함하여, 덴마크, 스웨덴 등 유럽연합에서 관련된 연구의 타당성을 조사한 바 있으며, 이 조사를 통하여 미래 도로 산업에 필요한 연구로 선정되어 활발한 연구를 진행하고 있음
- 영국이나 덴마크에서는 도로 포장의 다양한 목적에 맞춰서 아스팔트와 고강도 콘크리트를 이용하여 복합층 개념의 포장 단면을 설계하여 현재 항구, 공항에 주로 사용되고 있으며 일반 도로 적용을 위한 연구가 활발히 진행 중에 있음
- 특히, 영국에서 1980년대 말, Micro Fiber 개질 가열 아스팔트 혼합물의 물리적 피로 및 균열 저항 성능을 검증 연구를 수행하였으며, 현장 성능 또한 피로 수명 증진 및 러팅 감소효과를 통해 검증한 바 있음

□ **기술동향**

○ 국내기술동향

- 국내의 기능성 도로포장 표층관련 연구는 표층을 구조적 지지층으로 간주하지 않고 대부분 배수 또는 소음 저감효과 연구에 국한되어, 대부분 기존 국외에서 제시된 시험 방법 또는 재료 물성 등을 단순히 국내에 도입하여 적용하고 있는 실정이고, 친환경 도로포장 재료 및 설계 시공기술 개발연구는 국외기술의 파생 시스템 기술 개발이며, 기능성 도로포장 재료/설계/해석/유지관리 관련 원천기술개발에 초점을 두고 있지 않음
- 한국건설기술연구원에서 수행한 주요사업(2009-2012: 복합포장 시스템 개발연구)하부 기층과 상부 롤러블 표층을 접착을 위한 중간층 혼합물은 폴리우레탄을 이용한 유화제 개발 관련 기초연구를 수행한 바가 있으며, EVA(Ethylene-Vinyl Acetate) 열접착제를 이용한 멤브레인층 개발연구는 기초연구 수준 임
- 도로포장용 경량 콘크리트 혼합물 관련 연구는 초속경 콘크리트 혼합물 또는 FRP 보강 콘크리트 시작품을 제작한 바가 있으며, 공명기를 삽입한 저소음 기능성 콘크리트 혼합물은 소규모의 시작품을 제작한 바가 있으며, 다공성 콘크리트 혼합물(저소음)은 기초연구 수준 임
- 도로공사 교통기술연구원에서는 콘크리트 포장의 기능성을 확보하기 위하여 다기능성 도로포장 시스템 연구가 진행된 바 있으며, 이 연구의 주요 목적은 환경오염 및 공해 저감을 위한 친환경적 도로포장 기술을 개발한 바 있음
- 또한 기능성 도로포장은 도심내의 열섬현상 완화와 보수성, 저

수성을 위한 블록포장 중심의 연구가 진행되고 있으며, 이는 유지보수가 용이하다는 장점이 있으나, 중차량에 대한 내구성이 확보되지 못한 문제가 있음

- 한편, 재료의 물성을 적절히 평가하기 위하여, 최근 탄성, 점탄성, 소성, 피로 및 열역학 이론 등에 근거한 연구가 초기단계에 있으며, 이러한 물성정량화 방법을 통하여 도로포장 재료의 개선과 개발 등에 효과적으로 적용할 수 있는 기반이 마련되었음
- 콘크리트 포장 주요 재료인 시멘트는 다양한 혼화제 및 첨가제를 이용하여 기초 물성 및 강도를 증가시키기 위한 노력이 지속되어 왔으나, 경화이후의 물리적인 재료 평가가 주로 이루어져왔으며, 일부 시멘트 콘크리트 재료의 고결과정에서의 건조수축 및 열팽창에 대한 연구가 이루어졌으나, 포장의 수명을 향상시키기 위한 철근과 조합된 콘크리트 재료의 물성 정량화까지는 이루어지지 못하였음

○ 국외기술동향

- 네덜란드의 조립식(Rollpave) 아스팔트 도로포장기술은 세계최초로 개발된 기술로서, 2006년에 최초 시험시공 이후(500m) 공용성능 평가단계를 통하여 기술의 경제성, 적용 유효성 및 장기 공용성능이 검증되어, 현재 일반도로 및 고속국도 현장에 시공되고 있음
- 본 기술은 네덜란드 델프트 공대, Dura-Vermeer(주), Intron(주) 등의 공동개발로 특허권을 보유하고 있으며, 기술의 장점으로는 3cm 두께의 얇은 층 시공으로 표층장기수명 10년 이상, 일반 포장대비 공기 50% 단축, 기능성 소음저감 일반 대비 최소 6dB(A) 저감, 사계절 시공 가능, 분진 소음 등 환경 피해 최소화 등을 들고 있으며, 단점으로는 초기연구개발 비용, 일반 포장 대비 초기 재료비가 약 1.8배 비싼 점을 들고 있으나, 시공절차 축소, 시공에너지 절감, 사회적/환경적 비용 절감효과 및 공기 단축비용 절감 등으로 상쇄됨을 강조함
- 일본에서는 조립식 매트형태의 기능성 포장을 저소음 및 배수성에 집중하여, 포장시공 지역별 단면을 다르게 시공하는 방법을 적요하기도 하였음
- 일본에서는 장기간에 걸친 저소음 및 배수성 연구를 통하여, 현재 포장의 수명을 확보하면서 저소음 및 배수성 만족시킬 수 있는 기술력을 확보한 것으로 알려져 있음
- 상기 조립식 도로포장 시스템의 각종 장점(기능성, 고내구성, 쾌속시공, 환경피해 최소, 4계절 시공 등)을 국내적용을 위한 외산재료 수입은 물류비용 증대로 가능성이 희박함

3. 연구개발 내용

○ 조립식 연성 도로포장재료 기술 개발(REGOMAT)

- 포장 표층 재료 기능성 관계 정립 연구
- 롤러블 REGOMAT 바인더 개발기술
- 롤러블 REGOMAT 혼합물 개발기술

- 롤러블 REGOMAT 중간층 재료 개발기술
- 롤러블 REGOMAT 토목섬유 개발 기술

○ 기능성 콘크리트 패널 기층 슬래브 기술 개발(REGOSLAB)

- 경량시공 REGOSLAB 개발
- 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발
- 경량골재의 사용을 통한 경량 포장제의 역학적 특성 보강을 위한 섬유혼입 보강 기술의 개발
- FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 제작 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 조립식 도로포장 연구단의 2세부과제는 조립식 도로재료 기술 개발 연구로 1세부과제에서 구현하고자 하는 조립식 도로설계 시스템 기술개발 및 3세부과제의 시공 및 유지보수연구에서 대상으로 하는 조립식 도로재료를 개발하는 세부과제이며, 쾌속시공을 위한 도로포장 시스템 구현을 일반도로포장에 국한하지 않고 맞춤형(공항, 항만, 산업단지 등) 재료개발을 통하여 광범위한 활용성을 확보 함

○ 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**

○ 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

○ 조립식 도로포장 연구단의 2세부과제로 추진하며, 다음의 2개의 세세부과제로 구성

- 1세세부: 롤러블 카펫 연성 도로포장 재료(REady-to-GO MATtress: REGOMAT) 기술 개발

	- 2세세부 : 기능성 콘크리트 패널 슬래브 기층재료(REady-to-GO SLAB panel: REGOSLAB) 기술 개발
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ (1)차년도 - REGOMAT 표층 재료 기초연구 (바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유) - 경량시공 REGOSLAB 재료(경량골재) 기초연구 - 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 기초연구 - 투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 기초연구 ○ (2), (3)차년도 - REGOMAT 표층재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발(바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유) - 섬유보강 경량 REGOSLAB 재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발 - 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 재료, 시험법, 물성시험 및 모델 개발 - 투배수/소음저감기능성 REGOSLAB재료,시험법, 물성시험 및 모델 개발 ○ (4), (5)차년도 - REGOMAT 표층물성시험 및 모델 보정(바인더, 혼합물, 중간층, 토목섬유) - REGOMAT 표층 시험시공, 계측, 모니터링 - 섬유보강 경량 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정 - 고내구성 FRP 보강 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정 - 투배수/소음저감기능성 REGOSLAB 물성시험 및 모델 보정 - 현장적용 상용화제품 제작/평가 및 테스트베드 구축
6. 연구기간 및 지원예산	
□ **전 체**	○ 총 연구기간 : 2013.1 ~ 2017.12(5년) ○ 연구비 예산 : 52.5억 원(정부출연금 : 38억 원 이내)
7. 기대효과 및 파급효과	
	○ 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작·쾌속시공으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 REGOMAT 및 REGOSLAB 재료 개발 ○ 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반 대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 개발을 목표로 함

	○ 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발 ○ 단입도 골재 혼합물 개발로 최소 일반 혼합물 대비 5dB(A) 저감 저소음 기능성 확보 ○ 고내구성 고품질의 REGOMAT 및 REGOSLAB 기층을 이용한 도로 포장 건설로 장기간 공용성 확보로 인한 유지보수 비용 절감 ○ REGOMAT 및 REGOSLAB 기술 실증을 통한 상용화 및 사업화 정착

□ 3세부과제: 조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발

세부과제명	조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 대량생산 및 쾌속시공을 목표로 롤러블 REGOMAT와 경량 콘크리트 REGOSLAB의 생산, 보관 및 운반, 시공 및 유지관리 등 모든 과정을 포함한 종합적 복합 기술 개발 ○ 조립식 도로포장 재료 생산 및 제작 기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 기술, 비정형 구간의 조립식 도로포장 적용 기술 개발 ○ 조립식 도로포장 생산설비 기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 생산 설비 구축, 조립식 도로포장 재료 보관 및 적재 설비 개발 ○ 조립식 도로포장 시공기술: 롤러블 REGOMAT 및 경량 콘크리트 REGOSLAB 시공 기술 및 장비 개발, 품질관리 및 성능평가 기준 개발 ○ 조립식 도로포장의 유지관리를 위한 평탄성 및 공용 중 성능평가 기준 개발: 조립식 도로포장의 예방적 유지관리 기법 개발, 조립식 도로포장의 평탄성 관리 및 성능(포장손상, 미끄럼 및 소음)평가 기준 개발, 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 및 장비 개발, 슬래브 높이 조정 장치를 통한 연약지반 부등침하 대응 유지관리 기술 개발, Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 기술 ○ 2020년 선진국 수준 기술 경쟁력 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 2008년 전국 교통혼잡비용이 약 26조 9,027억 원이며, 고속도로, 국도, 지방도 등 지역 간 도로의 교통혼잡비용이 9조 8,811억 원으로 증가되고 있는 추세이고, 이 비용은 교통통제에 따른 차량운행비용과 시간지체비용만을 고려한 것이며, 따라서 보수 횟수 감소 및 보수시간 단축이 가능한 쾌속시공 및 유지관리 공법을 적용할 수 있으면 손실비용을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 전망됨 - 국가과학기술위원회의 2012년 기술 분야별 투자이슈 도출결과 건설교통의 경우, 온실가스 저감을 통한 녹색화 달성, 친환경 건설소재 및 핵심기술 설계·해석기술 개발을 설정하고 고효율 신소재 개발, 핵심 설계·해석기술 자립화 및 공공기술개발 강화 정책에 부응 필요성 - 2013-2017국토해양부 건설교통 R&D 중장기계획의 스마트 SOC 건설기술력 향상을 통한 가치창출 비전에 부응한 복합소재 및 콘크리트 등 SOC 시설물 소재분야 첨단화 기술개발 필요성 - 건설교통기술은 도로인프라의 효율적·경제적 건설과 운영과 같이 공공 인프라적 성격이 강하고 국민 삶의 질 및 국가예산 절감등과 밀접한 분야이므로 정부·공공 기관주도의 연구개발 필요

- 기존 도로포장의 패러다임을 혁신하는 개념의 연구개발로서 생산 설비 및 시공 장비는 기존 도로포장 업계에서 사용하는 것과는 전혀 다른 개념이 적용되는바 국가적인 기술의 혁신을 위해서 시험시공 및 시험생산 등 연구개발 과정에서는 정부 지원이 반드시 필요하다 판단됨

- 본 기술은 재료 생산 및 운송부터 시공 및 유지보수까지 각 공정별로 대규모 투자가 필요하나, 국내의 경우 포장 산업 구조가 중소기업 위주로 구성되어 있어 본 기술이 민간 자본으로 개발되는 것은 거의 불가능한 실정임

- 본 기술은 포장의 내구수명 개선뿐만 아니라 교통지체 저감, 소음 저감 등 부가적인 이익이 매우 높아 공익적인 관점에서 정부차원의 지원이 필요함

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 미국, 일본, 유럽연합등지에서는 2000년대 초부터 쾌속시공이 가능하며 기능성을 내포한 조립식 도로포장 시스템 개발에 주력하고 있음

- 미 교통부에서는 살기 좋은 사회를 만들기 위해 무엇을 해야 하는지에 대한 가장 중요한 개념으로 미래 교통 투자를 최우선으로 하고 있으며, 살기 좋은 미래를 위해서는 사회적 소통, 활성화된 경제, 지속가능한 환경의 세 가지 중요한 사회적 목표의 균형이 요구되는데, 이를 위해 효율적인 교통은 필수 요소임이고, 정부에서는 삶의 질을 개선하기 위해 지역 및 연방 정부로부터의 기금을 도로부분에 투자하고 있음

- 유럽연합의 도로기술개발 관련 회원국인 독일, 벨기에, 네덜란드, 덴마크, 프랑스, 이탈리아, 스웨덴 등 내의 29개 연구기관은 FEHRL(Forum of European National Highway Research Laboratories)를 1989년 조직하여, 첨단도로의 안전, 재료, 환경 및 경제성 평가 등에 관련된 도로기술을 개발하고 있으며, 참여국 또는 기관이 다양하고 폭넓어 제한적이거나 획일적이지 않고 미래지향적(Forever Open Road: FOR 프로그램)이면서도 효율적일 수 있도록 연구를 진행하고 있음

□ **기술동향**

○ 국내기술동향

- 한국도로공사 도로교통연구원에서는 콘크리트 포장의 기능성을 확보하기 위하여 다기능성 도로포장 시스템 연구가 진행된 바 있으며, 이 연구의 주요 목적은 환경오염 및 공해 저감을 위한 친환경적 도로포장 기술을 개발한 바 있으며, 조립식 도로포장의 시공 및 유지보수관련 분야는 포함하고 있지 않음

- 또한 기능성 도로포장은 도심내의 열섬현상 완화와 보수성, 저수성을 위한 블록포장 중심의 연구가 진행되고 있으며, 이는 유지보수가 용이하다는 장점이 있으나, 중차량에 대한 내구성이 확보되지 못한 문제가 있음

- 국내 조립식 포장 기술은 매우 기본적인 연구만 진행된 상태이며, 줄눈 콘크리트 포장 형식의 구조 형식만 이용되고 있으며, 다수의 구조적 검증과 시공 사례를 통해 여러 구조 형식과 기능성을 가지는 조립식 포장의 적용 가능성은 검증된 바가 있으

나, 시험시공에 필요한 장비 및 시공기술의 표준화 연구는 수행된 바가 없음

- 본 연구에서 개발될 롤형 카펫 표층에 대한 시공기술이 개발되므로 기존 패널에 적용되던 시공기술과 차별성이 있으며, 전통적인 현장타설 도로포장공법 신설도로포장 시공상 애로점(시공기간, 대형장비, 환경문제) 등을 고려한 조립식 도로포장 쾌속시공절차 표준을 시방화 할 필요성이 있음

- 본 연구에서 개발될 롤형 카펫 표층에 대한 시공기술이 개발되므로 기존 패널에 적용되던 시공기술과 차별성이 있으며, 전통적인 현장타설 도로포장공법 신설도로포장 시공상 애로점(시공기간, 대형장비, 환경문제) 등을 고려한 조립식 도로포장 쾌속시공절차 표준을 시방화 할 필요성이 있음

○ 국외기술동향

- 미국 뉴저지주에서는 기존의 간선 고속도로(Rt. 21) 약 9km(5.5miles) 6차로의 포장을 조립식 포장 공법을 적용하여 모두 교체하는데 성공하였고, 공사로 인한 교통체증을 최소화하기 위하여 교통량이 적은 심야시간을 이용하여 일정 구간씩 시공하여 약 5개월 동안 475개의 프리캐스트 슬래브를 이용하여 공사를 마무리하여 노후 된 포장을 사용자비용을 최소화하여 신설 포장으로 교체하는데 조립식 포장 공법이 적절한 것으로 평가받고 있는 실정임

- 미국의 Fort Miller사에서 개발한 Super-Slab와 같은 경우 장비의 대형화 및 기타 도로 운반 폭을 고려하여 일반적으로 폭은 약 1.22m~3.66m, 길이는 약 7.62m, 두께는 현장상황에 따라 공장제작하여 현장에 시공되고 있는 대표적 조립식 콘크리트 포장시공예로 들 수 있으며, 슬래브 단위무게 증가로 관련 시공장비는 기존의 대형 크레인을 이용하고 있음

- 미국의 사전제작 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 포장 공법(PPCP: Precast Prestressed Concrete Pavement)은 콘크리트 포장을 구성하기 위하여 프리캐스트 패널을 제작하고 패널 간의 하중 전달은 다웰바를 이용하지 않고, 전단키를 사용하며 프리스트레싱을 이용하여 슬래브를 체결하는 공법으로 슬래브 체결을 위한 장비 및 시공절차 표준을 마련한 바가 있어 이의 벤치마킹이 필요 함

- 네덜란드의 조립식(Rollpave) 아스팔트 포장이 생산을 위한 소규모 아스팔트 피니셔, 재료포설을 위한 드럼형 원격조정 장비, 부착을 위한 전자기파 유도 열발생 장치 등을 개발하여 현장에 이용하고 있으며, 관련 장비의 제원 및 시공 절차 등을 벤치마킹할 필요가 있음

- 네덜란드의 조립식 강성 콘크리트 포장의 예로서 Modieslab를 들 수 있으며, 슬래브 패널의 조립을 위한 소규모 크레인 장비 등을 이용하여 시공하며, 관련 장비 및 시공절차를 벤치마킹할 필요가 있음

3. 연구개발 내용	
	○ 조립식 도로포장 재료생산 및 제작 기술 - 롤러블 REGOMAT 생산 기술 - REGOSLAB 패널 슬래브 제작 및 생산 설비 기술 개발 ○ 조립식 도로포장 시공기술 - 롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발 - REGOSLAB 패널 슬래브 시공 기술 및 장비 개발 - 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발 - GPR(Ground Penetrating Radar)을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술 ○ 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 - 조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발 - 조립식 도로포장의 구조적 및 기능적 성능평가 기준 개발 - 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 개발 - Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부 침하 보수 공법 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 조립식 도로포장 연구단의 3세부과제는 조립식도로 시공 및 유지보수 기술 개발로 1세부과제에서 구현하고자 하는 조립식 도로설계시스템 기술개발로 제시될 조립식 도로 포장 설계결과 및 2세부과제의 조립식 도로재료 개발재료를 대상으로, 쾌속시공을 위한 조립식 도로포장 재료의 재료생산 ,생산설비, 시공절차 및 장비 등을 일반도로포장에 국한하지 않고 맞춤형(공항, 항만, 산업단지 등) 개발을 통하여 광범위한 활용성을 확보함 ○ 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	○ 실용화 중심의 연구개발사업으로 정부연구기관, 산업체 및 학계 컨소시움으로 구성하여 공동연구로 수행함 - 정부연구기관은 연구목표 및 방향설정, 시제품 평가, 향후 연

	구 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 ○ 조립식 도로포장 연구단의 3세부과제로 추진하며, 다음의 3개의 세세부과제로 구성 - 1세세부 : 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 - 2세세부 : 조립식 도로포장 시공기술 - 3세세부 : 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ (1)차년도 - 조립식 도로포장 제작 및 생산 설비 기술 기초연구 - 조립식 도로포장 시공기술 기초연구 - 조립식 도로포장 유지관리 및 쾌속보수 기술 기초연구 ○ (2), (3)차년도 - REGOMAT 생산기술/설비 개발 - REGOSLAB 생산기술/설비 개발 - REGOMAT 시공기술/시공장비 개발 - REGOSLAB 시공기술/시공장비 개발 - 조립식도로 유지관리시스템 기초설계(유지보수절차, 예방적 유지관리법) ○ (4), (5)차년도 - REGOMAT 시험생산 및 장비 보정 - REGOSLAB 시험생산 및 장비보정 - 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 개발 - 조립식도로 품질관리 및 성능평가 기준 개발 - 조립식도로 유지관리기술 개발(부등침하 대응, 국부침하대응)
6. 연구기간 및 지원예산	
□ **전 체**	○ 총 연구기간 : 2013.1 ~ 2017.12(5년) ○ 연구비 예산 : 70억 원 (정부출연금 : 52억 원 이내)
7. 기대효과 및 파급효과	
	○ 기능별(도로, 공항, 항만, 주택단지, 산업단지 등) 롤러블 REGOMAT 및 REGOSLAB 대량 생산 시스템(재료 배합, 압출, 롤링, 품질관리, 오염관리 등 요소기술 결합) 구축으로 쾌

속시공을 위한 첨단도로포장 시스템 구현

- ○ 조립식 도로 포장재료 생산절차 및 시공절차 간소화로 조립식 도로포장의 생산에서 시공에 이르기까지 전주기 감소로 쾌속 시공이 가능하며, 교통혼잡비용 절감, 사용에너지 절감, 환경피해 최소화 등의 장점이 있음
- ○ 조립식 도로 생산시스템은 생산/운반/시공/유지관리 전과정을 포함하는 고부가가치 복합 기술로써 경제적 가치가 높음
- ○ 전통적인 현장타설 도로포장 유지보수 공법 시공상 애로점(시공기간, 대형장비, 환경문제) 등을 고려한 조립식 도로포장 쾌속 유지관리절차 표준(롤형 및 슬래브 형)을 시방 및 표준화를 통한 적용성 증대
- ○ 조립식도로 생산시스템의 품질 및 공정관리 기술이 다양한 분야(교량, 구조물, 도시계획 등)로 확대가 가능하여 관련 기술발전 및 국가경쟁력 향상
- ○ 새로운 조립식 도로 분야의 생산시스템 활성화에 따른 SOC 건설 및 유지관리 산업 분야의 파급효과가 크며, 플랜트, 석유화학, 시멘트 생산기업 간의 상호협력 및 연계를 통해 생산 비용 절감 및 국내외 도로건설시장 주도 가능

2절. 평가기준 설정

평가 기준	
기술적 측면	조립식 도로 포장 효과
	조립식 도로 포장의 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

부록 Ⅰ.

세세부과제 기술수요조사서

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td>◦ 포장체를 형성하는 각각의 슬래브의 수축팽창을 허용하며 슬래브 간의 하중전달을 가능하게 하는 REGOSLAB 시스템 개발
◦ 포장체를 형성하는 각각의 슬래브를 탈착 및 부착을 자유로이 할 수 있도록 하여 재활용 및 유지보수를 효율적으로 할 수 있는 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>◦ 강성 도로 포장의 쾌속시공 및 유지보수 시스템 개발에 의한 교통지체 최소화 및 사용자비용 절감이 필요함
◦ 국내 조립식 포장 기술은 부분보수에 적용 가능한 매우 기초적인 연구만 진행된 상태이며 보다 체계적이며 실용 가능한 고급 기술의 개발이 절실한 실정임
◦ 국내에서 가장 널리 사용되고 있는 강성 포장 형식인 줄눈콘크리트 포장의 형식을 기본으로 하는 조립식 포장의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>◦ 교통지체 최소화를 위하여 사전 제작한 콘크리트 슬래브를 이용하여 단절 및 탈부착식으로 슬래브를 연결하는 도로 포장 시스템의 구조형식 개발
◦ 단절 및 탈부착식 REGOSLAB의 설계 및 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>◦ 미국의 경우 단절식 조립식 슬래브 포장 공법을 이용하여 다양한 설계와 시공 경험을 축적하고 있으며 특히 교통량이 많은 뉴욕주와 캘리포니아주에서는 이러한 공법의 적용이 급속도로 증가하고 있는 실정임
◦ 미국 뉴저지주의 경우 기존의 아스팔트 고속도로를 단절식 조립식 포장 공법을 적용하여 약 10㎞의 구간을 고내구성 강성 포장으로 교체함
◦ 탈부착이 용이한 조립식 포장 공법은 국제적으로 개발된 사례에 대해 보고된 것이 없기 때문에 이러한 시스템의 개발로 새로운 분야의 도로 포장 공법 기술의 우위를 선점할 수 있는 실정임</td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>80 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>80 %</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>◦ 2008년 말 기준 전국 도로 104,236㎞의 연장의 총 유지보수 비용은 약 2조 5505억 원이며, 이중 교량 및 터널 등의 구조물을 제외한 순수 도로 포장 보수비용은 약 3,415억 원으로 사용자 비용을 고려하면 도로 포장의 유지보수로 인해 낭비되는 비용은 최소 5,000억 이상으로 추정됨</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td>◦ 국외의 유사 기술에 대한 조사를 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹함
◦ 국내에서는 한국도로공사 주관으로 단절식 조립식 포장의 기초적인 연구를 수행한 사례가 있음
◦ 프리캐스트 공법을 적용한 교량 및 암거 등의 구조물 시공 공법에 대한 기존 연구내용 및 기술 중 본 과제에 적용 가능한 사항을 활용할 수 있을 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td>◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공 공법 개발을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 공장제작 포장 슬래브를 사용함으로써 내구성을 증가시키고, 기존 현장 타설 강성 도로 포장의 품질관리에 대한 어려움 해결</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td>◦ 최적 단면 형상 및 크기 개발(고속도로, 도심지도로 포장 등 도로 등급 및 용도에 따른 단면 형식 선정)
◦ 단절식 슬래브 간 접합 방식 개발(연결재 간격 또는 크기 :다웰바, 볼트 이음 등, 접합 방법: 포켓접합, 홀접합 등)
◦ 탈부착 슬래브 적용 기술 개발
◦ 구조형식에 따른 요소 기술의 역학적 특성 구조해석
◦ 시험시공
◦ 거동 계측 및 모니터링
◦ 단면표준화 및 설계지침 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td>◦ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>◦ 단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발에 관한 연구는 1, 2, 3차 년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해 소규모 시험시공 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
◦ 5차 년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 관련 특허
◦ 도로의 등급별 적용 최적화를 위한 설계 및 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td>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 설계조건과 주변 환경적 요인을 고려하여 항만, 공항, 하역장 및 야적장 등에 적용 가능
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</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>500</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>450</td><td>450</td><td>550</td><td>450</td><td>450</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,350</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 괘속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 고내구성 프리캐스트 슬래브 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGO-system
REGO-Design</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">단절 및 탈부착식 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 모듈러 포장 (Modular Pavement)
◦ 프리캐스트 포장 (Precast Pavement)
◦ 슈퍼 슬래브 (Super Slab)
◦ 조인트 연결 방식 (Joint Linkage Method)
◦ 다웰바 (Dowel Bar)
◦ 전단키 (Shear Key)
◦ 다웰바를 이용한 하중전달 (Load Transfer using Dowel Bars)
◦ 전단키를 이용한 하중전달 (Load Transfer using Shear Key)
◦ 다웰바를 사용하지 않는 슬래브 연결 (Slab Linkage without Dowel Bars)
◦ 전단키를 사용하지 않는 슬래브 연결 (Shear Key Free Slab Linkage)
◦ 슬래브 높낮이 조절 (Slab Level Adjustment)
◦ 높낮이 조절 볼트 (Leveling Bolt)
◦ 슬래브 양중 (Slab Lifting)
◦ 재사용가능 슬래브 (Reusable Slab)
◦ 손상없이 해체할 수 있는 콘크리트 포장 슬래브 (Removable Concrete Pavement Slab without Damaging)
◦ 파일 포장 (Pile Pavement)
◦ 경량 슬래브 (Light Weight Slab)
◦ 그라우팅이 필요 없는 조립식 포장 (non-grouting modular pavement)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>연속식 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td>◦ 포장체를 형성하는 각각의 슬래브를 연속적으로 결합하여 일체화시킨 장스팬의 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>◦ 강성 도로 포장의 쾌속시공 및 유지보수 시스템 개발에 의한 교통지체 최소화 및 사용자비용 절감이 필요함
◦ 국내 조립식 포장 기술은 부분보수에 적용 가능한 매우 기초적인 연구만 진행된 상태이며 보다 체계적이며 실용 가능한 고급 기술의 개발이 절실한 실정임
◦ 현재 줄눈콘크리트 포장의 줄눈부 파손이 매우 심각한 상황이므로 이러한 줄눈을 감소시켜 장스팬의 강성 포장이 가능하도록 하는 기술 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>◦ 교통지체 최소화를 위하여 사전 제작한 콘크리트 슬래브를 이용하여 연속적으로 슬래브를 연결하는 도로 포장 시스템의 구조형식 개발
◦ 연속식 REGOSLAB의 설계 및 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>◦ 미국의 경우 연속식 조립식 슬래브 포장 공법의 일종이라 할 수 있는 프리캐스트 프리스트레스트 포장 공법을 이용하여 다양한 설계와 시공 경험을 축적하고 있으며 포장의 내구성을 중요시하는 텍사스주와 캘리포니아주 등에서는 이러한 공법이 활발하게 적용되고 있는 실정임
◦ 미국에서는 연속철근 콘크리트 포장과 같은 형식의 연속식 조립식 포장 공법을 개발하여 발전시키고 있음
◦ 일본에서는 도로 및 공항 포장 등에 프리스트레싱 기법을 도입한 조립식 포장 공법을 개발하여 발전시키고 있음
<table>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>80 %</td><td>R&D기여도(본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>90 %</td></tr>
</table>
◦ 2008년 말 기준 전국 도로 104,236km의 연장의 총 유지보수 비용은 약 2조 5505억 원이며, 이중 교량 및 터널 등의 구조물을 제외한 순수 도로 포장 보수비용은 약 3,415억 원으로 사용자 비용을 고려하면 도로 포장의 유지보수로 인해 낭비되는 비용은 최소 5,000억 이상으로 추정됨</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td>◦ 국외의 유사 기술에 대한 조사를 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹함
◦ 프리캐스트 및 프리스트레스트 공법을 적용한 교량 및 암거 등의 구조물 시공 공법에 대한 기존 연구내용 및 기술 중 본 과제에 적용 가능한 사항을 활용할 수 있을 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td>◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공 공법 개발을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 공장제작 포장 슬래브를 사용함으로써 내구성을 증가시키고, 기존 현장 타설 강성 도로 포장의 품질관리에 대한 어려움 해결</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td>◦ 최적 단면 형상 및 크기 선정(고속도로, 도심지도로 포장 등 도로 등급 및 용도에 따른 단면 형식 선정)
◦ 최적 접합 방식 선정(센트럴 프리스트레싱 방식, 갭슬래브를 이용한 프리스트레싱 방식, 용접 방식 등)
◦ 구조형식에 따른 REGOSLAB 역학적 특성 구조해석
◦ 슬래브 지지층 최적화 기술 개발
◦ 시험시공
◦ 거동 계측 및 모니터링
◦ 단면표준화 및 설계지침 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td>◦ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>◦ 연속식 REGOSLAB 시스템 개발에 관한 연구는 1, 2, 3차 년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해 소규모 시험시공 및 국내외 전문가 집단 및 산업체를 공동 연구기관으로 참여하게 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 4차 년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 5차 년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 연속식 REGOSLAB 시스템 관련 특허
◦ 도로의 등급별 적용 최적화를 위한 설계 및 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td>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 설계조건과 주변 환경적 요인을 고려하여 항만, 공항, 하역장 및 야적장 등에 적용 가능
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</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>500</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>450</td><td>450</td><td>550</td><td>450</td><td>450</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,350</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 괘속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 고내구성 프리캐스트 슬래브 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGO-system
REGO-Design</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">연속식 REGOSLAB 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 전단키 (Shear Key)
◦ 전단키를 이용한 하중전달 (Load Transfer using Shear Key)
◦ 다웰바를 사용하지 않는 슬래브 연결 (Slab Linkage without Dowel Bars)
◦ 전단키를 사용하지 않는 슬래브 연결 (Shear Key Free Slab Linkage)
◦ 슬래브 높낮이 조절 (Slab Level Adjustment)
◦ 높낮이 조절 볼트 (Leveling Bolt)
◦ 슬래브 양중 (Slab Lifting)
◦ 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 포장 (Precast Prestressed Concrete Pavement)
◦ 프리스트레싱 (Prestressing)
◦ 퀵슬래브 (Kwik Slab)
◦ 후긴장(포스트 텐셔닝) (Post Tensioning)
◦ 중앙부 긴장 (Central stressing)
◦ 장스팬 포장 (Long Span Pavement)
◦ 경량 슬래브 (Light Weight Slab)
◦ 그라우팅이 필요 없는 조립식 포장 (non-grouting modular pavement)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">REGOSLAB 운용을 위한 최적 연결부 형상 개발</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성
◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 조기 균열 및 포트홀 발생 등이 빈번하여 도로포장 공용성능 증대를 위한 제반 기술 개발이 시급한 과제임
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">◦ 롤러블 카페트 방식의 쾌속도로 시공을 위한 조립식 기층의 최적 구조 성능 도출을 위한 최적 연결부 현상개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="6">◦ 네덜란드 및 미국의 경우 조립식 포장 구조체의 단면 형상에 따른 역학적 거동특성 분석 미비
◦ 수평면의 전단키 및 접합단부의 수직전단키 등의 형상에 따른 구조적 거동 특성 분석 필요
기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중) | 80 % | R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중) | 90 %</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">◦ 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 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">◦ 다웰바의 삽입 및 시공으로 인한 추가적인 시공공정의 발생
◦ 단면의 최적 형상 및 채움재료를 통한 시공의 효율성 증진 필요
◦ 다웰바 삽입부의 형상복잡으로 인한 콘크리트 다짐불량 가능성 증대 및 구조적 균열 발생 위험도 증가
◦ 최적 단면형상의 개발을 통한 구조적 거동의 향상 가능 및 이에 따른 기술개발 필요
◦ 최적 단면형상의 개발을 통한 시공효율성 증대기술 개발 필요</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">◦ 조립식 슬래브의 최적 단면 형상에 미치는 영향요소의 분석
◦ 수평단면의 형상에 따른 구조적 거동특성 분석
◦ 접합부 단부의 형상에 따른 구조적 거동 특성 분석
◦ 수치해석을 통한 수평 및 접합부 전단키 단면특성에 변수별 해석 실시
◦ 구조체 모형을 통한 실제 구조실험을 통한 구조거동 특성 분석
◦ 채움재의 재료 특성에 따른 워커빌리티 특성 분석 및 단면 특성에 따른 시공 효율성 분석
◦ 조립식 슬래브의 최적단면 형상 도출
◦ 채움재 및 단면형상에 따른 조립식 슬래브의 최적 시공 지침 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">◦ 기존의 연구는 단편적인 연구에 치우쳐 기술개발의 파급효과가 미흡하며 특히 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 적용기준 및 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 강성 조립식 포장 구조체를 활용한 도로포장 공법은 기술의 활용 시 얻을 수 있는 대국민의 편의성 증대에 따른 기술개발의 특성상 영리목적의 산업체 보다는 정부의 적극적인 지원이 절실히 필요한 연구분야임
◦ 포장 기술의 개발은 주로 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="6">◦ 조립식 슬래브의 수평단면 형상에 따른 구조거동 분석
◦ 조립식 슬래블의 접합단부의 형상에 따른 구조거동 분석
◦ 형상에 따른 채움재의 시공성 및 경화 후 거동 특성에 분석에 따른 최종기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 조립식 슬래브의 최적단면 형상
◦ 채움재 및 단면형상에 따른 조립식 슬래브의 최적 시공 지침 개발
◦ 개발 기술의 특허 및 정량적 연구 성과</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">◦ 조립식 포장의 기층 및 표층구조체로 사용시 최적의 구조형식 개발을 통하여 시공효율성 향상
◦ 채움재의 시공성능 향상 및 형상에 따른 거동 특성을 활용하여 추후 다웰바의 대체 기술 개발 가능</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>200</td><td>200</td><td>250</td><td>200</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>70</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>320</td><td>250</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">850</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">220</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,070</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 조립식 포장의 기층 및 표층구조체로 사용시 최적의 구조형식 개발을 통하여 시공효율성 향상
◦ 채움재의 시공성능 향상 및 형상에 따른 거동 특성을 활용하여 추후 다웰바의 대체 기술 개발 가 능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">조립식 도로 경제성 분석 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">◦ 신개념 도로 시스템에 대한 경제성 분석 프로그램 개발
◦ 미래형 포장시스템 편익 정량화 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 국내의 경우 도로 분야 경제성 분석 프로그램이 전무하고 국외에서 개발된 프로그램의 경우 일반적인 기관비용과 유지보수 비용만을 산정하여 새롭게 개발되는 미래형 도로에 대한 사용자 혹은 시공 측면의 편익을 고려하지 못함.
◦ 따라서 새로운 도로 기술로 인하여 발생하는 편익에 대한 정의와 이를 정량화하는 연구가 필요함.</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">◦ 본 연구에서 개발될 조립식 도로 시스템뿐만 아니라 새로운 개념의 미래형 기능성 도로에 대한 전반적인 검토를 통해 다양한 편익에 대한 정량화를 목표로 함.
◦ 경제성 분석 프로그램을 개발하여 미래형 도로 시스템에 대한 개발 타당성을 검증하고 발생되는 편익에 대한 정확한 산정이 가능하도록 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="6">◦ 미국의 경우 경제성 분석에 기관비용, 유지보수, 사용자 비용 등 일반적인 비용만 고려
◦ 전반적으로 새로운 기술개발에 따른 편익 분석 방법 부재.</td></tr>
<tr><td colspan="6"><table><tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>90 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>60 %</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 편익 산정 로직을 포함한 경제성 분석 프로그램 부재로 대안 선정 시 정확한 경제성 분석 불가.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">◦ 국토해양부에서는 전통적 아스팔트 및 콘크리트 포장관련 경제성 분석 연구를 수행한 바가 있음
◦ 기존의 연구는 주로 재료 및 시공비에 따른 분석이 위주였으나 편익 산정 모듈을 개발하여 연구에 활용함.
◦ 소음, 지체, 주행 쾌적성 등에 대한 기술적인 연구는 수행되었으므로 이를 바탕으로 해서 편익 정량화에 이용할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 개발 연구가 주를 이루고 있음.
◦ 개발된 도로 시스템에 대한 정확한 가치 평가에 대한 니즈 확대.
◦ 일반 도로 시스템과 대별되는 기능적 혹은 시공 측면의 우수성에 대한 정량화 가능.
◦ 사회/산업적 측면에 미치는 영향에 대한 분석기술 확보를 통한 미래형 기술 연구 활성화 가능.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">◦ 비용 산정 모듈 개발
◦ 편익 정량화 알고리즘 개발
◦ 경제성 분석 프로그램 개발
◦ 최적화 기법을 통한 포장 대안 선정 로직 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">◦ 국가적인 차원에서 객관적인 경제성 평가 방법을 제시하고 정량화 기법을 정립하여 미래형 연구에 대한 정확한 평가를 위해 연구개발의 지원이 필요한 분야임.
◦ 본 연구에서 개발되는 PEGOPAVE 시스템의 개발 시 각 세부 기술에 대한 경제적 타당성에 대한 검증이 필요하여 연구의 성공적인 수행을 위해 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">◦ 개발 기술에 대한 기술적인 차별성을 확보하고 이에 대한 파급효과 및 영향 범위를 산정하여 이를 편익 정량화에 이용함.
◦ 1차 년도에는 국내외에서 개발되어 적용 중인 기술에 대한 사용자 측면의 공용성 평가를 통해 편익 항목을 결정하고 이에 대한 정량화 기술을 개발함.
◦ 2차, 3차 년도에는 개발되는 기술에 대한 사회/산업/사용자 측면의 편익을 산정하여 대안 분석에 활용할 수 있는 프로그램을 개발함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 사회/산업/사용자 측면의 편익 정량화 모형
◦ 미래형 도로 경제성 평가 프로그램</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">◦ 연구개발을 통해 도출되는 편익 정량화 모형은 도로 분야에 일반적으로 적용할 수 있도록 하여 연구결과의 활용을 극대화 함.
◦ 도로 설계 및 시공에 대안 선정시에 경제성 분석 프로그램을 적극적으로 활용하여 도로예산의 효율적인 사용이 가능하도록 함.</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>100</td><td>150</td><td>150</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>150</td><td>250</td><td>250</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">400</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">600</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로 분야 신기술 연구에 대한 방향성 확립 가능.
◦ 장래에 도입/개발되는 도로 시스템에 대한 사회/산업/사용자 측면의 정확한 편익 평가 가능.
◦ 합리적인 편익 항목 설정 및 정량화로 새로운 기술에 대한 연구가 활성화 되고 이를 통한 국가적인 기술 제고 및 예산 절감.
◦ 경제성 분석 프로그램의 개발로 인한 대안선정의 객관성 및 일관성 확립.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">조립식 도로의 요소 단면 설계를 위한 구조해석 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로의 역학적 거동 및 파괴 메카니즘을 분석하여 개별요소의 단면 설계를 하기위한 구조해석 기술을 개발함.</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장은 일반도로포장과 시공방법 및 단면구성이 상이하고 시공실적이 충분하지 않기 때문에 시공 및 공용기간에 예상하지 못한 문제점들이 발생할 수 있음.
◦ 일반적인 포장구조해석에서는 연속체거동을 기반으로 하기 때문에 조립식 도로포장구조체의 해석에는 적합하지 않음.
◦ REGOMAT의 경우 공장에서 기생산하고 카펫과 같이 보관 및 현장 시공하기 때문에 이러한 시공특성을 고려하여 일반적으로 고탄성의 재료를 사용하므로 비선형점탄성거동을 나타냄.
◦ REGOSLAB의 경우 패널의 크기, 두께, 시공조건에 따라 전단키, 지지부 등 다양한 형태의 단면이 사용될 수 있고, 따라서 다양한 종류의 표준 및 응용 단면이 사용될 수 있음.
◦ REGOMAT과 REGOSLAB이 함께 사용된 복합포장의 경우 연성과 강성포장의 특성을 동시에 가지게 되므로 다양한 종류의 파괴거동이 나타날 수 있음.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 고탄성거동을 하는 REGOMAT의 재료적인 특성을 반영할 수 있는 Hyperelastic 모델을 개발하여, REGOMAT의 생산부터 공용기간 동안 REGOMAT의 역학적 거동을 분석함.
◦ 다양한 크기와 형식을 가지는 REGOSLAB의 교통하중과 환경변화에 따른 역학적인 거동을 분석할 수 있는 3차원 구조해석모델을 개발함.
◦ REGOMAT과 REGOSLAB의 피로파괴거동을 구현할 수 있는 파괴모델을 개발하여 REGOMAT과 REGOSLAB의 공용수명을 예측할 수 있는 공용성모델을 개발함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 콘크리트의 미소변형률 상태에서의 점탄성거동을 해석할 수 있는 선형점탄성모델은 이미 개발되어 보편적으로 사용되어 있으나 비선형 점탄성거동 해석을 위한 Hyperelastic 모델에 관한 연구는 미비함.
◦ 복합포장의 역학적 거동을 분석하기 위한 구조해석기술은 연성 또는 강성포장 구조해석방법을 기초로하여 복합포장의 특성을 정확하게 반영하지 못하는 실정임.
◦ 도로포장의 피로파괴모델은 주로 제한적인 조건에서 실시한 실내시험에 근거하여 개발되어 다양한 교통하중 및 환경하중에서 발생하는 응력조건과 재료의 특성을 반영하지 못함.</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 우리나라에서는 최근 들어 역학적-경험적 방법에 근거한 도로포장설계법인 한국형도로포장설계법(KPRP)을 도입함.
◦ 한국형도로포장설계법에서 가장 핵심적인 기술은 포장구조체의 역학적 거동을 분석할 수 있는 구조해석모델임.
◦ 따라서 조립식포장과 같이 새로운 방식의 포장공법의 도입을 위해서는 조립식포장의 역학적 거동을 구현할 수 있는 구조해석모델에 대한 수요가 향후 증가할 것으로 전망.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 아스팔트 콘크리트의 점탄성거동을 구현하기 위한 다양한 종류의 선형점탄성모델을 기초로 하여 비선형(Hyperelastic) 점탄성거동을 구현할 수 있는 모델로 확장할 수 있을 것으로 기대함.
◦ 아스팔트 콘크리트와 시멘트 콘크리트의 파괴거동을 구현하는 다양한 파괴모델 중 Cohesive Zone Model을 이용하여 반복적인 교통 및 환경 하중에 따른 REGOMAT과 REGOSLAB의 피로거동을 예측할 수 있는 피로파괴모델을 개발할 수 있을 것으로 기대됨.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로는 기존과 달리 소규모의 패널로 구성된 REGOSLAB과 카펫형식의 REGOMAT는 단면 구성뿐만이 아니라 신소재를 사용함으로서 구조적인 거동이 완전히 다른 새로운 형식이므로 조립식도로의 특성을 구현할 수 있는 구조해석모델의 개발이 필요함.
◦ REGOMAT는 고난이도의 시공 특성상 고탄성의 재료를 사용하여 고변형률을 가지는 비선형 거동을 나타내므로 일반적인 아스팔트 콘크리트에 적용할 수 있는 선형점탄성 모델로는 역학적 특성을 구현하기 어려우므로 REGOMAT의 역학적 거동을 분석하기 위해서는 비선형 Hyperelastic 점탄성 모델의 개발이 필요함.
◦ REGOSLAB의 경우 공장에서 제작한 SLAB의 시공을 위하여 단순한 SLAB 형식이 아니라 연결부, 지지부 등을 가지는 복잡한 단면구조를 가지고 있고, 이러한 단부에서의 응력변화가 심하게 발생하고 전체 구조물의 안정성에 영향을 미치게 되므로 이를 고려하여 해석할 수 있는 3차원 구조해석모델의 개발이 필요함.
◦ REGOPAVE는 연성과 강성포장의 특성을 동시에 가지는 복합포장이기 때문에 기존의 공용성모델을 적용하기 어렵기 때문에 공용수명, 특히 피로수명을 정확하게 예측하기 위해서는 REGOPAVE에 적합한 피로파괴모델의 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ REGOMAT의 비선형(Hyperelastic)점탄성거동을 구현하기 위한 구성방정식 개발 및 사용자요소모델 개발.
◦ REGOSLAB의 표준 및 응용 단면에 대한 3차원 유한요소해석모델 개발.
◦ REGOMAT과 REGOSLAB의 피로파괴 구성모델 및 피로파괴 공용성모델 개발.
◦ REGOPAVE 복합포장을 위한 3차원 유한요소 모델 및 REGOMAT/REGOSLAB과 REGOSLAB/REGOFOUND에 적용할 수 있는 Interface 모델 개발.</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 향후 우리나라의 도로포장설계에 사용될 한국형도로포장설계법 또는 카타로그설계법에 조립식포장을 적용하기 위해서는 우선 조립식포장의 역학적 거동을 구현할 수 있는 구조해석모델이 개발되어야 함.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="6">◦ 이러한 구조해석모델은 일반적으로 개발기간이 길고 연구성과물이 공공재의 성격이 크므로 정부의 지원을 바탕으로 개발을 할 경우 보다 기술적인 완성도가 높고 정부기관에서 개발한 설계법에 활용하기 용이할 것으로 판단됨.
◦ 이를 통하여 국내의 포장구조해석기술 및 도로설계 및 시공 기술을 발전시켜 국가기술경쟁력 향상에 도움이 될 것으로 판단되므로 정부의 연구지원이 절실함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">◦ 기초기술 개발단계 (1차년도) : 조립식 도로의 구조해석기술 개발을 위해서 각 요소별로 필요한 핵심기술을 파악하고, 현 단계에서 활용 가능한 기초기술을 이용하여 기초구조해석모델을 개발함. 이 단계에서 완성된 기초구조해석모델을 기존의 ILLI-SLAB, KENLAYER와 같은 포장구조해석모델과 비교 검증함.
◦ 핵심기술 개발단계 (2,3차년도) : REGOMAT와 REGOSLAB에 사용되는 재료에 대한 구성 모델과 단면 설계를 위한 구조해석모델을 개발하고 실내시험 결과를 이용하여 이를 검증함. 검증된 구조해석모델을 이용하여 Test-Bed 구축에 적용할 REGOPAVE에 대한 구조해석을 실시하고, 다양한 단면구성(안)을 제시함.
◦ 응용기술 개발 및 검증단계 (4,5차년도) : REGOPAVE에 사용되는 다양한 층간(Interface) 모델 및 피로파괴 모델을 개발하고, 이를 통하여 REGOPAVE의 공용수명을 예측할 수 있는 공용성 모델을 개발하고 이를 Test-Bed에서 검증함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">◦ REGOMAT를 위한 구성 모델 및 피로파괴 모델
◦ REGOSLAB을 위한 구성 모델 및 피로파괴 모델
◦ REGOPAVE를 위한 구조해석 모델 및 피로파괴 공용성 모델</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">◦ 본 연구를 통하여 개발될 구성 모델 및 피로파괴 모델은 기존의 도로 및 공항, 항만 포장의 구조해석에 확대 적용될 수 있음.
◦ 또한 조립식 도로포장 전용 구조해석엔진 개발에 있어 각각의 핵심 요소 기술로 활용됨.
◦ REGOPAVE용 구조해석모델을 이용하여 조립식포장용 카다로그설계법의 검증에 활용됨.</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>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">700</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">700</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 조립식 도로에 대한 구조해석을 통하여 최적화된 단면 설계를 제공함으로서 조립식 도로의 비용절감.
◦ 일반 및 특수 도로포장해석을 위한 핵심 요소 기술을 제공함으로서 도로포장 해석 및 설계 분야의 기술력 증대에 기여.</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGO-system/REGOANAL</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">조립식 도로의 요소 단면 설계를 위한 구조해석 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 조립식 포장구조해석 (Modular pavement structural analysis)
◦ 비선형점탄성 유한요소해석 (Nonlinear hyper-viscoelastic finite element analysis)
◦ 피로파괴공용성모델 (Fatigue fracture performance model)
◦ 도로포장 3차원 유한요소해석 모델 (3D finite element analysis engine for pavement)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">RAGOPAVE전용 구조해석 통합 도구개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 조립식 포장 구조에 특화된 유한요소해석 도구를 개발하여 도로포장기술자에 제공함으로서 조립식포장구조의 설계 효율성과 생산성을 향상시킴.</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 조립식 포장 설계시 포장구조의 역학적 거동해석을 위한 포장구조 전용 유한요소해석코드 사용이 필수적임.
◦ 조립식 포장은 연성포장과 강성포장의 특성을 동시에 가지기 때문에 기존 도로포장구조 전용해석 도구사용불가.
◦ 범용 3차원해석코드 이용시 조립식 포장구조에 적합한 재료모형 및 해석조건 적용을 위한 시간적 경제적 추가비용 지불.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 연구개발 목표는 조립식 도로포장형식에 특화된 구조해석 통합도구의 개발로서 3차원 유한요소 해석엔진, 유한요소 전,후처리기 모듈 및 통합 GUI 환경을 개발함.
◦ 각 해석도구 모듈의 성능을 현시점 범용으로 개발되어 있는 상용제품들과 동등 이상의 성능을 제공하면서 조립식 도로포장 구조형식을 경제적, 효율적으로 해석가능한 통합도구의 개발을 목표로 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 강성포장(시멘트콘크리트 포장)의 경우 ISLAB2000 등 전용 2차원 유한요소해석 도구가 상용화 되어 있음.
◦ 연성포장(아스팔트콘크리트 포장)의 경우 KENPAVE, KICTPAVE 등 연구용 2차원 유한요소해석도구가 개발되어 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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 도로포장 설계영역에서 과거 경험적 설계방법에서 현재 역학적 또는 역학적-경험적 설계방법으로 이동중이며, 따라서 도로포장구조의 역학적 거동파악이 도로포장설계에서 필수적인 요소로 자리매김 중
◦ 미국의 경우 AASHTO 2000 Guide에서 역학적-경험적 도로포장 설계방법 제시하고 있음.
◦ 국내의 경우 한국형도로포장설계법에서 역학적-경협적 도로포장 설계방법 제시하고 있음.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ KICTPAVE, ILLISLAB, KENPAVE 등 현재 연구용으로 개발되어 프로그램 소스레벨에 접근 가능한 포장전용 구조해석코드(주로 2차원 유한요소해석코드)가 다수 존재함.
◦ 이들 코드들에 사용된 효과적인 해석방법론, 데이터구조, 파일입출력 등의 기법들을 확장하여 RAGOPAVE 전용 3차원 유한요소 해석엔진 개발에 활용 가능할 것으로 기대함.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 기존 포장구조 전용 구조해석 도구의 경우, 아스팔트 포장을 위한 2차원 축대칭 코드와 콘크리트 포장을 위한 2차원 판요소를 사용하며 이 두 가지 가정은 공존할 수 없음. 따라서 조립식 포장과 같이 아스팔트와 콘크리트 포장의 특성을 동시에 가지는 경우, 기존 포장구조 전용해석 도구사용불가.
◦ 범용 3차원 해석 코드 이용시, 조립식 포장 구조에 적합한 재료 모형 및 해석조건 적용을 위한 시간적 경제적 추가비용 지불 불가피함. 따라서 아스팔트 및 콘크리트 재료 및 구조특성을 동시에 가지는 조립식 포장구조의 효율적 해석을 위해서 3차원 유한요소해석 엔진 개발이 필수적
◦ 조립식 포장구조의 설계 효율성과 생산성 향상을 위해서는, 구조해석 엔진과 더불어 조립식 포장 구조에 특성화된 유한요소모형 자동생성 전처리기 및 결과 분석용 후처리기 개발함이 필수적</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 조립식 포장구조 전용 해석엔진 개발 기초연구 - 3차원 유한요소 해석 엔진 코드 요구 분석 조사 및 Framework 구현
◦ 조립식 포장구조 특성화된 재료모형 및 유한요소 개발 - 점탄성 재료 모형과 Interface 요소의 개발
◦ 조립식 포장구조 전용 전처리기 개발 - 조립식 포장 구성부품 정의방법 연구 및 3차원 유한요소 모형의 자동 생성기 개발
◦ 조립식 포장구조 전용 후처리기 개발 - 결과 분석을 통한 최대응력, 변형률 위치 추적, 3차원 컨투어출력 모듈 개발 등의 해석결과 분석도구 개발,
◦ 조립식 포장전용 구조해석 통합 도구 개발- GUI환경 도입을 통한 유한요소 해석 엔진, 전-후처리기의 통합</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 도로포장 설계영역에서 경험적 설계방법에서부터 역학적 또는 역학적-경험적 설계방법으로 그 중심이 이동 함에 따라 도로포장구조의 역학적 거동파악의 중요성이 자리매김 하고 있음.
◦ 조립식 포장구조의 경우 설계를 위해 포장 구조의 역학적 거동을 파악할 수 있는 포장구조 전용 유한요소해석 도구가 필수적이나, 효율적인 성능을 가진 해석도구가 개발되어 있지 않음
◦ 이는 국내 기술의 한계가 아니라 현재까지 개발의 필요성이 상대적으로 적었으며, 개발후의 제품의 경제적 수요가 적기 때문에 정부의 연구지원 없이는 일정수준 이상의 성능을 가진 코드의 개발이 불가능 구조임.
◦ 진보된 포장구조해석 도구의 개발을 통하여, 조립식 포장구조는 물론 국내 도로포장 해석 및 설계 분야의 기술력 증대를 위해서는 정부의 연구지원이 절실함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 1,2 차 년도에는 조립식 포장구조 전용 3차원 유한요소해석 엔진 개발을 중점적으로 수행함. 1차 년도에 3차원 해석에 필요한 기본 framework을 완성하여 2차 년도에 포장구조 전용 성능과 관련된 부품(점탄성 재료모형, 입상재료 모형 층간인터페이스요소 등)을 장착하여 완성함. 상용코드 수준의 엔진 성능 확보를 위해 3차원 코드개발 유 경험의 국내외</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">전문가 집단과 공동 연구 수행함
◦ 3,4차년도는 조립식 포장구조 전용 전,후처리기 개발을 중점적으로 수행함. 3차년도에 조립식포장 구성부품 정의방법 연구 및 3차원 유한요소 모형의 자동 생성기 개발을 하며, 4차년도에 결과 분석을 통한 최대응력, 변형률 위치 추적, 3차원 컨투어출력 모듈 개발 등의 해석결과 분석도구 개발. 조립식 포장 구성부품 정의방법 연구를 위해 BIM분야의 연구자와 공동연구 수행함.
◦ 5차년도네는 1-4차년 연구를 통해 개발된 각 모듈들을 하나로 통합하고, 사용자의 접근성을 높일수 있는 통합 GUI환경을 개발을 하며, 최종 결과물의 완성도를 높이기 위해 컴퓨터 그래픽스 분야 전문가와 공동 연구 수행함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">◦ 조립식 포장구조 전용 3차원 유한요소 해석엔진
◦ 조립식 포장구조 전용 3차원 유한요소 해석 전처리기 모듈
◦ 조립식 포장구조 전용 3차원 유한요소 해석 후처리기 모듈
◦ 조립식 포장구조 전용 3차원 유한요소 해석 통합 GUI 환경</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">◦ 연구개발을 통해 도출되는 3차원 유한요소해석엔진은 조립식 포장구조설계의 핵심부품으로 사용하여, 조립식 포장 카다로그설계법 등의 설계도구 개발에 사용함.
◦ 해석엔진에 적용되는 포장구조의 특화요소인 점탄성 재료, 인터페이스요소, 입상재료등의 제공으로 조립식 포장구조 뿐만 아니라 기존 특수포장(공항, 항만포장 등)의 구조해석 도구로도 사용가능.
◦ 도로포장분야 실무/연구진의 검정을 통해 개발된 모듈들의 유용성을 확보하여 국내 도로포장분야의 표준해석 도구로서의 활용함.</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>200</td><td>200</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>150</td><td>200</td><td>200</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">850</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">850</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 조립식 포장 구조에 특화된 유한요소해석 도구를 제공함으로서 조립식 포장구조의 설계 효율성과 생산성 향상
◦ 진보된 구조해석 도구의 개발을 통하여, 국내 도로포장 해석 및 설계 분야의 기술력 증대에 기여
◦ 조립식 포장 전용 해석 환경을 제공함으로서, 해석 모형의 자동생산을 통하여 모형 생성시 발생 가능한 오류를 최소화 및 이에 따른 비용절감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">하부구조 기초지반 및 모듈 설계정수 도출 및 설계/시공 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로에 적합한 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 하부구조는 엄격한 품질기준에 적합한 재료 및 다짐으로 고비용 및 상당한 시공기간이 필요함
◦ 도로의 급속시공을 위해 종래의 현장다짐방식을 벗어나, 인공지반을 조성할 수 있는 하부구조 모듈화를 통해 공장 생산, 현장쾌속시공, 품질관리 평가의 간소화로 공사기간 및 공사비 절감</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로에 적합한 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술 개발
◦ 하부구조 기초지반 및 모듈러 설계 및 시공을 위한 지침/메뉴얼 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드에서는 조립식포장공법에 모듈형 하부구조공법에 대한 시공사례가 있음
◦ 국내의 경우 현재까지 양질의 재료를 활용한 다짐에 의한 하부구조 기초지반을 조성하고 모듈형을 활용한 급속포장공법에 대한 연구가 전무함</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>80 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 도로건설은 주로 포장과 관련된 연구와 시장이 주로 이루고 있으며 도로포장 수명에 중요 결정요소중에 하나인 하부구조 지반에 대한 연구 및 시장이 전무한 상태임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국토해양부에서는 전통적 아스팔트 및 콘크리트 포장관련 한국형 포장설계법 개발과 성능개선방안 연구에서 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구이고 하부구조 지반에 대한 연구가 굉장히 미비함
◦ 국외의 유사 기술에 대한 조사를 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹함
◦ 미국의 경우 도로 하부구조 지반에 대한 연구가 어느정도 진행이 되어 설계에 반영되고 있는 실정이고 지반공학적 측면에서 얕은기초에 대한 연구결과 및 지반진동에 대한 연구결과를 활용할 수 있을 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 국내에서는 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로하는 조립식 도로에 대한 연구가 진행될 경우 이에 하부구조 기초지반 및 조립식 설계 및 시공기술개발이 필요함
◦ 조립식도로건설과 관련된 모듈형 하부구조 기초지반 공법에 의핸 도로의 급속시공이 가능하고 이에 따라 공사비와 공기기간의 단축으로 도로건설에 따른 직접비용과 도로의 조기건설에 따른 사회 간접적인 비용을 획기적으로 절감할 수 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 하부구조 기초지반 및 조립식 설계정수 도출
◦ 하부구조 기초지반 및 조립식 설계기술 개발
◦ 하부구조 기초지반 및 조립식 시공기술 개발
◦ 상부-하부구조 인터페이스 접합 기술 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 하부구조 기초지반 및 조립식 설계정수도출 및 설계/시공기술 개발에 관한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해 소규모 시험시공 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
◦ 5차년도에는 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">◦ 하부구조 기초지반 및 조립식 설계/시공기술 지침 및 메뉴얼
◦ 하부구조 모듈러 형식관련 특허
◦ 하부구조 조립식 개발관련 시작품</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로건설시 하부구조 기초지반 및 조립식 공법을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
◦ 조기개통을 위한 급속시공이 필요로 하는 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
◦ 부분적인 도로파손에 대한 응급복구가 필요한 일반국도 및 고속국도 현장에 적용</td></tr>
</table>

<table>
<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>200</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>400</td><td>400</td><td>450</td><td>300</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">350</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,450</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 도로 하부구조 건설비용 절감 (공사비 10% 절감) 및 현장 다짐 최소화 및 공장제품적용에 의한 통한 공기단축
◦ 공장제품에 의한 품질 향상 및 안정성을 통한 유지관리 비용 절감
◦ 조립식 도로 하부구조 건설 기술은 설계시공 표준화, 시공단순화를 통한 공사비 절감, 공사기간 단축, 공장생산에 따른 효과적인 품질관리를 통해 도로 건설 국제 경쟁력 확보
◦ 연약지반으로 고비용의 도로 건설이 필요한 개발도상국(동남아시아)에 모듈형 도로 하부구조 기술 이전을 통한 국가 위상 제고
◦ 모듈형 도로 하부구조 건설 기술적용에 의한 도로포장 내구수명 증가로 고품질의 교통서비스 제공
◦ 공사기간 및 공사비 단축으로 신속한 양질의 교통흐름을 제공하고 국가재원의 절약</td></tr>
<tr><td colspan="4">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGO-system/REGOFOUND</td></tr>
<tr><td colspan="4">세부연구과제명</td><td colspan="4">조립식 도로 지반 적정기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 노상(Subgrade)
◦ 지지력(bearing capacity)
◦ 모듈러 기초(modular foundation)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">하부지반 치환 및 보강 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 연약한 지반에 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로건설을 위한 모듈형 하부구조 기초지반 공법 적용시 노상의 지지력 증대를 위한 하부지반의 치환 및 보강기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 기존 도로포장의 하부구조의 지지력이 낮을 경우 포장두께를 증대 시키거나 연약지반 처리공법으 도입으로 고비용 및 상당한 시공기간이 필요함
◦ 불량한 하부지반에서 경제적이고 최적의 모듈형 하부구조 기초지반 건설을 위해 연약한 하부지반의 지지력 증대필요
◦ 저가의 산업부산물등을 활용하여 양질의 하부지반 대체 재료의 공장제품화로 현장쾌속시공 및 품질관리 평가의 간소화로 공사기간 및 공사비 절감</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로건설시 불량한 하부지반의 치환 및 보강기술개발
◦ 산업부산물, 건설폐기물 등을 활용한 고성능 하부지반 대체재료 개발
◦ 하부지반 치환 및 보강 지침/메뉴얼 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 연약지반상에 도로포장건설이 대규모의 연약지반처리공법을 적용하는 이러한 연약지반 공법은 공사비와 공사기간의 증대
◦ 미국 및 유럽에서는 산업부산물 및 건설 폐기물을 활용한 도로 하부지반 안정화에 대한 연구와 실용화가 상당히 진전됨</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>80 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내에서도 도로건설은 주로 포장과 관련된 연구와 시장이 주로 이루고 있으며 도로포장 수명에 중요 결정요소중에 하나인 하부구조 지반에 대한 연구 및 시장이 전무한 상태임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국외의 유사 기술에 대한 조사를 통해 활용할 수 있는 기술을 벤치마킹함
◦ 미국이나 유럽의 경우 연약한 하부구조 지반의 지지력 증가를 위한 지반 치환 및 보강공법 연구 결과를 활용할 수 있을 것으로 사료됨
◦ 국내외의 산업부산물 및 건설폐기물을 활용한 대체 재료개발 연구결과를 활용 할 수 있을 것으로 사료됨</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 국내에서는 불량한 지반에 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로 하는 조립식 도로건설에 대한 연구가 진행될 경우 모듈형 하부구조 기초지반의 지지력 증대를 위한 치환 및 보강기술개발이 필요함
◦ 조립식도로건설과 관련된 모듈형 하부구조 기초지반 공법에 의핸 도로의 급속시공이 가능하고 이에 따라 공사비와 공기기간의 단축으로 도로건설에 따른 직접비용과 도로의 조기건설에 따른 사회 간접적인 비용을 획기적으로 절감할 수 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 장기 안전성 확보를 위한 모듈형 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 공법 도출
◦ 고 지지력 하부지반 대체 재료 개발
◦ 치환 및 보강에 따른 최적 조립식 설계기술 개발
◦ 모듈형 하부구조 기초지반 지반치환 및 보강 지침 및 메뉴얼</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로 건설기술은 민간기업의 단기적 이익보다는 도로망의 효율적 활용, 국가의 미래 국력 신장 등 공공성이 강하고, 건설 및 교통 등 종합적이고 복합적인 기술이 필요한 분야이므로 학계나 민간 기업이 주도하기 어려움. 따라서 기업주도형보다는 정부 주도형의 연구개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 조립식을 활용한 하부지반 치환 및 보강 재료 및 공법 개발에 관한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해 소규모 시험시공 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
◦ 5차년도에는 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 colspan="2">최종성과물</td><td colspan="2">◦ 치환 및 보강용 조립식 설계/시공기술과 지침/메뉴얼
◦ 치환 및 보강용 하부구조 모둘러 형식관련 특허
◦ 고 지지력 하부지반 대체재료 개발(시작품)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="2">◦ 연성 롤러블 카펫 및 강성기층 패널슬래브를 일체로하는 조립식 도로건설시 하부구조 기초지반 및 조립식 공법을 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
◦ 조기개통을 위한 급속시공이 필요로 하는 일반국도 및 고속국도 현장에 적용
◦ 부분적인 도로파손에 대한 응급복구가 필요한 일반국도 및 고속국도 현장에 적용</td></tr>
</table>

<table>
<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>200</td><td>200</td><td>200</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>250</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">350</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,450</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 도로 하부구조 건설비용 절감 (공사비 10% 절감) 및 현장 다짐 최소화 및 공장제품적용에 의한 통한 공기단축
◦ 공장제품에 의한 품질 향상 및 안정성을 통한 유지관리 비용 절감
◦ 모듈형 도로 하부구조 건설 기술은 설계시공 표준화, 시공단순화를 통한 공사비 절감, 공사기간 단축, 공장생산에 따른 효과적인 품질관리를 통해 도로 건설 국제 경쟁력 확보
◦ 연약지반으로 고비용의 도로 건설이 필요한 개발도상국(동남아시아)에 모듈형 도로 하부구조 기술 이전을 통한 국가 위상 제고
◦ 모듈형 도로 하부구조 건설 기술적용에 의한 도로포장 내구수명 증가로 고품질의 교통서비스 제공
◦ 공사기간 및 공사비 단축으로 신속한 양질의 교통흐름을 제공하고 국가제원의 절약</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="5">REGO-system/REGOFOUND</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="5">조립식 도로 지반 적정기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="8">◦ 노상(Subgrade)
◦ 지지력(bearing capacity)
◦ 모듈러 기초(modular foundation)
◦ 지반안정(개량)(Soil Stabilization)
◦ 지반치환(Soil Replacement)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 표층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성
◦ 표준화를 통한 선진국 대비 기술 열위에서 벗어나 시장을 선점</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 바인더 개발
◦ 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 도로 표층용과 동등 이상의 표층 아스팔트 바인더 개발을 목표로 함.
◦ 롤러블 카펫의 용도에 맞는 릴링에 따른 접착력 유지 및 릴링에 다른 마찰력의 최소화 방안 제시.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 롤러블 표층 재료를 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공하고 있음
◦ 일본의 경우, 패치형 카펫을 개발하여 도로포장 유지보수용으로 사용하고 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>90 %</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 2조원임</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 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술 확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 2012 정부 R&D 건설 분야 투자이슈인 기술개발 자립에 부응한 롤러블 카펫 아스팔트 바인더 관련 WFT(World First Technology) 개발
◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치 창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 롤러블 포장재료 활용으로 아스콘 사용량 및 폐아스콘 발생량 감축 필요성과 포장체 두께 감소로 약 150억 원의 예산절감 효과가 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질관리 어려움 해결</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 최적 고분자 선정연구(TPE, TPE, EPDM, EPR)
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 물리적/화학적 특성 연구(DMA, DSR, X-선회절, FTIR, 자외선)
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 파괴규명을 위한 실험(DTT, BBR, MSCR)
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 바인더의 물리특성 해석모델 개발(Rubber Elasticity, ASTM D7175)
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 바인더에 의한 접착력 유지 및 롤러블 마찰력 최소화 (Scratcher test, ASTM D6648)</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 롤러블 도로 포장설계 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>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">◦ 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 기술개발 내용은 1)산화안정성 및 이중탄소결합이 배제 가능한 탄성(Elastomer) 계열 혹은 열가소성 탄성체 활용기술 개발, 2)(Thermoplastic Elastomer: TPU)의 고분자를 활용한 화학적 고분자 개질 아스팔트 바인더 합성기술, 3)물리적 혹은 기계적 개질아스팔트에서 진일보한 화학적 개질을 위한 첨가제 연구, 4) 롤러블 가능 골재간 적정 결합력(adhesive strength), 적정 점성 강도(Cohesive strength) 기준 설정을 위한 DMA(Dymamic Mechanical Analysis) 연구 및 ASTM D7175 [Test Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer] 규격대응 기술 개발, 5)물리 혹은 기계적 결합이 아닌 화학적 개질을 증명하기 위한 화학적 분석(x-선 회절) 6) 산화 안정성을 증명하기 위한 노화특성 분석(FTIR, 자외선 폭로시험), 7) 접착력 테스트(kg_f/cm^2), 즉, scratcher test나 ASTM D6648 [Standard test method for determining the flexural creep stiffness of asphalt binder using the bending beam rheometer]법에 따르는 아스팔트 바인더 요건에 맞도록 바인더 개발, 8) 롤러블 카펫 바인더 등급 규정, 등으로 구성되어 있음.
◦ 접착력 평가는 KS, JIS, ASTM등에 평가의 방법이 실행되고 있으나 롤링 재료로 제조된 층의 평가방법은 확립되어 있지 않음.
◦ 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 바인더 개발 원천기술에 대한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해서는 국내외 전문가 집단 및 산업체을 공동 연구기관으로 참여케 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 4차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 5차년도에는 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="5">◦ 롤러블 카펫 바인더 관련 특허
◦ 롤러블 카펫 바인더 첨가제 관련 특허
◦ 롤러블 카펫 바인더 생산기술 관련 특허
◦ 롤러블 카펫 바인더 물리특성 해석 모델
◦ 도로의 등급별 적용 최적화를 위한 설계 및 시공 기준 개발</td></tr>
<tr><td>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 바인더 등급에 따른 적용처를 구분하여 롤러블 카펫 바인더 의 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</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>500</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>350</td><td>600</td><td>600</td><td>550</td><td>350</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">350</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,450</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 롤러블 카펫 바인더 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 표층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성
◦ 단입도 골재를 이용하여 표층 혼합물의 저소음 기능 유도 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
◦ 신설도로포장 건설시 공기단축 및 두께감소로 예산절감과 유지보수시 쾌소시공을 통한 교통혼잡비용 최소화 유도
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트 혼합물 개발
◦ 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 개발을 목표로 함.
◦ 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발
◦ 단입도 골재 혼합물 개발로 최소 일반 혼합물 대비 5 DB(A) 저감 저소음 기능성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 롤러블 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공하고 있음
◦ 저소음 기능성 부여로 고속도로에 설치되는 방음벽 대체용으로 이용됨
◦ 일본의 경우, 패치형 카펫 아스팔트 혼합물을 개발하여 도로포장 유지보수용으로 사용하고 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>90 %</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
◦ 2000년대부터 국내에서 일반아스팔트의 점도특성을 크게 개선한 개질 아스팔트 합성 관련 연구결과 활용
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 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 건설 분야 투자이슈인 건설기술개발 자립에 부응한 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물 관련 WFT(World First Technology) 개발
◦ 롤러블 포장재료 활용으로 아스콘 사용량 및 폐아스콘 발생량 감축 필요성과 포장체 두께 감소로 약 150억원의 예산절감 효과가 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질관리 어려움 해결</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 최적 배합설계법 개발
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 체적특성 연구(기능성 골재입도)
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 물리특성(파괴) 규명을 위한 실험방법 개발
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 물리특성 해석(Hyper-elastic) 모델 개발
◦ 롤러블 카펫 아스팔트 혼합물의 현장가속시험</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 롤러블 도로 포장설계 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">◦ 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 기술개발 내용은 1) 교통지체 최소화를 위하여 롤러블로 쾌속시공에 적합한 골재및 바인더 혼합물 배합설계법 개발, 2) 혼합물에 기능성(저소음 및 배수) 부여를 위한 혼합물 체적특성 연구, 3) 혼합물의 물리적 특성을 규명하기위한 모델링, 실험방법 개발 및 적용, 4) 혼합물의 현장 공용성을 검토 및 예측할 수 있는 현장 가속시험을 통한 검증 및 5) 일반 도로포장 형식과의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토) 등으로 구성되어 있음.
◦ 롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발 원천기술에 대한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해서는 국내외 전문가 집단 및 산업체을 공동 연구기관으로 참여케 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 4차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 5차년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">◦ 롤러블 카펫 혼합물 특허
◦ 롤러블 카펫 혼합물 배합설계법 특허
◦ 롤러블 카펫 저소음 골재 조성 특허
◦ 롤러블 카펫 혼합물 물리특성 해석 모델
◦ 도로의 등급별 적용 최적화를 위한 설계 및 시공 기준/표준</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">◦ 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 적용 장소를 구분하여 롤러블 카펫 혼합물의 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></td><td>300</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td></td><td>50</td><td>100</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>350</td><td>600</td><td>550</td><td>350</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,850</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,100</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 괘속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 저소음 도로포장 실현으로 소음 방호벽 대체 및 국민 삶의 질 개선에 일조
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 롤러블 카펫 혼합물 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGOMATerial/REGOMAT</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 고분자 아스팔트 혼합물 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ Polymer Modified Asphalt Mixture(고분자 개질 아스팔트 혼합물)
◦ Rolling Asphalt Mixture
◦ Reeling-Unreeling Asphalt Mixture
◦ 고탄성 물리특성(Hyper-Elastic Mixture's Behavior)
◦ 고분자 개질 아스팔트 혼합물 배합설계법</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 표층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 교통지체 최소화를 위하여, 사전 제작으로 즉각적인 교통개방이 가능하게 할 수 있는 롤러블 카펫 도로포장 표층아스팔트용 고분자처리 택코팅용 유화제 및 고점도 Membrane 쉬트 개발 (하부층과의 완전접착유도)
◦ 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 도로 표층용과 동등 이상의 표층 아스팔트 바인더 개발을 목표로 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 롤러블 표층 재료를 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공하고 있음
◦ 일본의 경우, 패치형 카펫을 개발하여 도로포장 유지보수용으로 사용하고 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>90 %</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 2조원임</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
◦ 국내에서 활발히 사용하고 있는 중속경화용(Medium Curing) 아스팔트 유화제 제조기술 이용
◦ 국내에서 개발한 고분자 개질아스팔트 제조기술 활용(SBS 개질 아스팔트)
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술 확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 2012 정부 R&D 건설분야 투자이슈인 기술개발 자립에 부응한 롤러블 카펫 아스팔트 표층 부착용 중간층 재료 관련 WFT(World First Technology) 개발
◦ 고분자를 이용한 고내구성/고점도 중간층용 바인더 개발 필요
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 하부층과의 완전접착유도로 전체 포장 시스템의 공용수명 증대
◦ 열가소성 접착층이며 탈부착이 가능한 중간층 재료 개발로 상부 롤러블 카펫 표층 재활용 유도
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질관리 어려움 해결</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 롤러블 카펫표층 부착을 위한 최적 고분자처리 상온 유화제 합성 연구
◦ 롤러블 카펫표층 부착을 위한 최적 고분자 Membrane 쉬트 개발 연구(열가소성 열접착특성 EVA)
◦ 롤러블 카펫표층용 유화제 물리특성 연구(DMA, DSR, 점도특성)
◦ 롤러블 카펫표층용 Membrane 쉬트를 위한 최적 고분자 선정 및 합성기술 연구
◦ 롤러블 카펫표층용 Membrane 쉬트의 물리특성 연구(부착강도, 용융특성, 시공특성)</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 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음 (유화제 사용량, 멤브레인 쉬트 부착강도 등)
◦ 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">◦ 롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발내용은 1) 무가열 상온 시공가능 고분자처리 유화아스팔트 개발 (화학적 경화반응, 완화거동, 가교반응 분석), 2) 완전접착유도를 위한 롤러블 카펫 표층하부 Membrane 쉬트 개발 (점도특성, 유리전이특성, 용융특성), 3)고분자 처리 유화아스팔트의 물성기준 설정 연구(점도, 부착강도, 전하특성, 저장안정도, 증발잔류 등), 4) 롤러블 카펫 표층과 하부 콘크리트 패널 슬래브의 중간층 부착성능 평가 및 공용기준 연구 및 5) 중간층 선택에 따른 개질 아스팔트바인더 비용 대비 효과 검토(경제성 검토)등으로 구성되어 있음.
◦ 롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발 원천기술에 대한 연구는 1, 2, 3차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해서는 국내외 전문가 집단 및 산업체을 공동 연구기관으로 참여케 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 4차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 5차년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 고분자 처리 유화제 관련 특허
◦ 열가소성 열 접착 중간층 멤브레인 쉬트 관련 특허
◦ 멤브레인 쉬트 생산기술 관련 특허
◦ 고분자 처리 유화제 및 멤브레인 물리특성 해석 모델
◦ 도로의 등급별 적용 최적화를 위한 설계 및 시공 기준 개발</td></tr>
<tr><td>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 바인더 등급에 따른 적용 장소를 구분하여 롤러블 카펫 바인더 의 내구성 및 경제성을 극대화할 수 있도록 함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="5">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>400</td><td>400</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>350</td><td>350</td><td>450</td><td>450</td><td>350</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,700</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,950</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 완전접착 유도 고점도 멤브레인 쉬트 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGOMATerial/REGOMAT</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 하부접착용 중간층 재료 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 열가소성 열 유도 접착제(Thermoplastic, inductive heat adhesive)
◦ 고분자 개질 유화제 (Polymer modified Emulsifier)
◦ ThermoPlastic Polyurethane 개질 유화제 (Medium curing, Rapid Curing)
◦ 완전접착 중간층(Fully-bonded interlayer)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 혼합물 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 표층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성
◦ 장기공용성능 증대를 위한 롤러블 카펫 표층 혼합물의 고인성 부여 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
◦ 도로포장 혼합물 두께감소로 예산절감
◦ 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원재활용 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 쾌속시공 롤러블 카펫 표층 혼합물의 갑작스런 파괴방지, 외부교통하중 및 온도변화에 다른 미세균열 발생지연을 통한 피로수명 증대를 위한 마이크로 토목섬유 개발 필요
◦ 롤러블 카펫 도로포장 아스팔트 표층의 피로 공용수명을 일반대비 150% 이상으로 확대하고 내구성능은 기존 고분자 개질 아스팔트 혼합물 대비 동등 이상의 표층 아스팔트 혼합물 성능증대 기여
◦ 온도변화에 민감하지 않은 사계절 시공 가능한 아스팔트 혼합물 개발
◦ 마이크로 섬유 혼합물 개발로 최소 일반 혼합물 대비 피로공용수명 1.5배 고인성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 롤러블 표층 혼합물을 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로 현장에 활발히 시공하고 있음
◦ 미국의 경우, 매크로 섬유 혼합물(FORTA-Fiber)을 개발하여 도로포장 신설 및 유지보수용으로 사용하고 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>90 %</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
◦ 2009년 국내에서 개발한 일반아스팔트의 인성특성을 크게 개선한 섬유혼합 아스팔트 합성 관련 연구결과 활용
◦ 기존의 연구는 주로 기존 아스팔트 및 콘크리트 포장체 관련 기술에 대한 연구로 최근 섬유보강 아스팔트 혼합물 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 인성증대 관련 기술확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 재생 플라스틱 활용으로 2010년 현재 약 30% 정도인 폐플라스틱 재활용율 증대 효과가 있음
◦ 2012 정부 R&D 건설분야 투자이슈인 건설기술개발 자립에 부응한 섬유보강 아스팔트 혼합물 관련 WFT(World First Techology) 개발</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 재활용 가능한 카펫 표층 혼합물용 마이크로 섬유 개발 (PET, PP, 형상, 혼입율, 최적 혼입방법)
◦ 마이크로 섬유 카펫 표층혼합물 피로성능 및 동적 인장 특성 연구 (피로모델, 동적 인성모델)
◦ 마이크로 섬유 카펫 표층혼합물의 가속시험
◦ 마이크로 토목섬유 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 섬유보강 롤러블 도로 포장 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">◦ 롤러블 카펫 혼합물 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 기술개발 내용은 1) 롤러블 카펫 표층 혼합물의 피로수명 증대를 위한 마이크로 토목섬유 재료 개발, 2) 롤러블 카펫 표층 혼합물용 마이크로 토목섬유 최적 형상, 혼입율 결정 연구, 3) 롤러블 카펫 표층 마이크로 토목섬유 혼합물의 피로성능 특성 연구 (물성모델 검토), 4) 롤러블 카펫 표층 마이크로 토목섬유 혼합물의 가속파괴시험 및 5) 롤러블 카펫 표층 마이크로 토목섬유 혼합물의 비용 대비 효과 검토(경제성 검토) 등으로 구성되어 있음.
◦ 롤러블 카펫 혼합물 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 원천기술에 대한 연구는 1, 2 차년도에 중점적으로 수행하고, 관련 파생기술 개발 및 원활한 현장적용을 위해서는 국내외 전문가 집단 및 산업체을 공동 연구기관으로 참여케 하여 수행함
◦ 개발된 원천기술에 대한 현장 검증시험은 3차년도에 중점적으로 추진하고 관련 기술의 성능 검증과 보완을 수행함
◦ 4차년도에는 관련 기술에 대한 종합적인 검증 작업을 통해 개발 기술의 완성도를 확보하고, 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용기반을 조성함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 마이크로 섬유 혼입 롤러블 카펫 혼합물 특허
◦ 마이크로 섬유 혼입 롤러블 카펫 혼합물 배합설계법 특허
◦ 마이크로 롤러블 카펫 혼합물 물리특성 해석 모델</td></tr>
<tr><td>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 롤러블 카펫 혼합물의 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></td><td>300</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td></td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>350</td><td>550</td><td>550</td><td>350</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">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,800</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 마이크로 섬유 혼입 롤러블 카펫 혼합물 활용으로 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 폐플라스틱을 재활용한 마이크로 토목섬유 활용으로 자원재활용에 기여
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심추진분야 분류</td><td colspan="4">REGOMATerial/REGOMAT</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부연구과제명</td><td colspan="4">롤러블 카펫 혼합물 고인성 부여를 위한 마이크로 토목섬유 개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">※핵심 Keywords</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="7">◦ 가열아스팔트 혼합물용 토목섬유 (Polyethylene terephthalate: PET, Polyprophlene:PP)
◦ 마이크로 섬유보강 카펫 표층혼합물의 피로성능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">경량시공 RECOSLAB 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 강성 조립식 도로포장 슬래브의 제작기간을 축소하고 경량화를 통한 시공성 향상 가능한 고내구성의 조립식 슬래브의 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 강성 조립식 슬래브의 개발을 통하여 이의 현장 적용 시공하는 수준임
◦ 미국의 경우, 도로의 쾌속 유지보수를 위하여 강성모둘라 슬라브를 포장의 표증구조체로 활용하여 고속도로 등에 현장적용하고 관련 기술의 체계적인 개발 진행 중
◦ 모둘라 포장체의 쾌속시공을 위한 경량화 기술개발 미비
◦ 비부식성 고내구성 재료의 적용을 통한 기술 개발 미비한 수준</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4"></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 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장의 유지보수 보강은 교통의 통재를 유발하여 사용자 및 관리자에게 많은 불편함과 사회적 경제적 손실을 유발. 따라서 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발이 필요
◦ 강성모둘라 포장체의 재료 특성상 자중이 크므로 시공시 이의 이동 및 현장조립에 대형장비 및 인력의 필요
◦ 쾌속시공을 위하여 조립식 포장체의 경량화를 가능하게 하여 시공의 편의성을 증대 필요
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 조립식 포장체의 단면최적화를 통한 경량성 향상기술 개발
◦ 조립식 포장체의 양생기간을 단축하기 위한 경량골재 내부양생 활용 제작기법의 개발
◦ 조립식 포장체에 경량골재의 사용을 통한 경량 포장제 제작 기법의 개발
◦ 경량화 조립식 포장체의 역학적 내구성 특성의 검토
◦ 경량화 조립식 포장체의 장기 거동 특성의 분석</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 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 강성 조립식 포장 구조체를 활용한 도로포장 공법은 기술의 활용 시 얻을 수 있는 대국민의 편의성 증대에 따른 기술개발의 특성상 영리목적의 산업체 보다는 정부의 적극적인 지원이 절실히 필요한 연구분야임
◦ 포장 기술의 개발은 주로 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">◦ 조립식 도로포장제의 제작기간의 단축을 통한 제작원가 저감 고려
◦ 조립식 도로포장제의 경량화를 통한 이동 및 현장 시공시의 효율성 고려
◦ 고내구성 조립식 도로포장제의 개발을 통한 장기 공용성 확보 기술 고려</td></tr>
<tr><td>10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 시공성 향상 경량 조립식 포장체의 개발 (롤러블 포장의 하부기층 및 강성표층 포장체로의 활용가능)
◦ 고내구성 모둘라 포장체의 개발
◦ 개발 기술의 특허 및 정량적 연구 성과</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">◦ 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발 목적에 부합하는 시공성 향상 경량포장체의 개발로 인한 시공성능 향상
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소</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>200</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>70</td><td>80</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>370</td><td>380</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,200</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">300</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발 목적에 부합하는 시공성 향상 경량포장체의 개발로 인한 시공성능 향상
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">고내구성 REGOSLAB 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 강성 조립식 도로포장 슬래브의 고용성 향상을 위한 고내구성의 조립식 슬래브의 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 강성 조립식 슬래브의 개발을 통하여 이의 현장 적용 시공하는 수준임
◦ 미국의 경우, 도로의 쾌속 유지보수를 위하여 강성모듈라 슬라브를 포장의 표증구조체로 활용하여 고속도로 등에 현장적용하고 관련 기술의 체계적인 개발 진행 중
◦ 모듈라 포장체의 열악한 조건에 노출되는 특성을 고려한 고내구성의 슬라브 개발 기술 미비
◦ 비부식성 고내구성 재료의 적용을 통한 기술 개발 미비한 수준</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4"></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 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장의 유지보수 보강은 교통의 통재를 유발하여 사용자 및 관리자에게 많은 불편함과 사회적 경제적 손실을 유발. 따라서 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발이 필요
◦ 하부 토질 부분에 직접적으로 접촉하는 특성에 따라 사용 철근의 부식 저항성 증대하는 고내구성의 슬라브 개발 기술이 필요
◦ 프리캐스트의 시공기법에서 최적의 품질관리를 위한 소성 및 건조수축에 따른 마이크로 균열의 저감을 위한 섬유보강 콘크리트 기술의 개발 필요
◦ 지속적인 반복하중이 작용하는 슬래브구조체의 특성에 따른 피로저항성 증대 필요
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발
◦ 고내구성을 통한 장기공용성 증대에 따른 유지보수 비용의 감소</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 포장제의 역학적 특성 보강을 위한 섬유보강 기술을 적용한 조립식 슬래브 최적 배합기술 개발
◦ 고내구성 비부식 보강재인 FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 제작 기술 개발
◦ 고내구성 비부식 보강재인 FRP 합성재료의 적용을 통한 고내구성 조립식 포장체의 역학적 내구적 특성 분석
◦ 섬유보강 고내구성 모듈라 포장체의 역학적 내구성 특성의 검토
◦ 섬유보강 고내구성 모듈라 포장체의 장기 거동 특성의 분석</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 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 강성 조립식 포장 구조체를 활용한 도로포장 공법은 기술의 활용 시 얻을 수 있는 대국민의 편의성 증대에 따른 기술개발의 특성상 영리목적의 산업체 보다는 정부의 적극적인 지원이 절실히 필요한 연구분야임
◦ 포장 기술의 개발은 주로 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">◦ 조립식 도로포장제의 고내구성화를 통하여 유지보수 비용의 절감 고려
◦ 고내구성 조립식 도로포장제의 개발을 통한 장기 공용성 확보 기술 고려</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">◦ 유비보수 비용 저감 가능한 고내구성 조립식 포장체의 개발
◦ 개발 기술의 특허 및 정량적 연구 성과</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">◦ 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발 목적에 부합하는 고내구성 포장체의 개발로 인한 시공성능 향상
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소</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>200</td><td>300</td><td>200</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>30</td><td>50</td><td>80</td><td>50</td><td>30</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>180</td><td>250</td><td>380</td><td>250</td><td>180</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">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">240</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,240</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발 목적에 부합하는 시공성 향상 경량포장체의 개발로 인한 시공성능 향상
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">투배수 및 소음저감 기능성 REGOSLAB 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ 관련 최고기술 보유국인 네덜란드의 경우, 롤러블 표층 포장 시간당 100m 쾌속시공 달성</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 강성 조립식 도로포장 슬래브에 기능성을 부여하여 투배수 및 소음저감 목적에 최적의 효율성을 가지는 조립식 슬래브의 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 강성 조립식 슬래브의 개발을 통하여 이의 현장 적용 시공하는 수준임
◦ 미국의 경우, 도로의 쾌속 유지보수를 위하여 강성모둘라 슬라브를 포장의 표층구조체로 활용하여 고속도로 등에 현장적용하고 관련 기술의 체계적인 개발 진행 중
◦ 도로포장의 신속한 유지보수를 위한 쾌속시공기법의 개발에 대한 속경재료 등에 대한 요소기술의 개발은 진행
◦ 조립식 포장체의 기능성 부여를 위한 기술의 개발은 미비한 수준</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4"></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 최근 유럽의 탈현장 조립식도로포장 기술개발 내용이 포함되어 있지 않아 보다 적극적인 활용 촉진을 위해서는 롤러블 포장체 생산 기술에 대한 기술확보가 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장의 유지보수 보강은 교통의 통재를 유발하여 사용자 및 관리자에게 많은 불편함과 사회적 경제적 손실을 유발. 따라서 도로포장의 신속하고 고용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발이 필요
◦ 최근 기후이상 변화에 환경적 중요성의 대두에 따른 투배성 및 소음저감형 포장기술의 개발이 절실히 필요함.
◦ 교통지체 최소화을 위한 미래형 도로 시스템 시공 및 유지보수 공법 제시 필요</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브 재료기술의 개발
◦ 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브의 배수성능 검토
◦ 강성포장체의 표면 투수성능을 극대화한 슬래브의 역학적 내구성 특성의 실험적 검토
◦ 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브 재료기술의 개발
◦ 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브의 배수성능 검토
◦ 조립식 포장체의 하부배수기능을 가지는 슬래브의 역학적 및 내구성 특성의 실험적 검토
◦ 표면 및 하부배수 기능을 부여한 조립식 포장체의 역학적 특성 보강을 위한 섬유혼입 보강 기술의 개발
◦ 강성포장체의 골재노출 및 표면처리 공법을 통한 저소음 포장체 재료 및 시공 기술 개발
◦ 강성포장체의 골재노출 및 표면처리 공법을 통한 저소음 포장체의 소음저감 성능의 검증
◦ 연결부의 제작기법에 따른 소음저감 성능의 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 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 강성 조립식 포장구조체를 활용한 도로포장 공법은 기술의 활용 시 얻을 수 있는 대국민의 편의성 증대에 따른 기술개발의 특성상 영리목적의 산업체 보다는 정부의 적극적인 지원이 절실히 필요한 연구분야임
◦ 포장 기술의 개발은 주로 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">◦ 기후변화에 따라 강우패턴이 단시간에 집중적으로 변화하여 이러한 집중폭우에 대한 포장의 기능성을 중요하게 고려
◦ 콘크리트 강성포장의 경우 소음문제가 사용자들에게 많은 피로감을 유발하여 부정적인 역할을 하므로 이러한 기능성을 개선하여 사용자의 편안한 주행성을 중점적으로 고려
◦ Precast 공법으로 공장에서 제작된 모듈화된 슬래브를 현장에서 조립 시공하는 공법의 특성상 슬래브의 연결부위의 통과시 필연적으로 발생하는 소음의 감소를 위한 기술 개발의 검토</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 표면 및 하부배수 성능을 확보한 기능성 조립식 포장체의 개발 (롤러블포장의 하부기층 및 강성표층 포장체로의 활용가능)
◦ 소음저감 시공기술을 적용한 조립식 강성포장체의 개발
◦ 개발 기술의 특허 및 정량적 연구 성과</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">◦ 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발 목적에 부합하는 시공성 향상 경량포장체의 개발로 인한 시공성능 향상
◦ 표면 및 하부배수의 기능성을 부여한 모듈라포장체의 개발을 통한 통배수능력을 극대화 사용자의 만족도 향상
◦ 도심지 및 교차로 등의 교통상황이 불리한 도로에 적용할 경우 효과의 증대
◦ 소음의 저감 시공기술의 개발을 통한 사용자 만족도 고취</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>200</td><td>250</td><td>300</td><td>250</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>70</td><td>80</td><td>70</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>320</td><td>380</td><td>320</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,200</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">320</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,520</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 혼합물의 품질 관리 어려움 해결
◦ 표면 및 하부배수의 기능성을 부여한 모듈라포장체의 개발을 통한 통배수능력을 극대화 사용자의 만족도 향상
◦ 도심지 및 교차로 등의 교통상황이 불리한 도로에 적용할 경우 효과의 증대
◦ 소음의 저감 시공기술의 개발을 통한 사용자 만족도 고취
◦ 조립식 도로포장제의 구조적 성능을 만족하고 공용성의 극대화를 위한 고 내구성 포장체 기술개발을 통한 유지보수 최소화 및 비용의 감소
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 REGOMAT 제작 및 생산설비 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT에 대한 대량 생산 가능성을 검토하고 대량 생산 및 보관 설비 개발
◦ 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 생산 시스템을 조사하고 국내에 적합한 생산 설비 구축</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지 국내의 아스팔트 연구는 현장 포설에 국한되어 롤러블 REGOMAT 관련 연구나 유사 연구는 전무한 실정
◦ 생산되는 매트형태의 아스팔트 포장을 효과적으로 말고 펼칠 수 있는 생산 기술 개발이 필요함
◦ 아스팔트 플랜트내 생산에 필요한 요소 장비를 조합하여 대량생산에 적합하도록 생산 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 재료 생산 방법 및 생산 중 품질 관리 방안 제시
◦ 국내 활용 가능한 장비를 조합하여 롤러블 REGOMAT의 생산 시스템(재료 배합, 압출, 릴링, 품질관리 등 요소기술 결합) 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 Rollpave 공법 개발 및 시험시공을 통하여 생산 체계를 확보하였음
◦ 국내에서는 현장 포설 방식의 기능성 표층 재료 개발 이외에 생산 기술 관련 연구는 이루어지지 않았음
◦ 국내에서는 롤러블 아스팔트의 생산 설비 관련 연구는 전무한 실정</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 개발 기술의 활용도 및 파급 효과에 비해 국내적으로 시장 동향은 거의 전무한 실정으로 투자 대비 기술 선점 효과가 매우 큼
◦ 증가 추세인 아스팔트 유지관리 비용 등 고려할 때 매우 전망이 밝은 실정임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 본 기술은 기존 아스팔트 혼합물 생산 장비(아스팔트 폴랜트, 롤러)와 유사점이 거의 없기 때문에 기존 기술의 활용방안이 매우 국한되어 있음
◦ 오히려 다른 생산 분야(롤링 방식의 석유화학 제품 생산) 기술과 유사성이 있으며, 현재 아스팔트 플랜트 시설을 활용하기 위해서는 혼합물 생산시 개질제 투입 시설 등을 개량하여야 함
◦ 아스팔트 포장체를 말고 펼치는 생산 설비의 개발이 가장 중요한 요소로 국내에서 시도된 바가 없음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 롤러블 REGOMAT 생산 기술은 조립식도로의 공용성능과 경제성을 확보함에 있어 필요한 핵심 기술임
◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공 및 현장 장비 이동 최소화를 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 기술혁신을 통해 유지관리 측면의 고질적인 문제(포트홀, 부분 파손)를 해결할 수 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 시공시 품질관리의 어려움을 극복
◦ 롤러블 REGOMAT 생산 설비 기술 확보시 국내 대량 양산 체계를 구축할 수 있게 되어 유지관리 시장에서 파급효과가 매우 높음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 롤러블 REGOMAT의 특성(단입도 박층 구조)을 고려한 기능별 대량 재료 생산 방법론 개발
◦ 인장강도 및 벤딩 등 재료적 특성을 고려한 기능별 최적의 압출 및 롤링 방식 개발
◦ 하부층 접착시트와 포장층간 부착 방법 정립
◦ 기존 아스팔트 폴랜트에서 생산이 가능하도록 배치를 개선한 롤러블 REGOMAT 생산용 혼합 장비 개발
◦ 롤러블 REGOMAT의 특성(단입도 박층 구조)을 고려한 대량 혼합물 압출 장비 개발
◦ 대량 생산이 가능한 롤러블 REGOMAT 플랜트 공정관리 및 품질관리 방안
◦ 롤러블 REGOMAT의 보관, 저장, 및 출하 설비 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 롤러블 REGOMAT 공법은 기존 방식의 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술임에도 불구하고 사회기반시설물에 대한 연구이기 때문에 일반 기업이 대규모 투자하기에는 현실적으로 어려움 실정임
◦ 현재 포장 시공을 전문으로 하는 기업의 대부분은 매출액 200억 이하로 신규 기술개발에 대규모로 참여하여 연구비를 부담하기는 어려운 실정으로 정부와 도로관리주체의 지원이 절대적으로 필요함
◦ 본 기술은 포장의 내구수명 개선뿐만 아니라 교통저감, 소음 등 부가적인 이익이 매우 높아 공익적인 관점에서 정부차원의 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 배합설계 및 혼합물 성능 실험과 병행하여 생산시스템 관련 연구를 진행해야함
◦ 기능별로 롤러블 REGOMAT 입도, 두께, 바인더 형식 차별화
◦ 국내에서 현실적으로 활용 가능한 생산 기술 및 장비를 면밀히 검토하여 실제 도입시 장비 구축에 따른 경제적 부담을 최소화할 수 있는 방향으로 진행되어야 함
◦ 연구초기에는 국내 관련 플랜트 생산 설비 현황 파악 및 해외(네덜란드, 일본) 생산 설비 검토로 사전 연구 수행
◦ 이후에는 아스팔트 물성을 고려한 혼합 및 압출 기술, 롤링 기술, 접착 시트의 성능 시험, 공정 및 품질 관리 방법 등 다양한 요소기술과 실제 시공시 발생할 수 있는 문제점을 조기에 파악하여 요소기술 개발 과제의 완성도를 향상
◦ 매 차년도별로 다양한 조건(온도 등)의 시험생산을 실시하여 각 생산 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 개선</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">◦ 롤러블 REGOMAT 생산 기술 관련 특허
◦ 대량생산을 위한 생산 설비 관련 특허
◦ 시험 생산을 통한 생산 장비 성능 평가
◦ 재료 생산을 위한 시방 및 장비 규격 기준</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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</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>100</td><td>150</td><td>400</td><td>750</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>35</td><td>60</td><td>140</td><td>260</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>135</td><td>210</td><td>540</td><td>1,010</td><td>550</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,800</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">645</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,445</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 전체 기술은 원재료 가공부터 포장체 생산, 운반, 시공까지 포함한 고부가가치 복합 기술을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 전세계적으로 아직 기술 개발단계로 상용화시 사회기반인프라가 취약한 중국 및 동남아 시장 선점 가능
◦ 새로운 분야의 생산시스템 활성화에 따른 건설 및 유지관리 산업 분야의 파급효과
◦ 플랜트, 석유화학, 시멘트 생산 기업 간의 상호협력 및 연계를 통해 생산 비용 절감 및 국내외 도로건설시장 주도
◦ 시공시 분진 및 오염물질이 획기적으로 저감되어 환경적 비용 저감
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keyword</td><td colspan="7">◦ 아스팔트 혼합물골재분리(Segregation)
◦ 세립도 아스팔트 혼합물
◦ 아스팔트 혼합물골재분리(Segregation)
◦ 고무 아스팔트(Rubberized Asphalt)
◦ 부착방지제(Release Agent)
◦ 아스팔트 배합설계
◦ 아스팔트 혼합온도 (Asphalt Mixing Temperature)
◦ 아스팔트 함량
◦ 포화도(VFA, Voids Filled with Asphalt cement)
◦ 롤페이브 포장(Rollpave)
◦ 롤페이브 포장 플랜트(Rollpave Plant)
◦ 아스팔트 방수층(Asphalt Membrane)
◦ 조립식 아스팔트 표층(Prefabricated Asphalt Wearing)
◦ 다공성 도로표면 (PoroElastic Road Surface)
◦ 이중 저소음 포장(Double-layer Porous Asphalt Concrete)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">REGOSLAB 패널 슬래브 제작 및 생산 설비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 쾌속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물에 대한 대량 생산 가능성 검토
◦ 기술 선진국인 미국의 생산 장비와 국내 프리캐스트 콘크리트 생산 설비를 벤치마킹
◦ 이동이 가능하고 거푸집과 양생장비가 조화를 이루는 생산 설비 및 보관 설비 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지의 국내의 프리캐스트 포장 관련 연구는 슬래브 자체와 하중전달장치 개발에 치우쳤으며 몇 개의 슬래브를 시험생산하여 시험시공을 수행한 수준에 그쳤음
◦ 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물에 적용된 요소 기술을 검토하여 대량생산에 적합하도록 REGOSLAB의 요소기술을 최적화
◦ 대량 생산을 염두에 두고 기존 프리캐스트 생산장비를 개량하여 프리캐스트 슬래브와 하부 지지구조물을 생산할 수 있는 설비 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 패널, 하부 지지구조물을 포함한 REGOSLAB의 구성 요소의 생산성 검토
◦ 표면조직, 하중전달장치, 텐던 등 모든 요소를 포괄할 수 있는 단일 거푸집 체계 개발
◦ 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능할 수 있도록 구성 요소 최적화
◦ 콘크리트의 타설, 표면조직 형성, 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 구성 요소가 모두 통합된 생산 설비 개발
◦ 생산된 슬래브의 양생을 자동화하여 24시간 이내에 거푸집 탈형이 가능한 생산 설비 개발
◦ 시험생산을 통하여 설비를 개량하여 최적화된 생산 설비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국의 경우 SuperSlab과 같은 기술 개발을 통하여 프리캐스트 슬래브의 양산 체계를 확보하였음
◦ 국내에서는 거푸집 시험 제작 이외에 생산 기술 관련 연구는 이루어지지 않았음</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현장에서 콘크리트를 타설하여 슬래브를 형성하는 방법에 비하여 프리캐스트로 생산할 경우 다양한 표면조직 형성이 가능하며, 텐던과 정교한 하중전달장치 적용으로 콘크리트 슬래브의 내구성 향상이 가능함</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 개념의 급속시공이 가능한 연구로 현장 타설에 의존하는 기존 콘크리트 포장의 기술과는 전혀 다른 기술임
◦ 오히려 구조물 개념에서 프리캐스트 바닥판의 생산기술이 본 연구개발과 유사성을 가지나, 슬래브의 구성 요소 측면에서는 본 연구개발의 복잡성이 높음
◦ 거푸집 제작, 콘크리트 타설, 양생 등의 일련의 과정은 기존 프리캐스트 생산 설비와 유사하므로 기존 설비를 벤치마킹하여 신규 설비 개발에 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 슬래브의 수명증진과 재활용을 통하여 경제성 높은 포장 기술 확보
◦ 프리캐스트 콘크리트의 적용 분야를 확장할 수 있는 기반 기술로 개발 완료시 도로포장 시공에 대한 발상 전환이 가능함
◦ 프리캐스트 슬래브의 수명증진과 재활용을 통하여 경제성 높은 포장 기술 확보
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감이 가능하며 기상과 관계없이 시공이 가능하여 공기 단축에 기여할 수 있음
◦ 최근 유지관리 측면에서 문제가 빈발하는 항만 및 연약지반 단지내 포장의 기술혁신에 기여할 수 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 레미콘 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 시공시 품질관리의 어려움을 극복</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 표면조직, 하중전달장치, 텐던 등 프리캐스트 슬래브 및 하부구조에 적용되는 요소기술 생산성 검토
◦ 단순한 거푸집으로 생산이 가능하도록 슬래브 내부의 요소기술 배치 최적화
◦ 콘크리트 타설, 양생, 및 보관에 이르는 일련의 프리캐스트 생산 공정을 실현할 수 있는 설비 개발
◦ 시험생산을 통한 생산 설비 성능 및 불량률을 최소화할 수 있는 방안 도출
◦ 기존 프리캐스트 설비의 개선을 통한 생산 설비 개발
◦ 연속식 프리캐스트의 시공이 원활하도록 이동이 가능한 대량 생산 설비 개발
◦ REGOSLAB의 보관, 저장, 및 출하 설비 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 기존의 연구는 단편적인 연구에 치우쳐 기술개발의 파급효과가 미흡하며 특히 프리캐스트 슬래브의 대량 생산을 고려한 연구가 이루어지지 않았음
◦ 암거박스와 교량의 거더에 치우친 기존 프리캐스트 콘크리트의 적용 분야를 확장할 수 있는 연구로 도로포장 분야에 미치는 기술의 파급효과가 클 것으로 판단됨
◦ 현재 포장 시공을 전문으로 하는 기업의 대부분은 매출액 200억 이하로 신규 기술개발에 대규모로 참여하여 연구비를 부담하기는 어려운 실정으로 정부와 도로관리주체의 지원이 절대적으로 필요함
◦ 현재 전국에 산재하는 프리캐스트 생산 설비를 활용하여 포장용 고성능 재료를 생산할 수 있도록 유도하여 설비의 활용도를 높이고 콘크리트 포장의 품질을 향상</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">◦ 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물의 개발과 병행하여 생산성에 관련된 연구를 진행해야함
◦ 1차년도에는 국내 프리캐스트 생산 설비 현황 파악 및 미국의 슈퍼슬래브 생산 설비 검토로 사전 연구 수행
◦ 2차년도 이후에는 마찰을 위한 표면조직, 슬래브간 하중전달장치, 슬래브의 높이 조정장치, 텐던 및 인장보강재 등 슬래브와 하부지지구조물에 포함될 다양한 요소기술과 대량생산의 상충점을 조기에 파악하여 슬래브 형상 및 요소기술 개발 과제의 완성도를 향상
◦ 3차년도 이후 프리캐스트 슬래브 생산 기술 연구의 진행에 맞춰 생산 설비 개발 연구를 병행하고, 시험생산을 통하여 성과를 입증
◦ 매 차년도별로 시험생산을 실시하여 개발된 요소기술의 적용성을 확인하고 거푸집을 시험 제작하여 기술력 확보
◦ 기존 프리캐스트 제작공장의 설비를 최대한 활용하여 초기 연구를 진행하되, 최종단계에서는 설비의 이동성을 동시에 고려하는 연구 방향을 설정하여 공법의 경제성 향상에 기여</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">◦ 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물 거푸집 관련 특허
◦ 대량생산을 위한 설비 구축 관련 특허
◦ 시험 생산을 통한 생산성 검토 결과
◦ 프리캐스트 재료 대량 생산을 위한 시방 기준</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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</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>100</td><td>200</td><td>300</td><td>350</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>35</td><td>65</td><td>170</td><td>250</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>135</td><td>265</td><td>470</td><td>600</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,150</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">720</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">6 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,870</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 레미콘 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 현장 품질 관리 어려움 해결
◦ 슬래브의 재활용 및 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keyword</td><td colspan="7">◦ 프리캐스트 슬래브(Precast Concrete Slab)
◦ 프리캐스트 콘크리트 양생(Curing of Precast Concrete)
◦ 프리캐스트 콘크리트 거푸집(Form of Precast Concrete)
◦ 프리캐스트 워커빌리티(Precast Workability)
◦ 조립식 도로(Prefab Road), SuperSlab
◦ Modieslab, Modieslab Equipment, Modieslab Base Pile, Modieslab Crane
◦ 도로 슬래브 패널(Panel Slab)
◦ 혼화재료, 혼화제, 혼화재(Admixture Materials)
◦ AE제(Air Entraining Admixture)
◦ 고성능 감수제(Superplasticizer)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">롤러블 REGOMAT 시공 기술 및 장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 쾌속시공 개념의 롤러블 REGOMAT 운반 및 시공에 필요한 장비와 기술 개발
◦ 기술 선진국인 유럽(네덜란드)의 시공 장비를 조사하고 국내에 적용 가능한 장비를 활용한 시공 방법 제시</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지 국내의 아스팔트 연구는 현장 포설에 국한되어 롤러블 REGOMAT 관련 연구나 유사 연구는 전무한 실정
◦ 국내에 도입된 사례가 없는 롤러블 REGOMAT 시공을 현실화하기 위한 장비 조합에 대한 검토가 필요하며, 정해진 장비 조합에 따라 필요한 장비의 규격을 선정</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 운반 및 시공에 필요한 장비와 기술 개발로 롤러블 REGOMAT 시공 체계 확립
◦ 시공 중 품질 확보를 위한 사례별 시공 및 적용 기준 제시
◦ 결정된 규격에 합당한 장비를 특장차 및 겐트리 크레인의 형태로 목적에 따라 구분하여 개발함으로서 기존 피니셔와 롤러의 조합으로 구성된 아스팔트 포장 장비의 혁신 유도</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 Rollpave 공법 개발 및 시험시공을 통하여 생산 장비를 확보하고 지속적으로 개선하였음
◦ 국내에서는 생산 설비 관련 연구는 전무한 실정</td></tr>
<tr><td>기술기여도(제품/공법에서 기술이 차지하는 비중)</td><td>60 %</td><td>R&D기여도(본 연구과제를 통해 달성된 기술 개선 비중)</td><td>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 개발 기술의 활용도 및 파급 효과에 비해 국내적으로 시장 동향은 거의 전무한 실정으로 투자 대비 기술 선점 효과가 매우 큼
◦ 증가 추세인 아스팔트 포장 유지관리 비용 등 고려할 때 매우 전망이 밝은 실정임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 갠트리 크레인형 시공 장비(드럼 거치대) 설계 대안 검토
◦ REGOMAT 운반용 특장차(트레일러)는 기존 특수물 운반 장비 검토
◦ 맨홀의 및 공동구 부근의 시공 및 보수보강 방법은 기존 전력신기술에 대한 검토가 필요함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로 시공에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 쾌속시공 및 현장 장비 이동 최소화를 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 롤러블 REGOMAT의 폭이 3.3m 이상으로 추정되어 기존 운송 장비를 적용할 경우 대처 방법 필요(현행 화물 운송 제한폭: 2.5m, 높이: 4.2m, 트레일러 길이: 19.0m)
◦ 기술혁신을 통해 유지관리 측면의 고질적인 문제(포트홀, 부분 파손)를 해결할 수 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 아스팔트 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 시공시 품질관리의 어려움을 극복</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 롤러블 REGOMAT과 하부층 사이의 부착 방법에 대한 시공성 검토
◦ 교통차단 면적을 최소화할 수 있는 다목적 장비 조합 검토 및 표준화 방안 검토
◦ 소성변형 및 부등 침하 구간에 대한 적용 방안 및 기준 검토
◦ 거치대 및 부착을 위한 열가소성 포설 장비 개발
◦ 곡선부, 램프부, 맨홀 및 공동구 처리 등 비정형 구간의 시공 방법에 대한 검토
◦ REGOMAT 운반용 특장차 또는 거치대 부착형 트레일러 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 롤러블 REGOMAT 공법은 기존 방식의 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술임에도 불구하고 사회기반시설물에 대한 연구이기 때문에 일반 기업이 대규모 투자하기에는 현실적으로 어려움 실정임
◦ 국내의 포장 시공용 장비의 대부분은 외국 수입산이며, 국내 장비 제조 여건이 열악하여 조립식 도로포장의 보급을 위하여 장비 제작에 정부차원의 지원이 필요함
◦ 본 기술은 포장의 내구수명 개선뿐만 아니라 교통저감, 소음 등 부가적인 이익이 매우 높아 공익적인 관점에서 정부차원의 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 국내에서 현실적으로 활용 가능한 시공 장비를 면밀히 검토함(장비 적용의 용이성, 인력의 숙련도, 기하구조의 적응성)
◦ 연구초기에는 국내 장비 현황 파악 및 해외(네덜란드, 일본) 시공 장비 검토로 사전 연구 수행
◦ 이후에는 장비 조합에 대한 다양한 시뮬레이션 검토를 실시하여 시공시 발생할 수 있는 문제점을 개선
◦ 개별 장비에 대한 설계도면 생성 및 시제품 제작
◦ 시제품 장비를 통한 시험시공으로 성능 평가 및 장비 보완</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 시공 장비 개발 관련 특허
◦ 비정형 구간 시공에 관련된 특허
◦ 시험 시공을 통한 시공 장비 성능 및 기준 제시</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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">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>-</td><td>-</td><td>150</td><td>250</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>60</td><td>90</td><td>60</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>210</td><td>340</td><td>210</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">550</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">210</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">760</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 전체 기술은 원재료 가공부터 포장체 생산, 운반, 시공까지 포함한 고부가가치 복합 기술을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 전세계적으로 아직 기술 개발단계로 상용화시 사회기반인프라가 취약한 중국 및 동남아 시장 선점 가능
◦ 새로운 분야의 생산시스템 활성화에 따른 건설 및 유지관리 산업 분야의 파급효과
◦ 플랜트, 석유화학, 시멘트 생산 기업 간의 상호협력 및 연계를 통해 생산 비용 절감 및 국내외 도로건설시장 주도
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keyword</td><td colspan="7">◦ 아스팔트 혼합물운반(Pavement Transport)
◦ Gantry Crane
◦ 포장 시공 장비(Pavement Construction Equipment)
◦ 밀도 측정 장비(Non-destructive Density Gauge)
◦ 아스팔트 혼합물 골재분리 (Asphalt Segregation)
◦ 아스팔트 혼합온도 (Asphalt Mixing Temperature)
◦ 아스팔트 혼합물 품질 확인 시험
◦ 프라임 코트(Prime Coat)
◦ 골재관리(Aggregate Management)
◦ 롤페이브 포장 플랜트 (Rollpave Plant)
◦ 아스팔트 방수층 (Asphalt Membrane)
◦ 도로 평탄성 (Road Roughness, IRI: International Roughness Index)
◦ Pavement Leveling
◦ MTV(Material Transfer Vehicle)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">REGOSLAB 패널 시공 기술 및 장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 괘속시공 개념의 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 시공이 가능한 장비 개발
◦ 기술 선진국인 미국의 시공 장비와 국내 유사한 프리캐스트 콘크리트 시공이 가능한 장비 벤치마킹
◦ 생산시설에서 REGOSLAB 패널을 운반하여 교통개방까지 시공에 요구되는 관련 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지의 프리캐스트 포장 관련 연구는 재료 및 형상개발에 치중하였으며 시공을 현실화하기 위한 장비에 대한 연구는 부재한 실정임
◦ 개발되는 프리캐스트 슬래브 및 지지구조물의 형태를 반영한 시공 장비 조합에 대한 검토 필요하며 최소한의 장비 투입으로 시공이 가능하도록 장비를 다목적화하여 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 괘속 시공을 위한 프리캐스트 슬래브용 시공 장비 체계 규정 및 장비 개발
◦ 기존에 사용하던 일반형 크레인의 사용을 지양하고 교통 차단 면적을 최소화하여 시공중 교통지체를 최소화</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국의 경우 SuperSlab과 같은 기술 개발을 통하여 프리캐스트 슬래브의 시공 체계를 확보하였음
◦ 국내에서는 거푸집 시험 제작 이외에 생산 및 시공 기술 관련 연구는 이루어지지 않았음</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 고속도로에서 줄눈부 파손 등에 의해 콘크리트 포장에 대한 유지관리 비용이 증가하여 개발된 기술에 대한 활용도는 매우 높음</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 개념의 급속시공이 가능한 연구로 현장 타설에 의존하는 기존 콘크리트 포장의 기술과는 전혀 다른 기술임
◦ 일반크레인을 배제하고 겐트리 크레인 형태의 시공장비 조합을 검토
◦ 제작된 프리캐스트 슬래브의 운반을 위한 트레일러는 기존 프리캐스트 제품 운반 차량 기술 검토
◦ 최근 일본에서 개발된 하부지지구조물의 시공 방법 및 침하 방지 대책 검토</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 콘크리트의 적용 분야를 확장할 수 있는 기반 기술로 개발 완료시 도로포장 시공에 대한 발상 전환이 가능함
◦ 프리캐스트 슬래브의 수명증진과 재활용을 통하여 경제성 높은 포장 기술 확보
◦ REGOSLAB의 폭이 3.3m 이상으로 추정되어 기존 운송 장비를 적용할 경우 대처 방법 필요(현행 화물 운송 제한폭: 2.5m, 높이: 4.2m, 트레일러시 길이: 19.0m)
◦ 괘속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감이 가능하며 기상과 관계없이 시공이 가능하여 공기 단축에 기여할 수 있음
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 레미콘 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 포장 시공시 품질관리의 어려움을 극복</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 기존 하부층과 프리캐스트 슬래브 사이의 채움재 필요성 검토
◦ 하부 지지구조물에 대한 시공 방법 검토
◦ 프리캐스트 슬래브 운반용 특장차 또는 트레일러 설계 대안 검토 및 제작
◦ 곡선부, 편경사 변화 구간 등에 대한 평탄성 유지 방안 검토 및 장비 적용성 검토 및 제어 기술 개발
◦ 갠트리 크레인형 시공 장비 및 트레일러형 운반 장비 설계 대안 검토
◦ 교통차단 최소화가 가능한 시공 장비 운영 방법 검토
◦ 개별 장비에 대한 설계도면 생성 및 시공장비 시작품 제작
◦ 시작품 장비를 통한 시험시공으로 성능 평가 및 장비 보완</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 암거박스와 교량의 거더에 치우친 기존 프리캐스트 콘크리트의 적용 분야를 확장할 수 있는 연구로 도로포장 분야에 미치는 기술의 파급효과가 클 것으로 판단됨
◦ 국내의 포장 시공용 장비의 대부분은 외국 수입산이며, 국내 장비 제조 여건이 열악하여 조립식 도로포장의 보급을 위하여 장비 제작에 정부차원의 지원이 필요함
◦ 콘크리트 도로포장의 내구성을 향상할 수 있는 기술로서 항만 및 단지내 포장과 같이 공공영역의 도로포장에 활용될 가치가 높은 기술로 유지관리비용의 저감이 가능함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물의 개발과 병행하여 생산 설비와 관련된 연구를 진행해야함
◦ 3차년도 이후 프리캐스트 슬래브 생산 기술 연구의 진행에 맞춰 생산 장비 개발 연구를 병행하고, 다양한 시험시공을 통하여 성과를 입증
◦ 각 시공 조건별 교통 차단을 최소화 할 수 있는 방식 조합함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물 시공용 장비 개발 관련 특허
◦ REGOSLAB 패널 성능(내구성, 평탄성, 기능성) 확보를 위한 시방 기준</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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">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>-</td><td>-</td><td>150</td><td>250</td><td>150</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>60</td><td>90</td><td>60</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>210</td><td>340</td><td>210</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">550</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">210</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">760</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시
◦ 괘속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 기존 도로포장의 현장여건 (날씨, 골재 수급, 레미콘 플랜트 품질관리, 현장 시공 품질관리)에 의한 현장 품질 관리 어려움 해결
◦ 슬래브의 재활용 및 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keyword</td><td colspan="7">◦ 조립식 도로(Prefab Road), SuperSlab
◦ 프리캐스트 슬래브(Precast Concrete Slab)
◦ 조립식 도로(Prefab Road), SuperSlab
◦ Modieslab, Modieslab Equipment, Modieslab Base Pile, Modieslab Crane
◦ 도로 슬래브 패널(Panel Slab)
◦ Pavement Transport, Gantry Crane
◦ 콘크리트 포장 줄눈재(Concrete Pavement Joint Sealant)
◦ 도로 표면 조사(Road surface Detection)
◦ 포장 조사(Pavement Measurement)
◦ 도로 평탄성 (Road Roughness, IRI: International Roughness Index)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가 기준 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 개발된 조립식 도로재료 및 도로시스템 (REGOMAT, REGOSLAB)의 최적 시공성 확보를 위한 품질관리 방안 마련 필요
◦ 조립식 도로포장에 대한 준공당시 성능(평탄성, 기능성 등)에 대한 정의 및 평가기준 개발 필요</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 새롭게 제시된 조립식 도로 시스템의 최적 공용 성능 확보를 위한 품질관리 및 성능평가 기준 필요
◦ Fast-track 개념과 Multi-construction 개념을 적용한 쾌속 시공 프로세스 별 품질관리 기준 제시 필요
◦ 조립식 도로 시스템의 준공시 필요한 성능을 정의하고, 효과적인 성능평가 방법 및 기준 제시 필요</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 개발된 조립식 도로시스템 (REGOMAT, REGOSLAB)의 시공 공정별 품질관리 기준 개발
◦ 조립식 도로시스템 준공시 성능평가 기준 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 네덜란드의 경우 롤러블 표층 재료 및 조립식 강성포장체를 개발하여 2007년 이후 실제 고속도로에 시험적용 하고 있음
◦ 미국의 경우, 프리캐스트 콘크리트 포장 공법을 도심부 긴급유지보수 구간에 활발히 적용하고 있음
◦ 일본의 경우, 패치형 카펫을 개발하여 도로포장 유지보수용으로 사용하고 있음</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>70 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 경우 롤러블 연성도로포장 재료 시공 실적이 전무함에 따라 품질관리 및 성능평가 기준이 현재 없음
◦ 조립식 강성 포장체의 경우, 시험시공 및 버스전용차로에 일부 적용되어 활용되고 있으나 명확한 품질관리 기준이 없음</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국내의 연성 및 강성포장 시공 기술은 전적으로 현장타설 시공방식을 채택하고 있음
◦ 따라서 공장생산을 기본으로 하는 조립식 도로 시공기술에 대해 국내 기존 활용기술은 많지 않음
◦ 강성 포장체의 경우, 기존 PC(Precast concrete) 제작 기술 및 보관/야적, 이동, 하역 기술 품질관리 기준 활용 가능
◦ 연성 포장체의 경우, 건축용/산업용 매트 제작 기술 및 보관/야적, 이동, 하역 기술 응용 가능</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 제시된 미래도로 시스템의 최적 품질확보를 위한 품질관리 방안 필요
◦ 개발된 조립식 도로포장 품질확보를 위한 주요 성능(평탄성, 기능성)별 평가 기준 필요</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 현장 시공성 및 시공 효율성 확보를 위해 현장 시공 절차서 개발
◦ 맞춤형 쾌속 시공 프로세스 별 품질관리(품질검사 항목/시험법/기준값) 방안 개발
◦ 조립식 도로시스템 별 준공시 성능평가(평탄성, 기능성 등) 기준 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 도로의 경우 국가기반산업으로 새로운 기술의 실용화 및 활성화를 위해서는 정부주도로 기술을 개발하는 것이 타당함
◦ 기존의 연구는 단편적인 연구에 치우쳐 기술개발의 파급효과가 미흡하며 특히 도로등급 및 도로의 중요도에 따른 맞춤형 품질관리 기준 및 성능평가기준이 마련되어 있지 않음
◦ 개발된 기술의 표준화 및 고급화를 위해 정부 차원의 품질관리 및 평가 기준이 제시되어야 함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 및 성능평가기준에 대한 핵심연구는 연구개발 단계시 설정된 우선순위를 바탕으로 중요도를 채택하며 3, 4차년도에 중점적으로 초안을 개발함
◦ 개발된 핵심기술에 대한 현장 시험시공을 거쳐 5차년도에 중점적으로 품질관리기준 및 성능평가기준 안 제시
◦ 5차년도에는 시험시공구간에 대한 정기적 성능평가를 통해 최종적으로 품질관리기준 및 성능평가기준 제시 및 법제화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 조립식 도로시스템 (REGOMAT) 현장 시공 절차서
◦ 조립식 도로시스템 (REGOSLAB) 현장 시공 절차서
◦ 조립식 도로시스템 (REGOMAT) 품질관리 지침
◦ 조립식 도로시스템 (REGOSLAB) 품질관리 지침
◦ 조립식 도로시스템 (REGOMAT) 성능평가 기준
◦ 조립식 도로시스템 (REGOSLAB) 성능평가 기준</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 연구개발을 통해 도출된 시공절차서, 품질관리 지침 및 성능평가 기준은 시험포장, 신기술화, 실용화 사업 등에서 핵심적인 품질관리 및 성능평가 기준으로 활용 가능
◦ 관련 부서(국토부 기술기준과)와 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 표준 시방서, 전문시방서, 지침 등에 반영하는 작업을 수행 예정</td></tr>
</table>

<table>
<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>-</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>40</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">160</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">3 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">160</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 새로운 개념의 조립식 도로포장 시공기술에 대한 핵심적인 가이드라인 제시
◦ 조립식 도로포장 시공을 위한 품질관리 기준 및 성능 평가기준 제시를 통해 시공 효율화 달성
◦ 철저한 품질관리 기준 및 성능평가기준 제시를 통해 관련기술의 체계화, 맞춤식 표준화 방안 구축
◦ 관련 기술의 기준화 및 체계화를 통해 기술 이전 및 수출 활성화의 근간 마련</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="7">◦ 시공절차 (Construction Process)
◦ 품질관리 (Quality Control)
◦ 성능평가 (Performance Evaluation)
◦ 평탄성 (IRI, Roughness)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">GPR을 이용한 지하매설물 확인 및 접근 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 쾌속시공 개념의 REGO-pave를 설계할 경우에 필요한 지하매설물 확인 기술
◦ 프리캐스트 개념의 기층 구조를 적용하는 경우에 지지구조물과 지하매설물의 간섭의 회피하기 위한 기술</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지 도심지의 아스팔트 포장 구간에서 빈발하는 굴착복구는 아스팔트 포장의 내구성을 저하시키고, 몇차례 반복될 경우 굴착복구 구간의 부등침하로 인하여 포장 평탄성에 심각한 저하를 유발함
◦ 장기적으로 공동구로 지하매설물을 이설하고 맨홀을 설치하는 것이 필요하지만 불가능할 경우에는 지하매설물을 확인하여 REGO-pave의 하부지지구조물과 간섭을 회피해야함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 열배관, 상하수도, 전력공동구 등 다양한 지하매설물의 매립 깊이 검토로 GPR 장비의 투과 필요 깊이 결정
◦ 현재 국내에서 개발된 차량탑재 GPR 장비의 출력 및 주파수 대역에 따른 포장하부 투과력 검증
◦ 충분한 투과력이 발현되는 출력 및 주파수 대역을 확인하고 국내 장비로 미진할 경우 외산 장비의 투과력 검토
◦ 설계 단계에서 지하매설물과 포장 지지구조물의 간섭 방지 대책 수립</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 현재 국내에서는 교면포장 및 교량바닥판의 건전도 판단을 위하여 한국도로공사 도로교통연구원에서 자체 개발한 GPR 장비를 운영 중이며 시설안전공단에서도 자체 개발을 고려하고 있음
◦ 해외에도 GPR 조사 장비는 다양하게 존재함</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>80 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 본 기술 개발에서 필요한 지중매설물의 탐지는 표면의 포장체 두께 30cm 이상을 포함하여 200cm 이상의 투과력을 필요로 할 것으로 예측되는 바, 국내외 가용 장비의 적정성을 평가하여 적용 가능한 장비의 선별이 필요함</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 국내외에서 기존에 개발된 차량탑재 GRP 장비는 토사층 내부의 매설물을 식별하거나, 포장층 또는 콘크리트 층의 경우에는 얕은 깊이에서 발생하는 차이점을 식별하는 용도로 주로 사용됨
◦ 본 과업에서는 200cm 이상의 투과 깊이까지를 검토해야하므로 현재 가용한 모든 장비의 투과력 평가가 필요함
◦ 국내외에 충분한 투과력을 보유한 장비가 존재할 경우 본 과업의 필요성에 맞도록 개조하여 적용 가능함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 프리캐스트 기층 구조물의 하부지지구조물과 지해매설물의 상충 문제를 사전 설계 단계에서 조사해야함
◦ 도심지 구간의 도로에서 조사를 수행해야하므로 국내외의 현용 장비가 충분한 투과력을 가지는지 검토가 필요함
◦ 투과력이 불충분할 경우 투과력 확보를 위한 연구가 필요함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 열배관, 상하수도, 전력공동구, 도시가스 등 다양한 지하매설물의 매립 깊이를 확인하여 최대 투과 필요 깊이 산정
◦ 국내외 GPR 조사 장비의 시험 운영을 통한 투과 성능 평가
◦ 투과 가능 장비 출력 및 적용 주파수 대역을 결정
◦ 확인된 지하매설물 탐사 및 접근 기술
◦ REGO-pave 설계 과정에서 지하매설물과 간섭을 피할 수 있는 설계 기준 도출</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 도심지 구간에 REGO-pave 적용 가능 여부를 확인하기 위한 기술임
◦ 도심지 포장에서 빈발하는 굴착복구의 문제를 해결하고 REGO-pave와의 간섭을 회피하기 위한 기술로 차량탑재 조사장비의 운영을 통하여 설계 단계에서 신개념 포장의 적용성을 판단하기 위한 기술 확보</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 기존 GPR 장비의 운영 경험을 참고하여 지하매설물 탐지에 적용 가능 여부 판단
◦ 국내기술로 적용이 어려울 경우 외국의 GPR 장비 성능평가를 통한 적용 가능 여부 판단
◦ 원천기술의 개발보다는 기존 개발 기술의 적용성 평가를 위한 연구 진행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ REGO-pave 시공중 지하매설물 탐지에 필요한 GPR 장비 적용 기준</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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</td></tr>
</table>

<table>
<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>-</td><td>-</td><td>20</td><td>40</td><td>40</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>20</td><td>40</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">100</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">2 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">100</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 현재 차량탑재 GPR의 투과력 제한으로 도로포장의 경우 하부 지반에 매설된 관로 및 공동구의 탐지가 어려움
◦ 출력 및 파장의 조정에 의하여 GPR로 탑지가 가능할 경우 조립식 도로포장의 유지관리 분야 보급에 큰 역할을 할 것으로 기대됨</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="7">◦ GPR(Ground Penetrating Radar)
◦ GPR 장비(GPR Equipment, GPR Receiver, GPR System, GPR Sampler)
◦ 도로 평가(Evaluation of Road)
◦ Pi-Scanner
◦ 지하매설물 U(nderground Utilities, Buried Pipe, Underground Facility)
◦ 공동구 (Underground Pipe, Culvert)
◦ 비파괴 장비(Non Destructive Test)
◦ 공동탐사(Detection of Delamination)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">조립식 도로포장의 공용상태에 따른 예방적 유지관리 기법 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장의 예방적 유지보수 공법 및 재료 기술 개발
◦ SIM(Stress in Motion) 또는 매립형 센서를 사용한 조립식 도로포장의 구조적 측면 예방적 유지관리 기법 개발
◦ 조립식 도로포장의 예방적 유지보수 기준 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내의 도로 포장의 경우 조기 균열, 포트홀 등의 발생이 빈번하여 도로포장의 공용성능을 증대시키기 위한 제반 기술 개발이 시급
◦ 국내 도로포장 유지관리는 대부분 파손 발생 후 유지보수
◦ 일부 구간에서 예방적 유지보수를 수행하고 있으나 이에 대한 적정한 기준, 시기 및 방법이 구체적이지 못함
◦ 최근 계측 기술의 발전과 더불어 교량과 같은 일부 구조물에서 구조체의 실시간 건전성 모니터닝이 수행되고 있음</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 상대적으로 고비용인 조립식 포장 수명 증대를 위한 예방적 유지보수 기술 개발
◦ SIM(Stress in Motion) 또는 매립형 센서를 사용한 조립식 도로포장의 공용시간에 대한 건전성 예측방법 개발
◦ 조립식 포장의 합리적 유지관리를 위한 예방적 유지보수 기준 확립</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 국토해양부 주관으로 포장설계법 및 성능개선방향에 관한 연구를 수행 바 있지만 예방적 유지보수에 관한 구체적인 연구나 관련 지침은 미비한 실정
◦ 미국 및 유럽과 같은 선진국에서는 예방적 유지관리 관련 다양한 재료가 소개되고 있으나 국내는 아직 미비
◦ 국내 교량분야의 경우 계측 기술과 IT 기술의 융복합을 통해 교량 건전성 모니터닝 기술 개발이 활발이 진행 중 이나 도로포장에 적용된 사례는 전무</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 도로의 경우 신규 공사보다는 유지보수의 비율이 높아지고 있으며, 도로의 유지관리 예산이 현재 약 20%정도에서 향후 40%까지 증대 될 것으로 예상됨
◦ 개발 기술의 활용도 및 파급 효과에 비해 국내적으로 시장 동향은 거의 전무한 실정으로 투자 대비 기술 선점 효과가 매우 큼</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 기존 아스팔트 포장의 예방적 유지보수 재료 기술 적극 활용
◦ 기존 콘크리트 재료의 표면강화제 재료 기술 적극 활용
◦ 기존 구조물 계측 장치, 데이터 처리 기술의 적극 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 상대적으로 고가의 조립식 포장의 경우 파손 후 대응적 유지관리라는 고비용 저효율적인 방법보다 예방적 유지관리를 통한 저비용 고효율적 관리 기법 개발이 필요
◦ 조립식 포장의 적절한 예방적 유지보수 시기, 공법 및 재료에 관한 지침 필요
◦ 조립식 포장의 적절한 예방적 유지관리를 통한 포장의 공용수명 증대
◦ 시공 후 장비를 통한 포장 상태 표면조사가 아닌 모니터링을 통해 실시간 구조적 건전성 평가 필요</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 조립식 아스팔트 포장 예방적 유지보수 재료 및 시공 기법 개발
◦ 조립식 콘크리트 포장 예방적 유지보수 재료 및 시공 기법 개발
◦ 실시간 계측을 위한 계측 관련 기술 개발
◦ 실시간 계측 자료의 처리 기술 개발
◦ 조립식 도로포장 예방적 유지보수 시기와 기준 및 공법관련 지침 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 해외에서도 조립식 도로포장 예방적 유지관리 연구는 도입 단계이므로 국가차원의 기술선점이 가능
◦ 조립식 도로포장 예방적 유지보수를 통한 공용수명 증대 및 유지보수비 절감
◦ 도로 포장의 실시간 모니터링 기술을 통해서 도로 재난 시 실시간 대응 가능</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="4">◦ 연구는 총 4차년도에 걸쳐 수행되며, 2차년도에는 국내 및 해외의 예방적 유지관리 기술 현황과 실시간 구조물 계측 및 평가 기술에 대한 조사를 수행하여 개선할 요소 기술을 찾고 2차년도에는 조립식 도로포장의 예방적 유지보수 최적의 재료를 개발을 위한 실내시험을 수행하고, SIM 또는 매립형 센서를 위한 시험시공을 수행한다. 그리고 3-4차년도 실내시험 및 시험시공 자료를 통해 재료를 개발하고, SIM 또는 매립형 센서를 위해 계측 자료를 분석 및 처리하는 기술을 개발 및 검증한다. 5차년도에는 조립식 도로포장의 예방적 유지보수를 위한 재료 및 공법 관련 지침과 SIM 또는 매립형 센서를 통한 포장상태 평가 지침을 제시한다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td>◦ 조립식 아스팔트 포장 예방적 유지관리 재료 관련 특허
◦ 조립식 콘크리트 포장 예방적 유지관리 재료 관련 특허
◦ 조립식 도로포장 예방적 유지관리 지침
◦ SIM 또는 매립형 센서를 통한 조립식 포장의 구조적 건전성 평가 시스템 관련 특허
◦ SIM 또는 매립형 센서를 통한 조립식 포장의 구조적 건전성 평가 지침</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td>◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물인 조립식 포장 예방적 유지관리 재료는 일반적 도로포장에도 사용될 수 있으며, 콘크리트 예방적 유지보수 재료의 경우 타 콘크리트 관련 구조물의 표면 강화제로도 이용 가능
◦ SIM 또는 매립형 센서를 통한 실시간 모니터링 기술은 철도궤도 포장분야에도 확대 적용 가능하다 사료됨</td></tr>
</table>

<table>
<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>-</td><td>70</td><td>150</td><td>150</td><td>70</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>25</td><td>60</td><td>60</td><td>25</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>95</td><td>210</td><td>210</td><td>95</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">440</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">170</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">4 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">610</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 예방적 유지보수를 통한 조립식 도로포장의 유지보수 최소화 및 비용 절감
◦ 도로 구조에 대한 실시간 모니터링으로 재난 상황에 긴급대처 가능
◦ 전세계적으로 아직 기술 개발단계로 상용화시 사회기반인프라가 취약한 중국 및 동남아 시장 선점 가능
◦ 포장 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성
◦ 도로설계에 대한 발상의 전환을 통해 가치창조형 미래도로 모델 제시</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="7">◦ Preventive Maintenance
◦ Preventive Maintenance Material
◦ Stress in Motion
◦ Imbedded Sensor</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>조립식 도로포장의 구조적 및 기능적 성능평가 기준 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td>◦ 조립식 도로포장의 평탄성 및 레벨 측정을 조합한 평탄성 관리 기술 제시
◦ 조립식 도로포장의 포장 손상 평가 기준 마련
◦ 조립식 도로포장의 미끄럼 및 소음 평가 기준 제시</td></tr>
<tr><td>◦ 프리캐스트 슬래브 형태의 포장을 대단위로 시공할 경우를 상정한 평탄성 관리 기술을 개발해야 높은 수준의 승차감 유지가 가능함
◦ 조립식 도로포장의 경우 기존 포장과 구조 및 재료적 차이로 파손 위치, 유형, 심각도 및 원인 등이 상이하므로 이에 대한 평가 기준이 필요
◦ 조립식 도로포장의 경우 기존 포장과 구조 및 재료적 차이로 미끄럼저항과 소음발생 메카니즘이 다를 수 있으므로 이에 대한 적정 평가 기준이 필요</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>◦ 조립식 도로포장의 평탄성을 현장 타설 수준인 IRI 2.0 ㎜/㎞ 이하 수준으로 유지할 수 있는 관리 기술 개발
◦ 조립식 도로포장의 파손 특성 파악을 통한 평가기준 인자선정 및 공용성능 관리기준 개발
◦ 조립식 도로포장의 미끄럼 및 소음특성 파악을 통한 관리 기준 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>◦ 포장체 내부에 적용하는 매립형 센서를 통하여 평탄성을 평가하는 연구는 국내외에서 시도된 바가 있으나 상용화된 제품은 없음
◦ 국내에는 일반 포장의 유지관리에 관한 연구만 수행되었고, 조립식 도로포장의 성능 평가 및 유지관리 기준에 관한 연구는 전무한 실정.
◦ 조립식 도로포장 뿐 아니라 일반 도로포장에 대한 미끄럼 및 소음 평가 기준이 명확히 제시 되어 있지 않음.</td></tr>
<tr><td><table><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></table></td></tr>
<tr><td>◦ 매립형 센서에 의한 평탄성 변동이 확인 가능할 경우 실질적인 평탄성 평가를 통하여 프리캐스트 포장에 손상이 발생하기 이전에 평탄성을 보정하여 슬래브 파손 최소화로 도로포장 수명 증진
◦ 국내 도로의 경우 신규 공사보다는 유지보수의 비율이 높아지고 있으며, 도로의 유지관리 예산이 현재 약 20%정도에서 향후 40%까지 증대 될 것으로 예상됨.</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td>◦ 기존에 시장에서 사용되는 경사계의 활용 방안 검토
◦ IRI와 같은 측정방식에서 탈피하여 개별 슬래브의 레벨 정밀 측정이 가능한 대안 (GPS, 3D Scan, 레벨 측량) 검토
◦ 국내 및 국외의 조립식 포장의 유지관리 기술 검토
◦ 국내 및 국외의 도로포장 미끄럼 및 소음 조사 방법, 절차, 기준 참고.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td>◦ 조립식 포장에 적합한 평탄성 관리 기준 설정으로 유지관리 지표 선정
◦ 평탄성 보완을 위한 유지보수 방법을 결정하여 조립식 포장 및 하부구조 제작 공정에 반영
◦ 조립식 포장의 파손 위치, 유형, 심각도, 원인 등이 기존 일반 포장과 다를 것이 예상되므로 이에 관한 분석, 대응방안 및 관리 기준이 필요함.
◦ 일반 포장과 다른 재료 및 구조의 조립식 포장의 경우 미끄럼 및 소음 특성이 기존의 것과 상이할 것으로 예상되어 이에 대한 분석, 대응기술개발 및 관리 기준 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td>◦ 기존 경사계의 정확도 및 정밀도를 검토하고 외부 변수에 따른 정확도 수준 검토
◦ 매립형으로 제작하기 위한 패키징 기술과 USN 기반 데이터 획득을 위한 압전소자 및 통신 연계 기술 개발
◦ 정밀 레벨 측정 대안(GPS, 3D Scan, 레벨 측량)에 대한 정확도 수준 및 소요시간 검토
◦ 평탄성 보완을 위한 방법론 개발 및 평탄성 평가 주기 및 방법 결정
◦ 조립식 포장의 파손 평가 인자결정, 파손 유형 및 심각도 분석과 공용성능 평가 기준 모형 개발
◦ 조립식 포장의 파손, 미끄럼, 소음 조사 방법 및 주기 결정</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td>◦ 연약지반부와 같이 평탄성이 수시로 변화하는 구간에 적용할 수 있도록 자동화된 평탄성 측정 방법론이 개발될 경우 지반 침하에 의하여 발생하는 포장체의 파손을 억제하여 포장의 내구수명 증진이 가능함
◦ 현재 사용하는 포장 자동조사장비 이외의 대안을 개발하여 평탄성 측정 및 보완에 대한 응용영역을 확대
◦ 조립식 포장 파손 상태에 대한 합리적인 관리 기준 제시를 통해 포장 수정을 증가시킬 수 있으며 이를 통한 국가예산 절감 예상
◦ 미끄럼 및 소음 기준 제시를 통해 국민에게 안전하고 쾌적한 도로환경 제공</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>◦ 프리캐스트 슬래브 및 하부지지구조물의 개발과 병행하여 평탄성 관리 기술을 연구하여 슬래브 및 지지구조물에 필요한 요소 기술을 반영
◦ 조립식 도로 시스템 연구팀의 수치해석 결과를 본 연구에 반영하여 파손 가능한 부분을 사전에 예측
◦ 1~2차년도에는 해외 조립식 포장의 평탄성 확보 기술, 파손 유지관리 기술, 미끄럼 및 소음관리 기술 수준을 검토하여 필수 요소 기술을 개발하여 3~4차년도부터 시험시공 구간에 대하여 평탄성, 파손, 미끄럼 및 소음 조사 및 평가 실시하고 이를 분석하여 개발된 기술을 개선한다. 4차년도에는 최종적으로 개발 및 제안된 기술의 지침을 제시한다.
◦ 조사 결과를 토대로 타 연구팀의 성과에 반영되도록 협조 체계를 적극 구축</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">◦ 조립식 포장의 평탄성 유지관리 방법 및 기준 지침 제시
◦ 포장체 내부에 매립이 가능한 경사계 센서 시스템
◦ 조립식 포장의 파손 유지관리 지침 재시
◦ 조립식 포장의 소음 측정 장비
◦ 조립식 포장의 미끄럼 및 소음 관리 지침</td></tr>
<tr><td>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 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 음 평탄성 관리 기술은 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행</td></tr>
<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>70</td><td>130</td><td>130</td><td>70</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>70</td><td>130</td><td>130</td><td>70</td><td>0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">400</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">3 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">◦ 평탄성 저하시 보완 방안 수립을 통하여 프리캐스트 포장의 적용 영역 확대 및 항만 등 단지내 포장 분야 기술 혁신 유도
◦ 조립식 포장에 적합한 도로 유지관리 체계 개발을 통한 도로 수명 증대
◦ 소음의 저감 시공기술의 개발을 통한 사용자 만족도 고취
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="6">◦ 도로 평탄성 (Road Roughness, IRI: International Roughness Index)
◦ Embeded SensorSystem
◦ PMS
◦ Skid Resistance
◦ Traffic Noise
◦ 도로 표면 조사(Road surface Detection)
◦ 포장 조사(Pavement Measurement)
◦ 도로 종단 (Road Profile)
◦ Auto Rod and Level
◦ Pavement Leveling
◦ Precast Concrete Pavement subsidence
◦ 프리캐스트 슬래브 유지관리 (Precast Concrete Pavement maintenance)
◦ 포장 유지관리 분야 (Pavement Surface Defects, Pavement Maintenance, Rehabilitation)
◦ 보수재료(rubberized asphalt, Asphalt emulsion, Rejuvenator)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 절차 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장의 긴급보수 절차 및 보수 재료선정 방안 연구
◦ 조립식 도로포장의 재사용 및 재활용 기술 개발
◦ 조립식 도로포장의 연결부의 신속하고 용이한 유지보수 방법 확립</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 현재까지 국내의 도로포장 연구는 현장 포설에 국한되어 조립식 도로포장 관련 연구나 유사 연구는 미비한 실정
◦ 국내에 도입된 사례가 없는 조립식 도로포장을 현실화하기 위한 장비 조합에 대한 검토가 필요
◦ 현재까지의 프리캐스트 포장 관련 유지보수 연구는 재료 및 형상개발에 치중하였으며 연결부 등을 고려한 쾌속 유지보수를 현실화하기 위한 공법에 대한 연구는 부재한 실정임
◦ 친환경 및 이산화 탄소발생 저감을 위한 도로 포장 재활용 및 재사용에 관한 연구가 필요</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장 긴급보수 시 필요한 재료, 공법 및 장비 선정 절차 제시
◦ 조립식 도로포장의 재사용 및 재활용 기술 제시
◦ 신속하고 용이한 PEGOSLAB 연결부의 유지보수 방법 개발
◦ 쾌속 유지보수를 위한 조립식 도로포장 유지보수 장비 체계 규정 및 장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 미국의 경우 SuperSlab과 같은 기술 개발을 통하여 프리캐스트 슬래브의 시공 및 유지보수 체계를 확보하였음
◦ 네덜란드 및 미국의 경우 모듈러포장 시공 및 유지보수 체계를 확보하였음
◦ 일리노이주에서는 프리캐스트를 사용한 시공 및 유지보수가 활발히 이루어지고 있으나, 연결부의 파손 대책과 성능 개선에 관한 연구는 아직 미비한 실정임</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 국내 고속도로에서 줄눈부 파손 등에 의해 콘크리트 포장에 대한 유지관리 비용이 증가하여 개발된 기술에 대한 활용도는 매우 높음
◦ 증가 추세인 아스팔트 포장 유지관리 비용 등을 고려할 때 매우 전망이 밝은 실정임
◦ 개발 기술의 활용도 및 파급 효과에 비해 국내적으로 시장 동향은 거의 전무한 실정으로 투자 대비 기술 선점 효과가 매우 큼</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장에 소규모 파손 발생시 신속하게 보수할 수 있는 절차 개발
◦ 국외에서는 프리캐스트 슬래브 연결부의 초기 파손, 슬래브 간의 하중전달, 연결부 시공방법, 연결부와 리프팅과의 관계 등의 연구 수행 사례가 있으며 이를 활용.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 쾌속 유지보수를 통한 교통지체 및 혼잡비용 저감
◦ 프리캐스트 슬래브의 연결부 및 기존 콘크리트 슬래브와의 연결 방식에 대한 연구가 전무하여 이에 대한 비교분석을 통해 최적 유지보수 공법 필요
◦ 긴 구간 시공에 사용되는 PPCP공법을 조립식 도로포장에 적용하기 위한 연결부의 유지보수 방안 연구 필요
◦ 프리캐스트 슬래브의 수명증진과 재사용 및 재활용을 통하여 경제성 높은 포장 기술 확보</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장 파손부위 절삭 및 제거 방안 연구
◦ 조립식 도로포장 연결부의 형상에 따른 구조적 거동 및 파괴 특성 분석
◦ 조립식 슬래브 간 하중전달 효과 유지 및 회복을 위한 최적 유지보수 방안 연구
◦ 조립식 도로포장의 재사용 및 재활용 방안 연구</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="4">◦ 기존 콘크리트 포장 및 프리캐스트 포장의 공용성 저하는 연결부의 파손과 하중전달 능력 저하에 크게 영향을 받으므로, 최적화된 연결부 설계, 제작, 시공, 유지보수는 국가예산을 크게 절감할 수 있음
◦ 도로포장 구조체 및 재료의 재사용 및 재활용를 통한 친환경 및 자원절감 효과</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">◦ 연구는 총 3차년도에 걸쳐 수행되며, 초기에는 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수 재료 및 과정을 타 연구팀과 긴밀히 협조하여 분석하고 쾌속 유지보수를 위한 방법 및 장비에 대하여 연구한다. 이후 조립식 도로포장 유시보수 시 연결부 등 시공에 관련된 모든 사항을 검토하고, 수치해석을 통해 관련 요소기술의 개선안을 찾는다. 그리고 쾌속 및 효율적 시공 방법과 긴급유지보수에 관한 연구를 수행하고, 파손에 대한 보수 및 보강 방안 확립, 마지막차년도에는 추적 조사 및 지침 제안을 통해 기술의 완성도를 확보하고, 기술의 확대 적용기반 조성을 중점적으로 수행할 예정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="6">◦ 유지보수 장비 개발 관련 특허
◦ 조립식 도로포장 유비보수 관리지침
◦ 조립식 포장 긴급 유지보수 지침
◦ 조립식 포장 재사용 및 재활용관련 특허</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6">◦ 연구개발을 통해 도출되는 핵심원천기술은 이후 실용화연구를 통해 기술 상용화, 실증화 및 업체로의 기술 이전이 가능하도록 함
◦ 최종 성과물의 적용 분야는 도로 및 단지내 포장 공사에 모두 적용될 수 있으며, 도심지 구간에서 굴착복구가 빈발하는 구간에도 공동구 설치와 함께 적용이 가능함
◦ 관련 부서와의 정책 협의를 통해 동 기술의 확대 적용이 실질적으로 가능하도록 관련 규정 등을 개정하는 작업을 수행
◦ 채움재의 시공성능 향상 및 형상에 따른 거동 특성을 활용하여 추후 다웰바의 대체 기술 개발 가능
◦ 연결부 유지보수 재료 및 공법 관련 연구성과를 이용한 조립식 도로포장의 쾌속 유지보수
◦ 지침 제공을 통해 합리적으로 조립식 도로포장의 유지보수 및 긴급보수 가능
◦ 타 기반시설물 시공에 조립식 포장의 재활용 및 재사용 가능</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>-</td><td>-</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>20</td><td>35</td><td>35</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>70</td><td>135</td><td>135</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">250</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">90</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">340</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 쾌속시공을 통한 교통지체 및 혼잡비용 최소화
◦ 전세계적으로 아직 기술 개발단계로 상용화시 사회기반인프라가 취약한 중국 및 동남아 시장 선점 가능
◦ 슬래브의 재활용 및 포장체 내구성 증대를 통한 도로포장의 전반적인 공용성능 증대
◦ 관련 기술의 수출을 통하여 국가 이미지 제고 및 관련 산업 육성</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="7">◦ Maintenance Equipment
◦ Rapid Maintenance
◦ Emergency Maintenance
◦ Discontinuous Joint
◦ Recycle</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="4">Up-lift 기술을 활용한 REGOSLAB 국부침하 보수 공법 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="4">◦ 도로포장 기층의 쾌속시공 및 쾌속유지보수로 교통지체 최소화 유도 및 혼잡비용 절감 필요성
◦ REGOSLAB의 부분 침하 발생시 적용할 보수 공법</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
◦ 따라서 도로포장의 공용성능을 획기적으로 증대할 수 있는 기술개발을 통해 자원절감형 도로기술의 기반을 구축하고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="4">◦ 도로포장 슬라브의 공용에 따른 하부지반구조의 부등침하 또는 다짐 미비로 인한 침하발생시 이를 보수하여 원시공시의 평탄성 복원 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="4">◦ 조립식 도로포장의 침하 발생시 복구 기술 미비
◦ 폴리우레탄 또는 셀룰라(cellular) 폼(foam)콘크리트 등을 활용한 업 리프트 (up-lift) 기술 활용 미비</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>90 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦ 건축분야의 부등침하 보완을 위하여 적용하고 있는 기술로 국내외에 보급이 이루어진 기술임</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="4">◦ 무수축 시멘트 그라우팅의 시공 및 관리 기술의 활용가능
◦ 폴리우레탄 또는 셀룰라폼 콘크리트의 요소 기술을 적용하여 강성모듈라 포장기초의 침하발생시 이를 복원하기 위한 기술개발에 활용가능</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="4">◦ 도로포장의 유지보수 보강은 교통의 통제를 유발하여 사용자 및 관리자에게 많은 불편함과 사회적 경제적 손실을 유발. 따라서 도로포장의 신속하고 공용성이 뛰어난 쾌속시공기법의 개발이 필요
◦ 강성모듈러 포장체의 구조적 특성 및 하부지반 구조의 상황에 따라 공용중 국부침하 또는 일부구간침하가 예상되므로 이에 대한 신속한 복원기술 필요
◦ 조립식 포장체의 연결 부위 침하로 인한 단차 발생시 주행성과 안전성의 심각한 저하가 발생</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="4">◦ 조립식 포장체의 침하 복구를 위한 업리프트(Up-lift) 기술의 개발
◦ 폴리우레탄(Polyurethane) 또는 셀룰라 폼 (Cellular foam) 콘크리트 재료 및 시공기술 개발
◦ 조립식 포장체의 침하 복구를 위한 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트의 역학적 내구적 특성 검증
◦ 침하 발생 구간의 복구를 위한 현장 적용기술 개발
◦ 침하 구간의 적용된 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트의 장기 공용성 확보 기술 개발
◦ 업리프트 기술을 활용한 침하 복구기술 시공지침 개발</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 롤러블 도로 포장설계 지침이 마련되어 있지 않음
◦ 조립식 포장구조체를 활용한 도로포장 공법은 기술의 활용 시 얻을 수 있는 대국민의 편의성 증대에 따른 기술개발의 특성상 영리목적의 산업체 보다는 정부의 적극적인 지원이 절실히 필요한 연구분야임
◦ 포장 기술의 개발은 주로 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">◦ 조립식 도로포장제의 국부 또는 일부구간 침하시 이를 복구하는 기술의 신속성 고려
◦ 조립식 도로포장제의 국부 또는 일부구간 침하시 이를 복구하는 기술의 장기 공용성 고려
◦ 침하 복구기술 재료의 효율성 고려</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="3">◦ 업리프트 (up-lift) 기술을 활용한 모듈러 포장체의 침하에 따른 신속한 복구기술
◦ 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트를 활용하는 기술
◦ 폴리우레탄 또는 셀룰라 폼 콘크리트를 활용한 침하 복구기술 시공지침
◦ 개발 기술의 특허 및 정량적 연구 성과</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="3">◦ 모듈러 포장체의 침하에 따른 신속한 복구기술 개발을 통하여 사용자의 주행성 및 안전성 고취
◦ 셀룰라(cellular) 폼(foam) 콘크리트를 활용하는 기술 개발을 통하여 다양한 콘크리트 채움 적용체에 활용 가능</td></tr>
</table>

<table>
<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>-</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>-</td><td>35</td><td>60</td><td>60</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>135</td><td>210</td><td>210</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">400</td><td>총
연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">155</td><td rowspan="2">연도별
평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">5 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">555</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 모듈러 포장체의 침하에 따른 신속한 복구기술 개발을 통하여 사용자의 주행성 및 안전성 고취
◦ 셀룰라(cellular) 폼(foam) 콘크리트를 활용하는 기술 개발을 통하여 다양한 콘크리트 채움 적용체에 활용 가능</td></tr>
<tr><td>13. Keywords</td><td colspan="7">◦ Cellular concrete
◦ Foam concrete
◦ Urethane
◦ Up-lift
◦ Settlement</td></tr>
</table>

부록 II .

조립식 도로포장 적용에 따른 지체 비용 절감 효과

1. REGO-Pave 적용에 따른 지체 비용 절감 효과

가. 사용자비용

○ 사용자비용은 포장의 보수 등으로 도로의 기능을 발휘하지 못하는 상황, 즉 교통통제로 인해 도로이용자에게 추가로 부담되는 비용임. 국내 도로 실정상 공사기간 동안 점용공사로 인하여 막대한 교통 혼잡비용이 발생되는 경우가 많음. 이러한 비용 변화는 개개인에게 발생하지만 도로시설을 공급하는 주체가 정부이므로, 개인 측면이 아닌 국가 전체적인 측면에서 개개인의 비용 변화를 모두 합한 총비용 변화를 분석하여야함.

○ 사용자 비용은 크게 다음과 같은 항목으로서 차량운행비용, 시간지연비용, 사고비용과 도로이용자비용에 불편함 및 환경영향에 의한 추가비용으로 구성되어 있으며, 통상 차량운행비용(Vehicle Operating Costs: VOC), 시간지연비용(Traffic Delay Costs), 사고비용(Accident Costs: AC)으로 사용자 비용을 산정됨. 그러나 국내의 경우에는 도로의 상태에 따른 교통사고비용의 발생 추이에 대한 참고자료가 거의 없기 때문에 통상적으로 사고비용은 통상 고려하지 않음.



〈그림 1〉 사용자 비용 항목

나. 사용자비용 적용 모델

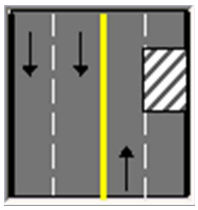
○ 본 분석에 적용된 사용자비용 모델은 NIST 모델(Ehlen & Marashall, 1996)을 국내실정에 맞게 수정하여 적용하였다. NIST 모델은 시간지연비용, 차량운행비용, 사고비용으로 식을 구성하였으며, 기본 적용식은 비교적 간단함. 본 모델의 기본가정은 전면 통제시 우회는 고려하지 않고 기존노선만을 이용하는 것을 전제로 하고 있다. 현재 국내 포장공사의 경우 대부분 각 차선별 부분 통제를 실시하고 있기 때문에 적용에 큰 무리가 없을 것으로 판단됨.

$$TDC = \frac{L}{S} \times ADT \times N \times \omega - \frac{L_n}{S_n} \times ADT_n \times N \times \omega_n$$

여기서, L, L_n = 지연, 정상상태의 도로길이
S, S_n = 지연, 정상상태의 교통속도
ADT, ADT_n = 지연, 정상상태의 평균일일교통량
N = 공사기간
ω, ω_n = 지연, 정상태에서의 시간지연비용의 가중평균

다. 지체도 산정

○ 교통지체란 여러 가지 원인으로 인하여 도로상의 차량의 흐름이 적정속도 이하로 낮아지는 경우를 의미함. 다시 말하면 정상상태의 교통흐름 상태와 어떠한 원인에 의하여 교통흐름이 차이를 나타내는 경우 이를 지체라 함. 지체정도에 따라 차량의 속도가 낮아지는 것도 지체라 할 수 있으며, 차량이 완전히 멈추게 되는 것도 지체라 여길 수 있음.

	
차로 차단	차로폭 축소

〈그림 2〉 부분차단의 공사점용방식

○ 도로상에서 이루어지는 공사는 교통흐름에 영향을 주며, 지체를 초래하게 된다. 또한 동일공사라 할지라도 공사 중 공사시간 및 통제방법에 따라 교통에 미치는 영향이 매우 다름. 정확한 분석을 위해서는 공사 지점의 도로용량을 산정하고 교통량을 추정하여 교통량 대 용량비(V/C)를 산출하고, 이를 이용하여 공사전의 지·정체와 공사 중 차량의 지·정체를 산정하여 지체도를 산정하여야 함. 이를 위해서는 교통류 정보와 다양한 공사의 점용형태를 고려하여야 함. 본 분석에서는 부분 차단을 가정한 NIST 모델을 적용하기 때문에 이와 같은 요소를 모두 고려하기가 현실적으로 어려움. 따라서 기존 사례조

사를 통해 정의된 자유속도 대비 속도 저감 비율을 적용하였음.

<표 1> 적용 속도

상태	속도	자유속도 대비 저감율	비고
자유속도 SP1	96km/h	100%	공사전
포화상태 V/C=1	20km/h	80%	공사중

라. 적용 교통량

○ 시간교통량은 그 도로의 기능 및 지역적 특성에 따라 큰 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서는 고속도로의 평균 시간교통량 분포를 사용하였음. 시간교통량은 당해 시간대의 교통량(대/시)으로서 일 교통량의 백분율로 나타낼 수 있음. 시간교통량은 그 도로의 기능 및 지역적 특성에 따라 큰 차이를 보일 수 있으나, 본 연구에서는 가장 전형적인 시간교통량 분포를 사용하기로 함. 시간교통량은 당해 시간대의 교통량(대/시)으로서 일 교통량의 백분율로 나타낼 수 있음.

<표 2> 고속도로의 시간대별 교통량(교통량 통계연보)

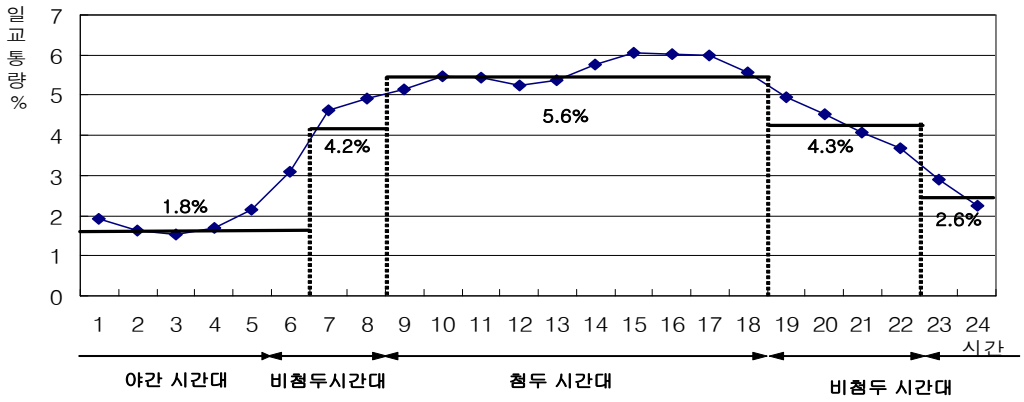
시간대	%-일교통량	시간대	%-일교통량	시간대	%-일교통량
0-1	1.9	8-9	5.1	16-17	6.0
1-2	1.6	9-10	5.5	17-18	5.6
2-3	1.5	10-11	5.5	18-19	4.9
3-4	1.7	11-12	5.2	19-20	4.5
4-5	2.2	12-13	5.4	20-21	4.1
5-6	3.1	13-14	5.8	21-22	3.7
6-7	4.6	14-15	6.0	22-23	2.9
7-8	4.9	15-16	6.0	23-24	2.3

○ 고속국도의 24시간에 해당되는 시간대별 교통량은 일교통량 대비 1.5%에서 6.0%까지의 분포를 나타내고 있음. 교량의 공사로 인한 지체도 산정시 매시간 지체도를 나누어 각 구간마다 대표적인 시간당 교통량을 이용하여 지체도를 산정하였음.

○ 일교통량의 백분율을 기준으로 24시간 교통량을 3개 구간으로 나누면 첫 번째 구간(야간시간대)의 값들은 0%~3% 사이에 분포되어 있고, 비첨두시는 3%~5% 사이에, 첨두시는 5% 이상의 값들이 분포되어 있는 것을 알 수 있음. 이와 같은 기준으로 24시간 교통량을 3개의 구간으로 나누고, 각각의 대표 값을 산정하면 <표 3>과 같음.

<표 3> 도로점용공사로 인한 지체도 산정시 대표 시간당 교통량

시간대	구간	대표 시간당 교통량(%-일교통량)
22~06	야간시간대	2.0
06~08, 18~22	비첨두 시간대	4.3
08~18	첨두시간대	5.6

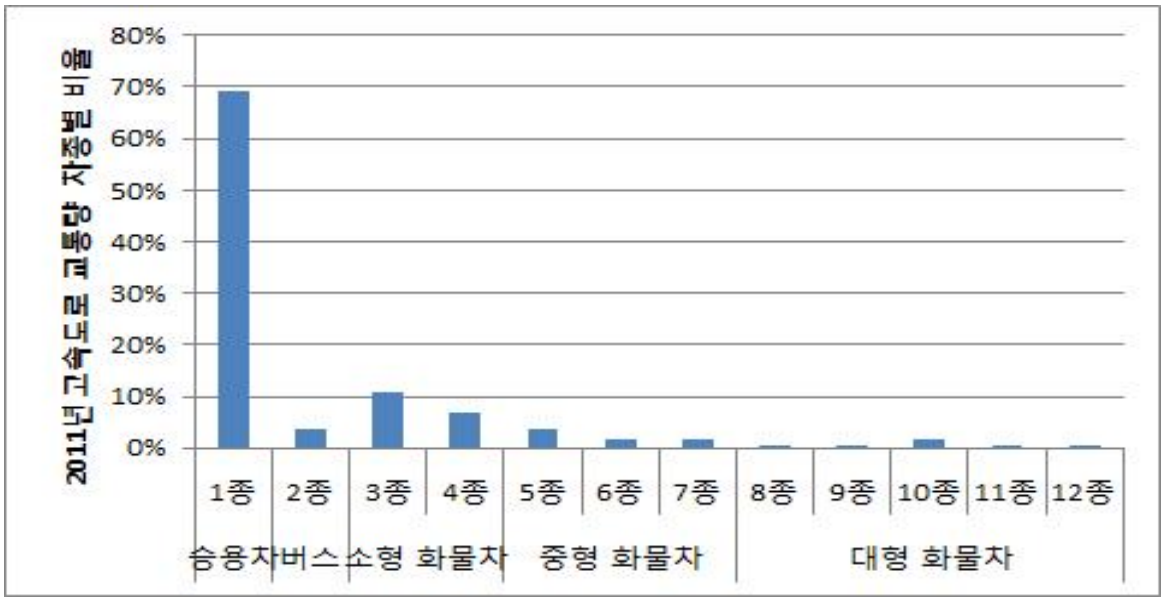


<그림 3> 고속국도의 대표 시간당 % 교통량

○ 본 분석에 적용된 교통량은 2011년 평균값을 적용하였으며, 시간지체비용 및 연료소모비용 산출시 필요한 차종별 교통량은 2011년 고속도로 전체 교통량의 차종별 비율을 토대로 산정하였음. 일 방향 교통량 산정시 필요한 방향 분배 계수는 0.5를 적용하였음.

<표 4> 적용 교통량(2011년 전체 고속도로 평균)

도로구분	차종구분	교통량(대/일)	구성비(%)
고속도로	계	44,276	100
	승용차	29,416	66.5
	버스	1,830	4.1
	화물차	13,030	29.4



<그림 4> 2011년 고속도로 전체 교통량의 차종별 비율

○ 일반 덧씌우기 공사의 경우 연장 1km 1차선 포설시 약 9시간 정도 소요되며, REGOPAVE 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 5> 공법별 교통차단시간

공법	대상	시간	시간대	교통차단시간
REGOPAVE	1㎞, 1차선	4시간	첨두	오전 9시 ~ 오후1시
일반 덧씌우기 포장	1㎞, 1차선	9시간	첨두	오전 9시 ~ 오후6시

마. 사용자비용 항목별 가치 설정

○ 도로 점용공사로 교통지체가 발생하면 운전자와 탑승자는 많은 시간을 차량에서 보내야 함으로써 시간손실비용이 발생하게 됨. 시간가치의 산정방법으로는 통행시간의 화폐가치화에 있어서 일반적으로 사용되는 방법인 여행자의 임금수준에 의거한 한계임금율법(Marginal Wage Rate Method)과 개인의 지불의사(Willingness to Pay)에 입각한 한계대체율(Marginal Rate of Substitution)방법이 있음. 시간추정에 있어서 임금율법은 각 차종을 운전 혹은 이용하는 사람의 월간 소득수준을 이용하여 근거리 시간가치를 추정하는 방법이며, 한계 교환율법은 선택이론(Choice Theory)에 입각한 수단선택 행위의 분석을 통하여 시간가치를 산정하는 방법이다. 일반적으로 통행시간가치는 업무통행 시간가치와 비업무통행 시간가치를 별개로 설정하고 있음.

○ 본 분석에서는 전국 교통혼잡비용 산출과 추이분석 교통개발연구원, 2003와 교량의 LCC 분석을 위한 사용자비용 산정 연구 한국도로공사, 2006에서 제시한 수치를 현재 물가상승분(매년 3%)과 근로 소득 수준(2011년 평균 월 소득)을 반영하여 재 산정하였음. 평균 재차인원의 경우 도로부분사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 2003에서 제시한 값 즉 승용차의 경우 1.61, 버스의 경우는 18.40을 적용하였음. 비업무통행의 시간가치는 한국개발연구원, 도로부분사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 2003에서 제시한 업무통행 시간가치 대비 비업무통행시간가치 대비비율 승용차 32.7%, 버스 20.1%을 적용하였음.

<표 6> 운전자 시간당 인건비(물가상승분 3% 적용, 2011년 기준)

구분		운전자 시간당인건비(원)	평균 재차 인원
승용차		15,830	1.61
버스		11,135	18.40
화물차	소형	22,648	1
	중형	42,010	1
	대형	74,927	1

<표 7> 통행 유형별 시간 가치

(단위 : 원)

구분	월평균소득 (2011년)	월평균근로시간	시간가치	비율(%)	
				승용차	버스
업무통행	3,950,000	199.6	19,790	32.7	20.1
비업무통행	987,500	199.6	4,947	67.3	89.9

○ REGOPAVE 공법 적용에 따른 교통사고 비용 변화는 상대적으로 미미하며, 공사구간의 사고율에 대한 정확한 분석 자료가 없기 때문에 본 분석에서는 제외하였음.

○ 환경오염 관련 비용

- 대기오염은 차종별·속도별로 오염물질 배출계수를 적용한 후에 오염물질별 가치를 곱하여 대기오염 비용 변화를 추정하고 있음. 대기오염 비용의 산출은 크게 오염물질별 배출계수 산정, 오염물질의 단위당 환경피해비용 산출, 오염물질 배출량 변화 산정의 단계를 거쳐서 이루어지며, 대기오염비용은 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 미세먼지의 피해비용을 고려하되, 오염원별 배출계수와 사회적비용 원단위를 고려하여, 차종별 · 속도별 대기오염 비용을 산출하여 적용하였음.

<표 8> 차종별 속도별 대기오염(교통시설 투자평가지침, 2009)

(단위 : 원/km)

속도	승용차	소형버스	중형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	52.84	34.81	134.23	364.16	43.75	216.94	483.88
20	24.12	23.63	86.29	268.58	30.22	143.82	357.48
30	15.40	18.84	66.68	224.98	24.53	114.01	300.35
40	11.24	16.70	55.57	198.45	20.77	97.20	265.40
50	8.84	15.31	48.72	180.11	18.60	84.91	241.86
60	7.26	15.00	43.83	224.04	17.05	75.40	224.04
70	6.17	15.40	40.37	210.03	16.00	68.89	210.03
80	5.36	16.39	38.02	198.65	15.43	64.92	198.65
90	4.74	18.04	39.33	189.15	15.32	63.39	189.15
100	4.24	20.27	45.98	181.05	15.62	64.15	181.05

○ 차량 운행비용

- 차량 운행비 항목으로는 고정비와 변동비가 있음. 고정비는 인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금 등으로 구성되고, 변동비는 차종별 유류소모량, 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비 등이며, 이는 차량의 속도, 중량, 도로조건 등에 따라 변함. 변동비 중에서 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비등은 총 변동비 중 차지하는 비중이 매우 낮기 때문에 속도감소로 인해 감소할 수도 있으므로 변동비 항목 중 연료비만 고려하였음. 차종별 연료소모량은 한국개발연구원, 도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침연구, 2003에서 제시한 결과를 이용하였다. 유류소모량과 속도와의 관계식은 다음과 같음.

- 승용차 LC = 0.02882+0.910/V+0.000003828×V2

- 소형버스 Lsb = 0.03336+1.153/V+0.000004312×V2

- 대형버스 Llb = 0.02476+3.492/V+0.000001277×V2

- 소(중)형트럭 Lst = 0.01695+1.292/V+0.000001647×V2

- 대형트럭 Llt = 0.06639+4.158/V+0.000002525×V2

여기서, L_c= 승용차의 유류 소비량(liter/km)

L_{sb}= 소형버스의 유류 소비량(liter/km)

L_{lb}= 대형버스의 유류 소비량(liter/km)

L_{st}= 소(중)형트럭의 유류 소비량(liter/km)

L_{lt}= 대형트럭의 유류 소비량(liter/km)

V = 승용차의 속도(km/h)

- 이 관계식을 적용하여 산출된 차종별 속도별 유류소모량은 다음 <표 9>과 같음. 본 분

석에 적용된 유류가격은 휘발유와 경유의 실질가격으로 2012년 9월 단가인 휘발유 리터당 2,028원, 경유 리터당 1,838원을 적용하였음.

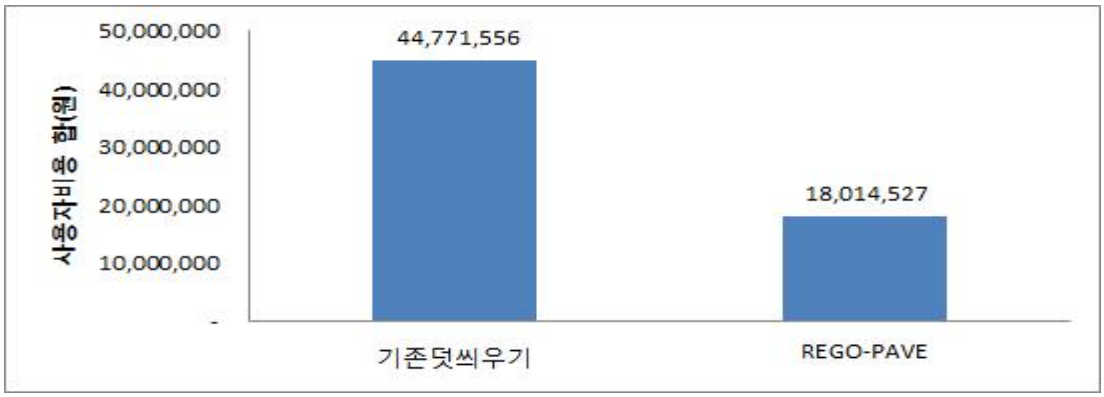
<표 9> 연료소모량(도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침연구)

(단위 : ℓ/km)

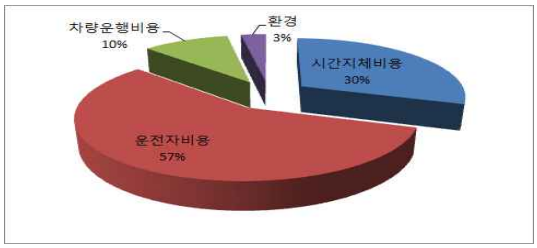
차종 / 속도	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	0.121303	0.147059	0.357143	0.144928	0.1444928	0.454545
20	0.073145	0.097087	0.250000	0.097087	0.097080	0.357143
30	0.062216	0.075758	0.163934	0.075188	0.075188	0.256410
40	0.056191	0.073529	0.119048	0.070142	0.071429	0.188679
50	0.057394	0.061728	0.112360	0.080645	0.080645	0.181818
60	0.059581	0.067114	0.116279	0.092593	0.092593	0.204082
70	0.062863	0.070922	0.131579	0.112360	0.112360	0.232558
80	0.064426	0.073529	0.147059	0.153846	0.153/846	0.270270
90	0.070079	0.086207	0.163983	0.161290	0.161290	0.322581
100	0.075535	0.086207	0.188679	0.192308	0.192308	0.384615
110	0.081731	0.097087	0.222222	-	-	-
120	0.091635	0.108696	-	-	-	-
130	0.101027	0.113636	-	-	-	-

바. 분석 결과

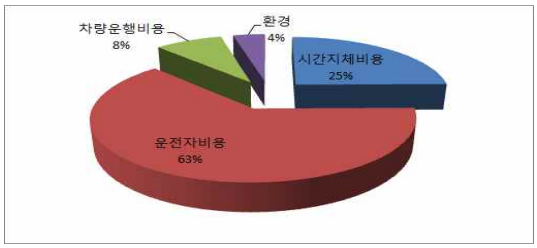
○ 고속도로 기준 평균 교통량(44,276대/일) 노선에서 1km 구간 REGOPAVE와 기존 덧씌우기 공사시 발생하는 사용자비용은 다음 표와 같음. REGOPAVE 적용시 총 사용자 비용이 약 1,800만원으로 기존 덧씌우기 공사시 사용자비용인 4,500만원에 비해 약 60% 가량 감소되어 약 2,700만원의 절감 효과가 나타났음.



<그림 5> 연장 1km 공사시 공법별 사용자 비용 합



〈그림 6〉 덧씌우기공법 항목별 비율



〈그림 7〉 REGOPAVE 항목별 비율

<표 10> 사용자비용분석결과

(단위 : 원)

공법	비용항목							합계
기존덧씌우기	시간지체비용	승용차		소형버스		대형버스		13,414,019
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		4,557,137	2,344,765	141,752	72,935	3,158,536	3,138,894	
	운전자비용	승용차	소형버스	대형버스	소형화물	중형화물	대형화물	25,585,719
		13,934,339	304,879	304,879	6,817,217	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							4,477,076
	환경오염비용							1,294,742
	총합							**44,771,556**
REGO PAVE	시간지체비용	승용차		소형버스		대형버스		4,471,340
		업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	
		1,519,046	781,588	47,251	24,312	1,052,845	1,046,298	
	운전자비용	승용차	소형버스	대형버스	소형화물	중형화물	대형화물	11,344,843
		4,644,780	101,626	101,626	2,272,406	2,865,841	1,358,563	
	차량운행비용							1,492,359
	환경오염비용							705,986
	총합							**18,014,527**

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.