보안 과제( ), 일반 과제(ㅇ) / 공개(ㅇ), 비공개( )

국토교통연구기획사업 기획연구 최종보고서

R&D / 15RDPP-C107686-01

무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 기획연구 최종보고서

2017. 1.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국도로공사 도로교통연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

Land Infrastructure and Transport R&D Report

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발'(연구개발 기간 : 2015. 12. 21 ~ 2016. 8. 20) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 1.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (인)

공동연구기관명 : 한국도로공사 도로교통연구원 (인)

주관연구기관책임자 : 남정희
협동연구기관책임자 : 한승환

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>15RDPP-C107686-01</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2015. 12. 21 ~2016. 8. 20</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">남정희</td><td>해당단계 참여 연구원 수</td><td>총: 14 명
내부: 14 명
외부: 명</td><td>해당단계 연구개발비</td><td>정부: 72,000 천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 72,000 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여 연구원 수</td><td>총: 명
내부: 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 천원
기업: 천원
정부 외: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">한국건설기술연구원 도로연구소</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 공용수명 20년 경과 노후 무근콘크리트 줄눈포장 연장 및 유지보수비용 증가와 줄눈부 중심의 파손, 파손부위의 재파손, 아스팔트 덧씌우기 구간의 재파손 문제 등을 해결하기 위한 효과적인 유지보수 대안 연구가 절실한 시점
• 효과적인 유지보수 기술 개발을 기획하기 위해 국내·외 시장, 정책, 기술발전 동향 및 기술현황을 분석
• 기술수요 및 예측조사를 통하여 필요한 기술분류체계를 수립하고 중점추진분야 및 세부목표를 도출함
• 목표 1: 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 Total Solution 제공
• 목표 2 : 20년 도로수명연장 및 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발
• 목표 3: 반사균열 70% 저감/ 부착성능 50% 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발
• 핵심 연구분야로 파손 유형별 원인규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리, 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준, 현장 실무형 유지보수 설계법 개발, 시멘트 콘크리트 덧씌우기 실용화 공법, 노후콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 공법 등을 기획</td><td colspan="2">보고서 면수 : 273</td></tr>
</table>

요약문

Ⅰ. 제 목

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성

○ 기술의 정의

- 본 기술은 ‘노후화된 무근콘크리트 줄눈포장을 대상으로, 효과적인 유지관리 방안을 제시하기 위하여 유지보수 품질관리 향상 방안, 시멘트 및 아스팔트 콘크리트 계열의 최적 유지보수 공법 실용화 기술’ 을 개발하는 것으로 정의함

○ 연구 필요성

- 2015년 기준 고속도로 무근콘크리트 줄눈포장의 연장은 9,491 ㎞/차로이며 콘크리트 도로 전체 연장의 97.5 %가 본 연구가 대상으로 하고 있는 무근콘크리트 줄눈 포장임
- 고속도로 중 공용연수 20년 이상 콘크리트 포장 연장은 2015년 기준 1,150 ㎞/차로이나 앞으로 10년 후인 2025년 기준 6,662 ㎞/차로로 급격한 증가가 예상됨 (5.8배 증가)
- 한국도로공사(2015)에서 작성한 노후 콘크리트 포장 연장 및 보수비 추정 자료에 의하면 2015년 1,079 억원이던 유지보수비용은 노후콘크리트 연장 및 파손의 증가로 인해 2025년 경에는 약 6,252 억원에 이를 것으로 추정 됨 (10년 동안 5.8배 증가 예상)
- 이와 같이 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장 연장 및 유지보수비용 증가에 대비해 보다 효과적이고 효율적인 유지관리 방안 제시 및 이용자 중심의 도로 서비스 제공이 절실한 시점임

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경 분석

○ 정책 동향 분석

- 도로정책동향은 도로의 가치 향상, 효율적 활용 등의 목적을 위해 ‘신규 도로망의 건설’ 에서 기존 도로의 효율적 활용, 환경 및 안전 관련 문제를 해결하기 위한 ‘유지관리 단계’ 로 패러다임이 전환되고 있음

○ 시장 동향 분석

- 노후 콘크리트 포장 연장의 지속적 증가와 이에 따른 유지보수 소요의 지속적인 증가로 유지보수 시장 규모는 2015년 약 1,079 억원 규모에서 2025년에는 6,253 억 규모로 확대될 것으로 예상됨

○ 기술 동향 분석

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

Ⅳ. 연구개발과제 구성 및 추진전략

○ 연구개발과제 구성

- ‘도로가치 재창조를 통한 사용자 중심의 미래도로 실현’ 이라는 비전을 바탕으로 ‘노후도로 110 % 성능복원 및 20년 도로수명연장을 위한 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 확보’ 라는 구체적인 목표를 제시함
- 이의 실현을 위해 3개의 중점추진 분야 및 7개의 핵심과제를 제시함
- **1 세부 : 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발**

  1-1 : 포장파손 유형별 원인규명을 통한 유지보수 공법 적용논리 개발
  1-2 : 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준개발
  1-3 : 현장 실무형 유지보수 설계법 개발
- **2 세부 : 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트콘크리트 덧씌우기 실용화 공법 개발**

  2-1 : 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발
  2-2 : 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발
- **3 세부 : 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발**

  3-1 : 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발
  3-1 : 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

○ 추진전략

- 5년간 전체연구비 205 억(정부출연금 비중 133 억원) 규모의 연구단 형태로 추진

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 및 기획연구의 범위 ····· 1
1. 기술의 정의 ····· 1
2. 기획연구의 범위 ····· 1
2절. 과제추진 배경 및 필요성 ····· 1
1. 국내 무근콘크리트 줄눈포장 현황 ····· 1
2. 정책적 필요성 ····· 2
3. 경제적 필요성 ····· 4
4. 기술적 필요성 ····· 6
5. 연구의 시급성 ····· 7

2장. 국내·외 동향 및 환경분석 ····· 9
1절. 국내·외 정책 동향 ····· 9
1. 도로 유지관리 관련 국내 정책 동향 ····· 9
2. 도로 유지관리 관련 해외 정책 동향 ····· 12
3. 소결 ····· 17
2절. 국내·외 시장현황 및 전망 ····· 18
1. 국내 유지보수 시장현황 및 전망 ····· 18
2. 국외 유지보수 시장현황 및 전망 ····· 23
3. 소결 ····· 24
3절. 기술동향 분석 ····· 25
1. 콘크리트 포장 파손 유형 분석 ····· 25
2. 기술 및 논문현황 분석 ····· 28
3. 특허 분석 ····· 59
4. 연구개발 인프라 분석 ····· 96
5. 국내 기 수행된 연구과제 현황 분석 ····· 99
6. 소결 ····· 106
4절. 기술수요 및 예측조사 ····· 109
1. 기술수요조사 개요 ····· 109
2. 기술예측조사 ····· 121
3. 소결 ····· 128
5절. 기술개발 추진방향 정립 ····· 130
1. SWOT 분석 ····· 130
2. Issue Tree 분석 ····· 131
3. 연구개발 추진 방향 정립 ····· 133

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 134
1절. 비전 및 목표 ····· 134
1. 비전 및 목표 ····· 134
2. 설정근거 ····· 135
3. 단계별 목표 ····· 138
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 139
1. 현황 및 미래상 ····· 139
2. 중점 추진분야 ····· 142
3절. 연구개발과제 구성 ····· 146
1. 후보 기술아이템 선정 ····· 146
2. 연구개발과제 구성 ····· 148
4절. 핵심과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 152
5절. 과제 간 연계관계 ····· 167
6절. 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 168
1. 기술로드맵 ····· 168
2. 성과로드맵 ····· 182
7절. 기술효과 및 성과 활용 방안 ····· 196
8절. 연구수행체계 제안 ····· 199

4장. 사전 타당성 검토 ····· 202
1절. 분석의 틀 ····· 202
2절. 기술적 타당성 ····· 203
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 203
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 210
3. 기존 연구과제와의 중복성 ····· 212
3절. 정책적 타당성 ····· 216
1. 국가전략적 중요성 ····· 216
2. 상위 계획과의 부합성 ····· 217
3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계 ····· 218
4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안 ····· 219
4절. 경제적 타당성 ····· 220
1. 경제성 분석 ····· 220
2. 사회·국가적 파급효과 ····· 223
3. 과학기술적 파급효과 ····· 224

5장. 인력투입 및 소요예산 산정 ····· 226
1절. 인력투입계획 ····· 226
1. 연차별 투입 연구인력 ····· 226
2. 상세 투입 연구인력 ····· 227
3. 총괄 소요예산 ····· 230

4. 예산항목별 소요예산 ····· 231

6장. 과제 제안요구서 ····· 237
1절. 총괄 과제 제안요구서(RFP) ····· 237
2절. 세세부별 과제 제안요구서(RFP) ····· 248
1. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발 ····· 248
2. 2세부 - 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 ····· 254
3. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발 ····· 260
3절. 평가기준 설정 ····· 265
1. 평가항목 ····· 265
2. 가점 및 감점 기준 ····· 267

7장. 참고문헌 ····· 270

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의 및 기획연구의 범위

1. 기술의 정의

○ 본 기술은 ' 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장을 대상으로, 유지보수를 통해 신설에 준하는 도로품질을 확보하기 위하여, 국내실정에 맞는 **효과적인 유지관리 방안 제시, 시멘트 및 아스팔트 콘크리트 계열의 최적 유지보수 실용화 기술'** 을 개발하는 것으로 정의함

2. 기획연구의 범위

○ 본 연구는 '무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 시스템 개발' 을 위한 기획연구로, 추후 무근콘크리트 줄눈포장 최적 유지보수 공법 실용화 목표를 달성하기 위해 **'노후도로의 효과적인 유지관리 방안 제시', '시멘트 콘크리트 계열' 및 '아스팔트 콘크리트 계열의 최적 유지보수 공법'**을 선정한 후 본 연구를 위한 RFP를 작성하는 것이 기획연구의 범위임

○ 기획연구를 통해 파손 유형별 유지보수 대안 선정 체계를 검토하고, 경제성 및 서비스 수준을 고려한 최적 유지보수 공법을 기획연구에서 선정하며, 선정된 유지보수 공법 실용화를 위한 재료/장비/시방서 개발 등을 본 연구에서 수행함

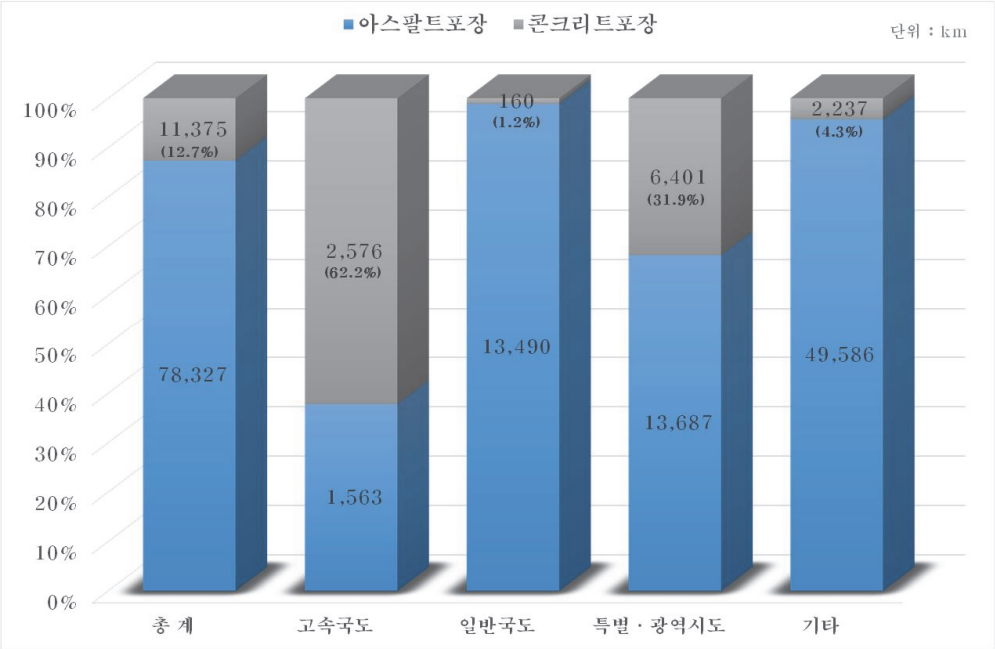
○ 이러한 연구를 수행하기 위해 첫째, 관련 기술 동향분석 및 수요조사를 실시하고 둘째, 연구목표 및 세부과제 도출 후 셋째, 세부실행계획 및 사전타당성 검토를 거쳐, 최종적으로 보고서 및 과제공모를 위한 RFP 및 평가기준을 작성할 예정임

2절. 과제추진 배경 및 필요성

1. 국내 무근콘크리트 줄눈포장 현황

○ 국내 도로포장 연장 중 콘크리트 포장이 차지하는 전체 비율은 약 12.7% (11,375 km/연장)로 고속도로의 경우 전체 연장 중 약 62%(2,575 km/연장)가 콘크리트 포장이며, 일반국도의 경우 1.2%(160 km/연장), 특별·광역시도는

31.9%(6,401 km/연장), 기타 지방도, 시/군도는 4.3%(2,237 km/연장)를 차지하고 있음 (도로현황조서, 국토교통부, 2015)



<콘크리트 포장 현황>

○ 국내 콘크리트 포장의 종류는 크게 무근콘크리트 줄눈포장 (Jointed Plain Concrete Pavement, JPCP)과 연속철근 콘크리트포장 (Continuously Reinforced Concrete Pavement, CRCP)으로 구성되어 있음

○ 2015년 기준 고속도로 전체의 무근콘크리트 줄눈포장의 연장은 9,491 km/차로 이며 연속철근 콘크리트포장의 연장은 245 km/차로로 전체 연장의 97.5%가 본 연구의 대상으로 하고 있는 무근콘크리트 줄눈 포장임

○ 고속도로를 제외한 일반국도, 특별 광·역시도 및 기타 지방도(시/군도 포함)의 경우 시험포장 목적으로 시공된 연속철근 콘크리트 포장 일부 구간을 제외하고는 대부분 무근 콘크리트 줄눈 포장으로, 국내 콘크리트 포장이라 하면 특별한 언급이 없는 한, 본 기획연구의 대상인 무근 콘크리트 줄눈 포장으로 간주 할 수 있음

2. 정책적 필요성

가. 노후 도로관련 국토교통부 주요 정책 변화

○ 2016년 국토교통부 주요 정책 추진계획에 따르면 한정된 재원으로 노후도로 전체를 일시 개선하기 위해 민간 자본을 활용한 도로 개선 시범사업을 추진하고,

이용자 중심의 교통서비스 제공을 위해 다양한 정책을 추진하고 있음

○ 2015년 국토교통부 주요 정책과제 추진 계획에 따르면 경제성장기에 건설된 SOC의 급격한 고령화에 따라 시설물 성능이 저하되어, 국민안전 및 경제에 악영향이 우려되며, 30년 이상 경과한 시설물은 10%로, 향후 10년간 2배 이상(21.5%) 급증할 것으로 전망

○ 이와 같이 국토교통부의 주요정책 패러다임은 SOC 고령화에 따른 노후도로의 효과적인 개선 방안 마련으로 전환되고 있으며, 관리자 중심에서 이용자 중심의 도로교통 서비스 제공을 필요로 하고 있음

나. 노후 콘크리트 도로 연장 증가

○ 국토교통부의 노후화된 도로에 대한 정책기조 변화의 필요성에 대한 구체적인 예시로 고속도로 중 공용연수 20년 이상 콘크리트 포장 연장은 2015년 기준 1,150 km/차로이나 앞으로 10년 후인 2025년 기준 6,662 km/차로로 급격한 증가가 예상됨 (5.8배 증가)

구 분	2015년	2020년	2025년	비 고
연 장 (km/1차로)	1,150	2,605	6,662 (5.8배)	

* 전체연장 : 18,000km/1차로, 콘크리트 포장 : 11,277km/1차로(62%)

○ 콘크리트 포장 노후화도 문제지만 재령 20년 이상 콘크리트 포장 중 파손 심화 구간이 지속적 증가되고 있는 것은 더 큰 문제로 영동선 등 12개 노후화 노선(L=2,213 km/1차) 중 포장파손이 심각한 구간이 약 27% (601.6 km/1차)에 해당됨

노선명	구 간	연장 (km/차로)	비 고
계		2,213.3	
경부선	언양~영천, 영동~옥천	297.5	
남해선	순천~축동	167.6	
서울외곽순환선	학의~판교	76.5	
서해안선	조남~일직	54.6	
영동선	군자~동수원, 여주~새말	308.0	
울산선	언양~울산	34.6	
제2경인선	안현~광명	48.5	
중부내륙지선	현풍~달성	57.5	
중부선	남이~산곡	408.0	
중부선	비룡~장수	183.9	파손심화구간
호남선	정읍~태인	11.6	
중부내륙	칠원~칠서, 영산~현풍	129.7	
중부내륙	연풍~여주	164.7	파손심화구간
중앙선	금호~칠곡	17.6	
중앙선	단양~춘천	253.0	파손심화구간

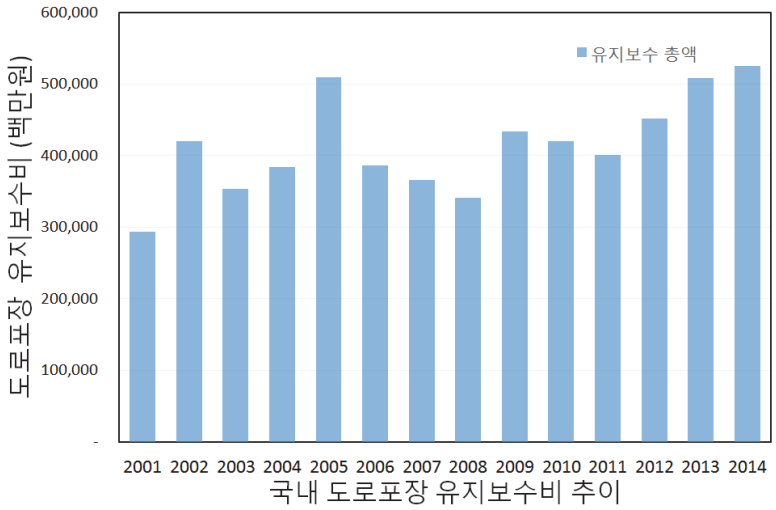
* 포장 파손 심화구간 선정 사유 : 손상율 10% 이상 구간 선정
- 중부선(영동,무주) : 13.1%, 중부내륙(충주) : 10.3%, 중앙선(제천,홍천) : 10.2%

3. 경제적 필요성

가. 국내 도로포장 유지보수비 증가

○ 국토교통부 도로보수현황(2015)에 따르면 2001년에 약 2,931억원을 지출한 전체 도로포장 유지보수비는 지속적으로 증가하여 2014년 기준 5,257억원을 소요하여 13년 동안 약 1.79배가 증가하였음

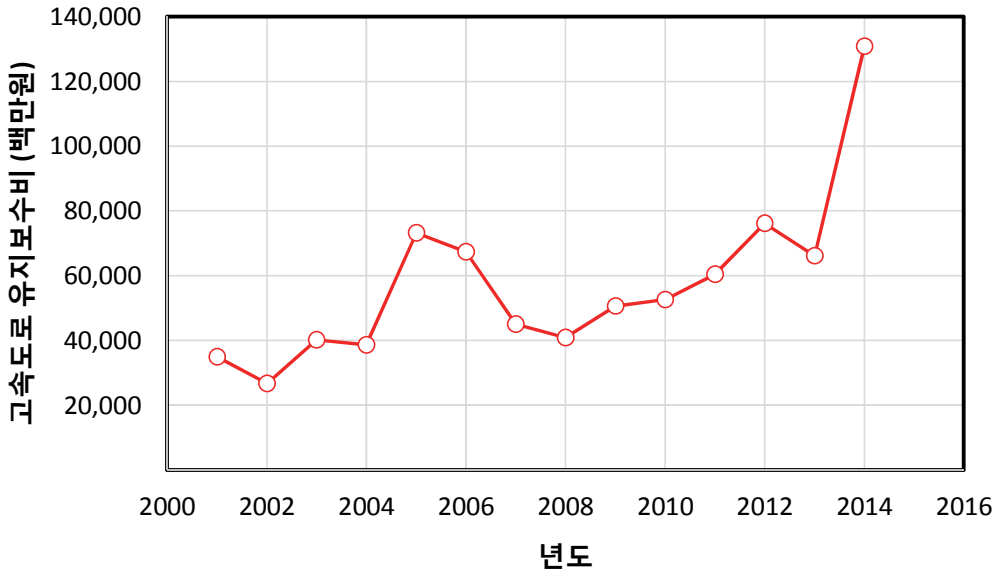
○ 이와 같은 노후 도로포장의 유지보수비는 도로포장의 재령 및 유지보수 소요의 증가에 따라 앞으로도 지속적으로 증가할 것으로 추정 됨



<국내 도로공사 포장 유지보수비 증가 추이>

나. 고속도로 유지보수 예산 급증

○ 또한 무근콘크리트 줄눈포장의 비중이 높은 고속도로의 경우 2014년 도로포장 유지보수에 약 1,308억원을 사용하였음. 이는 2001년 고속도로 유지보수 비용이 349억원 규모인 점을 고려하면 지난 14년간 약 3.84배의 유지보수비용 증가가 발생되었고 이 같은 추세는 지속적으로 증가가 예상됨



<도로공사 포장 유지보수 증가 추이>

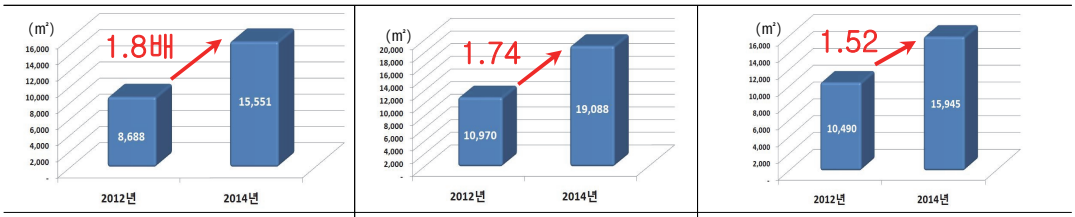
○ 2013~2014년도 고속도로 유지보수 비용 중 재포장 비용을 제외한 소파보수, 표면처리, 덧씌우기 비용은 약 518~505억원 규모로 전체 포장 유지보수 비용의 38~78% 해당됨에 따라 본 연구의 주요 대상으로 하는 소파보수 및 덧씌우기

유지보수공법을 포함한 보수 소요는 전체 유지보수에서 높은 비중을 차지하고 있는 공법으로 파악 됨

4. 기술적 필요성

가. 부분단면 보수면적의 지속적 증가

○ 특히 최근 들어 노후구간에 대한 줄눈부 파손에 의한 부분단면 보수 소요가 약 1.5~1.8배 증가되고 있어 부분단면 보수에 대한 효과적인 대응이 필요한 시점



중부선(남이 ~ 하남)	중부선(장수 ~ 비룡)	중부내륙선(연풍 ~ 여주)

나. 보수부위 중심으로 2차 파손 증가

○ 줄눈부 중심으로 콘크리트 표층이 떨어져 나가는 스폴링(spalling)현상이 발생되면 파손부위 중심으로 부분단면 보수를 시행하나, 보수부위 중심으로 2차 파손이 발생되어 보수부위가 확대되는 경향이 많음

단면 파손 → 부분단면보수 → 보수부위 재파손 → 파손부 확대

다. 아스팔트 덧씌우기 구간 재파손에 따른 보수 증가

○ 국내의 경우 노후화된 콘크리트 포장 유지보수 시 시공경험이 풍부하고 조기교통개방을 실시할 수 있는 아스팔트 덧씌우기 공법을 일반적으로 적용하고 있으며, 특히 호남고속도로 대전~광주 구간의 경우 1986년 개통 후 현재까지 170km 구간 중 약 65%인 109km가 아스팔트 덧씌우기로 시공됨 (정종덕, 2005)

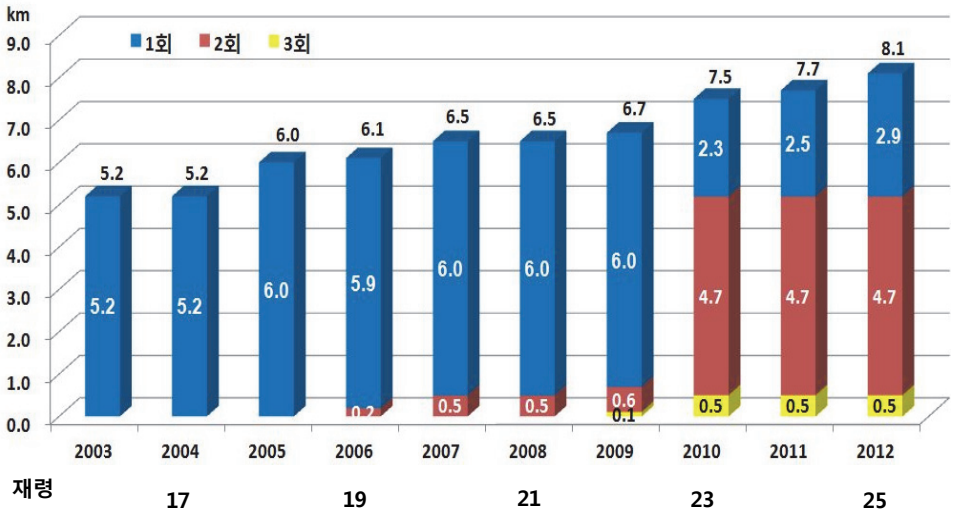
○ 획일적인 아스팔트 덧씌우기 시행으로 포장 파손의 원인을 고려하기 보다는 파

손부위를 감추는 것에 치중하였으며, 기존 콘크리트 포장과의 재료물성 및 열팽창계수 등의 특성이 상이하여 줄눈부에서 발생되는 반사균열과 함께 포트홀 등의 다양한 포장 파손에 따른 잦은 유지보수를 시행함 (장기 공용성 감소에 따른 LCC 증가→ 도로 사용자의 편의 감소)

○ 특히 열화 된 콘크리트 포장에 대한 덧씌우기 적용 시 기존 포장면과 도로구조물간의 높이차를 고려하여 절삭을 진행하고 있으나 이러한 절삭 아스팔트 덧씌우기 구간의 경우 욕조(bathtub) 현상으로 체류수가 발생하여 포장 경계면의 열화에 가장 취약함

○ 노후콘크리트 절삭 아스팔트 덧씌우기 구간은 장기간 사용에 따른 내구성 저하 및 열화로 파손이 발생한 구간 보수부위에서 재파손이 발생하고 콘크리트 절삭에 따른 모재 손상 및 물고임으로 기존 포장 열화 가속하는 추세

○ 중부선 남이-산곡 구간의 경우, 공용 19년(2006)이후 노후화로 인한 콘크리트 절삭 덧씌우기 반복 재파손이 시작되어, 재령 23년(2010)에는 2~3회 반복적 덧씌우기 비율이 급증(2~3회 : 69%, 1회 : 31%) 하고 있음



<중부선(남이~산곡) 절삭 덧씌우기 시행 횟수>

5. 연구의 시급성

가. 중부선/영동선 도로포장 개량사업 추진

○ 중부선 하남-호법 (41 km)구간 및 영동선 여주-강릉(145 km)구간에 대해 약 4,553억원 규모의 도로포장 개량사업이 2015년 12월에 착공되어 2017년 10월 완공예정으로 현재 진행되고 있음

○ 노후 도로 시설 개량을 통한 공용성 확보 및 평창 동계올림픽과 연계한 고속도

로 성능향상을 목적으로 대규모 도로공사가 토공구간, 교면 및 터널구간으로 나누어서 진행되고 있음

<중부선-영동선 도로포장 개량구간>

○ 그러나 토공구간의 경우 다양한 파손원인 및 파손정도에 따라 다양한 유지보수 공법이 적용될 수 있으나, 효과적인 유지보수 대안 및 검증 제시의 한계에 따라 아스팔트 덧씌우기 위주의 유지보수 공법이 채택되어 도로포장 개량 공사가 현재 진행 중에 있음

○ 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장 표층을 아스팔트 덧씌우기 시 두께를 10cm로 증가시키고, 필요시 방수층을 설치하는 유지보수 공법도 효과적인 유지보수 대안이기는 하나, 파손 원인별 맞춤형 유지보수 대안 및 단순한 보수·보강의 개념의 유지보수를 대체하는 사용자 중심의 유지보수 대안의 제시에 대한 필요성이 재고되어야 할 시점임

구 분	중부선(호법~하남)	영동선(여주~새말)
기존포장	콘크리트포장	
내 용	아스콘 덧씌우기(10cm)	**아스콘 덧씌우기(10cm)+방수 : 36%** 아스콘 덧씌우기(10cm) : 64%
단 면	콘크리트 (30cm) ▶ 아스콘(10cm) 콘크리트 (30cm)	콘크리트 (30cm) ▶ 아스콘(10cm) 방수층 콘크리트 (30cm)
적용수량	60만m2	25만m² / 45만m²

<본선 포장 토공구 유지보수 단면>

○ 또한 추후 지속적으로 예정되어 있는 중부내륙선 유지보수 공사를 위시한 차기 대규모 도로포장 개량 사업 시 맞춤형 유지보수 전략 제시가 시급한 시점임

2장. 국내 · 외 동향 및 환경분석

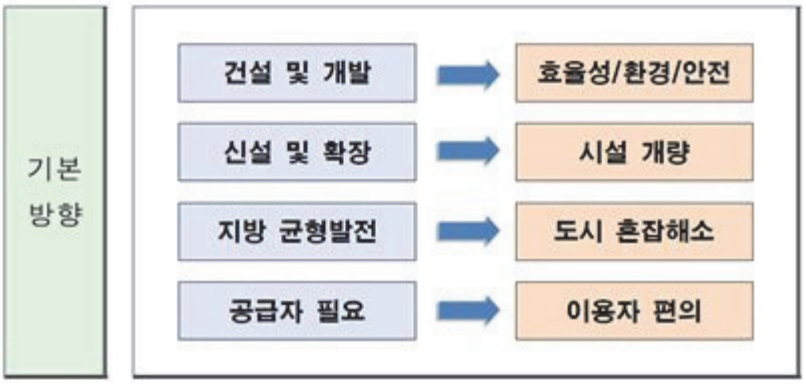
1절. 국내·외 정책 동향

1. 도로 유지관리 관련 국내 정책 동향

가. 국토교통부(2011.06) : 제2차 도로정비기본계획(2011 ~ 2020)

○ 국토교통부에서는 도로법 22조에 근거하여 소관 도로에 대한 체계적인 도로건설 및 확장을 추진하기 위하여 10년 동안의 중·장기 정비 계획을 수립하여 추진하며, 현재 제2차 기본계획에 따라 관련 정책을 책정, 추진하고 있음

○ 제 2차 도로정비 기본계획에서는 기본방향을 건설과 개발에서 효율성/환경/안전 중심으로, 신설 및 확장에서 **시설개량 중심**으로, 지방의 균형발전에서 도시 혼잡해소 중심으로, 공급자 필요에서 **이용자의 편의를 중심**으로 전환함



<제 2차 도로정비기본계획 기본방향>

나. 국토교통부 : 국토교통 R&D 중장기 전략 (2014)

○ 국토교통 산업이 성숙기에 진입함에 따라 SOC의 패러다임을 'SOC신설'에서 '기존 SOC개선'으로 전환함

○ SOC 시설물의 장수명화 및 관리 효율화를 위해 진단, 보수보강 장비를 자동화 무인화 하고, 선제적 사고 예방관리 구현을 실현함

- SOC 시설물의 노후화가 진행될수록 유지관리 비용이 급증하고, 위험도도 커지므로 체계적, 효율적인 관리기술이 필요함에 따라 국가 주도로 하는 시설물의 보수,

보강기법 개발방안을 마련함

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

다. 국토교통부 주요정책 추진계획 (2015, 2016)

○ 2016년 국토교통부 주요정책 추진 계획에서는 도로교통과 관련하여 안전한 생활환경 조성, 편리하고 안전한 교통서비스 제공 등을 목적으로 하고 있으며 다음과 같은 유지보수 관련 추진계획을 수립함

- 노후 SOC 개선을 위해 한정된 재원으로 노후도로 전체를 일시 개선하기 위해 민간자본을 활용한 도로안전 개선 시범사업을 추진함
- 이용자 중심의 교통서비스의 제공
- 성능중심, 스마트 유지관리 등 시설물 유지관리 체계 정비

○ 2015년 주요정책 추진 계획에서는 도로교통과 관련하여 국민안전 강화 및 교통서비스 만족도 제고 등을 목적으로 하고 있음

- SOC 시설의 고령화에 대비한 선제적 유지관리로의 패러다임 전환을 통해 노후 고속도로 시설개량 등 안전관리 사업에 민간 투자 유치
- 시설물 안전진단 신뢰도 제고

라. 한국도로공사 : 노후 콘크리트 포장 리모델링 중장기 계획(2015.09)

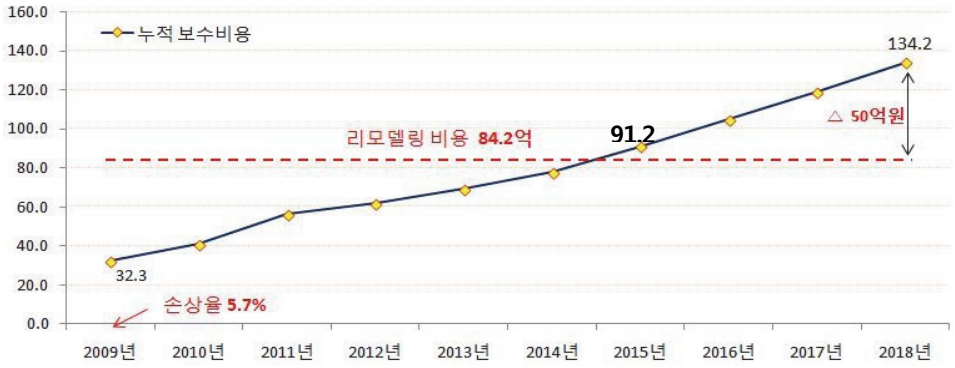
○ 한국도로공사는 2014.09부터 2015.09까지의 연구를 통해 재포장, 덧씌우기 등 전면적 보수로 신설포장 수준의 포장상태를 회복하는 리모델링에 대한 중장기 계획을 수립

○ 도로시설의 노후화로 인한 보수구간의 재파손 및 반복적 보수가 급격히 증가하고 있어 이에 따른 한계 손상률을 검토한 결과 손상율 5% 이상인 경우 부분단면보수보다 덧씌우기가 경제적인 것으로 확인

○ 중부선(남이~오창)에 대하여 기존 소규모 부분적 보수 방식으로 단기간 차단하여 야간에만 공사하는 방식과 우회노선을 마련하여 완전 차단 후 대규모 전면적 보수공법으로 장기간 집중보수하는 방식 즉, 리모델링에 대하여 경제성을 비교분석한 결과 리모델링이 교통안전성의 확보와 통행자비용 및 불편을 최소화하며, 재파손, 반복적 파손 우려가 없는 근원적 보수공법을 적용할 수 있는 장점이 있는 것으로 나타남

- 소규모, 부분적, 야간공사 위주의 단기차단을 수행할 경우 10년간('09-'18) 보수비

는 약 134억이 예상되나, 2009년에 집중유지보수 방식으로 유지보수를 수행시 84억원(50억 절감)이 가능하다는 연구 검토 결과 제시



<리모델링 사업에 의한 타당성 분석 예시>

○ 이를 바탕으로 4개 노선, 6개 구간을 선정하여 집중보수 방식의 리모델링 중장기 계획을 다음과 같이 수립함

○ 대상구간 및 우선 순위

① 중부내륙(연풍 ~ 여주), ② 중부선(산내 ~ 비룡),
③ 중부선(남이 ~ 호법 * 확장계획 결과에 따라 추진), ④ 남해선(순천 ~ 축동),
⑤ 중부선(남대전 ~ 장수), ⑥ 중앙선(단양 ~ 춘천)

○ 중장기 투자 계획

구 분	연도별 중장기 예산 투자 계획				
	계	2016년	2017년	2018년	2019년
포장 사업비(억원)	4,655	400	578	1,828	1,849

마. 서울시 도로 유지관리 정책 분석

○ 도로이용자들이 도로의 성능과 품질을 느끼는 시설이 포장이기 때문에 이에 대한 유지관리의 중요성을 크게 인지하고 평탄하고 안전한 도로를 만들기 위하여 도로 유지관리체계를 근본적으로 개선하기 위한 정책 추진

- 2013년 10월 31일 기준 서울 시내 포트홀 발생건수는 71,128개로 2012년도 전체 발생건수 41,313에 비해 크게 증가하는 등 포트홀의 발생은 해마다 증가하는 추세에 있음

○ 근본적인 원인은 아스팔트 재료 자체의 수분 및 기후변화에 대한 취약한 성질 때문이지만, 최근의 폭설 및 폭우 등 기후의 변화에 대응하기 위하여 근본적인 대책마련과 함께 '서울시 아스팔트 10계명'을 발표함(2013.11.05)

○ 이에 더해 서울시 도로포장 정책, 아스팔트 포장 유지관리, 시공, 장비의 이해 등에 대한 포장시공기술자 교육을 실시

바. 한국도로학회 : 도로포장의 뉴 패러다임 도입을 위한 기획연구(2015.05.)

○ 한국도로학회에서는 도로 산업에서 중요한 역할을 하는 시설인 도로포장에 대한 잘못된 인식 등으로 인해 기술 및 산업발전이 미진한 현실을 개선하기 위해, 다양한 환경조건의 변화와 국민요구의 증가에 따라 유지관리의 중요성이 높아지고 있다고 평가

○ 도로건설정책을 이용자 중심의 도로운영 및 관리로 전환하여야 한다고 주장하고 있으며 지속가능성, 친환경 및 CO_2 저감, 국민 편의성 증진을 도로포장 산업의 뉴 패러다임의 방향으로 설정하였음

2. 도로 유지관리 관련 해외 정책 동향

가. 미국

○ 미국은 1990년대부터 연방 교통예산법을 재정하여 교통 문제를 국가정책의 주요과제로 설정하였으며, 지속가능한 교통수단에 대한 관심이 늘어나면서 연방정부가 보다 많은 역할을 감당할 필요성이 있다고 평가

○ 2012.7.6. 오바마 대통령이 인준하여 2012.10.1.부터 2014.9.30.까지 효력을 가지는 연방 교통예산법(MAP-21; Moving Ahead for Progress in the 21st Century)에서는 약 1,057억 달러 규모의 교통예산을 도로건설, 유지관리, 안전, 대중교통, 교통계획 및 제반연구에 배정 [도로(812억$), 연구(8억$), 안전(25억$), 대중교통(213억$)]

○ 2014년 신년사에서 오바마 대통령이 제안한 Fix-It-First 정책도 이러한 MAP-21의 연장선상에 있다고 볼 수 있고, 이는 2011년 브루킹스 연구소의 보고서에서 제시한 3단계 전략(선(先) 보수 – 후(後) 확장 – 성과보상)의 첫 번째에 단계에 해당함

○ 브루킹스 연구소의 3단계 전략에서 가장 큰 핵심은 선(先) 보수(Fix-It-First) 전략이며 이 전략은 새로운 도로를 구축하는 것 보다 낡은 교통 시설부터 복구하는 것이 우선이라는 판단에서 비롯된 것임

- 현재 미국의 교통기반시설이 45년 이상 된 노후 시설이 대부분이며 적절한 보수시기를 놓치게 되면 급격한 노후화로 인해 유지보수에 필요한 예산이 기하급수적으로 증가하는 것으로 나타났기 때문에 시설 보수에 초점을 맞춘 Fix-It-First 전략을 추진하게 됨
- 브루킹스 연구소의 보고서에 따르면, 미국 내 고속도로의 30% 이상이 보수가 필요한 상황이며 교량의 5.6%가 구조적인 결함이 있는 것으로 나타나 안전성 확보를 위해 시설 보수가 시급하다고 주장함 (Kahn & Levinson, 2011)

나. 일본

○ 일본은 경기 부흥 대책으로 사회 인프라 신설에 거액의 예산을 투입해 왔지만 전국의 주요 지역에 도로 및 철도망이 이미 광범위하게 구축되어 있어 과거만큼의 큰 경제 효과를 낼 수 없었고 경제적 효과는 기대만큼 얻을 수 없었던 반면 구축된 인프라에 대한 유지관리 비용이 장기간 발생

○ 이에 일본 정부 및 지자체는 사회인프라의 신설에 대한 예산을 축소하였으며, 2012년에는 1998년 예산의 3분의 1 수준인 약 5.1 조 엔만을 배정하였음

○ 축소된 예산으로 인해 인프라의 신설은 줄어들고 있지만, 기존 시설의 노후화는 계속 진행되고 있는 상황에서 가장 큰 문제는 상당수의 인프라가 건설한지 50년이 넘은 노후 시설이라는 것임

- 국토교통성에 따르면 고속도로 터널은 일본 내 1,575개가 있으며 이 중 건설 후 30년 이상 경과한 터널이 23%를 차지함
- 도로 및 교량의 법정 수명은 45년이지만, 건설 후 30년이 경과하면 변형 및 열화가 시작되고 30년~40년 이상의 교량은 조속한 보수가 필요하다고 명시하고 있고, 또한 건설 후 50년 이상 경과하면, 보수만으로는 부족하고 철거 후 재구축이 필요한 상황도 발생할 수 있다고 판단하고 있음

○ 2012년 국토교통백서에 따르면 2030년에는 도로, 교량의 53%, 하천관리시설의 60%, 항만부두의 53%가 건설 후 50년 이상을 경과하게 됨

○ 일본에서는 인구 노령화의 문제 뒤편에서, 사회인프라의 노령화 문제도 빠른 속도로 진행되고 있는 것으로 판단하고 이에 대한 대책을 마련하고 있음

<일본의 사회 인프라의 노량화 비율 예측, 출처 : 국토교통백서 2012>

년도	도로교량	하천관리시설 (수문 등)	하수도시설	항만부두
2010년	약 8%	약 23%	약 2%	약 5%
2020년	약 26%	약 37%	약 7%	약 25%
2030년	약 53%	약 60%	약 19%	약 53%

○ 2013년도 일본 정부 예산은 공공사업 관계비를 2012년도 당초 예산보다 증액하여 약 5.3조 엔을 책정하였으며, 이는 일본 전국 각지의 도로, 터널의 보수 등 노후 인프라 관리·유지에 배분됨

- 인프라의 노후화와 그에 필요한 시책을 검토하기 위해 다양한 논의가 진행되고 있으며, 그 중에서 사회자본 정비전략소위원회에서 발표한 내용은 다음과 같음 첫째, 인프라의 안전성 진단을 위한 총 점검 및 실시 결과 발표, 둘째, 시설의 수

명연장 등을 위한 중장기적인 유지관리 계획 수립, 셋째, 시설의 유지관리 절차의 효율성과 일정 수준의 안전성을 보장하기 위한 표준지침 구축

○ 또한 효율적, 효과적인 유지관리를 위한 기술 개발도 추진되어야 한다고 발표하였으며, 사후적 유지관리에서 예방적 유지관리로 패러다임을 전환함으로써 장기적으로 생애주기 비용을 줄인다는 전략을 추진하고 있음

○ 현재 일본 정부는 장기간의 경제 침체에 따른 재정 부담으로 노후화 대책에 민간 자금을 적극 활용하는 방침을 결정 (2013년 5월 8일)

- 아베 정권은 PPP(Public Private Partnership) 기법의 도입 등을 논의 중에 있으며 사회 인프라 정비에 민간의 자금이나 기술을 적극적으로 활용한다는 방침을 발표함

다. 유럽 등

○ 도로 유지관리 분야에 대한 투자 지연은 결국 도로의 기능을 저하시키는 원인이 되고 있으며, 이에 대응하여 여러 국가에서 다각적인 접근을 통해 효율적으로 도로자산을 관리하기 위한 노력을 기울이고 있음

○ 이러한 유지관리 분야에 대한 투자 부진의 원인은 글로벌 경제위기에 따른 각 국가들의 긴축정책이 주 원인이라고 할 수 있음

(1) 노르웨이도로청(NPRA) ; 기후변화 관련 도로 유지관리 연구 및 투자제한 원인 분석

○ 노르웨이 도로청은 2013년 5월 4년간의 기후변화 대응 R&D 프로그램인 “Climate and Transport“를 완료

○ 이 프로그램은 기후변화가 도로망에 미치는 영향을 조사하고 도로망의 계획, 설계, 건설 및 유지관리를 위한 정책제언을 목적으로 기획된 것이며, 홍수와 침식·산(눈)사태·포장노후화·동계 도로운영 등 기후변화로 인한 4개 문제를 중심으로 추진됨

○ 그 결과, 안전과 통행성을 유지하는 것을 목적으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리를 실시하도록 하고 있으며, 도로의 유지관리와 관련해서는 보다 다양한 기상상황에 따라 적용 가능한 운영 및 유지관리 계약을 적용하도록 함

○ 운영계획은 예방적 유지보수를 포함하도록 하고 있으며, 계획적으로 적절한 유지보수를 실시하도록 하고 있음

○ 노후 도로시설에 대한 유지관리 투자는 필수적인 것이나 다음과 같은 이유에 의해 투자가 제한되고 있다고 그 원인을 분석함

- 첫째, 도로 유지관리는 그 중요성에도 불구하고 도로 신설이나 확장 등 신규투자

에 비해 정책실현의 가시성 면에서 정치적으로 매력이 떨어지는 분야임

- 둘째, 교육, 주택, 환경 등 여러 부·처들간의 관련 시설에 대한 유지관리 이슈 경쟁이 심화되고 있고, 이로 인해 제한된 재원 내에서 도로분야에 충분한 투자가 이루어지기 힘듦
- 셋째, 도로 관리주체의 과학적 접근이 부족함 즉, 유지관리 분야 투자 감소 및 지연에 따른 도로기능 및 사회경제에 미치는 영향, 적정한 유지관리 수준을 구체적으로 제시할 수 있는 과학적 tool의 개발이 부족하다는 것

(2) 스코틀랜드 ; 제한된 유지관리 예산의 효율적 투자

○ 스코틀랜드는 2012년도 경쟁 입찰을 통해서 선정된 4개의 유지관리운영회사와 총 3,500km에 달하는 Trunk Road에 대한 유지관리운영계약을 체결

○ 이를 통해 Trunk road를 4개 지역으로 분할하여 각 지역에 해당하는 구간에 대하여 선정된 유지관리운영회사가 모든 유지관리 업무를 수행하게 되며, 최초 계약기간 5년 동안의 수행결과를 바탕으로 최대 10년까지 계약기간을 연장할 수 있음

○ 제한된 예산 범위 내에서 각 운영회사의 혁신기법을 활용한 유지관리를 유도함으로써 도로이용자의 만족도 제고와 동시에 도로자산 관리의 효율화를 목표로 하고 있음

(3) 독일 ; 도로 유지관리예산 감축하지 않고 필요예산 충당 정책을 추진

○ 독일의 경우, 과거 10년간 도로 유지관리 분야에 최소로 필요한 재원 대비 40%~70% 정도의 일반회계예산이 배정되고 있음

○ 부족한 재원과 관련하여 2005년부터 부과하기 시작한 12톤 이상 화물차에 대한 통행료 이외에, 개인소유 차량에 대한 통행료 부과 필요성이 제기되어 시행되고 있음

(4) 프랑스 ; 예방적 유지관리 도입, 예산의 효율적 활용 추진

○ 프랑스는 사전 예방적 유지관리와 도로의 성격, 교통량 등 중요한 요소에 의거하여 결정된 투자 우선순위에 따른 제한된 재원의 효율적인 활용에 중점을 두고 정책 추진

(5) 아이슬란드 ; 중장기 유지관리 예산 확보를 위한 정책 추진

○ 아이슬란드는 2011년에서 2022년까지의 향후 12년간 유지관리 예산 계획이 의

회에 제출되어 있는 상태이며, 이를 통해 안정적인 유지관리 재원 확보를 위해 노력하고 있음

라. 도로관련 국제 협회

(1) 세계도로협회(PIARC, World Road Association)

○ 세계도로협회에서는 기존 도로망의 유지관리의 중요성에 대하여 2007년 발간된 보고서, 「IMPACT OF ROAD CONSTRUCTION AND MAINTENANCE ACTIVITIES ON ROAD USERS AND THE ADJACENT LAND USE」에서 기능적, 경제적 이유 외에도 소음, 안전, 공해 등 다양한 측면에서 발생하는 문제점과 대응 기술 및 제도를 제시하고 있음

○ 2012년 4월 아이슬란드에서 개최된 운영위원회에서 전 세계적인 도로 유지관리예산 감축이 도로·교통 분야에 가장 큰 위기요인으로 논의 됨

○ 각국 대표들은 도로 유지관리예산 감축으로 인한 유지관리의 지연과 도로 품질의 저하, 이동시간 및 비용의 증가 및 최종적으로는 예산 감소액보다 훨씬 큰 재정손실과 전 경제 분야에 악영향이 연쇄적으로 발생할 것으로 예상함

○ 2012년 10월 스위스에서 개최된 이사회에서 '도로 유지관리 예산 축소에 따른 구체적인 경제적 영향 분석 및 공동대응방안'을 세계도로협회의 특별프로젝트로 진행하도록 하여, 2015년 서울 세계도로대회에서 결과물을 발표함

○ 2013년도에도 도로 유지관리시 도로기능 및 사회경제에 미치는 효과를 주제로 하는 프로젝트를 진행하여 국가 정책결정시 참고자료가 되도록 함

(2) 국제교통포럼(ITF, International Transport Forum)

○ 2011년 7월에 국제교통포럼(ITF)이 발표한 자료에 따르면, 조사 대상국의 도로분야 총 투자비 중 유지관리 분야가 차지하는 비중이 30% 정도로 1995년 이후 일정 수준을 유지하고 있으나, 2005년 이후의 추세를 보면 거의 모든 국가에서 감소하고 있는 것을 볼 수 있으며 이는 세계적인 불황 탓에 인프라에 대한 투자 전체가 감소한 것이 원인임

○ 그럼에도 불구하고 1995년 대비 지역별 도로 유지관리 분야에 대한 투자 추세를 보면 동부유럽 국가를 제외하고는 대부분 감소 또는 일정수준에서 머물고 있음

○ 2012년 6월 Statistics Brief에 따르면 OECD 국가들은 최근 15년간 도로 및 철도 인프라에 평균적으로 GDP의 1%를 지출하고 있으며, 지출의 비율과는 별개로 투자의 총량은 30% 성장한 것으로 나타났다. 이는 긴축재정 속에서도 전체

도로 인프라의 노령화에 따른 유지보수 규모의 확장으로 해석할 수 있음

마. 기타 관련 정책 동향

○ 도로 유지관리가 지연되거나 방치되는 경우 도로의 기능 및 사회경제에 미치는 부정적인 영향에 대해서 여러 전문기관에서 연구결과를 발표하고 있음

- 첫째로, 도로기능의 저하 또는 상실로 인한 재정부담의 심화인데, 세계은행 보고서는 유지관리 지연 시 최악의 경우 적정 유지관리 예산 대비 3배 이상의 재정부담을 초래할 것으로 예상하였으며, 남아프리카도로청(SANRAL)은 3년 이상 도로 유지관리가 지연되는 경우 6배, 5년 이상 지연되는 경우는 18배까지 적정 유지관리비 대비 재정 부담이 급격히 증가한다는 연구결과를 발표함
- 둘째로, 도로기능의 저하는 교통흐름에 악영향을 초래함으로써, 운송 시간 및 거리의 증가로 운송 비용을 증가시키는 것으로 나타남
- 셋째로, 연쇄적으로 물가가 상승하고, 이동성 저하로 인해 관광 및 투자유치 등 외부경제에 까지 부정적 영향이 미치는 것으로 나타남

3. 소결

가. 국내 정책 동향

○ 최근 우리나라의 도로 유지관리 관련 정책의 동향을 살펴보면 도로의 가치 향상, 효율적 활용 등의 목적을 위해 신규 도로망의 건설에서 기존 도로의 효율적 활용 및 환경, 안전 관련 문제를 해결하기 위한 유지관리 측면으로 패러다임이 전환되고 있음

○ 도로 시설의 공급자의 정책적 판단과 중·장기 계획이 이용자의 편의에 근거하여 다양한 관점에서 이루어지고 있기 때문임

○ 국토교통부의 최근 주요 정책추진 계획에서도 한정된 재원으로 노후화된 도로의 개선을 추진하기 위한 유지관리 체계정비, 기술개발 등을 목표로 하고 있음

○ 고속도로의 유지관리에 있어서도 효율적인 예산집행과 근본적 보수를 위해 완전차단 후 대규모 유지보수를 실시하는 집중보수 전략을 채택함

나. 해외 정책 동향

○ 미국, 일본 및 서유럽의 여러 국가들과 같이 도로망의 구축이 어느 정도 완료된 국가들에 있어서는 새로운 지역으로의 접근성 확보를 위한 신규 도로망의 확충

을 위한 건설보다는 기존 도로망 노선의 노후화로 인한 유지관리가 중요한 이슈임

○ 각국의 도로 관리자 및 관련기관에서 다양한 노력이 이루어지고 있지만, 충분한 유지보수 예산의 투자가 없다면 신설되는 도로연장보다 더 많은 기존 도로연장이 그 기능을 잃어갈 것이라는 예측도 있어 도로 유지관리에 관한 연구를 통해 다양한 정책을 추진하고 있음

○ 도로 유지관리는 도로 기능의 유지는 물론 사회경제적 의미에서도 그 중요성이 매우 크며, OECD 통계에 따르면 세계적인 불경기의 여파로 필요한 도로시설의 유지보수가 절절히 이루어지지 못할 우려가 있음을 알 수 있음

○ 이는 앞서 언급한 바와 같이 정치/경제적 환경이 그 원인이 될 수도 있지만, 도로 유지관리의 효과 및 적정한 도로 유지관리 수준에 대한 과학적인 접근의 부재도 주요한 원인이 될 수 있음

○ 따라서 제한된 유지관리 예산의 효율적 투자를 위해서는 첨단미래기술을 적극 활용한 유지관리 기술을 개발하고, 이를 활용한 도로유지관리 정책을 실현할 필요가 있음

2절. 국내·외 시장현황 및 전망

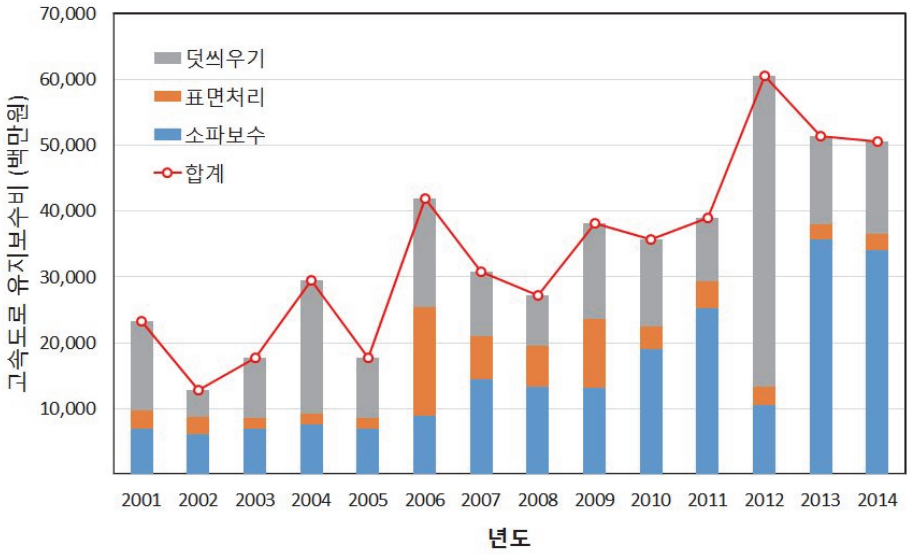
1. 국내 유지보수 시장현황 및 전망

가. 고속도로 포장 유지보수 비용 현황 분석

○ 국토교통부 도로보수현황(2015)에 따르면 2001년에 약 349억원을 지출한 고속도로 포장 유지보수비용은 지속적으로 증가하여 2014년 기준 약 1,308 억원을 사용하였음 (14년간 3.8배 증가)

○ 특히 줄눈부 중심의 파손으로 인한 소파보수의 경우, 2001년도 기준 약 69억원의 유지보수비용이 지출되었으나, 2014년도에는 약 340억원이 소요되어 지난 14년 동안 약 4.9배의 급속한 증가경향을 보이고 있음

○ 일반적으로 소파보수를 통한 유지보수 전략이 한계에 임했을 경우 실시하는 덧씌우기 공법 적용 현황의 경우, 2012년도에 집중적으로 470억원이 투입된 특징이 보이며, 평탄성 향상을 위한 표면처리 구간은 2000년 중반부에 집중적으로 실시된 것으로 분석됨



<고속도로 포장 유지보수 비용 내역 분석>

○ 2013~2014년도 고속도로 유지보수 비용 중 재포장 비용을 제외한 소파보수, 표면처리, 덧씌우기 비용은 약 518~505억원 규모로 전체 포장 유지보수 비용의 38~78% 해당됨에 따라 본 연구의 주요 대상으로 하는 소파보수, 표면처리 및 덧씌우기 유지보수공법을 포함한 보수 소요는 전체 유지보수에서 높은 비중을 차지하고 있는 공법으로 파악 됨

<도로포장 유지보수 실적 (2001 – 2014년), 2015 도로보수현황, 국토부> 단위: 백만원

구분	2001년				2002년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		293,103		34,953		419,940		26,627
소파보수	40,522	64,806	3,541	6,967	41,166	49,442	3,215	6,034
표면처리	9,958	8,884	2,018	2,809	32,257	19,382	3,152	2,627
덧씌우기	257,349	142,304 48.5%	22,993	13,534 38.7%	247,638	184,622 43.9%	43,972	4,192 15.7%
재포장	38,417	77,109	4,212	11,643	64,655	166,494	7,376	13,774

구분	2003년				2004년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		353,746		40,169		384,426		38,677
소파보수	30,369	42,582	6,466	6,891	31,304	48,049	1,678	7,525
표면처리	13,000	10,341	2,824	1,736	13,730	8,570	1,858	1,646
덧씌우기	183,373	199,196 56.3%	3,106	9,083 22.6%	206,353	236,606 61.5%	12,475	20,357 52.6%
재포장	61,720	101,627	14,656	22,459	48,768	91,201	7,050	9,149

구분	2005년				2006년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		509,062		73,172		385,944		67,348
소파보수	31,409	43,435	6,466	6,891	286,026	49,910	255,327	8,853
표면처리	12,680	10,512	2,824	1,736	70,965	14,605	55,312	16,532
덧씌우기	182,253	197,209 38.7%	3,106	9,083 12.4%	272,811	192,967 50.0%	106,481	16,525 24.5%
재포장	61,722	257,906	14,656	55,462	69,712	128,462	17,124	25,438

구분	2007년				2008년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		365,571		44,990		341,540		40,884
소파보수	31,456	62,065	1,805	14,497	25,796	51,540	1,406	13,386
표면처리	16,191	16,796	1,638	6,538	17,317	20,207	2,280	6,162
덧씌우기	172,282	201,946 55.2%	7,959	9,745 21.6%	170,693	197,551 57.8%	2,212	7,619 18.6%
재포장	31,183	84,764	7,148	14,210	34,122	72,242	5,823	13,717

구분	2009년				2010년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		433,767		50,629		420,669		52,568
소파보수	51,137	93,634	2,661	13,119	29,836	86,848	1,689	19,034
표면처리	12,733	31,204	4,039	10,469	8,775	10,467	1,403	3,363
덧씌우기	154,468	224,646 51.7%	2,360	14,574 28.7%	188,683	241,409 57.3%	8,072	13,397 25.4%
재포장	48,666	84,283	1,864	12,467	61,510	81,945	9,842	16,774

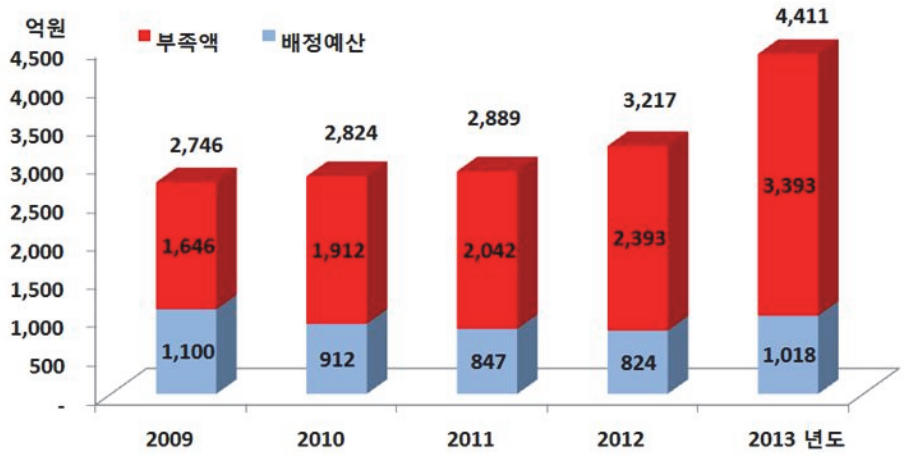
구분	2011년				2012년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비	물량	보수비
포장도 보수(계)		400,796		60,479		452,134		76,083
소파보수	35,832	83,032	6,423	25,182	29,179	94,399	5,195	10,601
표면처리	10,801	17,506	1,976	4,140	18,740	15,163	3,072	2,749
덧씌우기	132,208	173,647 43.3%	10,187	9,650 15.9%	115,862	201,234 44.5%	29,880	47,265 62.1%
재포장	73,601	126,611	9,632	21,507	62,415	141,338	6,548	15,468

구분	2013년				2014년			
	합계		고속국도		합계		고속국도	
	물량 (m)	보수비 (백만원)	물량 (m)	보수비 (백만원)	물량 (m)	보수비 (백만원)	물량 (m)	보수비 (백만원)
포장도 보수(계)	25,271,512	508,175	827,923	66,108	111,392,594	525,724	828,131	130,800
소파보수	2,595,873	102,696	184,602	35,673	2,096,604	95,676	146,041	34,010
표면처리	748,789	10,450	60,125	2,266	781,504	24,150	36,534	2,507
덧씌우기	16,796,835	271,670	350,434	13,957	102,376,463	261,128	518,529	14,081
재포장	5,130,015	123,359	232,762	14,212	6,138,023	144,770	127,027	80,202

나. 국내 콘크리트 도로 유지보수 시장전망

○ 2013년에 조사된 고속도로 도로포장 유지보수 비용 확보 관련 자료를 분석해 보면 실제 공용성에 근거한 HPCI (Highway Pavement Condition Index)를 기준으로 보수가 필요한 도로의 유지보수 비용과 실제 한국도로공사에서 매년 확보한 유지보수 비용의 비율은 점점 줄어드는 경향을 알 수 있음

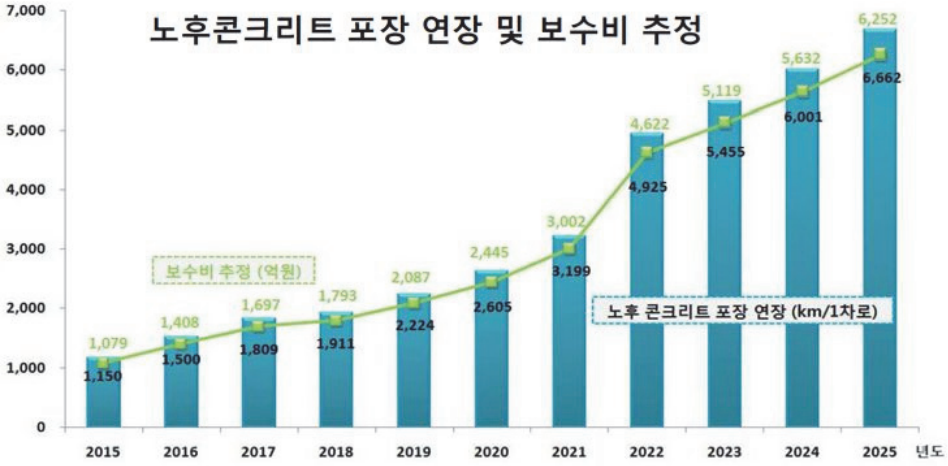
○ 2009년의 경우 전체 유지보수 요구 예산의 약 40%를 실제로 확보하여 집행하였으나 2013년 기준으로 HPCI 기준 필요예산 4,411억원 대비 1,018억원을 배정받아 유지보수 예산 확보율이 약 23 %에 그친 점은 주목할 필요가 있음



<고속도로 도로포장 유지보수 확보 추이, 한국도로공사, 2013>

○ 이와 같은 유지보수 예산 확보 추이는 유지보수가 적재적소에 이루어지지 못하고 있는 현실을 나타내는 간접적인 자료로 판단되며, 적기에 보수하지 못한 도로의 공용성은 지속적으로 하락할 것이며 이는 추가적인 유지보수 소요를 발생시킬 것으로 예상됨

○ 또한 이와 같은 자료를 바탕으로 한국도로공사(2015)에서 작성한 노후 콘크리트 포장 연장 및 보수비 추정 자료에 의하면 2015년 1,079억원이던 유지보수비용은 노후콘크리트 연장 및 파손의 증가로 인해 2025년 경에는 약 6,252억원에 이를 것으로 추정 함 (10년 동안 5.8배 증가 예상)



<노후 콘크리트 포장 연장 및 보수비 추정, 한국도로공사, 2015>

2. 국외 유지보수 시장현황 및 전망

가. 미국

○ 미국의 경우 '20년까지 예상되는 도로 유지관리에 투입되는 비용이 약 3600 조원에 달할 것으로 예상됨

○ 미국토목학회(ASCE: American Society of Civil Engineers)에서 `13년도 발표한 "Report card for America's infrastructure"에 의하면, 미국의 모든 공공 사회기반시설에 대한 평균점수는 D+로 나타남

- 도로기반시설의 경우 평균점수는 D로 나왔고 미국 주요 도시의 고속도로 정체율은 42%에 달하며 매년 이로 인해 도로위에서 소모되는 시간과 연료를 경제적으로 환산하면 101 조원에 달함

○ 미국 연방정부의 조사에 의하면 도로기반시설의 현재 성능을 큰 폭으로 향상시키기 위해서는 매년 170 조원의 투자가 필요한 것으로 나타남

○ 연방정부, 주정부, 지방단체에서 매년 투자액을 91 조원으로 증액하여 단기적인 측면에서는 도로기반시설이 향상되었으나, 이 수준의 투자는 충분하지 않으며 장기적인 관점으로 볼 때 오히려 현 상태의 성능을 하락시키는 결과를 초래할 뿐임

- `09년까지 성능이 하락 및 유지되는 것으로 나타났으나, `11년부터는 다시 상승하는 것으로 나타남

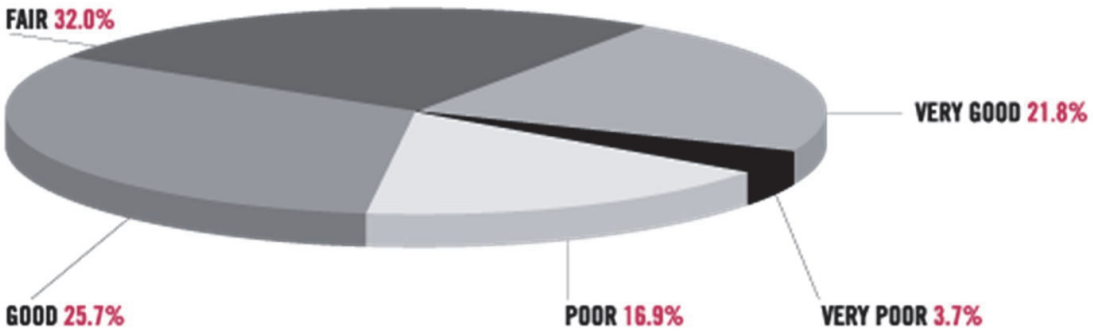
나. 캐나다

○ 관/산/학/연 협동 프로젝트 위원회에서 발간한 "2012 Canadian Infrastructure Report Card"는 사회기반시설을 상수도, 하수도, 우수시설, 도로로 구분하여 평가함

○ 사용된 데이터는 `09 ~ `12년에 지자체 인프라관리 담당 공무원들과 전문가 집단을 대상으로 조사하였으며, 도로(Municipal roads)의 경우 Fair(requires attention)의 등급을 받음

- 절반이 넘는 도로의 상태가 good condition 이하로, 32%의 도로가 fair condition으로 분류됨

○ Poor나 very poor로 분류된 20.6%의 도로를 교체하기 위한 비용은 약 91.1 조원으로 추정되었고, 이 비용은 캐나다에 거주하는 각 가정마다 730만원을 부담하여야 하는 것으로 분석됨



<캐나다 도로상태 현황>

다. 유럽

○ OECD 회원국은 GDP의 0.3%를 교통 인프라의 유지 및 보수를 위하여 투자함

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

○ 서유럽의 전체 SOC투자금액 대비 유지·보수 투자비중인 30%를 적용하면 `15년 기준 세계 도로 및 교량 유지·보수시장은 약 1,470억 달러 규모로 추정됨

○ 영국의 경우 도로 보수비용이 예산의 1/5수준으로 활용되고 있으며, 12억 파운드 수준의 비용이 필요할 것으로 판단됨

○ 영국 토목공학회(Institution of Civil Engineers:ICE)에서 발간된 "The state of the nation: Infrastructure 2014"는 6개 분야(에너지, 교통, 지역교통, 상하수도, 홍수관리, 폐기물 및 자원관리)의 사회기반시설에 대해 평가를 수행함

- 영국 도로의 전반적인 등급은 D-인 상태로 매우 안 좋은 상황인 것으로 나타남
- `13년도 기준 유지보수 비용은 6억 파운드였지만, 실제 유지보수를 위해서는 10.5~12억 파운드의 비용이 필요할 것으로 판단됨

3. 소결

가. 국내 시장 분석

○ 고속도로 포장 유지보수 비용 현황 분석 및 국내 콘크리트 도로 유지보수 시장 전망을 종합적으로 분석해 볼 경우, 노후 콘크리트 포장 연장의 지속적 증가와 이에 따른 유지보수 소요의 지속적인 증가로 콘크리트 포장 유지보수 시장은 매년 성장할 것으로 판단됨

○ 유지보수 시장 규모는 2015년 약 1,079억원 규모에서 2025년에는 6,253억 규모로 확대될 것으로 예상이 되며, 2013년 기준 한국도로공사가 확보한 실제 유지

보수 비용은 포장상태 대비 약 23 % 수준임을 고려할 때, 적기에 보수하지 못함에 따른 추가적인 유지보수 소요도 발생 예상됨

나. 해외 시장 분석

○ 세계적인 경기 악화속에서도 도로 인프라 노후화에 따른 유지보수 시장 규모는 확장될 것으로 보이며, 미국은 도로시설 성능향상을 위해 매년 170조원의 투자가 필요한 것으로 분석되었으며, 유럽의 경우 전체 SOC 투자 금액 중 약 30 %를 도로교통 분야 유지보수에 투자하는 것으로 분석 됨

○ 세계도로협회(PIARC) 보고서(2007)에 따르면 도로 유지관리 예산 감축으로 유지관리의 지연과 도로 품질의 저하, 이동시간 및 비용의 증가가 발생되며 이는 최종적으로 예산 감축액보다 훨씬 더 큰 재정 손실과 경제분야에 악영향이 연쇄적으로 발생된다는 분석은 적기의 유지보수의 필요성을 강조하는 부분임

○ 또한 고도성장기에 기 구축된 도로시설물의 노후화에 따른 유지보수 시장 규모는 지속적으로 확장이 예상됨

3절. 기술동향 분석

1. 콘크리트 포장 파손 유형 분석

가. 고속도로 포장 노후에 따른 대응전략 구축 연구(서영찬, 2015) 개요

○ 국내 콘크리트 포장의 리모델링 전략을 마련하기 위해 '고속도로 포장 노후에 따른 대응전략 구축을 위한 연구용역 (서영찬, 2015)'이 총 12개 고속도로 노선 약 2212 km에 대하여, 20년 이상 된 콘크리트 포장과 20년 이하이나 포장 결함이 많은 구간(추가구간)을 대상으로 실시됨

○ 상태조사는 현장육안조사와 함께 포장 및 도로 주변 상태를 촬영하여 이루어졌으며, 한국도로공사 고속도로 PMS의 표면결함 자료와 네이버의 거리뷰 사진 자료를 참고 하였음

○ 상태조사 결과분석은 PMS자료를 활용하여 보수필요면적과 부분단면보수면적으로 환산한 손상율, 그리고 연구진이 개발한 RMR(Remodeling Rating)지수를 종합적으로 적용하여 실시하였음

나. 고속도로 포장 노후에 따른 대응전략 구축 연구(서영찬, 2015)에 따른 결함 유형

○ 국내 콘크리트 포장 결함의 특징은 반복하중에 의한 피로균열은 많지 않았으며 주로 줄눈부 파손, ASR 등 내구성 파손, 절삭 아스팔트 덧씌우기에 의한 반사균열, 포트홀 및 백태, 그리고 교량/터널 접속부 파손들이 주를 이루었음

○ **줄눈부 결함/단면보수구간 재파손**

- 국내 고속도로 콘크리트 포장에서 가장 흔한 결함은 줄눈부 열화, 이에 따른 줄눈부 단면보수 및 보수구간의 재파손 등으로 정의 할 수 있음
- 줄눈부 파손의 주요요인으로는 동결손상(Freeze & Thaw Damage)에 의한 물리적 파손, 습염식 제설제에 의한 추가 파손, 그리고 중차량에 의한 파손 등으로 분류할 수 있음
- 줄눈부 파손/내구성 결함이 국부적인 경우는 일상적인 보수를 실시하면 되나, 결함이나 단면보수가 상당히 긴 연장에 분포되어 있고, 재파손의 우려가 있는 경우는 덧씌우기를 대안으로 고려해야 함

<줄눈부 단면보수 사례-중부내륙선, 양평방향>

○ **알칼리 골재반응(ASR) 등 내구성 파손**

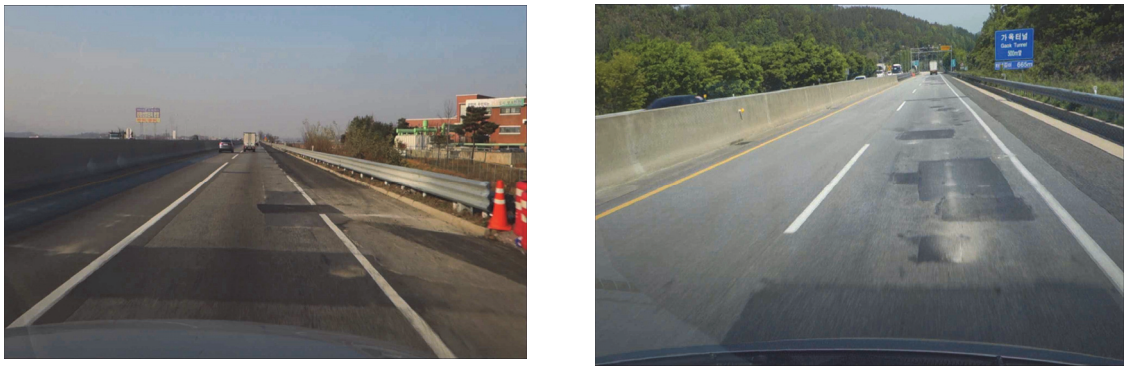
- 알칼리 골재 반응에 의한 내구성 파손은 영동선, 중부선, 남해선, 중부내륙선, 중앙선 등에서 발생이 되었음
- 발생의 주요 원인으로는 시멘트 알칼리 수화물과 골재의 실리카 성분이 반응하여 팽창성 겔(gel)을 생성하여 내부의 팽창압이 콘크리트의 인장응력을 초과할 경우 균열이 발생하게 됨
- 이에 따라 반응성 골재가 사용되고 높은 알칼리 시멘트가 사용된 구간의 경우, 시간이 지남에 따라 표면으로부터 거북등 형태의 미세균열이 발생되어, 이를 방지하기 위해 현재 반응성 골재 의심구간에 대해서는 플라이애시(fly-ash) 20% 이상을 결합재량으로 의무 사용하고 있음
- 특이 알칼리 골재반응이 발생하면 단면보수는 임시조치로만 고려하여야 하며 장

기적으로 재시공을 염두해 두어야 함. 덧씌우기도 알칼리 골재반응의 보강대안이 될 수는 있으나, 콘크리트 탈리가 없고, 상태가 심하지 않는 경우에만 적용하는 것이 바람직함

<ASR 구간의 덧씌우기 사례-남해선, 부산방향>

○ **기존 아스팔트 절삭 덧씌우기 구간 재파손**

- 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장 상부를 절삭 후 아스팔트로 덧씌우기를 한 경우에는 기존 줄눈부를 통해 아스팔트 덧씌우기 구간에 반사균열(reflective crack)이 발생될 가능성이 높음
- 또한 이러한 반사균열에 의해 우수 및 다수의 염화물이 침투될 수 있으며, 배수불량 시 절삭 구간에 의한 욕조현상(bath tub)이 발생하여 침투수가 콘크리트 모재와 아스팔트 덧씌우기 층 사이에 존재하여, 포트홀 발생, 상하부 부착파괴, 콘크리트 열화 및 백태 등이 발생될 수 있음
- 기존 덧씌우기 구간의 반사균열, 포트홀 등에 의한 재파손에 대해서는 재포장, 콘크리트 절삭 덧씌우기, 아스팔트 절삭 덧씌우기 등을 고려할 수 있으나, 기존 모재의 파손정도 및 반사균열을 저감하기 위한 사전 조치를 반드시 검토해야함



<절삭 덧씌우기 구간 재파손, 포트홀, 백태 사례-중부선, 하남방향>

○ **기타결함 (교량/터널 접속부 파손)**

- 전체 조사구간에서 교량/터널 진입부에 파손이 많이 관찰되었으며 서울 외곽선, 서해안선, 중앙선, 중부내륙선, 중부선 대전 이남 등은 다른 구간에 비해 교면포장이 특히 불량한 구간이 많았음
- 교량/터널 접속부 파손의 경우는 도로포장 본선과 교량 혹은 터널이 만나는 접속슬래부 구간의 뒷채움부의 처짐으로 인하여 평탄성이 저하되거나 포장면이 침하되는 현상임
- 펌핑이 관찰된 남해선등은 실제 유지보수를 수행할 경우 프로젝트 레벨의 정밀조사를 통해 그 원인을 파악한 후 지하배수시설에 대한 검토도 동반할 필요가 있음
- 주행 중 차량 흔들림이 심한 구간이 경부선 대구이남, 중부내륙(양평방향) 내서이후 구간 등에서 관찰되었으며, 이 경우는 표면처리 공법과 차량 흔들림 정도와 관련이 높은 것으로 추정되어 심한구간의 경우 정밀 조사를 통해 적합한 유지보수 공법 적용을 하여야 함
- 일부 노선에 충분한 동상방지층 두께가 확보되지 않아, 동상(frost heaving)에 의한 포장 융기 파손이 발생 될 수 있으며, 필요 시 이에 대한 적합한 유지보수공법 적용이 필요함

<터널입구 파손(중부내륙선 양평방향) 및 교량접속부(중부선 하남방향) 파손>

2. 기술 및 논문현황 분석

가. 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 공법 및 연구 동향

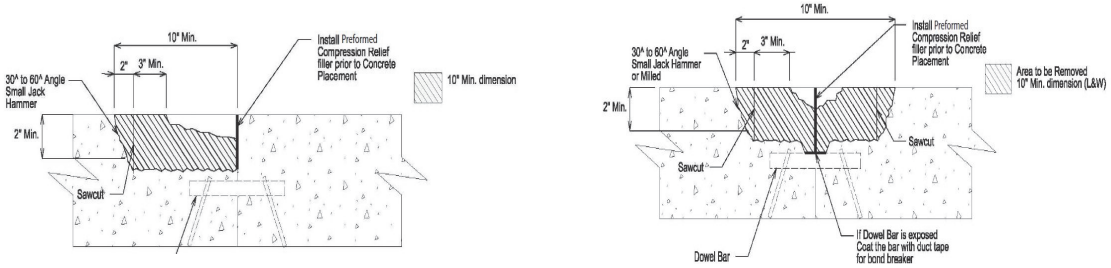
(1) 부분단면보수(partial depth repairs)

○ [정의] 부분단면 보수는 도로포장에서 국부적인 파손부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 보수방법을 말함

<콘크리트포장 부분단면보수 전경>

○ [특징] 콘크리트 포장 부분단면 보수의 특징은 다음과 같음

- 부분단면보수 방법은 파손부위의 면적 보다 5~10cm 정도 크게 선정함
- 기존 콘크리트 제거 시 열화부위를 완전히 제거하고, 절삭면에 이물질이 존재하지 않게 청소가 이루어져야 하는 것이 중요함



<부분단면보수 범위(Frentress and Harrington, 2012)>

○ [종류] 콘크리트포장 부분단면 보수재료의 종류 및 특징

- 국내에서 개발된 콘크리트포장 부분단면 보수재료는 대부분 빠른 교통개방을 위해 초속경시멘트를 사용하고, 내구성능 확보를 위해 개질재를 사용하고 있음
- 이와 같은 재료는 일반 레미콘 플랜트에서 생산이 불가능하기 때문에, 대부분 모바일믹서(mobile mixer)를 이용하여 생산되고 있음

<콘크리트 모바일믹서>

- 현재 국내에서 적용되고 있는 콘크리트 부분단면 보수재료의 종류는 다음과 같음

<콘크리트 부분단면 보수재료 종류 및 특성>

	구성재료 특성	공통점
VES-LMC	▪ VES 시멘트 ▪ 스탈렌부타디엔 라텍스	▪ 4시간 안에 압축강도 21MPa 이상 확보 ▪ 내구성능 우수 ▪ 부착강도 우수
UFA-CON	▪ 초속경시멘트 ▪ UFFA ▪ 스탈렌부타디엔 라텍스	
Smart-CON	▪ VES 시멘트 ▪ 스탈렌부타디엔 라텍스 ▪ 전기로산화슬래그골재	
PRO-CON	▪ 초속경레디믹스트 모르타르 ▪ 액상 아크릴 폴리머	
Hi-CON	▪ 초속경시멘트 ▪ 아크릴라텍스	

○ [장점] 부분단면 보수방법의 장점

- 파손부위를 제거하기 때문에, 콘크리트의 열화 진전을 차단할 수 있음
- 파손부위만을 제거하고 새로운 재료로 치환하기 때문에, 유지보수비용을 최소할 수 있음

○ [단점] 부분단면 보수방법의 단점

- 국내 적용되고 보수재료는 내구성이 우수하여 좋은 공용성능을 나타내지만, 보수 이후에 계면부의 기존 콘크리트에서 2차 파손이 빈번히 발생함
- 대부분 적용되고 있는 재료가 초속경시멘트와 폴리머개질재를 사용하고 있어, 보

수재료가 단가가 높음

- 이 재료를 생산하기 위해서 모바일믹서를 이용하는데, 이 때문에 재료생산 단가가 높으며, 생산속도가 늦어 하루 시공량이 작음

<부분단면 보수구간 2차 파손 사례>

○ [국내외 기술 및 연구동향]

- 국내에서는 2000년 중반이후 콘크리트포장의 부분단면보수에 초속경 개질 콘크리트가 적용되고 있음
- 부분단면보수의 경우에는 시공면적이 작기 때문에 소형 절삭기를 이용하여, 열화된 콘크리트포장을 제거하고, 청소차량을 이용하여 이물질을 제거하며, 고압살수기를 이용하여 절삭면을 깨끗이 한 이후에 콘크리트를 타설함
- 국외에서도 이와 유사한 방법으로 부분단면보수를 수행하고 있음

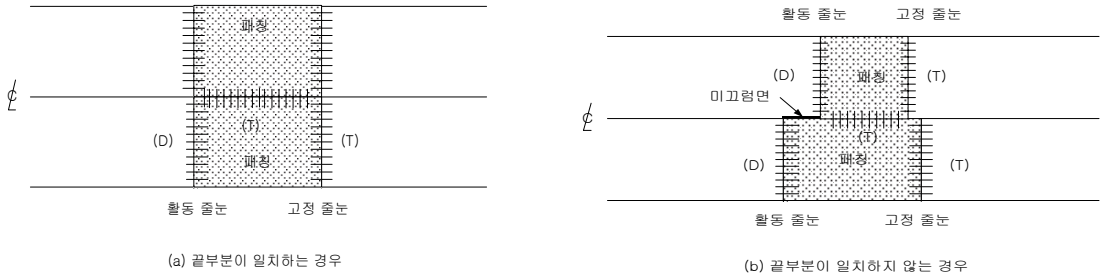
<절삭 및 청소공정(절삭기(좌), 청소차량(우))>

(2) 전단면 보수(full depth repairs)

○ [정의] 콘크리트 포장의 전단면 보수는 줄눈부 파손이 심한 경우, 다수의 균열이 복합적으로 발생 경우, 포장체가 구조적 결함이 없는 경우 적용하는 보수공법으로, 슬래브 전체 깊이까지 제거하고 새로운 재료로 치환하는 공법임

○ [특징] 전단면 보수방법의 특징은 다음과 같음

- 파손이 발생한 위치에 슬래브 전 깊이까지 모두 제거하고 새로운 재료로 치환
- 줄눈부 하중전달율을 확보하기 위해 다웰바를 설치함



<전단면 보수 단면(국토교통부, 2013)>

<다웰바 설치(Glover and Dater, 2008)>

○ [종류] 전단면 보수는 다음과 같이 분류됨

- 전단면 보수는 크게 현장타설 공법과 프리캐스트(precast) 공법으로 분류할 수 있음
- 현장타설 공법은 기존 슬래브를 제거한 후 새로운 콘크리트로 타설하여 시공하는 방법을 말함
- 프리캐스트 공법은 기존 슬래브를 제거한 후 미리 제작된 슬래브를 설치하는 시공방법을 말함

<현장타설 전단면 보수 전경>

<프리캐스트 전단면 보수 전경>

○ [장점] 전단면 보수의 장점은 다음과 같음

- 전단면 보수는 콘크리트 포장에 발생된 심각한 파손에 대하여 슬래브 전체를 제거하고 새로운 재료로 치환한다는 개념으로 효율적인 보수방법임
- 슬래브 전체를 제거하기 때문에 2차 파손에 대한 우려가 없음

○ [단점] 전단면 보수의 단점은 다음과 같음

- 현장타설을 할 경우 대부분 교통개방시간을 감안하여 초속경 계열 콘크리트를 사용하는데, 초속경 계열 콘크리트는 수화열이 높게 나타나며, 이로 인해 표면부와 중앙부의 온도차이가 크게 발생할 수 있어, 초기 온도균열 발생가능성이 높음
- 프리캐스트에 경우 미리 제작된 슬래브를 이용하기 때문에 시공 효율성이 상당히 높은 것으로 알려져 있으나, 실제 시공 시 포장 하부의 평탄작업, 슬래브 높이를 맞추는 작업 등 시공속도를 지연시키는 애로사항들이 다수 있는 것으로 알려져 있음
- 프리캐스트 포장에서 높이 조절 장치부를 되메움한 부위가 모르타르로 되메움한 부위에서 파손, 슬래브 우각부의 파손, 균열, 스폴링에 대한 파손이 일부 발생하는 것으로 보고됨

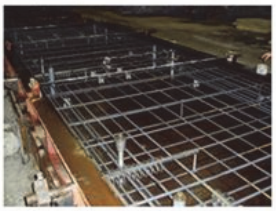
<미국 프리캐스트 포장 파손사례>

<국내 프리캐스트 포장 파손사례>

○ [국내외 기술 및 연구동향]

- 현장타설 전단면 보수는 일반적인 포장보수방법으로 국내외에서 많이 적용되고 있음
- 프리캐스트 전단면 보수는 국내에서는 2010년 이후 서울시 버스전용차로, 공항 포장 등에서 적용된 바 있음
- 미국에서는 프리스트레스 공법을 적용한 PPCP(Precast prestressed concrete pavement), Fort Miller사의 Super-Slab, Kwik Slab, Roman Stone system, Illinois Tollway system, La Guardia 국제 공항 system 등 다양한 프리캐스트 제품이 생산되고 있음
- 일본에서 적용되고 있는 프리캐스트 포장 기술은 3가지가 있는데, PPCP는 콘크리트 타설 시 강선을 매립하고, 미리 긴장력을 주는 공법이며, PRCP는 철근으로 보강된 프리캐스트 공법을 의미하고, HPRCP는 고강도 콘크리트를 적용한 공법을 말함

Name		Company	Joint Transfer	Chracteristics	Website
Precast Prestressed Concrete Pavement	PPCP	P.S. Mitsubishi Construction Co., Ltd.	Exp joints, Contraction joint(Horn type or Horizontal type of dowells)	Prestressed Concrete	http://www.psmic.co.jp/ps_english/tech/civil_eng/pdf/04_hoso2.pdf
Precast RC slab Pavement	PRCP	Precast RC Slab Group	Contraction joint (Dowells, No Dowells)	RC, Reversible type, Snow-melting pipe built in type	http://www.rcban.com/
High strength Precast RC slab Pavement	HPRCP	High strength PRC slab Group	Warping Joint (Special Cotter type joint)	RC,H=25cm, Special hinged joint	http://www.koukyoudoprc.com/about/index.html



<일본에서 적용되고 있는 프리캐스트 콘크리트 포장 기술>

(3) 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO, Bonded Concrete Overlay)

○ [정의] 기존 포장체의 노후화된 표면을 절삭하고 얇은 콘크리트로 덧씌우기 하는 방식으로 포장체의 두 층(덧씌우기 포장층과 기존 포장층)이 완전히 접착하여 단일화된 거동이 나타나도록 하는 공법

(a) 절삭 후 블라스팅 (b) 덧씌기층 포설

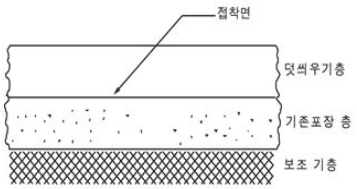
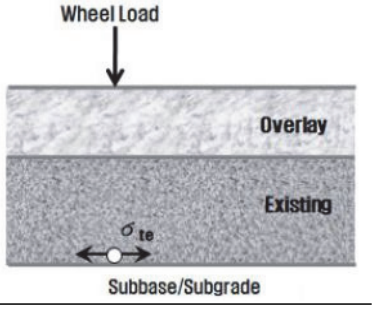
<접착식 콘크리트 덧씌우기 시공>

○ [특징] 접착식 콘크리트의 구조적, 기능적 특징은 다음과 같음

- 기존 포장체와의 완전 부착에 의한 일체 거동으로 기존 포장의 하부에서 인장응력 발생
- BCO 공법은 기존 포장체와의 완전 부착이 중요함
- 비접착식 콘크리트 덧씌우기 공법에 비해 상대적으로 덧씌우기 두께가 얇으며,

주로 덧씌우기 두께에 제한이 있는 경우(육교, 교량 등)나 사하중을 크게 증가시킬 수 없는 구간(교면 포장) 등에 사용

<시멘트 계열 접착식 덧씌우기 공법 단면 및 구조적 특징>

구분	단면구성	구조적 특징
접착식 콘크리트 덧씌우기 (BCO)		

○ [종류] 포장형식 및 재료적 특징에 따라 다음과 같이 분류

<시멘트 계열 콘크리트 덧씌우기 공법 종류>

구분	종류	설명
포장형식	무근 콘크리트 덧씌우기	일반 JPCP 포장형식과 동일하며, 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 덧씌우기 공법
	연속철근 콘크리트 덧씌우기	약 0.6%의 철근량을 이용하며, 일반 CRCP와 비슷하게 수행하는 콘크리트 덧씌우기 공법
재료특징	일반 계열 콘크리트 덧씌우기	기존 포장면을 일정 부분 절삭하고, 그 위를 일반적인 시멘트 콘크리트로 덧씌우기 하는 공법
	초속경 계열 콘크리트 덧씌우기	기존 포장면을 일정 부분 절삭하고, 그 위를 빠른 교통개방을 위해 초속경 시멘트 콘크리트로 덧씌우기 하는 공법
	섬유보강 콘크리트 덧씌우기	휨강도, 인장강도, 충격강도 증진 및 건조수축 감소를 위해 사용하는 덧씌우기 공법
	골재노출 콘크리트 덧씌우기	콘크리트 타설한 후 표면의 모르타르 제거를 통해 굵은 골재를 포장표면에 노출시키는 공법

○ [장점]

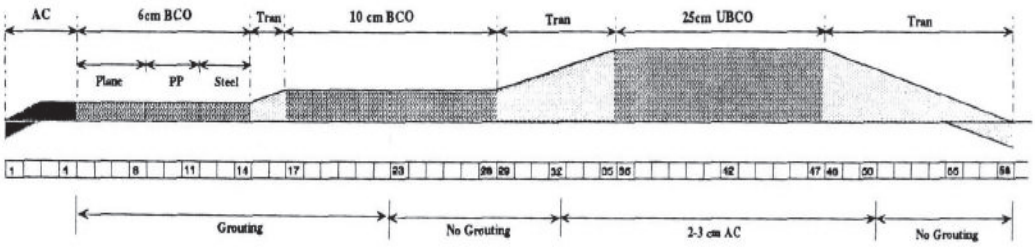
- 일반적으로 덧씌우기 두께 저감
- 기존 포장의 파손 상태가 그리 심하지 않은 경우에 적합한 공법
- 기존 포장체와의 일체 거동 및 줄눈 위치 일치시키며, 기존 콘크리트 포장과의 재료물성이 유사하여 유지보수 후 포장 파손 발생 저감

○ [단점]

- 반사균열 발생 가능
- 줄눈부 관리 소홀에 의한 파손 발생 가능
- 얇은 콘크리트 덧씌우기에서 부적절한 줄눈간격으로 인한 파손 발생 가능

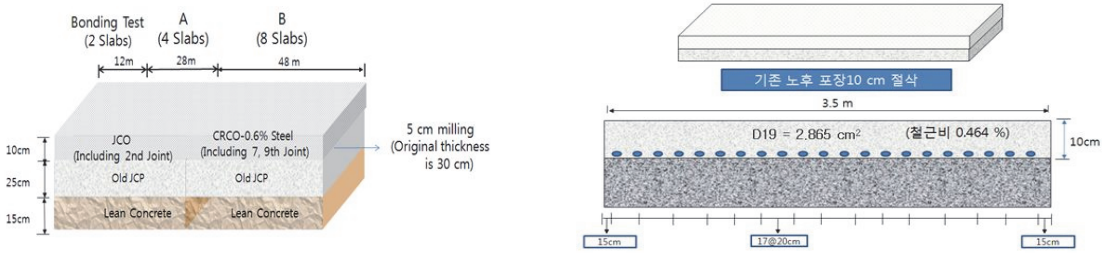
○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (국내 시험시공) 1996년 88올림픽 고속도로에 BCO 공법 시험시공(교통차단 8일, 덧씌우기 후 3일의 양생 후 교통개방), 상온절삭기에 의한 노면절삭과 샌드블라스팅에 의한 마무리 작업 실시
- 시공 1년 경과 후 전단면 보수 구간에서 약간의 접착력 손실이 있었으나 전반적으로 양호한 것으로 나타났으며, 5년 이상 경과된 후에도 양호한 상태를 보여주었음



<시험시공 단면도>

- (국내 TBCO 공법 시험시공) 2008년 일반국도에 기존 노후된 포장체의 표면 절삭 후 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법 적용, 이형철근을 활용한 종방향 및 횡방향으로 설치하고, 0.6%, 0.464%의 철근량 사용



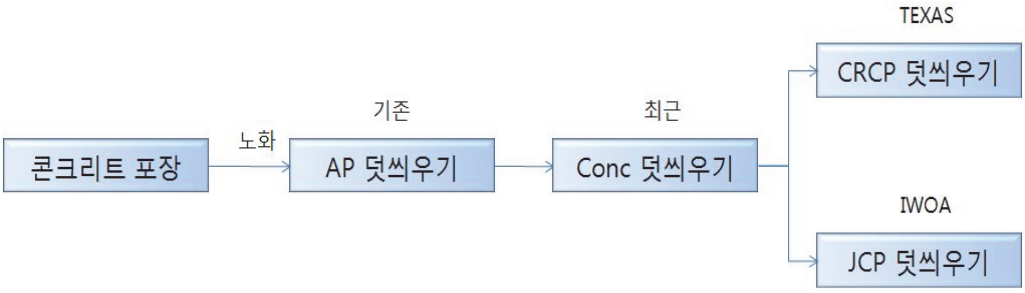
(a) 1차 시험시공 (b) 2차 시험시공

<TBCO 콘크리트 덧씌우기 시험시공 단면>

<콘크리트 포장 덧씌우기 적용시 주요 고려사항>

항목	주의사항
전처리측면	▪ 노면절삭 중 측면 마무리 미흡 ▪ 워터젯 작업으로 인한 시간 지체
작업측면	▪ 페이버 시공에 따른 넓은 작업공간 필요 ▪ 촉진제 별도 투여로 인한 문제점 발생 ▪ 트럭하중으로 인한 횡방향 철근 변형
재료측면	▪ 모바일 믹서의 재료 균질성 미흡 ▪ 높은 슬럼프로 인한 면처리 불량 ▪ 재료의 연착 및 불순물 ▪ 레이턴스 현상 발생
후처리측면	▪ 양생제 소량 살포로 인한 초기 종방향 균열 ▪ 적절한 타이닝 적용 시기 지연 등의 문제 발생

- (미국 현황) 초기에는 아스팔트 덧씌우기를 위주로 적용하였으나 최근에는 콘크리트 덧씌우기를 많이 적용하고 있으며, 기존 포장체의 상태에 따라 적용 공법이 다르지만 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO) 공법에 초점을 맞추고 있음



<미국의 덧씌우기 적용 공법 변화>

- (캘리포니아 주) 노후 콘크리트 포장(JPCP) 위에 JPCP 포장의 BCO 공법(약 3in 두께)을 적용(cold milling과 sandblasting 후 bonding agent로 시멘트 그라우팅 사용, 포설시 기온은 27℃~30℃하고, 표면결함 모니터링 실시

  : 시공 후 얼마 지나지 않아 대부분 BCO 슬래브의 모서리(edge)에서 가는 횡방향 균열이 3m 간격으로 발생하고 기존 포장과 BCO와의 분리 발생

  : 시멘트 그라우팅이 BCO를 포설하기 전에 경화되어 기존포장과 BCO 접착에 오히려 방해(일교차가 17℃이상에서는 BCO와 기존포장의 접착에 문제가 발생할 것으로 예상되기 때문에 주의를 요함)

  : Sandblasting은 표면이 충분히 거칠지 않으면 표면준비로는 만족스러운 결과를 얻지 못하는 것으로 판명

- (미국 Paris District의 US 75) 기존 10in JPCP 포장위에 0.7%의 종방향 철근량을 갖는 7in CRCP 덧씌우기 공법 적용(1단계는 기존 포장면을 워터젯을 이용한 표면처리, 2단계는 cold milling과 워터젯을 이용한 표면처리 후 시공), 약 5년의 공용 후 결함조사시 안쪽 차선은 결함이 없었으나 바깥쪽 차선은 기존 JPCP의 줄눈부위에서 결함 발생하였으며, 이는 중차량이 많은 이유로 판단함

- (Iowa 주) 다음과 같은 다양한 설계요소를 반영한 콘크리트 덧씌우기 공법 적용, 철근을 사용한 구간과 사용하지 않은 구간으로 구분하여 시공하였으며, 시공 후 7년 경과후에 결함조사를 실시

  : 트럭 비중이 많은 교통량과 긴 줄눈간격을 갖는 구간에서는 심각한 파손이 발생하였으며, BCO 구간의 부착상태는 양호하게 나타남

  : 철근을 보강한 시험구간에서는 반사균열 억제 효과가 크게 나타나지 않았음(적은 철근량의 사용이 원인)

<Iowa 주에서 시험시공한 TBCO 종류>

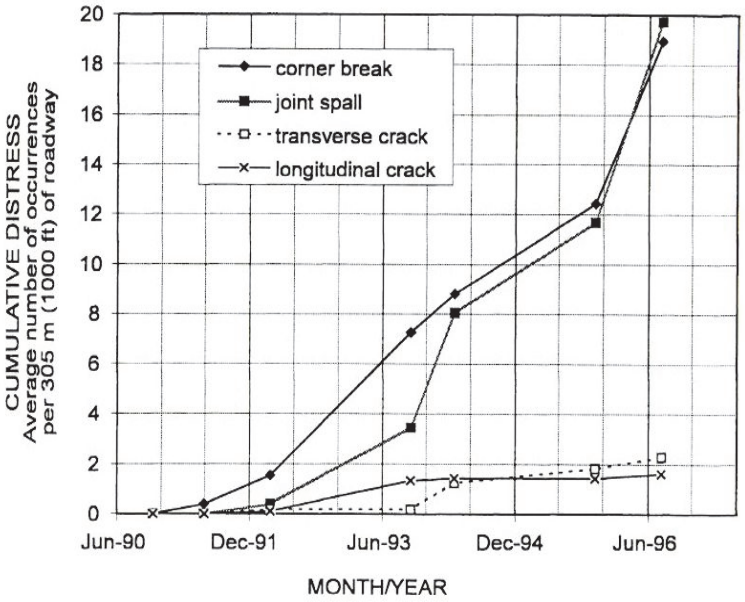
Number	Design Type	Surface Preparation
Section 1	3in. plain	Sand blast & bonding agent
Section 2	3in. reinforced	Sand blast & bonding agent
Section 3	5in. plain	Cold mill & bonding agent
Section 4	5in. reinforced	Cold mill & bonding agent
Section 5	4in. plain	Sand blast & bonding agent
Section 6	4in. reinforced	Cold Mill & bonding agent
Section 7	2in. plain	Sand blast & bonding agent

- (사우스다코다 주) 기존 JPCP 포장체 위에 JPCP 포장의 BCO 공법(약 3in 두께)을 적용(심각한 균열에 대한 철근 보강, 절삭표면은 shotblasting과 시멘트 그라우팅 실시)하고, 1년 후 모니터링 실시

  : 기존 포장의 보강하지 않은 균열 부위에 반사균열 발생
  : 철근보강 구간에서는 1곳을 제외하고는 반사균열 발생하지 않음(기존 포장체의 보강의 중요성 강조)
  : 시멘트 그라우팅의 접착효과 미비하게 나타났으며, bonging agent를 사용하지 않을 경우에는 shotblasting을 이용하는 것 권장
  : 초기 줄눈부 절삭은 가능한 빨리 시행 권장
- (루지애나 주) 기존 JPCP 포장체 위에 JPCP 포장의 BCO 공법(평균 4in 두께)을 적용(shotblasting과 airblasting으로 표면 마무리하고 bonging agent로 시멘트 그라우팅 사용)하고, 표면결함에 대한 모니터링 실시

  : 시공 4개월 경과 후 현장조사가 이루어졌으며, 줄눈의 바깥쪽 모서리에서 약 16% 정도가 기존 포장과 분리현상 발생(엑폭시 레진을 이용하여 확산 방지)
  : 시공 4년 경과된 시점에서 조사구간 모리서의 약 12%가 균열이 발생하였으나, 양호한 상태를 유지하였음
- (버지니아 주) 기존 JPCP 포장체 위에 JPCP 포장의 BCO 공법(48시간 교통개방, 3.5in 두께)을 적용(shotblasting 표면처리 후 bonding agent로 시멘트-슬러리 그라우팅 사용)하고 표면결함에 대한 모니터링 실시

  : 줄눈부 파손형태인 모서리 균열과 줄눈부 스폴링이 급격히 증가하였음
  : 줄눈부의 물 침투에 의한 파손으로 판단함에 따라 줄눈부의 적절한 유지관리가 BCO 공법에서의 중요한 전략으로 결론



<버지니아주의 시간경과에 따른 BCO 파손 변화>

(4) 비접착식 콘크리트 덧씌우기(UBCO, UnBonded Concrete Overlay)

○ [정의] 기존 노후화된 콘크리트 슬래브에 분리층(아스팔트 등)을 설치하여 덧씌우기 포장층을 기존 포장으로부터 완전히 분리시킴으로써 기존 포장 결함부가 덧씌우기층의 거동에 영향을 주지 않도록 하는 공법

(a) 분리층 시공

(b) 덧씌우기층 포설

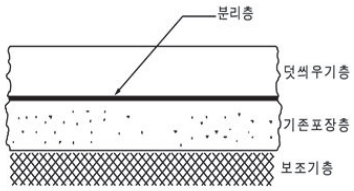
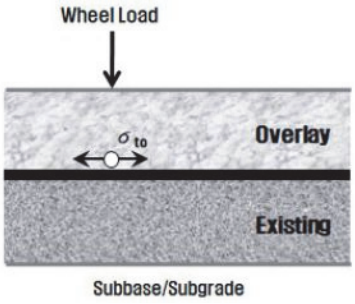
<비접착식 콘크리트 덧씌우기 시공>

○ [특징] 비접착식 콘크리트의 구조적, 기능적 특징은 다음과 같음

- 기존 포장체와의 분리 거동으로 덧씌우기 포장의 하부에서 인장응력 발생
- UBCO 공법은 기존 포장체와의 분리 거동을 위해 분리층을 설치하며, 기존 포장체의 상태에 따라 그 두께를 다르게 결정

- 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법에 비해 상대적으로 덧씌우기 두께가 증가하며, 주로 덧씌우기 두께에 제한이 없는 경우에 사용

<시멘트 계열 비접착식 덧씌우기 공법 단면 및 구조적 특징>

구분	단면구성	구조적 특징
비접착식 콘크리트 덧씌우기 (UBCO)		

○ [종류] 포장형식 및 재료적 특징에 따라 분류

- BCO 공법의 포장형식과 재료적 특징에 따른 분류와 동일

○ [장점]

- 주로 덧씌우기 두께에 제한이 없는 경우에 사용
- 반사균열이 심하게 우려되는 구간이나 기존 포장체에 "D"형 균열이 존재한 구간 등 기존 포장의 파손 상태가 심한 경우에 적합한 공법
- 기존 포장체와의 분리 거동 및 줄눈 위치 불일치하며, 반사균열 발생 저감

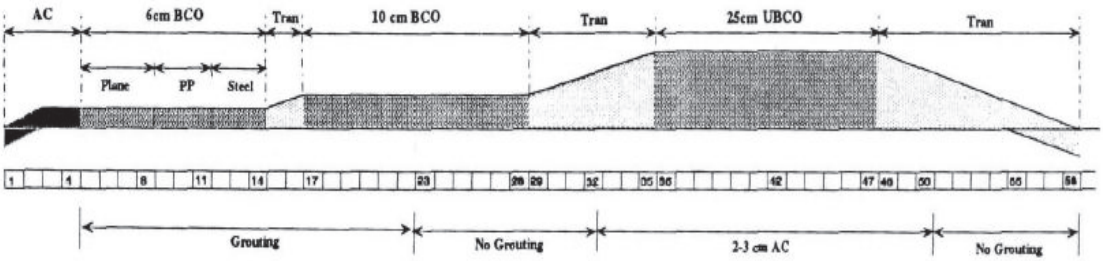
○ [단점]

- 일반적으로 덧씌우기 두께 증가
- BCO 공법에 비해 유지보수비용 증가
- 부적절한 분리층 시공시 균열발생 증가

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

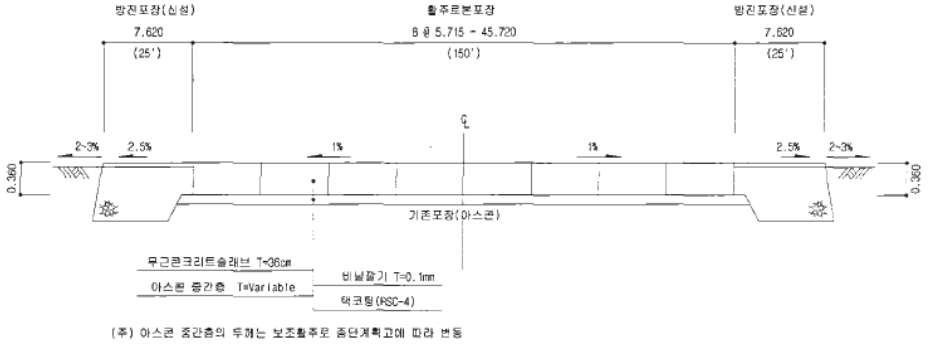
- (국내 시험시공) 1996년 88올림픽 고속도로에 UBCO 공법 시험시공(교통차단 8일, 덧씌우기 후 3일의 양생 후 교통개방), 3cm 두께의 아스팔트 분리층 시공

  : 시공 1년 경과 후 전단면 보수 구간에서 약간의 접착력 손실이 있었으나 전반적으로 양호한 것으로 나타났으며, 5년 이상 경과된 후에도 양호한 상태를 보여주었음



<시험시공 단면도>

- (국내 시험시공) 공군비행장 재포장시 기존 아스팔트포장 위에 36cm의 UBCO 콘크리트 덧씌우기 설계, 5cm 두께의 아스팔트 분리층 설계



<덧씌우기 단면도>

- (ACPA 보고서) 콘크리트 포장의 덧씌우기 공법(BCO 및 UBCO 공법)에서 중요한 요소는 다음과 같음

<콘크리트 포장 덧씌우기 적용시 주요 고려사항>

항목	주의사항
기존 포장상태 관리 및 강도발현	▪ 기존 콘크리트포장의 양호한 상태 유지 및 균열의 처리(반사균열의 방지) ▪ 기존 콘크리트포장과의 부착강도 강화를 위한 절삭(밀링) 후 경계면 처리 ▪ 전이구간 처리
두께 결정	▪ BCO : 일반적 두께는 50~125mm ▪ UBCO : 일반적 두께는 100~280mm ▪ (분리층의 두께 및 재료)
배합설계	▪ 기존 콘크리트포장과의 유사한 열팽창계수 유지(덧씌우기 재료의 열팽창계수는 기존 콘크리트포장보다 유사하거나 더 작은 재료를 사용)
줄눈설계	▪ 기존 줄눈부의 처리 ▪ 얇은 덧씌우기의 경우 줄눈간격의 결정 ▪ 기존 포장의 줄눈과 덧씌우기 포장의 줄눈부위의 결정(일체 거동)
배수설계	▪ 배수처리
양생	▪ 양생방법, 교통개방 시간 등
CRCP 설계	▪ 철근의 위치, 배근, 양 등

나. 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 공법 및 연구 동향

(1) Crack and Seat 공법

○ [정의] Crack and seat 공법은 노후화한 콘크리트포장을 중력식 혹은 유압식 파쇄기로 좁은 간격으로 조각을 내고 롤러로 안치시켜서 콘크리트 슬래브내에 좁은 간격의 미세한 크랙을 형성시키는 공법임

<crack and seat 공법>

○ [특징] Creak and Seat 공법의 특징은 다음과 같음

- 적정 간격의 불연속면 형성에 따른 균열폭의 변화를 최소화하며, 각각의 불연속면의 Movement를 적정하게 유지하여 골재 맞물림 (Aggregate interlocking)에 의한 하중전달능력을 유지함
- 배수처리를 통하여 기층이 포화되어 구조적 능력을 상실되지 않도록 해야함

  : 장비속도 : 0.25 ~ 6.4lane km/day
  : 균열 간격 : 0.5 ~ 1.8m
  : 다짐롤러 : 27 ~ 45ton

○ [장점]

- 폐콘크리트 처리에 따른 문제가 발생하지 않음으로 친환경적이고 신속한 공사수행이 가능
- 차로별 시공이 가능하여 일부차로를 개통시키면서 공사를 진행할 수 있음

○ [단점]

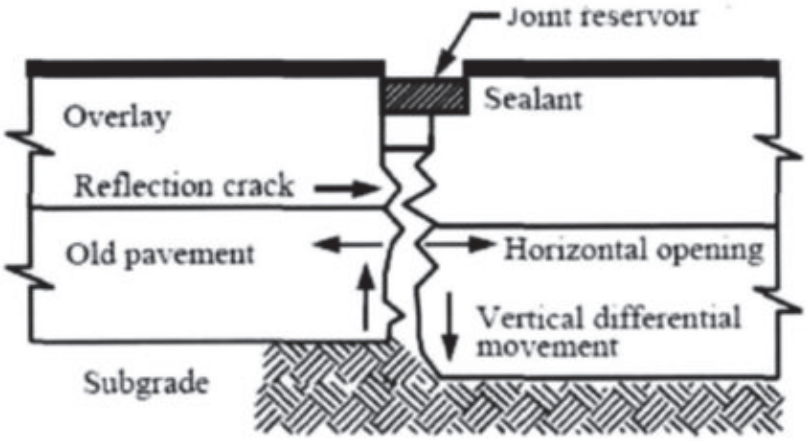
- 시공비용이 타 공법에 비하여 상대적으로 고가
- 소음 및 비산먼지 발생
- 장비/비용 관계로 국내 적용 난항

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (FHWA, 2010) 미국 마이애미, 미네소타 및 텍사스 주의 10구간에서 Crack and Seat 공법을 적용한 결과, 10~15년의 공용수명이 연장되는 효과를 보였음
- (Sohila, 2002) Crack and Seat 공법 적용 6년 후 IRI, 균열, 러팅 (rutting)등의 포장상태를 비교한 결과 Crack and Seat 공법과 Reconstruction 구간의 상태가 동일하게 나타남
- (Choibane et al., 2002) 플로리다 DOT는 Crack and Seat 공법 적용 후 5~7년 된 구간의 포장 공용성 조사 결과 반사균열을 확실하게 억제한 것을 확인하였으며, 단 일부구간에서 Rutting 관측이 되었음
- (황은식 등, 2007) 미국 LTPP SPS-6와 Monitoring 자료를 이용하여 Crack and Seat 공법 적용 후 10년 경과 후에도 파손이 발견된 구간이 전체구간의 약 50% 이하를 나타내었으며, 특히 종방향 균열의 경우 약 10%의 값을 나타내어 파손이 거의 발생하지 않았음을 확인함

(2) Saw and Sealing 공법

○ [정의] 반사균열을 없애기보다는 반사균열을 유도하여 2차 반사균열이 발생하지 않도록 하는 방법



<Saw and Sealing 메카니즘>

○ [특징] Saw and Seal 공법의 특징은 다음과 같음

- 덧씌우기를 실시한 직후에 기존 콘크리트 슬래브의 줄눈부와 균열부 바로 위에 덧씌우기층에 줄눈을 설치한 다음에 줄눈 주입재로 줄눈을 채운 뒤 일반 포장줄눈처럼 유지보수를 하는 방법
- 줄눈설치 시기, 줄눈의 폭과 깊이 줄눈재 종류가 공법 효과에 영향을 미침

○ [장점]

- 반사균열 억제효과 우수
- 연화점이 높고 낮은 온도에서도 높은 접착강도와 신장률 확보 가능
- 주행성이 우수
- 회복 탄성력이 높음
- 높은 접착강도로 내구성이 우수
- 시공이 간단

○ [단점]

- 성공적으로 적용되기 위해서는 기존의 줄눈 위치에 덧씌우기 포장의 줄눈이 정확하게 일치해야함
- 시공 후 미관 안 좋음
- 간접 가열식 보일러 장비 필요

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (David 등, 1996) 미국 미네소타주 교통국에서는 미네소타주의 Sawing and Sealing 공법에 관한 연구사례들을 종합하여 줄눈의 공용성을 평가할 경우 줄눈

들의 양쪽 벽면의 접착력, 줄눈 끝단의 포장 손상 및 유실된 줄눈재를 점검해야 한다고 제시하였음. 또한, 줄눈의 상태를 조사하면서 줄눈 절단 후 청소의 중요성, 적절한 절단 깊이 및 시기 등을 제시함

- (Noonan et all, 1980) NYDOT에서는 Saw and Seal 공법이 공용성 측면에서 우수하다는 연구결과로 인해 현재 뉴욕에서는 아스팔트 덧씌우기 포장의 모든 횡방향 줄눈에 적용하고 있음
- (Marquart, 2001) 미국 North Dakota주에서는 10cm의 아스팔트 콘크리트 덧씌우기를 한 후에 54개의 Saw and Seal 공법 적용 후 7년의 공용기간동안 약간의 Spalling이 발생한 것 이외에는 양호한 것으로 확인함

(3) Rubblization 공법

○ [정의] 파쇄 기층화 공법(Rubblization)은 기존 콘크리트 포장의 파손 및 균열 정도가 심각한 경우 적합한 공법으로 포장체를 완전히 파쇄하여 발생된 파쇄골재를 기층재료로 사용하는 공법

- 미국 등에서는 이미 70년대부터 공법 연구가 이루어졌고 80년대부터 실용화되고 있으며, 파쇄를 위한 장비로는 Resonant Frequency Breaker와 Multi Head Breaker가 사용되고 있음

<Rubblization 공법>

○ [특징] Rubblization 공법의 특징은 다음과 같음

- 미국 내 대부분의 주에서 평균 25~75mm의 파쇄 사이즈를 제안하고 있으며, 기존 포장의 상태 및 롤러 종류에 따라 1~3회로 다짐횟수를 달리 적용하고 있음
- 기존 콘크리트 포장에 설치되어 있는 다웰바, 타이바와 같은 하중 전달 장치는 미리 절단해주고 파쇄를 시작해야 하며, 파쇄후 약 48시간 이내 덧씌우기가 이루어지도록 제안하고 있음

○ [장점]

- 반사균열 억제효과 우수
- 반사균열을 저감하는 가장 효과적인 최신 공법
- 신규포장에 준하는 공용성 효과

○ [단점]

- 포장 전체의 구조적 지지력을 저하시키기 때문에 더 두꺼운 덧씌우기를 필요로 함
- 시공비용이 타 공법에 비하여 상대적으로 고가
- 공기가 길어 보수기간 중 교통체증 발생 우려
- 소음 및 비산먼지 발생
- 장비/비용 관계로 국내 적용 난항

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (Thompson et al, 1997) 일반 덧씌우기와 Rubblization 공법이 적용된 구간에서 FWD 비교 결과, Rubbliztion 공법이 적용된 구간의 처짐량이 적게 일어나는 것으로 확임됨
- (Thompson et al, 1999) Rubblization 공법을 적용한 덧씌우기 포장의 도로는 구조적으로 안정적이다라고 평가함
- (한국건설교통기술평가원, 2006) 국내 실정에 맞는 Rubblization의 장비 및 설계 방법을 개발하여 제시함

(4) 응력완화층 설치 공법

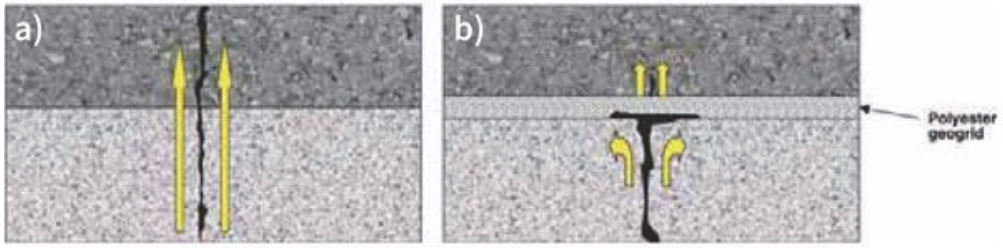
○ [정의] 콘크리트 포장의 수평/수직 방향의 상대변위를 흡수하여 덧씌우기층으로 전달되는 상대 변위량을 줄여주는 공법

- 응력완화층(stress-relieving interlayer)과 보강그리드(reinforcement grid)로 구분됨

<보강 그리드공법>

○ [특징] 응력완화층 공법의 특징은 다음과 같음

- 완화층의 종류는 전반적으로 두께 20mm이하의 얇은 층이며 사용되는 재료는 면, 폴리프로필렌과 폴리에스테르 등의 부직포 및 스텐레스 철망에 아스팔트를 도포한 종류가 있으며 고무-아스팔트 합성직물이 1970년대부터 널리 사용됨



<보강 그리드 공법 메카니즘>

○ [장점]

- 반사균열 억제 효과 우수
- 그리드 형식은 인장력 유발에 의한 보강효과와 응력완화 효과에 의해 포장 성능을 향상 시킴

○ [단점]

- 응력완화층의 역할은 기존 포장체에서 상부층으로 전달되는 인장응력을 감소시켜 주지만 전단력에는 효과적이지는 않음
- 하부층 줄눈 간격이 넓을수록 효과가 감소됨
- 낮은 강성으로 인하여 소성변형에 취약함
- 시공상의 어려움으로 불량 시공에 따른 포장 파손 발생

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (Doliez 등, 1996) 휨 거동과 차량하중 반복에 따른 균열진전을 예방하기 위하여 글라스 화이버 그리드를 이용한 보강 덧씌우기로 시험포장을 수행하였으며, 시공

3년 후 조사에서 균열은 발견되지 않았고 무 보강구간에서는 2년 후에 균열이 발생하였다고 함

- (Molenaar 등, 1997) 무보강과 지오그리드 보강 덧씌우기의 반사균열 저항을 실험한 결과 무보강 덧씌우기보다 지오그리드 보강 덧씌우기 공법이 약 3배의 수명 증가를 나타낸다고 보고함
- (Brown 등, 1986) 아스팔트포장에 폴리머 그리드 보강에 따른 실험으로부터 아스팔트층 사이 또는 두층 사이의 경계면에서 윤하중 재하 면적의 직경의 1/4에 위치에 그리드를 삽입하면 소성변형을 50%까지 줄 일 수 있다는 결과를 제시함

(5) 일반적인 아스팔트 혼합물 덧씌우기 공법

○ [정의] 일반적으로 아스팔트 혼합물 덧씌우기 공법에는 개질 아스팔트 혼합물을 적용하며 큰 응력과 변형에 쉽게 대처할 수 있는 방법

○ [특징] 일반적인 아스팔트 혼합물 덧씌우기 공법의 특징은 다음과 같음

- 덧씌우기 혼합물용 아스팔트 개질재로는 LDPE, SBS, SBR 등의 폴리머 개질재들이 개발되어 있으며, 폐타이어를 이용한 고무아스팔트도 반사균열 억제에 효과적인 아스팔트로 알려져 있음

○ [국내·외 기술 및 연구동향]

- (Maddison, 1996) SBS 개질 혼합물이 침입도 50, 100 그리고 EVA보다 균열 진전 저항성이 좋다는 연구결과를 보고함
- (Bennert, 2009) 2inch, 5inch 두께로 시험 포장 결과 각 56.3~99%, 2.8~14.2%의 균열 발생하여 덧씌우기 두께가 포장 공용성에 영향을 미친다고 보고함
- (Gibney, 2002) 일반 아스팔트 혼합물과 SMA 혼합물의 휠트래킹을 이용한 반사 귤열 시험결과 일반 아스팔트 혼합물이 높게 나타난다고함
- (미국 아스팔트 협회(AI)) 덧씌우기층의 단열효과에 의해 콘크리트판의 온도 변화를 억제하여 수평방향의 이동량을 적게하고, 교통하중에 의해 줄눈, 균열부에서의 콘크리트 판에서 생기는 서로 다른 수직적 이동에 의한 아스팔트 혼합물층의 전단변형을 완화시켜주기 위해서 덧씌우기층을 10cm로 제시함

○ [장점]

- 다른 공법에 비해 시공비가 저렴함
- 특별한 시공장비 없이 적용 가능함

○ [단점]

- 반사균열 억제 효과가 낮음

○ 택코트용 유화 아스팔트

- 국토교통부 장관 방침(2007. 10)에 의하면, 도심지 포장, 야간작업 현장 등에서 충분한 택코팅 양생이 이루어질 수 없다고 판단될 경우 택코팅의 손상을 방지하여 아스팔트 콘크리트 포장층의 일정한 접착력을 발휘할 수 있는 동시포설 페이버를 사용하여야 한다고 명시
- (Yositake Michio, 2010)에 의하면 타이어 부착억제형 유제는 택코트로 살포하고, 양생된 후에 형성된 피막이 시공기계 등의 타이어에 의해 끌려 벗겨지지 않는 것이며, 택코팅 적용에 대한 새로운 성능평가법을 검토하고 있다고 함
- 한국도로공사 도로처 포장 유지보수공사에서는 특성상 작업시간이 한정되어 있어, 택코팅재의 충분한 양생시간 확보가 어렵다고 명시. 이에 속경성 택코팅제 적용을 통한 원활한 공정추진 및 품질확보 개선방안이 필요

다. 논문동향 분석

○ 콘크리트포장 유지보수 관련 국내에 발표된 논문현황을 분석하였음

○ '콘크리트포장' 키워드로 검색한 결과 논문 1,193건, 여기에 '보수'라는 키워드로 결과내 재검색 결과 논문 169건

○ 논문 169건에 대하여 관련성 없는 것을 제거하고 남은 논문이 99건

○ 논문 99건에 대하여 8가지 주제로 구분하여 분석한 결과,

- '콘크리트 재료 + 부분단면보수 + 콘크리트 덧씌우기'가 전체 논문에 43%를 차지

  : 콘크리트포장 유지보수 관련하여서는 초속경 계열 콘크리트 재료 연구가 다수를 차지하고 있으며, 이 재료를 활용하여 부분단면보수, 덧씌우기 등에 활용하는 연구사례가 있는 것으로 분석됨

  : 교통개방강도 확보시간을 고려한 다양한 콘크리트 재료 연구가 부족하다고 판단되며, 덧씌우기 재료의 성능에 대한 연구뿐만이 아니라 공법 차원에서의 효과적인 유지보수 대안을 제시할 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단됨

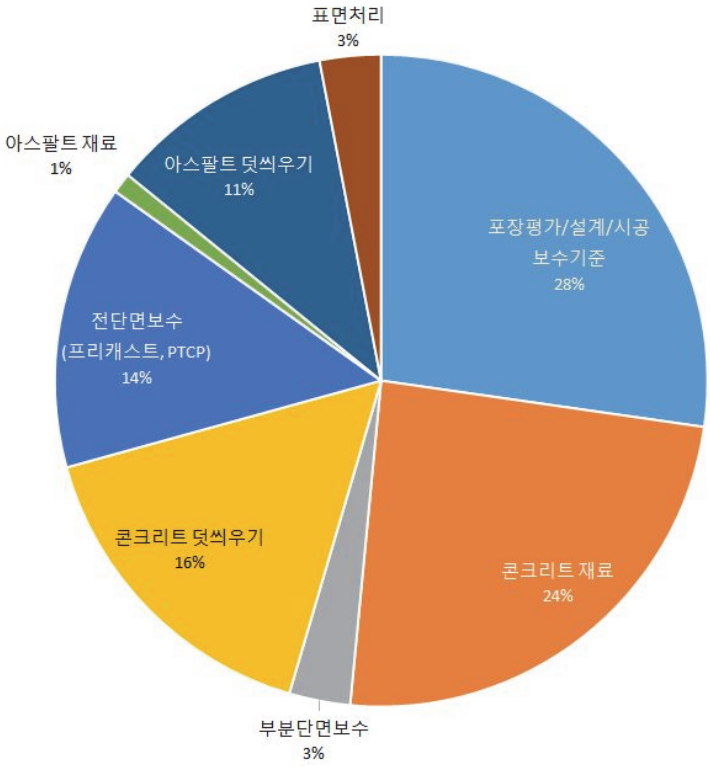
- 전단면보수와 아스팔트 덧씌우기는 상대적으로 논문건수가 적음

  : 전단면보수와 관련해서는 연구사례가 상당히 적은 것으로 분석되었으며, 이는 국내 콘크리트포장의 파손형태가 대부분 표면부의 열화에 집중되어 있기 때문에 슬래브 전체를 교체하는 연구가 크게 이루어지지 않은 것으로 판단됨

  : 콘크리트포장 위에 아스팔트 덧씌우기는 국도와 고속도로에 상당히 많은 적용사례가 있음에도 불구하고, 실제 이와 관련한 연구는 많이 이루어지지 못한 것으로 분석되었으며, 이에 현장에서 반사균열에 대한 문제가 여전히 풀리지 못한 숙제로 남아 있음

- 포장평가/설계/시공 관련 보수기준이 전체 논문에 28%를 차지함

  : 콘크리트포장 보수기준과 관련한 연구는 일부분 진행된 것으로 분석되었으나, 여전히 경제적인 보수면적 산정, 보수깊이에 대한 연구가 부족한 측면이 있음



<유지보수 관련 논문 동향 분석>

(1) 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 관련

논문제목	출판정보	논문내용
보수용 조립식 콘크리트 포장 적용성 및 슬래브 접합 방식 분석	조영교(2010), 한국도로학회논문집	본 연구는 조립식 콘크리트 포장 공법을 이용한 급속 도로 포장 보수 방법의 적용성을 분석하기 위하여 시험시공을 수행하고, 슬래브 접합 방식의 효과를 분석하기 위해 수행되었다. 시험시공은 줄눈콘크리트포장의 4개 슬래브를 교체하는 것으로 하였다. 시험시공을 위해 프리캐스트 슬래브를 설계하고 제작한 후, 기존 슬래브를 커팅하여 제거한 후 이 곳에 제작한 슬래브를 안착시켰다. 그 후 평탄성을 조절한 후 포켓 및 홀 부분과 슬래브 하부의 공간을 그라우팅 함으로써 시공을 신속 용이하게 수행할 수 있었다. 시험 시공을 수행하며 보수용 프리캐스트 포장의 설계 및 시공과 관련된 세부 사항을 면밀히 분석하였다. 또한 슬래브 간의 연결을 위한 방식으로 포켓과 홀 접합 방식을 모두 적용해 보았으며 실험을 통해 두 접합 방식에서의 슬래브의 컬링 거동을 비교하였다. 연구 결과 두 방식 모두 적용성이 우수했으나, 홀 접합 방식이 보다 적절한 것으로 파악되었다.
초박층 덧씌우기용 아크릴 폴리머 콘크리트의 특성 연구	김대영 외 3인(2010), 한국도로학회논문집	본 연구는 콘크리트 슬래브 및 포장도로에 덧씌우기 포장으로 개발된 아크릴 폴리머 콘크리트의 물리 역학적 특성을 평가하기 위하여 수행되었다. 점도시험, 흐름시험, 압축강도시험, 휨 강도시험, 인장강도시험, 선 수축시험, 열팽창계수시험 및 온도변화에 대한 부착성 등 다양한 실내 시험을 실시하였다. 본 연구에서 개발된 아크릴 폴리머 콘크리트의 실내시험 결과 ACI에서 제시하는 모든 기준을 만족하는 것으로 평가되었다. 아크릴 폴리머 콘크리트의 공용성을 평가하기 위해 추가적으로 포장가속시험(APT)을 수행하였으나 등가 단축하중을 15,909,939회를 적용하는 동안 심각한 파손을 확인할 수 없었다. 마지막으로 현장 적용성을 평가하기 위하여 열화현상이 진행된 콘크리트 도로에 10mm의 폴리머 콘크리트 덧씌우기를 적용하였다. 현장 적용 후 미끄럼 저항성, 소음 및 평탄성을 측정한 결과 미끄럼 저항성 및 소음도는 상당히 개선되었으나 평탄성 측정치는 다소 증가하였다. 추후 현장에 적용된 아크릴 폴리머 콘크리트의 정기적인 조사를 통하여 장기 공용성 평가를 수행할 예정이다.

단면보수용 콘크리트 패치재료의 역학적 특성 및 내구성 실험	양성철 외 3인(2009), 한국도로학회논문집	본 연구에서는 콘크리트포장의 단면보수용 복합재료 8개(초속경시멘트계열 : RCC 3종, 폴리머시멘트계열 : PCC 2종, 폴리머계열 : PC 3종)에 대해 역학적인 특성 및 내구성 실험을 수행하였다. 역학적 특성으로서 응결시간, 압축강도, 휨강도, 탄성계수, 경화수축에 대해 실험하였고, 내구성으로서 동탄성계수 및 동결융해 후 부착강도, 흡수율, 내화학성, 자외선 노출 실험을 수행하였다. 탄성계수는 RCC>PCC>PC계열의 순으로 나타나서 폴리머가 사용되면서 연성의 특성을 보였다. 초기 재령에서의 폴리머 콘크리트의 경화수축이 상대적으로 큰 것으로 관찰되었지만 재령 28일에서는 다소 안정된 결과를 보였다. 상대동탄성계수, 흡수율, 10% $CaCl_2$와 10% Na_2SO_4의 화학용액을 사용한 내화학성 실험결과 PC계열, PCC계열, RCC계열 순으로 저항성이 우수한 것으로 나타났다. 200~300회 동결융해 이후의 부착강도 실험결과 PC-2를 제외하고는 모두 1.3MPa 이상을 확보하였고, PC 및 PCC 제품의 부착강도가 RCC 제품보다 전체적인 면에서 우수한 것으로 나타났다. 또한 시편을 500시간동안 자외선 노출시험 결과 모든 패치재료 시편에서 균열 및 표면 결함 등이 발견되지 않아 PC 및 PCC 제품의 자외선에 대한 내구성이 확보됨을 확인하였다.
노후 줄눈 콘크리트 포장 보수를 위한 얇은 연속 철근 콘크리트 덧씌우기 포장의 초기거동 평가	류성우 외 3인(2009), 한국도로학회논문집	본연구에서는노후콘크리트포장의효율적유지보수를위하여국내최초적용된 Thin Bonded Continuously Reinforced Concrete Overlay (CRCO) 공법의 초기공용성이 평가되었다. 서해안고속도로의 표층파손구간에 Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP) 덧씌우기와 CRCO 공법을이용한 보수가 진행되었다. JPCP 덧씌우기공법이 적용된구간에서는인접슬래브가완전히분리되도록덧씌워진층의줄눈을완전히커팅하였으며, CRCO 공법이 적용된 구간에서는 0.5% 종방향 철근과 위치고정용횡방향 철근을설치한후그위에덧씌우기를 수행하였다. 두 구간 모두에서 3종 시멘트가 이용되었다. 현장강도시험 결과, 1~3일내에 교통개방이 가능한 강도가 발현된 것이 확인되었으며, vibrating wire gauge (VWG) 데이터분석결과, CRCO 공법이기존포장의줄눈거동을억제하는것으로 나타났다. 부착강도 시험결과, 재령에 상관없이 높은 부착강도가 확인되었다. 한편, JPCP 덧씌우기공법이적용된구간에서는중앙부에
노후 줄눈 콘크리트 포장 보수를 위한 얇은 연속 철근 콘크리트 덧씌우기 포장의 거동 평가(2)	류성우 외 1인(2010), 한국도로학회 논문집	

		서, CRCO 공법이 적용된 구간에서는CRCP 포장과 같은 무작위 횡방향 균열이 관찰되었으며, CRCO 공법의 균열폭 거동이JCP 보다50% 정도 낮은 것으로 나타났다.
콘크리트 포장의 급속 보수를 위한 산화마그네슘계열 단면복구재의 성능에 대한 실험적 연구	이현기 외 2인(2016), 한국도로학회논문집	본 연구는 기존 수경성 시멘트계 보수재료와 다른 급속경화 특성을 가진 산화마그네슘 세라믹 계열 결합재를 도로포장 보수(단면복구)재료로 활용하기 위해 산화마그네슘 세라믹계열 결합재에 대한 강도 및 응결시간을 통한 최적 구성비를 도출하고, 보수재료로의 물리적 성능 및 내구성능을 평가하였음
접착식 콘크리트 덧씌우기 공법을 위한 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 적용성 연구	이승우 외 2인(2011), 한국도로학회논문집	본연구에서는 충분한 작업성 확보 및 신속한 교통개방을 위하여 초속경 아크릴계 폴리머 개질콘크리트를 사용하여 작업성, 내구성 및 환경저항성에 대한 평가를 통한 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법의 적용성을 검토하였다. 조기 교통개방특성 평가를 위한 강도측정 결과 재령 4시간 후압축강도 21MPa, 부착강도 1.4MPa를 상회하는 결과를 확인하였다. 또한 환경하중 저항성 실험 결과 일반 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 비해 매우 우수하여 내구성을 확보할 것으로 판단하였다. 따라서본연구를통하여초속경아크릴계폴리머개질콘크리트는대규모접착식콘크리트덧씌우기공법에 적합한 재료로써, 충분한 작업성 및 신속한 조기교통개방을 요구하는 유지보수공법 적용이 가능할 것으로 판단된다.
직접인장 및 간접인장 실험방법에 따른 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착강도 비교 고찰	김영규 외 1인(2013), 대한토목학회논문집	본 연구에서는 다양한 부착특성이 북착강도에 미치는 영향을 고찰하고자 하였으며, 덧씌우기 재료, 기존 포장의 압축강도 및 휨강도 변화, 기존 포장의 열화상태 등 다양한 부착조건에 대한 직접인장 및 간접인장실험을 실시하여 도출되는 부착강도를 비교 분석하였다. 연구겨로가, 직접인장실험에 의한 부착강도가 간접인장실험에 의한 부착강도보다 상대적으로 높게 분포하는 경향을 나타내고 있으나, 결정계수 0.75 및 P-value 0.002의 높은 부착강도 상관관계를 확보하였다. 이를 통하여 접착식 콘크리트 덧씌우기의 실제 현장거동을 모사할 수 있는 반복하중에 의한 부착 피로 특성 분석 시 직접인장 및 간접인장 실험의 상관관계를 활용할 수 잇을 것으로 판단된다.

(2) 아스팔트 콘크리트 계열 유지보수 관련

논문 제목	출판정보	내용
Numerical Simulation Research of Bolt-Grouting Support in Deep Soft Roadway	Wang, L.-G., Miao, X.-X., Dong, J.-T., and Tan, X.-N. Journal of Rock and Soil Mechanics, China University of Mining Technology, Vol. 6. No. 35.	▪ 연약지반 하부상에 포설된 도로의 하부강성을 보강하기 위하여 bolt-grouting 공법을 개발하고 이를 적용한 결과 도로상부의 변형이 크게 감소함을 확인함.
전단파와 전자기파를 이용한 연약지반의 실내 압밀 특성 평가	이창호, 윤형구, 김준한, 이종섭 (2008), 한국지반공학회논문집, 제24권 제8호, pp. 25~34.	▪ 일차 압밀 시간, 이방성, 응력 이력에 따른 국부적인 전기저항의 변화 등의 평가를 위하여 전단파 속도와 전기저항을 측정 할 수 있는 압밀셀을 개발하였음. ▪ 하중에 따른 전단파와 전기저항값의 측정은 하중 단계별 시료의 전단탄성계수의 획득 및 이방성 평가가 가능하며, 기존 시험의 결과와 비교를 통하여 일차압밀 종료시점, 응력이력, 그리고 평균값이 아닌 국부적인 간극비 평가 등 보완적인 결과를 제시함.
노후화된 시멘트 콘크리트 포장에 대한 콘크리트 및 아스팔트 덧씌우기의 포장성능 비교	이승우, 손현장(2011), 한국도로학회지 제13권 제2호 통권48호, pp.31-39	▪ 아스팔트 덧씌우기와 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법이 적용된 구간의 파손에 대해 충분한 자료를 구축하고 있는 미국의 LTPP Data를 이용하여, 공용성에 대해서 평가 ▪ 아스팔트 덧씌우기와 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법은 파손형태가 서로 상이함으로써, 상대적인 비교를 위해 각각의 구간에 대해 포장상태지수(PCI, Pavement Condition Index)를 Database화

		▪ 아스팔트 덧씌우기 구간과 접착식 콘크리트 덧씌우기 구간의 수명에 대해서 비교·분석을 수행
아스팔트 덧씌우기의 반사균열 지연을 위한 지오그리드의 적용성 연구	김광우, 도영수, 김번창, 이문섭(2005), 한국도로학회지 제7권 제2호 통권24호, pp.1-12	▪ 노후된 시멘트 콘크리트 포장 위에 덧씌운 아스팔트 혼합물의 반사균열 지연을 위하여 바인더 2가지 일반과 개질, 바닥 보강재로 그리드 3종류와 Fabric 2종류의 효과를 평가 ▪ 일부의 그리드의 보강이 휨파괴 및 전단파괴에 의한 반사균열의 지연에 효과가 있는 것으로 나타남
덧씌우기 아스팔트 포장체의 전단반사균옅 모사시험을 이용한 줄눈 실링재의 반사균열 지연효과 비교분석	최동춘, 이상범, 이영관, 김광우(2003), 한국도로포장공학회논문집 5(3), pp. 1-9	▪ 시멘트 콘크리트 포장 위에 덧씌우기한 아스팔트 콘크리트 포장에서 발생하는 반사균열 제어를 위해 줄눈 실링재를 사용한 포장에서의 반사균열을 평가하기 위하여 수행
보강 덧씌우기 아스팔트 포장의 휨파괴에 의한 반사균열 피로수명 추정	도영수, 김광우(2000), 한국도로포장공학회논문집 2(4), pp. 101-109	▪ 아스팔트 덧씌우기 포장에 야기되는 반사균열 실내 시험을 통해 여러 보강된 혼합물의 반사균열 저항성에 따른 피로수명을 추정하기 위해 수행
개질재.보강재를 이용한 덧씌우기 아스팔트 포장의 반사균열 지연 효과	김광우, 도영수, 임성빈, 이석근, 엄주용(1999), 한국도로포장공학회논문집 1(1), pp. 85-96	▪ 아스팔트 콘크리트 덧씌우기에서 야기되는 반사균열에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 개질재 및 보강재를 사용하여 제조한 혼합물의 성능을 평가
택코트용 폴리머 개질 유화 아스팔트 개발 및 성능 평가	김영민, 임정혁, 황성도(2015), 한국도로학회 논문집, 17권 2호, pp.	▪ · 택코트 미사용, RSC-4, SBS+Wax, SBR Lastex 4종류 인장시험 및 전단시험 결과 SBS+Wax가 가장 강한 특성을 나타냈으며, SBR Latex가 그다음 강한 특성을 나타냈다. 미사용 및 RSC-4는 전단강도의 차이가 거의 없어

	39~46	택코팅용 재료로써의 기능을 하지 못하는 결과를 보였다.
직접 전단 실험을 통한 배수성포장용 택코트 특성 평가	김낙석, 홍은철, 조신행 (2009), 한국방재학회 논문집, 9권 1호, pp. 27~32	▪ · 배수성 포장에 사용되는 택코트 재료의 특성을 분석하였으며, RSC-4, 개질유화아스팔트, 가열 아스팔트 타입(HM-1)을 사용하였으며, 접착전단강도 결과 RSC-4의 살포량은 0.8 l/m2이상, 개질 유화 아스팔트 0.5~0.6 l/m2가 적당함을 나타내었고, 가열 아스팔트 타입이 가장 우수함을 나타내었다.
Tack Coat 사용 종류에 따른 Petromat의 부탁 전단 성능 평가	김낙석, 추상혁 (2001), 경기대학교 산업정보대학원 학위논문, 31 P.	▪ · 시공온도(10, 30℃), 택코트 종류(AP-3, RSC-4, QRS-4) 및 양생 시간(30min, 1hr, 2hr)을 구분하여 시험하였으며, AP-3의 부착강도를 기준 100%으로 평가하였고, RSC-4와 QRS-4 비교시 QRS-4가 우수하며, 저온에서의 상승비율은 비슷하나 30℃에서의 상승 비율은 QRS-4가 높아 탁월한 성능을 보임을 나타내었다.

3. 특허 분석

가. 특허 조사 분석 범위

○ 본 분석에서는 무근 콘크리트 줄눈 포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야에 관하여 2016년 3월까지 출원공개 된 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제출원의 공개특허 및 등록특허를 분석 대상으로 함

(1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

㉮ 분석대상특허

○ 출원인 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공해하고 있으며, 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2014년~2015년에 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~2013년 12월 31일까지로 한정함

<검색 DB 및 검색범위>

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개.등록특허 (공개.등록일 기준)	KIPO (한국)	WIPS ON	~ 2016.03 (검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	USPTO (미국)			특허공개 및 등록 전체문서
	JPO (일본)			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	EPO (유럽)			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	WIPO (국제출원)			국제공개특허(PCT)

※ 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, 국제출원 – ~ 2016.03(출원연도 기준)

(2) 분석대상 기술 및 검색식 도출

㉮ 기술분류체계

○ 본 분석에서는 과제의 연구내용 제안서(RFP)를 기초로 기획범위 내의 기술을 정량분석 대상으로 하여 동향분석(정량분석)을 실시하였으며, 상기 동향분석에서의 기술분야와 핵심특허 분석 시 기술분야를 동일하게 적용함, 그 내역은 아래 표와 같음

<분석대상 기술분류>

대분류	중분류	소분류
무근 콘크리트 줄눈 포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 (A)	부분단면 보수 (AA)	평가/전처리(AAA)
		재료(AAB)
		공법(AAC)
	전단면 보수 (AB)	-
	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 (AC)	전처리(ACA)
		반사균열(ACB)
	시멘트 콘크리트 덧씌우기 (AD)	전처리(ADA)
		재료(ADB)
		공법(ADC)
	기능성 포장 (AE)	-

㈏ 기술분류기준

<분석대상 기술분류기준>

대분류	중분류	소분류	검색개요(주요관심사항)
무근 콘크리트 줄눈 포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 (A)	부분단면 보수 (AA)	평가/전처리(AAA)	도로포장의 국부적인 파손부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 보수 기술 중 평가 및 전처리와 관련된 기술(파손정도 평가/열화부 제거/보수면적 산정/건전도 평가)
		재료(AAB)	도로포장의 국부적인 파손부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 보수 기술 중 재료와 관련된 기술(보수재료/교통개방강도/2차파손방지/표면강화제)
		공법(AAC)	도로포장의 국부적인 파손부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 보수 기술 중 공법과 관련된 기술
	전단면 보수 (AB)	-	콘크리트 슬래브 전체 깊이까지 제거하고 새로운 재료로 치환하는 기술(Precast/Dowel bar)
	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 (AC)	전처리(ACA)	도로포장의 파손부위, 기존 노후화된 포장면에 아스팔트를 이용한 덧씌우기 기술 중 전처리와 관련된 기술(기층화 공법/Crack & Seat)
		반사균열(ACB)	도로포장의 파손부위, 기존 노후화된 포장면에 아스팔트를 이용한 덧씌우기 기술 중 반사균열과 관련된 기술(중간층/SAM/SAMI/텍코팅/Saw & Seal)
	시멘트 콘크리트 덧씌우기 (AD)	전처리(ADA)	도로포장의 파손부위, 기존 노후화된 포장면에 시멘트 콘크리트를 이용한 덧씌우기 기술 중 전처리와 관련된 기술(열화부 제거/배수/구배/부착강도/직접인장강도)
		재료(ADB)	도로포장의 파손부위, 기존 노후화된 포장면에 시멘트 콘크리트를 이용한 덧씌우기 기술 중 재료와 관련된 기술(보수재료/혼화재/혼화제/첨가제/투입형/현장믹서/모바일 믹서)
		공법(ADC)	도로포장의 파손부위, 기존 노후화된 포장면에 시멘트 콘크리트를 이용한 덧씌우기 기술 중 공법과 관련된 기술(MRCP/얇은 CRCP 응용)
	기능성 포장 (AE)	-	다양한 기능성 콘크리트 포장 기술(골재노출/배수성/저수성/소음저감/마찰력 향상/평탄성 향상/표면처리)

㉰ 핵심 키워드 도출

○ 무근 콘크리트 줄눈 포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 기술분류에 대해 과제책임자에게 제공받은 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하였으며, 추가적으로 해당 과제책임자와의 논의를 거쳐 2차 키워드를 도출하였음

㉱ 검색식 도출 과정

○ 본 과제는 기존 무근 콘크리트로 포장된 도로에서 발생하는 파손 및 노후화 된 도로의 유지보수와 관련된 기술을 개발하는 것이 목적(대분류) 기술인 것으로 판단됨

○ 각각의 중·소분류 단으로 구분하여 별도의 검색식을 도출하여 검색을 실시하는 것 보다는 상기 목적기술(대분류)과 관련된 선행특허들을 보다 포괄적이고 광의적으로 검색하기 위하여, 중·소분류 단에 속하는 기술들을 대표할 수 있는 핵심키워드들을 확장하여 추출한 키워드가 모두 포함되도록 "OR" 조합한 검색식을 도출함

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

㉲ 검색식

<기술분류체계에 따른 최종 검색식>

<table>
<tr><th rowspan="2">대분류</th><th rowspan="2">중분류</th><th rowspan="2">소분류</th><th rowspan="2">검색식</th><th colspan="6">검색건수</th></tr>
<tr><th>한국
(KIPO)</th><th>미국
(USPTO)</th><th>일본
(JPO)</th><th>유럽
(EPO)</th><th>국제
(WIPO)</th><th>합계</th></tr>
<tr><td rowspan="7">무근 콘크리트 줄눈포장 (JPCP) 유지 보수 시스템 개발 (A)</td><td rowspan="3">부분단면 보수 (AA)</td><td>평가/전처리(AAA)</td><td rowspan="7">[((콘크리* 콘크리* 콘쿠리* 콩크리* 콩쿠리* Concrete 아스팔트 Asphalt) AND (포장* 포설* 노면* 도로* 보도* 인도* Pave* 로드* Road)).TI,AB. AND (무근콘크리* 플레인콘크리* 줄눈 조인트 조인티드 Joint* JPCP ((무근 플레인 이음새* Plain Stoss) adj2 (콘크리* 콘크리* 콘쿠리* 콩크리* 콩쿠리* Concrete 포장 Pavement)) JCP).DSC.]

OR

[(삼우아이엠씨 (Sam adj Woo) 이레하이테크이앤씨 IREHIGHTECH 금영토건 GEUMYEONG 김성민).AP,INV. AND (콘크리* 콘크리* 콘쿠리* 콩크리* 콩쿠리* Concrete 아스팔트 Asphalt).TI,AB,CLA.]</td><td rowspan="7">1,665</td><td rowspan="7">523</td><td rowspan="7">1,844</td><td rowspan="7">136</td><td rowspan="7">130</td><td rowspan="7">4,298</td></tr>
<tr><td>재료 (AAB)</td></tr>
<tr><td>공법 (AAC)</td></tr>
<tr><td>전단면 보수 (AB)</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">아스팔트 콘크리트 덧씌우기 (AC)</td><td>전처리 (ACA)</td></tr>
<tr><td>반사균열 (ACB)</td></tr>
<tr><td>시멘트</td><td>전처리</td></tr>
</table>

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수					
				한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	국제 (WIPO)	합계
	콘크리트 덧씌우기 (AD)	(ADA)	OR [((콘크리* 콘쿠리* 콩크리* 콩쿠리* Concrete) AND (보수* 보전* 복구* 복원* 매인티넌스* 메인티넌스* 매인터넌스* 메인터넌스* MAINTENANCE 수리* 리페어* REPAIR* 리커버* 리카바* RECOVER* 재포장* 덧씌우기* 덧씌움* 덧되기* 덧됨* 오버레* 오버래* 오바레* 오바래* Overlay*)).TI. AND (반사균열 ((반사 리플렉* Reflect*) adj (균열 크랙 크렉 클랙 갈라짐 Crack)) 부서짐 깨짐 균열 Crack 열화* 파손 파단 파괴 손상 소손 절손 훼손 끊어짐 데미지 Damag* Destroy* 피로* 수명* fatig* 응력* 스트레스* stress* 스트레인* strain* 노후* 전단면 부분단면 초속경* 초조강*).DSC.] OR [(E01C*).IPC. AND ((도로 차로 차도 보도 노면 길바닥 road 포장 포설 PAVEMENT) AND (보수 보수 보전 복구 관리 매인티넌스 메인티넌스 매인터넌스 메인터넌스 MAINTENANCE 수리 치료 treat* cure* 리페어 REPAIR* recover* 덧씌우기* 덧씌움* 덧되기* 덧됨* 오버레* 오버래* 오바레* 오바래* Overlay*)).TI.]						
		재료 (ADB)							
		공법 (ADC)							
	기능성 포장 (AE)	-							

(3) 유효특허 선별 기준 및 결과

㉮ 유효특허 선별 기준

○ 무근 콘크리트 줄눈 포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 기술의 Raw Data(아래 표 참조)에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함

○ 중분류의 부분단면 보수, 전단면 보수, 아스팔트 콘크리트 덧씌우기, 시멘트 콘크리트 덧씌우기, 기능성 포장과 무관한 특허 및 기술분류체계 상 어느 분류에도 속하지 않는 타 기술분야의 특허들은 노이즈로 분류함

※ 노이즈제거 사례 : 무근 콘크리트 포장이 아닌 아스팔트 포장 또는 철근 콘크리트 포장의 유지보수, 도로 포장이 아닌 건물 등의 콘크리트 구조물 유지보수, 포장의 유지보수가 아닌 일반적인 시공과 관련된 특허

<분석대상 기술분류>

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허 추출기준
무근 콘크리트 줄눈 포장 (JPCP) 유지보수 시스템 개발 (A)	부분단면 보수 (AA)	평가/전처리(AAA)	▪ 도로포장의 국부적인 파손부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 보수 기술과 관련된 기술로서, 평가 및 전처리(파손정도 평가/열화부 제거/보수면적 산정/건전도 평가), 재료(보수재료/교통개방강도/2차파손방지/표면강화제), 보수공법 등에 특징이 있는 특허는 유효데이터로 추출함 ▪ 특히, 초속경 콘크리트 계열로서 재료에 특징이 있는 특허의 경우, 그 용도가 명확히 규정되지 않을 시, 부분단면 보수의 재료로 일괄 분류함
		재료(AAB)	
		공법(AAC)	
	전단면 보수 (AB)	-	▪ 콘크리트 슬래브 전체 깊이까지 제거하고 새로운 재료로 치환하는 기술로서, 현장타설공법, 프리캐스트공법, 다웰바 설치 등에 특징이 있는 특허는 유효데이터로 추출함
	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 (AC)	전처리(ACA)	▪ 도로포장의 파손부위 및 기존 노후화된 포장면에 아스팔트를 이용한 덧씌우기 기술로서, 전처리(기층화 공법/Crack & Seat), 반사균열(중간층/SAM/SAMI/텍코팅/Saw & Seal) 등에 특징이 있는 특허는 유효데이터로 추출함
		반사균열(ACB)	
	시멘트 콘크리트 덧씌우기 (AD)	전처리(ADA)	▪ 도로포장의 파손부위 및 기존 노후화된 포장면에 시멘트 콘크리트를 이용한 덧씌우기 기술로서, 전처리(열화부 제거/배수/구배/부착강도/직접인장강도), 재료(보수재료/혼화재/혼화제/첨가제/투입형/현장믹서/모바일 믹서), 공법(MRCP/얇은 CRCP 응용) 등에 특징이 있는 특허는 유효데이터로 추출함
		재료(ADB)	
		공법(ADC)	
	기능성 포장 (AE)	-	▪ 다양한 기능성(골재노출/배수성/저수성/소음저감/마찰력 향상/평탄성 향상/표면처리) 콘크리트 포장 기술에 특징이 있는 특허는 유효데이터로 추출함

㈏ 유효특허 선별 결과

<유효특허 선별결과>

대분류	중분류	소분류	유효데이터 건수					
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	국제 (WIPO)	계
무근 콘크리트 줄눈 포장 (JPCP) 유지보수 시스템 개발 (A)	부분단면 보수 (AA)	평가/전처리 (AAA)	11	15	23	4	4	57
		재료 (AAB)	70	19	71	7	12	179
		공법 (AAC)	32	13	26	1	5	77
	소 계		113	47	120	12	21	313
	전단면 보수 (AB)	-	8	1	1	0	0	10
	소 계		8	1	1	0	0	10
	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 (AC)	전처리 (ACA)	3	0	0	0	0	3
		반사균열 (ACB)	10	12	7	2	2	33
	소 계		13	12	7	2	2	36
	시멘트 콘크리트 덧씌우기 (AD)	전처리 (ADA)	1	0	0	0	0	1
		재료 (ADB)	23	7	18	6	3	57
		공법 (ADC)	5	1	5	0	1	12
	소 계		29	8	23	6	4	70
	기능성 포장 (AE)	-	17	3	30	0	2	52
	소 계		17	3	30	0	2	52
총 계			180	71	181	20	29	481

(4) 분석 방법

○ 본 분석에서는 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 특허기술 Landscape, 핵심특허 분석으로 나누어 분석함

㉮ 특허기술 Landscape

○ 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본, 유럽 및 국제출원의 연도별 전체 특허동향, 주요시장국 내외국인 특허동향, 구간별 출원건수와 출원인수의 증감률 및 기술시장 성장단계 파악 등으로 국가별 Landscape를 분석함

○ 또한 다 출원인 상위 Top20의 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 주요시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 특허출원 증가율(이전 5년 구간('04~'08) 대비 최근 5년 구간('09~'13)의 증가율), 주력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함

○ 또한 세부기술별로 연도-구간 전체 특허동향, 주요시장국 특허동향, 주요출원인 특허동향을 파악하여 세부기술 Landscape를 분석함

㉯ 핵심특허 분석

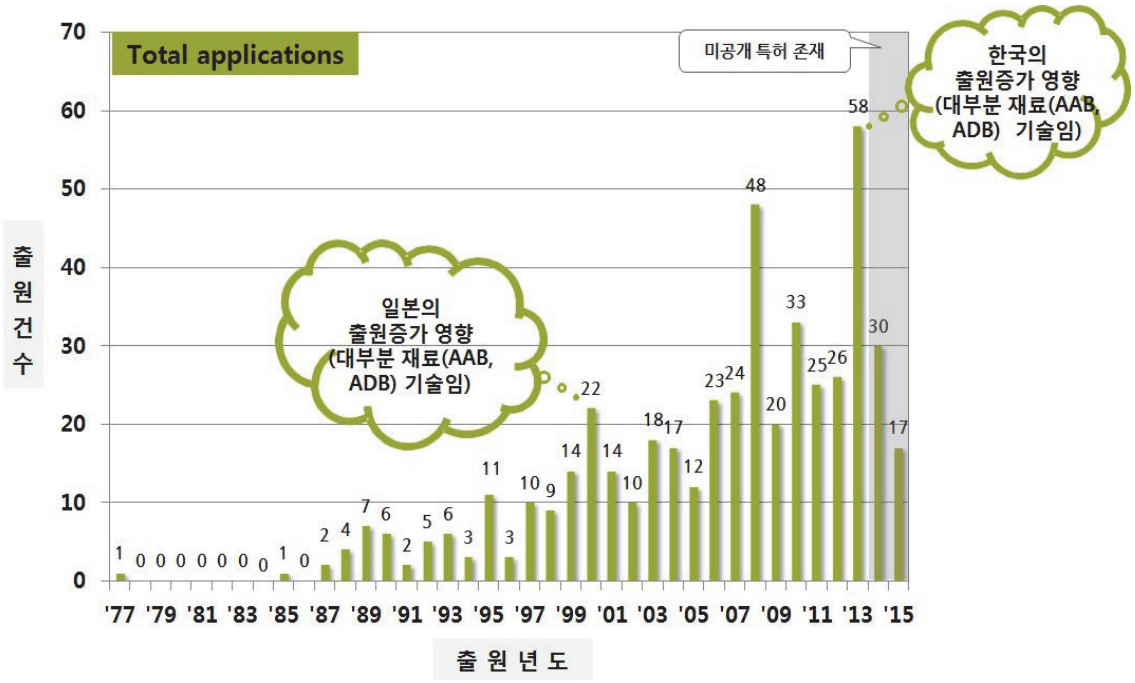
○ 핵심특허 분석에서는 본 과제 기술과 관련성이 비교적 높은 국내·외 핵심특허를 선별하고, 대상 특허의 권리범위를 분석함

가. 특허기술 Landscape

(1) 국가별 Landscape

㉮ 주요시장국 기술개발 활동현황

① 주요시장국 연도별 특허동향

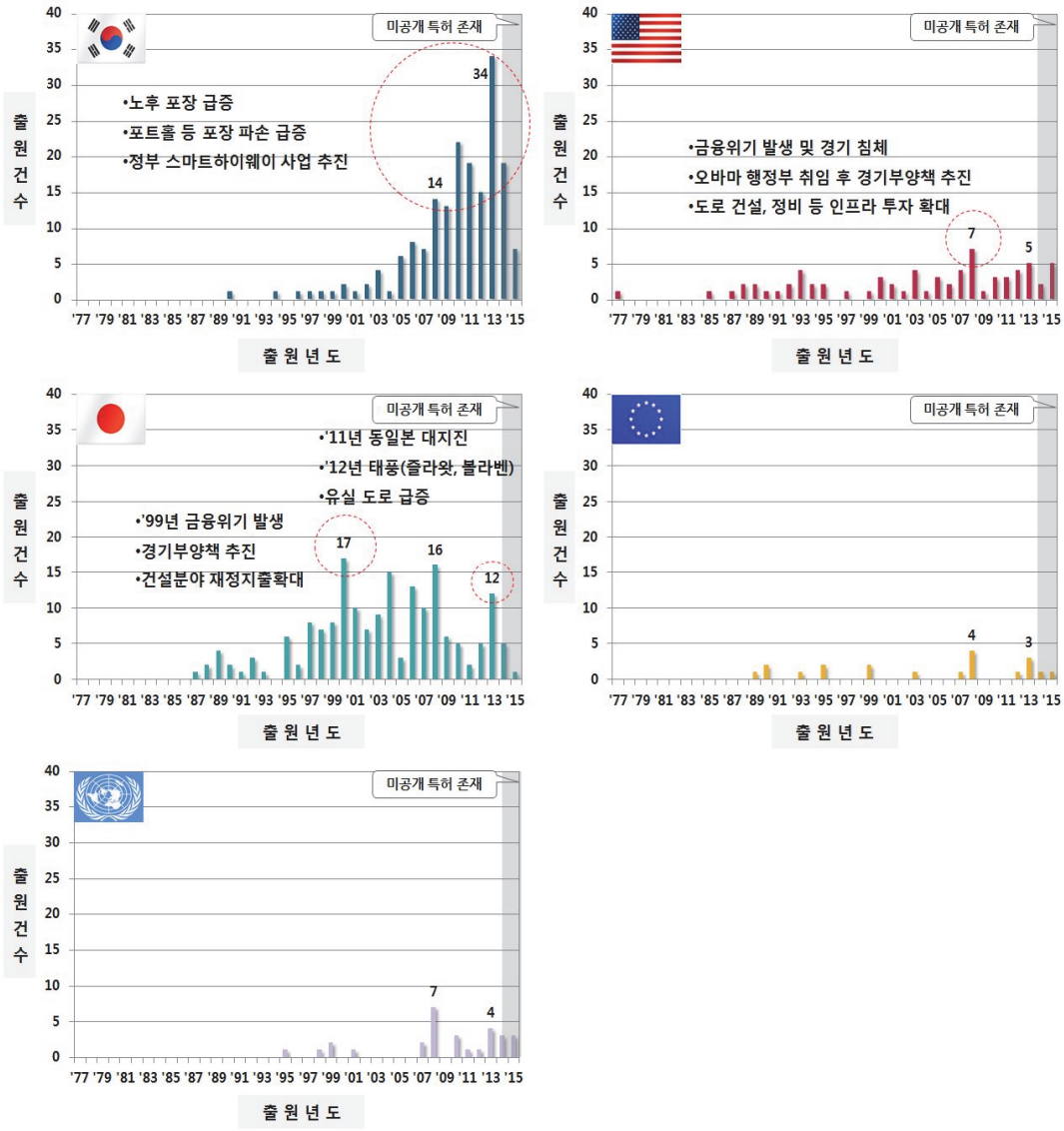


<전체 연도별 동향>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 국제출원(WIPO)의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면,

○ 거시적인 관점에서 분석초기구간부터 '90년대 후반까지 증감을 반복하며 소수의 출원이 이루어지다가, '00년대에 들어 출원건수가 대폭 증가하기 시작하였고, '08년을 기점으로 출원이 급증하여 '13년에 가장 많은 출원건수를 나타냄

○ 이러한 추세는 '00년대 초반과 후반에 특허출원이 급격하게 증가한 일본과 한국의 출원 활동에 기인함



<주요시장국 연도별 동향>

○ 한국[KIPO]의 연도별 특허동향을 살펴보면, '00년대 중반까지 소수의 출원만이 이루어지다가 '08년을 기점으로 출원건수가 급증하여 '13년에 가장 많은 출원건수를 나타내며, 이후로 최근까지 출원활동이 지속되고 있음

○ 특히, 가파른 증가세를 보이고 있는 '08~'13년에는 설계수명 상 20년 이상의 노후화 된 고속도로의 콘크리트 포장 연장이 급증하였고, 기상이변에 따른 잦은 폭우와 폭설, 기록적인 한파의 발생으로 인해 포트홀(Pothole) 등 도로 포장의 파손이 많았음

○ 이에 정부는 도로 포장의 유지보수 및 정비와 관련, 신공법 및 신재료의 연구개발을 위해 스마트하이웨이 사업('07~'14) 등을 국가 정책 및 전략사업의 일환으로 추진함에 따라 해당 기술에 대한 연구개발이 크게 늘어났을 것으로 사료됨

○ 미국[USPTO]의 연도별 특허동향을 살펴보면, 분석초기구간에는 타 시장국에 비해 출원이 비교적 활발한 편이나 '90년대 중·후반에는 소수의 출원만이 이루어짐

○ '00년대 들어 출원이 다시 증가하여 '08년에 가장 많은 출원건수를 나타내며, 최근까지 증감을 반복하며 출원이 지속되고 있음

○ 특히, 가장 많은 출원건수를 나타낸 '08년에는 금융 위기로 촉발된 미국 내 경기 침체를 회복하기 위한 경기 부양책의 일환으로 도로 건설 및 정비 등 대대적인 인프라 투자에 영향을 받아 해당 기술에 대한 관심이 크게 늘어났을 것으로 사료됨

○ 일본[JPO]의 연도별 특허동향을 살펴보면, '90년대 후반까지 소수의 출원이 이루어지다가 '00년대에 들어 크게 증가하였고, 이후로 최근까지 보합세의 양상을 띠며 꾸준하게 출원활동이 지속되고 있음

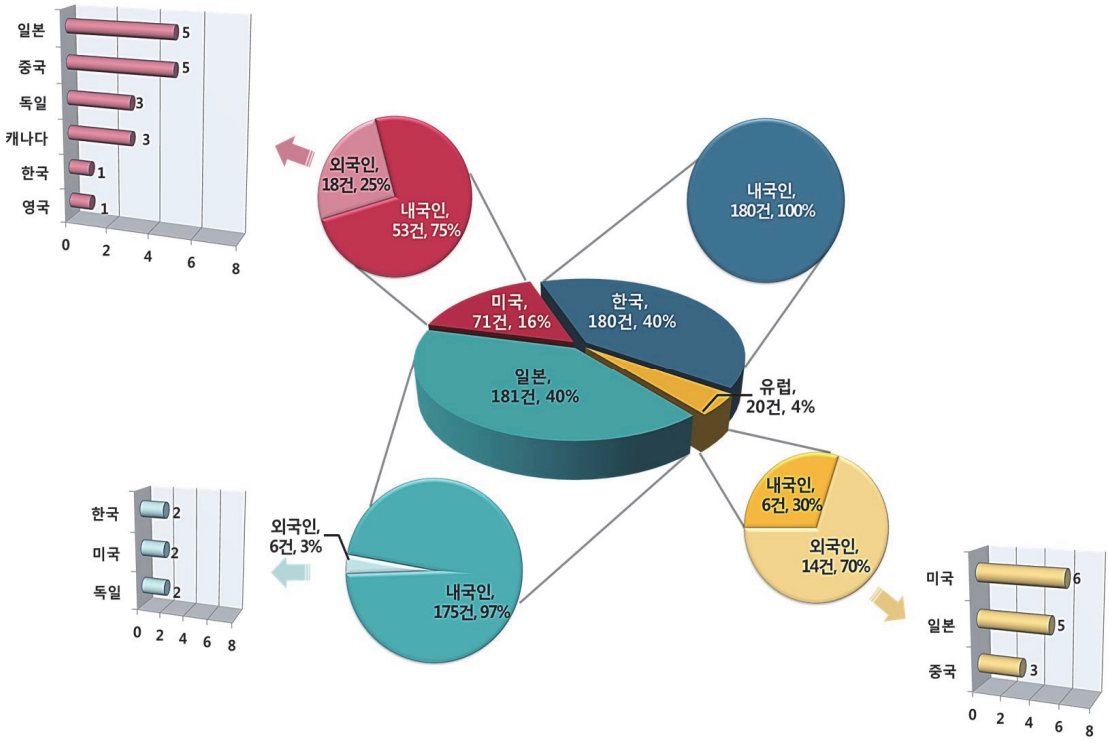
○ 특히, 전년대비 출원건수가 급증한 '00년에는 미국과 마찬가지로 '99년에 발생한 일본 내 금융 위기에 따른 경기 침체를 회복하기 위하여 경제 활성화 정책으로 건설 관련 재정 지출을 늘림에 따라 해당 기술에 대한 연구개발이 크게 늘어났을 것으로 사료됨

○ 또한 전년대비 출원건수가 크게 증가한 '13년에는 일본 전역에 수많은 피해를 남긴 동일본 대지진('11년 발생)과 태풍(즐라왓, 볼라벤 '12년 발생) 피해로 유실된 도로 복구를 위해 해당 기술에 대한 관심이 크게 증가한 것으로 사료됨

○ 유럽[EPO], 국제출원[WIPO]의 연도별 특허동향을 살펴보면, 전체 출원건수가 타 시장국에 비해 상대적으로 미미한 것으로 나타났으나, '08년 이후에 출원건수가 큰 폭으로 증가하여 최근까지 출원활동이 지속되고 있음

○ 주요시장국에서 공통적으로 높은 증가세를 나타내고 있는 '08~'13년에는 배럴당 99~110달러(WTI 기준)를 호가하는 사상 초유의 유가 폭등이 있었음

○ 이로 인해 가격이 높아진 아스팔트 및 이를 이용한 아스팔트 포장의 대체 기술로서 해당 기술에 대한 연구 개발이 크게 늘어났을 것으로 사료됨

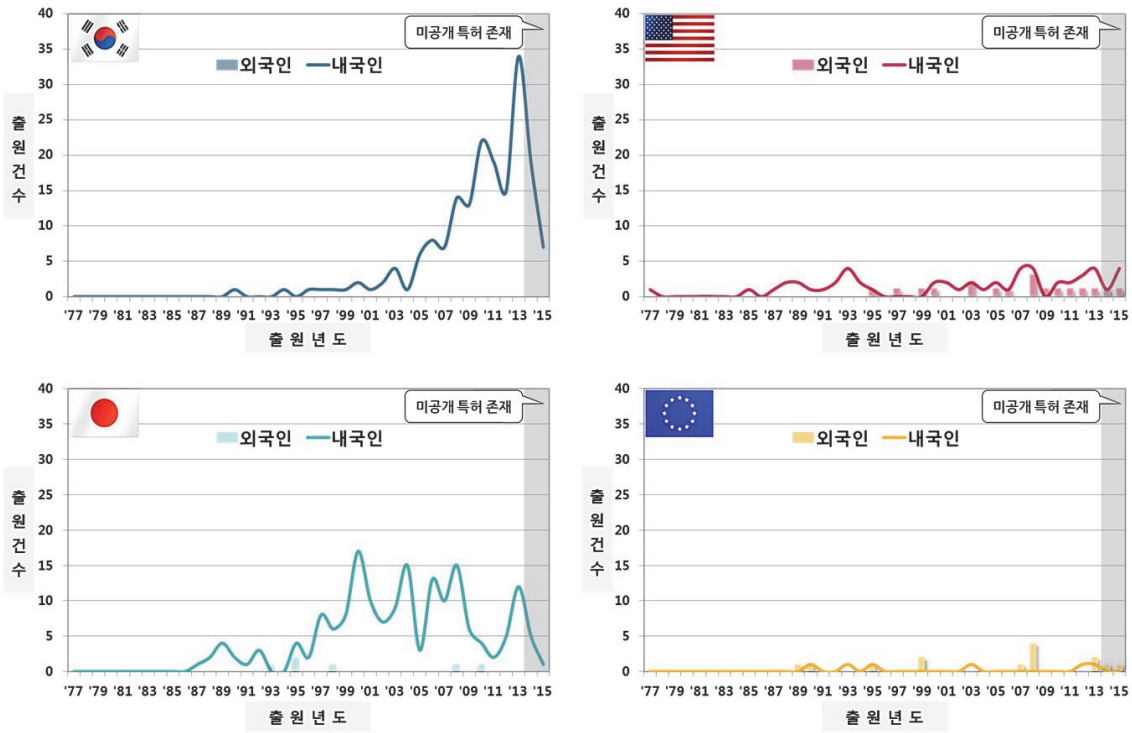


<주요시장국 내·외국인 특허출원현황>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 한국과 일본에서의 출원이 전체 과반 이상인 80%의 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남

○ 유럽을 제외한 주요시장국에서 모두 내국인의 비율이 외국인 보다 압도적으로 높게 나타남에 따라, 본 과제 기술은 국가주도형 산업 기술로 판단되며, 해외기업의 시장 진입장벽이 높다는 점에서 자국 위주의 기술 개발 및 상용화가 이루어지고 있는 분야인 것으로 판단됨

○ 주요시장국의 외국인 출원 현황을 살펴보면 미국과 일본, 한국, 중국, 독일 국적의 출원인들이 해외 시장에서 비교적 활발하게 특허 활동을 하고 있는 것으로 나타남



<연도별 주요시장국 내·외국인 특허출원현황>

○ 연도별 주요시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 한국은 '90년부터 최근까지 내국인에 의해서만 시장이 형성되고 있음

○ 미국은 분석초기구간부터 '94년까지 내국인 위주의 출원 활동을 보이다가 '95년에 들어 외국인의 출원이 나타나기 시작하였으며, 이후로 최근까지 내·외국인의 출원 증감이 서로 유사한 형태를 띠며 경합중인 것으로 보임

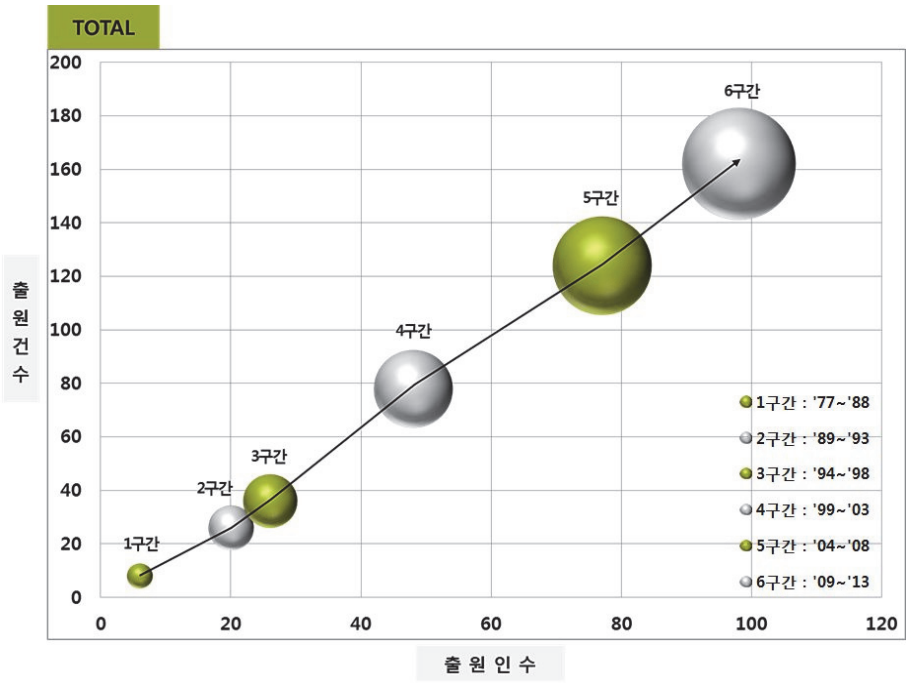
○ 일본은 분석초기구간부터 최근까지 내국인 위주의 출원 활동이 지속되고 있으며, 외국인의 출원은 '90년대 중반과 '00년대 후반에 일시적으로 나타남

○ 유럽은 전반적으로 외국인 위주의 출원 활동을 보이고 있으나, 출원 건수가 다른 국가들에 비해 상대적으로 미미함

㉰ 기술시장 성장단계 파악

○ 해당 기술분야의 전체 및 주요시장국별 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로, 전체 출원을 6개의 연도-구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음

○ 각 구간은 1구간('77~'88), 2구간('89~'93), 3구간('94~'98), 4구간('99~'03), 5구간('04~'08), 6구간('09~'13)으로 구분하였고, 미공개 특허가 존재하는 '14~'15에 출원된 건들은 분석대상에서 제외함

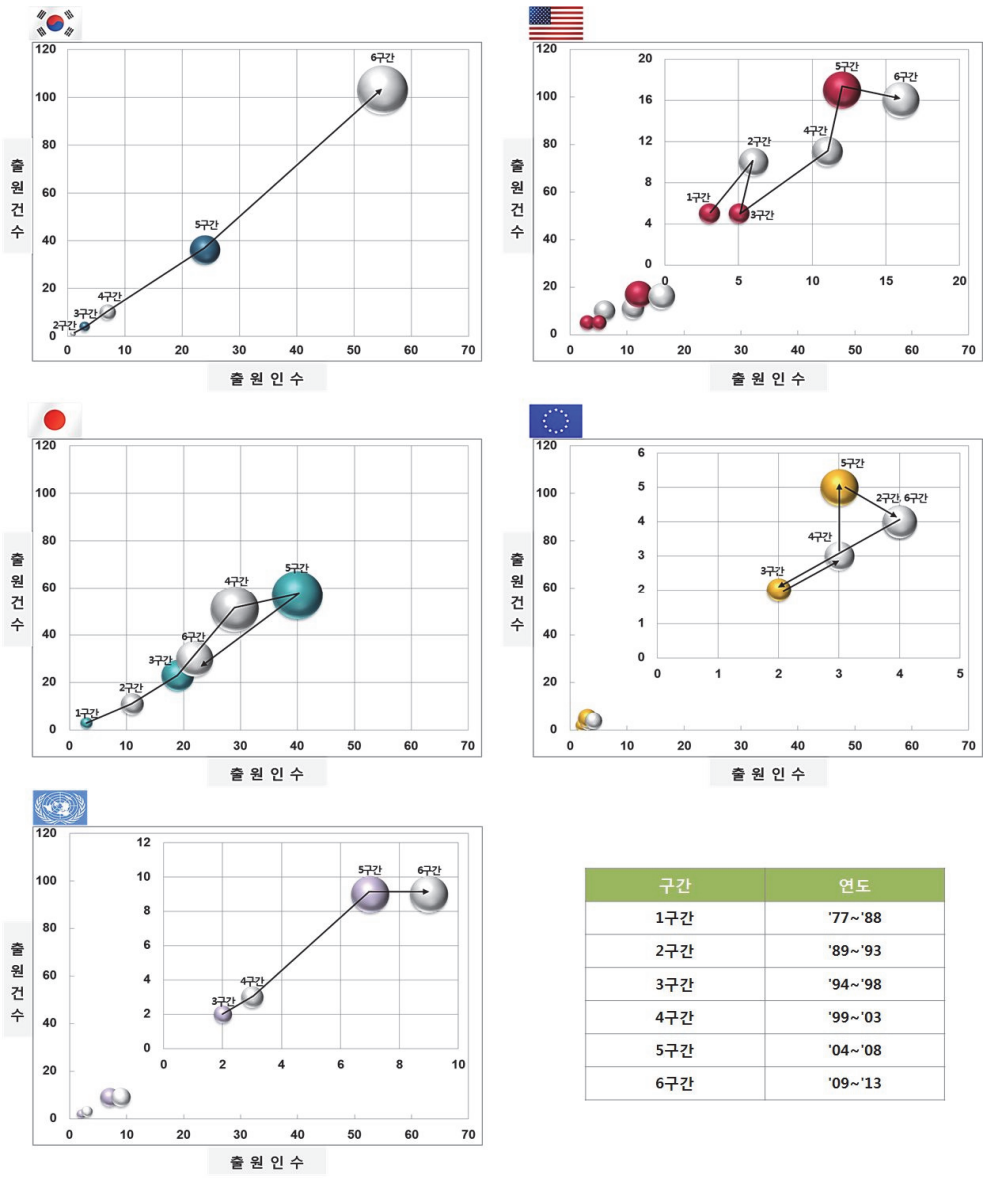


<포트폴리오로 파악한 전체 기술시장 성장단계>

○ [Total] 본 그래프는 전 세계 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 1구간('77~'88)부터 6구간('09~'13)까지 출원건수와 출원인수가 지속적으로 증가하는 성장기 단계의 양상을 나타내고 있음

○ 특히 5구간('04~'08)과 6구간('09~'13)에서 출원건수와 출원인수가 대폭 증가하여 해당 구간에서 관련 기술의 연구 개발이 활발하게 이루어진 것으로 판단됨

○ 해당 구간에서 콘크리트 도로 포장 및 그 유지보수 기술분야의 출원 급증은 기록적인 유가 폭등에 따른 아스팔트 가격의 상승과 지구 온난화로 인한 폭우, 폭설 및 한파 등 잦은 기상이변에 기인하는 것으로 사료됨



구간	연도
1구간	'77~'88
2구간	'89~'93
3구간	'94~'98
4구간	'99~'03
5구간	'04~'08
6구간	'09~'13

<포트폴리오로 파악한 국가별 기술시장 성장단계>

○ [KIPO] 포트폴리오로 나타낸 한국특허의 기술위치는 출원이 시작된 2구간('89~'93)부터 최근의 6구간('09~'13)까지 출원건수와 출원인수가 계속 증가하는 성장기 양상을 보이고 있음

○ 특히, 6구간('09~'13)에서 출원건수와 출원인수가 크게 증가하고 있어, 해당구간에서 급격한 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

○ 또한 한국은 타 시장국에 비해 상대적으로 출원을 늦게 시작한 편이나, 최근까지 가장 활발하게 출원활동을 하고 있는 것으로 나타나 특허 미공개 존재구간을 고려했을 때, 추후 출원건수와 출원인수가 더욱 증가할 것으로 예상됨

○ [USPTO] 포트폴리오로 나타낸 미국특허의 기술위치는 1~2구간('77~'93)에서 출원건수와 출원인수가 증가하는 성장기 양상을 보이다가, 3구간('94~'98)에 들어 출원건수와 출원인수가 감소하는 일시적인 쇠퇴기 양상을 보임

○ 그러나 4구간('99~'03)에서 5구간('04~'08)까지 출원건수 및 출원인수가 다시 증가하는 성장기 양상을 나타내고 있으며, 6구간('09~'13)에서 출원건수는 소폭 감소하였으나 출원인수가 증가하고 있는 성숙기 양상을 보이고 있음

○ [JPO] 포트폴리오로 나타낸 일본특허의 기술위치는 1구간('77~'88)부터 5구간('04~'08)까지 출원건수와 출원인수가 증가하는 성장기 양상을 나타내고 있으나, 6구간('09~'13)에 들어 출원건수 및 출원인수가 모두 감소하는 쇠퇴기 양상을 보이고 있음

○ [EPO] 포트폴리오로 나타낸 유럽특허의 기술위치는 출원이 시작된 2구간('89~'93)부터 3구간('94~'98)까지 출원건수와 출원인수가 감소하는 일시적인 쇠퇴기 양상을 보이고 있으나, 4~5구간('99~'08)에서 다시 증가하는 성장기 양상을 나타내고 있음

○ 한편, 최근의 6구간('09~'13)에 들어 출원건수는 소폭 감소하였으나 출원인수가 증가하고 있는 성숙기 양상을 보이고 있음

○ [WIPO] 포트폴리오로 나타낸 국제출원의 기술위치는 3~5구간('94~'08)까지 출원건수와 출원인수가 계속 증가하는 성장기 양상을 나타내고 있으며, 6구간('09~'13)에 들어 출원건수는 정체되고 있으나 출원인수가 증가하고 있는 성숙기 양상을 보이고 있음

○ 다만, 유럽[EPO]과 국제출원[WIPO]의 경우 출원건수와 출원인수의 모집단이 다른 시장국들에 비해 상대적으로 미미함에 따라 해당 구간의 기술위치를 명확히 정의하는 것은 어려울 것으로 판단됨

(2) 경쟁자 Landscape

<경쟁자 Landscape>

분석항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국 (건수 %)						특허출원 증가율 (이전5년('04~'08) 대비 최근 5년 구간-'09~'13))	주력기술분야
		한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	국제 WIPO	IP시장국 종합		
이레하이테크이앤씨	한국	34	0	0	0	0	한국	2600% (1건→27건)	AA(부분단면 보수)
삼우아이엠씨	한국	21	0	0	0	0	한국	-20% (10건→8건)	AA(부분단면 보수)
SUMITOMO OSAKA CEMENT	일본	0	0	20	0	0	일본	14% (7건→8건)	AA(부분단면 보수)
TAIHEIYO CEMENT	일본	0	0	9	0	0	일본	100% (1건→2건)	AE(기능성 포장)
SHENZHEN UNIVERSITY	중국	0	3	0	3	3	미국, 유럽	-100% (9건→0건)	AA(부분단면 보수)
KAJIMA ROAD	일본	0	0	7	0	0	일본	-50% (2건→1건)	AE(기능성 포장)
DENKI KAGAKU KOGYO	일본	0	0	6	0	0	일본	-100% (1건→0건)	AA(부분단면 보수)
MITSUBISHI	일본	0	0	4	1	1	일본	이전구간('04~'08) 출원 無	AA(부분단면 보수)
NICHIREKI	일본	0	0	6	0	0	일본	이전구간('04~'08) 출원 無	AC(아스팔트 콘크리트 덧씌우기)
CLARK EQUIPMENT	미국	0	2	0	1	2	미국	-33% (3건→2건)	AA(부분단면 보수)
WIRTGEN	독일	0	2	1	2	0	미국, 유럽	이전구간('04~'08) 출원 無	AA(부분단면 보수)
NEW TOKYO INTERNATIONAL AIRPORT AUTHORITY	일본	0	1	2	1	1	일본	이전구간('04~'08) 출원 無	AD(시멘트 콘크리트 덧씌우기)
TAISEI ROTEC	일본	0	0	5	0	0	일본	0% (1건→1건)	AE(기능성 포장)
TEXACO	미국	0	3	0	1	0	미국	이전구간('04~'08) 출원 無	AD(시멘트 콘크리트 덧씌우기)
한국도로공사	한국	4	0	0	0	0	한국	200% (1건→3건)	AA(부분단면 보수)
DICKSON INDUSTRIES	미국	0	4	0	0	0	미국	이전구간('04~'08) 출원 無	AA(부분단면 보수)
DAI NIPPON PRINTING	일본	0	1	1	1	1	일본, 미국, 유럽	이전구간('04~'08) 출원 無	AD(시멘트 콘크리트 덧씌우기)
NIPPO CONSTRUCTION	일본	0	0	4	0	0	일본	-100% (2건→0건)	AA(부분단면 보수)
다길산업	한국	4	0	0	0	0	한국	이전구간('04~'08) 출원 無	AA(부분단면 보수)
AICA KOGYO	일본	0	0	4	0	0	일본	-100% (4건→0건)	AD(시멘트 콘크리트 덧씌우기)

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 주요출원인 Top20을 추출한 결과,

○ 한국의 이레하이테크이앤씨가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 한국의 삼우아이엠씨, 일본의 SUMITOMO OSAKA CEMENT 등이 해당 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

○ 또한 주요출원인 Top20 중 일본 국적의 출원인이 11名으로 파악됨에 따라 해당 분야에서 한국과 일본이 두각을 나타내는 것으로 분석됨

○ 아울러 해당 분야는 중소기업, 대학, 개인 등 군소 출원인들의 출원 활동이 비교적 활발한 것으로 나타남

○ 이들 주요출원인들의 주요시장국과 최근 연구 활동 및 기술력, 주력 기술분야의 파악을 위하여, 주요시장국별 출원건수, 최근의 특허출원 증가율을 비교 분석한 결과,

○ 해당 분야의 주요출원인들은 전반적으로 해외 시장 진출보다는 자국 위주의 특허 활동을 하고 있는 것으로 파악됨

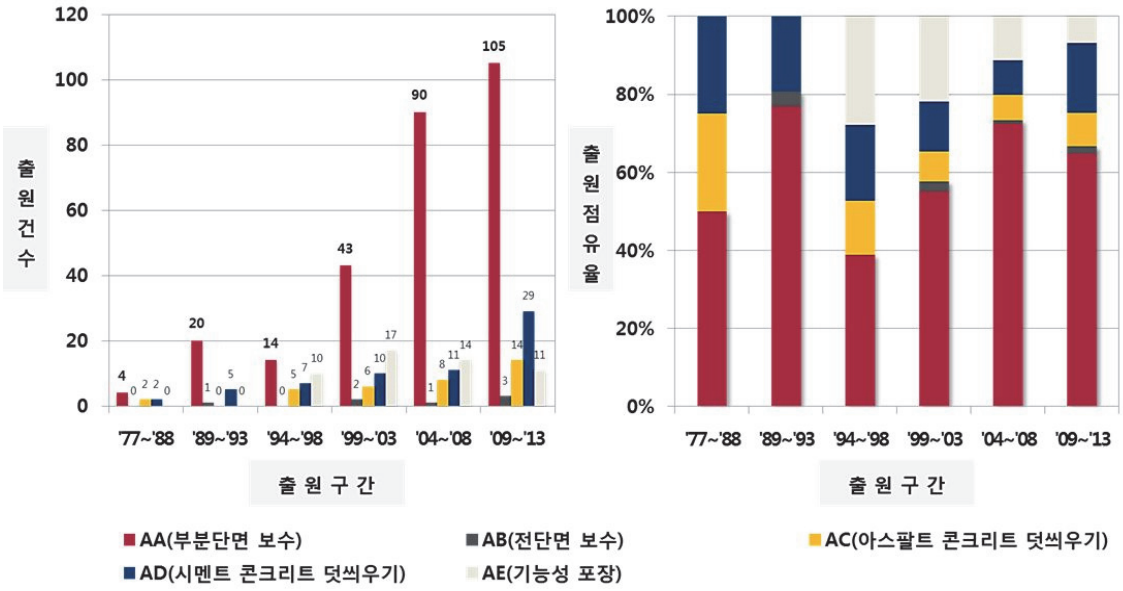
○ 한편 주요출원인들의 이전 5년('04~'08) 대비 최근 5년('09~'13)간 특허 출원 증가율을 살펴본 결과 한국의 이레하이테크이앤씨를 제외한 다수의 출원인들은 최근 5년('09~'13)에 들어 출원을 시작한 것으로 나타남

○ 주요출원인 Top20의 주력 기술분야를 살펴본 결과, 도로포장의 국부적인 파손 부위를 제거하고 신규 재료로 되메우는 부분단면 보수(AA)와 관련된 기술이 12名의 출원인들의 주력 기술분야인 것으로 파악됨

(3) 세부기술 Landscape

㉮ 세부기술별 연도 구간 특허동향

① 중분류 기술의 연도-구간별 전체 특허동향



<중분류 기술의 연도-구간별 동향 및 점유율>

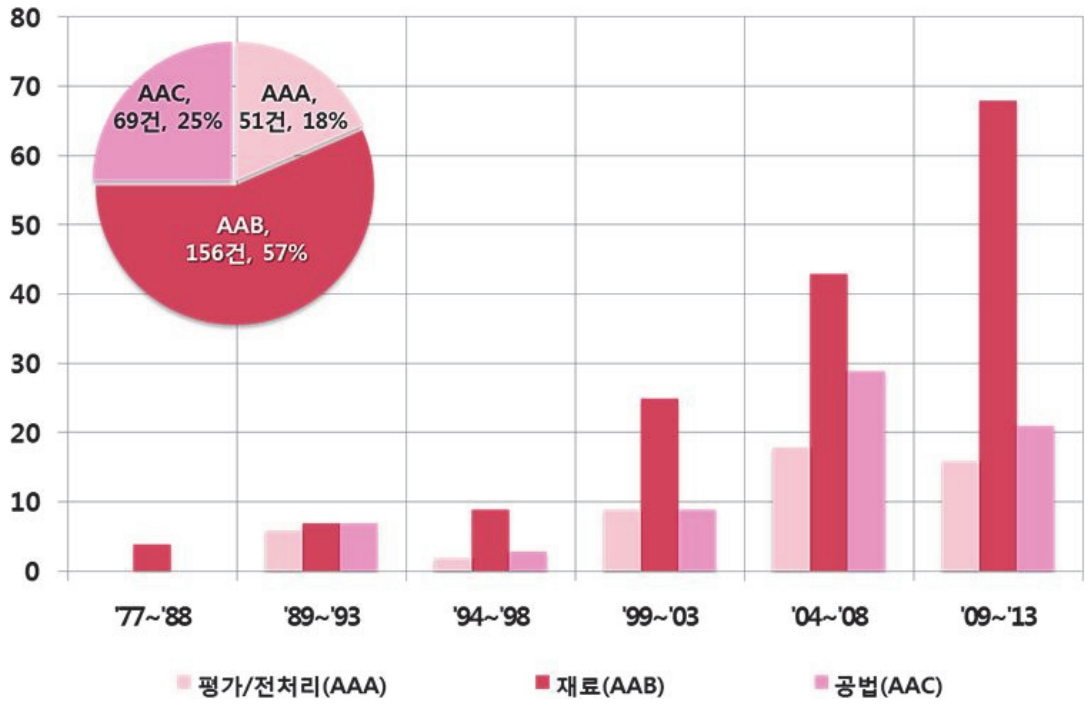
○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 중분류 기술의 연도-구간별 특허동향 및 점유율을 살펴본 결과,

○ 부분단면 보수(AA) 기술이 각 연도-구간에서 가장 많은 출원건수와 점유율을 나타내고 있으며, 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD), 기능성 포장(AE), 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 기술이 그 뒤를 따르고 있음

○ 상기 기능성 포장(AE)을 제외한 3개의 중분류 기술(AA, AC, AD)들은 거시적인 관점에서 4구간('99~'03)을 기점으로 최근까지 특허출원이 꾸준히 증가하고 있는 추세임

○ 한편 전단면 보수(AB) 기술은 출원건수 및 점유율이 타 중분류 기술에 비해 상대적으로 미미하나, 최근까지 출원이 지속되고 있는 것으로 나타남

② 부분단면 보수(AA) 기술의 세부기술 특허동향

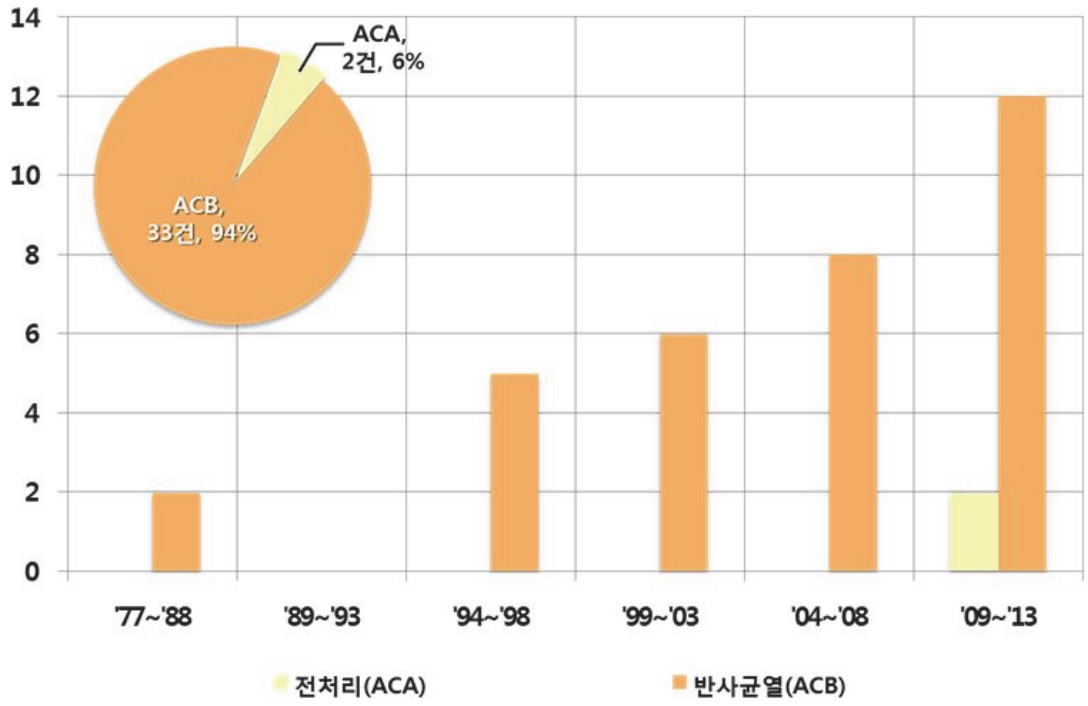


<중분류(AA)의 세부기술 별 출원 점유율 및 연도-구간별 동향>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 중분류인 부분단면 보수(AA) 기술의 세부기술 별 출원 점유율을 살펴보면, 재료(AAB) 기술이 총 156건으로 전체의 57%를 차지하여 세부기술 중 가장 두드러진 모습을 보이고 있음

○ 연도-구간별로 세부기술들의 출원 동향을 살펴보면, 재료(AAB)와 공법(AAC) 기술은 3구간('94~'98) 부터 6구간('09~'13)까지 출원이 계속 증가하고 있으며, 특히 최근의 5~6구간('04~'13)에서 출원이 급증한 것으로 나타남

③ 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 기술의 세부기술 특허동향

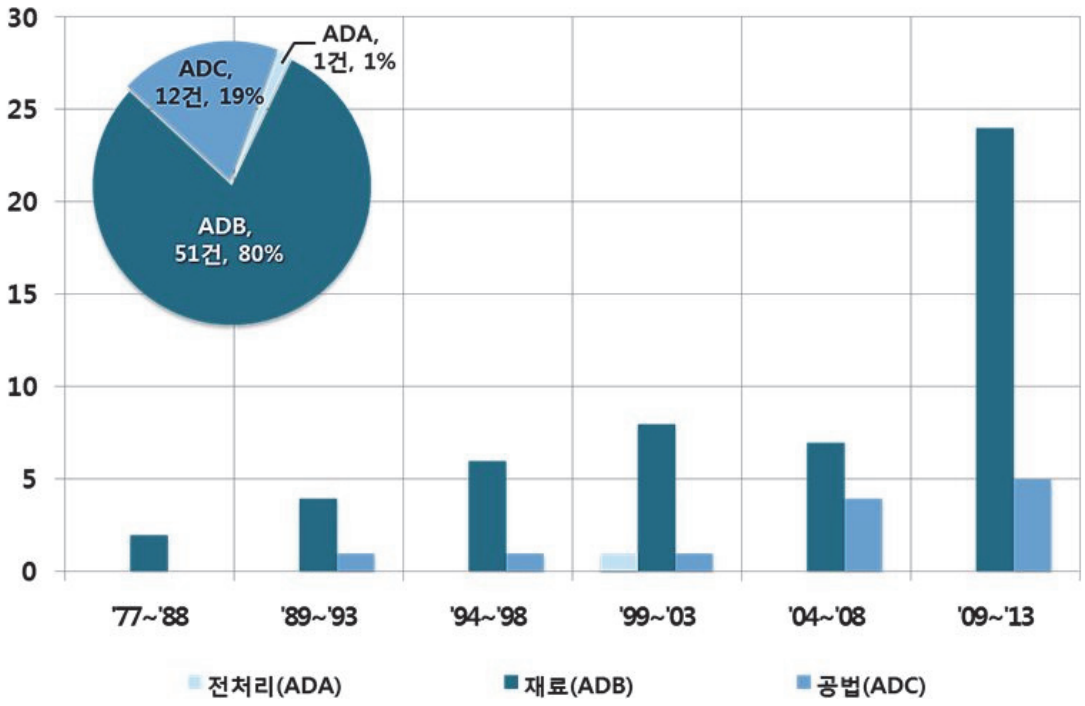


<중분류(AC)의 세부기술 별 출원 점유율 및 연도-구간별 동향>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 중분류인 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 기술의 세부기술 별 출원 점유율을 살펴보면, 반사균열(ACB) 기술이 전체의 94%를 차지하고 있음

○ 연도-구간별로 반사균열(ACB) 기술의 출원 동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석초기구간부터 최근의 6구간('09~'13)까지 출원이 꾸준하게 증가하고 있으며, 특히 최근의 6구간('09~'13)에서 큰 폭으로 증가함

④ 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 분류 기술의 세부기술 특허동향



<중분류(AD)의 세부기술 별 출원 점유율 및 연도-구간별 동향>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 중분류인 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술의 세부기술 별 출원 점유율을 살펴보면, 재료(ADB) 기술이 총 51건으로 전체의 80%를 차지하여 세부기술 중 가장 두드러진 모습을 보이고 있음

○ 연도-구간별로 세부기술들의 출원 동향을 살펴보면, 재료(ADB)와 공법(ADC) 기술은 최근의 6구간('09~'13)에서 출원이 급증한 것으로 나타남

㈏ 세부기술별 주요시장국 특허동향

중분류	소분류	KIPO	USPTO	JPO	EPO	WIPO
부분단면 보수	평가/전처리 재료 공법	11건 70건 32건	15건 19건 13건	23건 71건 26건	4건 7건 1건	4건 12건 5건
전단면 보수	-	8건	1건	1건		
아스팔트 콘크리트 덧씌우기	전처리 반사균열	3건 10건	12건	7건	2건	2건
시멘트 콘크리트 덧씌우기	전처리 재료 공법	1건 23건 5건	7건 1건	18건 5건	6건	3건 1건
기능성 포장	-	17건	3건	30건		2건

<세부기술별 주요시장국 특허 진입 동향>

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 세부기술별 주요시장국 특허동향을 살펴본 결과, 세부기술 중, 부분단면 보수(AA)의 재료(AAB) 기술이 주요시장국에서 모두 집중도가 높은 것으로 파악됨

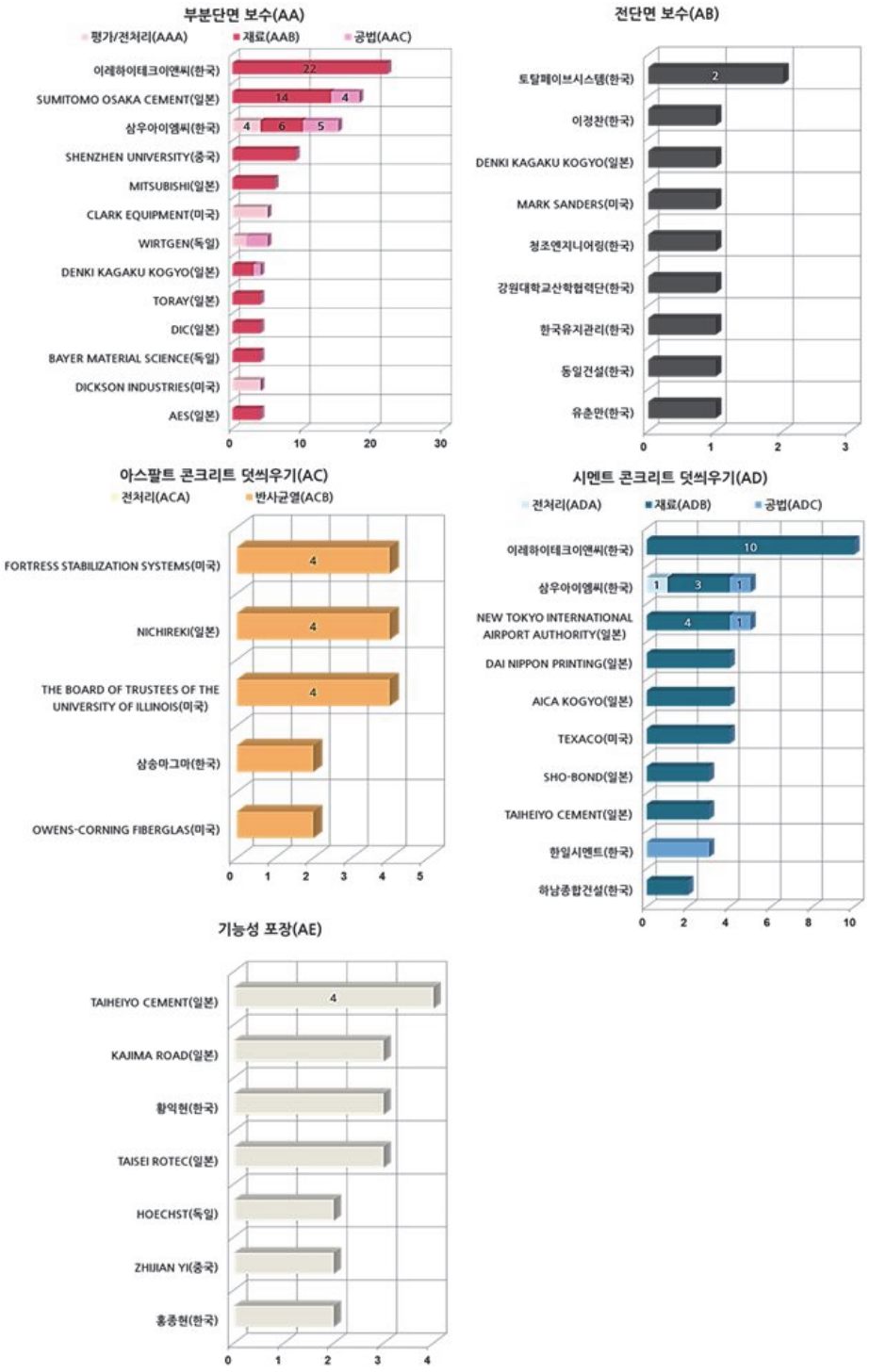
○ 기능성 포장(AE) 기술은 일본에서 가장 관심도가 높은 것으로 나타남

○ 한국(KIPO)과 일본(JPO), 미국(USPTO)에서는 해당 분야의 세부기술들이 모두 고르게 출원되고 있는 것으로 파악됨

○ 유럽(EPO)과 국제출원(WIPO)은 부분단면 보수(AA)와 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD)의 재료(AAB, ADB) 관련 기술에 집중도가 높은 것으로 나타났으나, 전체 출원건수가 다른 시장국들에 비해 상대적으로 미약하여 특이점을 찾기 어려움

○ 세부기술 중 전단면 보수(AB) 기술과 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 기술의 전처리(ACA), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술의 전처리(ADA) 관련 기술은 주요시장국에서 모두 소수의 출원이 나타남에 따라 아직 개발되지 않은 공백기술이 존재할 것으로 사료됨

㉰ 세부기술별 주요출원인 특허동향



<세부기술별 주요 출원인 동향>

○ 앞에서 주요 출원인의 전반적인 기술별 특허출원동향을 살펴보았으며, 여기에서는 각각의 중분류별로 주요 출원인의 특허동향에 대해서 살펴보고자 함

○ 부분단면 보수(AA) 분야에서는 한국의 이레하이테크이앤씨가 가장 많은 출원을 하고 있으며, 뒤를 이어 일본의 SUMITOMO OSAKA CEMENT, 한국의 삼우아이엠씨 등이 해당 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

○ 전단면 보수(AB) 분야에서는 한국의 토탈페이브시스템 등이 주요출원인으로 나타났으며, 전반적으로 한국의 중소기업, 개인, 산학연구기관에서 활발하게 특허활동을 하고 있는 것으로 나타남

○ 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 분야에서는 미국의 FORTRESS STABILIZATION SYSTEMS, UNIVERSITY OF ILLINOIS, 일본의 NICHIREKI 등이 다수의 특허를 출원하고 있음

○ 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 분야의 주요 출원인은 한국의 이레하이테크이앤씨, 삼우아이엠씨, 일본의 NEW TOKYO INTERNATIONAL AIRPORT AUTHORITY 등이 파악됨

○ 기능성 포장(AE) 분야에서는 일본의 TAIHEIYO CEMENT가 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남

○ 한국의 이레하이테크이앤씨는 부분단면 보수(AA), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술분야의 재료(AAB, ADB) 기술에 집중적으로 특허 출원을 하고 있는 것으로 나타남

○ 한국의 삼우아이엠씨는 부분단면 보수(AA), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술분야의 재료(AAB, ADB)를 포함하여 전처리(AAA, ADA), 공법(AAC, ADC) 기술 등 해당 분야에서 고르게 출원 활동을 하고 있는 것으로 나타남

나. 핵심특허 분석

(1) 핵심특허 선정

㉮ 핵심특허 선정 기준

○ 핵심특허(S급)의 권리분석을 위해『무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템』개발 분야 전체 유효데이터 481건 중 등록/공개특허를 대상으로 하여 그 기술적 내용 및 구성과 목적이 유사한 8건의 핵심특허(S급)를 선정함

<핵심특허 선정기준>

선정기준	선정이유
주요 출원인 보유특허	- 사전에 인지된 해당 기술분야의 선도 기업 보유 특허
패밀리 특허 국가수	- 패밀리 특허출원이 많을수록 기술에 의한 의지가 강하다고 판단 - 특허적 가치 및 영향력이 높다고 볼 수 있음
등록여부	- 등록건을 우선순으로 선별 - 등록건이 아니어도 기술적으로 유사한 경우 핵심특허로 포함
기타	- 특허 청구 범위 및 기술적 유사도 검토 후 핵심특허로 선정

㈏ 핵심특허 리스트

<핵심특허(S급) 현황>

연번	소분류	특허번호	출원일자	출원인	권리상태	발명의 명칭
1	AAB	JP 5867793	2015.04.14	DIC CORP	등록	래디컬 중합성 조성물, 콘크리트 보수재 및 도로용 프라이머
2	AAB	KR 1549612	2015.04.27	리플래시건설㈜	등록	초속경 시멘트 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 포장 보수공법
3	AAA	US 9121147	2013.07.24	INTERSTATE IMPROVEMENT, INC.	등록	ROADWAY GRINDER
4	AAC	KR 1069820	2011.01.31	㈜삼우아이엠씨	등록	콘크리트 포장 보수공법
5	ACB	KR 1392477	2013.11.20	㈜삼송마그마	등록	콘크리트 포장도로의 아스팔트 덧씌우기 포장공법
6	ACB	KR 1336333	2013.08.16	㈜에스엔건설	등록	격자형 유리섬유에 부직포를 부착한 보강재 및 이를 이용한 특이구간(연약지반, 교면포장, 콘크리트 포장) 도로의 조기파손 방지를 위한 포장 보강 공법
7	ADC	KR 0987112	2009.09.25	다길산업㈜	등록소멸	도로포장의 덧씌우기 공법
8	ADC	JP 5341466	2008.10.20	SUMITOMO OSAKA CEMENT	등록	기설 콘크리트 포장의 부착 오버레이 공법

(2) 핵심특허 권리분석

㉮ 핵심특허_01

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">래디컬 중합성 조성물, 콘크리트 보수재 및 도로용 프라이머</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>DIC CORP</td><td>출원국가</td><td>일본(JP)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2015-543615/5867793</td><td>출원일</td><td>2015.04.14</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>부분단면보수 재료(AAB)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2">도면 없음</td><td colspan="2">폴리부타디엔 폴리올(a1-1) 유래의 구조를 가지는 우레탄(메타) 아크릴레이트(A-1) 및
폴리카보네이트 폴리올(a1- 2) 유래의 구조를 가지는 우레탄(메타) 아크릴레이트(A-2)를
함유하는 우레탄(메타) 아크릴레이트(A),
래디컬 중합성 단량체(B) 및
사이클로덱스트린 및/또는
그 유도체(C)를 함유하는 것을 특징으로 하는
<u>래디컬 중합성 조성물</u>.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3"><u>1) 권리상태에 대한 의견</u>
- 국제출원(PCT-JP2015-061420, 출원일 : 2015.12.10)을 기초로 하여 2016.01.15에 일본에 등록되어 있음

<u>2) 권리범위에 대한 의견</u>
- 표면 건조성 및 습윤면에 접착성이 우수한 래디컬 중합성 조성물을 제공하는 것으로서, <u>조성물을 구성하는 화합물의 조합만 기재</u>함으로써, <u>비교적 넓은 권리 범위를 형성</u>하고 있음

<u>3) 소결</u>
- 조성물에 관한 특허의 경우, 침해입증이 가능한지 여부를 기준으로 권리범위를 형성해야 하므로, 본 특허는 오직 화합물의 조합만으로 권리범위를 형성하였다는 점에서 강점이 있음</td></tr>
</table>

㈏ 핵심특허_02

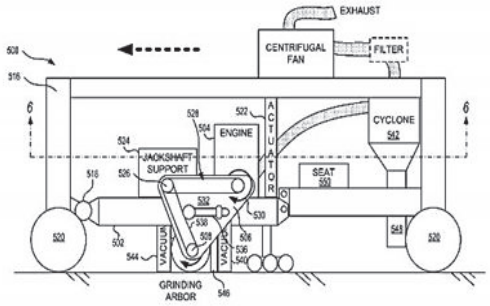
<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">초속경 시멘트 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 포장 보수공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>리플래시건설㈜</td><td>출원국가</td><td>한국(KR)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2015-0058650/1549612</td><td>출원일</td><td>2015.04.27</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>부분단면보수 재료(AAB)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2">도면 없음</td><td colspan="2">초속경 시멘트 결합재 5～40중량%, 잔골재 25～70중량%, 굵은골재 20～65중량%, 물 0.1～20중량% 및 폴리머 결합재 0.01～15중량%를 포함하여 이루어지고,
상기 폴리머 결합재는 메틸메타크릴레이트 20～95중량%, 스티렌-부틸아크릴레이트 1～50중량%, 메타크릴산메틸- 부타디엔 고무 라텍스 1～30중량%, 폴리 초산 비닐 0.01～30중량%, 불포화 폴리에스터 0.01～10중량% 및 폴리 프로필렌 0.01～10중량%를 포함하여 이루어지고,
상기 초속경 시멘트 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트 또는 조강 시멘트 35～95중량%, 마그네슘 또는 칼슘 설포 알루미네이트 2～30중량%, 칼슘알루미나시멘트 1～20중량%, 애터펄자이트 1～25중량%, 석고 0.1～20중량%, 산화 칼슘 또는 수산화칼슘 0.01~10중량%, 황산아연 0.01~10중량%, 실란계 발수제 0.01~10중량%, 촉진제 0.01～10중 량% 및 지연제 0.01~10중량%를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는
<u>초속경 시멘트 콘크리트 조성물.</u></td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3">1) <u>권리상태에 대한 의견</u>
- 2015.04.27. 에 한국에만 출원되어 2015.08.27.에 등록되어 있음

2) <u>권리범위에 대한 의견</u>
- 콘크리트의 하자를 줄이면서도 폴리머의 사용량도 감소시킬 수 있는 초속경 시멘트 콘크리트 조성물을 제공하는 것으로서, <u>조성물을 구성하는 화합물의 조합뿐만 아니라 구성비율을 기재</u>함으로써, <u>비교적 좁은 권리 범위를 형성</u>하고 있음

3) <u>소결</u>
- 조성물에 관한 특허의 경우, 침해입증이 가능한지 여부를 기준으로 권리범위를 형성해야 하므로, 본 특허는 화합물의 조합뿐만 아니라 구성비까지 청구항에 기재하였다는 점에서 유사 기술의 특허출원 시 이와 같은 권리범위 설정을 지양해야 할 필요가 있음</td></tr>
</table>

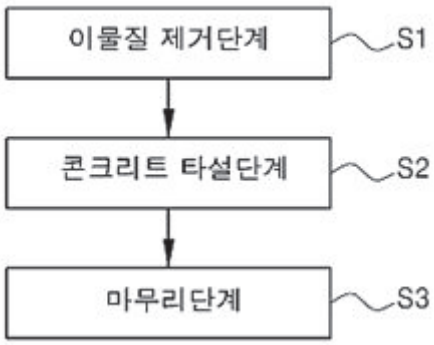
㉰ 핵심특허_03

발명의 명칭	ROADWAY GRINDER		
출원인	INTERSTATE IMPROVEMENT, INC.	출원국가	미국(US)
출원번호/등록번호	2013-950167/9121147	출원일	2013.07.24
기술분야	부분단면보수 전처리(AAA)	법적상태	등록

대표도면	대표 청구항
	A concrete removal apparatus comprising: an arbor frame wheels supporting the arbor frame; an engine mounted transversely across the arbor frame; a support assembly mounted downward from the arbor frame; a concrete removal device mounted to the support assembly, the concrete removal device having an arbor with a first end and a second end and one or more cutting blades mounted along the arbor; a jackshaft support assembly mounted to the arbor frame; a jackshaft coupled to the jackshaft support assembly and extending transversely across the arbor frame; a jackshaft transmission coupled to the engine to translate an engine moment to a jackshaft moment parallel the engine moment; a first arbor transmission mounted to the arbor frame and coupled between a first end of the jackshaft and the arbor to translate the jackshaft moment to a first arbor moment parallel the engine moment the jackshaft moment; and a second arbor transmission mounted to the arbor frame and coupled between a second end of the jackshaft and the arbor to translate the jackshaft moment to a second arbor moment parallel the engine moment the jackshaft moment.

분석 의견	
	1) 권리상태에 대한 의견 - 2013.07.24. 미국에만 출원되어 2015.09.01.에 등록되어 있음 2) 권리범위에 대한 의견 - 콘크리트의 열화부를 제거할 수 있는 그라인더 장치로서, 도로의 다양한 깊이에 대응하여 절삭할 수 있는 잭 샤프트지지 조립체가 구비되어 있으며, 필수 구성요소로만 권리범위가 형성되어 있어, 비교적 넓은 권리 범위를 형성하고 있음 3) 소결 - 미국에서만 등록되어 있다는 점에서, 속지주의 원칙 상 본 발명을 미국이 아닌 다른 국가에서 활용할 가치가 있을 것으로 판단됨

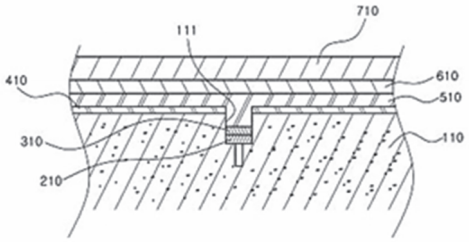
㈑ 핵심특허_04

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">콘크리트 포장 보수공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>㈜삼우아이엠씨</td><td>출원국가</td><td>한국(KR)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2011-0009698/1069820</td><td>출원일</td><td>2011.01.31</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>부분단면보수 공법(AAC)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">콘크리트 포장 공법에 있어서,
주행본체(501)와, 상기 주행본체(501)의 후미에 설치되며 콘크리트 노면(CR)을 향해 고압수를 분사하여 콘크리트 노면(CR)을 칩핑시키는 워터젯장치(520)와, 상기 워터젯장치(520)에 의해 칩핑된 콘크리트 파쇄물을 포함한 슬러지를 흡입하는 흡입구를 상기 워터젯장치(520) 둘레에 형성하도록 하향개방된 형상으로 상기 워터젯장치(520) 외측에 이격되게 설치되는 브라켓(521)과, 신축 및 굴곡이 가능한 자바라 구조를 가지고 상기 흡입구를 통해 흡입된 콘크리트 파쇄물의 이송로를 형성하며 상기 브라켓(521)과의 연결부가 착탈 조립되는 흡입호스(541)를 가지는 흡입장치(540)가 구비된 포장 처리차량(500)을 이용하여, 기존 콘크리트와 새롭게 타설되는 콘크리트간의 부착력을 증대시키기 위한 요철이 형성되게 콘크리트 열화부를 파쇄시킴과 동시에 콘크리트 파쇄물을 흡입 제거하며, 현재 작업 중인 포장 보수부 주변의 오염부 등의 처리를 위해 상기 흡입장치(540)만의 가동이 필요한 경우, 상기 흡입호스(540)를 상기 브라켓(521)으로부터 이탈시켜 상기 워터젯장치(520)와 독립적으로 이용하는 열화부 제거단계(S1);
상기 열화부 제거단계(S1)에서 슬러지의 탈락이 이루어진 부분에 시멘트 8~16중량%, 물 3~6중량%, 잔골재 28~59중량%, 굵은골재 30~50중량%를 포함하는 콘크리트를 타설하는 콘크리트 타설단계(S2); 및
기존의 콘크리트 포장면과 평탄하도록 상기 콘크리트 타설단계(S2)에서 타설된 콘크리트의 표면을 마무리하는 마무리단계(S3);
를 포함하여 구성되는 콘크리트 포장 보수공법.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3">1) <u>권리상태에 대한 의견</u>
- 2011.01.31 에 한국에만 출원되어 2011.09.27에 등록되어 있음

2) <u>권리범위에 대한 의견</u>
- 콘크리트 열화부를 고압수를 통해 포장면으로부터 이탈시킴과 동시에 흡입 제거하고, 고강도 콘크리트 조성물을 타설하고, 표면을 마무리하는 공법에 관한 것으로 <u>열화부를 제거하기 위해 이용하는 포장 처리차량에 대한 한정(Limitation)이 많고, 콘크리트 조성물의 구성비율이 기재</u>됨에 권리범위가 좁게 형성되어 있음

3) <u>소결</u>
- 열화부 제거의 편의성 및 안전성 향상, 오염 저감 등을 위하여 워터젯을 이용한 장치 또는 이를 포함한 콘크리트 포장 보수 공법의 개발 시, 상기 한정(Limitation)을 회피 및 개량하여 이용할 수 있다는 점에서 유용한 기술 정보가 될 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

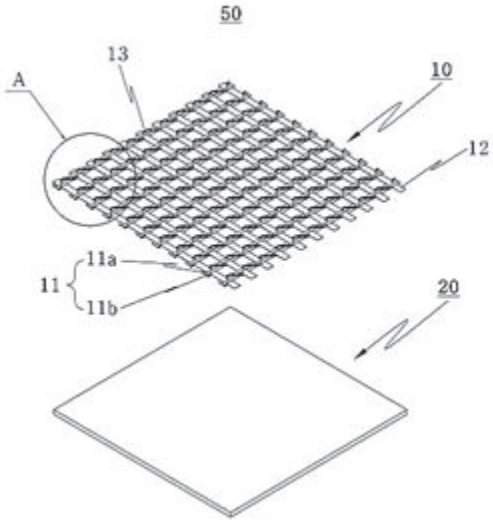
㈐ 핵심특허_05

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">콘크리트 포장도로의 아스팔트 덧씌우기 포장공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>㈜삼송마그마</td><td>출원국가</td><td>한국(KR)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2013-0141544/1392477</td><td>출원일</td><td>2013.11.20</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>아스팔트 콘크리트 덧씌우기 반사균열(ACB)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">콘크리트도로(110)의 표면을 정리하는 표면정리단계(100);
상기 표면정리단계(100)를 거치면서 표면이 정리된 콘크리트도로(110)의 수축이나 팽창을 수용하도록 형성된 줄눈이나 교통하중의 반복적인 하중에 의해 발생된 균열 등의 불연속면(111)에 고무와 같이 자체 탄성력을 갖고 있는 백업재(210)를 삽입하는 백업재삽입단계(200);
상기 백업재삽입단계(200)를 거치면서 콘크리트도로(110)에 형성된 불연속면(111)에 삽입된 백업재(210)의 상부에 위치되도록 불연속면(111)에 줄눈재(310)를 주입시키는 줄눈재주입단계(300);
상기 줄눈재주입단계(300)를 거치면서 줄눈재(310)가 불연속면에 주입되어있는 콘크리트도로(110)에 2액형 불포화폴리에스테르수지와 메틸에틸케톤 프록사이드(MEK-PO; Methyl Ethyl Ketone Peroxide)로 조성된 열가소성수지인 경화재(410)를 피막이 형성되도록 도포하는 피막형성단계(400);
상기 피막형성단계(400)를 거치면서 콘크리트도로(110)의 상부면에 피막이 형성되도록 도포되고 열가소성수지인 경화재(410)의 상부면 및 콘크리트도로(110)에 형성된 불연속면(111)에 주입되어있는 줄눈재(310)의 상부에 고무아스팔트계 접착제(510)를 도포하는 접착제도포단계(500);
상기 접착제도포단계(500)에 의해 콘크리트도로(110)의 상부면에 열가소성수지인 경화재(410)가 도포되어 형성된 피막 상부면 및 콘크리트도로(110)에 형성된 불연속면(111)에 주입되어있는 줄눈재(310)의 상부에 도포되어있는 고무아스팔트계 접착제(510)의 상부면에 유리섬유부직포(610)를 부착시키는 유리섬유부착단계(600);
상기 유리섬유부착단계(600)를 통해 고무아스팔트계 접착제(510)의 상부면에 부착되어있는 유리섬유부직포(610)의 상부면에 아스콘(710)을 포설하여 경화시키는 경화단계(700)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 <u>콘크리트 포장도로의 아스팔트 덧씌우기 포장공법</u>.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3">1) <u>권리상태에 대한 의견</u>
- 2013.11.20 에 한국에만 출원되어 2014.04.29에 등록되어 있음

2) <u>권리범위에 대한 의견</u>
- 반사균열을 억제하도록 줄눈재를 주입하고 접착제를 도포하는 것으로서, <u>비교적 권리범위가 넓게 형성되어 있음</u>

3) <u>소결</u>
- 보강부위에 줄눈부 및 접착제를 형성하는 경우 본 특허를 침해할 가능성이 있으므로 면밀히 살펴볼 필요가 있음</td></tr>
</table>

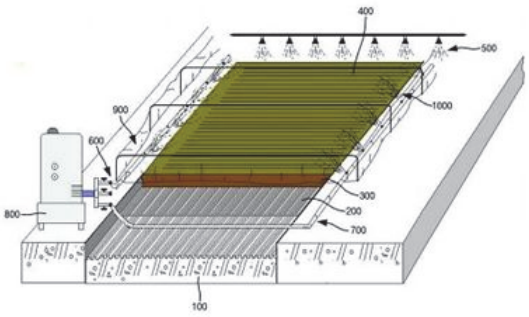
㉮ 핵심특허_06

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">격자형 유리섬유에 부직포를 부착한 보강재 및 이를 이용한 특이구간(연약지반, 교면포장, 콘크리트 포장) 도로의 조기파손 방지를 위한 포장 보강 공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>㈜에스엔건설</td><td>출원국가</td><td>한국(KR)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2013-0097117/1336333</td><td>출원일</td><td>2013.08.16</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>아스팔트 콘크리트 덧씌우기 반사균열(ACB)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">다수의 유리 섬유사의 묶음으로 이루어진 다수의 종방향 유리섬유(11)와 다수의 횡방향 섬유(12)를 일정 간격으로 교차하여 매쉬 형태로 배치하되, 종방향 유리섬유(11)를 횡방향 섬유(12)에 교차시 상, 하가 반복적으로 엇갈리도록 배치하도록 하고, 종방향 유리섬유(11)는 제1, 2 종방향 유리섬유(11a, 11b)로 구성하며 횡방향 섬유(12)에 결합시 제1, 2 종방향 유리섬유(11a, 11b)의 위, 아래 위치가 엇갈릴 수 있도록 배치하고, 종방향 유리섬유(11)의 외측으로는 종방향 유리섬유(11)를 감싸는 형태로 결합되는 유리섬유로 이루어진 세선섬유(13)를 포함하는 섬유 격자망(10);
상기 섬유 격자망(10)의 하측에 니들펀칭에 의해 제작된 폴리프로필렌 100중량% 재질의 부직포(20);로 이루어지되,
상기 부직포(20)는 녹는점 165℃, 종방향 인장강도 8.5KN/m, 횡방향 인장강도 8.0KN/m, 종방향 신율 50%, 횡방향 신율 60%이고, 두께는 1.4mm, 중량은 140g/㎡로 이루어져 있는 것에 특징이 있는 격자형 유리섬유에 부직포를 부착한 보강재.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3">1) <u>권리상태에 대한 의견</u>
- 2013.08.16 에 한국에만 출원되어 2013.11.27에 등록되어 있음

2) <u>권리범위에 대한 의견</u>
- 반사균열을 억제하도록 섬유 격자망과 부직포를 삽입하는 공법으로서, 부직포에 대한 한정(Limitation)이 많아 <u>비교적 권리범위가 좁게 형성되어 있음</u>

3) <u>소결</u>
- 섬유격자망과 부직포를 이용한 공법 시, 부직포에 대한 한정(Limitation)을 회피 및 개량하여 이용할 수 있다는 점에서 유용한 기술 정보가 될 수 있음</td></tr>
</table>

㈏ 핵심특허_07

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">도로포장의 덧씌우기 공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>다길산업㈜</td><td>출원국가</td><td>한국(KR)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2009-0091345/0987112</td><td>출원일</td><td>2009.09.25</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>시멘트 콘크리트 덧씌우기 공법(ADC)</td><td>법적상태</td><td>등록 소멸</td></tr>
<tr><td colspan="2">대표도면</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">기존 도로포장의 표면을 처리하는 표면처리단계(S1)
상기 표면처리된 기존 도로포장 상면에 고분자계 시멘트 슬러리(slurry)를 도포하는 도포단계(S2)
상기 고분자계 시멘트 슬러리가 설치된 표면에 고내구성 콘크리트 조성물을 포설하여 덧씌우기층을 형성하는 덧씌우기단계(S3)
상기 덧씌우기층의 조면을 타이닝(tinning)하고 피막양생제를 살포한 후, 스팀분배용 노즐, 이송호스, 스팀보일러 및 양생상옥을 설치하는 양생준비단계(S4); 및
상기 설치를 완료한 후, 촉진양생을 실시는 촉진양생단계(S5);를 포함하고.
상기 고분자계 시멘트 슬러리는 아크릴에멀젼, 스타이렌 부타디엔 러버(SBR:styrene-butadiene rubber) 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 폴리머혼화액 및 시멘트계 혼합분말을 포함하는 것을 특징으로 하는 <u>도로포장의 덧씌우기 공법</u>.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3"><u>1) 권리상태에 대한 의견</u>
- 2009.09.25 에 한국에만 출원되어 2010.10.05에 등록되었으나, 연차등록료 불납에 따라 소멸됨

<u>2) 권리범위에 대한 의견</u>
- 교통개방 시간을 1일로 단축할 수 있는 덧씌우기 공법으로서, 고분자계 시멘트 슬러리에 대한 한정이 있으나 <u>비교적 권리범위가 넓게 형성되어 있음</u>

<u>3) 소결</u>
- 스팀양생 등을 통해 조기강도가 발현되어 교통개방 시간을 단축할 수 있는 기술에 관한 것으로 기술 정보로서 활용가치가 있음</td></tr>
</table>

㉮ 핵심특허_08

<table>
<tr><td>발명의 명칭</td><td colspan="3">기설 콘크리트 포장의 부착 오버레이 공법</td></tr>
<tr><td>출원인</td><td>SUMITOMO OSAKA CEMENT</td><td>출원국가</td><td>일본(JP)</td></tr>
<tr><td>출원번호/등록번호</td><td>2008-269543/5341466</td><td>출원일</td><td>2008.10.20</td></tr>
<tr><td>기술분야</td><td>시멘트 콘크리트 덧씌우기(ADC)</td><td>법적상태</td><td>등록</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술요약</td><td colspan="2">대표 청구항</td></tr>
<tr><td colspan="2">도면 없음</td><td colspan="2">기설 구조물(C)의 표면(C1)에 요철면을 형성하고 이 요철면에 접착제(R)를 도포해, 그 위에 시멘트 혼합물을 부설함으로써, 기설 콘크리트 상에 상기 시멘트 혼합물을 일체화해 부설할 수 있는 <u>오버레이 공법으로서</u>,
상기 접착제(R)로 에폭시 접착제가 이용되어 상기 에폭시 접착제는 화지를 물에 적셔 화판에 붙임 조건 하에서의 200만회 피로 시험에 있어서 강도 저하가 없고 압축 강도 50 MPa 이상, 압축 탄성 계수 1000 MPa 이상, 굴곡 강도 35 MPa 이상, 인장 전단 강도 10 MPa 이상에서 JISK6857 처리 조건 E의 폭로 조건의 잔류 인장 강도가90% 이상 혹은 모재 파괴하는 것으로서,
상기 요철면으로의 도포량이 0.4 kg/m^2 이상으로된 것을 특징으로 하는, 기설 콘크리트 포장의 부착 오버레이 공법.</td></tr>
<tr><td>분석 의견</td><td colspan="3"><u>1) 권리상태에 대한 의견</u>
- 2008.10.20 에 일본에만 출원되어 2013.08.16에 등록되어 있음

<u>2) 권리범위에 대한 의견</u>
- 부착강도가 높고 시공 시간을 줄일 수 있는 접착제를 이용한 오버레이 공법으로서, 권리를 효과로 한정하여 <u>비교적 권리범위가 넓게 형성되어 있음</u>

<u>3) 소결</u>
- 접착제와 같이 조성물에 특징이 있는 발명은 본 발명과 같이 효과로 한정하여 권리화할 필요성이 있음</td></tr>
</table>

다. 소 결

(1) 특허기술 Landscape 분석 결론

○ 특허기술 Landscape 결과, 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야는 한국과 일본이 개발을 주도하고 있고, 최근 들어 특허 출원이 급증하고 있으며, 해외 보다는 자국 위주의 출원 활동을 보이고 있음

○ 연도별 전체 특허 출원 동향을 살펴본 결과, 거시적인 관점에서 '00년대에 들어 출원건수가 대폭 증가하기 시작하였고, '08년을 기점으로 출원이 급증하여 '13년에 가장 많은 출원건수를 나타냄

○ 주요시장국의 내·외국인 특허출원 현황을 살펴본 결과, 한국과 일본에서 전체 출원의 과반 이상인 80%의 높은 비중을 차지하고 있으며, 대부분의 주요시장국에서 내국인의 비율이 외국인보다 압도적으로 높게 나타남

○ 포트폴리오로 나타낸 전체특허의 기술 위치는 1구간('77~'88)부터 6구간('09~'13)까지 출원건수와 출원인수가 계속 증가하는 성장기 단계이며, 특히 최근의 5~6구간('04~'13)에서 출원건수와 출원인수가 급격하게 증가하였음

○ 최근 이러한 콘크리트 도로 포장 및 그 유지보수 기술분야의 출원 급증은 기록적인 유가 폭등에 따른 아스팔트 가격의 상승과 지구 온난화로 인한 폭우, 폭설 및 한파 등의 잦은 기상이변에 기인하는 것으로 사료됨

○ 주요출원인 Top20을 추출하여 분석한 결과, 한국의 이레하이테크이앤씨가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 한국의 삼우아이엠씨, 일본의 SUMITOMO OSAKA CEMENT 등이 해당 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 파악됨

○ 또한 주요출원인 Top20 중 일본 국적의 출원인이 11名으로 파악됨에 따라 해당 분야에서 한국과 일본이 두각을 나타내는 것으로 분석됨

○ 세부기술별 전체 특허동향을 살펴본 결과, 부분단면 보수(AA) 기술이 각 연도-구간에서 가장 많은 출원건수와 점유율을 나타내고 있으며, 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD), 아스팔트 콘크리트 덧씌우기(AC) 기술도 최근 특허출원이 꾸준히 증가하고 있음

○ 세부기술별 주요출원인 특허동향을 살펴본 결과, 다 출원인 1위인 이레하이테크이앤씨는 부분단면 보수(AA), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술분야의 재료(AAB, ADB) 기술에 집중적으로 특허 출원을 하고 있음

○ 다 출원인 2위인 삼우아이엠씨는 부분단면 보수(AA), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(AD) 기술분야의 재료(AAB, ADB)를 포함하여 전처리(AAA, ADA), 공법(AAC, ADC) 기술 등 해당 분야에서 고르게 출원 활동을 하고 있는 것으로 나타남

○ 따라서 해당 기술은 최근까지 특허 출원이 꾸준하게 증가하고 있는 부상 기술로 판단되고, 이와 관련, 국가 기술 경쟁력 확보와 시장 주도권 선점을 위해 범정부 차원의 R&D 투자 강화 및 제도 지원 등을 통해 적극적인 연구 개발이 필요할 것으로 판단됨

(2) 핵심특허 분석 결론

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발 분야의 핵심특허 8건을 분석한 결과,

○ 유지보수를 위한 조성물 관련 특허, 열화부 제거 장치 특허, 보강재 또는 접착제를 보강한 특허 등 다양한 공법에 관련된 특허가 존재함

○ 조성물 관련 특허의 경우, 핵심특허 1(일본등록특허 5867793)과 핵심특허 2(한국등록특허 1549612)에서 구분되듯이 침해입증이 가능한 범위 내에서 권리범위가 형성되어야 하는 중요 논점이 있음

○ 이와 관련하여, 핵심특허 8(일본등록특허 5341466)의 청구항은 공인된 실험조건하에 공인된 효과를 청구범위로 기재하여 권리화를 구현했다는 점에서, 차후 발명에 대한 권리화 방법으로 고려해 볼 필요가 있음

○ 핵심특허 4~7(한국등록특허 1069820, 한국등록특허 1392477, 한국등록특허 1336333, 한국등록특허 0987112)은 유지보수에 대한 공법 특허로서 회피 및 개량이 가능한 점들이 다수 존재하여, 기술 개발 시, 기초 정보로 활용할 가치가 있음

(3) 시사점

○ 본『무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템』개발은 국내 콘크리트 포장과 고속도로의 대부분을 차지하고 있는 무근콘크리트 도로 포장을 효율적으로 관리하고 유지보수 하기 위한 기술분야로서,

○ 경제 성장과 더불어 차량의 증가와 대형화 및 고속화, 최근의 잦은 기상이변, 부실시공에 의한 신설 도로의 조기 파손, 20년 이상의 노후화된 포장 연장의 증가로 매년 유지보수에 막대한 비용이 소요되고 있으며, 앞으로도 그 비용은 계속 증가할 것으로 예상됨

○ 따라서 이와 관련된 기술 이슈는 계속 부각될 것으로 판단되며, 그 사용의 범용성 또한 향후 점차 확대될 것으로 전망됨

○ 특허동향조사를 통해 살펴본 해당 기술분야는 한국과 일본에서 개발을 선도하고 있고, 주로 자국 중심의 군소 출원인들에 의해 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있음을 확인함

○ 또한 해당 기술은 최근에 특허 출원이 꾸준히 증가하고 있는 유망 기술임을 확인함에 따라, 아직 미개발된 공백기술 및 응용(개량) 기술이 다수 존재할 것으로 판단되며, 향후에도 많은 연구 개발을 통한 다량의 특허출원이 이루어질 것으로 예상됨

○ 핵심특허 분석을 통해 본 과제 기술과 유사한 국내외 선행특허들을 살펴본 결과, 유지보수를 위한 재료의 조성비율을 구체적으로 한정하거나 보수 공법에 이용되는 장치의 구성요소를 구체적으로 명시하는 등 비교적 좁은 권리범위로 등록된 것을 확인함에 따라 핵심특허들의 회피설계 및 개량이 가능할 것으로 사료됨

○ 또한 주로 자국 내에서만 등록된 것을 확인함에 특허진입 장벽 및 침해 등의 IP RISK는 비교적 낮을 것으로 판단되므로, 과제 기술의 구체화 및 조속한 개발을 통하여 해당 기술을 선점할 필요가 있을 것으로 사료됨

○ 향후, 해당 기술분야에 대한 수요는 급격히 확대될 것으로 전망되며, 특허기술 Landscape 및 핵심특허 분석 결과, 해당 기술분야에 대한 국가경쟁력 제고와 시장 선점을 위하여 적극적인 연구 개발이 필요할 것으로 판단됨

4. 연구개발 인프라 분석

가. 국내 연구 인프라

(1) 한국도로공사

○ 한국도로공사는 도로의 재료, 공용성, 거동분석을 위한 각종 연구 인프라가 구축되어 있음. 특히 재료 개발 단계에서 필요한 실내시험장비, 개발된 재료의 성능평가를 위한 MTS, UTM, 동적 전단 시험기 등이 잘 구비되어 있고, 사용중인 포장의 공용성 분석을 위한 장비로 HWD, FWD, ARAN 등의 실증 실험 장비들의 활용도 가능함

○ 또한 포장가속시험기(KALAS)의 활용을 통해 신규 유지보수 시스템의 공용성을 실내에서 확인 가능하며, 이와 더불어 각종 계측기 매설 및 이를 분석하기 위한 동적, 정적 데이터로거로 구성된 데이터획득 시스템이 갖추어져 있음

○ 한국도로공사에는 아시아 최초로 건설된 시험도로, 폐도 등 현장 적용성 검증을 위한 각종 시험시공 구간의 제공이 가능하므로, 이의 적극적 활용을 통한 연구결과의 검증이 용이함

(2) 한국건설기술연구원

○ 한국건설기술연구원은 재료 개발 단계에서 필요한 실내시험장비 및 개발된 재료의 성능평가를 위해 필요한 물성분석에는 MTS, UTM, 인스트롱 등을 사용할 수 있으며, 공용중인 포장분석을 위한 장비로 HWD, FWD, ARAN, PIECE 등 공용성 분석 장비들의 활용이 가능함

○ 또한 포장가속시험기의(HVS-Dynatest) 활용을 통해 신규 유지보수 시스템의 공용성의 실증이 가능하며, 이와 더불어 각종 계측기 매설 및 이를 분석하기 위한 동적.정적 데이터로거로 구성된 데이터획득 시스템이 갖추어져 있음

<국내 보유 연구 인프라 현황 예>

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>한국도로공사 시험도로</td><td>한국도로공사 포장가속시험기</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>한국건설기술연구원 포장가속시험기</td><td>만능재하시험기</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>3축 압축시험기</td><td>인장압축 UTM 장비</td></tr>
</table>

나. 선진국 대비 국내 인프라 수준

<기술분야별 선진국 대비 국내 연구 인프라 수준>

기술분야		인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
			부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
JPCP 유지보수 공법 적용 기준	포장파손 유형 별 원인 규명 및 유지보수 공법 적용방안	전문인력 보유정도			○		
		산학연 공동연구기반		○			
		국제기술협력기반	○				
		기술 투자지원	○				
	유지보수 품질관리 및 기술 개발	전문인력 보유정도			○		
		산학연 공동연구기반		○			
		국제기술협력기반	○				
		기술 투자지원	○				
시멘트 계열 덧씌우기 공법	유지보수형 CRCP 덧씌우기 공법	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
	전단면 유지보수 실용화 공법	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
아스팔트 계열 덧씌우기 공법	반사균열 저감형 전처리 시공기술	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				
	부착강도 증진을 위한 텍코팅 공법	전문인력 보유정도			○		
		기자재		○			
		기술 구축정도		○			
		연구 시설 및 설비		○			
		기술 투자지원	○				

다. 소 결

○ 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 시스템 개발을 위한 국내 전문 연구 인력 수준의 경우 선진국과 비교하여 동등한 수준으로 판단되고 있으나, 산학연 공동연구기반, 연구기자재, 기술구축 정도 및 연구시설 설비는 다소 부족한 것으로 평가됨

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

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

5. 국내 기 수행된 연구과제 현황 분석

가. 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 관련 연구과제 수행 현황 분석

사업명	과제명	연구내용
창업성장기술개발	콘크리트포장 긴급보수를 위한 도로포장용 복합재료 조성물 개발	①산업부산물을 결합재 및 골재로 활용하여 2시간내 압축강도 21MPa를 발현하는 긴급보수재 개발 -급냉 전기로 환원슬래그를 결합재로 활용 ②별도의 추가 배합장비가 필요없는 현장 휴대용 즉석 Cancrete 제작 -기존 도로포장 유지보수재료 대비 50%이상 교통통제 시간 단축 공법개발 ③개발된 제품 검증을 위한 상용화 시공 및 추적조사와 지적재산권 확보
R&D정책인프라 사업	구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화	①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발 ②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발
창업성장기술개발	파손된 도로포장의 긴급보수를 위한 조기강도발현(21MPa/3hr) 고내구성 시멘트계	기존의 초속경 시멘트계 보수 제품은 강성(압축강도 30MPa 이상28일 양생)을 지니고 취성파괴 성질(휨강도 3.5MPa 이상/3시간 양생)이 있다. - 이러한 단점

	보수재료 제조기술 개발	을 극복하기 위해 강성(압축강도 40MPa 이상)을 지님과 동시에 휨인성 및 인장 저항능력이 우수하여 연성(휨강도 8MPa 이상) 거동을 나타내는 시멘트계 긴급보수재 제조기술을 개발
창업성장기술 개발	콘크리트포장 긴급보수에 있어 속경성 환원슬래그 미분말 결합재와 산화슬래그 골재를 이용한 휴대용 팩킹(Packrete) 보수재개발	산업부산물을 결합재 및 골재로 활용하여 2시간내 압축강도 21MPa를 발현하는 긴급보수재 개발 별도의 추가 배합장비가 필요없는 현장 휴대용 즉석 Cancrete 제작 개발된 제품 검증을 위한 상용화 시공 및 추적조사와 지적재산권 확보
건설교통기술 촉진연구	유동층보일러 애시를 활용한 조기 강도발현형 포장 보수재 개발	산업 재생자원[고로슬래그 미분말, 유동층 보일러 애시(CFBC) 및 급냉 제강슬래그]을 활용한 친환경 Low-Cost 긴급 보수재 개발 초기강도 확보 : 30MPa / 3Hour, 부착성능 : 1.4MPa, 내마모성 : 2 이하
중소기업기술 혁신개발	폴리에스터를 이용한 노후콘크리트포장의 덧씌우기재료 개발	경화된 폴리에스터 레진은 콘크리트나 아스팔트 등 기존의 포장재료에 비하여 인장강도 및 부착강도가 크며 수밀성과 내구성이 뛰어나다. 그 성질을 이용하여 적정한 점도의 폴리에스터 레진과 골재를 적절히 혼합하여 기존포장의 보수를 위한 덧씌우기 재료를 개발한다.
R&D 재발견프로젝트	레미콘을 이용한 저비용 속경성 재포장 공법 상용화	현장레미콘을 이용한 저비용 속경성 콘크리트 최적배합 검증 - 저비용 속경성 콘크리트의 내구성 검증 및 품질관리 시방서 작성 - 펌프카를 이용한 숏팅포설장비 최적화 - 공용중인 도로 1차로 표면 마무리 장비 개선 - 상용화 시험시공 및 시공관리 시방서 작성 - 상용화
건설기술혁신사업	장수명 친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발	(1-a 연구분야) 환경친화적 고강성 포장 시스템 개발, (1-b 연구분야) 고내구성 포장 신재료 및 복합응용기술 개발, (2-a 연구분야) 도로포장의 첨단 시공관리기술 개발, (2-b 연구분야) 도로포장 유지관리기술 개발 이상 4개 세부분야

		로 나누어 진행
건설핵심기술 연구개발사업	콘크리트 표면절삭을 위한 위한 원격조정 장비의 개발	본 연구의 최종 목표는 콘크리트 표면절삭 작업을 위한 원격조종 시스템 개발에 있으며, 이 시스템은 콘크리트 표면절삭 장비위치 및 작업환경 그리고 작업의 진척도에 대한 실시간 연계 Display를 위한 그래픽 콘트롤 시스템, 원격조종을 위한 무선통신 및 제어시스템, 실시간 바닥판 표면 전·후 품질 계측을 위한 품질제어 시스템 그리고 콘크리트 표면절삭 장비의 충돌방지 시스템을 포함한 최적진로계획 소프트웨어 모듈과 원격조종 대상 장비인 원격조종 콘크리트 표면절삭 장비로 구성됨
산업혁신기술 개발	스마트 프리캐스트 콘크리트 패널 및 이를 이용한 한국형 조립식 포장공법의 개발에 관한 연구	스마트 프리캐스트 콘크리트 패널을 이용한 한국형 조립식 포장공법을 개발 투수성 프리캐스트 콘크리트 패널의 개발 연구 소음저감 프리캐스트 콘크리트 패널의 개발 연구 한국형 조립식 포장공법의 개발 연구
산학연공동기술개발	산업부산물 및 보강용 Fiber 신소재와 고강도 Wire소재를 이용한 고기능 Hybrid 친환경콘크리트 포장과 생태복원용 2차제품의 개발	산업부산물(고로슬래그, 석탄회 등), 고강도 Wire, 섬유신소재 등을 활용한 고기능 Hybrid 친환경콘크리트 포장의 개발 도로·인도·주차시설용과 공원, 하천주변의 친환경 투수콘크리트 프리캐스트 제품의 개발

나. 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 관련 연구과제 수행 현황 분석

사업명	과제명	연구내용
건설핵심기술 연구개발사업	노후 콘크리트포장의 원위치 파쇄 기층화 공법 개발	1. 반사균열 억제를 위한 파쇄골재 규격 및 깊이 산정지침개발 2. 파쇄골재 형상/규격 및 깊이조정을 위한 파쇄 방법 개발 3. 파쇄시 소음, 진동 측정 및 억제방안 도출 4. 파쇄장비 설계 및 운영법 비교

건설핵심기술 연구개발사업	노후 콘크리트포장의 아스팔트 Overlay를 위한 고탄성응력 흡수 중간층 아스팔트 재료 및 공법 개발 연구	노후된 콘크리트포장의 반사균열을 억제하기 위한 고탄성 중간층 혼합물을 개발하기 위하여, 바인더 개발, 배합설계 방법 개발, 재료 및 혼합물의 설계기준 및 시방서 개발, 또한, 장기 공용성을 확보할 수 있는 장수명 덧씌우기 공법을 개발하는 것
국토교통기술 촉진연구사업	SMA 아스팔트를 이용한 CRCP의 덧씌우기 및 복합포장 시스템 개발 연구	SMA 아스팔트를 이용한 CRCP의 덧씌우기 및 복합포장 시공-품질관리 기법 개발연구 덧씌우기 및 복합포장용 재료와 배합 개선 연구
첫걸음 R&D	Geo Grid 보강 복합식 도막방수공법 개발 및 공용성 평가	덧씌우기 공사 시 접착층, 방수층, 보강층을 설치하여 반사균열을 억제하고 포장체 내구성을 증진 연구
건설핵심기술 연구개발사업	노후 콘크리트 포장의 아스팔트 Overlay를 위한 고탄성 응력흡수 중간층 아스팔트 재료 및 공법개발 연구	노후콘크리트 포장의 구조적 성능 측정 기법을 개발하고 고탄성 중간층을 도입한 덧씌우기공법의 안정성, 효율성, 공영성 및 시공성을 확인 평가, 수정하기 위하여 가능한 대상 현장을 정하고 시험시공을 수행하여 신재료 및 덧씌우기 공법에 대한 설계 기준과 시방서를 제시

다. 기존 기술과의 차별성 확보 방안

(1) 시멘트 계열 콘크리트 포장 보수

○ 그동안 국내에서 연구 개발된 분야는 대체적으로 재료 및 절삭 덧씌우기가 다수를 차지하고 있으며, 특히 초속경 개질 콘크리트 위주로 개발.적용되고 있음

○ 초속경 개질 콘크리트는 타설 후 3~4시간안에 교통개방강도 확보가 가능한 재료로, 유지보수공사의 신속성을 확보하기 위해 대부분 초속경 계열 재료가 현장에 적용되고 있음

○ 그러나 초속경 시멘트는 일반 포틀랜드 시멘트 가격에 약 10배 정도를 나타내고 있으며, 초속경 시멘트를 단독 사용 시 내구성 확보가 어려워 개질재를 첨가하게 되는데, 이와 같은 부분들이 콘크리트 유지보수의 공사비를 증가시키는 주요한 요인이 됨

○ 따라서 유지보수재료의 단가를 크게 절감할 수 있는 유지보수용 콘크리트 적용 방안 검토가 필요함

○ 일반적으로 콘크리트 절삭 덧씌우기 공사는 조기강도발현용 콘크리트(조강/초조강/초속경)사용 시 수축균열발생 위험성이 높으며, 덧씌우기 후 기존 콘크리트 포장 줄눈부 위치와 동일하게 줄눈커팅을 하여(JPCP overlay on JPCP) 콘크리트 포장의 잠재적인 파손발생 위험요소를 그대로 존치하게 되는 단점이 있음

○ 이는 기존 콘크리트 포장부에서 줄눈부가 가장 많은 손상을 받게 되며, 이 부분을 제거하고 덧씌우기 한다고 하여도, 동일한 위치에 줄눈이 놓이기 때문에 재파손에 대한 위험성이 있음

○ 이에 콘크리트 재료적 측면의 한계, 덧씌우기 포장의 줄눈부 존치 문제 등을 극복하기 위한 방안이 필요하며, 줄눈콘크리트포장 위에 연속철근콘크리트 덧씌우기 공법(CRCP overlay on JPCP)이 이와 같은 기존 문제들을 충분히 극복할 수 있는 새로운 개념의 보수공법임

○ 또한 콘크리트포장에서 사용자가 느끼는 가장 불편한 부분은 소음이 크게 발생하고, 평탄성이 아스팔트포장에 비해 안 좋다고 느끼는 것임

○ 전면적인 유지보수 공사에서 기능성을 강화한 도로포장 공법 적용을 적극적 검토할 필요성이 있음

(2) 아스팔트 계열 콘크리트 포장 보수

○ 현재 국내 고속도로의 주요 콘크리트 포장은 대부분 재령 20년 이상의 장기 공용으로 인한 노후화가 진행되었으며, 이에 보수.보강에 대한 필요성이 대두됨

○ 노후화된 콘크리트 포장은 구조적/기능적 성능이 감소하여 도로이용자의 불편을 초래하고 있으며, 특히, 한국도로공사의 경우 2018년 평창올림픽 기간 중 주요 이동경로인 중부선 및 영동선 내 노후 포장의 근원적 개량방안을 수립하여 향후 10년간 신설고속도로 수준으로 성능을 향상시키고자 함

○ 기존 노후화된 콘크리트 포장의 경우 부분단면 보수를 실시하여 왔으나, 이 또한 한계에 이르고 파손 범위의 증가로 인하여 보편적인 아스팔트 덧씌우기 또는 절삭 덧씌우기를 시행하는 실정임 (Lee et al., 2011)

○ 그러나 콘크리트 포장 위 아스팔트가 덧씌우기 된 합성단면 포장의 경우 기존 콘크리트 포장의 균열부와 줄눈부에서의 수평/수직적 움직임에 의하여 덧씌우기 층으로 전파되는 반사균열이 발생하는 문제점이 있음

○ 반사균열 발생 시 승차감 불량, 사용자의 불안감 조성뿐만 아니라 파손부로의 우수침투로 인하여 포장 파손이 가속화되며, 이에 따른 포장 수명의 단축을 초래함

○ 시간의 경과에 따라 콘크리트 포장의 보수.보강은 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되는 현 시점에서 아스팔트 덧씌우기 시 발생하는 노면의 반사균열을 억제하는 대안 제시가 시급히 이루어져야 할 과제라 할 수 있음

○ 국내/외에서는 반사균열을 억제하기 위한 방안으로 덧씌우기 두께의 증가, 보강재 및 응력 완화층 설치 등의 다양한 공법이 시행되어 왔으나 각 공법상의 문제점 발생 및 시공기술의 한계로 인하여 완벽한 대안으로 적용되지 못하는 실정임

○ 따라서 기존 노후 콘크리트 포장에 적정 형상의 균열을 유도한 후 안치하여 덧씌우기 하는 공법으로 반사균열을 최소화하는 공법의 적용이 필요함

○ 본 공법의 적용 목적은 덧씌우기 이전에 콘크리트 슬래브 내의 좁은 간격의 미세한 균열을 형성시켜서 균열 폭의 변화를 최소화하고, 균열부에 슬래브 조각들의 맞물림 (aggregate interlocking)에 의한 하중전달능력을 유지하여 덧씌우기층의 반사균열 문제를 억제하는 것이 가능함

○ 이와같은 사전 전처리 공법은 기존 슬래브의 구조적 성능을 유지할 뿐만 아니라 공법 적용 시 약 10~15년의 공용수명 증가 효과를 나타내므로 국내 줄눈콘크리트(JPCP; Joint Plain Concrete Pavement)에 대한 적용성이 우수할 것으로 판단됨

○ 또한 유지보수 시 아스팔트 덧씌우기 구간과 기존 노후화된 콘크리트 포장간의 부착강도를 증진시키기 위한 택코팅 공정의 문제점을 해결하기 위한 급속경화 유재 및 택코팅 동시포설 공법의 개발이 필요함

<콘크리트 포장 위 아스팔트 덧씌우기를 위한 반사균열 억제 공법>

구분	반사균열 억제 공법				
	AC overlay 층 두께 증가	응력완화층 설치	Rubblization 공법	Saw and seal 공법	Crack and seat 공법
개요	·아스팔트 덧씌우기의 두께 증가를 통하여 반사균열 발생을 완화하는 공법	·응력완화 중간층 또는 응력흡수층을 설치하여 기존 콘크리트 포장의 수평/수직 방향의 상대변위를 흡수하여 응력발생 완화	·유압해머를 사용하여 기존 콘크리트 포장층을 잘게 파쇄한 후 기층화하여 덧씌우기 하는 공법	·AC 덧씌우기 후 반사균열 발생 가능성이 높은 위치(줄눈/균열부)에 줄눈 설치 ·채움재로 틈새를 메워 미리 균열을 유도하는 공법	·중력식 혹은 유압식 파쇄기로 콘크리트 슬래브를 좁은 간격으로 조각을 내어 롤러로 안치시킨 후 아스팔트 콘크리트층을 덧씌우기 하는 공법
장점	·기존 아스팔트 덧씌우기와 동일한 시공방법으로 공법 적용 시 유리 ·포장 내구성 유리 ·단순 덧씌우기 두께 증가에 따른 반사균열 억제 효과 확보 ·향후 유지보수 시 절삭 덧씌우기 가능	·덧씌우기층으로 전달되는 상대 변위량을 감소시켜 반사균열 억제 ·하부층으로의 수분침투 방지 ·하부층의 신축 변화에 유연하게 대처	·기존 슬래브의 줄눈이나 균열이 없어지므로 반사균열 발생을 원천적으로 억제 ·파쇄 된 슬래브는 강성을 지닌 골재기층 역할을 함 ·국내 연구실적 및 시공 사례 확보	·불규칙하게 발생될 반사균열을 직선으로 유도 ·향후 보수에 용이 ·하부층 전처리 부족으로 인한 2차적인 파손을 최소화	·기존 슬래브의 골재 맞물림으로 인한 하중전달 능력 유지 ·횡방향으로 균열을 유도하여 온도변화에 따른 슬래브의 수평적 이동을 분산시키므로 반사균열 억제
단점	·반사균열의 원천적 제거 불가 ·시공성 불리 (덧씌우기 두께에 따라 2단 또는 3단 포설 후 다짐 요구) ·경제성 불리	·초기 비용이 높은 경향을 보임 ·기존 콘크리트 포장층의 줄눈 간격이 넓을수록 효과가 감소 ·낮은 강성으로 인하여 소성변형에 취약	·기존 슬래브를 파쇄하는 부담 존재 (포장 전체의 지지력 저하) ·품질관리를 위한 파쇄골재입도 상시 확인 ·파쇄골재의 지지력 문제 ·별도의 배수시스템 설치 필요 ·타공법에 비하여 상대적으로 고가	·줄눈의 설치시기, 줄눈의 폭과 깊이 등에 대한 연구 및 검증 미흡 ·적절한 탄성을 가진 줄눈 주입재의 요구 ·줄눈 절단 후 청소 과정이 복잡함 (고압수 세척, 압축공기 건조 및 sealing 전 접착면 건조를 위한 줄눈부 가열)	·다양한 포장 종류의 적용이 용이치 않음(통상 JPCP에 적용) ·국내 연구실적 전무
국내적용성	·공법 적용을 위한 기술력을 요하지 않으나 반사균열의 원천적 제거가 불가	·초기 비용이 높을 뿐만 아니라 장기 공용성 확보에 대한 근거자료 부족	·공법의 구조적 성능은 우수하나 별도의 배수시스템 설치가 요구 되어 공정이 복잡함 ·타 공법 대비 높은 시공비가 필요	·장기공용성 확보가 용이하지 않음 ·공법 적용 시 약 0~4년의 공용수명 증가 (FHWA, 2010)	·공법의 구조적 성능 우수 ·공법 적용 시 약 10~15년의 공용수명 증가(FHWA, 2010) ·국내 JPCP에 대한 적용 유리

6. 소결

가. 콘크리트 포장 파손유형 및 원인 분석

○ 국내 콘크리트 포장의 대표적인 파손유형으로는 줄눈부 파손 및 보수구간의 재파손, ASR 등 내구성 파손, 절삭 아스팔트 덧씌우기에 의한 반사균열, 포트홀 및 백태, 그리고 교량/터널 접속부 파손 등으로 분류할 수 있음

○ 줄눈부 결함/단면보수구간 재파손

- 줄눈부 파손의 주요요인으로는 동결손상(Freeze & Thaw Damage)에 의한 물리적 파손, 습염식 제설제에 의한 추가 파손, 그리고 중차량에 의한 파손 등으로 분류할 수 있음
- 줄눈부 파손/내구성 결함이 국부적인 경우는 일상적인 보수를 실시하면 되나, 결함이나 단면보수가 상당히 긴 연장에 분포되어 있고, 재파손의 우려가 있는 경우는 덧씌우기를 대안으로 고려해야 함

○ 알칼리 골재반응(ASR) 등 내구성 파손

- 발생의 주요 원인으로는 시멘트 알칼리 수화물과 골재의 실리카 성분이 반응하여 팽창성 겔(gel)을 생성하여 내부의 팽창압이 콘크리트의 인장응력을 초과할 경우 균열이 발생하게 됨
- 이에 따라 반응성 골재가 사용되고 높은 알칼리 시멘트가 사용된 구간의 경우, 시간이 지남에 따라 표면으로부터 거북등 형태의 미세균열이 발생되어, 이를 방지하기 위해 현재 반응성 골재 의심구간에 대해서는 플라이애시(fly-ash) 20% 이상을 결합재량으로 의무 사용하여 근본적으로 발생을 원천 억제해야 함

○ 기존 아스팔트 절삭 덧씌우기 구간 재파손

- 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장 상부를 절삭 후 아스팔트로 덧씌우기를 한 경우에는 기존 줄눈부를 통해 아스팔트 덧씌우기 구간에 반사균열(reflective crack)이 발생될 가능성이 높음
- 또한 이러한 반사균열에 의해 우수 및 다수의 염화물이 침투될 수 있으며, 배수불량 시 절삭에 의한 욕조현상(bath tub)이 발생하여 침투수가 콘크리트 모재와 아스팔트 덧씌우기 층사이에 존재하여, 포트홀 발생, 상하부 부착파괴, 콘크리트 열화 및 백태 등이 발생될 수 있음
- 기존 덧씌우기 구간의 반사균열, 포트홀 등에 의한 재파손에 대해서는 재포장, 콘크리트 절삭 덧씌우기, 아스팔트 절삭 덧씌우기 등을 고려할 수 있으나, 기존 모

재의 파손정도 및 반사균열을 저감하기 위한 사전 조치를 반드시 검토해야 할 필요가 있음

○ **기타결함 (교량/터널 접속부 파손)**

- 교량/터널 접속부 파손의 경우는 도로포장 본선과 교량 혹은 터널이 만나는 접속 슬래부 구간의 뒷채움부의 처짐으로 인하여 평탄성이 저하되거나 포장면이 침하되는 현상으로 이는 지반개량공법, 파일(pile)등을 이용한 침하방지공법 등을 사용하여 전면적인 구조적 보강을 통해 개선할 필요가 있음

나. 국내 유지보수 적용 공법의 한계

○ 부분단면 보수공법의 한계 : 부분단면 보수재료는 현재 국내에 다수의 제품이 개발되어 있으며, 이에 대한 연구 또한 지속적으로 진행된 바가 있음. 그러나 부분단면 보수를 시행한 구간의 경우 기존 콘크리트에서 2차 파손이 진행되는 문제점들이 발견됨 이와 같은 2차 파손의 주요한 원인은 정확한 파손의 원인규명, 적정 보수범위의 산정 및 공법선정이 제대로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 판단됨

○ 전단면 보수공법의 한계 : 프리캐스트 전단면 보수 공법의 경우 국내에 일부 적용된 사례가 있으며, 급속시공을 위해서는 시공의 효율성을 강화한 공법이 개발될 필요성이 있음. 프리캐스트 포장의 경우 궁극적으로 평탄성 확보가 어려운 한계가 있음. 현장타설형 포장은 초속경시멘트를 사용할 경우 높은 수화열에 의해 온도균열 발생 가능성이 높은 한계가 있으며, 수화열을 저감시킬 수 있는 대책이 필요함. 또한 연속적인 슬래브 치환 시 현장타설공법에 대한 국내 기준이 부재한 상태임

다. 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 공법

○ 국내 고속도로에 콘크리트 덧씌우기 공법은 1996년에 88올림픽고속도로의 유지보수에 처음 시도되었으며, 덧씌우기에 대한 성과는 양호한 것으로 나타났음. 덧씌우기 공법 적용시의 교통처리에 대한 자료를 검토하면 8일간 교통을 통제하고 3일간의 양생 후 교통을 개방한 것으로 나타남

○ 그러나 현재 국내에서의 유지보수에 대한 교통개방 시간은 4시간으로 한정하고 있으며, 이에 따라 유지보수에 활용가능한 재료도 제한될 수 밖에 없음

○ 따라서, 한정된 교통개방 시간에 따른 제한된 재료개발의 한계를 극복할 수 있는 신재료 개발 및 새로운 개념에서의 교통개방과 덧씌우기 공법 적용 개념의 전환이 필요함

○ 유럽의 경우, 콘크리트포장의 덧씌우기 유지보수 시 고기능성 공법을 많이 활용하고 있는 것으로 나타남. 국내 콘크리트 포장의 덧씌우기 유지보수는 대부분 부분단면 보수형태로 진행되며 이를 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부분으로 간주할 수 있으나, 토공부 시공시는 줄눈부 중심의 적은 면적을 시공하고 있으며 교량의 유지보수시에 넓은 면적에 대한 덧씌우기가 시행되고 있음

○ 즉 유지보수공법의 경우 도로의 기능성을 고려하기 보다는 표면결함의 제거에 집중되고 있음. 따라서, 국내 콘크리트포장 유지보수시 교통처리 및 고기능성을 고려한 덧씌우기 공법의 개발이 필요

○ 미국의 경우, 콘크리트포장의 덧씌우기 유지보수 시 박층 연속철근콘크리트 공법을 많이 활용하고 있는 것으로 나타나며, 이에 대한 공용성도 양호한 것으로 보고되고 있음

○ 국내의 연속철근콘크리트 공법은 제1중부고속도로의 신설포장에 집중되어 있으며, 본 포장은 장기간의 공용에도 상당히 양호한 상태를 보여주고 있음. 박층 연속철근콘크리트의 국내 시험시공은 일반국도의 유지보수에 일부 적용된 적이 있으나, 교통개방시간, 시공상의 어려움, 재료 제어의 어려움 등이 많은 것으로 나타났음

○ 따라서, 미국의 유지보수 사례나 국내 연속철근콘크리트포장의 공용성 자료 등을 토대로 JPCP 포장의 유지보수 시에도 박층의 연속철근콘크리트 덧씌우기 공법을 적용할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있음

라. 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 공법

○ 기존 노후화된 콘크리트 포장의 경우 부분단면 보수를 실시하여 왔으나, 이 또한 한계에 이르고 파손 범위의 증가로 인하여 보편적인 아스팔트 덧씌우기 또는 절삭 덧씌우기를 시행하는 실정임

○ 그러나 콘크리트 포장 위 아스팔트가 덧씌우기 된 합성단면 포장의 경우 기존 콘크리트 포장의 균열부와 줄눈부에서의 수평/수직적 움직임에 의하여 덧씌우기 층으로 전파되는 반사균열이 발생하는 문제점이 있음

○ 국내/외에서는 반사균열을 억제하기 위한 방안으로 덧씌우기 두께의 증가, 보강재 및 응력 완화층 설치 등의 다양한 공법이 시행되어 왔으나 각 공법상의 문제점 발생 및 시공기술의 한계로 인하여 완벽한 대안으로 적용되지 못하는 실정임

○ 따라서 기존의 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장을 효과적으로 활용하고 반사균열을 최소화 할 할 수 있는 아스팔트 유지보수 대안의 실용화가 필요함

○ 또한 콘크리트 포장 상부에 아스팔트 계열로 덧씌우기를 수행할 경우 가장 문제가 될 수 있는 부착강도 증진을 위한 택코팅 공법의 개발이 필요함

4절. 기술수요 및 예측조사

1. 기술수요조사 개요

가. 기술수요조사의 목적 및 내용

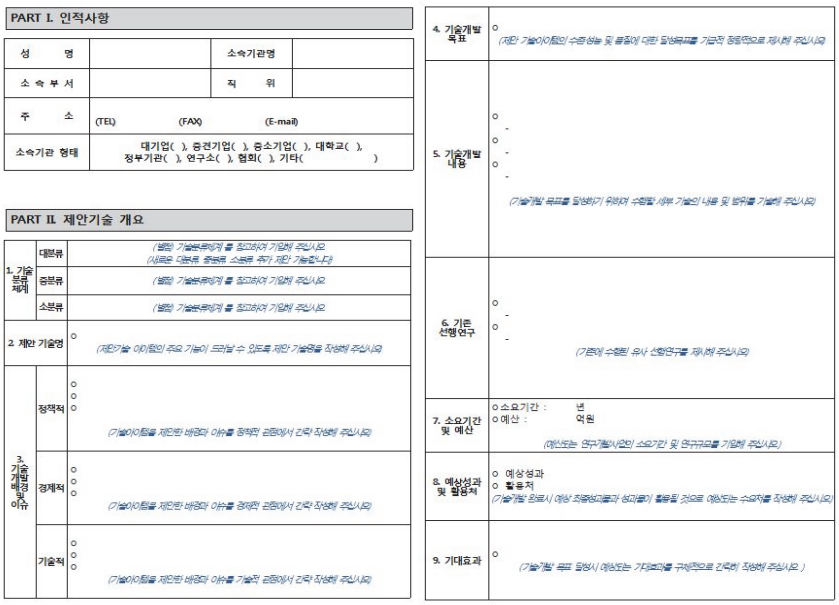
○ 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 기술의 경쟁력 증진 및 실용화 추진을 위해 산·학·연의 기술수요를 적극적으로 파악하여 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 기획연구의 유망한 후보과제를 발굴하기 위한 기초자료 수집

○ 본 기획연구의 목적에 맞도록 다음과 같이 3가지 분야로 구성하여 기술수요조사 실시

- JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 분야
- 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야
- 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야

○ (기술수요조사 주요 항목) 제안기술의 개요 및 배경/필요성, 기술개발 목표와 내용, 관련기술의 선행연구 및 연구개발 동향, 적용대상 및 활용분야, 소요예산 및 기대효과 등으로 구성

○ 기술수요조사서의 양식은 다음 그림과 같음



PART I. 인적사항

성 명		소속기관명	
소 속 부 서		직 위	
주 소	(TEL) (FAX) (E-mail)		
소속기관 형태	대기업( ), 중견기업( ), 중소기업( ), 대학교( ), 정부기관( ), 연구소( ), 협회( ), 기타( )		

PART II. 제안기술 개요

1. 기술분류체계	대분류	(별첨) 기술분류체계 를 참고하여 기입해 주십시오. (사용은 대분류 중분류 소분류 추가 제안 가능합니다)
	중분류	(별첨) 기술분류체계 를 참고하여 기입해 주십시오.
	소분류	(별첨) 기술분류체계 를 참고하여 기입해 주십시오.
2. 제안 기술명		○ (제안기술 아이템의 주요 기능이 드러날 수 있도록 제안 기술명을 작성해 주십시오)
3. 기술개발 배경 및 이유	정책적	○ ○ ○ (기술아이템을 제안한 배경과 이유를 정책적 관점에서 간략 작성해 주십시오)
	경제적	○ ○ ○ (기술아이템을 제안한 배경과 이유를 경제적 관점에서 간략 작성해 주십시오)
	기술적	○ ○ ○ (기술아이템을 제안한 배경과 이유를 기술적 관점에서 간략 작성해 주십시오)

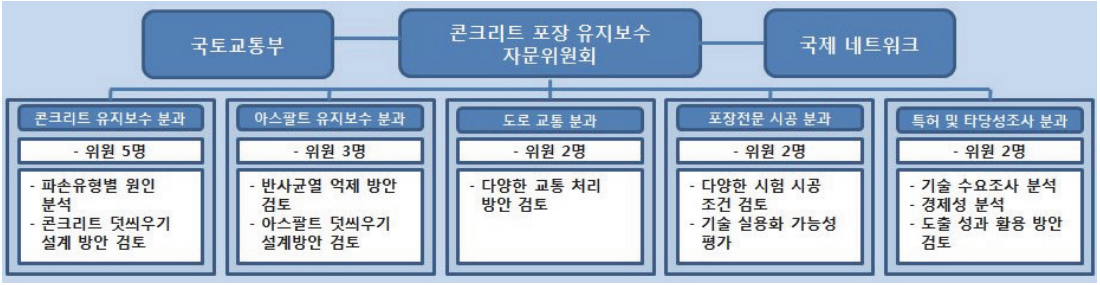
4. 기술개발 목표	○ (제안 기술아이템의 수행성능 및 품질에 대한 달성목표를 기준적 정량적으로 제시해 주십시오)
5. 기술개발 내용	○ - ○ - ○ - (기술개발 목표를 달성하기 위해서 수행될 세부 기술의 내용 및 범위를 기술해 주십시오)
6. 기존 선행연구	○ - ○ - (기존에 수행된 유사 선행연구를 제시해 주십시오)
7. 소요기간 및 예산	○ 소요기간 : 년 ○ 예산 : 억원 (예산또는 연구개발사업인 소요기간 및 연구규모를 기입해 주십시오)
8. 예상성과 및 활용처	○ 예상성과 ○ 활용처 (기술개발 완료시 예상 최종성과물과 성과물이 활용될 것으로 예상되는 수요처를 작성해 주십시오)
9. 기대효과	○ (기술개발 목표 달성시 예상되는 기대효과를 구체적으로 간략히 작성해 주십시오.)

<기술수요조사서>

나. 기술수요조사 절차

○ (기술수요조사 설계) 다음 그림과 같이 도로포장(아스팔트포장, 콘크리트포장),

도로교통, 도로포장 시공, 특허 및 타당성 분석의 5개 분야에 대한 산·학·연의 전문가들을 대상으로 구성



<기술수요조사를 위한 전문가위원회 구성>

○ (기술수요조사 실시) 선정된 대상자를 바탕으로 기술수요조사서 양식을 메일로 발송하고 약 3주후에 회수

○ (기술수요조사서 분석) ① 기술수요조사 응답현황에 대한 분석 실시, ② 기술수요조사의 제안된 기술에 대한 기술분류체계와의 매칭을 통한 분석

○ (기술수요조사서 활용) ① 기술분류체계 및 연구동향에 대한 분석 수정/보완, ② 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용, ③ 기획연구에서의 중점분야 선정 및 후보과제 선정을 위한 기초자료로 활용

다. 기술수요조사 활용 세부 내용

○ 기술수요조사결과를 활용한 본 기획연구에서 제시한 기술분류체계 및 연구동향, 환경분석의 수정/보완

○ 정부 R&D 및 도로포장 유지보수 정책과의 적합성을 반영할 수 있는 기술예측조사를 위한 예측기술명 도출에 활용

○ 기획연구 및 본 연구에서 수행할 필요가 있는 중점 연구분야 선정 및 수행과제 선정에 활용

○ 내·외부 전문가, 담당부처 관계자 등의 의견수렴 절차를 거쳐 중점분야별 후보기술 발굴의 기초자료로 활용

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

라. 기술수요조사 발송 및 응답 결과

○ 기술수요조사 대상은 기획 참여연구원, 자문위원, 외부전문가를 대상으로 메일

발송을 통해 조사를 실시하였으며, 기술수요조사 주요 수행내용은 다음 표와 같음

<기술수요조사 주요 수행내용>

구분	내 용
조사기간	2016년 4월 5일(수) ~ 4월 25일(월)
조사대상	- 조사대상 : 자문위원, 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사
응답자 수	- 34 명 응답
기술수요조사 응답 건수	- JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발 : 19건 - 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 : 10건 - 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 : 5건

마. 기술수요조사 결과 분류

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

<중점분야별/연구수행기관별 기술수요조사 결과>

구분		중점분야			계
		JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발	시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	
연구수행기관	기업	1	-	1	2
	대학	18	10	4	32
	연구기관	-	-	-	-
	기타(협회)	-	-	-	-
	계	19	10	5	34

○ 중점분야별 기술수요조사는

- JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발(56%)
- 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발(29%)
- 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발(15%) 순으로 응답함

○ 대분류(중점분야) 기술분류체계 내에 기술수요조사 제안 과제명을 매칭함

<JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발 분야>

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발	포장파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용논리 개발	콘크리트 포장 파손 유형별 원인 규명 연구	최적 유지보수 공법 적용을 위한 콘크리트 포장 파손 원인 연구
		실무형 Project level 현장 조사 프로세스 개발	Project level의 실무형 콘크리트포장 조사 시스템 개발
		최적 유지보수 공법 적용 체계 개발	JPCP 품질 향상을 위한 최적 유지보수 공법 적용 시스템 개발
			검증된 콘크리트 포장 보강공법 도출 및 보수 보강 시기/공법 결정 Logic 개발
	유지보수 품질관리 향상을 위한 기준 및 지침 개발	유지보수 기준 재정립 연구	최적의 품질관리를 위한 유지보수 기준 재정립 연구
		유지보수 현장 시공지침 연구	콘크리트 포장 유지보수 시 속경성시멘트의 수화특성을 고려한 최적의 양생방안 연구
			품질 향상을 위한 JPCP 유지보수 시공지침 연구
	현장 실무형 유지보수 설계법 개발	현장 실무형 콘크리트 유지보수 설계법 개발	실무자 친화형 콘크리트 유지보수 설계법 개발
		현장 실무형 아스팔트 유지보수 설계법 개발	반사균열 모델 개발을 통한 아스팔트 포장 덧씌우기 설계법 개발
			실무자 친화형 아스팔트 유지보수 설계법 개발
	유지보수 유형별 의사결정 지원체계 정립	유지보수 유형별 교통처리 방안(TMP) 정립	유지보수 공법 연계형 교통처리 시스템 개발
		유지보수 유형별 경제성 분석방안 검토 연구	최적 공법 선정을 위한 유지보수 경제성 분석 시스템 개발
			검증된 콘크리트 포장 보강공법 도출 및 보수 보강 시기/공법 결정 Logic 개발
	유지보수 품질관리 기술 개발	유지보수구간 건전도 평가기술 개발	시멘트콘크리트 포장의 열화부 산정 방안 기술 개발
			비파괴 방법을 이용한 유지보수 구간의 통합 건전도 평가기술 개발
		열화부 제거 품질확인 기술 개발	콘크리트 포장 열화부 제거 및 품질관리 기술
		기포간격계수 현장 평가기법 개발	현장 경화 전 콘크리트의 기포간격계수를 검증을 통한 콘크리트포장의 품질 평가 기법 개발
			콘크리트 포장의 현장 기포간격계수 평가기법 개발
		Micro-level 파손원인 분석기술 개발	최적의 품질관리를 위한 Micro-level 파손원인 분석기술
		저비용 폴리머콘크리트 재료 및 시공기술 개발	아스팔트 에멀전 활용 폴리머콘크리트 재료 및 시공기술 개발

<시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야>

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	유지보수형 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발	CRCP 덧씌우기 설계기술 개발	노후 콘크리트 포장 수명 연장을 위한 CRCP 덧씌우기 설계 및 시공기술 개발
			철근저감형 CRCP 덧씌우기 공법 개발
		유지보수형 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발	2층 콘크리트포장 원리를 적용한 간편 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발
	고내구성-레미콘 플랜트형 덧씌우기 재료 적용방안 개발	1종/조강 기준 덧씌우기 재료 적용방안 개발	레미콘을 이용한 초조강 저비용 덧씌우기 재료 개발
			조강시멘트를 이용한 폴리머 시멘트 콘크리트 덧씌우기 포장 재료와 프라이머의 개발
		수축저감형 콘크리트 덧씌우기 재료 개발	수요조사 응답 없음
		예방적 유지보수/2차파손 방지 방안 검토	수요조사 응답 없음
	사용자 중심-고기능성 유지보수 재료 및 공법 개발	저소음 포장용 덧씌우기 콘크리트 재료 배합기술 개발	소입경 골재노출 덧씌우기 공법 개발
		유지보수형 저소음-안전/주행성 향상 공법 개발	강한 바인더 다기능 콘크리트 개발 및 저소음-안전/주행성 향상 공법 개발
	전단면 유지보수 실용화 공법 개발	전단면 현장타설 유지보수 시공 프로세스 개발	수요조사 응답 없음
		전단면 Precast 포장 급속시공 프로세스 개발	연속식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발
			단절식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발
			기능성 전단면 Precast 콘크리트 슬래브를 이용한 급속시공 프로세스 개발

<아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야>

대분류	중분류	소분류	기술수요조사 제안 과제명
아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	반사균열저감형 전처리시공기술 개발	반사균열 저감을 위한 노후 JPCP 기층 설계기술 개발	아스팔트 덧씌우기를 위한 노후 콘크리트포장의 균열 및 안치(Crack and Seat) 공법 개발
			무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
		균열형상 및 간격산정 기술 및 장비 개발	아스팔트 덧씌우기를 위한 노후 콘크리트포장의 균열 및 안치(Crack and Seat) 공법 개발
			무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	부착강도 증진을 위한 텍코팅 공법 개발	급속경화유재 재료 개발	고성능 저비용 아스팔트 덧씌우기 포장 공법 개발
			부착강도 향상 및 급속 경화형 유화 아스팔트 개발
		택코팅 동시포설 장비 개발	무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	하부구조 평가/보강기술 개발	FWD를 사용한 NDT 평가 프로세스 개발	무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
		하부구조 문제시 보강방안 개발	무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	아스팔트 덧씌우기 시공관리 기술 개발	부착효율성 향상을 위한 현장 시공관리 기술 개발	고성능 저비용 아스팔트 덧씌우기 포장 공법 개발
			Seat/Crack 공법을 위한 반사균열 저감층 개발 및 응력완화층(그리드 및 섬유보강) 시공법 개발

바. 중점분야별 기술수요조사 제안과제명 및 연구내용 분류

○ 중점분야별 기술수요조사 제안과제명 및 연구내용은 다음과 같음

<중점분야별 기술수요조사 제안과제명 및 연구개발내용>

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
1	JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발	반사균열 모델 개발을 통한 아스팔트 포장 덧씌우기 설계법 개발	ㅇ국내외 복합포장 덧씌우기 설계법 조사 ㅇ복합포장 설계법 개발 ㅇCrak and Seat 공법 적용 콘크리트 포장 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 포장 설계법 개발
2		콘크리트 포장 유지보수 시 속경성시멘트의 수화특성을 고려한 최적의 양생방안 연구	ㅇ속경성콘크리트의 양생관리에 있어 현재의 1종시멘트 양생에 적합하도록 규정된 양생제의 사용가능성 분석 ㅇ속경성시멘트 수화특성을 고려한 급속형 피막양생제 개발 연구 ㅇ양생제의 적정살포량 결정 ㅇ속경성시멘트 등을 이용한 보수 시 초단기 양생관리를 위한 품질매뉴얼 작성
3		현장 경화 전 콘크리트의 기포간격계수를 검증을 통한 콘크리트포장의 품질 평가 기법 개발	ㅇ기포간격계수 측정법의 체계적 정립을 통한 품질관리 방안 정립 ㅇ경화 전 시멘트콘크리트의 기포간격계수 측정방법 개발 ㅇ기포간격계수 정량화 장비 및 기법 개발 ㅇ경화 전 품질관리를 통한 추후 콘크리트포장 내구성 관리 방안 연구 ㅇ기포간격계수 활용 시멘트콘크리트 포장의 시공 시 품질관리 매뉴얼 개발
4		시멘트콘크리트 포장의 열화부 산정 방안 기술 개발	ㅇ새로운 개념의 콘크리트 비파괴검사 방식 개발 및 시험 적용 ㅇ포장의 깊이별 역학적 내구적 특성과 열화의 상관관계 분석 ㅇ열화 깊이 판단을 위한 응용 평가 기술 개발 ㅇ현장적용성 검증 및 활용도 증대 기술 개발 ㅇASTM C803 기반 현장 적용성 평가를 통하여 장비 활용 매뉴얼 작성
5		저비용 폴리머콘크리트 재료 및 시공기술 개발	ㅇ아스팔트 에멀전 적용 콘크리트 장기 내구성을 확보하는 재료 기술의 개발 ㅇ아스팔트 에멀전 활용 시멘트콘크리트 보수보강 기술 현장 적용을 위한 장비 기술의 개발 ㅇ아스팔트 에멀전 활용 시멘트콘크리트 보수보

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
			강 기술 현장 시험시공 및 작업 지침 개발 ㅇ아스팔트 에멀전 활용 시멘트콘크리트 보수보강 기술 제품상용화 기술 개발 및 홍보
6		최적 유지보수 공법 적용을 위한 콘크리트 포장 파손 원인 연구	ㅇ역학적 균열 발생의 원인 규명 ㅇ줄눈부 파손의 종류별 발생원인 규명 ㅇ화학적 콘크리트 포장의 파손발생 원인 규명 ㅇ무근콘크리트 줄눈 포장의 파손별 원인 규명 매뉴얼 제시
7		Project level의 실무형 콘크리트포장 조사 시스템 개발	ㅇProject level 기준 조사구간 선정 기준 개발 ㅇProject level 포장상태 현장조사 항목 선정 ㅇProject level 조사항목에 대한 기준 개발 ㅇ Project level 현장조사 프로세스 매뉴얼 개발
8		JPCP 품질 향상을 위한 최적 유지보수 공법 적용 시스템 개발	ㅇ 최적 유지보수공법 선정을 위한 PMS 이력조사 체계 확립 ㅇ PMS 자료를 활용한 최적 공법 선정방법 논리 개발 ㅇ 유지보수 최적 공법 선정방법의 검증 ㅇ 최적 유지보수 공법 적용을 위한 매뉴얼 개발
9		최적의 품질관리를 위한 유지보수 기준 재정립 연구	ㅇ 무근콘크리트 줄눈포장 포장파손별 최적보수범위 산정 기준 개발 ㅇ 유지보수로 인한 기타구조물 단차 처리 방안 제시 ㅇ 재정립된 기준에 대한 유지보수 공법별 품셈 제시 및 실용화 공법 기준 반영
10		품질 향상을 위한 JPCP 유지보수 시공지침 연구	ㅇ 전처리 공정별 품질평가 기준 개발 ㅇ 기존 포장과 보수 포장면의 부착강도 향상 방안 제시 ㅇ 무근콘크리트 줄눈포장의 유지보수 공법별 배수 처리 방안 제시 ㅇ 개선된 현장 유지보수 시공지침 매뉴얼 개발
11		실무자 친화형 콘크리트 유지보수 설계법 개발	ㅇ 접착식 및 비접착식 콘크리트 덧씌우기의 최적두께 설계법 개발 ㅇ 덧씌우기 두께 설계 적정성 평가 및 검증 ㅇ 카다로그 설계법 개발
12		실무자 친화형 아스팔트 유지보수 설계법 개발	ㅇ 실무자 친화형 무근콘크리트 줄눈포장의 아스팔트 유지보수 설계법 개발 ㅇ JCP + AC 덧씌우기 설계기술개발
13		유지보수 공법 연계형 교통처리 시스템 개발	ㅇ 현행 교통처리 방안의 문제점 분석 ㅇ JPCP 유지보수 유형별 도로점용공사 관련규

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
			정 검토 ㅇ JPCP 유지보수 유형별 교통처리 방안 매뉴얼 개발
14		최적 공법 선정을 위한 유지보수 경제성 분석 시스템 개발	ㅇ JPCP 유지보수 관련 경제성 분석 모형 개발의 입력변수 선정 및 정량화 ㅇ JPCP 유지보수를 위한 최적 경제성 분석 모형 개발 및 민감도 분석, 검증 및 보정 ㅇ JPCP 유지보수 경제성 분석 매뉴얼 개발
15		비파괴 방법을 이용한 유지보수 구간의 통합 건전도 평가기술 개발	ㅇ 도로포장용 비파괴 기술의 현황 조사 ㅇ 비파괴 조사 방법별 평가 성능 확인 ㅇ 포장 층 용 건전도 평가 기술 개발 ㅇ 하부 층 건전도 평가 기술의 개발 및 검증 ㅇ 유지보수구간의 통합적 건전도 지수 개발 ㅇ 유지보수구간의 건전도 평가 매뉴얼 개발
16		콘크리트 포장 열화부 제거 및 품질관리 기술	ㅇ 열화부 상태 평가기법 및 정량화 기법 개발 ㅇ 열화도 상태지수에 따른 열화부 제거 방법 연구 ㅇ 노후 콘크리트 열화부 유지보수 매뉴얼 개발
17		콘크리트 포장의 현장 기포간격계수 평가기법 개발	ㅇ 콘크리트 공극 구조에 관한 기초연구 ㅇ 굳은 콘크리트 공극구조 분석기술 표준화 ㅇ 굳지 않은 콘크리트의 기포간격계수 예측모델 개발 및 현장 적용성 평가 ㅇ 현장 공기량 관리 매뉴얼 개발
18		최적의 품질관리를 위한 Micro-level 파손원인 분석기술	ㅇ 미세구조 상의 결함과 콘크리트 포장파손과의 상관관계 분석 ㅇ 콘크리트 포장 내구성 파손별 미세구조 분석 ㅇ 미세구조 파손의 정량화 및 역학적 모형 개발
19		검증된 콘크리트 포장 보강공법 도출 및 보수 보강 시기/공법 결정 Logic 개발	ㅇ콘크리트 포장 파손유형 분류 및 공용성 개선 방안 연구 ㅇ보수/보강 공법별 Testbed 운영 및 포장가속 시험으로 검증된 보수/보강 공법 발굴 및 공법별 적정 적용시기 결정 ㅇ전체국도 콘크리트포장 추적조사 ㅇ콘크리트포장 보수/보강 공법 결정 Logic 개발
20	시멘트콘크리트 계열 덧씌우기	노후 콘크리트 포장 수명 연장을 위한 CRCP 덧씌우기 설계	ㅇ기존 콘크리트포장 덧씌우기 설계법의 문제점 분석을 통한 설계 개념의 재정립 ㅇ유지보수용 CRCP 덧씌우기 적용가능 여부 판

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
		및 시공기술 개발	단을 위한 의사결정 시스템 개발 ㅇ유지보수용 CRCP 덧씌우기 설계법 개발 ㅇ유지보수용 CRCP 덧씌우기 최적 시공기술 개발
21		철근저감형 CRCP 덧씌우기 공법 개발	ㅇ철근저감형 CRCP 덧씌우기 포장의 역학적 특성 구조해석 ㅇ최적 단면 설계 ㅇ부분철근 배근 방안 및 균열유도 방안 개발 ㅇ철근저감형 CRCP 덧씌우기 시험시공 ㅇ거동 계측 및 모니터링 ㅇ철근저감형 CRCP 덧씌우기 설계지침 개발 ㅇ철근저감형 CRCP 덧씌우기 시공지침 개발
22	실용화 공법 개발	연속식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발	ㅇ최적 단면 형상 및 크기 개발 ㅇ연속식 슬래브 간 접합 방식 개발 ㅇ구조형식에 따른 요소 기술의 역학적 특성 구조해석 ㅇ연속식 프리캐스트 포장 시험시공 ㅇ거동 계측 및 모니터링 ㅇ단면표준화 및 연속식 프리캐스트 포장 설계지침 개발 ㅇ연속식 프리캐스트 포장 시공지침 개발
23		단절식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발	ㅇ최적 단면 형상 및 크기 개발 ㅇ단절식 슬래브 간 접합 방식 개발 ㅇ구조형식에 따른 요소 기술의 역학적 특성 구조해석 ㅇ단절식 프리캐스트 포장 시험시공 및 모니터링 ㅇ단면표준화 및 단절식 프리캐스트 포장 설계지침 개발 ㅇ단절식 프리캐스트 포장 시공지침 개발
24		레미콘을 이용한 초조강 저비용 덧씌우기 재료 개발	ㅇ레미콘을 이용한 초조강 재배합 콘크리트 최적배합 개발 ㅇ셀룰라 스프레이 콘크리트를 이용한 초조강 재배합 시스템 개발 ㅇ레미콘과 펌프카를 이용한 포설장비 조합 최적화 ㅇ저비용 고내구성 콘크리트 개발 및 시공성 증대 시스템 도출
25		강한 바인더 다기능 콘크리트 개발 및 저소음-안전/주행성	ㅇ강한 바인더 다기능 콘크리트포장 덧씌우기 재료 개발 ㅇ초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
		향상 공법 개발	저항성 재료 검증 ㅇ랜덤문양 저소음-안전/주행성포장 공법 개발 및 검증
26		2층 콘크리트포장 원리를 적용한 간편 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발	ㅇ철근을 공장조립하고 현장체결하는 분절시공법 개발 ㅇ2층 콘크리트포장 시공원리를 적용한 간편 CRCP 덧씌우기 공법 개발 및 현장 검증 ㅇ품질관리 및 시방서 작성
27		소입경 골재노출 덧씌우기 공법 개발	ㅇ소입경 골재노출 덧씌우기 포장을 위한 배합설계 기술연구 ㅇ조기개방을 위한 골재노출 공법 시공방안 수립 ㅇ최적 골재노출을 위한 장비 제작 ㅇ소입경 골재노출 접착식 덧씌우기 설계 기법 연구 ㅇMock-up test 실시, 현장 시험시공 및 모니터링 ㅇ골재노출 덧씌우기 공법의 설계, 시공 및 품질관리 지침(안)수립
28		기능성 전단면 Precast 콘크리트 슬래브를 이용한 급속시공 프로세스 개발	ㅇPrecast 슬래브의 모듈화 ㅇ인양 및 평탄성 조정장치 개발 ㅇ줄눈부 및 신축이음장치 설계 ㅇ채움재 개발 및 특성 평가 ㅇ시험시공 및 공용성 조사를 통한 설계/시공 지침 제시
29		조강시멘트를 이용한 폴리머 시멘트 콘크리트 덧씌우기 포장 재료와 프라이머의 개발	ㅇ조강 시멘트를 이용한 자가 치유형 폴리머 시멘트 콘크리트 덧씌우기 포장 재료의 개발 ㅇ레미콘 생산 후 포설을 위한 습윤면 시공가능 프라이머 개발 ㅇ시험시공 및 공용성 조사를 통한 배합설계/품질관리/시공 지침 제시
30	아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	고성능 저비용 아스팔트 덧씌우기 포장 공법 개발	ㅇ부착력 향상을 위한 고성능 유화아스팔트 개발 ㅇ기존 포장 공법과 개발된 공법과의 성능을 정량적으로 평가할 수 있는 현장 평가기술 개발 ㅇ반사균열을 최소화시킬 수 있는 공법 조사 및 제시 ㅇ아스팔트 덧씌우기용 재료 시방서 및 현장 품질 관리법 제안
31		Seat/Crack 공법을 위한 반사균열 저감층	ㅇ국내외 복합포장 반사균열 저항층 시공층 조사

No.	중점분야	기술수요조사 제안과제명	연구개발내용
		개발 및 응력완화층(그리드 및 섬유보강) 시공법 개발	ㅇ반사균열 저항층 개발 ㅇ택코팅 부착능력평가 ㅇ응력완화층(그리드 및 섬유보강층) 최적시공법 개발
32		아스팔트 덧씌우기를 위한 노후 콘크리트포장의 균열 및 안치(Crack and Seat) 공법 개발	ㅇ반사균열 억제를 위한 균열형상 및 간격 산정 ㅇCrack and seat 공법 시공방법 수립 ㅇ국내 여건을 고려한 균열 유도 장비의 개발 ㅇ아스팔트 덧씌우기 설계 기법 정립 ㅇCrack and seat 공법의 피로수명 모델 개발 ㅇ소규모 mock-up test 실시 ㅇ현장 시험시공 및 모니터링 ㅇCrack and seat 공법의 설계, 시공 및 품질관리 지침(안) 수립
33		무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발	ㅇ국내외 선행기술 조사 ㅇ전처리시공기술 결정 프로세스 구축 ㅇ최적 성능을 발휘할 수 있는 국내 Crack & Seat 공법의 가이드라인(안) 제시 ㅇTack Coat 재료 평가를 위한 실내실험 ㅇTack Coat 동시포설 장비 개발 ㅇTack Coat 시공가이드라인(안) 작성 ㅇ비파괴 시험(FWD)을 통한 기존 포장의 하부 구조 상태 평가 프로세스 작성 ㅇ기존 포장의 하부 구조 상태에 따른 보강 방안 가이드라인(안) 작성 ㅇ덧씌우기 시공품질관리 방안 제시
34		부착강도 향상 및 급속 경화형 유화 아스팔트 개발	ㅇ양생시간 단축을 위한 경화시간 단축 유화 아스팔트 개발 ㅇ유화 아스팔트의 부착력 강화 시험 ㅇ유화 아스팔트 안정성 시험

2. 기술예측조사

가. 기술예측조사 개요

(1) 목적

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

(2) 기술예측조사 절차

○ (기술예측조사 설계) 예측기술명을 작성하고, 기술예측조사 항목을 결정하며 기술예측조사 대상자를 선정함

○ (기술예측조사 수행) 기술예측조사 대상자 메일 발송 및 회수

○ (기술예측조사 결과 분석) 기술예측조사 응답현황분석 및 예측기술의 실현시기 분포를 분석하며, 기술획득방식, 정부개입 필요성 등을 분석함

○ (기술예측조사 결과 활용) 후보과제 우선순위 도출 및 TRM 작성 시 활용

(3) 기술예측조사 조사 방법

<기술예측조사 주요 수행내용>

구분	내 용
조사기간	2016년 5월 2일(월) ~ 5월 20일(금)
조사대상	- 조사대상 : 참여연구원, 자문위원, 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사
응답자 수	- 29 명 응답
조사항목	사회경제적 실현시기, 기술획득방식. 정부개입의 필요성, 국내기술수준

(4) 기술예측조사 조사항목 결정

○ '최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준'은 각 기술별 최고기술을 보유한 나라의 기술수준을 100%로 가정하였을 경우 국내기술수준을 전문가 관점에서 제시

○ '예측기술명 실현시기'는, 해당 예측기술명이 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점을 가리키며, 해당과제의 실용화시기를 설정하는데 활용

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

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

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

< 기술획득방식 조사항목 >

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

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

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

(5) 예측기술명 작성

○ 예측기술명은 국내·외 동향조사 및 수요조사 결과를 바탕으로 줄눈콘크리트 유지보수 시스템 개발에 필요한 25개 대상기술을 선정함

<중점분야별 예측기술명>

No.	중점분야	예측기술명
1	JPCP 유지보수	ㅇ콘크리트 포장의 파손 원인에 대해 명확한 인과관계를 규명하는 기술 및 절차를 개발한다.
2		ㅇ실무에서 바로 적용할 수 있는 Project level의 현장 조사 프로세스를 개발한다.
3		ㅇ포장파손 원인에서부터 출발한 최적 유지보수 공법 적용 체계(Decision Tree)를 개발한다. (예방적 유지보수에서부터 전단면

No.	중점분야	예측기술명
	공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발	보수공법까지)
4		ㅇ유지보수 품질관리 향상을 위해 유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술을 개발하는 연구를 수행한다. (최소보수범위 선정에서부터 실질적인 품셈반영까지)
5		ㅇ유지보수 기준 및 시공지침을 재정립하는 연구를 수행한다. (전처리, 부착강도 향상방안, 필요시 배수검토, 기존공법 현장검증 및 비교검토 포함)
6		ㅇ현장에서 실무적으로 적용할 수 있는 현장 실무형 유지보수 설계법을 개발한다. (국내의 환경 및 교통하중을 종합적으로 고려한 덧씌우기 중심의 카탈로그 설계법 개발)
7		ㅇ집중유지보수공법 적용을 대비한 유지보수 시 교통우회방안을 포함한 종합적인 교통처리방안(Traffic Management Plan)을 정립한다.
8		ㅇ유지보수 유형별 경제성 분석을 위하여 사용자와 관리자 비용으로 구성된 종합적인 LCC 분석방안을 검토 연구한다.
9		ㅇ아스팔트 에멀전 활용 폴리머 콘크리트 재료 및 시공기술을 개발한다.
10		ㅇ콘크리트 포장의 내구성 인자의 주요사항인 기포간격계수(spacing factor)에 대해 현장에서 간편하게 확인할 수 있는 시험법을 개발한다.
11		ㅇ덧씌우기 공법 적용시 발생될 수 있는 부착파괴(delamination)를 현장에서 비파괴 방식으로 평가하는 시험법을 개발한다.
12		ㅇ콘크리트 파손 원인 규명을 위해 Micro-level의 분석기술을 개발한다 (예: Material Related Distress에 대한 원인 규명을 위한 Petrography 분석 기술)
13		ㅇ예방적 유지보수 및 부분단면 보수시 발생되고 있는 2차 파손을 방지하기 위한 재료 및 기술을 개발한다.
14	시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	ㅇ기존 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP)을 덧씌우기 할 경우 환경하중에 대한 구조적 보강 및 줄눈부 문제점을 해결할 수 있는 연속철근콘크리트 포장 형태(CRCP)의 유지보수 시공기술을 개발한다.
15		ㅇ속경성-개질재 중심의 현행 시멘트 계열의 유지보수 재료를 대처할 수 있는 대규모 덧씌우기 공사를 위한 1종/조강 계열의 시멘트 재료의 적용방안을 개발한다.
16		ㅇ시멘트 콘크리트 덧씌우기 재료의 수축에 의한 균열을 방지하기 위해 수축저감형 콘크리트 재료를 개발한다.
17		ㅇ사용자 중심의 고기능성 시멘트 계열 유지보수 대안으로 저소음-안전향상-주행성 향상을 유지보수형 골재노출공법을 개발한다.
18		ㅇ사용자 중심의 고기능성 시멘트 계열 유지보수 대안으로 저소

No.	중점분야	예측기술명
		음-안전향상-주행성-투수성-배수성이 확보될 수 있는 유지보수용 다공성(porous) 재료 및 공법을 개발한다.
19		ㅇ강한 바인더-표층 패턴 디자인을 통한 저소음-고기능성 공법을 시멘트 계열 덧씌우기 공법을 개발한다.
20	아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발	ㅇ시멘트 계열의 전단면 유지보수 공법 적용성을 확대하기 위해 현장 타설형 유지보수 시공 프로세스를 개발한다.
21		ㅇ시멘트 계열의 전단면 유지보수 공법 적용성을 확대하기 위해 급속시공이 가능한 프리캐스트(precast) 시공 프로세스를 개발한다.
22		ㅇ노후 JPCP를 효과적으로 활용하고 반사균열을 최소화 할 수 있는 반사균열 저감형 전처리 시공기술을 개발한다.
23		ㅇ무근 콘크리트 줄눈 포장 상부에 아스팔트 계열로 덧씌우기를 시행할 경우, 부착강도를 확보하기 위한 급속경화유재 및 동시 포설을 실시할 수 있는 기술을 개발한다.
24		ㅇJPCP 상부에 AP로 덧씌우기 시공시 필요한 시공관리(온도 및 다짐관리 등) 기술을 개발한다.
25		ㅇ하부구조 결함에 의한 구조적 문제에 대해 평가 및 보강할 수 있는 기술을 개발한다.

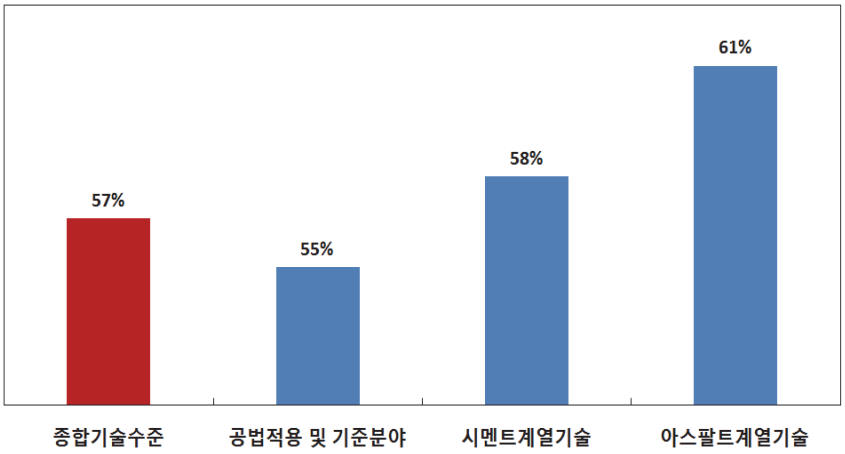
나. 기술예측조사 결과

(1) 기술수준 분석

○ 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 관련 기술수준은 최고기술보유국 대비 57% 수준인 것으로 나타났음

○ 중점분야별 기술수준을 조사했을 경우, JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발 (55%), 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 (58%), 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 (61%) 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타남

○ 이와 같은 기술수준 분석결과를 볼 때 포장파손원인규명 및 공법적용 기준 등 유지보수 시 가장 기본이 되는 분야의 기술이 최선도국 대비 수준이 낮은 것으로 분석되어 기술개발이 시급함



<무근줄눈콘크리트포장 유지보수 중점분야별 기술수준 분석>

(2) 기술의 실현시기

○ 예측기술의 세계 실현의 경우 전체 25개 기술 중 앞으로 3년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 12개 (48%)로 가장 많았음

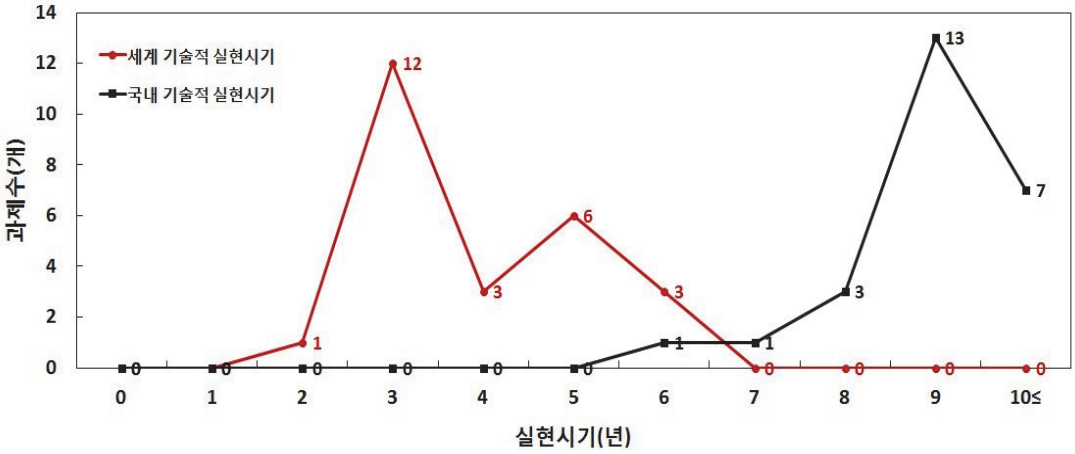
- 전반적으로 세계 실현시기는 앞으로 3년에서 6년 사이에 대다수 과제의 기술적 실현이 가능할 것으로 나타남
- '콘크리트 포장 파손원인 규명 기술' 및 '유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술' 등의 기술적 난이도가 높아 세계적으로도 기술실현시기가 약 6년 이상 소요될 것으로 예상됨

○ 예측기술의 국내 실현의 경우 전체 25개 기술 중 앞으로 9년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 13개 (52%)로 가장 많았음

- 국내 실현시기는 앞으로 8년에서 10년 이후에 실현될 것이라는 기술이 23개 (92%)로 대부분을 차지하고 있어 연구개발의 필요성이 증대되고 있음
- 세계기술 실현시기와 유사하게 '콘크리트 포장 파손원인 규명 기술' 및 '유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술' 등의 기술적 난이도가 높아 국내 기술실현시기가 약 12-13년 사이로 조사됨

<예측기술 실현시기 분포결과 >

실현시기 (몇년후)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10≤	합계
세계	과제 수	0	0	1	12	3	6	3	0	0	0	0	25
	비중 (%)	0	0	4	48	12	24	12	0	0	0	0	100
국내	과제 수	0	0	0	0	0	0	1	1	3	13	7	25
	비중 (%)	0	0	0	0	0	0	4	4	12	52	28	100



<예측기술의 세계/국내 기술적 실현시기 분포>

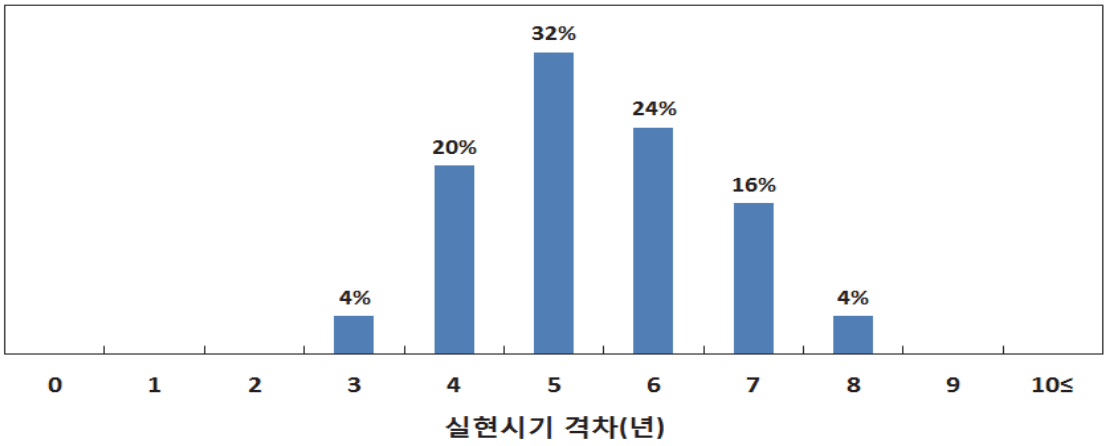
(3) 실현시기 격차

○ 예측기술의 실현시기에 있어 국내와 세계의 실현시기 격차는 전체 25개 기술 중 5년 이상 격자를 보이는 기술이 8개 (32%)로 가장 많으며, 다음으로 6년 (24%), 4년 (20%) 순으로 나타남

- 국내·외 실현시기 격차가 가장 큰 분야는 '연속철근콘크리트 덧씌우기 시공기술 분야'이며(8년), 다음으로는 '유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술(7년)', '최적 유지보수 공법 적용 체계 개발(7년)' 등으로 조사됨
- 국내외 실현시기 격차가 가장 작은 분야(3년)는 '콘크리트 포장 상부 아스팔트 덧씌우기 시공 시 필요한 시공관리(온도 및 다짐관리) 기술'로 조사됨

<예측기술 실현시기 국내외 격차 >

기술격차		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10≤	합계
실현시기	과제 수	0	0	0	1	5	8	6	4	1	0	0	25
	비중 (%)	0	0	0	4	20	32	24	16	4	0	0	100

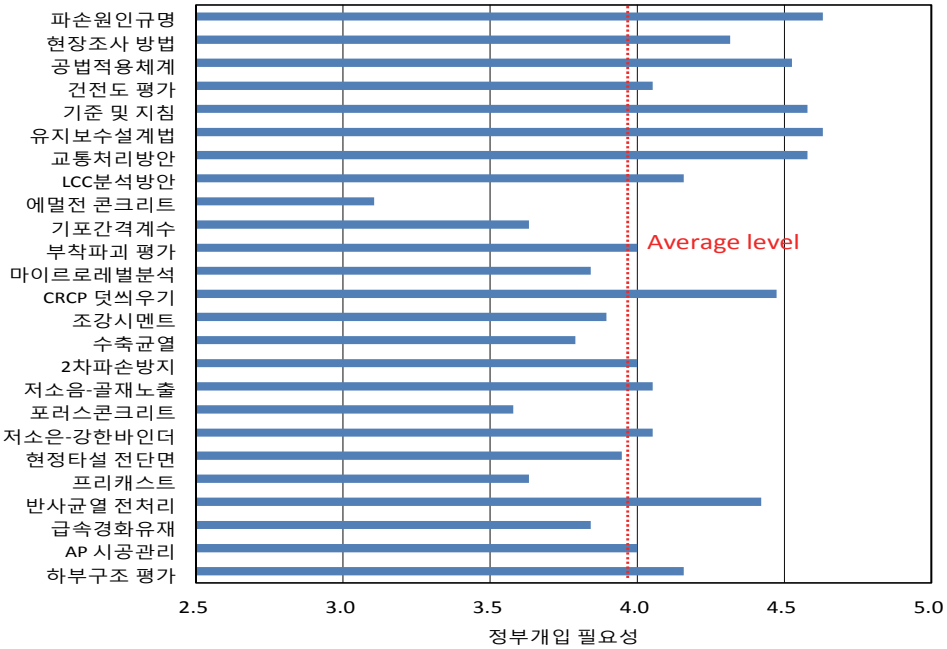


<국내와 세계와의 실현시기 격차 분포>

(4) 정부개입의 필요성

○ 정부개입의 필요성을 5점 척도로 측정한 결과 평균이 3.98 수준으로 예측기술 전반에 걸쳐 정부개입의 필요성이 높은 것으로 나타났으며, '콘크리트 포장의 파손원인에 대해 명확한 인과관계를 규명하는 기술' 개발 분야가 4.63으로 정부개입의 필요성이 가장 높은 것으로 조사됨

- 대부분은 전체 평균에 가까운 정부개입 필요성을 보였으나, 키워드 중 '에멀전 콘크리트', '기포간격계수', '포러스(porous) 콘크리트', 개발 분야에 대한 정부개입 필요성은 상대적으로 낮은 것으로 나타남



<예측기술에 대한 정부개입의 필요성>

(5) 기술획득 방식

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

- 중점분야의 경우 '공법적용기준 및 품질관리 향상방안 개발' 분야는 정부가 주도하여 기술개발을 해야 된다는 의견이 가장 높았으며 '시멘트 콘크리트 계열' 및 '아스팔트 덧씌우기 분야'는 정부/민간 공동 주도로 기술 개발해야 된다는 의견이 높았음
- 국가 기반산업인 도로영역의 특징으로 인해 '민간주도' 및 '기술도입/국제협력'을 통한 기술획득 비중은 낮은 것으로 분석됨

<예측기술에 대한 기술획득 방식 >

구분	기술획득 방식 (%)				합계 (%)
	민간주도	정부주도	정부/민간 공동	기술도입 및 국제협력	
전체	7.8	42.7	43.6	5.9	100
공법적용/ 기준분야	2.3	27.6	15.2	2.9	48.0
콘크리트 덧씌우기	4.8	9.1	20.0	2.1	36.0
아스팔트 덧씌우기	0.6	6.1	8.4	0.8	16.0

3. 소결

가. 기술수요조사

○ 무근콘크리트 줄눈포장의 효율적이고 실용적인 유지보수를 위한 후보과제 발굴을 위해 재료 분야, 품질관리 분야, 공법개발 분야, 전처리 분야 등 다양한 분야의 전문가들을 대상으로 기술수요조사를 수행하였음

○ JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발 분야에는 19건, 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야에 대해서는 10건, 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발에 대해서는 5건의 다양한 기술에 대한 수요가 집계되었음

○ JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발 분야에서는 기존 유

지보수 공법 결정 체계에 대한 개선, 유지보수에 따른 교통처리 방안, 유지보수 시 품질관리 개선, 기존 노후된 포장의 열화부 상태 평가 및 제거 등의 다양한 기술이 제시되었음

○ 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야에서는 연속철근콘크리트 덧씌우기(CRCP) 공법 개발, 비용절감을 위한 레미콘 활용가능 재료 개발, 고기능성 공법 개발 등의 다양한 기술이 제시되었음

○ 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발 분야에서는 주로 아스팔트 포장에 발생할 수 있는 반사균열을 저감하는 방안에 대한 기술이 제시되었으며, 이에 대한 기법으로 Crack and Seat 공법 개발, 부착강도 증진을 위한 택코팅 재료의 개발, 기존 콘크리트포장의 하부구조 평가 기술 개발 등의 기술이 제시되었음

나. 기술예측조사

○ 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 본 기획의 기술개발 추진전략을 수립하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 기술예측조사를 실시함

○ 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 관련 기술수준은 최고기술보유국 대비 57% 수준인 것으로 나타났음

○ 예측기술의 세계 실현의 경우 전체 25개 기술 중 앞으로 3년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 12개 (48%)로 가장 많았으며, 국내 실현의 경우 앞으로 9년 후에 실현될 것이라고 예측된 기술이 13개 (52%)로 가장 많았음

○ 정부개입의 필요성을 5점 척도로 측정한 결과 평균이 3.98 수준으로 예측기술 전반에 걸쳐 정부개입의 필요성이 높은 것으로 나타났으며, 예측기술에 대한 기술획득 방식은 종합적으로 정부/민간 공동 43.6%, 정부주도 42.7% 로 순으로 나타남

5절. 기술개발 추진방향 정립

1. SWOT 분석

○ 국내외 동향 및 환경분석 결과를 바탕으로 연구개발과제의 구성 및 추진전략을 도출하기 위한 사전 분석으로 SWOT 분석 실시

○ 정책, 시장, 기술의 내외부 환경분석 결과를 바탕으로 SWOT 분석을 수행하고, 이를 연구개발 당위성, 시급성 등과 결부시켜 연구개발 추진 전략을 수립하는데 기본 자료로 활용하고자 함

○ 환경 분석으로 외부의 기회 및 위협요인을 분석하고 내부의 강점 및 약점 요인을 분석하여 핵심/세부기술을 도출하는데 참고자료로 사용할 예정임

	강점(S)	약점 (W)
내부 환경 분석	ㅇ콘크리트 도로포장 관련 국내 역량있는 연구인력 확보 ㅇ콘크리트 도로관련 국내 최고 수준의 기술력 확보 ㅇ국토부 간선도로 정책 측면에서 콘크리트 포장 유지보수 개선 의지 높음 ㅇ콘크리트 포장 연구를 위한 국내 최고 수준의 인프라 확보 ㅇ전통적 기술에서 탈피하여, 새로운 도로관련 축척된 기술을 바탕으로 융합형 녹색기술로 확대 ㅇIoT기반 첨단기술 도로 도입가능	ㅇ긴급보수 위주의 유지보수에 대한 패러다임 전환 필요 ㅇ덧씌우기 유지보수에 따른 장기 교통차단 시 민원 발생 우려 ㅇ줄눈부 중심의 파손원인에 대한 근본적인 원인 규명 필요 ㅇ유지보수 연장의 지속적 증가에 따른 유지보수예산의 만성적 부족 ㅇ시멘트 콘크리트 계열의 덧씌우기 유지보수 대안 부재 ㅇ관련 유관기관 간의 상호 협조 부족
	기회 (O)	위험 (T)
외부 환경 분석	ㅇ20년 이상 노후화된 콘크리트 포장 연장의 지속적 증가 ㅇ콘크리트 도로에 대한 대국민 서비스 요구증대 (소음 및 안전분야) ㅇ유지보수로의 정책 패러다임 전환에 따른 유지보수 시장의 지속적 성장 예상 ㅇ기술개발을 통한 국내 산업 육성 가능 ㅇ고기능성-고내구성 도로개념 도입	ㅇ콘크리트 포장 유지보수 시장업계의 기술력 부족 및 영세성 ㅇ콘크리트 도로에 대한 이용자 및 관리자 만족도 결여 ㅇ유지보수 비용의 지속적 증가예상 ㅇ이상기후로 인한 환경하중에 의한 손상 증가 ㅇ골재원의 품질저하로 인한 재료 수급 문제 지속적 발생

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

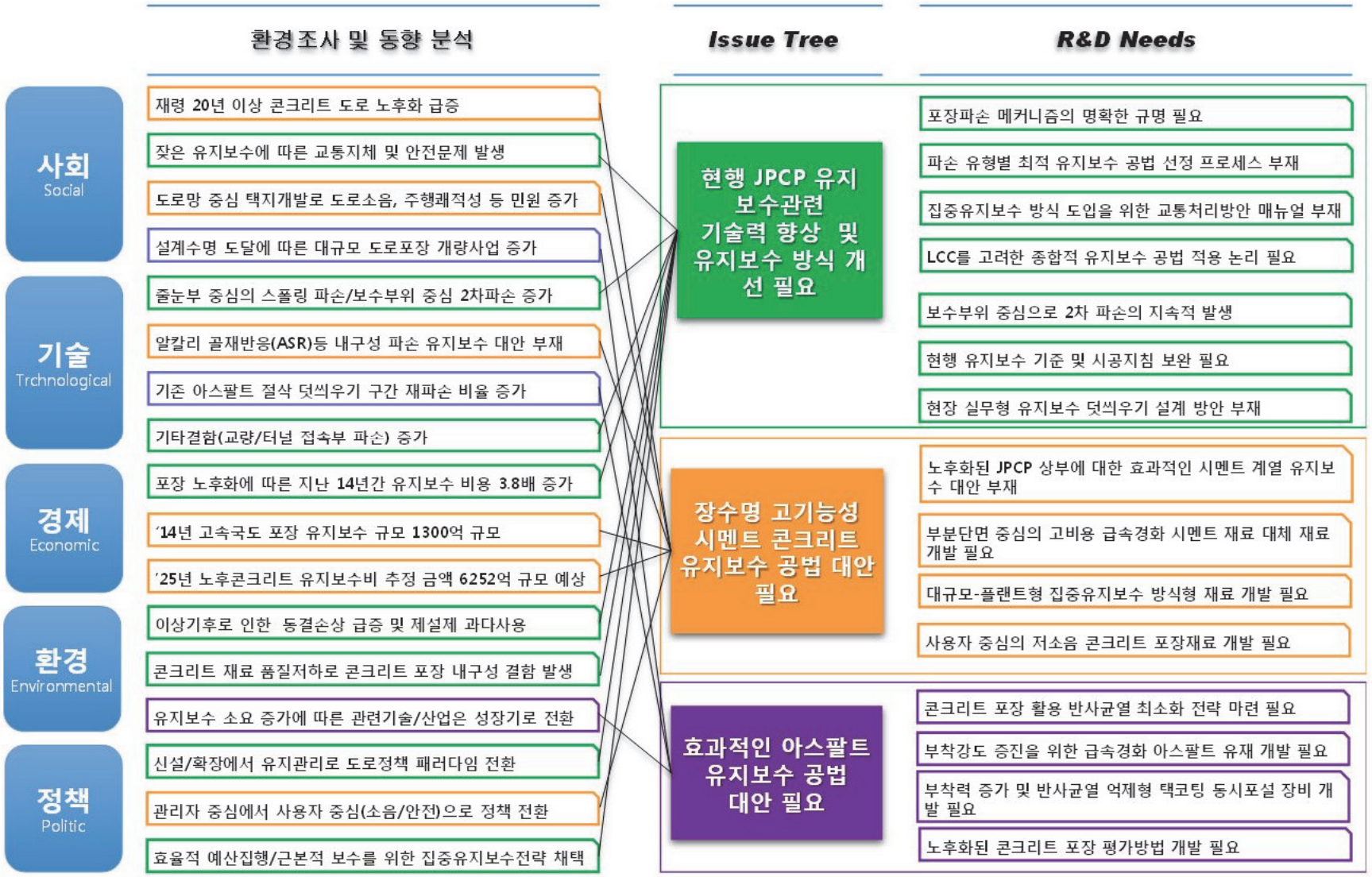
SO 전략	ㅇ노후화된 무근콘크리트 줄눈포장 수명연장을 위한 IoT 기반 Total Solution 개발 ㅇ사용자 중심-고기능성 유지보수 재료 및 공법 개발 전략 추진 ㅇ야간급속공사를 지양하고 집중유지보수 형태의 새로운 유지보수 패러다임 전략 제시 ㅇ시멘트 콘크리트 계열의 덧씌우기 유지보수 대안 제시를 통한 새로운 유지보수 산업 제시 ㅇ아스팔트 계열 덧씌우기시 반사균열 최소화 전략 개발	WO 전략	ㅇ콘크리트 포장 파손 유형별 명확한 원인 규명을 통한 최적 유지보수 공법 적용 체계 개발 ㅇ경제성분석(LCC)을 통한 유지보수 패러다임 전환을 위한 상위 의사결정 체계 개발 ㅇ교통우회전략(TMP) 개발을 통한 유지보수에 따른 교통지체 최소화 전략 마련 ㅇ고내구성-레미콘 플랜트형 덧씌우기 재료 개발을 통해 유지보수 비용 절감 방안 마련 ㅇ기존 JPCP에 대한 다양한 유지보수 대안 실용화
ST 전략	ㅇ유지보수 품질관리 향상을 위한 기준 및 지침 개발을 통한 유지보수 시장 기술력 견인 ㅇ기능성 향상을 통해 콘크리트 포장에 대한 부정적 선입견을 전환할 수 있는 기회 마련 ㅇ이상기후 등의 열악한 환경조건에서 고내구성을 확보할 수 있는 경제적 유지보수 재료 개발 ㅇ천연자원 고갈 및 품질저하 대응형 유지보수 품질관리 기술 개발 전략 마련	WT 전략	ㅇ유지보수 유형별 맞춤형 의사결정을 할 수 있는 지원체계 마련 ㅇ현장 실무형 프로젝트 레벨의 현장조사 프로세스 개발 ㅇ반사균열을 최소화 할 수 있는 덧씌우기형 유지보수 전략 마련 ㅇ산/학/연 공동 연구를 통한 다양한 분야의 기술 축적 ㅇ테스트 베드 조기 운영을 통해 과업기간 내에 다양한 유지보수 공법 실용화

2. Issue Tree 분석

○ 기술개발 추진방향을 정립하기 위해 다음과 같이 STEEP 분석법에 의해 사회적, 기술적, 경제적, 환경적, 정책적 측면의 무근콘크리트 줄눈포장 관련 환경조사 및 동향분석을 우선 수행함

○ 각 분야별 환경 및 동향 핵심 이슈를 크게 3개의 이슈 트리(issue tree)로 재 분류를 하였으며, 핵심 이슈를 해결하기 위한 15개의 연구개발 테마를 도출 함

- 현행 무근 콘크리트 줄눈포장 유지보수 관련 기술력 향상 및 유지보수 방식 개선 필요
- 장수명 고기능성 시멘트 콘크리트 유지보수 공법 대안 필요
- 효과적인 아스팔트 유지보수 공법 대안 필요



<중점과제 도출을 위한 Issue Tree 분석>

3. 연구개발 추진 방향 정립

○ 현행 JPCP 유지보수 관련 기술력 향상 및 유지보수 방식 개선 제시

- 포장파손 매커니즘(mechanisms)의 명확한 규명 필요
- Network level의 현장 조사 매뉴얼에 따른 체계적인 정밀 조사 방안 부재
- 파손 유형별 최적 유지보수 공법 선정 프로세스 부재
- 초기공사비 중심의 유지보수 대안 비교논리 개선 필요
- 집중유지보수 방식 도입을 위한 교통처리방안(TMP) 매뉴얼 부재
- 초기공사비-사용자 비용-관리자 비용 등을 종합적으로 고려한 유지보수 공법 적용 의사결정 논리 부재
- 열화부 중심으로 획일적 유지보수 범위 산정
- 보수부위 중심으로 2차파손의 지속적 발생
- 덧씌우기 구간 중심으로 부착파손(delamination) 발생
- 거시적으로 제시되어 있는 현행 유지보수 기준 및 시공지침 보완 필요
- 현장 실무형 아스팔트 덧씌우기 설계법 부재
- 현장 실무형 콘크리트 덧씌우기 설계법 부재

○ 장수명 고기능성 시멘트 콘크리트 유지보수 공법 대안 개발

- 노후화된 JPCP 상부에 대한 효과적인 시멘트계열 유지보수 대안 부재
- 폴리머계열-고비용 부분단면 보수 중심의 급속경화 시멘트 콘크리트 중심의 재료개발 지양
- 경제성 확보를 위해 모발믹서방식을 지양하고, 대규모-플랜트형 집중유지보수 방식 개발 필요
- 사용자 중심의 저소음 콘크리트 포장 재료 개발 필요
- 전단면 유지보수 실용화 공법 개발

○ 효과적인 아스팔트 유지보수 공법 대안 개발

- 콘크리트 포장 상부 아스팔트 덧씌우기 시 반사균열 최소화 전략 마련 필요
- 아스팔트 덧씌우기 시 부착강도 증진을 위한 급속경화 아스팔트 유재 개발 필요
- 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 장비 개발 필요
- 최적 유지보수 대안 선정을 위해 노후화된 콘크리트 포장 평가방법 개발

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

가. 비전

○ **도로가치 재창조를 통한 사용자 중심의 미래도로 실현**

나. 목표

○ 총괄 목표 : **노후도로 110 % 성능복원 및 20년 도로수명연장을 위한 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 확보**

○ 세부 목표

- 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total Solution 제공
- 20년 도로수명연장 – 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발
- 반사균열 70 % 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발

비 전 : 도로가치 재창조를 통한 사용자 중심의 미래도로 실현
총괄 목표 : 노후도로 110 % 성능복원 및 20년 도로수명 연장을 위한 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 확보

노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total Solution 제공	20년 도로수명연장/ 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발	반사균열 70% 저감/ 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발

2. 설정근거

가. 비전 설정 근거

○ 본 연구의 비전은 **"도로가치 재창조를 통한 사용자 중심의 미래도로 실현"** 으로, 제 2차 도로정비기본계획(국토교통부, 2011)의 핵심방향인 '도로의 신설 및 확장'에서 '시설개량 중심'으로, '공급자 필요'에서 '이용자의 편의'이라는 가치에 적극 부합하며, 국토교통 R&D 중장기 전략(국토교통부, 2014) 중의 하나인 'SOC 신설'에서 기존 'SOC 개선' 패러다임 전환, 국토교통부 주요정책 추진계획(2015,2016)인 '이용자 중심의 교통서비스 제공' 의 가치를 실현시킬 수 있는 미래형 도로를 건설하기 위해 제시

나. 목표 설정 근거

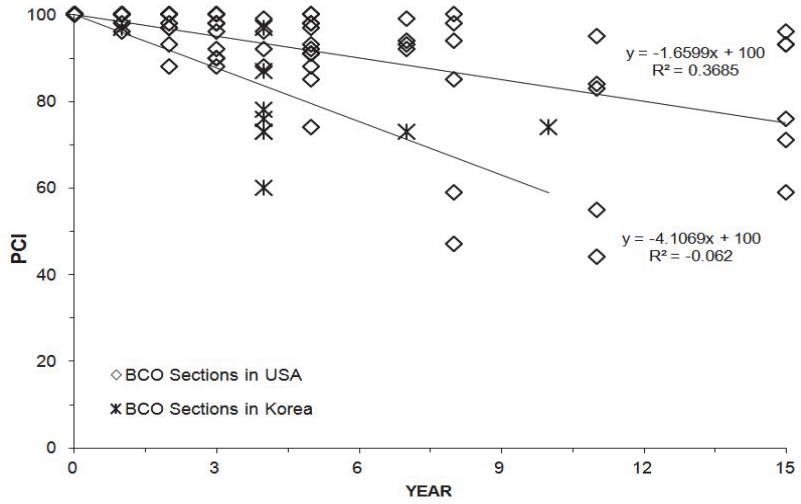
○ **노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total Solution 제공**

- 기술동향분석을 통해 국내 무근콘크리트 줄눈포장의 주요파손 형태는 포장체 전 단면에 문제가 있는 구조적 파손이라기보다는 줄눈부를 중심으로하는 표층부 결함이 주요파손 형태임
- 이에 표층부의 성능을 복원하는 덧씌우기 공법 위주의 유지보수 기술 개발 전략이 필요하며 최적의 유지보수 공법 적용을 통해 기존 신설 포장체에 준하는 성능을 확보할 수 있는 종합적이고 체계적인 해결방안 제시를 본 연구의 세부 목표로 설정함

○ **20년 도로수명연장 – 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발**

- 최적의 시멘트 계열 표층 덧씌우기 공법 적용을 통해 유지보수 후 노후콘크리트 도로의 수명을 신설콘크리트 도로의 설계수명인 20년에 상응할 수 있게 연장하는 것을 개념적 목표로 설정함
- 한국도로공사의 '콘크리트 포장 접착식 덧씌우기 설계 및 장기성능 평가방안 연구 (한승환, 2013)' 에 따르면, 국내 고속도로 시멘트 콘크리트 덧씌우기 포장구간 12곳을 대상으로 수행한 유지보수 구간의 공용연수는 평균 약 10년 정도이나 대표적으로 시멘트 콘크리트 계열로 덧씌우기를 많이 수행하고 있는 미국 NCHRP의 연구 결과에 따른 유지보수 구간의 공용연수는 국내 수명보다 약 2 배이상 높은 20년인 것으로 분석됨

- 개발 기술의 목표치인 20년 도로수명 검증 방안으로는 축하중에 대해서는 포장 가속시험기(APT, Accelerating Pavement Tester)를 활용하여 장기 공용성을 추정하는 방안을 제시하는 바이며, 환경하중에 의한 20년 내구성능은 KS에서 제시하고 있는 동결융해시험법 300 싸이클 만족 여부를 확인하는 방법을 제안함



<국내외 덧씌우기 콘크리트 구간 공용연수 비교결과>

- 사용자 측면에서 시멘트 콘크리트 계열로 유지보수 시 가장 많은 민원 사항 중에 하나인 타이어/노면 근접 소음 기준(CPX 기준)을 유럽 최고 표층 소음저감기술에 해당하는 7 dB(A) 저감치를 기술개발 목표를 설정함
- 특히 유럽의 경우 교통소음관련 사회적 비용이 연간 40억 유로(EURO)에 이를 것으로 추정되며 이는 EU GDP의 0.4 %에 해당되는 비용임
- 또한 한국건설기술연구원에서 수행한 '도로소음 모델 및 도로소음평가기술 개발(안덕순, 2015)' 연구결과에 따르면 AASHTO TP 76-12 규정에 따른 실제 일반 아스팔트 도로의 10회 평균 소음 최소값인 95 dB(A)과 콘크리트 포장 10회 평균 소음 최대값인 102 dB(A)의 차가 7 dB(A) 발생하는 것으로 나타남
- 이에 유지보수를 통해 콘크리트 포장의 소음치를 아스팔트 도로 수준으로 낮추기 위해 7 dB(A) 소음 저감치를 기술개발 목표로 제시함
- 개발 기술의 목표치인 7 dB(A) 소음 저감치는 미국의 AASHTO TP 76-12 " On-Board Sound Intensity (OBSI) Method" 혹은 ISO/DIS 11819-2 "CPX Method"를 적용하였을 경우 타어어 발생 소음 저감량을 직접 확인 하는 방법을 제안함

<일반아스팔트 및 콘크리트 포장 소음치 비교>

구분	일반아스팔트	콘크리트 포장
평균	96.2	101.4
표준편차	0.536	0.530
최소값	**95.3**	100.5
최대값	96.9	**102.0**
최대편차	1.6	1.5

○ **반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지 보수 실용화 공법 개발**

- 기존 노후화된 콘크리트 포장 위를 아스팔트 계열로 덧씌우기 시 가장 문제가 되는 반사균열을 저감시키기 위해 기존 콘크리트 층을 재활용하여 기층화 시키며 반사균열을 기존 대비 70% 저감시키는 것을 목표로 설정함
- IOWA(2015)대학 에서는 반사균열 저감 공법별로 시험 시공을 통하여 균열률을 비교하였으며, Crack and Seat 공법의 경우 일반 덧씌우기 공법 대비 약 59%이상 균열이 저감되는 것을 확인하였음

<일반 덧씌우기 공법 및 Crack & Seat 공법의 반사균열 저감치>

공법	공용연수	균열 상태	RCI
일반 덧씌우기	8	6 small, 4 medium and 19 large size	132
Crack and Seat	8	7 small, 8 medium and 4 large size	55

RCI = Low × 1 + Medium × 3 + High × 6

- 이과 같은 공용성 자료를 바탕으로 본 연구 수행 시 반사균열 저감치를 도전적으로 70 %로 설정함
- 개발 기술의 목표치인 반사균열 70% 저감 방안에 대한 검증은 실제 시험포장을 실시하고 1년간 공용 후, 대조군과 비교하여 반사균열의 상대적인 저감률을 확인하는 방안을 제안함
- 또한 아스팔트 계열로 덧씌우기 시 부착성능을 향상시키기 위해 택코팅(Tack coating)재료를 도포하나 긴 양생시간 및 작업차량에 의한 택코팅 탈리가 발생하는 문제점이 빈번히 발생해 기존방식 대비 부착성능 50% 향상 택코팅 기술 개발

을 목표로 설정함

- Randy C.(2005)는 유제 포설 방식별 부착강도 시험을 수행하였으며, 동시 포설 공법이 일반 포설 공법보다 약 50%이상 부착성능이 우수한 것으로 보고하였음
- 개발 기술의 목표치인 부착성능 50% 향상 방안에 대한 검증은 실제 시험포장을 실시하고 1년간 공용 후, 대조군과 비교하여 부착성능의 상대적인 향상률을 확인하는 방안을 제안함

<기존방식 및 동시포설 방식에 따른 부착강도 성능 비교>

공법	접착강도(psi)				
	1	2	3	4	평균
기존방식	60.1	60.1	31.8	51.3	50.8
Pad	53.1	46.0	54.8	56.6	52.6
Spreader	92.0	84.9	77.8	95.5	83.1

3. 단계별 목표

○ 1단계, 기술개발단계 (2018~2019년)

- 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 원인규명 및 평가 기술 개발
- 20년 도로수명연장형 –7dB(A) 소음저감형 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 설계기술 개발
- 반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 계열 유지보수 설계기술 개발

○ 2단계, 기술실용화단계 (2020~2021년)

- 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 설계기술 개발
- 20년 도로수명연장형- 7dB(A) 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 실용화 공법 개발
- 반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 계열 유지보수 실용화 공법 개발

○ 3단계, 기술확대단계 (2022년)

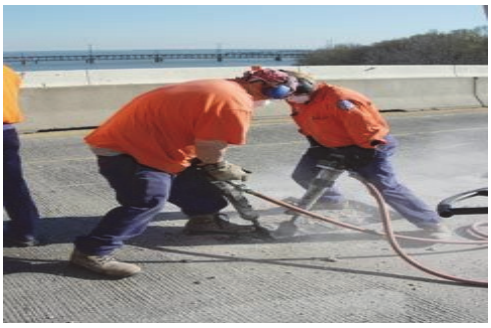
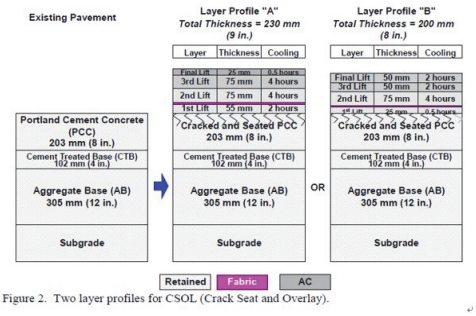
- 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total solution 기술 완성
- 20년 도로수명연장형- 7dB(A) 시멘트 콘크리트 계열 유지보수 공법 실증 및 확대
- 반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 계열 유지보수 공법 실증 및 확대

2절. 기술개발에 따른 미래상

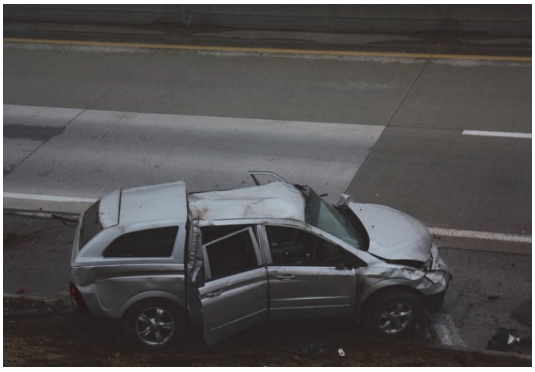
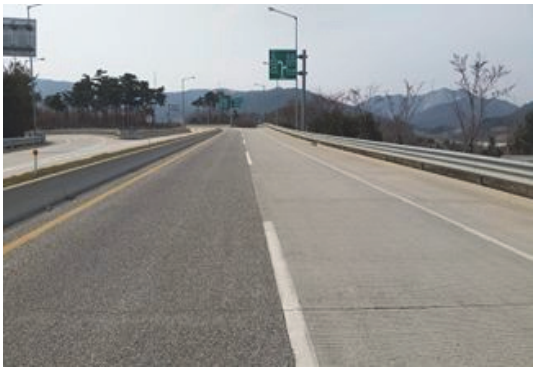
1. 현황 및 미래상

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

가. 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total Solution 제공

<table>
<tr><th>AS-IS</th><th>TO-BE</th></tr>
<tr><td> 
 </td><td>
 
Figure 2. Two layer profiles for CSOL (Crack Seat and Overlay).</td></tr>
<tr><td>파손원인규명 없이 관행적 방법에 의한 포장보수 시공</td><td>명확한 원인규명 및 공법결정/합리적 설계 /품질관리향상기법을 통한 과학적·체계적 포장보수 시공</td></tr>
<tr><td>• 포장 파손 원인에 관한 고려 없이 동일한 공법으로 파손부위 제거에 치중하여 단기간 내 재파손 발생
• JPCP에 대한 콘크리트 덧씌우기 설계법이 부재하며, 이에 경험적인 방법에 의한 덧씌우기층 두께 결정</td><td>• 파손 원인에 적합한 보수공법을 적용하여 포장의 장기 공용성 향상 및 유지관리 비용 절감
• 기존 JPCP의 구조적 상태에 따른 합리적 유지보수 두께 결정</td></tr>
</table>

나. 20년 도로수명연장 – 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발

AS-IS	TO-BE
	
잦은 도로 파손/잦은 유지보수 /주행환경저하/교통사고 유발 /사용자 비용 증가	**도로성능 110% 복원/공용수명 20년 /7 dB(A) 소음저감/ 쾌적한 주행환경 제공**
• 잦은 유지보수로 인한 누더기 도로, 건설 폐기물 및 유지보수 비용증가 • 보수부위 재파손 빈번하게 발생(3년 이내) 사용자에게 불쾌감 유발 • 포장의 공용수명을 획기적으로 연장 할 수 있는 유지보수 공법 부재	• 도로포장 유지보수 비용 및 각종 사용자 비용을 비롯한 부대비용을 현저하게 절감할 수 있음 • 쾌적하고 안전한 도로환경 제공을 통한 교통사고 발생률 및 사고비용 절감

다. 반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발

AS-IS	TO-BE
반사균열로 인한 덧씌우기 공법에 대한 효용성 저하	**반사균열발생 최소화로 아스팔트 덧씌우기 포장 공용수명 증진 반사균열 70% 저감 부착성능 50% 향상**
• 현재 노후된 콘크리트포장 위에 아스팔트 혼합물로 덧씌우기 할 경우, 반사균열 제어 기술 부재 • 기존 노후된 콘크리트포장층과 아스팔트층과의 부착력 확보를 위한 기술 부재 • 또한 기존 택코트 재료의 양생시간을 줄이고, 시공효율성을 확보할 수 있는 기술이 부재함	• 기존 노후된 콘크리트층의 일정한 간격으로 균열을 유도하여, 덧씌우기층에 발생되는 응력을 분산시켜, 반사균열 발생을 크게 저감시킬 수 있음 • 기존 콘크리트층과 덧씌우기층의 부착력이 증진하여 포트홀과 같은 국부적인 파손을 크게 저감시킬 수 있음

2. 중점 추진분야

가. 중점추진분야 선정

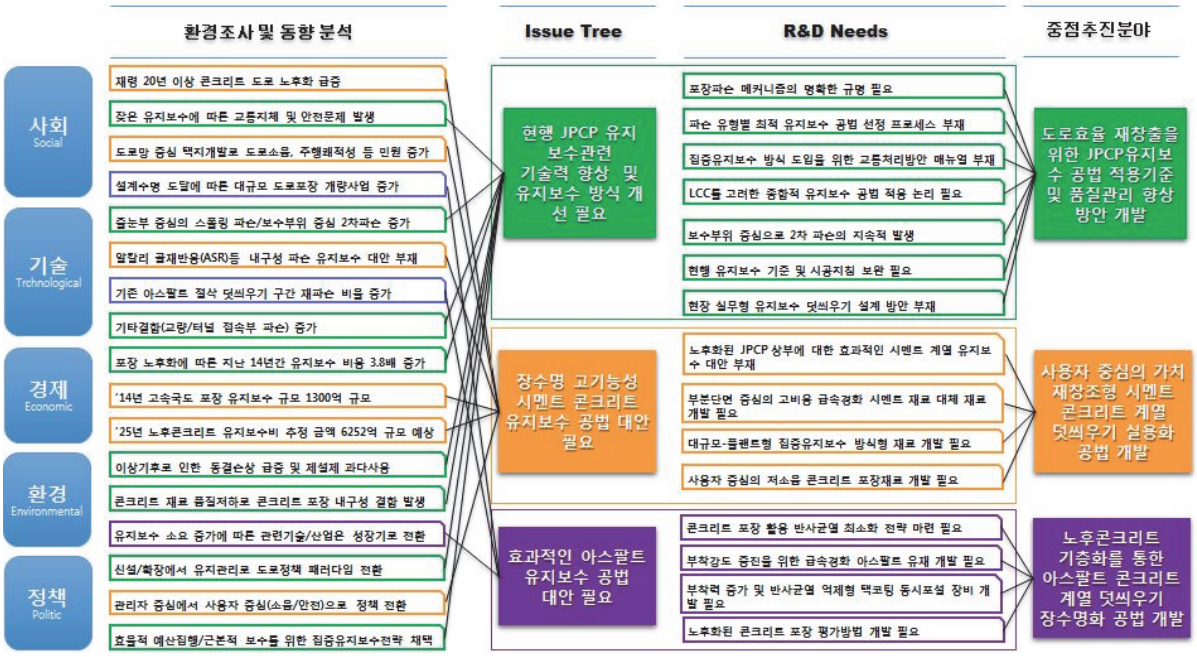
○ 본 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위한 중점추진분야는 다음과 같이 '목표의 타당성/적시성/국가지원타당성' 을 고려하여 설정하였음

<중점추진분야의 선정 기준>

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

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

<중점추진분야 선정 과정>



나. 중점추진분야 내용

(1) 중점추진분야 (1세부) : 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상 방안

개요	• 줄눈 콘크리트포장의 파손원인 규명을 기반으로 한 유지보수공법 적용 논리 개발 • IoT 기반 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가 기법과 기준 개발 • 현장 실무형 공용성 기반 유지보수 설계법 개발
배경	• 최근 국토교통부의 주요정책 패러다임이 SOC 고령화에 따른 노후도로의 효과적인 개선방안 마련이기 때문에 포장 파손 원인별 최적 유지보수 공법 적용에 따른 도로이용자 안전 및 경제성 개선을 위한 대책 마련이 필요한 실정임 • 유지보수 공법으로 주로 아스팔트 덧씌우기 공법을 적용하고 있지만 기존 콘크리트 포장과의 재료적 특성 차이에 의해 2차 파손이 증가하고 있음 • 콘크리트 포장 파손의 경우 동일한 유형의 파손에도 다양한 원인이 존재하기 때문에 파손원인에 적합한 유지보수 공법 적용에 대한 논리가 필요한 실정임 • 유지보수에 소요되는 예산의 규모가 급격하게 증가함에 따라 체계적인 예산관리를 위해 포장 파손 원인에 최적화된 유지보수 공법 적용에 대한 시스템을 개발할 필요가 있음 • 손상된 콘크리트포장의 보수에서 가장 핵심적인 사항은 기존 포장층과 보수층과의 부착력 확보이며 이는 열화된 기존 포장층을 완전히 제거한 상태에서 가능하게 되나 현재 시공전 건전도 평가 및 열화부 제거 여부에 대한 정량적 평가 또는 방법이 매우 부족한 실정임 • 아스팔트/콘크리트 덧씌우기 포장 두께 산정을 위한 실무형 설계법이 마련되어 있지 않음 • 현재 역학-겸험적 덧씌우기 포장은 실무자가 이해하고 사용하기 어려움으로 인하여 현장에서 편리하게 사용할 수 있는 덧씌우기 설계법 필요
목표	• 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 Total Solution 제공
주요내용	• 콘크리트포장 파손 유형별 원인 규명 연구 • 실무형 Project level 현장조사를 위한 프로세스 개발 • 개발예정 기술 적용을 포함한 최적 유지보수 공법 적용 체계 개발 • 유지보수 유형별 의사결정 논리 개발 빛 체계 구축 • 유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술 개발 • 유지보수 기준 및 시공지침 재정립 연구 • 아스팔트 덧씌우기 설계법 개발 • 콘크리트 덧씌우기 설계법 개발

(2) 중점추진분야 (2세부) : 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발

개요	• 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근콘크리트포장 덧씌우기 실용화 기술 개발 • 사용자 중심–고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발
배경	• 설계수명이 다한 노후 콘크리트 포장 연장이 급격히 증가하고 있고, 이에 따른 포장의 예방적 유지보수, 유지보수 및 재포장 또는 재시공 수요가 기하급수적으로 증가하고 있는 실정임 • 환경친화성과 도로 포장의 지속가능성을 동시에 겸비한 유지보수 및 재포장 기술개발이 절실히 요구되는 실정임 • 기술적인 측면에서 노후 줄눈콘크리트 포장 수명을 획기적으로 연장할 수 있는 기술개발이 기대됨 • 역학적-경험적 자료에 근거한 체계적인 CRCP 덧씌우기 설계법은 개발된 바 없음 • CRCP 덧씌우기 시공 기술에 대한 체계적인 공법이 정립되어 있지 않음 • 노후화된 콘크리트 포장 보수의 단순한 구조적 수명연장을 넘어서 소음, 미끄럼 저항성, 평탄성 등 기능성을 개선하여 보강 후 구조적 포장수명과 동시에 안전하고 쾌적한 주행조건을 장기간 제공할 수 있는 고기능성 장수명 콘크리트 덧씌우기 포장 공법의 국내 적용이 필요함
목표	• 유지보수를 통해 공용수명 20년 확보 • 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기를 통해 도로소음 7dB(A) 감소
주요내용	• 국내외 CRCP 덧씌우기 사례분석(설계,시공, 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사) • CRCP 덧씌우기 적용 여부 결정 논리 개발 • CRCP 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 연구 • 고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안 연구 • 유지보수용 CRCP 덧씌우기 철근 상세기준 개발 • 유지보수용 CRCP 덧씌우기 시공방법 및 장비개발 및 공용성 평가 • 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 재료 및 공법 개발 • 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 재료 및 공법 개발

(3) 중점추진분야 (3세부) : 노후콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발

개요	• 아스팔트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 • 유지보수용 택코트+아스팔트혼합물 동시포설 시공기술 개발
배경	• 한국도로공사는 2018년 평창올림픽 기간 중 주요 이동경로인 중부선 및 영동선 내 노후 포장을 근원적으로 개량하여 향후 10년간 신설고속도로 수준으로 성능을 향상시키고자 노후 콘크리트 포장의 개량을 위하여 아스팔트 덧씌우기 적용을 기본 방안으로 수립 • 시멘트 콘크리트 포장 위 아스팔트 층이 덧씌우기 된 합성단면 포장은 기존 콘크리트 포장의 균열부와 줄눈분에서의 수직/수평적 움직임에 의하여 덧씌우기 층으로 전파되는 반사균열이 발생하는 문제점이 있음 • 반사균열 발생 시 승차감 불량, 사용자의 불안감 조성을 비롯하여 우수침투로 인하여 포장 파손이 가속화되어 포장 수명의 단축을 초래함 • 노후 콘크리트 포장의 보수보강은 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되며 아스팔트 덧씌우기의 반사균열을 억제하는 대안 제시가 시급함 • 층간의 부착효율성 향상 및 정량적 평가를 통한 포장 공용수명 증가가 필요함 • 현재는 반사균열 영향을 줄이기 위하여 1차적인 방법으로 아스팔트 덧씌우기 포장 두께를 증가하여 시공하고 있음 • 아스팔트 덧씌우기 공법 적용시 교통개방 시간을 단축할 필요성 증가
목표	• 노후 줄눈콘크리트 조인트를 통한 반사균열 70% 저감 • 노후 JPCP와 상부 아스팔트 층간 부착성능 50% 향상
주요내용	• 반사균열 저감을 위한 전처리 시공 최신기술 동향 파악 • 균열유도/안치 공법 피로수명 모델 개발 • 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격 도출 • 균열폭/간격에 따른 덧씌우기층 거동 분석 및 최적 포장두께 산정 • 국내 실정에 적합한 한국형 균열유도/안치 장비 개발 • 균열유도/안치 공법 시험시공 및 공용성 평가 및 시방서 개발 • 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료개발 • 급속경화 유화아스팔트 재료 안정성 및 부착력 평가 • 택코팅 동시포설 장비 시제품 제작 및 검증 • 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 평가 • 포장가속시험 및 시험포장을 통한 시공성 및 공용성 평가 • 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) 개발

3절. 연구개발과제 구성

1. 후보 기술아이템 선정

○ 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위한 중점추진분야를 선정하였으며, 선정된 중점추진분야를 실현하기 위한 구체적인 연구개발 기술이 도출되어야 함

○ 국내·외 환경분석 및 동향조사결과, 기술수요조사 및 예측조사, 기획연구진 및 자문회의를 거쳐 도출된 후보기술 아이템에 대해 중점추진 분야를 중심으로 1차 상관관계 매핑(mapping)을 실시함

○ 1차 매핑결과를 바탕으로 후보 기술아이템의 수준 및 위계를 재조정하고 목표달성을 위한 34개 후보 기술 아이템을 선정하였음

○ 선정된 후보 기술아이템에 대해 연구의 성격이 유사하거나 목표 달성을 위한 상관관계가 높은 과제를 중규모 과제로 재분류하였으며, 이를 다시 중점추진분야/세부 추진분야/후보기술 아이템으로 분류함

<후보 기술 아이템 도출>

<기술개발 세부내용 후보군>

구분		과제명
중점추진분야 1		도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발
	1-1 세부과제	포장파손 유형별 원인규명을 통한 유지보수 공법 적용논리 개발
	1구성기술	최적 유지보수 공법 적용을 위한 콘크리트 포장 파손 원인 연구
	2구성기술	Project level의 실무형 콘크리트포장 조사 시스템 개발
	3구성기술	JPCP 품질 향상을 위한 최적 유지보수 공법 적용 시스템 개발
	1-2 세부과제	유지보수 품질관리 향상을 위한 기준 및 지침 개발
	1구성기술	최적의 품질관리를 위한 유지보수 기준 재정립 연구
	2구성기술	품질 향상을 위한 JPCP 유지보수 시공지침 연구
	3구성기술	콘크리트 포장 유지보수 시 속경성시멘트의 수화특성을 고려한 최적의 양생방안 연구
	1-3 세부과제	현장 실무형 유지보수 설계법 개발
	1구성기술	실무자 친화형 콘크리트 유지보수 설계법 개발
	2구성기술	반사균열 모델 개발을 통한 아스팔트 포장 덧씌우기 설계법 개발
	3구성기술	실무자 친화형 아스팔트 유지보수 설계법 개발
	1-4 세부과제	유지보수 유형별 의사결정 지원체계 정립
	1구성기술	유지보수 공법 연계형 교통처리 시스템 개발
	2구성기술	검증된 콘크리트 포장 보강공법 도출 및 보수 보강 시기/공법 결정 Logic 개발
	3구성기술	최적 공법 선정을 위한 유지보수 경제성 분석 시스템 개발
	1-5 세부과제	유지보수 품질관리 기술 개발
	1구성기술	비파괴 방법을 이용한 유지보수 구간의 통합 건전도 평가기술 개발
	2구성기술	콘크리트 포장 열화부 산정 및 보강방안 기술 개발
	3구성기술	콘크리트 포장의 현장 기포간격계수 평가기법 개발
	4구성기술	최적의 품질관리를 위한 Micro-level 파손원인 분석기술
	5구성기술	아스팔트 에멀전 활용 폴리머콘크리트 재료 및 시공기술 개발
중점추진분야 2		사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트콘크리트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	2-1 세부과제	유지보수형 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발
	1구성기술	2층 콘크리트포장 원리를 적용한 간편 CRCP 덧씌우기 시공기술 개발
	2구성기술	철근저감형 CRCP 덧씌우기 공법 개발
	3구성기술	노후 콘크리트 포장 수명 연장을 위한 CRCP 덧씌우기 설계 및 시공기술 개발
	2-2 세부과제	사용자 중심-고기능성 유지보수 재료 및 공법 개발
	1구성기술	소입경 골재노출 덧씌우기 공법 개발
	2구성기술	강한 바인더 다기능 콘크리트 개발 및 저소음-안전/주행성 향상 공법 개발
	3구성기술	유지보수용 다공성(porous) 재료 및 공법을 개발
	2-3 세부과제	고내구성-레미콘 플랜트형 덧씌우기 재료 적용방안 개발
	1구성기술	레미콘을 이용한 초조강 저비용 덧씌우기 재료 개발
	2구성기술	조강시멘트를 이용한 폴리머 시멘트 콘크리트 덧씌우기 포장 재료와

		프라이머의 개발
	2-4 세부과제	전단면 유지보수 실용화 공법 개발
	1구성기술	기능성 전단면 Precast 콘크리트 슬래브를 이용한 급속시공 프로세스 개발
	2구성기술	연속식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발
	3구성기술	단절식 프리캐스트 포장 급속 시공 공법 개발
	4구성기술	현장 타설형 유지보수 시공 프로세스 개발
중점추진분야 3		노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발
	3-1 세부과제	반사균열저감형 전처리시공기술개발
	1구성기술	아스팔트 덧씌우기를 위한 노후 콘크리트포장의 균열 및 안치공법 개발
	3-2 세부과제	아스팔트 덧씌우기 시공관리 기술
	1구성기술	반사균열 저감층 개발 및 응력완화층(그리드 및 섬유보강) 시공법 개발
	2구성기술	무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수를 위한 아스팔트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	3구성기술	고성능 저비용 아스팔트 덧씌우기 포장 공법 개발
	3-3 세부과제	부착강도 증진을 위한 택코팅 공법 개발
	1구성기술	부착강도 향상 및 급속 경화형 유화 아스팔트 개발

2. 연구개발과제 구성

가. 기술아이템 선정 방식

○ 후보기술아이템 중 국내·외 정책동향, 시장현황, 기술수준, 국내외 특허 논문동향 조사 및 국내 연구개발 인프라 분석 결과를 바탕으로 연구진이 1차 우선 후보기술 아이템 25개 항목을 선정 후 기술예측조사에 참여한 전문가를 대상으로 기술아이템 우선순위 분석을 실시함

○ 연구의 비전 및 목표를 달성하기 위해 필요한 후보기술의 핵심성, 본 기술 개발에 따른 경제성, 국토교통부 지원의 필요성을 고려한 기술의 공공성, 연구개발의 시급성 등을 고려하여 기술 아이템을 선정하였음

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

<후보기술 아이템 우선순위 분석>

순위	후보기술 아이템	평가결과 (5점 척도)				
		핵심성	경제성	공공성	시급성	계
		(0.3)*	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(1.0)
1	ㅇ콘크리트포장 파손 유형별 원인규명 연구	1.39	0.93	1.39	0.93	**4.63**
2	ㅇ포장 파손 원인별 적용 가능한 유지보수 공법 선정 프로세스 개발	1.26	0.84	1.26	0.84	**4.21**
3	ㅇ현장 실무형 콘크리트 유지보수 설계법 개발	1.23	0.82	1.23	0.82	**4.11**
4	ㅇ실무형 Project level 현장 조사를 위한 조사분석 논리 개발	1.20	0.8	1.20	0.8	**4.00**
5	ㅇ아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발	1.18	0.79	1.18	0.79	**3.95**
6	ㅇ유지보수 기준 및 시공지침 재정립	1.14	0.76	1.14	0.76	**3.79**
7	ㅇ유지보수 공법 적용시기 및 공법대안에 대한 경제성 분석 방안 연구	1.14	0.76	1.14	0.76	**3.79**
8	ㅇ보수범위 산정을 위한 건전도 평가기술 개발	1.12	0.75	1.12	0.75	**3.74**
9	ㅇ국내여건에 맞는 최적 교통처리 방안 연구	1.12	0.75	1.12	0.75	**3.74**
10	ㅇ열화부 제거 확인기술 및 시공품질관리 기법 개발 연구	1.07	0.72	1.07	0.72	**3.58**
11	ㅇ유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 공법 개발	1.07	0.72	1.07	0.72	**3.58**
12	ㅇ CRCP 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 연구	1.03	0.68	1.03	0.68	**3.42**
13	ㅇ골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 공법 개발	0.98	0.65	0.98	0.65	**3.26**
14	ㅇ고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안 연구	0.98	0.65	0.98	0.65	**3.26**
15	ㅇ신구계면 부착강도 향상 및 평가기술 개발	0.95	0.63	0.95	0.63	**3.16**
16	ㅇ노후화된 JPCP 비파괴 평가방법 개발	0.95	0.63	0.95	0.63	**3.16**
17	ㅇ현장 실무형 아스팔트 유지보수 설계법 개발	0.93	0.62	0.93	0.62	**3.11**
18	ㅇ유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 개발	0.92	0.61	0.92	0.61	**3.05**
19	ㅇ고분말 혼화재를 활용한 강한 바인더-표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장공법 개발	0.92	0.61	0.92	0.61	**3.05**
20	ㅇ부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 개발	0.90	0.60	0.90	0.60	**3.00**

21	ㅇ2차파손 방지를 위한 재료 및 기술 개발	0.90	0.60	0.90	0.60	**3.00**
22	ㅇ하부구조 결함 보수보강 기술 개발	0.88	0.59	0.88	0.59	**2.95**
23	ㅇ유지보수용 다공성(porous) 재료 및 공법을 개발	0.74	0.49	0.74	0.49	**2.47**
24	ㅇ아스팔트 덧씌우기 시공관리 기술	0.71	0.47	0.71	0.47	**2.37**
25	ㅇ아스팔트 에멀전 활용 폴리머콘크리트 재료 및 시공기술 개발	0.65	0.43	0.65	0.43	**2.16**

* 괄호 안은 가중치임

○ 기술예측조사를 통해 수행한 사회경제적 실현시기, 기술획득방식, 정부개입의 필요성, 국내기술수준 등을 종합적으로 반영하여 우선순위 상위 20개 기술 아이템을 최종적으로 핵심 기술 아이템으로 선정함

○ 또한 본 기획연구의 자문위원진을 중심으로 8차의 외부자문회의를 수행하였으며, 자문회의 의견 역시 기술아이템 선정 시 반영하였음

나. 세부과제 및 세세부과제 선정

○ 위와 같이 기술수요조사를 중심으로 34개의 기술아이템 후보를 도출하고, 동향분석결과를 바탕으로 연구진이 1차 후보기술 아이템 25개 항목을 선정 후, 최종적으로 전문가가 참여한 기술아이템 우선순위 분석을 통해 최종 20개의 기술아이템을 선정하였음

○ 이과 같은 20개의 기술 아이템에 대해 과제 간 연계성, 추진 효율성 등을 종합적으로 분석하여 3개의 중점추진분야에 대해 7개의 대표 세세부 과제를 다음과 같이 도출하였음

<기술개발 세부내용 후보군>

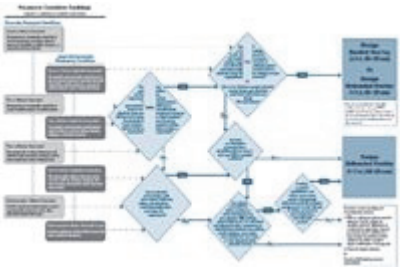
구분		과제명
중점추진분야 1		도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발
	1-1 세부과제	포장파손 유형별 원인규명을 통한 유지보수 공법 적용논리 개발
	1구성기술	콘크리트포장 파손유형별 원인 규명 연구
	2구성기술	실무형 Project level 현장 조사를 위한 조사분석 논리 개발
	3구성기술	포장 파손 원인별 적용 가능한 유지보수 공법 선정 프로세스 개발
	4구성기술	유지보수 공법 적용시기 및 공법 대안에 대한 경제성 분석방안 연구
	5구성기술	국내여건에 맞는 최적 교통처리 방안 연구
	1-2 세부과제	유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준개발
	1구성기술	보수범위 산정을 위한 건전도 평가기술 개발
	2구성기술	열화부 제거 확인기술 개발
	3구성기술	신구계면 부착강도 향상 및 평가기술 개발
	4구성기술	콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침 재정립
	1-3 세부과제	현장 실무형 유지보수 설계법 개발
	1구성기술	노후화된 JPCP 비파괴 평가방법 개발
	2구성기술	현장 실무형 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법 개발
	3구성기술	현장 실무형 아스팔트 포장 덧씌우기 설계법 개발
중점추진분야 2		사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트콘크리트 덧씌우기 실용화 공법 개발
	2-1 세부과제	기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발
	1구성기술	유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 공법 개발
	2구성기술	CRCP 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 연구
	3구성기술	고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안 연구
	2-2 세부과제	사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발
	1구성기술	골재노출형 저소음 덧씌우기 포장공법 개발
	2구성기술	고분말 혼화재를 활용한 강한 바인더-표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장공법 개발
중점추진분야 3		노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발
	3-1 세부과제	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발
	1구성기술	아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발
	3-2 세부과제	부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발
	1구성기술	유지보수형 급속경화 유화아스팔트 재료 개발
	2구성기술	부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 개발

4절. 핵심과제별 주요내용 및 추진전략

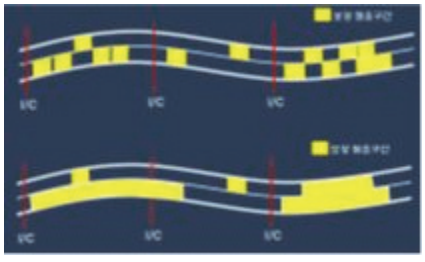
○ 1세부 : 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발

과제명		1-1 세세부 - 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발
연구개요		• 노후화된 JPCP의 장수명-고기능성 유지보수를 위하여 파손 유형별 원인 규명, 현장조사 프로세스 개발, 최적 유지보수 공법 적용 체계 개발 및 경제성 분석을 통해 파손 유형별 의사결정 지원체계 정립을 위한 논리 개발
배경 및 필요성	정책적	• 공용년수 20년 이상의 노후된 고속도로 콘크리트 포장의 연장이 2015년 기준 1,150km/차로이나 10년 후에는 약 5.8배 증가한 6,662km/차로로 급격한 증가가 예상됨 • 노후 포장의 연장이 급격하게 증가하여 발생되는 포장 파손 유형별 발생원인에 따른 적절한 유지보수 공법 및 품질관리 방안이 부족하여 도로이용자의 안전 및 경제성에 악영향이 우려됨 • 최근 국토교통부의 주요정책 패러다임이 SOC 고령화에 따른 노후도로의 효과적인 개선방안 마련이기 때문에 포장 파손 원인별 최적 유지보수 공법 적용에 따른 도로이용자 안전 및 경제성 개선을 위한 대책 마련이 필요한 실정임
	기술적	• 최근 노후구간의 줄눈부 파손에 의한 부분단면 보수 소요가 약 1.5~1.8배 증가되고 있으나 파손에 대한 정확한 원인 파악 없이 동일한 방법의 유지보수가 관행적으로 시행되고 있음 • 유지보수 공법으로 주로 아스팔트 덧씌우기 공법을 적용하고 있지만 기존 콘크리트 포장과의 재료적 특성 차이에 의해 2차 파손이 증가하고 있음 • 콘크리트 포장 파손의 경우 동일한 유형의 파손에도 다양한 원인이 존재하기 때문에 파손원인에 적합한 유지보수 공법 적용에 대한 논리가 필요한 실정임
	경제적	• 최근 국토교통부 도로보수현황에 따르면 2001년 약 2,931억원이 소요된 유지보수 비용이 2014년에는 5,257억원으로 13년 동안 약 1.79배 증가함 • 무근콘크리트 줄눈포장의 비중이 높은 고속도로의 경우 약 1,308억원의 예산을 소요하여 유지보수를 시행하고 있으나 보수 구간의 2차 파손으로 인한 예산 낭비가 심각해지고 있는 실정임 • 유지보수에 소요되는 예산의 규모가 급격하게 증가함에 따라 체계적인 예산관리를 위해 포장 파손 원인에 최적화된 유지보수 공법 적용에 대한 시스템을 개발할 필요가 있음
목표		• 콘크리트 포장 파손별 원인규명을 통한 최적화된 유지보수 공법 적용 논리 및 실무지침 개발

연구내용	• 콘크리트 포장 파손 유형별 원인 규명 연구 - 종·횡방향 균열, 우각부균열 등과 같은 교통 및 환경하중에 의한 역학적 포장 파손발생 매커니즘에 대한 규명 및 사례조사 - 콘크리트 내구성 파손(동결손상, 알칼리 실리카 반응 등) 원인규명 및 사례조사 • 실무형 Project level 현장조사 프로세스 개발 - Project level PMS 구축을 위한 포장 파손 현장조사 항목 선정 연구 - 조사구간 선정 기준 제시 및 조사결과의 정량화 방법 개발을 통한 Project level 현장조사 프로세스 매뉴얼 개발 • 개발예정기술 적용을 포함한 최적 유지보수 공법 선정 프로세스 개발 - PMS 자료를 활용하여 국내에 적용된 유지보수 공법별 공용성 추적조사 실시 - JPCP 포장 파손 종류별 및 심각도별 유지보수 공법 대안선정 논리 개발 - 개발된 공법선정 체계의 현장 적용 가능성 검증을 통해 개선된 매뉴얼 개발 • 유지보수공법에 대한 경제성 분석 방안 연구 - 포장 파손 원인별 각종 유지보수 공법의 적용시기에 따른 경제성 분석 - 유지보수공법별 경제성 비교, 분석 • 국내 여건 감안 최적 교통처리 방안 연구 - 현행 교통처리 방안(TMP)이 교통소통에 끼치는 영향 분석 및 도로점용공사 관련규정 검토를 통해 문제점 제시 및 개선된 교통처리 방안 제시 • 최적 유지보수 공법 적용에 대한 의사결정 논리 개발 및 체계 구축 - 경제성 분석 결과를 바탕으로 최적 유지보수 공법 선정을 위한 의사결정 논리를 개발
최종 성과물	• 실무진을 위한 무근콘크리트 줄눈 포장의 Project level 현장조사 수행 매뉴얼 개발 1건 • 콘크리트 포장 파손 종류별 최적 유지보수 공법 적용 매뉴얼 개발 1건 • 국낸 여건에 맞는 최적 교통처리방안(TMP) 매뉴얼 • 최적 유지보수 공법 적용을 위한 의사결정 소프트웨어



<공법 적용 논리>



<의사결정 지원체계>

과제명		1-2 세세부 - 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발
연구개요		• 콘크리트 포장 유지보수 공정별 시공품질관리 기술 개발 • 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침 재정립
배경 및 필요성	정책적	• 중차량에 대한 우수한 저항성으로 고속도로 및 자동차전용도로에 적용되고 있는 콘크리트 포장은 유지보수 시 장기차단의 어려움 등으로 긴급보수, 부분단면보수, 야간공사 등이 주로 이루어지고 있어 보수 전 설계, 시공 및 품질평가 단계에서 아직까지 이용자 중심의 정책이 마련되어 있지 못하고 있음 • 손상된 콘크리트 포장의 원인을 분석하고 적절한 공법으로 유지보수함으로써 포장의 공용수명을 증대할 수 있음
	기술적	• 현재 콘크리트포장의 부분단면보수는 획일적인 보수부 선정과정에서 건전부와 불건전부 미평가, 시공공정별 유지보수업체별 장비사용, 열화부 제거상태 확인 과정 부족 등 콘크리트포장 보수에 있어 정량적인 시공지침의 부족으로 조기 재파손이 발생하고 있는 상태임 • 손상된 콘크리트포장의 보수에서 가장 핵심적인 사항은 기존 포장층과 보수층과의 부착력 확보이며 이는 열화된 기존 포장층을 완전히 제거한 상태에서 가능하게 되나 현재 시공전 건전도 평가 및 열화부 제거 여부에 대한 정량적 평가 또는 방법이 매우 부족한 실정임 • 시공과정에서 기존 포장층 제거, 열화부 제거, 보수재 포설, 양생 등의 전 공정에 있어 각 유지보수업체별 자체 매뉴얼에 의한 시공방식에서 벗어나 유지보수 현장 시공지침을 마련함으로써 최적의 유지보수 품질관리 방안이 요구됨
	경제적	• 이러한 건전도 평가기법의 개발로 2차 파손방지를 실현함으로써 반복적인 도로 유지보수에 투자되는 국가예산 절감 가능. • 아스팔트 덧씌우기 공법 적용시 교통개방 시간을 단축할 필요성 증가 • 경제적 유지보수 공법인 기존 아스팔트 덧씌우기의 문제점을 보완하고 최적의 보수 공법 제시가 필요함
목표		• 보수범위 사정을 위한 건전도 평가기법 개발 - 보수 전 설계단계에서 유지보수 대상 건전도 평가기술을 개발함으로써 재파손 문제를 근본적으로 해결 - 보수 중 기존 열화부위에 대한 제거 여부를 확인할 수 있는 기법을 개발, 제시함으로써 일체화 거동에 따른 장기공용성 확보 - 보수 후 현재의 부착강도 1.0MPa를 교면포장 기준인 1.4MPa까지 향상시킬 수 있도록 공정단계별 품질 향상기법을 개발하고 이를 신속하게 평가할 수 있는 평가 기술 개발 • 유지보수 기준 및 시공지침 재정립 연구

	- 현재의 유지보수 설계기준을 보수범위 선정과정부터 예방적 전단면보수 과정까지 현실적인 공사 품셈을 반영하여 현실화된 기준으로 재정립 - 유지보수 현장 시공지침 표준화를 위해 공정별 문제점에 대한 재평가와 이를 보완한 시공지침 개발
연구내용	• 유지보수 공정별 품질향상 및 건전도 평가기술 개발 - 보수범위 산정을 위한 건전도 평가기술 개발 - 열화부 제거 확인 기술 및 시공품질관리기법 개발 - 신구계면 부착강도 향상 및 평가 기술 개발 • 유지보수 기준 및 시공지침 재정립 연구 - (설계) 유지보수 기준 재정립 연구 - 최적보수범위, 예방적 단계부터 전단면보수까지 전 공정 기준재정립 - (시방서) 유지보수 현장 시공지침 연구 - 전공정에서부터 부착강도 품질확보 단계까지 표준화된 시공지침재정립
최종 성과물	• 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발 - 콘크리트포장 건전/불건전 구분 평가기술 - 열화부 제거 확인 기술 - 신구계면 부착면 평가 시험법(안) - 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침(안)

<유지보수 구간 건전도 평가>

<유지보수 품질관리 기술 개발>

과제명		1-3 세세부 - 현장 실무형 유지보수 설계법 개발
연구개요		• 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장의 합리적 유지보수 공법 설계를 위한 아스팔트/콘크리트 포장 덧씌우기 설계법을 개발하고자 함
배경 및 필요성	정책적	• 노후 무근콘크리트 줄눈포장이 2022년까지 전체 고속도로 연장의 4%에서 23%까지 급증하게 될 예정이며, 이에 최적의 콘크리트 유지보수공법 적용을 위한 현장 실무형 콘크리트 유지보수 설계법 개발이 필요함 • 단기적인 보수공법연구 및 적용 보다는 장기적인 유지보수 방법, 설계법 등 복합적 연구 필요성 대두
	기술적	• 아스팔트/콘크리트 덧씌우기 포장 두께 산정을 위한 실무형 설계법이 마련되어 있지 않음 • 현재 역학-경험적 덧씌우기 포장은 실무자가 이해하고 사용하기 어려움으로 인하여 현장에서 편리하게 사용할 수 있는 덧씌우기 설계법 필요
	경제적	• 2014년 도로 유지보수비가 약 2조 4,000억 원이었으며, 그 중 약 25% 정도에 해당하는 비용인 5,862억 원이 포장보수비용으로 사용됨 • 복합포장의 반사균열로 인한 조기파손으로 유지보수비용 증가 • 노후화된 콘크리트 포장 연장 증가로 유지보수비용 급증
목표		• 설계자 편리성을 향상시킨 JPCP 유지보수용 덧쓰우기 포장설계법 개발
연구내용		• 국내외 JPCP포장 유지보수를 위한 덧씌우기 설계법 조사 - 국내에서 사용하는 JPCP 유지보수 덧씌우기 포장 설계법 검토 - 국외에서 적용되고 있는 JPCP 유지보수 덧씌우기 포장설계법 개발 검토 • 노후화된 콘크리트 포장 비파괴 평가방법 개발 - 포장체 구조적 성능을 평가하기 위한 현장 potable용 비파괴 평가방법 개발 • 아스팔트 포장 덧씌우기 설계논리 개발 - 아스팔트 콘크리트 혼합물 반사균열 시험: 국내에서 사용하는 아스팔트 콘크리트 혼합물 및 시공공법에 따른 조건을 반영하여 실내 반사균열 시험을 수행한다. 실내시험 결과를 이용하여 분석 수행 - 반사균열 모형 로직개발 및 모형개발: 반사균열 로직을 개발하며, 조사분석한 자료와 실내시험 결과를 분석하여 국내 덧씌우기용 아스팔트 혼합물 반사균열 모형 개발 - 새로운 아스팔트포장층 물성정량화: 국내에서 많이 사용하는 아스팔트 콘크리트층에 대한 탄성계수등 물성 정량화를 수행한다. - 유한요소법에 의한 복합포장 역학적 해석: 기존층 물성정량화 및 새로운 층 물성정량화를 통한 입력계수를 통하여 유한요소법에 의한 역학적 분석 수행 - 아스팔트 콘크리트 포장 공용성 자료 수집 및 분석: 각 조건별로 시공

	된 도로공사 및 일반국도 콘크리트 포장위 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 포장구간 반사균열에 대한 자료수집 및 분석 - 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 포장 공용수명 예측 및 설계법 개발: 실내실험에 의하여 개발한 모형과 공용성 분석 및 전이함수를 통하여 공용성 모형을 개발하며, 이를 바탕으로 역학해석 결과를 이용하여 설계수명을 구하여 덧씌구기 두께 산정 • 콘크리트 포장 덧씌우기 설계논리 개발 - 무근콘크리트 포장층 물성정량화 로직개발: 덧씌우기 포장에 재료물성 입력에 사용 하기 위한 FWD등 비파괴시험 방법을 이용한 무근콘크리트 포장(Crack and Seat 적용층 포함)층 탄성계수 및 하중전달계수 산정을 위한 로직 개발 - 콘크리트 덧씌우기 최적두께 설계법 개발 : 접착식 콘크리트 덧씌우기 해석기법 개발, 공용성모형 개발, 최적 두께 설계법 개발 • 설계자 편의성을 강조한 카탈로그 덧씌우기 설계법 개발 - 기존층 물성정량화 및 유한요소법에 의한 역학적 복합포장해석을 통한 카탈로그 또는 간단한 로직을 이용한 설계자 편리성 중심의 덧씌우기 설계법 개발
최종 성과물	• 유지보수를 위한 노후화된 JPCP 비파괴 평가법(안) • 아스팔트 덧씌우기 포장 설계 소프트웨어 • 콘크리트 덧씌우기 포장 설계 소프트웨어 • 설계자 편리성을 강조한 카탈로그 설계 지침(안)

	D_{max} of aggregates (mm)	Cement content (kg/m^3)	Water-cement ratio W / C	Air content (%-v)
Réseau I				
Surface layer (one- or two lift pavement)	> 20 6 < D_{max} ≤ 20 ≤ 6	≥ 400 ≥ 400 ≥ 425	≤ 0,45 ≤ 0,45 ≤ 0,45	 3 ≤ v ≤ 6 5 ≤ v ≤ 8
Bottom layer (two lift pavement)	≥ 20	≥ 375	≤ 0,45	3 ≤ v ≤ 6
Réseau II				
Surface layer (one- or two lift pavement)	> 20 6 < D_{max} ≤ 20 ≤ 6	≥ 350 ≥ 375 ≥ 400	≤ 0,50 ≤ 0,50 ≤ 0,50	 3 ≤ v ≤ 6 5 ≤ v ≤ 8
Bottom layer (two lift pavement)	≥ 20	≥ 350	≤ 0,50	3 ≤ v ≤ 6
Réseau III				
Surface layer (one- or two lift pavement)	> 20 6 < D_{max} ≤ 20 ≤ 6	≥ 325 ≥ 350 ≥ 375	≤ 0,50 ≤ 0,50 ≤ 0,50	 3 ≤ v ≤ 6 5 ≤ v ≤ 8
Bottom layer (two lift pavement)	≥ 20	≥ 325	≤ 0,55	3 ≤ v ≤ 6

<현장 실무형 아스팔트/콘크리트 유지보수 설계법 개발>

○ **2세부 : 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발**

과제명		2-1세세부 - 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 (CRCP) 덧씌우기 실용화 기술 개발
연구개요		• 노후 콘크리트 포장 구조적 안정성에 근거한 보수공법 의사결정 시스템 개발 • 역학적-경험적 자료에 기초한 유지보수용 CRCP 덧씌우기 설계법 개발 • 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시공 장비 및 시스템 개발
배경 및 필요성	정책적	• 설계수명이 다한 노후 콘크리트 포장 연장이 급격히 증가하고 있고, 이에 따른 포장의 예방적 유지보수, 유지보수 및 재포장 또는 재시공 수요가 기하급수적으로 증가하고 있는 실정임 • 노후 콘크리트 포장 재시공시 발생하는 건설 폐기물을 비롯한 각종 분진은 심각한 환경문제를 야기할 수 있으며, 본 기술은 기존 포장을 재활용하여 건설 폐기물 발생을 현저하게 줄일 수 있는 기술임 • 환경친화성과 도로 포장의 지속가능성을 동시에 겸비한 유지보수 및 재포장 기술개발이 절실히 요구되는 실정임
	기술적	• 기술적인 측면에서 노후 줄눈콘크리트 포장 수명을 획기적으로 연장할 수 있는 기술개발이 기대됨 • 역학적-경험적 자료에 근거한 체계적인 CRCP 덧씌우기 설계법은 개발된 바 없음 • CRCP 덧씌우기 시공 기술에 대한 체계적인 공법이 정립되어 있지 않음 • 국외 사례로, 미국 텍사스 Paris District에서는 2010년 노후화된 US 75 도로(포장형식: JPCP) 상부에 7인치 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기를 적용한 바 있으며, 현재까지 공용성이 우수한 것으로 파악됨 • 유지보수형 CRCP에 대한 국내 경쟁력 측면에서는 tube feeding(연속철근 기계식 설치공법) 방식을 적용할 경우, 가격경쟁력 및 시공성이 확보될 것으로 판단됨 • 국내에서는 연속철근콘크리트포장의 시공성능을 향상시키고 분리구간의 시공이 가능하도록, 시공 과정 중에 철근을 자동으로 설치할 수 있는 MRCP 공법이 개발된 바 있음
	경제적	• 기존 노후 콘크리트 포장을 제거할 필요가 없으므로 콘크리트 폐기물 처리 관련 부대비용의 현격한 예산절감이 기대됨 • CRCP 공법 적용을 통한 도로 포장의 기대수명 연장 및 생애주기비용 절감 효과가 기대됨 • 본 기술은 줄눈이 설치되지 않는 기술이므로, 현재 줄눈콘크리트 포장의 줄눈부 보수를 위해 투입되는 유지보수비용이 요구되지 않게 되어 상대적으로 현저한 유지 보수비용 절감효과가 기대됨
목표		• 공용수명 20년을 확보하는 유지보수형 연속철근 콘크리트 덧씌우기 공법 개발

연구내용	• 국내외 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 사례분석 (설계, 시공 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사) - Corps of Engineers PCC 덧씌우기 설계법 문제점 분석 - AASHTO 1993 PCC 덧씌우기 설계법 문제점 분석 - PCA PCC 덧씌우기 설계법 문제점 분석 • 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 적용 여부 결정 논리 개발 - 기존 노후 콘크리트 포장 보조기층의 구조적 안정성 평가기법 개발 (DCP, FWD, 또는 TPAD) - 포장의 처짐 또는 보조기층의 구조적 안정성에 기초한 CRCP 덧씌우기 가능여부 판단기준 제시 • 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 및 레미콘 생산 방안 도출 - 조강 및 초조강 기반 집중유지보수용 고내구성 콘크리트 재료 개발 - 강도발현을 조절할 수 있는 첨가제 검토 - 대량생산-경제성 확보-지역 레미콘 기반 생산방안 도출 • 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 철근 상세 기준 개발 - 국내외 CRCP 덧씌우기 사례분석 (설계, 시공 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사) - 국내외 CRCP 덧씌우기 포장의 구조적 특성평가 (FWD, DCP, TPAD, 및 콘크리트 재료특성) - 유지보수용 CRCP 덧씌우기 포장 평가시스템 개발 - 신구 콘크리트의 부착특성을 고려한 구조해석 기법 개발 • 유지보수용 CRCP 덧씌우기 시공방법 및 장비개발 - 노후 콘크리트 포장 표면 조건별 부착강도 특성평가 및 최적 콘크리트 표면처리기법 제시 - 시공 시 필요한 노폭을 최소화 및 철근배근 시스템 구축 - 콘크리트 표면 마무리 및 양생기법 개발 - CRCP 시공이음 부 콘크리트 품질관리 및 시공기술 개발 - 유지보수용 CRCP 차선최소화 시공 장비 개발 • 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시험시공 및 공용성 평가 • 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 공사 시방서 개발
최종 성과물	• 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공법 개발 • 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 설계 매뉴얼 • 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적 배합(안) • 고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안 • 유지보수용 연속철근 시공 장비 • 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공사시방서(안) • 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 시험시공

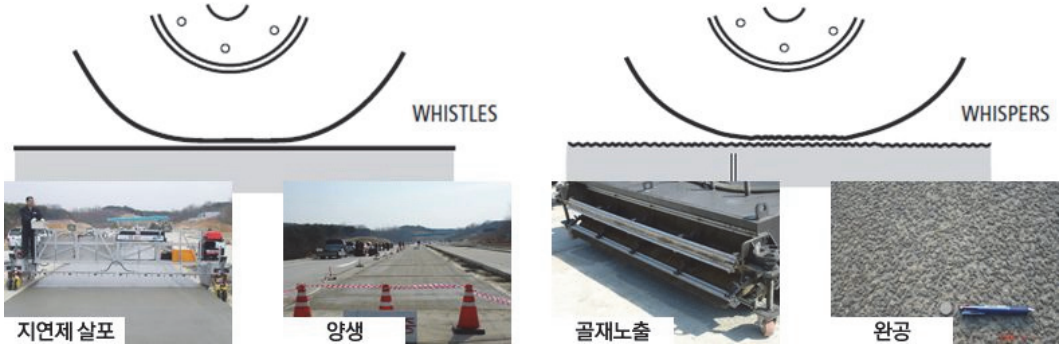
<유지보수형 CRCR OL>

<고내구성-레미콘 플랜트형 재료>

과제명		2-2 세세부 - 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발
연구개요		• 노후된 콘크리트 포장의 보수용 접착식 콘크리트 덧씌우기 재료 개발 • 사용자 편의 중심의 도로포장을 위한 골재노출형 저소음 콘크리트 덧씌우기 포장 공법 개발 • 강한 바인더를 적용하여 콘크리트 덧씌우기 포장의 역학적, 내구적 성능 증대 • 표층 패턴디자인 적용을 통하여 저소음 및 주행안전성 향상 포장 공법 개발
배경 및 필요성	정책적	• 노후화된 콘크리트 포장 보수의 단순한 구조적 수명연장을 넘어서 소음, 미끄럼저항성, 평탄성 등 기능성을 개선하여 보강 후 구조적 포장수명과 동시에 안전하고 쾌적한 주행조건을 장기간 제공할 수 있는 고기능성 장수명 콘크리트 덧씌우기 포장 공법의 국내 적용이 필요함 • 도심부를 통과하는 고속도로 및 자동차 전용도로 증가에 따른 교통소음의 증가로 고내구성 콘크리트 포장의 소음저감형 공법이 요구됨으로써 방음시설에 대한 수요를 줄여 도로건설의 경제성을 확보하는 것이 요구됨 • 일반적 형식의 시멘트콘크리트포장 표층에 대한 국민인식의 저하를 극복하기 위하여 주행안전성과 저소음을 추구하는 패턴문양의 포장 표층개발을 통하여 대국민 인식 전환 가능
	기술적	• 현재 국내에서는 노후된 콘크리트 포장의 덧씌우기 방법으로 아스팔트 덧씌우기 공법을 시행하고 있으나, 반사균열 발생가능성이 높고 조기 파손되는 경우가 발생하고 있음 • 콘크리트 덧씌우기 포장 공법을 이용한 도로포장의 수명을 증진시키고 구조적 문제 및 내구성을 증진시킬 필요가 있음 • 대부분 콘크리트 포장 후에 표면처리를 어떻게 하느냐에 따라 크게 끌기 공법과 타이닝 공법, 그라인딩 공법으로 나누어짐 • 기존에 사용 중인 버랩끌기, 횡방향 종방향 빗질, 타이닝 등은 아스팔트에 비해 높은 소음 발생시키고 있음

		• 노후 콘크리트 포장의 유지보수시 사용자 중심의 미래 지향적 주행쾌적성과 기능성을 고려한 저소음 콘크리트 덧씌우기 포장 공법의 필요성이 요구됨
	경제적	• 고기능성 콘크리트 덧씌우기 포장 공법의 적용으로 도로 사용자와 도로변 주거민들의 정신건강 향상을 통한 국민복지 증진 필요성 요구됨 • 포장에서 발생하는 소음을 저감하기 위해서 방음벽 등의 도로구조물을 추가로 건설하고 있는 실정이며, 포장에서의 저소음 유도를 위한 공법의 개발로 도로 전체의 건설비용을 효과적으로 저감할 수 있음 • 실제 고속도로 덧씌우기가 이루어진 구간에 반사균열 및 2차 파손 등의 발생으로 인한 재포장이 다량 발생하고 있음
목표		• 표층 표면처리를 통한 7dBA 도로노면소음저감을 위한 저소음 덧씌우기 포장 공법(골재 노출형, 표층패턴형) 개발
연구내용		**▷ 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장** • 기능성 확보가 가능한 골재 입형/입도기준 선정 - 저소음 콘크리트를 위한 골재 최대크기/입도/입형 실내실험 • 골재노출형 콘크리트 배합설계 및 물성시험 - 골재의 표면탈리 억제를 위한 바인더 선정 및 개발 - 콘크리트 품질기준 및 내구성 기준 정립 • 소음저감형 콘크리트 포장 평가기법 검증 • 지연제 타입별 성능 평가 및 선정 - 저소음 콘크리트 표면처리를 위한 지연제 선정 및 개발 • 지연제 살포방법 및 표면 모르타르 제거방안 수립 • 지연제 살포 및 표면처리 시작품 제작 및 검증 - 시공방법에 대한 시작품 장비 설계 및 제작 - 기존 보수용 콘크리트 장비 및 시공방법 연계방안 수립 • 골재노출형 고내구성 콘크리트 포장재료 개발 - 최적배합비 도출 및 품질기준안 제시 - 보수용 콘크리트 내구성 기준 적합성 여부 평가 • 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가 - 소음저감 효과 정량화 - 포장가속시험 및 현장 시험시공을 통한 공법 검증 • 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발 - 시방서 작성 및 시공기준 정립 **▷ 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 포장** • 고분말 혼화재를 활용한 강한 바인더 콘크리트 재배합 기술 개발 - 고강도를 확보한 다기능 덧씌우기 재료 검토

	- 속경성분말, 실리카퓸, 폴리머 분말 등 미분말을 레미콘에 추가 혼입하여 분산시킴으로 강한 바인더 콘크리트 재배합 기술 개발 - RCPT(염소이온 침투저항성) 성능 확보를 통한 고내구성 콘크리트 재료 검증 - 초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰저항성 확보 - 저비용 고효율 재배합 콘크리트 시스템 확립 • 소음저감용 최적 표층패턴 디자인 도출 - 차량주행 시 소음 저감이 가능한 최적 표층패턴 기술 개발 • 콘크리트 응결/경화 특성을 고려한 최적 표층패턴 시공시기 결정 논리 개발 - 최적 표층패턴 내구성 발현을 위한 최적 콘크리트 재료 개발 - 도출된 최적 패턴에 대하여 현장에 적용시기 결정논리 개발 • 콘크리트 표층 패턴 시공용 시작품 제작 및 검증 - 국내 유지보수 현장적용형 표층패턴 시공 장비 개발 • 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가 - 포장가속시험을 통한 개발 기술의 검증 - 현장 시험시공의 추적조사를 통하여 콘크리트의 파손 및 마모저항성 검증 • 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발
최종 성과물	• 보수용/저소음용 골재 노출형 콘크리트 재료 • 골재노출용 콘크리트 표면처리장비 • 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공법 • 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공사시방서(안) • 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 • 초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰저항성 콘크리트 포장재료 • 보수용/저소음용 콘크리트 표면 패턴 처리 기술 • 콘크리트 표층 패턴 시공용 장비 • 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 공사시방서(안) • 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공



<유지보수형 골재노출 공법>

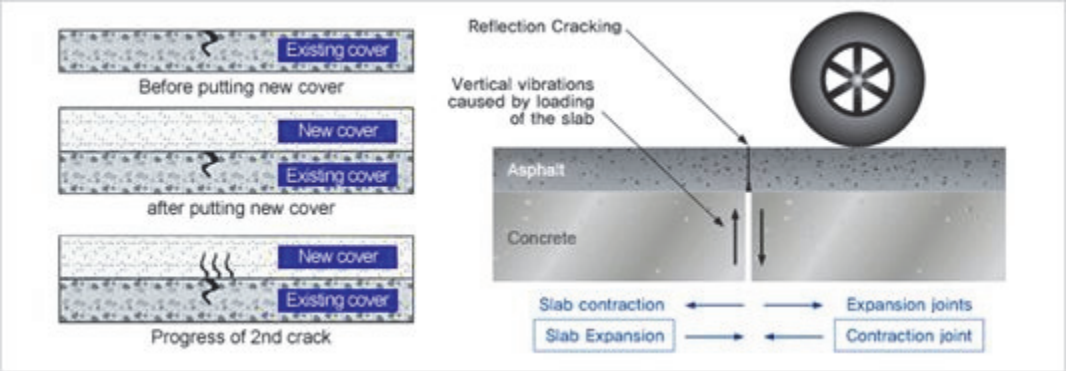
○ **3세부 : 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발**

과제명		3-1 세세부 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발
연구개요		• 노후 콘크리트용 아스팔트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 기술을 개발함
배경 및 필요성	정책적	• 한국도로공사는 2018년 평창올림픽 기간 중 주요 이동경로인 중부선 및 영동선 내 노후 포장을 근원적으로 개량하여 향후 10년간 신설고속도로 수준으로 성능을 향상시키고자 노후 콘크리트 포장의 개량을 위하여 아스팔트 덧씌우기 적용을 기본 방안으로 수립 • 아스팔트 덧씌우기 적용 시 장기공용성 확보를 위한 반사균열 억제방안을 확보하고자 함
	기술적	• 국내 고속도로의 주요 시멘트 콘크리트 포장은 대부분 재령 20년 이상으로 노후화가 진행되어, 보수보강의 필요성이 대두됨 • 시멘트 콘크리트 포장 위 아스팔트 층이 덧씌우기 된 합성단면 포장은 기존 콘크리트 포장의 균열부와 줄눈분에서의 수직/수평적 움직임에 의하여 덧씌우기 층으로 전파되는 반사균열이 발생하는 문제점이 있음 • 반사균열 발생 시 승차감 불량, 사용자의 불안감 조성을 비롯하여 우수침투로 인하여 포장 파손이 가속화되어 포장 수명의 단축을 초래함 • 노후 콘크리트 포장의 보수보강은 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되며 아스팔트 덧씌우기의 반사균열을 억제하는 대안 제시가 시급함 • Crack and seat 공법은 반사균열을 억제 할 수 있는 확실한 대안으로 국내에서는 기술축적이 전무한 상황이나 국외에서는 다양한 구간 적용에 따른 장기공용성이 검증됨 • 이에 본 연구에서는 합성단면 포장에서 발생하는 반사균열을 억제하기 위하여 crack and seat 공법을 개발하고자 함
	경제적	• 기존 노후화된 콘크리트 포장의 경우 대부분 부분단면 보수를 실시해 왔으나 이 또한 한계에 이르고 파손범위의 증가로 인하여 보편적인 아스팔트 덧씌우기 또는 절삭 덧씌우기를 시행하는 실정임 • 획일적인 아스팔트 덧씌우기 시행으로 포장 파손의 원인을 고려하기 보다는 파손부위를 감추는 것에 치중하였으며, 기존 콘크리트 포장과의 재료물성이 상이하여 줄눈부에서 발생하는 반사균열과 함께 포트홀 등의 다양한 포장 파손에 따른 잦은 유지보수를 시행함 • 이에 장기 공용성 감소에 따른 생애주기비용(LCC)이 지속적으로 증가하는 실정이며 도로 사용자의 편의 또한 감소함
목표		• 반사균열 70% 저감을 위한 노후 콘크리트 기층 전처리 시공기술 개발
연구내용		• 반사균열 저감을 위한 전처리 시공 최신기술 동향 파악

	- 국내 노후 콘크리트 포장 특성 분석 - 국내외 노후 콘크리트 전처리 시공기술 분석 • 균열유도/안치공법 피로수명 모델 개발 - 반사균열 발생 모사실험 진행 - 균열간격 변화에 따른 crack and seat 공법의 포장수명 분석 - 피로수명 모델 제안 • 반사균열 억제를 위한 최적 균열형상 및 간격 도출 - 균열간격 변화에 따른 포장수명 분석 (반사균열 발생 모사실험) - 국내 콘크리트포장 균열 형성을 위한 요구에너지 정량화 - 균열 간격 및 유도 형태 방안 제시 - 반사균열 발생 해석기법 정립 • 균열폭/간격에 따른 덧씌우기층 거동 분석 및 최적 포장두께 산정 - Crack and seat 공법의 반사균열 억제 mechanism, 특성 및 공용성 분석 - 파쇄 간격 조정을 위한 국내 콘크리트 포장의 열팽창, 마찰특성 및 기후 조건 등의 인자에 대한 특성 검토 - 균열 형성을 위한 요구에너지 분석(파쇄실험 및 fracture analysis) - 포장 두께에 따른 균열간격 및 유도형태 분석 - 덧씌우기 두께 설계 산정 • 국내 여건을 고려하는 균열 유도/안치 장비의 개발 - 장비조합 및 시공사례 검토 - 균열 후 안치를 위한 시공장비 특성 분석 - 적정 안치를 위한 다짐 특성 분석 및 장비 제안 - 균열 유도장비의 설계 및 시작품 제작 • 균열유도/안치공법 시험시공 및 공용성 평가 - 시험시공 구간 선정 및 시공계획 수립 - 균열 유도 장비의 충격에너지 및 충격방식별 균열형상 및 간격 검토 - 균열 형상 및 간격 발생 pattern에 대한 통계학적 분석 - 균열 형상 및 간격별 하중지지력 평가 - 균열 후 안치된 콘크리트포장의 아스팔트 덧씌우기 설계 잠정안 검증 - 시공 후 장·단기 포장상태 조사 - 노후 콘크리트포장의 원설계조건, 상태 및 기후 조건 등을 고려하는 균열형상 및 간격 설정 치짐안 수립 - 시험시공을 통한 crack and seat 공법의 경제성 분석 • 균열 유도/안치공법 공사 시방서 개발
최종 성과물	• 균열규도/안치 공법 피로수명 모델 • 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격도출 설계방안 • 국내 실정에 적합한 반사균열 유도/안치 장비 • 균열유도/안치를 위한 노후콘크리트 전처리 공사시방서(안) • 균열유도/안치 시험시공 (조기시험시공 항목)

과제명		3-2 세세부 - 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발
연구개요		• 기존 공법보다 부착력이 100% 이상 증가하고, 교통개방 시간을 2시간 이상 단축시킬 수 있으며, 반사균열 발생이 최소한 된 아스팔트 덧씌우기 택코팅 재료 및 동시포설 시공기술 개발
배경 및 필요성	정책적	• 고성능 아스팔트 덧씌우기 포장 택코팅 공법 개발을 통한 관련 산업의 육성 및 일자리 창출이 요구됨 • 장기 교통통제의 어려움으로 인하여 노후 콘크리트 포장을 아스팔트 덧씌우기로 보수 하는 것이 유리함
	기술적	• 새로운 개질 유제 기술 개발을 통한 유사 연관 산업 기술 수준 향상이 요구됨 • 층간의 부착효율성 향상 및 정량적 평가를 통한 포장 공용수명 증가가 필요함 • 현재는 반사균열 영향을 줄이기 위하여 1차적인 방법으로 아스팔트 덧씌우기 포장 두께를 증가하여 시공하고 있음
	경제적	• 도로 유지보수에 투자하는 국가예산 절감 요구 • 아스팔트 덧씌우기 공법 적용시 교통개방 시간을 단축할 필요성 증가 • 경제적 유지보수 공법인 기존 아스팔트 덧씌우기의 문제점을 보완하고 최적의 보수 공법 제시가 필요함
목표		• 부착강도 50% 향상을 위한 택코트용 고성능 유화아스팔트 및 동시포설공법 개발
연구내용		• 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 개발 - 택코트 재료 평가를 위한 실내실험 및 재료 개발 - 최적 택코트 재료 및 도포를 위한 기준 작성 • 급속경화 유화아스팔트 재료 안정성 및 부착력 평가 - 급속경화 유화 아스팔트의 부착력 강화 실험 - 급속경화 유화 아스팔트의 안정성 실험 - 현장에서 택코팅 부착성능을 정량적으로 평가할 수 있는 평가기술 개발 • 택코팅 동시포설장비 시제품 제작 및 검증 - 장비조합 및 시공사례 검토 - 국내외 동시 포설 시공 장비 특성 분석 - 적정 유제 살포량 및 장비 제안 - 동시 포설 장비의 설계 및 시작품 제작 • 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 평가 - 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 공법 선정 - 택코트 동시포설 장비 및 시공공법 기준 작성

	• 포장가속시험 및 시험포장을 통한 시공성 및 공용성 평가 - 시공성 및 공용성 평가를 위한 포장가속시험 및 시험포장 - 유지보수형 택코팅 설계 및 시방기준 개발 • 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) 개발 • 택코팅 동시포설 공법 공사 시방서 개발
최종 성과물	• 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 • 유화아스팔트 재료 안전성 및 부착력 평가법 (안) • 택코팅 동시포설 장비 • 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) • 택코팅 동시포설 공법 공사시방서(안) • 유지보수형 택코팅 시험시공



<반사균열 개념도>

<Crack and Seat 공법>

<현행 Tack Coating 기술>

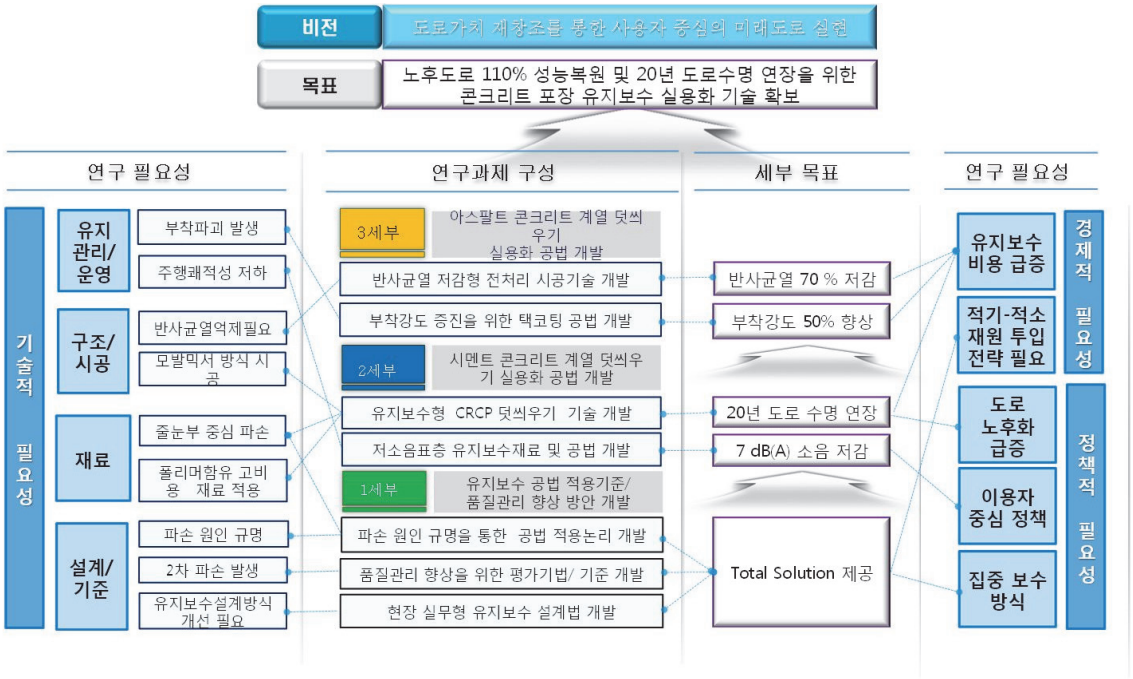
<동시보설 공법>

5절. 과제 간 연계관계

○ 1세부에서는 노후 콘크리트 포장의 합리적 유지보수공법 도출, 덧씌우기 설계법 개발, 유지보수공사의 품질관리 향상기법 등을 개발하며, 이 기술들은 콘크리트포장 유지보수 공사에 있어 근간이 되는 기준일 될 것임

○ 1세부에 개발된 기준들을 반영하여 2세부의 시멘트 콘크리트 덧씌우기 공법과 3세부의 아스팔트 덧씌우기 공법이 개발됨

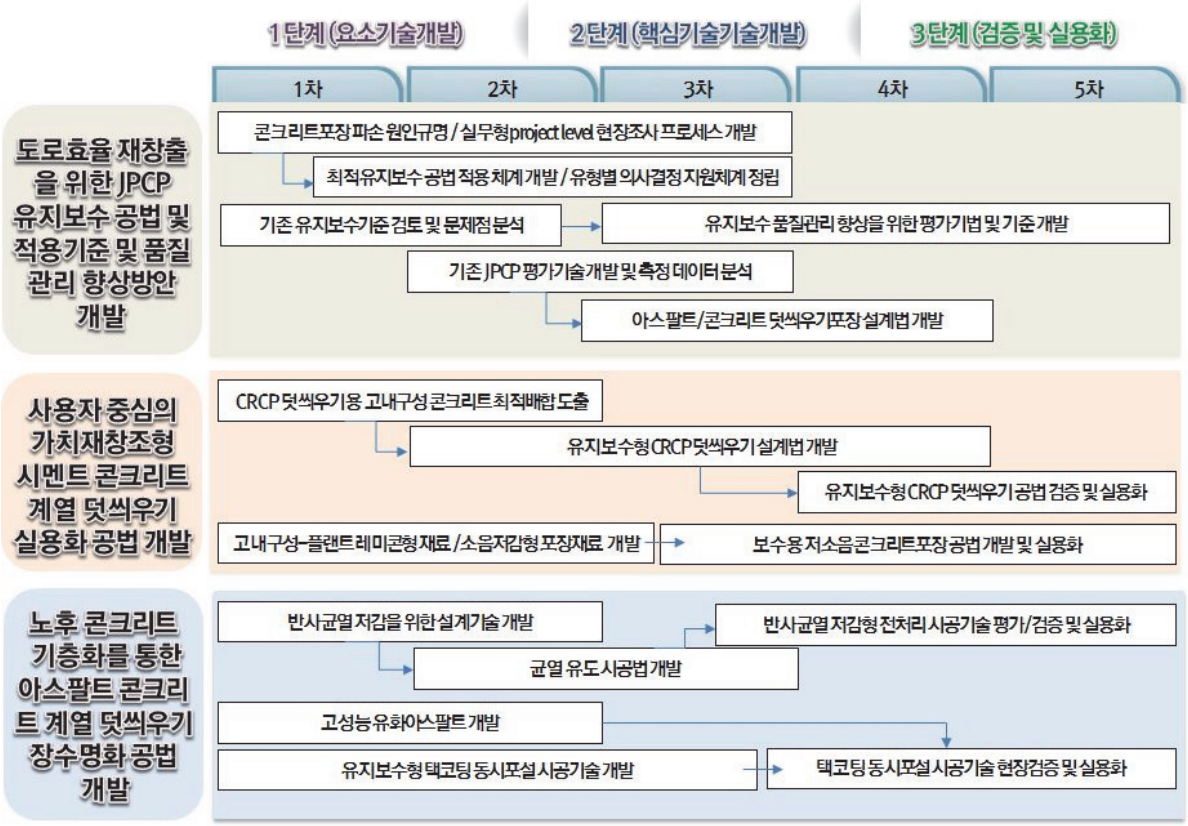
○ 또한 2세부와 3세부 각각의 세세부 과제들은 서로 연계되어 동시에 적용될 수 있는 것으로, 연구진행 과정에서 각 세세부 과제별 협업이 상당히 중요할 것으로 판단됨



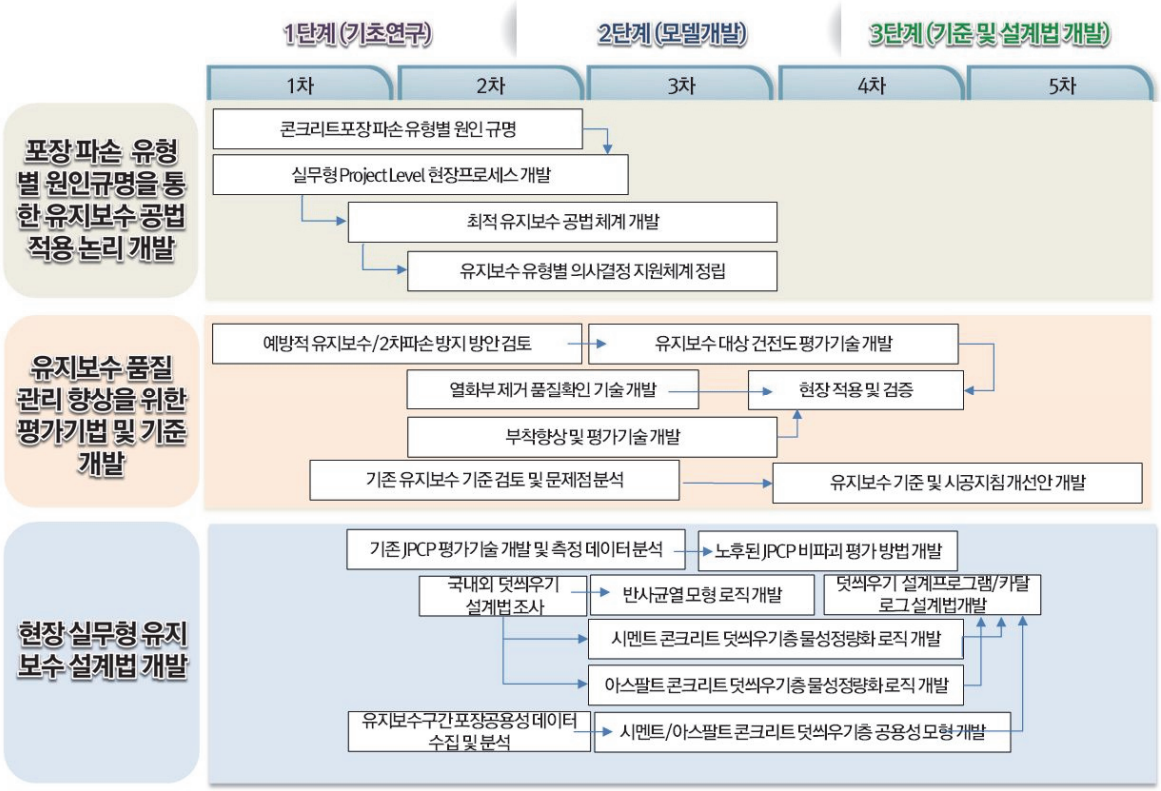
6절. 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 기술로드맵

가. 총괄 기술 로드맵



나. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발



○ 1-1세세부 – 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 콘크리트 포장 파손별 발생 원인 파악 • Project level 포장상태 현장조사 항목 선정 • 포장 파손별 원인 규명 프로세스 제시 • Project level 현장조사 구간 선정 기준 제시	• 각종 콘크리트 포장의 파손 원인에 대한 사례조사, 파손자료 분석, 및 실내실험 • Project level PMS 구축을 위한 포장 파손 현장조사 항목 선정 • 콘크리트 포장 파손별 원인에 대한 분석 결과를 토대로 실무자를 위한 파손별 원인 규명 프로세스 연구 • Network level의 선정기준을 토대로 한 단계 낮은 Project level의 적절한 조사구간 기준 분석
2차년도	• Project level 현장조사 실무지침 개발 • 유지보수 공법별 포장 장기 공용성 평가 • 파손 종류 및 심각도에 따른 유지보수 공법별 특장점 파악 • 유지보수 공법별 최적의 경제성 분석 방안 제시	• Project level 현장조사 항목, 조사구간 선정, 조사결과의 정량화 방법과 절차에 관한 실무지침 개발 • PMS 자료를 활용하여 국내에 적용된 유지보수 공법들에 대한 장기 공용성 추적조사 실시 • 최적의 유지보수 공법 대안선정을 위해 JPCP 포장 파손 종류별 및 심각도별로 각종 유지보수공법의 특장점 분석 실시 • 다양한 경제성 분석 방법을 비교하여 유지보수 공법 및 적용시기별 최적의 경제성 분석 방안 제시
3차년도	• 포장 파손 원인에 따른 개발예정기술 적용을 포함한 최적 유지보수 공법 선정 실무지침 개발 • 유지보수 공법별 최적 교통처리 방안 선정 실무지침 개발	• 파손 원인별로 제시된 유지보수 공법에 대한 현장 적용 가능성 검증을 통해 최적 유지보수 공법 선정 실무지침 개발 • 유지보수 공법별로 시행 가능한 다양한 교통처리 방안에 대한 분석을 통해 국내 여건에 맞는 최적의 교통처리 방안 선정 실무지침 개발

○ 1-2세세부 – 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발

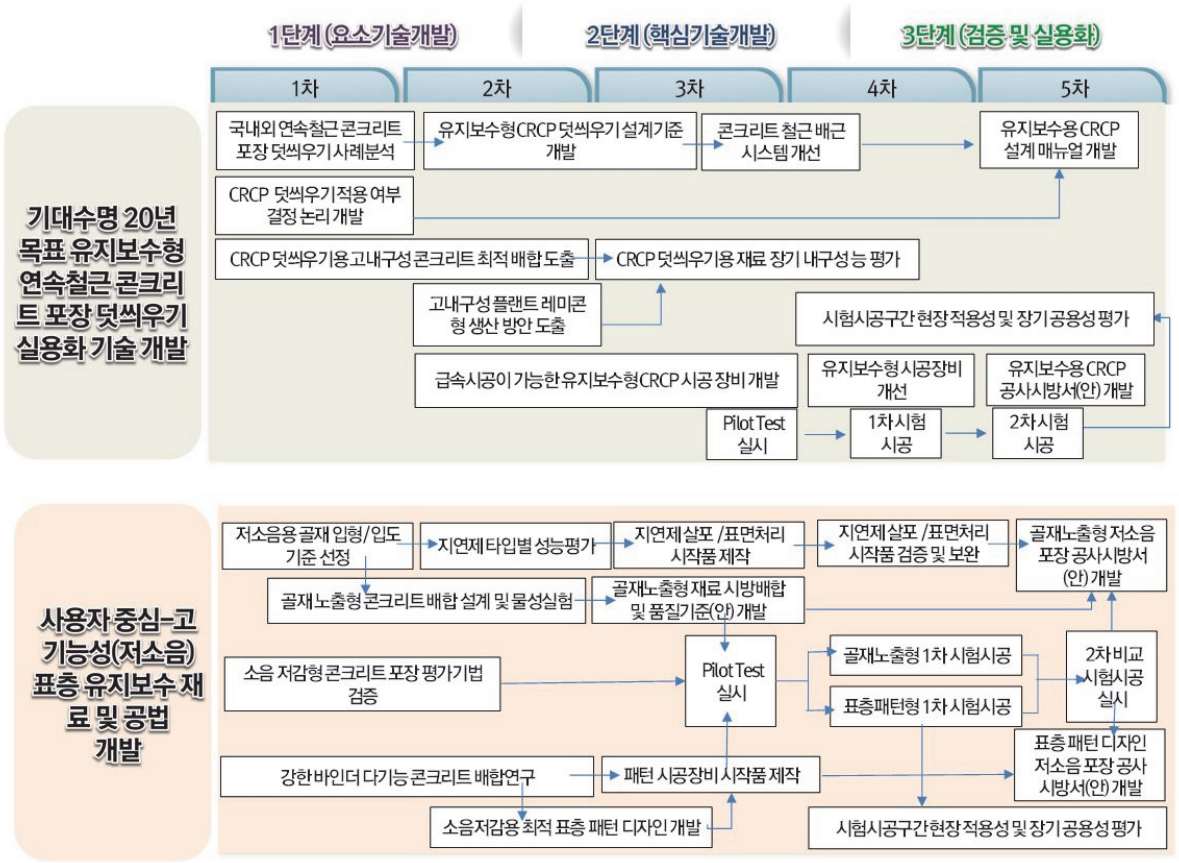
연차	연구목표	연구내용
1차년도	기존 유지보수 대상 공용성 평가를 통한 최적보수범위 선정	• 콘크리트포장 보수폭 변화에 따른 공용성 평가 • 현재 보수범위 선정 방식에 대한 예방적 유지보수 및 2차재파손 최소화를 위한 최족보수범위 선정기법 개발 • 시공 전 열화된 콘크리트와 건전부 콘크리트를 평가할 수 있는 기법 개발
2차년도	유지보수 공정 중 전처리과정에서의 문제점 도출에 따른 공정개선 연구	• 1차 파쇄 시 장비, 작업속도, 방식 등에 따른 부착력 영향 평가 등을 통한 파쇄장비 운영기준 제시 • 수압을 이용한 2차 열화부 제거 시 워터젯 또는 워터블라스팅에 대한 파쇄압력에 따른 콘크리트 파쇄성능 평가
3차년도	열화부 평가 기술 및 부착강도 향상 기술 개발	• 열화부 제거 여부를 평가할 수 있는 기법 개발 • 신구계면 부착강도 향상 및 평가기술 개발 • 개발 기술의 현장검증시험
4차년도	유지보수 공정 중 포설 및 양생과정에서의 문제점 도출에 다른 공정개선 연구 및 현장 시험시공	• 현장 포설 시 현장이동식 배합장비에 의해 배합되는 보수재료 정량 혼합 확인평가기술 개발 • 초속경시멘트와 폴리머 사용 시 재료 특성을 고려한 최적의 양생방안 실내외 실험 및 최적방안 개발
5차년도	콘크리트포장 유지보수기준 및 시공지침 제시	• 최적보수범위 선정, 건전부 평가기법을 도입한 유지보수 기준과 연차별 연구검증된 내용을 기초로 한 각 공정별 개선, 개발된 내용과 품질평가기법이 도입된 표준화 설계지침 개발

○ 1-3세세부 – 현장 실무형 유지보수 설계법 개발

연차	연구목표	연구내용
2차년도	• 국내외 덧씌우기 포장 설계법 조사 • 기존 JPCP 물성 및 상태조사법 개발 • 기존 콘크리트포장 평가 • 아스팔트 덧씌우기 포장 로직개발 • 반사균열 시험 및 분석	• 국내외 사용하는 덧씌우기 포장 방법 비교분석 • Crack and Seat공법이 적용된 기존 아스팔트 콘크리트 포장 공용성 자료 수집 및 분석 • 비파괴 조사 방법을 이용 기존 JPCP 포장의 물성정량화 및 하중전달계수 분석기법 개발 • 비파괴 조사 방법에 의한 측정 및 데이터 분석 • 반사균열을 고려한 아스팔트 덧씌우기 포장 로직개발 • 반사균열 시험수행 - 일반 JPCP 포장 모사 반사균열 시험수행 - Crack and Seat 모사 반사균열 시험수행
3차년도	• 노후된 JPCP 비파괴 평가 방법 개발 • 반사균열 모형 개발 • 유한요소법에 의한 아스팔트 포장 구조 반응예측 • 콘크리트 덧씌우기포장 로직개발	• 노후된 JPCP의 구조적 성능 평가를 위한 비파괴 평가방법 개발 • 반사균열 시험분석을 통한 반사균열 모형개발 - 일반 JPCP를 위한 반사균열 모형개발 - Crack and Seat 공법용 반사균열 모형개발 • 하중 특성을 고려한 유한요소법에 의한 아스팔트 덧씌우기 포장 역학적 해석 • 콘크리드 덧씌우기 포장 로직개발 - 비파괴시험 방법을 이용하여 탄성계수 및 하중전달계수 산정을 위한 로직 개발
4차년도	• 한국 반사균열 공용성을 고려한 아스팔트 덧씌우기 포장 설계논리 개발 • 콘크리트 덧씌우기 포장 설계논리 개발	• 반사균열 공용성 데이터 분석 및 전이함수 개발 - 일반 JPCP 아스팔트 덧씌우기 포장 공용성 분석 및 전이함수를 통하여 반사균열 모형 개발

연차	연구목표	연구내용
	• 덧씌우기 프로그램 개발 • 카탈로그 덧씌우기 설계법 개발	- 해외사례 Crack and Seat 아스팔트 덧씌우기 포장 공용성 분석 및 반사균열 모형 개발 • 덧씌우기 포장 설계 논리 개발 - 비파괴 시험데이터 분석 및 기존 JPCP 상태 데이터를 이용한, 덧씌우기 아스팔트/콘크리트 포장설계 논리 개발 • 덧씌우기 포장 설계 프로그램 개발 - 아스팔트 덧씌우기 포장 및 콘크리트 덧씌우기 포장에 대한 프로그램 개발 • 카탈로그 덧씌우기 설계법 개발 - 덧씌우기 포장 설계 프로그램을 이용하여, 포장상태/교통량/기후조건 등을 감안한 카탈로그 형식의 덧씌우기 대표단면 제시

다. 2세부 - 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발



○ 2-1세세부 – 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 기존 덧씌우기 설계법 문제점 분석 및 개선방향 제시 • 포장의 구조적 안정성에 기초한 유지보수 적용대상 선별을 위한 의사결정 시스템 구축 • 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기를 위한 고내구성 콘크리트 최적배합 도출	• 기존 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법 문제점 분석 (Corps of Engineers, AASHTO 1993, PCA(Portland Cement Association) 방법) • 기존 노후 콘크리트 포장 보조기층의 구조적 안정성 평가기법 개발 (DCP , FWD, 또는 TPAD) • 콘크리트 포장의 처짐 또는 보조기층의 구조적 안정성에 기초한 연속철근 콘크리트 덧씌우기 가능여부의 판단이 가능한 의사결정 시스템 구축 • 국내외 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 사례분석 (설계, 시공 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사) • 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 배합 최적화 (최적배합 도출) • 국내외 덧씌우기 포장도로 구조적 특성평가 (FWD, DCP, TPAD, 및 콘크리트 재료특성) 및 평가 결과에 근거한 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 평가시스템 구축
2차년도	• 역학적 경험적 설계법에 기반한 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법 개발 • 유지보수형 CRCP 시공방법 개발 • 고내구성 플랜트 레미콘형 재료 적용 방안 개발 • 급속 시공이 가능한 콘크리트 포장 철근처리 및 시공장비 개발	• 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법 개발 • 콘크리트포장 유지보수공사에서 적용가능한 덧씌우기 형태의 CRCP 시공방법 개발 • 레미콘 플랜트에서 고내구성 콘크리트 자동 생산이 가능하도록 하는 시스템 구축 • 덧씌우기 철근 배근을 위한 최적 시공시스템 구축 • 급속 시공이 가능한 콘크리트 포장 철근 처리 및 시공 장비개발

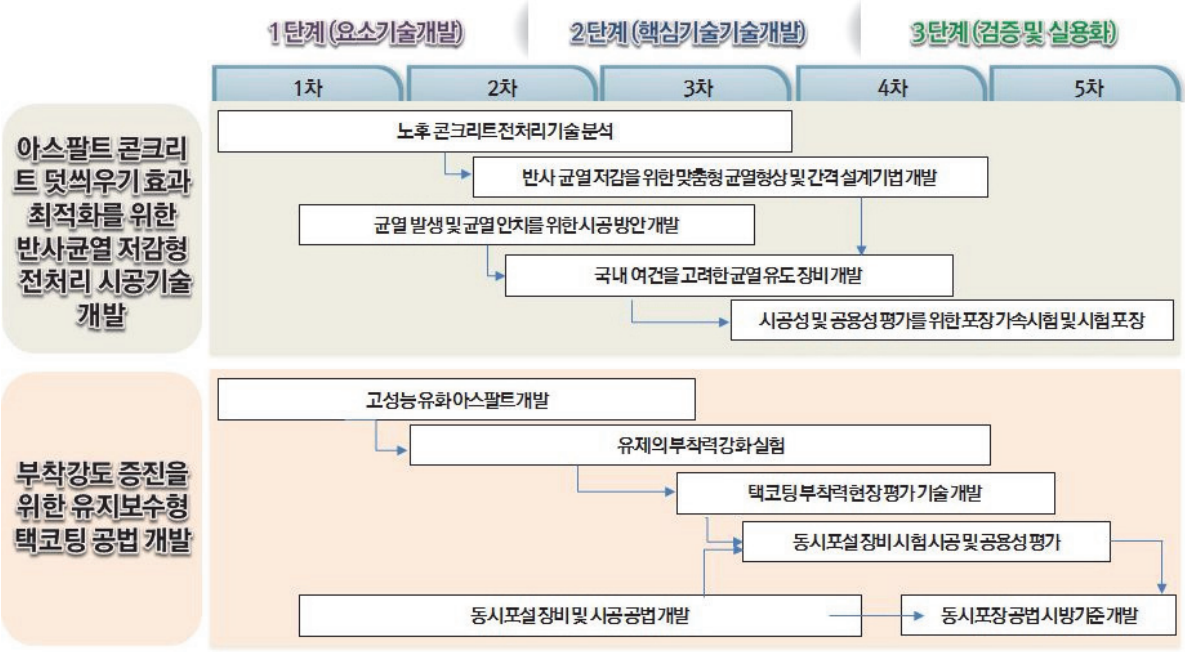
연차	연구목표	연구내용
3차년도	• Pilot test 및 시공성 평가 • 효과적인 콘크리트 배근 시스템 구축	• Pilot test • 시험시공 추적조사 및 데이터 분석 • 시험시공 문제점 분석 및 개선 • 공간을 효과적으로 이용하는 철근 배근 시스템 구축
4차년도	• 1차 시험시공 및 시공성 평가 • 철근 배근 시스템 문제점 개선 • 효과적인 콘크리트 포설 시스템 구축	• 1차 시험시공 • 1차 시험시공 추적조사 및 데이터 분석 • 시험시공 문제점 분석 및 개선 • 효과적인 철근 배근 시스템의 문제점 개선 • 공간을 효과적으로 이용하는 콘크리트 포설 시스템 구축
5차년도	• 2차 시험시공 및 시공성 평가 • 시험시공 구간 공용성 평가 • 설계지침/공사 시방서(안) 작성	• 2차 시험시공 • 시험시공 구간 표면결함상태, 평탄성, 처짐량 등을 측정 • 시험시공 구간 계측데이터 수집 및 분석 • 철근상세기준을 포함한 설계 지침 개발 • 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 공사 시방서(안) 작성

○ 2-2세세부 – 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	• 저소음 덧씌우기 콘크리트 골재 입형/입도기준 선정 연구 • 골재노출형 콘크리트 배합 설계 및 물성시험 • 강한바인더 다기능 콘크리트포장 덧씌우기 재료 재배합 개술 개발 • 소음저감형 콘크리트 포장 평가기법 검증	• 저소음 콘크리트를 위한 골재 최대크기/입도/입형 실내실험 • 기능성 확보 가능한 입도기준 선정 • 고강도 바인더 선정 및 지연제 검토 • 단위바인더 400kg/㎥ 이상, 물-바인더비 42% 이하의 배합 검토 • 압축강도 40MPa, 휨강도 5.5MPa 이상의 고강도를 확보한 다기능 덧씌우기 콘크리트 포장재료 검토 • RCPT(염소이온 침투저항성) 1000 C 이하의 성능을 확보하여 제설제 등의 염화물에 높은 저항성을 갖는 고내구성 콘크리트 재료 검증 • 소음저감형 콘크리트포장 평가기법 검증 (CPX/Passby 기법 적용)
2차년도	• 지연제 타입별 성능평가 • 지연제 살포방법 및 표면 모르타르 제거방안 연구 • 소음저감용 최적 표층패턴 디자인 도출	• 저소음 콘크리트 표면처리를 위한 지연제 선정 및 개발 • 콘크리트 품질기준 및 내구성 기준 정립 • 초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰저항성 확보 및 검증 • 차량주행 시 소음 저감이 가능한 최적 표층패턴 기술 개발
3차년도	• 지연제 살포 및 표면처리 시작품 제작 및 검증 • 골재노출형 콘크리트 포장재료 시방배합 및 품질기준안 개발 • Pilot Test 실시 • 콘크리트 응결/경화 특성을 고려한 최적 표층패턴 시공시기 결정 논리 개발 • 콘크리트 표층 패턴 시공용 시작품 제작 및 검증	• 시공방법에 대한 시작품 장비 설계 및 제작 • 기존 보수용 콘크리트 장비 및 시공방법 연계방안 수립 • 보수용 콘크리트 내구성 기준 적합성 여부 평가 • Pilot Test 실시 (포장가속시험실시) • 최적 표층패턴 내구성 발현을 위한 최적 콘크리트 재료 개발 • 도출된 최적 패턴에 대하여 현장에 적용시기 결정논리 개발 • 국내 유지보수 현장적용형 표층패턴 시공 장비 개발

연차	연구목표	연구내용
4차년도	• 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가 • 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가	• 현장 시험시공을 통한 공법 검증 • 소음저감 효과 정량화 • 현장 시험시공의 추적조사를 통하여 콘크리트의 파손 및 마모저항성 검증 • 적용 포장의 소음수준 및 미끄럼 저항성을 측정하여 저소음- 안전/주행성 검증
5차년도	• 골재노출형/골재패턴형 비교 시험시공 실시 • 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발 • 추적조사 통한 장기 성능 검증 • 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발	• 골재노출형/골재패턴형 비교 2차 시험시공 실시 • 현장 시험시공을 통한 문제점 검토 및 보완 • 저소음 콘크리트 품질기준 및 시방서(안) 개발 • 현장 시험시공의 추적조사를 통하여 콘크리트의 파손 및 마모저항성 검증

라. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발



○ 3-1세세부 – 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	노후 콘크리트 전처리 기술 분석	• 반사균열 저감을 위한 전처리 시공 최신기술 동향 파악
2차년도	반사균열 억제를 위한 균열 형상 및 간격 제안	• 균열유도/안치공법 피로수명 모델 개발 • 반사균열 저감을 위한 맞춤형 균열형상 및 간격 제안 • 균열폭/간격에 따른 덧씌우기층 거동 분석 및 최적 포장두께 산정
3차년도	반사균열 최소화를 위한 최적 균열기층 시공기술 개발	• 균열 발생 및 균열 안치를 위한 시공 방안 개발 • 시공성 및 공용성 평가를 위한 포장 가속시험 및 시험포장
4차년도	균열유도장비 개발 시험시공을 통한 성능검증	• 국내 여건을 고려한 균열 유도 장비 개발 • APT(포장가속시험기), 현장시험시공을 통한 공용성능 검증
5차년도	설계 및 시공지침 개발	• 균열유도/안치공법 설계 및 시방서 개발

○ 3-2세세부 - 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

연차	연구목표	연구내용
1차년도	고성능 급속경화 유제 개발	• 양생시간 단축을 위한 경화시간 단축 유제 개발 • 유제의 부착력 강화 실험 - 유제 안정성 실험
2차년도	동시포설 장비 및 시공공법 개발 및 현장 시험시공	• 동시포설 장비 및 시공공법 개발 • 현장 시험시공 및 부착특성 평가
3차년도	택코팅 부착력 현장 평가기술 개발	• 현장에서 택코팅 부착성능을 정량적으로 평가할 수 있는 평가기술 개발 • 현장 부착특성 평가
4차년도	택코팅 공법별 경제성 및 공용성 평가	• 각 공법에 대한 생애주기분석기법과 포장설계방법 해석을 사용한 경제성 평가 • 택코팅 공법 공용성 평가
5차년도	유지보수형 택코팅 공법 검증 및 실용화	• 아스팔트 덧씌우기용 택코팅 재료 시방서 및 현장 품질 관리법 제안 • 유지보수형 택코팅 설계 및 시방기준 개발

2. 성과로드맵

가. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발

○ 1-1세세부 – 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	콘크리트 포장 파손별 발생원인 파악	파손별 원인 분석결과	①	파손별 원인 분석결과의 신뢰성	우수	자문회의 평가	보고서
	Project level 포장상태 현장조사 항목 선정	현장조사 항목 선정결과	②	현장조사 항목의 적정성	우수	자문회의 평가	보고서
	포장 파손별 원인 규명 프로세스 제시	파손별 원인 규명 프로세스	①	파손별 원인 규명 프로세스의 신뢰성	우수	자문회의 평가	보고서
	Project level 현장조사 구간 선정 기준 제시	현장조사 구간 선정 기준	②	현장조사 구간선정의 적정성	우수	자문회의 평가	보고서
2차 년도	Project level 현장조사 실무지침 개발	현장조사 실무지침서	①	Project level 현장조사 실무지침	1건	자문회의 평가	지침
	유지보수 공법별 포장 장기 공용성 평가	유지보수 공법별 공용성 평가결과	②	공용성 평가결과의 신뢰성	우수	자문회의 평가	보고서
	파손 종류 및 심각도에 따른 유지보수 공법별 특장점 파악	유지보수 공법별 특장점 분석결과	①	특장점 분석결과의 신뢰성	우수	자문회의 평가	보고서
	유지보수 공법별 최적의 경제성 분석 방안 제시	최적 경제성 분석 방안 제시 결과	②	경제성 분석 방안 제시 결과의 적정성	우수	자문회의 평가	보고서
3차 년도	포장파손 원인에 따른 개발예정기술을 포함한 최적 유지보수 공법 선정 실무지침 개발	최적 유지보수 공법 선정 실무지침서	①	최적 유지보수 공법 선정 실무지침	1건	자문회의 평가	지침
	유지보수 공법별 최적 교통처리 방안 선정 실무지침 개발	교통처리 방안 선정 실무지침서	②	교통처리 방안 선정 실무지침	1건	자문회의 평가	지침

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

○ 1-2세세부 – 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	최적보수범위 선정기법개발	건전도 평가 기법개발	①	콘크리트 강도별 비파괴 평가	기준 제시	실험결과	특허 등록 및 보고서
2차 년도	파쇄장비 운영기준 제시	파쇄기준	①	운영기준	기준 제시	실험결과	보고서
3차 년도	유지보수 공사 단계 중 전처리 과정에서 최적의 공정 기준제시	부착강도 증진을 위한 파쇄공정 개발	①	열화부 제거여부 에 따른 부착강도	기준 제시	장비를 이용한 현장 시험시공	특허 등록 및 보고서
4차 년도	유지보수 공사 단계 중 포설양생 과정에서 최적의 공정 기준제시	유지보수재 재파손 방지를 위한 품질확인 및 기준 제시	①	보수재 정량혼합 평가기법 및 양생방안	기준 제시	실험결과	특허 등록 및 보고서
5차 년도	콘크리트포장 유지보수 기준 및 시공지침 제시	유지보수기준 및 시공지침 제시	①	보수기준/ 시공지침 제시	지침 제시	시공지침 의 우수성	지침

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

○ 1-3세세부 – 현장 실무형 유지보수 설계법 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
2차 년도	국내외 복합포장 덧씌우기 설계법 조사 및 기존포장 비파괴분석기법 개발	설계법 적용방안 분석	①	국내외 덧씌우기 포장 비교분석	우수	자문회의 평가	보고서
		비파괴 분석기법	②	기존포장 평가기법개발	기법개발	자문회의 평가	보고서
	기존 콘크리트포장 평가	기존포장 물성 및 상태	①	역학적 평가 및 상태평가	물성 및 전달율	성능평가	보고서 논문
	아스팔트 포장 로직개발 및 반사균열 시험	덧씌우기포장 로직	①	로직개발	덧씌우기 로직	로직에 대한 자문회의	보고서 논문
		반사균열 시험결과	②	시험결과	덧씌우기 시험결과	시험결과	보고서 논문
3차 년도	아스팔트 포장 설계법 개발	반사균열 모형개발	①	반사균열 모형 결과	높음	예측결과 평가	보고서 논문
		구조해석	②	유한요소법 모델링	반응예측결과	예측결과 평가	보고서
	접착식 콘크리트 덧씌우기 최적두께 설계 로직 개발	콘크리트 덧씌우기 로직개발	①	로직개발	높음	로직에 대한 자문회의	보고서
4차 년도	한국형 덧씌우기 설계법 개발	아스팔트 포장 설계법 개발	①	아스팔트 덧씌우기 두께 산정법 개발	시스템	두께산정에 대한 자문회의	보고서 논문
		콘크리트 포장 설계법 개발	②	아스팔트 덧씌우기 두께 산정법 개발	시스템	두께산정에 대한 자문회의	보고서 논문
		덧씌우기 설계법 프로그램 개발	③	프로그램 개발	1건	소프트웨어 등록	소프트웨어 등록증
	현장 실무형 편리성 향상 유지보수 설계법 개발 및 평가	설계자 여건에 맞는 차트형 설계법 개발	①	설계지침서 개발	1건	설계 적용성평가	지침
			②	차트개발	1건	설계적용성 평가	지침

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

나. 2세부 - 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발

○ 2-1세세부 – 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	유지보수용 콘크리트 포장 덧씌우기 의사결정 논리 구축	덧씌우기 판단 기준 로직(지침) 제시	①	지침	포장 처짐 기준	지침 작성 여부	보고서
2차 년도	연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법(초안) 개발	연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법(초안) 개발	①	설계법	초안 개발 완료	설계법 제시여부	보고서
	유지보수형 CRCP 시공방법 개발	유지보수형 CRCP 시공방법 개발	①	특허출원	1건	출원여부	특허출원증
	유지보수형 연속철근 덧씌우기 시공장비 (Pilot model)	차선 최소화 점유가 가능한 유지수형 연속철근 덧씌우기 시공 장비	②	연속철근 시공장비	제작 완료	장비를 이용한 Mock-up Test	장비제작 유무
3차 년도	유지보수형 철근 배근 및 시공 장비 구축	효과적인 철근배근 시스템 및 시공장비 구축	①	특허출원	1건	출원여부	특허출원증
	현장 적용성 검증(Pilot Test)	Mock-up test	②	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
4차 년도	현장 적용성 검증(1차 시험시공)	시험시공	①	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
5차 년도	현장 적용성 검증(2차 시험시공)	시험시공	①	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
	유지보수용 CRCP 설계 지침(안)	지침	②	지침(안)	1건	작성여부	지침
	유지보수용 CRCP 덧씌우기 공사시방서(안)	시방서	③	시방서(안)	1건	작성여부	공사시방서
	유지보수형 철근 배근 및 시공 장비 구축	효과적인 철근배근 시스템 및 시공장비 구축	①	특허등록	1건	등록여부	특허증

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

○ 2-2세세부 – 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	저소음형 골재 입형/입도기준 설정	입도기준	①	입도기준	입도곡선	문헌조사 전문가 자문	보고서
	콘크리트 포장 소음평가방법 검증	소음 평가방법 검증	②	평가지수 선정	타당성 높음	문헌조사 전문가 자문	보고서
	강한 바인더형 콘크리트 재료 재합	고기능성 포장 배합 기초기술	①	콘크리트 배합표	압축강도 40MPa, 휨강도 5.5MPa	실험결과	보고서
2차 년도	지연제 성능 및 시공방법 개발	지연제 타입별 성능 평가	①	유지보수용 지연제 선정	30분 지연효과	배합성능평가	실험보고서
		모르타르 제거방안	②	표층 모르타르 제거 기술	표층 10mm 모르타르 제거여부	모르타르 제거 실험	실험보고서
	소음저감용 골재노출형 및 표층패턴 디자인 개발	골재노출형 및 소음저감용 패턴 디자인	①	특허출원	2건	특허출원 여부	관련자료
3차 년도	지연제 살포 및 표면처리 시작품	표면처리 시작품	②	특허출원	1건	특허출원 여부	관련자료
	골재노출형 유지보수재료 품질기준(안)	품질기준(안)	①	품질기준	1건	전문가 자문	관련자료
	콘크리트 표층 패턴 시공용 시작품	표층 패턴처리 시작품	②	특허출원	1건	특허출원 여부	관련자료
	Pilot Test	시험시공	②	Mock-up시험	2건	적용유무	시험시공 유무
4차 년도	소음저감용 골재노출형 및 표층패턴 디자인 개발	골재노출형 및 소음저감용 패턴 디자인	①	특허등록	2건	특허등록 여부	관련자료
	현장 적용성 검증 (골재노출형 1차 시험시공)	시험시공	②	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
	현장 적용성 검증 (표층패턴형 1차 시험시공)	시험시공	②	현장적용여부	1건	적용여부	시험시공 유무
5차 년도	골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 실용화	지연제 살포 및 표면처리 장비	①	특허등록	1건	등록여부	특허증
		골재노출형 저소음포장 공사시방서(안)	②	시방서(안)	1건	작성여부	공사시방서
	표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 실용화	표층 패턴처리 장비	①	특허등록	1건	등록여부	특허증
		표층패턴디자인 저소음포장공사 시방서(안)	②	시방서(안)	1건	작성여부	공사시방서

구분	목표		2-2세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록			2/0	2/0	0/2	0/2	4/4
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수				3	2	1	6
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급				1	2	3
		비SCI(E)급		2	2	1		5
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수		2	2	2	1	1	8
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						2	2
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						2	2
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		2	2	2	2	2	10
	전문인력양성							
	연구개발 관련 홍보						2	2
	기타 목표							

다. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발

○ 3-1세세부 – 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	전처리 기술 개념정립	반사균열 개념 정립	①	반사균열 연구 논문 요약	우수	자문회의	보고서
		하부구조 평가기술 개발	②	평가기술	90% 이상 정확도	시험측정	보고서
2차 년도	균열형상 및 간격 제안	균열 간격에 따른 포장 두께	①	설계기술	1건	자문회의	보고서
3차 년도	균열기층 시공기술 개발	균열안치 시공법	①	시방서(안)	1건	자문회의	공사 시방서
		전처리시공 기술개발	②	시공기술 제안	3건	현장확인	시험시공 보고서
4차 년도	균열유도장비 개발	균열유도장비	①	유도장비 개발	1건	장비 시연	시연결과
	현장적용성 검증	APT 시험시공	①	현장적용 여부	2건	적용여부	시험시공 유무
5차 년도	설계법 및 시공지침 개발	설계법	①	설계법 개발	1건	자문회의 검토	보고서
		시공지침	②	시방서	1건	자문회의 검토	공사 시방서

구분	목표		3-1세세부					
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계
사업 연계 지표	특허출원/등록							
	소프트웨어 등록건수							
	시제품 출시(제작)·현장시험 건수					3		3
	학술성과 (논문게재)	SCI(E)급			1	1	1	3
		비SCI(E)급		1	1	1	2	5
기타 지표	정책성과	정책제안						
		정책채택						
	신기술지정 건수							
	국내외 학술회의 발표 건수			2	2	2	2	8
	기술료 징수금액							
	기술실시계약 건수						1	1
	현장적용에 따른 비용절감 건수							
	사업화·제품화 건수						1	1
	국내학협회지 기술기사							
	자문회의 개최		1	2	2	2	2	9
	전문인력양성			2	2	2	2	8
	연구개발 관련 홍보					1	1	2
	기타 목표							

○ 3-2세세부 - 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

연도	성과목표	세세부 산출물 (성능목표)	성과검증 기준				
			성과지표		목표치	측정방법	검증방법
1차 년도	급속경화 유제 개발	양생시간을 30분 이내로 단축시킨 유제 개발	①	부착력 증가 및 양생시간 감소	재료개발	실험결과	보고서
2차 년도	동시포설 장비 개발	부착강도 증진을 위한 동시포설장비 개발	①	동시포설이 가능한 장비 개발	제작완료	제작장비를 이용한 현장 시험시공	특허 등록 및 보고서
3차 년도	택코팅 부착력 현장 평가기술 개발 및 기준 제시	택코팅 부착력 현장 평가기술 개발 및 기준 제시	①	평가기술 개발 및 기준	기준제시	실험결과	보고서
4차 년도	택코팅 공법별 부착력 및 반사균열 공용성 평가	부착특성 및 반사균열 공용성 평가	①	부착특성 공용성 평가	정량적 평가결과 제시	평가결과	보고서
			②	반사균열 공용성 평가	정량적 평가결과 제시	평가결과	보고서
5차 년도	유지보수형 택코팅 공법 검증 및 실용화	택코팅 공법 실용화	①	동시포설 택코팅 장비 최종 개발	장비 최종 개발	개발 장비 적합성	특허 등록 및 보고서
			②	유지보수형 택코팅 시방서 제시	시방서	시방서의 우수성	공사 시방서

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

7절. 기술효과 및 성과 활용 방안

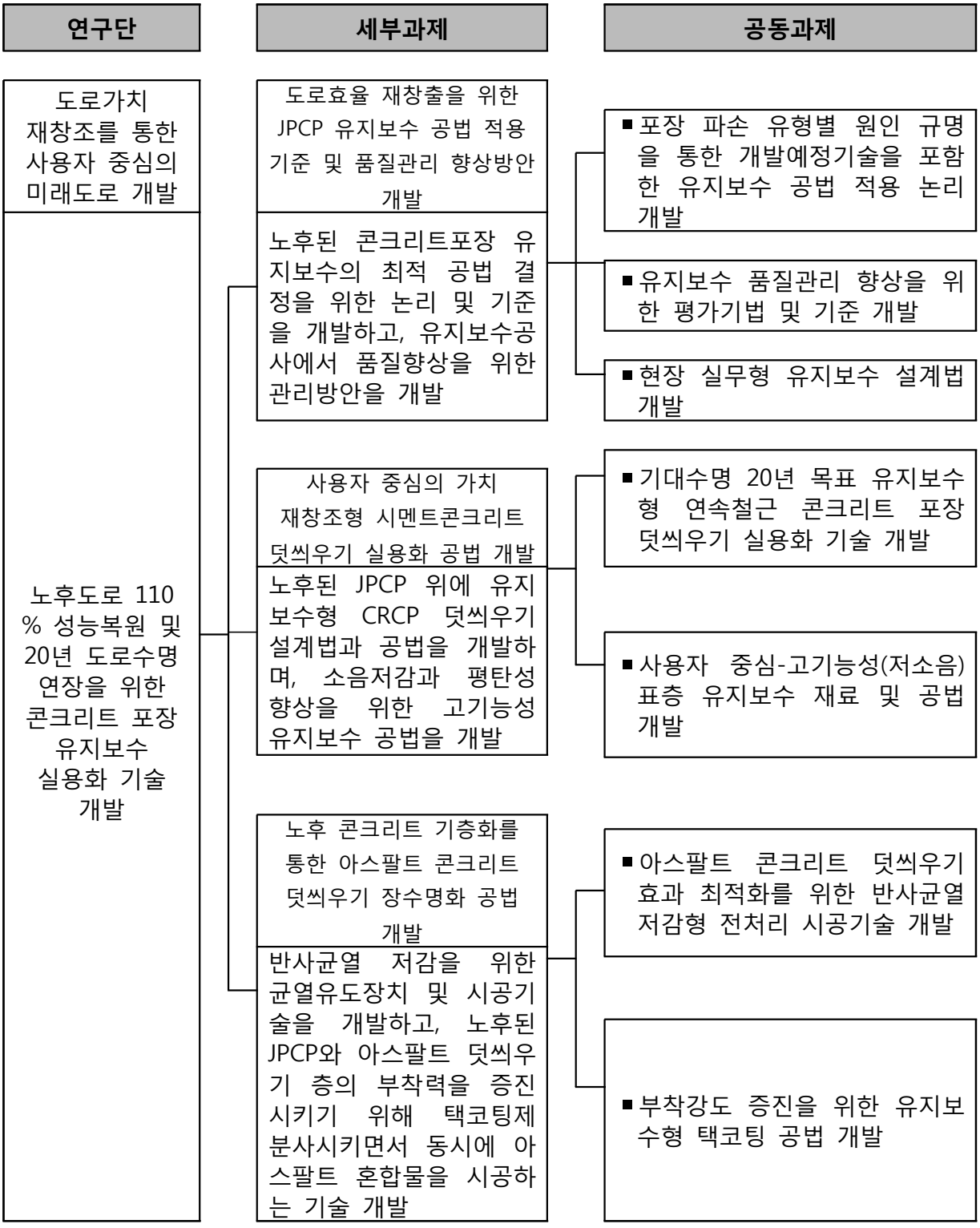
세부과제	세세부과제	목표 성과물	최종 수요처	사업화 및 실용화 방안
1세부 과제명	1-1 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발	포장 파손별 원인 및 Project level 현장조사 지침	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 도로 포장 설계 및 시공사 • 도로 포장 관련 연구기관	• 국내 자체 사업 및 해외 공사 수행에 필요한 지침 제공
		개발예정기술 적용을 포함한 파손 종류별 유지보수 공법 선정 지침		
		유지보수 공법별 경제성 분석 및 교통처리 방안 선정 지침		
	1-2 유지보수 품질 관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발	콘크리트포장 상태에 따른 건전부와 비건전부 평가기술 개발	• 지자체 • 도로공사 • 기업체 등	• 개발된 평기기술을 실제 유지보수 현장에서 성능 평가 후 사업화
		유지보수 공정개선과 품질향상을 위한 시공장비 및 공사기술 개선	• 지자체 • 도로공사 • 기업체	• 시공장비 및 공법을 현장시공을 통해 평가 후 사업화
		부착강도 증진을 위한 열화부 제거 유무확인기법-검증	• 지자체 • 도로공사 • 기업체	• 부착강도의 평가 및 검증 방법 시방기준 개발
		유지보수기준 및 시공지침 개발	• 지자체 • 도로공사	• 보수기준 및 시공지침 활용
	1-3 현장 실무형 유지보수 설계법 개발	기존 JPCP 포장 상태평가 기법 개발	• 국토 교통부 각 지방청 • 한국도로공사	• 국내 콘크리트 유지보수 설계에서 활용
		JPCP 덧씌우기 설계법 개발		
		덧씌우기 설계법 프로그램 및 차트 설계법 개발		
2세부 과제명	2-1 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장	연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 광역단위지	• 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장의 기술이전 • 한국도로공사 상용
		유지보수형 CRCP		

	덧씌우기 실용화 기술 개발	덧씌우기 시공방법 유지보수형 철근 배근 및 시공 장비	자체 • 토지주택공사 • 민간 기업체	화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도
	2-2 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발	골재노출형 유지보수 콘크리트 포장재료 골재노출 보수용/저소음형 콘크리트 덧씌우기 공법 강한 바인더 다기능 콘크리트포장 덧씌우기 재료 개발 패턴문양 저소음-주행안전성 포장 공법 개발	• 국토교통부 • 한국도로공사 • 지자체 • 도로관리부처	• 국내 자체 사업을 통한 실용화 검증 • 노후된 콘크리트 관리구간이 많은 한국도로공사의 유지관리 담당자와의 협의로 적용현장 확대(과업 내 한국도로공사 상용화평가 진행) • 해외 공사수주 경쟁력 향상에 활용 가능
3세부 과제명	3-1 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발	최적 균열 설계 지침 하부구조 평가 기술	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 노후 콘크리트 유지보수 방안에 적용 • 덧씌우기 설계법 개발을 통한 해외 사업 진출(후진국)
		균열 시공법 개발 균열유도 장비 개발	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 균열유도장비를 통한 해외 노후 콘크리트 포장 유지보수 시장의 경쟁력 확보
		반사균열 저감형 설계서 및 시방서 개발	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 설계서 및 시방서의 현지화를 통한 해외 사업 진출
	3-2 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발	부착력 향상을 위한 고성능 유제	• 지자체 • 도로공사 • 기업체	• 개발된 제품을 실제 유지보수 현장에서 성능 평가 후 사업화
		유지보수형 텍코팅	• 지자체	• 시공장비 및 공법

		동시포설 시공장비 및 기술	• 도로공사 • 기업체	을 현장시공을 통해 평가 후 사업화
		부착강도 증진을 위한 유지보수형 텍코팅 공법 평가-검증	• 지자체 • 도로공사	• 부착강도의 평가 및 검증 방법 시방기준 개발
3세부 과제명	3-1 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발	최적 균열 설계 지침 하부구조 평가 기술	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 노후 콘크리트 유지보수 방안에 적용 • 덧씌우기 설계법 개발을 통한 해외 사업 진출(후진국)
		균열 시공법 개발 균열유도 장비 개발	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 균열유도장비를 통한 해외 노후 콘크리트 포장 유지보수 시장의 경쟁력 확보 • 한국도로공사 상용화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도
		반사균열 저감형 설계서 및 시방서 개발	• 한국도로공사 • 한국농어촌공사 • 지자체 • 시공업체	• 설계서 및 시방서의 현지화를 통한 해외 사업 진출
	3-2 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발	부착력 향상을 위한 고성능 유제	• 지자체 • 도로공사 • 기업체	• 개발된 제품을 실제 유지보수 현장에서 성능 평가 후 사업화 • 한국도로공사 상용화 평가를 진행하여 조기 실용화 유도
		유지보수형 텍코팅 동시포설 시공장비 및 기술	• 지자체 • 도로공사 • 기업체	• 시공장비 및 공법을 현장시공을 통해 평가 후 사업화
		부착강도 증진을 위한 유지보수형 텍코팅 공법 평가-검증	• 지자체 • 도로공사	• 부착강도의 평가 및 검증 방법 시방기준 개발

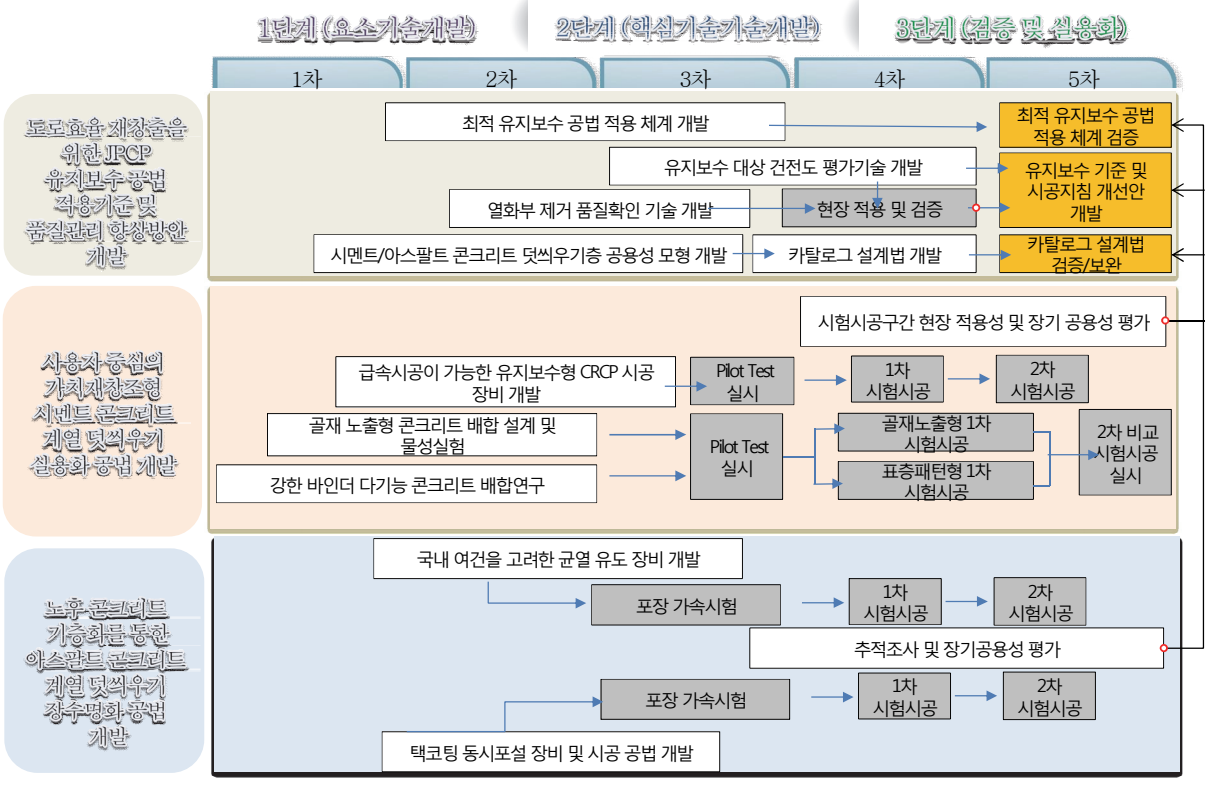
8절. 연구수행체계 제안

○ 연구추진체계는 1개의 연구단, 3개의 세부과제, 7개의 세세부과제로 구성하였음



○ 테스트베드 종합 운영 계획

- 연구단 운영을 효율적으로 수행하고, 개발기술의 실용화를 적극추진하며, 연구성과의 유기적인 상관관계를 명확하게 하기 위해 테스트베드 종합 운영계획을 수립
- 1세부의 경우 파손원인규명, 2차 파손 발생 방지, 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 검증을 위한 실증 테스트베드를 4차년도에 종합적으로 운영할 계획임
- 2세부의 경우 유지보수형 CRCP 및 저소음 표층 유지보수 재료 및 공법 개발 분야에서 3차년도 이후부터 Pilot test, 1차, 2차 시험시공 및 장기공용성 평가를 단계적으로 수행할 필요가 있음
- 3세부의 경우 반사균열 저감형 전처리 시공기술, 부착강도 증진을 위한 택코팅 공법 개발 및 실용화를 위하여 3차년도 초반부터 포장가속시험을 통해 성능을 평가하고, 1차, 2차에 걸친 단계적 현장 시험시공을 통해 장기 공용성을 평가할 예정임
- 종합적으로 1,2,3 세부에서 개발된 기술은 1세부의 '최적 유지보수 공법 적용 체계 선정', '유지보수 기준 및 시공지침 개선', '현장적용형 카탈로그 설계법'에 반영되어 최종 현장 적용할 예정임



○ 국제공동연구 방안

- 개발예정기술의 완성도를 높이고, 세계 최선도 기술에 대해 국내 자체 연구개발에 따른 연구개발 리스크를 줄이고, 개발 기술의 해외 진출방안을 확보하기 위해 세세부 주제에 따라 필요 시 국제 공동연구 추진 방안 제시
- 2-1 세세부인 '기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화기술' 개발 분야의 경우, 실질적으로 국내에 적용된 사례가 거의 없으므로, 연속철근 콘크리트 연구에 대해 미국에서 가장 많은 연구성과를 가지고 있고, 미국에서 최초로 유지보수형 연속철근 콘크리트 시공 경험이 있는 미국 텍사스 텍 대학 (Texas Tech. Univ.)의 Prof. Won 교수팀과 국제 공동연구를 추진하는 방안을 검토할 필요가 있음
- 3-1 세세부인 '노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발' 분야의 경우, 미국에서 활발하게 콘크리트 포장 유지보수 전처리 공법으로 사용되고 있는 'Crack & Seat' 공법을 벤치마킹 할 필요가 있으며, 장비개발과 관련해서는 포장쇄석 기층화(rubblization) 장비 및 균열 안치(crack & seat) 장비 개발회사인 'ANTIGO'와 협력할 필요가 있음

4장. 사전 타당성 검토

1절. 분석의 틀

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

<사전 타당성 분석의 틀>

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

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 사업목표와 내용의 구체성

○ "(가칭)무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 기술개발 연구단"의 총괄목표를 정량적이며 구체적으로 제시함

(1) 연구비전 설정의 구체성

- 본 연구의 비전은 **"도로가치 재창조를 통한 사용자 중심의 미래도로 실현"** 으로, 제 2차 도로정비기본계획(국토교통부, 2011)의 핵심방향인 '도로의 신설 및 확장'에서 '시설개량 중심'으로, '공급자 필요'에서 '이용자의 편의'이라는 가치에 적극 부합하며, 국토교통 R&D 중장기 전략(국토교통부, 2014) 중의 하나인 'SOC 신설'에서 기존 'SOC 개선' 패러다임 전환, 국토교통부 주요정책 추진계획(2015,2016)인 '이용자 중심의 교통서비스 제공' 의 가치를 실현시킬 수 있는 미래형 도로를 건설하기 위해 제시

(2) 연구목표 설정의 구체성

○ **노후도로의 효과적 유지관리를 위한 total Solution 제공**

- 기술적 목표로 기존 콘크리트 포장 유지보수공사에 있어 설계단계부터 시공 전, 중, 후까지의 전 공정에 있어 품질관리 향상을 위한 기준 및 지침 개발을 목표로 함
- 구체적으로는 현재 보수를 요하는 콘크리트 포장상태를 고려치 않는 획일적인 보수부위 선정을 예방적 유지관리까지 고려할 수 있는 합리적이고 과학적인 범위를 산정할 수 있는 기법개발에서부터 시공 전 기존 콘크리트 포장 건전도 상태 여부를 판정할 수 있는 평가기법 개발, 시공 중 열화부 콘크리트 잔존에 따른 2차 재파손 억제를 위한 열화부 제거를 위한 개선 및 평가기법과 보수재 생산에 있어 품질관리를 확인할 수 있는 보수재료 배합량 확인기법, 초속경시멘트 특성을 고려한 최적의 양생법 개발을 통해 현장 실무형 콘크리트 유지보수 설계지침과 시공지침 개발을 설정함

○ **20년 도로수명연장 – 7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발**

- 노후된 무근콘크리트 줄눈 포장의 파손 원인과 무관하게 시행되는 현행 유지보수 관련 문제점을 혁신적으로 개선하여 이용자 중심의 지속가능한 고성능 유지보수 공법 적용 논리를 개발하기 위한 것으로 명확히 제시함
- 콘크리트 포장의 유지보수 문제점을 개선하여 도로 사용자에게 쾌적한 주행환경을 제공할 수 있도록 하기 위함이며 (사용자 요구 충족), 목표 실현을 위해 단계별로 정량적/정성적 평가가 가능하도록 구체적으로 제시됨
- 일반 덧씌우기 콘크리트 포장이 아닌 표층의 패턴화와 저소음의 고기능성 포장기능성을 부여하여 운전자를 포함한 도로사용자와 주위 주민의 안정성과 주행쾌적성을 도모하는 기술이며, 또한 강한바인더의 적용을 통하여 덧씌우기 포장기술의 역학적 내구적 성능 증대 기술 개발을 목표로 함

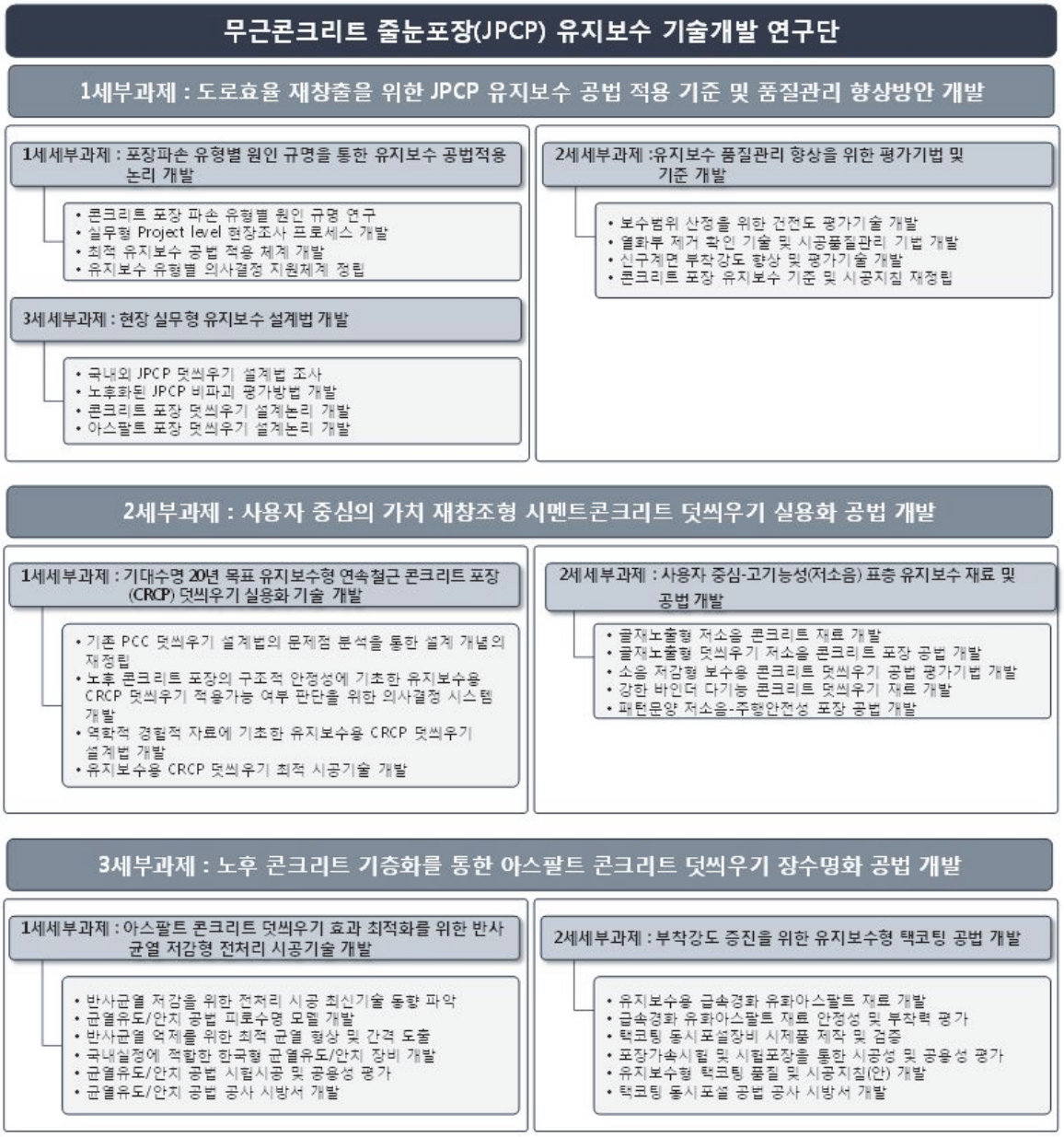
○ **반사균열 70% 저감 – 부착성능 50 % 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발**

- 기존 아스팔트 덧씌우기 포장 시 반사균열 발생에 의한 문제점을 극복하고, 신구층 계면에서 부착성능을 극대화 할 수 있는 아스팔트 덧씌우기 공법 개발을 목표로 함

(3) 연구내용 설정의 구체성

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

- 1세부는 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발을 위해 3개의 세세부과제를 구성함
- 2세부는 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트콘크리트 덧씌우기 실용화 공법 개발을 위해 2개의 세세부과제를 구성함
- 3세부는 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 장수명화 공법 개발을 위해 2개의 세세부과제를 구성함
- 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술함



나. 사업추진 전략의 적절성

(1) 사업추진전략의 구체성 및 도출근거

○ 동 연구단은 정책, 시장, 기술동향 조사, 논문/특허분석, 기술수요조사, 기술예측 조사를 통하여 주요 이슈와 이를 해결하기 위한 주요 기술아이템을 도출함

○ 또한 연구개발과제의 추진방향 정립을 위해 SWOT분석과 이슈트리 분석을 실시하고 다음과 같은 연구개발 추진 전략을 수립함

① 현행 JPCP 유지보수 관련 기술력 향상 및 유지보수 방식 개선 제시

- 포장파손 매커니즘(mechanisms)의 명확한 규명 필요
- Network level의 현장 조사 매뉴얼에 따른 체계적인 정밀 조사 방안 부재
- 파손 유형별 최적 유지보수 공법 선정 프로세스 부재
- 초기공사비 중심의 유지보수 대안 비교논리
- 집중유지보수 방식 도입을 위한 교통처리방안(TMP) 매뉴얼 부재
- 초기공사비-사용자 비용-관리자 비용 등을 종합적으로 고려한 유지보수 공법 적용 의사결정 논리 부재
- 열화부 중심으로 획일적 유지보수 범위 산정
- 보수부위 중심으로 2차파손의 지속적 발생
- 덧씌우기 구간 중심으로 부착파손(delamination) 발생
- 거시적으로 제시되어 있는 현행 유지보수 기준 및 시공지침 보완 필요
- 현장 실무형 아스팔트 덧씌우기 설계법 부재
- 현장 실무형 콘크리트 덧씌우기 설계법 부재

② 장수명 고기능성 시멘트 콘크리트 유지보수 공법 대안 개발
- 노후화된 JPCP 상부에 대한 효과적인 시멘트계열 유지보수 대안 부재
- 폴리머계열-고비용 부분단면 보수 중심의 급속경화 시멘트 콘크리트 중심의 재료개발 지양
- 모발믹서방식을 지양하고, 대규모-플랜트형 집중유지보수 방식 개발 필요
- 사용자 중심의 저소음 콘크리트 포장 재료 개발 필요
- 전단면 유지보수 실용화 공법 개발

③ 효과적인 아스팔트 유지보수 공법 대안 개발
- 콘크리트 포장 상부 아스팔트 덧씌우기 시 반사균열 최소화 전략 마련 필요
- 아스팔트 덧씌우기 시 부착강도 증진을 위한 급속경화 아스팔트 유재 개발 필요
- 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 장비 개발 필요
- 최적 유지보수 대안 선정을 위해 노후화된 콘크리트 포장 평가방법 개발

○ 국내 무근콘크리트 줄눈포장을 가장 많이 건설하고 관리하고있는 한국도로공사와 공동으로 본 기획연구를 추진하였으며, 특히 국토교통부 간선도로과와 정기적인 자문회의를 통해 현안 문제의 도출 및 이의 해결방안에 대해 중점적으로 기획을 추진함

○ 특히, 포장 파손 유형별 발생원인 규명을 통해 최적의 유지보수 공법 적용 논리를 개발함에 있어 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 국내 도로포장분야 전문가와 8차에 걸친 자문회의를 거쳐 연구추진 전략을 작성함

○ 성과의 사업화 및 실용화방안과 최종 수요처를 구체적으로 제시하고 최종 성과 목표치에 대한 평가방법을 구체적으로 제시하여 기술개발 이후 기술의 전파에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 판단됨

○ 국내 콘크리트 포장의 유지관리주기가 도래하면서 널리 적용되어 오고 있는 노후된 콘크리트 포장 위에 아스팔트 덧씌우기 기술의 공용적인 한계를 극복하고 장기적인 유지관리비용을 저감하기 위한 제안 기술임

○ 고속도로 및 자동차 전용도로 중 콘크리트 포장의 도심지 통과구간에 대한 유지보수용 기술로, 민원발생 최소화와 주행쾌적성 향상을 고려한 신규 기술에 대한 홍보로 시장성 확보가 가능

○ 일반적 형식의 시멘트콘크리트포장 표층에 대한 국민인식의 저하를 극복하기 위하여 주행안전성과 저소음을 추구하는 패턴문양의 포장 표층개발을 통하여 대국민 인식 전환 가능

(2) 사업추진체계의 적절성

○ 동 연구단은 산학연 전문가로 구성된 기획위원회를 통하여 총괄목표 및 세부목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 3개의 세부과제와 7개의 세세부과제로 구성된 200억 원 규모의 사업 특성을 고려하여 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

- 본 사업의 연구비는 약 200억 원으로 국토교통과학기술진흥원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[1)]에 만족함

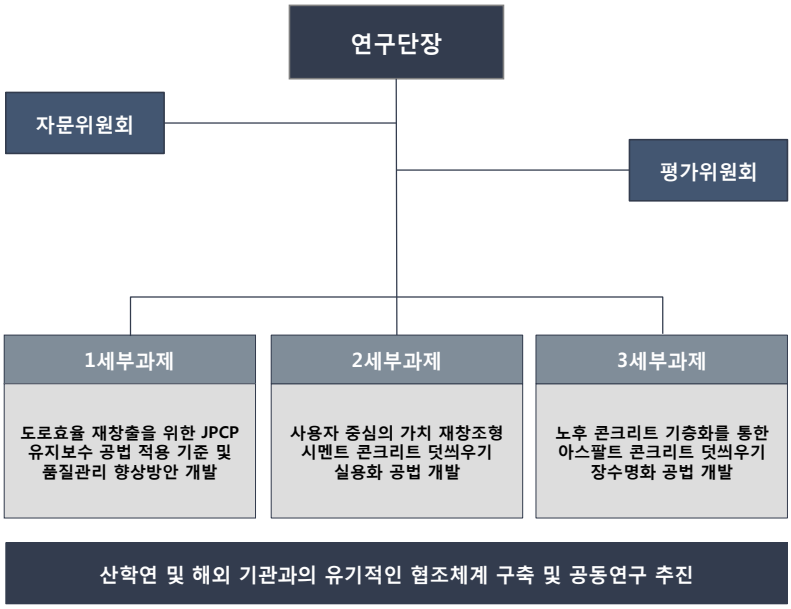
○ 연구단 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술함

- 동 연구단은 실용화 기술, 제도 개선 등 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산.학.연.관간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 책임자가 필요함
- 개발 기술의 최종 보유주체가 세부과제 기술의 최종 보유 주체가 되도록 연구기관을 구성하고 핵심기술 개발단계부터 적극 참여하도록 유도
- 연구추진 시 주관, 협동, 위탁기관 및 참여기업은 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에서 활용할 수 있도록 연구추진체계를 구성해야 함
- 포장도로의 관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량

1) 연구단 규모 : 50억원 이상~300억원 미만

을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성하였음

- 현장에서 무근 콘크리트 포장 유지보수 시 실무자가 편리하게 사용할 수 있는 설계법이 절실히 필요
- 개발 기술은 수요자, 유지보수 관리주체 및 민간 기업체와 도로 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성
- 기술경쟁력 분석을 통하여 과제관련 국내외 기술인프라 현황과 관련 연구 개발 과제 수행현황을 조사할 계획
- 과제와 관련하여 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색
- 포장 파손 유형별 발생원인 규명을 통해 최적의 유지보수 공법 적용 논리를 개발함에 있어 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 국내 도로포장분야 전문가를 활용한 추진전략을 수립
- 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추친체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정하고자 함
- 연구계획시 부터 달성이 가능한 성과목표 및 성좌지표를 제안.유도하고 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과모니터링을 실시하여 단기난 내에 실증적인 연구가 되도록 함
- 성과물의 실용화를 위해 기술실시 대상 기업을 명확히 결정하고 대상 기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립
- 본 연구단의 추진체계에 대하여 보다 세부적인 추진계획을 수립하는 것이 필요하며, 향후 본 연구단을 수행하는 총괄 주체가 세부적인 추진체계를 수행할 것으로 기대됨



다. 기술개발 로드맵의 우수성

○ 구성기술의 연관관계를 도식화하여 표현하여 구체성이 놓음

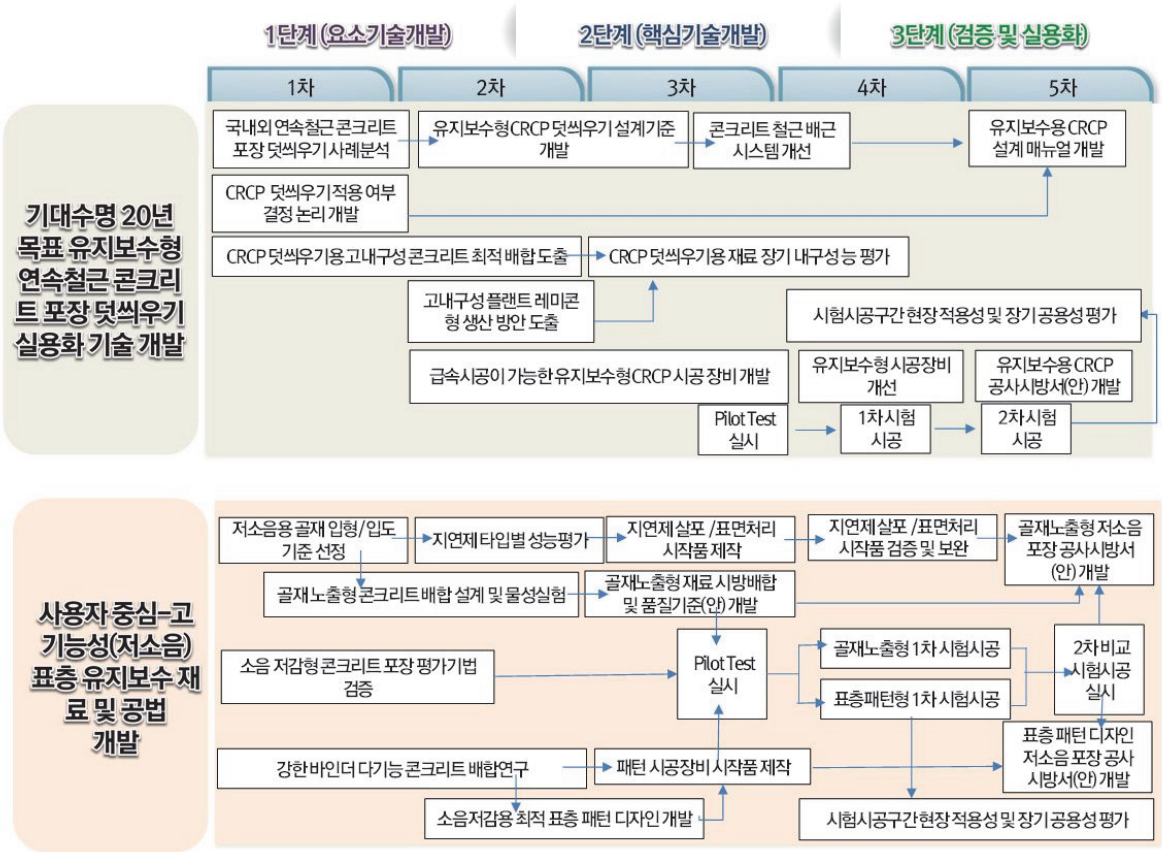
○ 기술개발 로드맵은 사업화에 기초한 단계별 목표를 설정하고, 내실 있는 목표 달성을 위해 기술의 개선과 검증이 가능하도록 구성하였음

○ 각각 세세부별 기술개발 내용이 유기적으로 결합되어 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 구성하였음

○ 기술개발 로드맵을 통하여 세세부의 구성기술별 요소기술개발계획을 나타냈으며 요소기술간 선후관계를 명확하게 제시함

○ 보수용 콘크리트 덧씌우기 기술은 일반적인 콘크리트 포장에 재료만 개발하여 적용하는 사례가 많기 때문에 도로의 주행 기능성 부분은 간과하는 경우가 대부분인데, 본 연구에서는 고기능성을 중요한 항목을 제시

○ 운전자를 포함한 도로사용자와 주위 주민의 안정성과 주행쾌적성을 함께 도모하는 기술로서 기술적인 진보와 함께 건설기술의 대국민 인식전환 가능한 기술임



[기술개발로드맵 예시(2세부)]

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량 분석

○ 본 기술 분야는 현재 국내 콘크리트 포장 유지보수에서 다양한 형태로 적용되고 있는 분야이나, 객관화되고 통합적인 연구사례 및 연구결과에 기초하지 않고 현장 기술자의 경험적 지식과 장비에 크게 의존하여 기술이 실현되고 있는 상태로 기술적용성은 매우 높으나 기술수준은 낮은 상태로 판단됨

○ 특히 콘크리트 포장 유지보수 특성 상 공사기간이 짧고 공사비가 크지 않은 관계로 중소기업과 지역영세기업을 통해 이루어지고 있으므로 기술발전과 기술의 체계화가 어려운 상태임

○ 국외 사례 분석결과 현재까지 콘크리트 포장 덧씌우기의 체계적인 의사결정 시스템이 구축된 바 없으며, 본 연구에서 구축될 기술이 최초 기술임

○ 콘크리트 도로포장 관련 국내 역량 있는 연구인력 및 국내 최고 수준의 기술력을 확보하고 있음

○ 국토부 간선도로 정책 측면에서 콘크리트 포장 유지보수 개선 의지 높음

○ 콘크리트 포장 표면처리 기법으로 코울드 밀링(Cold milling), 샌드 블라스팅(Sand blasting), 에어 블라스팅(Air blasting), 고압살수(Water blasting) 등, 일반화된 많은 방법들이 적용되고 있으나, 경제성이 고려된 덧씌우기용 콘크리트 포장 최적 표면처리 기법 또는 조건에 대한 기술은 없는 상태임

○ 포장도로의 시공 주체 및 유지관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록, 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체가 기술개발주체로 구성될 것이므로, 실용적인 측면에서 양질의 기술개발이 기대됨

○ 해당 기술에 대한 경험 많은 해외 연구 인프라의 적극 활용(위탁연구 및 자문)을 통해 개발기술에 대한 완성도를 고취할 수 있음

○ 기본연구를 통해 국내외 기술수준에 대한 체계적인 정보 수집과 더불어 연구로드맵이 현실적인 측면에서 도로관련 유관기관 및 민간 기업체의 요구를 충족할 수 있도록 구성되었으므로 기술개발 역량은 충분하다고 판단됨

나. 기술개발의 성공가능성

○ 국내외 동향 및 환경분석을 통하여 기술개발전략을 수립하는 등 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨

○ 본 사업의 주안점은 개발 기술의 성공가능성 여부가 아니라, 개발 기술을 확대 적용하기 위한 전략 수립, 국가적 차원에서 국외로의 기술 수출을 위한 전략 및 인프라 구성 등의 노력이 후속되어야 할 것으로 판단됨

○ 고속도로 및 국도 관리기관에서 비파괴장비를 운용하고 있으며, 한국 기후 및 교통량에 따른 도로관리체계자료를 매년 조사하고 있으므로 역학-경험적 덧씌우기 포장 설계법을 개발할 수 있다고 판단됨

○ 최근 약 10년 동안 한국형 포장 설계법을 개발하였고 운영하고 있으므로 무근 콘크리트 포장 유지보수 설계법 개발이 가능하다고 판단됨

○ 국내외 동향 및 환경분석을 통하여 기술개발전략을 수립하는 등 기술적 위험요인을 사전에 분석하고, 이에 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성이 높은 것으로 판단됨

○ 기술개발 성공가능성의 증진을 위해 기술적 위험요인에 대한 대책 마련, 연구개발추진전략을 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축, 실용화 촉진 방안 수립, 분야별 전문가 네트워크 활용 등에 대해 제안하고자 함

○ 현재 국내 기술개발수준과 기술개발 잠재역량을 파악하고 있으며, 추후 기술수준 및 역량 대비 기술개발 성공가능성과 시장 창출 및 진입 등 시장경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 지속적인 모니터링을 통해 효율적으로 연구의 성공적인 수행을 위한 기술개발 성공가능성을 증진시키고자 함

○ 노후된 콘크리트 포장의 접착식 보수공법으로 현장에 적용될 경우 도로 기능적 측면을 부각시킬 수 있으며 기본적인 내구성이 확보된 포장이므로 유지관리 담당자나 도로 이용자 관점에서 만족할 만한 수준의 기술이 될 것으로 예상

○ 일반적인 콘크리트 보수공법에서 표면처리 공정이 추가되므로 시공에 소요되는 시간이 증가되어 긴급 유지보수용으로 적용이 어려울 수 있으나, 표면처리용 전용 장비 시작품을 개발하고 신속한 경화속도를 가지는 내구성이 높은 콘크리트 재료를 개발할 예정이므로 상기 요소들을 극복할 수 있을 것으로 판단됨

○ 다기능 고기능성을 위한 재료 및 배합기술의 발달과 포장장비 및 시공기술의 발전을 기반으로 표층 패턴형과 강한바인더 적용을 통한 개발 기술의 성공가능성은 매우 높을 것으로 판단됨

3. 기존 연구과제와의 중복성

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

- 동 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 각 단계별로 전문가 워크샵을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수보고 및 1차례의 기획타당성 평가시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음
- 중복성 검토는 세부과제별로 기존과제 연구성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 연계가능 방안, 기존과제 연구성과의 성능 및 수준향상을 통한 성과의 고도화 방안으로 구분하여 분석함

구분	선행과제명(연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	콘크리트포장 보수/보강 공법 결정 절차에 관한 연구(2006)	로드텍 조남근	노후 콘크리트포장의 결함 유형 및 정도에 따른 보수/보강 공법 결정절차를 개발하는 연구	해외의 다양한 보수/보강 공법 절차를 검토하여 국내 적용가능성을 파악하여 우리나라 고속도로의 실정과 PMS 연계 가능성을 고려함	콘크리트포장 보수/보강 공법 대안 도출기준 제시 및 공법결정 의사결정표 제시	콘크리트 포장의 결함 유형만 분석하는 것이 아니라 본 연구에서는 원인을 파악하고 종류에 따라 적절한 보수/보강 방법을 결정하는 절차 제시	PMS의 데이터와 문헌적 자료에 대한 조사 뿐 아니라 본 연구에서는 물리적 화학적 특성을 파악하여 파손 원인을 규명	콘크리트 포장 보수/보강에 있어서 기존의 비효율적인 보수/보강 기법 결정과정을 해결하고자 파손의 특징과 그 원인을 파악하여 적절한 보수방법 결정
2	콘크리트 포장의 파손유형 및 보수공법(1997)	한국도로공사 윤경구	콘크리트 포장 유형에 따른 파손유형과 보수공법에 대한 정리	파손유형에 대한 원인과 보수공법에 대한 조사 및 정리	JCP, CRCP의 대표적인 파손유형을 정리하고 각 포장 방식별 대표적인 보수공법 제시	콘크리트 포장의 파손 종류에 따른 원인과 보수공법의 단순한 정리 뿐 아니라 본 연구에서는 파손 원인에 적합한 보수공법의 매뉴얼 제시	PMS 자료와 문헌조사를 바탕으로 파손유형별 보수공법에 대한 자료 정리뿐 아니라 본 연구에서는 실험적 및 해석적 연구를 통한 확인 및 보완	기존에 유행하는 포장파손 유형 대한 원인과 보수공법의 정리가 아닌 파손 유형별 원인에 적합한 보수공법의 매뉴얼 제시
3	고속도로 노후 콘크리트 포장 보강의 경제성 분석 사례 연구 (2016)	한양대 서영찬	고속도로 노후 콘크리트 포장에서 실현가능한 다양한 보강이슈들에 대한	여러 가지 입력변수들의 민감도 분석을 통해 변수의 영향을 파악하고 고속도로	민감도 분석을 통한 변수들의 영향력 파악, 비절삭 덧씌우기 공법의	경제성분석 프로그램 입력변수의 민감도 분석 차원이 아닌 뿐 아니라 최적 공법 선정을 위한 유지보수	경제성 분석 프로그램의 기존 입력변수 뿐 아니라 미래 교통과 교통수요 그리고 잔존 수명 등을	경제성 분석 프로그램의 민감도 분석과 사례 연구 차원이 아닌 콘크리트 포장의 전반적인

			경제성 분석을 실시하고 적절한 대안을 제시하고자 함	현안문제에 대한 사례 연구를 통해 경제성 분석을 실시함	경제성 파악, 콘크리트 재포장의 경제성 파악과 양생요구기간의 경제성 비교	경제성 분석 시스템 개발	입력변수로 반영하고 경제성 분석 실시	유지보수를 위한 최적 경제성 분석 방법과 분석 모델 및 매뉴얼 개발
4	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비를 이용한 콘크리트포장 공법의 사업화 연구 (2014)	㈜삼우 아이엠씨	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비개발, 현장 적용성 평가를 수행하여 시공 효율/품질 향상을 이루고 이를 토대로 사업화 기틀 마련	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발 및 현장 시공 성능 확인	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발	노후화된 JPCP도로의 유지보수 가능한 얇은 CRCP 유지보수 공법 개발	철근유도 장치 및 콘크리트 피딩 장비 개발을 통해 연속포설 가능 장비 개발	Zero-Slip Form 공법 실용화를 통해 한 차로에서 작업 가능한 유지보수 공법 개발
5	노후 줄눈 콘크리트 포장 보수를 위한 박층 철근 콘크리트 포장 거동 평가 연구 (2007)	중앙대 조윤호	연속철근 콘크리트를 이용한 박층 유지보수 공법 연구	기존 JPCP 상부에 약 5cm 밀링 후 10cm 덧씌우기용 유지보수 공법 개발	부착강도, 철근변형율, FWD를 이용한 처짐량 분석을 통해 BCO 거동 분석	얇은 CRCP의 실질적인 덧씌우기 효과에 대한 검증	이론적 검토 및 시험시공 등을 통한 공용성 평가	얇은 CRCP 덧씌우기 포장의 실용화 기술 및 장비 개발 및 검증
6	콘크리트 접착식 덧씌우기의 설계 및 장기성능 평가방안 연구 (2013)	강릉대 이승우	다양한 재료와 공법을 포함할 수 있는 접착식 콘크리트 덧씌우기의 공용성 평가 및 합리적인 설계기준방안 도출	기존의 AASHTO 설계절차와 국내 경험 설계 전차를 분석하고 개선점을 도출 후 유한요소 해석을 통한 구조해석 실시 및 품질기준의 적정성 검토	콘크리트포장 접착식 덧씌우기의 설계 및 장기성능을 평가하여 공용성, 민감도 분석수행을 통한 해석절차를 정립하고, 현장측정을 통한 전이함수를 개발하여 설계절차에 반영	국내에서 대표적으로 사용되는 접착식 콘크리트 포장설계를 통한 카타로그형 설계법 개발	기존 무근 콘크리트 포장을 평가하고 이를 구조해석에 이용하여 설계법을 개발한 후 설계자가 사용할 수 있는 카타로그설계 개발	기존 무근 콘크리트 포장에 대한 물성정량화 및 하중전달계수등을 산정하고 이를 바탕으로 구조해석을 실시하여 실무에서 편리하게 사용할 수 있는 카타로그형 덧씌우기 포장 설계법 개발
7	콘크리트 포장의 콘크리트 덧씌우기 공법 (1998)	강원대 윤경구	콘크리트 포장 보강대안으로서 콘크리트 덧씌우기의 국내 적용성 파악	콘크리트 덧씌우기 두께 설정 및 시험시공 후 계측 및 추적조사를 통해 포장지지력, 미끄럼저항성 등	시험시공 및 시공후 추적조사를 수행한 결과를 바탕으로 콘크리트 덧씌우기 효과 및 거동을	무근 콘크리트의 유지보수 설계로 덧씌우기 포장 설계 개발	피로균열 공용성 및 사용 편리성에 중점을 두어 덧씌우기 포장 설계법 개발	기존포장 평가 및 콘크리트 포장 물성에 기반하여 덧씌우기 포장 설계법 개발

				평가분석	측정하여 국내 적용성 확인			
8	역학적-경험적 덧씌우기 포장 설계프로그램 개발 (2012)	한국건설기술연구원 백철민	기존 아스팔트 콘크리트 포장위에 아스팔트 덧씌우기 공법을 적용하기 위한 설계절차 정립 및 설계프로그램 개발	덧씌우기 포장 설계 프로그램을 이용한 덧씌우기 포장 설계 및 공용성 분석	한국형 포장 설계법과 연계할 수 있는 덧씌우기 포장 시스템 개발	무근콘크리트포장의 유지보수방법으로서 반사균열 저감을 위한 덧씌우기 설계법 개발	기존 무근 콘크리트 및 Crack and Seat 공법을 적용하여 반사균열 저감을 위한 설계법 개발	기존포장 평가를 수행하고 아스팔트포장에 대한 반사균열 저항성을 평가한 후 파괴계수를 도출하여 반사균열 모형을 개발하고 현장에서 실무자들이 사용할 수 있는 프로그램 개발
9	두꺼운 콘크리트 포장의 원위치 파쇄 기층화 공법 (2006)	강원대 이승우	노후 콘크리트 포장 수명연장 방안으로 반사균열 억제 방안 제시	원위치 파쇄 기층화 공법을 통한 기존 콘크리트 포장 파쇄	파쇄기기 개발 및 파쇄방법 제안을 통해 실제 파쇄장비의 적정성 검토	노후 콘크리트를 파쇄하는 것이 아니라 Crack & seat 공법 적용	기존 콘크리트 포장 줄눈부 사이를 약 1-2m 간격으로 파쇄하여 기층활용	기존 중장비 활용Crack & Seat 장비 개발 및 이를 활용한 덧씌우기 기술 개발
10	차세대 저소음 포장공법 개발 (2013)	세종대 이현종	우수한 소음 감소효과를 가지면서도 공극막힘 현상이 적고 내구성이 우수하며 탄소 배출량 및 에너지 사용을 저감할 수 있는 도심지형 차세대 중온 저소음 포장 공법 개발	도심지형 저소음 포장공법 개발 및 중온 저소음 아스팔트 혼합물 개발	실내 시험을 통한 아스팔트 최적 배합비 결정 및 현장 시험시공과 추적조사를 실시하여 차세대 소음 포장공법의 현장 적용성, 공용성, 타당성 분석	노후된 콘크리트 포장 보수용 접착식 덧씌우기 콘크리트 재료 개발	노후 콘크리트포장의 유지보수에 기능성을 겸비한 기술 개발로 VE 및 LCC측면에서 유리한 콘크리트 포장용 덧씌우기 공법의 개발	내구성 기준 100%의 보수용 콘크리트 재료 개발 및 저소음 덧씌우기 포장 공법 개발
11	친환경 고강성 포장시스템 개발 (2010)	강릉대 이승우	실내시험 및 현장여건을 충분히 고려한 시험시공을 통하여 골재노출 콘크리트 포장의 배합설계, 시공 및 품질관리 기준을 제시하는 소입경골재 노출	실내 시험을 통한 품질관리 기준 설정 및 소입경 노출콘크리트 시공 기술 연구	골재노출공법의 최적 배합 도출 및 소입경 골재노출 콘크리트 신규 포장 시험 시공	기존 보수용 콘크리트 포장재료 대비 소음 저감 10% 이상의 소음 저감형 보수용 덧씌우기 콘크리트 재료 개발	골재의 표면탈리 억제를 위한 바인더 개발 및 저소음 콘크리트 표면처리를 위한 지연제 개발	노후된 콘크리트 포장의 유지보수 방안으로 덧씌우기 골재노출콘크리트 개발

			콘크리트 포장 공법을 개발					
12	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비를 이용한 콘크리트포장 공법의 사업화 연구 (2014)	㈜삼우아이엠씨	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비개발, 현장 적용성 평가를 수행하여 시공 효율/품질 향상을 이루고 이를 토대로 사업화 기틀 마련	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발 및 현장 시공 성능 확인	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발	노후화된 JPCP도로의 유지보수 가능한 얇은 CRCP 유지보수 공법 개발	철근유도 장치 및 콘크리트 피딩 장비 개발을 통해 연속포설 가능 장비 개발	Zero-Slip Form 공법 실용화를 통해 한차로에서 작업가능한 유지보수 공법 개발
13	노후 줄눈 콘크리트 포장 보수를 위한 박층 철근 콘크리트 포장 거동 평가 연구 (2007)	중앙대 조윤호	연속철근 콘크리트를 이용한 박층 유지보수 공법 연구	기존 JPCP 상부에 약 5cm 밀링 후 10cm 덧씌우기용 유지보수 공법 개발	부착강도, 철근변형율, FWD를 이용한 처짐량 분석을 통해 BCO 거동 분석	얇은 CRCP의 실질적인 덧씌우기 효과에 대한 검증	이론적 검토 및 시험시공등을 통한 공용성 평가	얇은 CRCP 덧씌우기 포장의 실용화 기술 및 장비 개발 및 검증
14	두꺼운 콘크리트 포장의 원위치 파쇄 기층화 공법 (2006)	강원대 이승우	노후 콘크리트 포장 수명연장 방안으로 반사균열 억제 방안 제시	원위치 파쇄 기층화 공법을 통한 기존 콘크리트 포장 파쇄	파쇄기기 개발 및 파쇄방법 제안을 통해 실제 파쇄장비의 적정성 검토	노후 콘크리트를 파쇄하는 것이 아니라 Crack & seat 공법 적용	기존 콘크리트 포장을 줄눈부 사이를 약 1-2m 간격으로 파쇄하여 기층활용	기존 중장비 활용Crack & Seat 장비 개발 및 이를 활용한 덧씌우기 기술 개발
15	타이어 부착방지용 유화아스팔트 개발 (2014)	㈜ 일우피피씨 정흥기	유화아스팔트에 부착방지제를 혼합하여 아스팔트가 시공기계 또는 아스콘 운반용 차량의 타이어에 부착되는 현상을 방지하는 부착방지용 유화아스팔트를 제조	부착방지용 유화아스팔트 제조 및 시공	유화수 제조와 개질아스팔트 배합기술을 통하여 부착방지용 유화아스팔트 제품 개발	층 부착력 향상을 위한 유제 및 텍코팅 공법 개발	유지보수용 급속경화 유제 개발 및 평가, 개발된 유제를 사용한 택코팅 동시포설 시공기술 개발	양생시간을 단축시킨 급속경화유제 개발, 개발된 유제의 안정성 및 부착력 평가 및 검증, 부착강도 증진을 위한 유지보수형 텍코팅 공법 평가-검증 및 실용화
16	친환경 고기능성 유화아스팔트 방수재 개발 (2013)	청주대학교 이은경	저장성이 우수한 유화아스팔트를 제조	입자크기, 전단속도에 따른 점도 값을 분석하여	양이온계 및 비이온계 유화제를 혼합 사용하여	층 부착력 향상을 위한 유제 및 택코팅 공법 개발	유지보수용 급속경화 유제 개발 및 평가, 개발된 유제를 사용한 택코팅	양생시간을 단축시킨 급속경화유제 개발, 개발된 유제의

				안정성을 규명	아스팔트 입자를 보다 균일하게 물에 분산시켜 유화 아스팔트를 제조		동시포설 시공기술 개발	안정성 및 부착력 평가 및 검증, 부착강도 증진을 위한 유지보수형 텍코팅 공법 평가-검증 및 실용화

3절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

○ 국내 도로포장 시장을 살펴보면, 고속국도의 63%인 2,575km구간이 콘크리트 포장구간으로 되어 있으며 이중 약 96%가 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP)으로 되어 있음

○ 특히 경제성장과 더불어 확충된 도로포장이 그 한계점에 도달한 현재 공용수명 20년이 경과한 노후 콘크리트 포장연장이 10년간 약 6.5배 증가한 상황에서 고속도로 포장 유지보수비 증가가 14년간 약 3.84배 증가하고 있음

○ 즉, 노후 콘크리트 포장이 증가하고 있는 상황에서 이에 대한 효과적인 대처가 이루어지지 않으면 국민안전과 경제에 악영향 우려

○ 이를 위해 현재 주요 노후 콘크리트 포장 노선에 대한 부분단면보수 시행면적이 최근 2년간 1.5~1.8배 증가되었으나 반대적으로 보수부위 중심으로 2차 파손발생에 따른 보수비 재투자비용도 크게 증가하고 있음

○ 따라서 콘크리트 포장 유지보수에 대한 근본적인 대책마련을 위한 기술적 접근과 해결책이 반드시 제시되어야, 증가되는 콘크리트 포장 유지보수비용과 반복적인 재파손에 따른 재투자의 비용 절감이 가능할 것임

○ 국토교통부 주요정책 패러다임은 SOC 고령화에 따른 노후도로의 효과적인 개선 방안 마련을 필요로 하고 있으며, 관리자 중심에서 이용자 중심의 도로교통 서비스 제공을 필요로 하고 있으므로 포장 파손 원인별 최적의 유지보수 공법 적용은 노후도로를 효과적으로 개선하고 이용자에게 향상된 도로교통 서비스를 제공하는 방안이 될 수 있음

○ 2009년 전체 유지보수 요구 예산의 약 40%가 확보된 것에 비해 2013년에는 예산 확보율이 23%로 하락한 것으로 보아 예산 확보의 어려움으로 인해 유지보수가 적재적소에 이루어지지 못하였으며 이에 따라 도로의 공용성이 지속적

으로 하락하여 추가적인 유지보수 수요를 발생시킬 것으로 예상되므로 포장 파손 원인별로 최적의 유지보수 공법을 적용하여 재파손을 최소화함으로써 유지보수 비용을 낮출 필요가 있음

○ 현재 노후 도로 시설 개량을 위해 대규모 도로공사가 시행되고 있으나 효과적인 유지보수 대안 및 검증 제시의 한계에 따라 아스팔트 덧씌우기 위주의 유지보수 공법이 채택되어 진행되고 있으며, 아스팔트와 기존 콘크리트 포장과의 재료적 특성 차이로 인한 2차 파손 발생이 증가하고 있으므로 파손 원인별로 최적의 유지보수 공법을 적용하여 2차 파손 발생을 줄일 필요가 있음

○ 파손 원인별 맞춤형 유지보수 대안과 적절한 교통처리 방안을 고려한 경제성 분석을 통해 단순한 보수보강 개념의 유지보수를 대체하는 이용자 중심의 유지보수 대안 제시의 필요성이 재고되어야 할 시점임

○ 국내 줄눈 콘크리트 포장의 연장이 점차적으로 증가하면서 설계수명(20년)에 도달하는 노후된 콘크리트 포장의 보수주기가 도래함에 따라 원래의 콘크리트 포장을 유지시키면서 수명을 증진할 수 있는 고내구성 유지보수공법 개발이 절실히 요구되는 시점임

○ 사회기반시설(SOC) 유지관리비가 점차적으로 증가함에 따라 각 분야별 세부기술에서 비용절감이 필요하며, 생애주기비용(LCC, Life Cycle Cost)측면에서 우수한 보수공법들이 제시되어 관리자가 현장 여건에 맞게 선택하여 적용할 수 있는 기틀을 제공하여야 함

2. 상위 계획과의 부합성

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발에 있어 유지보수와 관련된 기술적 검증과 새로운 개선연구는 일부 중소기업 위주의 기업을 중심으로 시행될 수 없는 규모이며 가장 핵심적인 근본적인 설계지침과 시공지침 마련과 같은 국가기준 설정에 대한 연구개발 내용은 대규모의 체계적이고 과학적인 국가적 도로포장개량 사업 추진에 따른 맞춤형 유지보수 전략 제시 필요

○ 2016년 국토교통부 주요 정책 추진계획에 따르면 한정된 재원으로 노후도로 전체를 일시 개선하기 위해 민간 자본을 활용한 도로 개선 시범사업을 추진하고, 이용자 중심의 교통서비스 제공을 위해 다양한 정책을 추진하고 있음

○ 국토교통부의 '제 2차 도로정비기본계획'의 기본방향은 효율성/환경/안전 중심, 시설개량 중심과 이용자 편의 중심이며, '국토교통부 주요정책 추진계획 (2015, 2016)'에 노후 SOC개선을 위한 시설물 유지 관리 체계정비가 포함되고 있고, '국토교통 R&D 중장기전략 (2014)'에 따르면 SOC 시설물의 노후화가 진행될수록 유지관리 비용이 급증(세계은행 보고: 도로 유지관리 지연 시 최악의 경우 적정 유지관리 예산 대비 3배 이상 재정 부담 초래)하는 것으로 나와 있으며,

이를 해결하려면 효율적인 관리기술이 필요하기 때문에 포장 파손 원인별로 최적의 유지보수 공법을 적용하기 위한 본 연구의 목적에 부합함

○ 한국도로공사의 "노후 콘크리트 포장 리모델링 중장기 계획(2015.09.)"에 따르면 재파손의 우려가 없는 근원적인 보수보강 공법 적용을 통한 리모델링을 시행하면 교통안정성 확보, 통행자 비용 및 불편 최소화 등의 이점이 발생할 것이며, 이로 인해 단기 차단 후 공사하는 경우는 50억원, 장기 차단 후 집중유지보수하는 경우는 84억원 가량의 예산절감 효과가 나타날 것이라 보고됨. 따라서 노후된 고속도로 포장에 대하여 포장 원인별 분석을 통한 최적 유지보수 공법 적용을 위한 논리 및 실무지침의 개발이 필요함

○ 한국도로학회의 "도로포장의 뉴 패러다임 도입을 위한 기획연구(2015.05)"는 다양한 환경조건의 변화와 국민요구의 증가에 따라 유지관리의 중요성이 높이지고 있다고 평가하고 있으며, 지속가능성, 친환경 및 CO2 저감, 국민 편의성 증진을 도로포장 산업의 뉴 패러다임의 방향으로 설정하고 있으므로 본 연구에 부합함

○ 본 연구는 기존 노후된 도로를 개량하기 위한 보수재료 및 공법 개발이 목적이며 이용자 편의를 위한 소음저감형 콘크리트 포장이라는 측면에서 정책적 방향과 정확하게 일치하고 있음

3. 사업추진의지와 관련 기관 협조체계

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

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

○ 국토해양부 제2차 도로정비기본계획의 기본방향은 효율성, 시설개량, 이용자 편의 중심으로 진행되고 있으며, 국토교통부의 도로보수 현황(2015)에 따르면 도로포장 유지 보수비가 지속적으로 증가하고 있지만 적절한 대책이 마련되어 있지 않기 때문에 효율적이고 포장 파손 원인별로 근본적이고 효과적인 유지보수 대책을 마련하기 위한 본 연구에 대한 지원이 이뤄질 것으로 예상됨

○ 2013년에 조사된 HPCI를 기준으로 살펴보면, 유지보수 비용과 한국도로공사가 확보한 유지보수 비용의 비율이 점점 줄어들고 있기 때문에, 비용 측면에서 효율적인 유지보수 공법 개발에 대한 한국도로공사의 적극적인 지원이 수행될 것으로 예상됨

○ 서울시는 평탄하고 안전한 도로를 만들기 위하여 도로 유지관리체계를 근본적

으로 개선하기 위한 정책을 추진 중이므로 본 연구와 협조 체계를 구축할 수 있을 것으로 예상됨

○ 콘크리트 포장 구간을 가장 많이 관리하고 있는 한국도로공사에서는 2014년부터 공용중인 도로의 리모델링 사업을 중장기적으로 추진하고 있으며, 노후된 콘크리트 포장 보수방법에 대한 여러 가지 대안을 물색하고 있는 실정임

○ 본 연구에서는 과제 수행 시, 한국도로공사 도로교통연구원 담당자와의 협의를 통해 기관에서 보유하고 있는 포장가속시험기와 현장 시험시공 Site 등을 협조받아 실용화에 필요한 인프라를 제공받고 현장 적용성을 검증하고자 함

4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

○ 도로교통분야의 특성을 고려하여 풍부한 연구경험과 역량을 갖춘 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 설정하여 위험요인을 최소화하였음

○ 기술개발업체의 경우, 기업 내 연구부서의 유무를 참여기준으로 적용함

○ 해외의 관련 기관과의 협조/협약 체결, 기술자문 계획을 수립함

○ 국내 적용되고 보수재료는 내구성이 우수하여 좋은 공용성능을 나타내지만, 보수 이후에 추가적인 파손이 발생할 수 있으며, 본 연구에서는 이를 극복할 수 있는 근본적인 대책을 마련할 계획임

○ 콘크리트 포장 유지보수 시장업계의 기술력은 부족하지만, 본 연구를 국내 포장기술을 크게 향상시킬 것으로 기대함

○ 긴급보수 위주의 유지보수에 대한 패러다임 전환의 어려움이 예측되기 때문에 본 연구에서는 유지보수 패러다임 전환을 위해서 유지보수 공법별 경제성분석(LCCA)을 수행하는 상위 의사결정 체계를 개발할 예정임

○ 유지보수로 인한 장기교통차단 시 민원 발생이 예측되기 때문에 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 교통우회전략(TMP)을 개발하여 교통지체 최소화 전략을 마련할 계획임

○ 노후포장 연장의 증가에 따른 유지보수 예산의 한계로 인한 재원 조달의 어려움이 예측되기 때문에, 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 포장 파손별 최적 유지보수 공법을 제시하여 유지보수 비용 절감 방안을 마련할 계획임

○ 이상기후에 따른 환경하중에 의한 손상이 증가하는 추세이며, 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 열악한 환경조건에서 발생할 수 있는 포장 파손별 발생원인을 정확하게 규명하고 장기공용성 및 고내구성을 확보할 수 있는 경제적 유지보수 공법 적용 논리를 개발할 계획임

○ 국내 콘크리트 포장의 저소음 표면처리 방법에 대한 법적 기준이나 제한은 전무한 상황이며 혼합물 공극에 대한 일부 기준 존재하고 있으며, 이에 본 연구에

서는 저소음 표면처리에 대한 평가기준을 제시하고 법제화 및 시방 기준 제정에 필요한 데이터를 제공함으로써 개발된 공법의 상용화를 위한 교두보를 마련할 예정임

○ 보수용 콘크리트의 공용수명에 영향을 미치는 가장 중요한 요소가 기존 콘크리트와의 부착이며, 이를 극복하기 위한 다양한 공법 및 공정들이 검토되어져야 함

4절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 경제성 분석 방법

○ 비용/편익 분석(Benefit/Cost Analysis)

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

○ 분석대상

- "(가칭)무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 기술개발 연구단"의 보상시장에 대해 분석하였으며, 총괄적인 비용/혜택 분석 결과를 도출함

○ 편익범위

- 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함
- 본 연구단의 연구기간을 2017년~2021년으로 가정하고, 실용화 기간을 3~4년으로 볼 때 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2025년 이후라 볼 수 있음

  ▸ 각 세부과제별로 2025년~2034년(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

Benefit = (국내시장규모×시장점유율×기술성공률×기술기여도)×(부가가치비중×R&D기여도)

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

- ▸ 추가창출시장규모 : 기술개발과제 추진을 통한 연구결과물이 파급되는 산업의 시장 규모
- ▸ 시장 점유율 : 해당 산업의 관련 국내 시장에서의 점유비율
- ▸ 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부 연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함
- ▸ 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2009년 산업연관표를 기준으로 건설업종의 40.1%를 적용함
- ▸ R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중[2)]
- ▸ 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중[3)]
- ▸ 할인율 : 할인율은 5년만기 국고채금리인 1.3%(2016, 8 기준)를 적용함

나. 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 1.63로 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(101,808억원)×시장점유율 × 기술개발성공률(30%)

---

2) 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

3) 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 산출한 바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함

× 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)

- 비용(205억원) = 연도별 소요 예산의 현재가치
- 편익/비용 = 1.63

(가칭)무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 기술개발 연구단 B/C분석 결과

(단위:억원)

구분	Benefit			Cost
	국내			
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration	연구비
2015	-	-	-	-
2016	-	-	-	-
2017	-	-	-	31.64
2018	-	-	-	50.60
2019	-	-	-	52.68
2020	-	-	-	42.54
2021	-	-	-	27.54
2022	-	-	-	-
2023				-
2024				-
2025	6,252	50%	3,126	-
2026	7,453	55%	4,099	-
2027	8,884	60%	5,331	-
2028	10,591	65%	6,884	-
2029	12,625	70%	8,837	-
2030	15,049	75%	11,287	-
2031	17,940	80%	14,352	-
2032	21,385	85%	18,178	-
2033	25,493	90%	22,943	
2034	30,389	90%	27,350	
NPV	-	-	101,808	205.0
B/C	-	-	-	1.63

다. 예산 적정성 분석

○ 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

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

► 세부과제별 *기획위원회를 구성하여 예산을 산출함*

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

► 동 사업의 특성을 고려하여 정부주도의 기술개발이 타당하므로 정부출연금으로 구성함

○ 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

- 각 세부과제의 세세부과제별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함

► 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 예산을 연차별로 구분하여 제시함

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

► 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함

► 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

2. 사회·국가적 파급효과

○ 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP)의 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준개발은 장비개발, 재료개발 등의 사업화와 관련된 분야가 아닌 국가 정책에 기반한 현 기술의 표준화, 현 기술의 개량화 연구로 이를 통해 증가되는 콘크리트 포장 유지보수 비용절감뿐만 아니라 이용자 중심의 도로이용편익제공과 안전성 확보로 확대되는 문제로 이는 곧 국가도로 관리주체인 국가가 전문가집단과 산학연을 통해 집중적으로 연구를 수행해야 하는 분야임

○ 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 방법으로 현재 가장 널리 사용되고 있는 부분단면보수에 있어 각 공정개선과 품질관리 평가기법이 새로이 개발될 경우, 현재의 품질기준 상향으로 연결되며 이는 현재 보수 후 공용수명 증대에 크게 기여함과 동시에 도로 사용자의 만족도 증가 및 유지보수 비용 감소될 것으로 예상

○ 경험적 답습적으로 수행되고 있는 콘크리트 포장 유지보수에 있어 기술적 평가자료에 기초한 연구자료를 시공관계자, 관리부처 및 설계관련자들에게 제공함으로써 보다 합리적이고 체계적인 유지보수공사가 설계 및 시공관리가 이루어질 것으로 예상

○ 도로는 전 국민이 사용하는 대표적인 공공재로써 국가는 국민의 안전을 확보하고 국민에게 쾌적한 주행환경을 제공할 의무가 있다. 따라서 본 사업은 정부 주도로 수행되어야 함이 마땅하며, 본 사업에서 개발될 기대수명 20년 유지보수형 연속철근 콘크리트 덧씌우기 기술은 기존의 해외 기술과 비교하여 진일보한 기술이 될 것이므로 해외로의 기술 수출이 기대됨

○ 유지보수형 택코팅 동시포설 시공기술을 통하여 무근콘크리트 줄눈포장 유지보수 방법으로 아스팔트 덧씌우기 포장 수명 연장으로 도로 사용자의 만족도 증가 및 유지보수 비용 감소

○ 무근콘크리트 유지보수 설계법 개발을 통한 고속도로 설계 및 유지보수 가이드라인이 제시됨에 따라 설계법의 수출이 가능하며 이로 인한 국가 이미지 제고 가능

○ 국내 실정에 적합한 유지관리체계를 근본적으로 개선됨에 따라 도로이용자들이 평탄하고 안전한 도로를 이용할 수 있음

○ 노후된 고속도로 포장 파손의 근본적인 원인 규명에 따른 최적 유지보수 공법 개발을 통해 도로 포장의 재파손을 최소화하고 장기 공용성을 증대하여 도로 이용자 중심의 지속적인 안전한 도로 서비스를 제공할 수 있을 것으로 예상됨

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

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

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

3. 과학기술적 파급효과

○ 콘크리트 포장 유지관리를 위한 시공전반에 걸쳐 각 단계별 현 수준과 이를 개선 또는 성능을 확인할 수 있는 기법과 지침을 제공함으로써 과학적, 기술적 접근으로 하자발생 최소화와 현장 문제발생 시 보다 합리적인 근거로 이를 해결할 수 있을 것임

○ 콘크리트 포장 유지보수공사에 요구되는 공정별 개선사항을 연구함으로써 현재의 품질기준을 상향조정할 수 있을 것이며 이럴 경우 보수 후 포장 공용수명 증가를 자연스럽게 유도함으로써 보다 우수한 유지보수공법 정착이 가능함

○ 노후 콘크리트 포장 연장의 증가는 우리나라뿐만 아니라 전 세계적인 추세이며 노후 포장의 수명을 획기적으로 연장할 수 있는 기술이 절실히 요구되는 실정

이며, 따라서 국제적으로도 도로포장 전문가들의 관심도가 매우 큰 분야중 하나이고, 본 사업의 성공이 상위 기술선점과 일맥상통하므로 과학기술분야에서 국가경쟁력 확보가 가능함

○ 현재 경험적으로 시행되고 있는 무근 콘크리트 포장 덧씌우기 포장 설계법을 역학-경험적 덧씌우기 포장 설계법 개발을 통하여 신뢰성 있는 포장설계수행 가능

○ 본 사업에서 개발될 역학적-경험적 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 설계법과 공법은 현재까지 전 세계적으로 개발된 바 없으므로, 본 연구에서 개발될 설계법이 세계 최초의 기술이 되어 해외로의 기술수출을 가능하게 할 것이며, 더불어 최적화된 설계법에서 도출된 덧씌우기 두께 산정은 현행대비 유지보수비용 절감에 크게 기여할 것으로 기대됨

○ 고성능 급속경화 유제 개발 및 층간의 부착력 정량 평가를 통하여 포장 공용수명 증가 유도

○ 동시포설 장비 및 공법 개발로 교통 개방 시간을 크게 단축하여 교통정체 감소

○ 공용연수 20년 이상의 노후 고속도로 콘크리트 포장 연장(2015년 기준 1,150km/차로, 2025년 기준6,662km/차로)이 앞으로도 지속적으로 증가할 것에 대비하여 효율적이고 경제적인 유지보수 시스템으로 높은 교통 서비스 수준과 예산 절감 효과가 예상됨

○ 기존에는 보수부위 재파손 현상으로 인해 보수부위가 확대되어 포장 상태가 불량하였지만, 포장 파손 원인별 최적 유지보수 공법 적용으로 인해 보수부위 재파손에 대한 효과적인 개선이 예상됨

○ 파손 원인에 맞는 유지보수가 아닌 일괄적인 아스팔트 덧씌우기 위주의 기존 유지보수 공법을 지양하고, 파손 원인별 맞춤형 유지보수 공법 적용 논리 개발을 통해 도로 포장의 장기 공용성 확보가 예상됨

5장. 인력투입 및 소요예산 산정

1절. 인력투입계획

1. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
총괄		77	126	115	101	75	494
1세부	1-1	9	13	14	0	0	36
	1-2	5	8	7	7	6	33
	1-3	0	7	7	7	0	21
	소계	14	28	28	14	6	90
2세부	2-1	18	31	34	21	14	118
	2-2	19	20	19	36	35	129
	소계	37	51	53	57	49	247
3세부	3-1	12	10	13	13	7	55
	3-2	14	37	21	17	13	102
	소계	26	47	34	30	20	157

2. 상세 투입 연구인력

가. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발

○ 1-1세세부 – 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1			3	
연구원	3	4	5			12	
연구보조원	3	4	4			11	
보조원	2	4	4			10	
합계	9	13	14			36	

○ 1-2세세부 – IoT 기반 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	2	2	2	2	2	10	
연구보조원	1	4	3	3	2	13	
보조원	1	1	1	1	1	5	
합계	5	8	7	7	6	33	

○ 1-3세세부 – 현장 실무형 유지보수 설계법 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)		1	1	1		3	
연구원		2	2	2		6	
연구보조원		2	2	2		6	
보조원		2	2	2		6	
합계		7	7	7		21	

나. 2세부 - 사용자 중심의 갖치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발

○ 2-1세세부 – 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	6	10	11	7	4	38	
연구보조원	6	10	11	7	3	37	
보조원	5	10	11	6	6	38	
합계	18	31	34	21	14	118	

○ 2-2세세부 – 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	6	6	6	11	10	39	
연구보조원	6	7	6	12	12	43	
보조원	6	6	6	12	12	42	
합계	19	20	19	36	35	129	

다. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발

○ 3-1세세부 – 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공 기술 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	4	4	6	4	2	20	
연구보조원	4	3	4	4	2	17	
보조원	3	2	2	4	2	13	
합계	12	10	13	13	7	55	

○ 3-2세세부 - 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원 (교수급)	1	1	1	1	1	5	
연구원	4	10	6	6	4	30	
연구보조원	4	12	6	6	4	32	
보조원	5	14	8	4	4	35	
합계	14	37	21	17	13	102	

3. 총괄 소요예산

(단위 : 백만원)

과제	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	2,049	1,115	3,338	1,722	3,480	1,788	2,690	1,564	1,743	1,011	13,300	7,200
1세부	549		1,027		1,080		590		254		3,500	
1-1	300		400		400						1,100	
1-2	249		367		380		300		254		1,550	
1-3			260		300		290				850	
2세부	800	594	1,211	902	1,350	1,005	1,300	968	989	733	5,650	4,202
2-1	400	297	711	529	730	543	520	387	339	253	2,700	2,009
2-2	400	297	500	373	620	462	780	581	650	480	2,950	2,193
3세부	700	521	1,100	820	1,050	783	800	596	500	278	4,150	2,998
3-1	300	223	350	261	400	298	300	223	150	111	1,500	1,116
3-2	400	298	750	559	650	485	500	373	350	167	2,650	1,882

4. 예산항목별 소요예산

가. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발

○ 1-1세세부 – 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27			81	7.4%
	연구원	52.8	63	84	105			252	22.9%
	연구보조원	34.8	41	55	55			151	13.7%
	보조원	26.4	21	42	42			105	9.5%
소계			152	208	229			589	53.5%
직접비	연구장비/재료비		13	18	20			51	4.6%
	연구활동비		56	68	57			181	16.5%
	연구수당		30	41	45			116	10.5%
소계			99	127	106			332	30.2%
간접비			49	65	65			179	16.3%
합계			300	400	400			1100	100.0%

○ 1-2세세부 – 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	8.7%
	연구원	52.8	42	42	42	42	42	210	13.5%
	연구보조원	34.8	13	55	41	41	27	177	11.4%
	보조원	26.4	10	10	10	10	10	50	3.2%
소계			92	134	120	120	106	572	36.9%
직접비	연구장비/재료비		58	75	82	76	62	353	22.8%
	연구활동비		41	72	92	31	24	260	16.8%
	연구수당		18	26	24	24	21	113	7.3%
소계			117	173	198	131	107	726	46.8%
간접비			40	60	62	49	41	252	16.3%
합계			249	367	380	300	254	1550	100.0%

○ 1-3세세부 – 현장 실무형 유지보수 설계법 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6		27	27	27		81	9.5%
	연구원	52.8		42	42	42		126	14.8%
	연구보조원	34.8		27	27	27		81	9.5%
	보조원	26.4		21	21	21		63	7.4%
소계				117	117	117		351	41.3%
직접비	연구장비/재료비			26	45	25		96	11.3%
	연구활동비			52	66	78		196	23.1%
	연구수당			23	23	23		69	8.1%
소계				101	134	126		361	42.5%
간접비				42	49	47		138	16.2%
합계				260	300	290		850	100.0%

나. 2세부 - 사용자 중심의 갖치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발

○ 2-1세세부 – 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	2.9%
	연구원	52.8	126	211	232	147	84	800	17.0%
	연구보조원	34.8	83	139	153	97	41	513	10.9%
	보조원	26.4	52	105	116	63	63	399	8.5%
소계			288	482	528	334	215	1,847	39.2%
직접비	연구장비/재료비		134	299	290	224	129	1,076	22.8%
	연구활동비		104	160	142	135	108	649	13.8%
	연구수당		57	96	105	66	43	367	7.8%
소계			295	555	537	425	280	2,092	44.4%
간접비			114	203	208	148	97	770	16.4%
합계			697	1240	1273	907	592	4,709	100.0%

○ 2-2세세부 – 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	2.6%
	연구원	52.8	126	126	126	232	211	821	16.0%
	연구보조원	34.8	83	97	83	167	167	597	11.6%
	보조원	26.4	63	63	63	126	126	441	8.6%
소계			299	313	299	552	531	1,994	38.8%
직접비	연구장비/재료비		123	239	334	287	182	1,165	22.7%
	연구활동비		102	116	213	189	126	746	14.5%
	연구수당		59	62	59	110	106	396	7.7%
소계			284	417	606	586	414	2,307	44.9%
간접비			114.0	143	177	223	185	842	16.4%
합계			697	873	1082	1361	1130	5,143	100.0%

다. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발

○ 3-1세세부 – 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공 기술 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	5.2%
	연구원	52.8	84	84	126	84	42	420	16.1%
	연구보조원	34.8	55	41	55	55	27	233	8.9%
	보조원	26.4	31	21	21	42	21	136	5.2%
소계			197	173	229	208	117	924	35.3%
직접비	연구장비/재료비		107	197	202	133	49	688	26.3%
	연구활동비		95	107	108	56	30	396	15.1%
	연구수당		39	34	45	41	23	182	7.0%
소계			241	338	355	230	102	1,266	48.4%
간접비			85	100	114	85	42	426	16.3%
합계			523	611	698	523	261	2,616	100.0%

○ 3-2세세부 - 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율 (%)
		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	69.6	27	27	27	27	27	135	3.0%
	연구원	52.8	84	211	126	126	84	631	13.9%
	연구보조원	34.8	55	167	83	83	55	443	9.8%
	보조원	26.4	52	147	84	42	42	367	8.1%
소계			218	552	320	278	208	1,576	34.8%
직접비	연구장비/재료비		208	307	388	262	101	1,266	27.9%
	연구활동비		115	126	177	135	83	636	14.0%
	연구수당		43	110	64	55	41	313	6.9%
소계			366	543	629	452	225	2,215	48.9%
간접비			114	214	186	143	84	741	16.4%
합계			698	1309	1135	873	517	4,532	100.0%

라. 세세부 과제 장비 및 시제품 소요 예산

○ 장비 목록(3천만원 이상)

세세부	장비명	용도	비용 (천원)
1-1	경제성 분석 Software	국내 여건에 맞는 최적 교통처리 방안 및 LCC 검토 목적	30,000
1-2	MIRA System	- 기존 콘크리트 포장 건전도 평가를 위한 비파괴 시스템 - 효율적 긴급 보수를 위한 보수부위 선정 - 포장 하부구조 건전도 평가 - 유지보수 의사결정 시스템 필수 장비	120,000

○ 시작품 목록(1천만원 이상)

세세부	시작품명	용도	비용(천원)
1-2	유지보수 건전도 평가장비	보수범위 산정을 위한 건전도 평가 장비 및 열화부 제거 확인 장비	80,000
	시험시공	건전도 평가 시험시공	50,000
2-1	연속철근 콘크리트 철근 시공장비	유지보수형 연속철근 콘크리트 포설을 위한 철근 시공장비	900,000
	Pilot Test	현장 시험시공 및 장비제작	85,000
	1차 시험시공	현장 시험시공 및 장비제작	85,000
	2차 시험시공	현장 시험시공	65,000
2-2	지연제 살포 및 표면처리 장비	포장의 소음 저감을 위한 표면처리 장비	200,000
	표층 패턴 시공장비	덧씌우기 포층 패턴발생 장치	200,000
	Pilot Test	현장 시험시공	50,000
	1차 시험시공	현장 시험시공 2회	90,000

	2차 시험시공	현장 시험시공	60,000
3-1	균열유도장비	반사균열 저감 전처리 작업용	700,000
	1차 시험시공	현장 시험시공	30,000
	2차 시험시공	현장 시험시공	30,000
3-2	동시포설장비	부착강도 증진을 위한 동시포설 장비	900,000
	1차 시험시공	현장 시험시공	40,000
	2차 시험시공	현장 시험시공	40,000

6장. 과제 제안요구서

1절. 총괄 과제 제안요구서(RFP)

총괄과제명	무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 유지보수 시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 Total Solution 제공 ○ 20년 도로수명연장/7dB(A) 소음저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발 ○ 반사균열 70% 저감/ 부착성능 50% 향상 목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 콘크리트 포장은 과거 경제성장과정에서 그 시공량이 급격히 증가되어왔으나, 최근 신설노선 건설보다는 기존 노선에 대한 유지관리시장이 더욱 확대되고 있는 상태 - 특히 공용년수 20년 이상의 노후된 고속도로 콘크리트 포장의 연장이 2015년 기준 1,150km/차로이나, 10년 후에는 6,662km/차로로 급격한 증가가 예상됨 - 그러나 노후포장에서 발생하는 포장파손에 대한 적절한 유지보수 공법 및 품질관리 방안이 없고, 포장파손 발생 원인에 대한 파악 없이 유지보수를 시행하고 있음 - 현재 널리 적용되고 있는 부분단면 보수기술은 보수 후 2~3년 이내에 보수부위 또는 기존 포장면에서 파손이 빈번하게 발생한다는 문제점이 있음 - 도로의 기능을 원활하게 수행하면서 사용자 비용을 최소화 할 수 있는 동시에 유지보수 후 도로의 기능을 장기간 확보할 수 있는 신설 개념의 유지보수 기술이 절실히 요구되는 실정임 - 또한 노후된 콘크리트 포장의 유지보수 공법으로 단순한 구조적 수명연장을 넘어 소음, 미끄럼저항성, 평탄성 등의 기능성을 개선하여 보수 후 포장수명과 동시에 안전하고 쾌적한 주행조건을 장기간 제공할 수 있는 장수명 덧씌우기 포장공법이 요구됨

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 국내 교통현실과 다른 유럽 및 미국에서는 콘크리트포장 유지보수 시 국내와 달리 충분한 시간과 시공인력을 통해 수행하고 있음
- 미국 내에서 도로포장상태가 가장 심하게 훼손된 지역인 Los Angeles는 파손의 원인을 많은 대형 차량의 운행과 전형적인 열대기후의 영향이라고 파악하고 있음
- 이러한 지역적 특징에 때문에 발생하는 파손에 대해서 적절한 보수가 이루어지지 않아 재차 파손이 지속적으로 일어나고 포장보수에 들어가는 예산을 감당하지 못하고 있는 현실임
- 일본은 인프라의 노후화와 그에 필요한 시책을 검토하기 위해 다양한 논의가 진행되고 있는 상황이며, 시설의 유지관리 절차의 효율성과 일정 수준의 안전성을 보장하기 위한 표준지침 구축과 효과적인 유지관리를 위한 기술개발도 추진할 계획임
- 유럽의 도로건설 업체들은 설계 및 시공 뿐 아니라 시공에 소요되는 아스팔트 및 시멘트 콘크리트 등과 같은 건설재료를 직접 생산하기 때문에 도로 시공 후 문제점을 스스로 피드백하고 보완하는 작업이 자연스럽게 이어지지만, 이에 반해 우리나라는 이러한 피드백 부분이 잘 이루어지기 어려운 구조를 갖고 있으므로 포장에 발생한 파손들에 대한 원인을 파악하고 적절한 유지관리 방법 결정에 대한 전문적인 연구가 필요함
- 국외에서는 반사균열 저감을 위한 균열 후 다짐공법, 지오그리드, 지오텍스타일과 같은 이물질 삽입, 중간층 삽입 공법 등의 전처리 공법 연구 및 적용이 활발하게 이루어지고 있음
- 유럽 및 미국에서는 택코트 도포 후 건설장비 타이어 트랙킹 방지 및 부착강도 증진을 목적으로 택코트를 분사함과 동시에 아스팔트를 포설하는 동시포장 장비를 사용하고 있음

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내 포장의 유지보수는 파손의 원인을 고려하지 않고 조기 교통개방에만 치중되어 있는 단순 보수보강이기 때문에 도로포장의 장기공용성에 대한 고려가 미흡함
- 포장 파손의 원인에 따른 적절한 유지보수 공법 적용이 이루어지지 않아 보수 이후에도 2차 파손의 발생률이 큰 편임
- 잦은 유지보수가 시행되지만 국내 실정에 맞는 적절한 교통처리 방안에 대한 연구가 미흡하여 국내와 맞지 않는 해외사례의 적용에 따른 도로 이용자의 안전성 및 편의성 감소로 인해 교

통혼잡비용이 증가하고 있음
- 국내의 콘크리트 포장 유지보수는 부분단면 보수를 위한 고내구성 속경성 재료 개발 및 이를 적용하기 위한 공법을 개발하는 방향으로 많은 연구가 수행된 바 있으나, 빈번한 후속 유지보수로 인해 근본적으로 도로의 기능을 장기간 확보할 수 없다는 한계가 있음
- 줄눈콘크리트포장에서 줄눈부가 가장 취약한 부분이고, 내구성 문제에 의해 파손이 진전될 경우 가장 먼저 파손이 진전되는 부분이며, 유지보수 시 일부분을 절삭하여 덧씌우기를 하고 줄눈부 위치를 다시 절단하게 되는데, 이와 같은 공법은 근본적 취약부인 줄눈부를 그대로 존치하게 되는 것으로 2차, 3차 파손이 유발될 수 있으며, 이를 극복하기 위한 덧씌우기 공법이 필요한 실정임
- '친환경 고강성 포장시스템 개발(이승우, 2010)'에서 콘크리트 포장의 표면에 골재를 노출시켜 표면공극을 재생하여 신설용 콘크리트 포장에 적용한 사례가 있음
- 종방향 타이닝은 최근 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타나면서 많은 인기를 끌고 있으나 곡선도로 이외의 부분에서 마끄럼 저항성이 약한 것이 단점임
- 향후 신설포장 보다는 유지보수용 콘크리트의 저소음 포장은 아직까지 개발된 사례가 전무한 상태임
- 기존 콘크리트 포장에 아스팔트 덧씌우기의 경우 층 사이의 부착을 위하여 국내에서는 일반적으로 RSC-4 택코트 유제를 사용하고 있음
- 국내 택코팅 기준은 기존포장의 종류, 포장 표면의 상태, 그리고 택코트 재료에 따른 구분 없이 0.3~0.6 liter/m2 를 도포하도록 정의하고 있음
- 국내에서도 택코트가 타이어에 묻어나오는 현상을 방지하기 위하여 개질유화아스팔트인 TF Coat (Tire Free Coat)를 개발하였으나, 경화시간이 90분~120분으로 해외 급속경화유제 기준에는 미치지 못함

○ 국외기술동향
- 미국의 경우 과거에는 노후된 콘크리트 포장 위에 아스팔트 덧씌우기를 중점적으로 적용하였으나, 최근에는 콘크리트 덧씌우기를 주로 적용하고 있으며 그 중 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO) 공법을 주로 이용하고 있음
- 미국 콘크리트 포장 기술센터에서는 현장조사 절차에 대한 세

부항목 분류를 실시하여 현장조사 방법에 대한 지침을 제시하여 현장에 적용하고 있음

- 미국에도 Fast Tack이라는 개념으로 초속경시멘트, 에폭시수지 보수재를 이용하여 콘크리트 포장의 손상부를 긴급보수하고 있음
- 그러나 국가경제규모, 국내 교통상황과 민원발생 요인 등의 차이로 미국 및 유럽에서는 대규모 유지보수공사보다는 소파보수 후 전면재시공 등의 방식을 채택하고 있음
- 미국 텍사스 주에서는 노후 연속철근 콘크리트 포장에 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기(휴스턴 지부: IH 610 SB, IH 610 NB, SH 146, US 281, US 287 등)를 적용한 사례가 있음(Cesar 2007, Choi 2013)
- 2012년 미국 버지니아 주에서는 US 58 도로 (포장형식: 연속철근 콘크리트 포장)의 수명연장을 위해 7.7 km 구간에 각각 접착식 무근 콘크리트 덧씌우기(10 cm)와 비접착식 무근 콘크리트 덧씌우기(17.5 cm) 방법을, 15.6 km 구간에는 12.5 cm두께의 아스팔트 콘크리트 덧씌우기를 적용한 바 있으며, 현재 10 cm 덧씌우기 구간에서는 철근 미사용으로 인해 반사균열을 비롯한 파손이 다수 발생하여 많은 부분에서 보수가 이뤄진 상태임
- 유럽에서도 저소음 포장공법에 대한 관심이 높아 많은 연구가 수행되었으나, 주로 아스팔트 포장에 중점적으로 적용된 사례가 있음
- 유럽의 오스트리아, 벨기에, 덴마크 등에서 콘크리트 골재 노출 공법을 적용하여 최소 2dB(A) 이상 소음 감소효과를 나타낸 것으로 보고되고 있음
- Roberts et al(1996)은 반사 균열을 완화시키기 위한 네 가지 일반적 방법을 제시하였음. 그 방법으로는 1. HMA 덧씌우기 두께를 늘리는 것. 2. 기존 포장 표면에 특수한 처리를 하는 것. 3. 균열과 줄눈 부를 처리하는 것. 4. HMA 덧씌우기 설계 시 특수한 고려 사항을 적용하는 것임
- 반사균열을 막기 위해 현재 국외에서 적용되고 있는 덧씌우기 공법으로는 Crack and Seat, Crack-Arresting Interlayers, Rubblization, Stress-Relieving Interlayer 공법 등이 있음
- 미국에는 Trackless Tack이라는 개질유화아스팔트를 사용하여 타이어 트랙킹을 방지하고 있음
- 프랑스에서는 택코트 도포기에 촉매제 스프레이를 장착하여 동시에 포설하여 경화시간을 단축시키는 Fast Tack 기술을 사용하고 있음
- 미국 및 유럽에서는 다양한 동시포설 장비가 제작되어 포장현

장에서 사용되고 있음

3. 연구개발 내용

■ **1세부 : 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발**

○ **포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발**

• 연구목표
- 콘크리트 포장 파손별 원인 규명을 통한 최적화된 유지보수 공법적용 논리 및 실무지침 개발

• 연구내용
- 콘크리트포장 파손 유형별 원인 규명
- 실무형 Project level 현장조사를 위한 조사항목 선정, 구간 선정, 조사방법, 조사결과의 분석논리 개발
- 개발예정기술 적용을 포함한 포장 파손 원인별 최적 유지보수 공법 선정 프로세스 개발
- 유지보수 공법 적용시기 및 공법 대안에 대한 경제성 분석 방안 연구
- 국내 여건에 맞는 최적 교통처리 방안 연구
- 최적 유지보수 공법 적용에 대한 의사결정 논리 개발 및 체계 구축

○ **유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기술 개발**

• 연구목표
- 유지보수 공정별 시공품질관리 기술 개발
- 유지보수 기준 및 시공지침 재정립

• 연구내용
- 보수범위 산정을 위한 건전도 평가기술 개발
- 열화부 제거 확인 기술 및 시공품질관리기법 개발
- 신구계면 부착강도 향상 및 평가 기술 개발
- 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침 재정립

○ **현장 실무형 유지보수 설계법 개발**

• 연구목표
- 설계자 편리성을 향상시킨 JPCP 유지보수용 덧씌우기 포장 설계법 개발

• 연구내용
- 국내외 JPCP 덧씌우기 포장 설계법 조사
- 노후화된 JPCP 비파괴 평가방법 개발
- 아스팔트 포장 덧씌우기 설계논리 개발
- 콘크리트 포장 덧씌우기 설계논리 개발
- 설계자 편리성을 강조한 카탈로그 덧씌우기 설계법 개발
※ 개발예정 신공법 설계논리 반영

■ **2세부 : 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발**

○ **기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발**

• 연구목표
- 공용수명 20년을 확보하는 유지보수형 연속철근 콘크리트 덧씌우기 공법 개발
• 연구내용
- 국내외 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 사례분석 (설계, 시공 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사)
- 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 적용 여부 결정 논리 개발
- 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 및 레미콘 생산 방안 도출
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 철근 상세 기준 개발
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시공방법 및 장비개발
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시험시공 및 공용성 평가
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 공사 시방서 개발

○ **사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발**

• 연구목표
- 표층 표면처리를 통한 7dBA 도로노면소음저감을 위한 저소음 덧씌우기 포장 공법(골재 노출형, 표층패턴형) 개발
• 연구내용
▷골재노출형 저소음 덧씌우기 포장

- 기능성 확보가 가능한 골재 입형/입도기준 선정
- 골재노출형 콘크리트 배합설계 및 물성시험
- 소음저감형 콘크리트 포장 평가기법 검증
- 지연제 타입별 성능 평가 및 선정
- 지연제 살포방법 및 표면 모르타르 제거방안 수립
- 지연제 살포 및 표면처리 시작품 제작 및 검증
- 골재노출형 콘크리트 포장재료 시방배합 및 품질기준안 제시
- 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가
- 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발

▷표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장
- 고분말 혼화재를 활용한 강한 바인더 콘크리트 재배합 기술 개발
- 소음저감용 최적 표층패턴 디자인 도출
- 콘크리트 응결/경화 특성을 고려한 최적 표층패턴 시공시기 결정 논리 개발
- 콘크리트 표층 패턴 시공용 시작품 제작 및 검증
- 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가
- 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발

■ **3세부 : 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발**

○ **아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공 기술 개발**

• 연구목표
- 반사균열 70% 저감을 위한 노후 콘크리트 기층 전처리 시공기술 개발

• 연구내용
- 반사균열 저감을 위한 전처리 시공 최신기술 동향 파악
- 균열유도/안치 공법 피로수명 모델 개발
- 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격 도출
- 균열폭/간격에 따른 덧씌우기층 거동 분석 및 최적 포장두께 산정
- 국내실정에 적합한 한국형 균열유도/안치 장비 개발
- 균열유도/안치 공법 시험시공 및 공용성 평가
- 균열유도/안치 공법 공사 시방서 개발

○ **부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발**

• 연구목표
- 부착강도 50% 향상을 위한 택코트용 고성능 유화아스팔트 및 동시포설공법 개발

• 연구내용
- 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 개발
- 급속경화 유화아스팔트 재료 안정성 및 부착력 평가
- 택코팅 동시포설장비 시제품 제작 및 검증
- 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 평가
- 포장가속시험 및 시험포장을 통한 시공성 및 공용성 평가
- 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) 개발
- 택코팅 동시포설 공법 공사 시방서 개발

■ **테스트 베드 총괄 운영 계획**

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

ㅇ 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 최적 유치보수 공법 적용 논리 개발을 위하여 관련 연구경험이 풍부한 국내 도로포장분야 전문가를 활용하여 연구개발을 실시

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

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

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

ㅇ 수요자(도로포장 유지보수 관리기관 및 민간 기업체)와 도로 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성해야 함

ㅇ 수요자의 요구 충족을 위하여 각 연구단계별 연구 성과에 대한 정량적/정성적 평가가 가능하도록 해야 하며, 매년 수요자 기반 자문회의를 통해 수요자의 요구를 충족시킬 수 연구개발 추진전략을 수립해야 함

□ 추진체계	ㅇ 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추진체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정함 ㅇ 세세부의 각 연구진행 내용에 대하여 기술개발 과정 및 결과를 검증하기 위한 기술위원회 구축을 통해 연구추진 성과의 정확성을 높여야 함 ㅇ 전문위원회, 자문위원, 실무자 등의 의견을 수렴하여 실효성 있는 연구결과의 도출을 실시해야 함 ㅇ 관계부처 및 업계간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화 ㅇ 연구과제와 관련한 국내외 기술인프라 현황 및 관련 연구개발 과제 수행현황 등을 조사하여 충분한 연구경험을 보유하고 있는 기관과의 협력을 통한 기술의 차별화 방안을 모색해야 함 ㅇ 산학연 / 산산연 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업시스템 구성 ㅇ 해외 주요기관 및 전문가와의 협력추진 및 관련기관 네트워크 활용을 통한 정보 교류 시스템 구축
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발 - 실무진을 위한 무근 콘크리트 줄눈 포장의 Project level 현장 조사 수행 지침 - 콘크리트포장 파손 종류별 최적유지보수 공법 적용 지침 - 국내 여건에 맞는 최적 교통처리방안(TMP) 지침 - 최적 유지보수 공법 적용을 위한 의사결정 소프트웨어 ○ 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발 - 콘크리트포장 건전/불건전 구분 평가기술 - 열화부 제거 확인 기술 - 신구계면 부착면 평가 시험법(안) - 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침(안) ○ 현장실무형 유지보수 설계법 개발 - 유지보수를 위한 노후화된 JPCP 비파괴 평가법(안) - 아스팔트 덧씌우기포장 설계 소프트웨어 - 콘크리트 덧씌우기포장 설계 소프트웨어 - 설계자 편리성을 강조한 카탈로그 설계 지침(안) ○ 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트포장

덧씌우기 실용화 공법 개발

- 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공법 개발
- 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 설계 지침
- 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적 배합(안)
- 고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안
- 유지보수용 연속철근 시공 장비
- 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공사시방서(안)
- 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 시험시공

○ 사용자 중심-고기능성(저소음) 유지보수 재료 및 공법 개발

- 보수용/저소음용 골재 노출형 콘크리트 재료
- 골재노출용 콘크리트 표면처리장비
- 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공법
- 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공사시방서(안)
- 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공
- 초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰저항성 콘크리트 포장재료
- 보수용/저소음용 콘크리트 표면 패턴 처리 기술
- 콘크리트 표층 패턴 시공용 장비
- 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 공사시방서(안)
- 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공

○ 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발

- 균열규도/안치 공법 피로수명 모델
- 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격도출 설계방안
- 국내 실정에 적합한 반사균열 유도/안치 장비
- 균열유도/안치를 위한 노후콘크리트 전처리 공사시방서(안)
- 균열유도/안치 시험시공 (조기시험시공 항목)

○ 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발

- 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료
- 유화아스팔트 재료 안전성 및 부착력 평가법 (안)
- 택코팅 동시포설 장비
- 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안)
- 택코팅 동시포설 공법 공사시방서(안)
- 유지보수형 택코팅 시험시공

	○ 테스트 베드 총괄 운영 계획 - 세부별 연구성과가 종합적으로 반영될 수 있는 테스트 베드 총괄 운영 계획 제시 - 테스트 베드를 조기에 구축하고 검증기간을 충분히 두어, 과업 기간 내 개발기술 실용화 유도 목적
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 연구비 예산 : 205억원 (정부출연금 133억원)
7. 기 타	
	○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성 - 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

2절. 세세부별 과제 제안요구서(RFP)

1. 1세부 - 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발

세부과제명	도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용기준 및 품질관리 향상 방안 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 콘크리트 포장 파손별 원인 규명을 통한 최적화된 유지보수 공법 적용 논리 및 실무지침 개발 ○ 유지보수 공정별 시공품질관리 기술 개발 및 유지보수기준/시공지침 재정립 ○ 설계자 편리성을 향상시킨 JPCP 유지보수용 덧씌우기 포장설계법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 콘크리트 포장은 과거 경제성장과정에서 그 시공량이 급격히 증가되어왔으나, 최근 신설노선 건설보다는 기존 노선에 대한 유지관리시장이 더욱 확대되고 있는 상태 - 특히 공용년수 20년 이상의 노후된 고속도로 콘크리트 포장의 연장이 2015년 기준 1,150km/차로이나, 10년 후에는 6,662km/차로로 급격한 증가가 예상됨 - 그러나 노후포장에서 발생하는 포장파손에 대한 적절한 유지보수 공법 및 품질관리 방안이 없고, 포장파손 발생 원인에 대한 파악 없이 유지보수를 시행하고 있음 - 유지보수에 소요되는 예산의 규모가 급격하게 증가함에 따라 체계적인 예산관리를 위해 포장 파손의 종류에 따른 최적 유지보수 공법 적용에 대한 시스템을 개발할 필요가 있음 - 유지보수 공사에서 빠른 교통개방을 위해 초속경 계열의 개질 콘크리트를 보수재료로 활용하고 있는데, 이는 재료생산과 시공비용을 크게 증가시키는 요인임 - 국내에서는 무근콘크리트포장(JPCP)에 대한 유지보수 방법으로 아스팔트 덧씌우기 포장을 가장 많이 사용하고 있으나, 초기 반사균열과 같은 파손으로 공용성을 저하시켜 매년 많은 예산을 투입하고 있으며, 적정한 설계법이 부재한 상태임 - 최근 역학-경험적 포장 설계법이 도입되었으나 실무 설계자가 사용하기에 여러 가지 어려움이 존재하는 것이 현실이며, 이를

개선하기 위해 현장 실무에서 간편하게 사용할 수 있는 덧씌우기용 설계법 개발이 필요함

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 국내 교통현실과 다른 유럽 및 미국에서는 콘크리트포장 유지보수 시 국내와 달리 충분한 시간과 시공인력을 통해 수행하고 있음
- 미국 내에서 도로포장상태가 가장 심하게 훼손된 지역인 Los Angeles는 파손의 원인을 많은 대형 차량의 운행과 전형적인 열대기후의 영향이라고 파악하고 있음
- 이러한 지역적 특징에 때문에 발생하는 파손에 대해서 적절한 보수가 이루어지지 않아 재차 파손이 지속적으로 일어나고 포장보수에 들어가는 예산을 감당하지 못하고 있는 현실임
- 일본은 인프라의 노후화와 그에 필요한 시책을 검토하기 위해 다양한 논의가 진행되고 있는 상황이며, 시설의 유지관리 절차의 효율성과 일정 수준의 안전성을 보장하기 위한 표준지침 구축과 효과적인 유지관리를 위한 기술개발도 추진할 계획임
- 유럽의 도로건설 업체들은 설계 및 시공 뿐 아니라 시공에 소요되는 아스팔트 및 시멘트 콘크리트 등과 같은 건설재료를 직접 생산하기 때문에 도로 시공 후 문제점을 스스로 피드백하고 보완하는 작업이 자연스럽게 이어지지만, 이에 반해 우리나라는 이러한 피드백 부분이 잘 이루어지기 어려운 구조를 갖고 있으므로 포장에 발생한 파손들에 대한 원인을 파악하고 적절한 유지관리 방법 결정에 대한 전문적인 연구가 필요함

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내 포장의 유지보수는 파손의 원인을 고려하지 않고 조기 교통개방에만 치중되어 있는 단순 보수보강이기 때문에 도로포장의 장기공용성에 대한 고려가 미흡함
- 포장 파손의 원인에 따른 적절한 유지보수 공법 적용이 이루어지지 않아 보수 이후에도 2차 파손의 발생률이 큰 편임
- 잦은 유지보수가 시행되지만 국내 실정에 맞는 적절한 교통처리 방안에 대한 연구가 미흡하여 국내와 맞지 않는 해외사례의 적용에 따른 도로 이용자의 안전성 및 편의성 감소로 인해 교통혼잡비용이 증가하고 있음
- 콘크리트포장에 대한 보수기법은 줄눈부 재설치, 부분단면보수, 전단면보수 및 재시공 공법이 현재까지의 대표적인 공용성 증진 기술이며 이 중 부분단면보수공법의 경우 가장 일반적으로

행하여지고 있는 유지보수기법임
- 최근 속경성 시멘트계 보수재의 광범위한 개발과 사용에도 불구하고 보수 후 공용성 증진 기대효과가 크게 나타나지 않고 있으며, 특히 보수 후 재파손에 따른 이용자 불편 및 예산 중복 집행 등의 문제점이 부각되고 있음
- 따라서 보다 효과적인 부분단면보수기법의 개발과 적용을 위해 국내외 관련 기준을 비교분석함으로써 현재 기준 및 기술을 보완, 개선하여 부분단면보수기법의 기대수명을 증진시켜야 함
- 또한 국내에서 적용되고 있는 덧씌우기 포장의 두께설계는 경험적으로 이루어지고 있으며, 이를 합리적으로 결정할 수 있는 설계법이 필요함

○ 국외기술동향
- 미국의 경우 과거에는 노후된 콘크리트 포장 위에 아스팔트 덧씌우기를 중점적으로 적용하였으나, 최근에는 콘크리트 덧씌우기를 주로 적용하고 있으며 그 중 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO) 공법을 주로 이용하고 있음
- 미국 콘크리트 포장 기술센터에서는 현장조사 절차에 대한 세부항목 분류를 실시하여 현장조사 방법에 대한 지침을 제시하여 현장에 적용하고 있음
- 미국에도 Fast Tack이라는 개념으로 초속경시멘트, 에폭시수지 보수재를 이용하여 콘크리트 포장의 손상부를 긴급보수하고 있음
- 그러나 국가경제규모, 국내 교통상황과 민원발생 요인 등의 차이로 미국 및 유럽에서는 대규모 유지보수공사보다는 소파보수 후 전면재시공 등의 방식을 채택하고 있음
- 미국 텍사스 교통부에서는 덧씌우기 설계에 반사균열 모듈을 개발하고, 이를 포장 설계법에 사용하여 설계를 수행하고 있음
- 미국 매릴랜드 도로국에서는 FWD와 NDT 결과, PCI(pavement condition index)를 이용한 아스팔트포장 덧씌우기 설계법을 개발하였음
- 미국 연방도로국에서는 ME(mechanistic-empirical) 기반 덧씌우기포장 설계법을 개발하였으며, 여기서는 소성변형, 피로균열, 단차, IRI 등을 공용성 기준으로 하여 적정두께를 설계함

3. 연구개발 내용

○ **1-1세세부 과제 : 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발**

• 연구목표
- 콘크리트 포장 파손별 원인 규명을 통한 최적화된 유지보수 공법적용 논리 및 실무지침 개발

• 연구내용
- 콘크리트포장 파손 유형별 원인 규명
- 실무형 Project level 현장조사를 위한 조사항목 선정, 구간 선정, 조사방법, 조사결과의 분석논리 개발
- 개발예정기술 적용을 포함한 파손 원인별 최적 유지보수 공법 선정 프로세스 개발
- 유지보수 공법 적용시기 및 공법 대안에 대한 경제성 분석 방안 연구
- 국내 여건에 맞는 최적 교통처리 방안 연구
- 최적 유지보수 공법 적용에 대한 의사결정 논리 개발 및 체계 구축

○ **1-2세세부 과제 : 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기술 개발**

• 연구목표
- 유지보수 공정별 시공품질관리 기술 개발
- 유지보수 기준 및 시공지침 재정립

• 연구내용
- 보수범위 산정을 위한 건전도 평가기술 개발
- 열화부 제거 확인 기술 및 시공품질관리기법 개발
- 신구계면 부착강도 향상 및 평가 기술 개발
- 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침 재정립

○ **1-3세세부 과제 : 현장 실무형 유지보수 설계법 개발**

• 연구목표
- 설계자 편리성을 향상시킨 JPCP 유지보수용 덧씌우기 포장 설계법 개발

• 연구내용
- 국내외 JPCP 덧씌우기 포장 설계법 조사
- 노후화된 JPCP 비파괴 평가방법 개발

- 아스팔트 포장 덧씌우기 설계논리 개발
- 콘크리트 포장 덧씌우기 설계논리 개발
- 설계자 편리성을 강조한 카탈로그 덧씌우기 설계법 개발
※ 개발예정 신공법 설계논리 반영

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

ㅇ 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 최적 유치보수 공법 적용 논리 개발을 위하여 관련 연구경험이 풍부한 국내 도로포장분야 전문가를 활용하여 연구개발을 실시

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

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

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

□ 추진체계

ㅇ 연구단 차원에서의 국내 학회 및 자문그룹과의 협력체계를 제안하여 효율적인 연구추진체계를 구축하고 연구단 중심의 기술개발 추진형태를 설정함

ㅇ 세세부의 각 연구진행 내용에 대하여 기술개발 과정 및 결과를 검증하기 위한 기술위원회 구축을 통해 연구추진 성과의 정확성을 높여야 함

ㅇ 전문위원회, 자문위원, 실무자 등의 의견을 수렴하여 실효성 있는 연구결과의 도출을 실시해야 함

ㅇ 연구과제와 관련한 국내외 기술인프라 현황 및 관련 연구개발 과제 수행현황 등을 조사하여 충분한 연구경험을 보유하고 있는 기관과의 협력을 통한 기술의 차별화 방안을 모색해야 함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 포장 파손 유형별 원인 규명을 통한 유지보수 공법 적용 논리 개발

- 실무진을 위한 무근 콘크리트 줄눈 포장의 Project level 현장조사 수행 지침
- 콘크리트포장 파손 종류별 최적유지보수 공법 적용 지침
- 국내 여건에 맞는 최적 교통처리방안(TMP) 지침

	- 최적 유지보수 공법 적용을 위한 의사결정 소프트웨어 ○ 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준 개발 - 콘크리트포장 건전/불건전 구분 평가기술 - 열화부 제거 확인 기술 - 신구계면 부착면 평가 시험법(안) - 콘크리트 포장 유지보수 기준 및 시공지침(안) ○ 현장실무형 유지보수 설계법 개발 - 유지보수를 위한 노후화된 JPCP 비파괴 평가법(안) - 아스팔트 덧씌우기포장 설계 소프트웨어 - 콘크리트 덧씌우기포장 설계 소프트웨어 - 설계자 편리성을 강조한 카탈로그 설계 지침(안)
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 연구비 예산 : 35억원(정부출연금 35억)
7. 기 타	
	○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구 보고서를 참조하여 작성 - 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

2. 2세부 - 사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발

세부과제명	사용자 중심의 가치 재창조형 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 공용수명 20년을 확보하는 유지보수형 연속철근 콘크리트 덧씌우기 공법 개발 ○ 표층 표면처리를 통한 7dBA 도로노면소음저감을 위한 저소음 덧씌우기 포장 공법(골재 노출형, 표층패턴형) 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국가 차원에서 도로 사용자인 국민에게 쾌적한 주행성과 도로환경을 제공해야 한다는 당위성이 있고, 잦은 유지보수로 인해 발생하는 건설폐기물, 사용자 비용 및 유지보수 비용을 최소화 할 수 있는 새로운 개념의 친환경 콘크리트 도로포장 유지보수 기술이 절실히 요구됨 ○ 현재 국내에서는 콘크리트 포장의 설계수명이 끝나가는 도로의 연장이 지속적으로 증가하고 있고, 이와 더불어 재시공 및 유지보수 연장 또한 증가하는 실정임 ○ 재시공 방법은 교통차단을 수반하므로 도로 사용자에게 큰 불편을 초래하고 사회적 비용 증가의 원인이 되므로 포장 수명연장을 위한 대책으로는 부적합하며, 현재 널리 적용되고 있는 부분단면 보수기술은 보수 후 2~3년 이내에 기 보수부위에서 파손이 빈번하게 발생한다는 문제점이 있으며, 교통사고 유발 등의 원인이 됨 ○ 도로의 기능을 원활하게 수행하면서 사용자 비용을 최소화 할 수 있는 동시에 유지보수 후 도로의 기능을 장기간 확보할 수 있는 신설 개념의 유지보수 기술이 절실히 요구되는 실정임 ○ 또한 도심지를 통과하는 콘크리트 포장 구간의 경우, 소음 등의 민원제기로 방음벽과 같은 별도의 소음 저감 시설을 설치하는 구간이 증가하면서 도로 건설 및 유지보수에 필요한 비용 이외에 비용이 발생하고 있음 ○ 이에 노후된 콘크리트 포장의 유지보수 공법으로 단순한 구조적 수명연장을 넘어 소음, 미끄럼저항성, 평탄성 등의 기능성을 개선하여 보수 후 포장수명과 동시에 안전하고 쾌적한 주행조건을 장기간 제공할 수 있는 장수명 덧씌우기 포장공법이 요구됨

○ 국가경쟁력 강화 측면에서 볼 때, 우수한 콘크리트 포장 유지보수 기술력 확보는 국외로의 기술 수출을 가능하게 하여 국가경제 발전에 이바지 할 수 있음

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내의 콘크리트 포장 유지보수는 부분단면 보수를 위한 고내구성 속경성 재료 개발 및 이를 적용하기 위한 공법을 개발하는 방향으로 많은 연구가 수행된 바 있으나, 빈번한 후속 유지보수로 인해 근본적으로 도로의 기능을 장기간 확보할 수 없다는 한계가 있음
- 부분단면 보수 기술개발 분야는 크게 세 가지로 분류할 수 있는데, 첫째가 열화 콘크리트를 효율적으로 제거하는 기술(워터젯 고압살수, 스핀젯 고압살수 등)이고, 둘째가 신구 콘크리트 간의 부착력을 확보하기 위한 콘크리트 재료기술이며, 셋째가 급속시공이 가능한 시공 시스템 구축기술임
- 상기에 언급한 기술들은 속경성 재료의 적용을 전제로 한 국한된 기술로 적용범위가 매우 제한적이며, 포장 줄눈부에서 2차 파손이 빈번하게 발생하여 추가로 유지보수가 요구된다는 한계가 있음

- 국내에서 저소음과 관련된 연구는 대부분 아스팔트 포장에서 진행된 연구개발이 대부분임
- '차세대 저소음 포장공법 개발(이현종, 2013)'에서는 우수한 소음감소효과를 가지며 아스팔트 혼합물 내의 공극막힘현상이 적고 내구성도 우수한 중온형 저소음 아스팔트 포장공법 개발을 진행한 바 있음
- 콘크리트 포장에서의 저소음 포장은 골재노출에 의한 포장공법 개발이 주를 이루었으며, 한국도로공사에서 1988년도에 콘크리트 표면의 골재를 노출시키기 위해 WaterJet을 이용한 기초연구가 수행된 사례가 있음
- '친환경 고강성 포장시스템 개발(이승우, 2010)'에서 콘크리트 포장의 표면에 골재를 노출시켜 표면공극을 재생하여 신설용 콘크리트 포장에 적용한 사례가 있음
- 종방향 타이닝은 최근 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타나면서 많은 인기를 끌고 있으나 곡선도로 이외의 부분에서 마끄럼 저항성이 약한 것이 단점임
- 유지보수용 콘크리트의 저소음 포장은 아직까지 개발된 사례가 전무한 상태임

○ 국외기술동향

- 미국 텍사스 주에서는 노후 연속철근 콘크리트 포장에 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기(휴스턴 지부: IH 610 SB, IH 610 NB, SH 146, US 281, US 287 등)를 적용한 사례가 있음(Cesar 2007, Choi 2013)
- 그러나 체계적인 설계법 및 공법이 구축되지 않은 상태에서 시공이 이뤄졌기 때문에, 포장 공용성 측면에서 덧씌우기 전후의 인과관계를 찾아보기 어려움
- 현재는 공용중 덧씌우기 포장의 현장조사 및 상태평가에 기초하여 덧씌우기 최적시스템을 구축하려는 노력이 시도되고 있다. 즉, 국외의 시공사례에 기초하여 여러 가지 장점은 취할 수 있으나, 국내 도로포장 시스템이 미국 텍사스의 시스템과 큰 차이가 있다는 점에서 한국 실정에 맞는 덧씌우기 설계법 및 시공시스템 구축이 요구됨
- 미국 텍사스 Paris District에서는 2010년 US 75 도로(포장형식: 조인트 콘크리트 포장) 7인치 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기를 적용한 바 있고 (Ryu 2011), 현재 포장의 상태는 양호한 구간과 파손이 발생한 구간이 공존하고 있으며 기존 포장의 줄눈부에서 대략 20% 가량 파손이 발생한 것으로 조사되었음
- 그러나 기존 조인트 콘크리트 포장의 구조적 안정성이 매우 취약하였고, 덧씌우기 시공시 줄눈부에 반사균열 방지를 목적으로 지오텍스타일(Geotextile fabric)이 설치되었다는 점에서 양호한 구조적 안정성이 기대되는 국내 도로포장과 상대비교는 어려움
- 2012년 미국 버지니아 주에서는 US 58 도로 (포장형식: 연속철근 콘크리트 포장)의 수명연장을 위해 7.7 km 구간에 각각 접착식 무근 콘크리트 덧씌우기(10 cm)와 비접착식 무근 콘크리트 덧씌우기(17.5 cm) 방법을, 15.6 km 구간에는 12.5 cm두께의 아스팔트 콘크리트 덧씌우기를 적용한 바 있으며, 현재 10 cm 덧씌우기 구간에서는 철근 미사용으로 인해 반사균열을 비롯한 파손이 다수 발생하여 많은 부분에서 보수가 이뤄진 상태임

- 저소음 포장에 대한 선진국의 관심은 끊임없이 증가해 왔으며, 미국의 경우 Ohio주에서는 저소음 포장에 대한 유지관리공법을 시방에 등재하여 적용해오고 있음
- 유럽에서도 저소음 포장공법에 대한 관심이 높아 많은 연구가 수행되었으나, 주로 아스팔트 포장에 중점적으로 적용된 사례가 있음

• 유럽의 오스트리아, 벨기에, 덴마크 등에서 콘크리트 골재 노출 공법을 적용하여 최소 2dB(A) 이상 소음 감소효과를 나타낸 것으로 보고되고 있음

3. 연구개발 내용

○ **2-1 세세부 과제 : 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발**

• 연구목표

- 공용수명 20년을 확보하는 유지보수형 연속철근 콘크리트 덧씌우기 공법 개발

• 연구내용

- 국내외 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 사례분석 (설계, 시공 및 파손사례 등을 비롯한 포장 공용성 추적조사)
- 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 적용 여부 결정 논리 개발
- 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적배합 및 레미콘 생산 방안 도출
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 철근 상세 기준 개발
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시공방법 및 장비개발
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 시험시공 및 공용성 평가
- 유지보수용 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 공사 시방서 개발

○ **2-2 세세부 과제 : 사용자 중심-고기능성(저소음) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발**

• 연구목표

- 표층 표면처리를 통한 7dBA 도로노면소음저감을 위한 저소음 덧씌우기 포장 공법(골재 노출형, 표층패턴형) 개발

• 연구내용

▷ 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장

- 기능성 확보가 가능한 골재 입형/입도기준 선정
- 골재노출형 콘크리트 배합설계 및 물성시험
- 소음저감형 콘크리트포장 평가기법 검증
- 지연제 타입별 성능 평가 및 선정

	- 지연제 살포방법 및 표면 모르타르 제거방안 수립 - 지연제 살포 및 표면처리 시작품 제작 및 검증 - 골재노출형 콘크리트 포장재료 시방배합 및 품질기준안 제시 - 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가 - 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발 ▷ 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 - 고분말 혼화재를 활용한 강한 바인더 콘크리트 재배합 기술 개발 - 소음저감용 최적 표층패턴 디자인 도출 - 콘크리트 응결/경화 특성을 고려한 최적 표층패턴 시공시기 결정 논리 개발 - 콘크리트 표층 패턴 시공용 시작품 제작 및 검증 - 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 및 소음특성/공용성 평가 - 표층패턴형 저소음 덧씌우기 포장 공사 시방서 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 본 사업의 궁극적인 목표는 기술사업화로써, 포장도로의 관리기관, 평가기관 및 검증기관 연구진들의 풍부한 연구경험과 역량을 극대화 할 수 있도록 출연(연), 대학, 관련 민간 기업체를 기술개발주체로 구성함 ○ 수요자(도로포장 유지보수 관리기관 및 민간 기업체)와 도로 사용자의 요구를 동시에 충족시킬 수 있도록 전략적으로 구성해야 함 ○ 수요자의 요구 충족을 위하여 각 연구단계별 연구 성과에 대한 정량적/정성적 평가가 가능하도록 해야 하며, 매년 수요자 기반 자문회의를 통해 수요자의 요구를 충족시킬 수 연구개발 추진전략을 수립해야 함
□ 추진체계	○ 산학연 / 산산연 등의 다양한 컨소시엄을 구성하여 분야별 전문성을 고려한 협업시스템 구성 ○ 해외 주요기관 및 전문가와의 협력추진 및 관련기관 네트워크 활용을 통한 정보 교류 시스템 구축 ○ 전문 위원회 및 자문위원 활동 등 인적 인프라 활용 ○ 관계부처 및 업계간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화
5. 최종성과물	

□ 주요 최종성과물	○ 기대수명 20년 목표 유지보수형 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 실용화 공법 개발 - 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공법 개발 - 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 설계 지침 - 덧씌우기용 고내구성 콘크리트 최적 배합(안) - 고내구성 콘크리트 플랜트 생산 방안 - 유지보수용 연속철근 시공 장비 - 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 공사시방서(안) - 유지보수용 연속철근 콘크리트포장 덧씌우기 시험시공 ○ 사용자 중심-고기능성(저소음) 유지보수 재료 및 공법 개발 - 보수용/저소음용 골재 노출형 콘크리트 재료 - 골재노출용 콘크리트 표면처리장비 - 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공법 - 골재노출 보수용/저소음용 콘크리트 덧씌우기 공사시방서(안) - 골재노출형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공 - 초조강-고강도-고내구성-고마모저항성-고마찰저항성 콘크리트 포장재료 - 보수용/저소음용 콘크리트 표면 패턴 처리 기술 - 콘크리트 표층 패턴 시공용 장비 - 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 공사시방서(안) - 표층 패턴형 저소음 덧씌우기 포장 시험시공
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 연구비 예산 : 98.52억원 (정부출연금 56.5억원)
7. 기 타	

3. 3세부 - 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발

세부과제명	노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 반사균열 70% 저감을 위한 노후 콘크리트 기층 전처리 시공기술 개발 ○ 부착강도 50% 향상을 위한 택코트용 고성능 유화아스팔트 및 동시포설공법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 고속도로의 60% 이상이 콘크리트 포장으로 이루어져있으며 그 중 약 96%(2,632km)가 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP)임. 현재 국내 20년 이상 노후 무근콘크리트 줄눈포장은 전체 고속도로 연장의 4%에 해당되나, 2022년 기준 23%로 급격한 노후 연장 증가가 예상되어 이에 따른 체계적인 유지보수 대안이 필요함 - 이와 같이 JPCP의 경우 국내 많은 구간에 채택되었지만 줄눈부 결함이 심각한 문제로 인해 정책적으로 대부분 부분단면 보수 공법만 채택되어왔음 - 그러나 2~4년의 짧은 수명 이내에 보수 부위의 줄눈 부 스폴링 재 발생, 균열의 2차 파손 등이 증가하고 있어 부분단면 보수 공법은 국내 여건상 유일한 유지보수 대안이라고 보기 어려움 - 최근 국외의 경우 이에 대한 대안으로 아스팔트 덧씌우기를 통한 유지보수 공법이 각광받고 있으며 유럽 및 미국은 이미 기술 성숙화 단계에 도달하였고 중국에서도 중점적인 연구가 이루어져 상용화되고 있는 추세임 - 국내의 경우 상대적으로 아스팔트 덧씌우기를 적용한 유지보수 연구가 부족한 상황이며 기존 포장의 구체적 진단 평가 및 적용 기준 또한 미비한 상태이기 때문에 보수적인 아스팔트 공법을 적용하고 있음 - 따라서 국내 실정에 맞는 아스팔트 계열 덧씌우기 연구를 통해 구조적으로 안전하고 기능적으로 우수한 포장 시스템을 구축하는 것이 필요하다고 판단됨 - 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장에 대해 매년 약 600억 원 정도의 유지보수비가 부분단면 보수에 집중되어 소요되고 있

	으나 보수부위의 2차 파손, 초속경 재료의 문제 등으로 수명이 짧아 비용대비 효율이 낮은 편임. - 콘크리트 포장 위 아스팔트 덧씌우기 공법의 경우 기존 포장 절삭 후 5cm SMA와 5cm의 PSMA 개질아스팔트 혼합물을 채택하여 총 10cm 두께를 적용, 중부선 및 영동선에 덧씌우기를 실시하고 있으나, 경제성 측면에서 효과적인 공법인지에 대한 검토가 필요함 - 아스팔트 덧씌우기로 보수할 경우, 빠른 교통개방을 위해 텍코팅의 양생시간을 줄일 수 있는 기술이 필요함 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 국외에서는 반사균열 저감을 위한 균열 후 다짐공법, 지오그리드, 지오텍스타일과 같은 이물질 삽입, 중간층 삽입 공법 등의 전처리 공법 연구 및 적용이 활발하게 이루어지고 있음 - 유럽 및 미국에서는 택코트 도포 후 건설장비 타이어 트랙킹 방지 및 부착강도 증진을 목적으로 택코트를 분사함과 동시에 아스팔트를 포설하는 동시포장 장비를 사용하고 있음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - HMA 덧씌우기는 가장 대표적인 PCC 포장의 유지보수 기술 중 하나로, 두께는 5cm 이상을 적용하며 교통량에 따라 설계 두께가 결정됨 - 기존 콘크리트 포장에 아스팔트 덧씌우기의 경우 층 사이의 부착을 위하여 국내에서는 일반적으로 RSC-4 택코트 유제를 사용하고 있음 - 국내 택코팅 기준은 기존포장의 종류, 포장 표면의 상태, 그리고 택코트 재료에 따른 구분 없이 0.3~0.6 liter/m2 를 도포하도록 정의하고 있음 - 국내에서도 택코트가 타이어에 묻어나오는 현상을 방지하기 위하여 개질유화아스팔트인 TF Coat (Tire Free Coat)를 개발하였으나, 경화시간이 90분~120분으로 해외 급속경화유제 기준에는 미치지 못함 - 현재까지 총 2대의 동시포설 일체형 장비를 해외에서 수입하여 국내에 사용하고 있으나, 기존 페이버에는 적용할 수 없음 ○ 국외기술동향 - HMA 덧씌우기의 주요 결함은 반사균열의 발생이며, 하부 PCC 포장의 줄눈 부와 균열이 HMA 덧씌우기 층에 영향을 주고 악화되어 결과적으로 문제를 초래하게 됨(Hoerner et al, 2001).

- 반사 균열은 포장의 내구성 및 공용성을 낮추고 빈번한 보수를 필요로 하여 덧씌우기 층과 JPCP 포장 수명에 중대한 영향을 미침
- 반사 균열은 보통 덧씌우기 후 빠른 시일 내에 나타나며 균열의 발생 및 악화 정도는 덧씌우기 두께, 교통 하중, 기존 포장의 강도와 하중 전달 빈도수, 온도 변화, 줄눈과 균열의 간격 등 요소의 영향을 받음
- Roberts et al(1996)은 반사 균열을 완화시키기 위한 네 가지 일반적 방법을 제시하였음. 그 방법으로는 1. HMA 덧씌우기 두께를 늘리는 것. 2. 기존 포장 표면에 특수한 처리를 하는 것. 3. 균열과 줄눈 부를 처리하는 것. 4. HMA 덧씌우기 설계 시 특수한 고려 사항을 적용하는 것임
- 반사균열을 막기 위해 현재 국외에서 적용되고 있는 덧씌우기 공법으로는 Crack and Seat, Crack-Arresting Interlayers, Rubblization, Stress-Relieving Interlayer 공법 등이 있음
- 미국에는 Trackless Tack이라는 개질유화아스팔트를 사용하여 타이어 트랙킹을 방지하고 있음
- 프랑스에서는 택코트 도포기에 촉매제 스프레이를 장착하여 동시에 포설하여 경화시간을 단축시키는 Fast Tack 기술을 사용하고 있음
- 미국 및 유럽에서는 다양한 동시포설 장비가 제작되어 포장 현장에서 사용되고 있음

3. 연구개발 내용

○ **3-1 세세부 과제 : 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공 기술 개발**

• 연구목표
- 반사균열 70% 저감을 위한 노후 콘크리트 기층 전처리 시공기술 개발

• 연구내용
- 반사균열 저감을 위한 전처리 시공 최신기술 동향 파악
- 균열유도/안치 공법 피로수명 모델 개발
- 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격 도출
- 균열폭/간격에 따른 덧씌우기층 거동 분석 및 최적 포장두께 산정
- 국내실정에 적합한 한국형 균열유도/안치 장비 개발

- 균열유도/안치 공법 시험시공 및 공용성 평가
- 균열유도/안치 공법 공사 시방서 개발

○ **3-2 세세부과제: 고성능 저비용 아스팔트 덧씌우기 미래 포장 택코팅 공법 개발**

• 연구목표
- 부착강도 50% 향상을 위한 택코트용 고성능 유화아스팔트 및 동시포설공법 개발

• 연구내용
- 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 개발
- 급속경화 유화아스팔트 재료 안정성 및 부착력 평가
- 택코팅 동시포설장비 시제품 제작 및 검증
- 부착력 증가 및 반사균열 억제에 효과적인 택코팅 동시포설 공법 평가
- 포장가속시험 및 시험포장을 통한 시공성 및 공용성 평가
- 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) 개발
- 택코팅 동시포설 공법 공사 시방서 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 연도별 세부적 마일스톤 설정 및 준수
○ 체계적 대학원 인력 관리 시스템 구축 및 운용
○ 해외 전문가에게 기술적 자문
○ 연구개발 내용별로 기준 수립과 실용화 개발로 분류하여 목표 수준 수립
○ 기존 기술 적용 시의 효용성 및 문제점 분석을 통하여 성능검증 계획 수립
○ 유화아스팔트 생산업체, 전문 포장 업체, 출연연구기관, 정부관련기관, 대학 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 재료 및 장비 국내 자체 개발 실시
○ 개발된 재료, 장비 및 공법에 대한 경제성 및 공용성 평가를 통하여 한국 포장에 맞는 유지보수형 택코팅 설계 및 시공기준 개발

□ 추진체계

○ 원천기술 확보와 기준 개발은 학·연 중심으로 주관연구 추진
○ 실용화기술 개발은 산·학 중심으로 연구 추진
○ 국내외 관련기관 네트워크 활용 및 국제교류를 통한 연구동향 조사 및 연구방향 검증

	○ 전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열 저감형 전처리 시공기술 개발 - 균열규도/안치 공법 피로수명 모델 - 반사균열 억제를 위한 최적 균열 형상 및 간격도출 설계방안 - 국내 실정에 적합한 반사균열 유도/안치 장비 - 균열유도/안치를 위한 노후콘크리트 전처리 공사시방서(안) - 균열유도/안치 시험시공 ○ 부착강도 증진을 위한 유지보수형 택코팅 공법 개발 - 유지보수용 급속경화 유화아스팔트 재료 - 유화아스팔트 재료 안전성 및 부착력 평가법 (안) - 택코팅 동시포설 장비 - 유지보수형 택코팅 품질 및 시공지침(안) - 택코팅 동시포설 공법 공사시방서(안) - 유지보수형 택코팅 시험시공
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 5년 ○ 총 연구비 : 71.48억원 (정부출연금 41.5억원)
7. 기 타	

3절. 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성.타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

○ 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장을 대상으로, 유지보수를 통해 신설에 준하는 도로품질을 확보하기 위하여, 국내실정에 맞는 효과적인 유지관리 방안 제시, 시멘트 및 아스팔트 콘크리트 계열의 최적 유지보수 실용화 기술을 개발을 위하여 건설기술개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시

○ 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시

나. 연구개발 내용

○ 도로의 기능을 원활하게 수행하면서 사용자 비용을 최소화 할 수 있는 동시에 유지보수 후 도로의 기능을 장기간 확보할 수 있는 신설 개념의 유지보수 기술이 필요함

○ 노후된 콘크리트 포장의 유지보수 공법으로 단순한 구조적 수명연장을 넘어 소음, 미끄럼저항성, 평탄성 등의 기능성을 개선하여 보수 후 포장수명과 동시에 안전하고 쾌적한 주행조건을 장기간 제공할 수 있는 장수명 덧씌우기 포장공법이 필요함

○ 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가

○ 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

○ 연구개발 성과목표.지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검.관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료.기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.

○ 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단

○ 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장의 유지보수 건설재료 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성

○ 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개

발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부

○ 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

○ 기관선정의 우선순위는 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장의 유지보수 건설재료의 제품화에 따른 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.

○ 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상 수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부

○ 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시 여부

○ 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부

○ 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

○ 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.

○ 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.

○ 연구책임자는 국토교통부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

○ 산, 학, 연이 모두 참여하며

- 세부 주관연구기관으로 산, 학, 연이 각각 구성된 경우 : 2점
- 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점

○ 산, 학 또는 산, 연으로 구성되며

- 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
- 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우 : 1점

나. 총 연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

○ 총 연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

- 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
- 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

○ 국토교통부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약이 체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

○ 현재 개정 작업 중에 있는「국토교통부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

*『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

마. 기타

○ 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)

○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점

○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점

○ 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제

대상) : 3점 감점

○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구 책임자나 기업의 경우(「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

7장. 참고문헌

○ 구본홍 (2007), 연약지반 도로현장에서의 지반공학적 문제에 관한 현장사례 연구, 공주대학교.

○ 국가기록원, 나라기록, (2006)http://contents.archives.go.kr/next/content/listSubjectDe scription.do?id=001878.

○ 건설기술혁신사업 (2010), 빗물저류조 급속시공기술 및 친환경 빗물처리 시스템 개발, 기술혁신사업.

○ 건설기술혁신사업 (2011), 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구, 한국건설기술연구원 외

○ 건설기술혁신사업(2010), 친환경 고강성 포장시스템 개발, 국토해양부

○ 건설기술혁신사업 (2010), 빗물저류조 급속시공기술 및 친환경 빗물처리 시스템 개발, 기술혁신사업.

○ 경북일보 (2003), "지방 확·포장 공사때 평탄성 검사 미실시 허점", 경북일보, http://jjan.kr.

○ 경북일보 (2003), "지방 확·포장 공사때 평탄성 검사 미실시 허점", 경북일보, http://jjan.kr.

○ 교통량 정보제공 시스템 http://www.road.re.kr/main/main.asp

○ 국토교통부 (2014) 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침

○ 국토해양부 (2011) 시멘트 콘크리트 포장 배합설계 지침

○ 국토해양부 (2009) 시멘트 콘크리트 포장 생산 및 시공 지침

○ 국토해양부 (2009) 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구(설계시스템 개발)

○ 건설교통부 (2004) 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구(콘크리트 포장 설계법 개발)

○ 권수안 (2000) 콘크리트 포장상태 평가지수의 개발에 관한 연구, 한국건설기술연구원

○ 도영수 (2000)보강 덧씌우기 아스팔트 포장의 휨파괴에 의한 반사균열 피로수명 추정, 강원대학교

○ 도영수 (2000) 아스팔트 덧씌우기 포장의 반사균열 피로수명 추정, 강원대학교

○ 박대욱 (2015) 그리드 아스팔트 덧씌우기 포장의 반사균열 저항성 평가, 군산대학교

○ 백철민 (2012) 역학적-경험적 덧씌우기 포장 설계프로그램 개발, 한국건설기술연구원

○ 박종원 (2013) 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착강도 특성 분석, 강릉원주대학교

○ 윤경구 (1998) 콘크리트포장의 콘크리트 덧씌우기 공법, 한국도로공사

○ 이석근 (2000) 콘크리트 포장 덧씌우기 설계 프로그램 개발, 경희대학교

○ 이승우 (2011) 노후화된 시멘트 콘크리트 포장에 대한 콘크리트 및 아스팔트 덧씌우기의 포장성능 비교

○ 서영국 (2008) 아스팔트 콘크리트 포장의 선형 점탄성 유한요소해석, 도로공사

○ 서영찬 (2015) 고속도로 포장노후에 따른 대응전략 구축을 위한 연구용역, 한국도로공사

○ 서울특별시(2013), 차세대 저소음 포장공법 개발, 한국도로학회

○ 조윤호 외 (2004), 신속한 교통개방이 가능한 콘크리트 덧씌우기 공법, 중앙대학교

○ 최동춘 (2003) 덧씌우기 아스팔트 포장체의 전단반사균열 모사시험을 이용한 줄눈 실링재의 반사균열 지연효과 비교분석, 미국 시카고시 공무원

○ 환경부(2013), 소음진동 관리시책 연차보고서

○ Airport Pavement Overlays and Reconstruction – AC 150/5320- 6E-9/30/2009

○ Baek, J., Hao, W. (2008) Long-Lasting Pavement Structure Rehabilitation: Hot-Mix Asphalt Overlay with Steel Reinforcement Netting Interlayer System. FAA Design Competition for Universities 2007 – 2008 Academic Year

○ Biqing S. (2016) Evaluation of Florida Asphalt Mixes for Crack Resistance Properties using the Laboratory Overlay Test Procedure FSU Research Project No: OMNI 034114

○ Bhosale S. S., Mandal J. N. (2008) Open Graded Asphalt Concrete for Mitigation of Reflection Cracking on Asphalt Concrete Overlays The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)

○ Cesar, I., Choi, S., and Won, M. (2007), "Concrete Pavement Overlays and Failure Mechanisms", Center for Transportation Research, The University of

Texas at Austin, Austin, TX

○ Choi, P., Ryu, S., Zhou, W., Saraf, S., Won, M., Yeon, J., and Ha, S. (2013). "Project Level Performance Database for Rigid Pavements in Texas, Ⅱ." Center for Multidisciplinary Research in Transportation, Lubbock, TX

○ Christopher V H., Tom S. (2006) Methods of Reducing Joint Reflection Cracking: Field Performance Studies Texas Transportation Institute the Texas A&M University System College Station Texas 77843-3135

○ Dave, S.H., Song, W.G. (2007) Reflective and thermal cracking modeling of asphalt concrete Overlays- Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials Loizos, Scarpas & Al-Qadi (eds) 2007 Taylor & Francis Group, London

○ Fujie Z., Sheng H., Xiaodi H., Tom S. (2009) Mechanistic – Empirical Asphalt Overlay Thickness Design and Analysis System Texas Transportation Institute The Texas A&M University System College Station Texas 77843-3135

○ Introduction of Simplified Design Method for Crack Seat and Overlay (CSO) Transport Scotland Standard Branch.

○ Jie H., Ashwani G., Sanat K. P., Robert L. P. (2013) Tolerable Strains for Hot Mix Asphalt Overlays over Concrete Pavements Report No. K-TRAN: KU-08-3 FINAL REPORT

○ Korsgaard H. C., Pedersen J. P., Rasmussen M. Rehabilitation by cracking and seating of concrete pavement optimized by FWD analysis. Copenhagen Municipality, Road and Park Division, Smedetoften 14, DK-2400 Copenhagen NV

○ Lev. K., Rita L., Derek T. (2013) Guidelines for the Rehabilitation of Concrete Pavements Using Asphalt Overlays. FHWA TPF-5(149) Design and Construction Guidelines for Thermally Insulated Concrete Pavements

○ Lev K., Rita L., Derek T. Design and Construction Guidelines for Thermally Insulated Concrete Pavements Guidelines for the Rehabilitation of Concrete Pavements Using Asphalt Overlays Final Report FHWA TPF-5(149)

○ Luis, G. L. (2008) Reflective Cracking of Flexible Pavements: Literature Review, Analysis Models, and Testing Methods University of Nevada, Reno-Salazar UMI Number: 1453593

○ Pavement Design Guide. The Pavement Division, Office of Materials and Technology. Maryland Department of transportation November 2002

○ Rehabilitation Strategies Chapter 410: Crack, Seat and (HMA) Overlay. Concrete Pavement Guide. Part 4: Division of Maintenance Pavement Program January 2015

○ Ryu, S., Won, H., Won, M. (2011), "Continuously Reinforced Bonded Concrete Overlay of Distressed Jointed Concrete Pavements", Texas Tech Center for Multidisciplinary Research in Transportation Texas Tech University, Lubbock, TX

○ Sprinkel, M. M., Ozyildirim, C., Hossain, M. S., Elfino, M. K., Wu, C., & Habib, A. (2014). "Use of Concrete Pavement Overlays on US 58 in Virginia" Virginia Center for Transportation Innovation and Research, Charlottesville, VA

○ Tsai, B., Jones, D., Harvey, J., Monismith, C. (2006) "Reflective Cracking Study: First-Level Report on Laboratory Fatigue Testing". Research Report: UCPRC-RR-2006-08

○ Xin Q., Jianming L., Feng W. (2014) Concrete pavement rehabilitation procedure using resonant rubblization technology and mechanical empirical based overlay design

○ Ziad, G. G. (2010) "3D Finite Element Analysis of HMA Overlay Mix Design to Control Reflective Cracking".