

기후대응형 다기능성 셀룰러 스프레이드 콘 크리트 개발 및 적용 기획연구 최종보고서

2016.12

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 강원대학교

제출문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘강원권 국토교통 지역특성화 기술개발’ (강원권 국토교통기술지역거점센터) 과제의 기획
연구 최종보고서로 제출합니다.

2016.12

주관연구기관명 :	강원대학교
주관연구책임자 :	윤 경 구
자 문 위 원 :	박 철 우
	지 광 습
	최 성 용
	전 범 준

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

< 목 차 >

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
1절 기술의 정의 및 분류체계	1
2절 기술개발의 필요성	5
제2장 국내외 동향 및 환경분석	11
1절 국내외 정책동향	11
2절 국내외 시장현황 및 전망	13
3절 기술(특허, 논문 등) 동향	16
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	21
1절 비전 및 목표	21
2절 추진전략 체계	24
3절 자원 투입계획	26
제4장 실용화 전략	28
1절 현황 분석	28
2절 거점 내 수요처 분석	33
3절 시장진출전략	37
4절 기대효과	39
제5장 과제 제안요구서(RFP)	40
참고문헌	45

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

가. 기술의 정의 및 범위

강원권 산악지역의 지리적 특성 및 기후변화 특성에 적응할 수 있도록 안전한 삶과 방재환경을 구현하기 위하여 기후변화 및 자연재해 예방, 그 피해 및 복구비용을 최소화하기 위한 건설기술 개발



기술의 정의	산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발
기술의 범위	- 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술 - 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술

산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발



고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술

혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술

경제적인 실리카계 현장 혼합시멘트 제조 기술



산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술

비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술

셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술

비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술

복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법

□ 본 기획연구는 강원권 산악지역의 기후변화 대응 및 적응을 위한 건설구조재료 및 토목시공기술로서 ‘산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발’로 강원지역에서 발생하는 기후변화 및 자연재해 예방 그리고 그 피해 및 복구비용을 최소화하기 위한 건설기술 개발 기획에 관한 것임.

□ 본 기획연구는 효율적인 강원지역의 지리적/기후특성 대응 및 적응방안 마련을 위하여 2개의 핵심기술을 도출하였으며, 이에 대한 세부적인 내용 및 범위는 다음과 같음.

1) 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술

- 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트의 제조 기술
- 경제적인 실리카계 현장 혼합시멘트 제조 기술

2) 산악지역 기후변화적응형 적정 시공기술 개발

- 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술
- 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술
- 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술
- 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법

□ 개발된 기술에 대하여 테스트베드 적용을 통한 검증 수행이 가능하여, 1차적으로 강원권에 활용될 것으로 예상. 뿐만 아니라 개발된 기술은 강원권과 지리적/기후특성이 유사한 지역으로의 시장진출 기반을 마련할 수 있으며, 도내 기업의 경쟁우위 역량을 확보하는 등 다양한 상황에서의 활용 가능

나. 기술분류체계

□ 과학기술기본법 제27조에 따른 국가과학기술표준분류체계¹⁾에 의한 기술의 분류체계는 아래와 같음

구분	대분류	중분류	소분류	가중치(%)
고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술	EI	EI04	EI0406	30
산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술	EI	EI04	EI0401	70

1) 국가과학기술위원회 고시 제2012-4호(2012.09)

다. 개발 기술의 개요

- 강원지역의 지리적/기후특성에 효율적으로 대응 및 적응방안 마련을 위하여 도출한 2개의 핵심기술 다음과 같음.

핵심기술		세부 기술
1	고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술	- 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술 - 경제적인 실리카계 현장 혼합 시멘트 제조 기술
2	산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술	- 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술 - 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술 - 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술 - 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법

- 세부 기술별 주요내용은 다음과 같음.

핵심기술 1	고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술
□ 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술 - 최적 혼합분쇄법 및 공정 도출 - 폐유리 혼합 시멘트의 경제성 분석 - 폐유리 혼합 시멘트의 시제품 생산	
□ 경제적인 실리카계 현장 혼합시멘트 제조 기술 - 현장 혼화재료 혼합공급장치 개발 - 현장혼합 고성능 셀룰라 콘크리트 제조 기술 개발 - 현장혼합 고성능 셀룰라 콘크리트 생산시스템 최적화	

□ 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술

- 항구적 긴급복구기술 개발 및 장기성능 평가
- 항구적 긴급복구의 적용성 확대 및 시공관리기술 개발
- 현장적용 및 기술보완
- 경제성 검토 및 기술 검증
- 실용화 · 사업화

□ 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술

- 고성능 셀룰라 스프레이 콘크리트의 최적배합 도출
- 셀룰라 스프레이 콘크리트를 이용한 도로포장 복구공법 최적화
- 현장적용 및 기술보완
- 경제성 검토 및 기술 검증
- 실용화 · 사업화

□ 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술

- 곡면형틀 제작기술 개발
- 스프레이 콘크리트용 최적배합 도출
- 시공장비 조합기술 및 최적화
- 현장적용 및 기술보완
- 경제성 검토 및 기술 검증
- 실용화 · 사업화

□ 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법

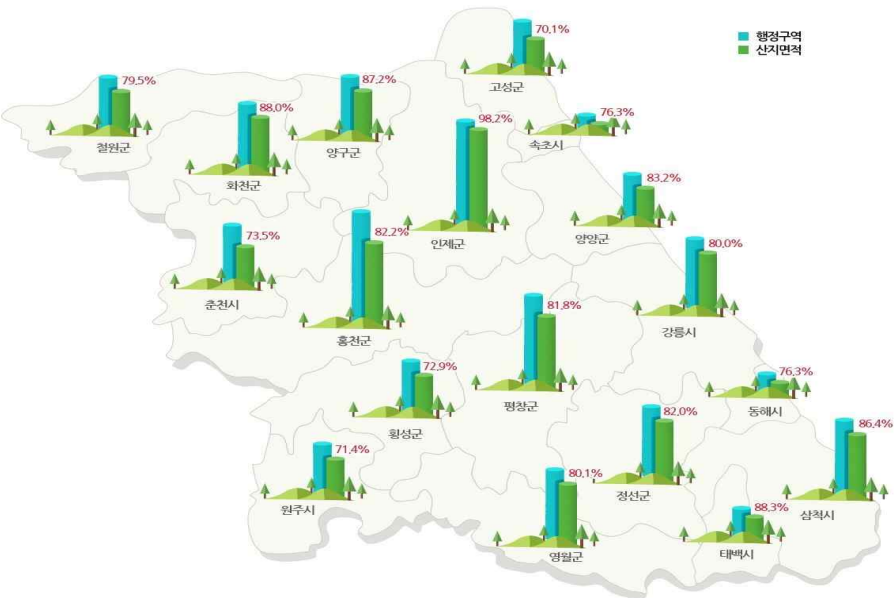
- 철근유도 및 콘크리트 포장 일체화 장비 개선
- 2층 콘크리트 포장용 최적배합 도출
- 시공장비 조합기술 및 최적화
- 현장적용 및 기술보완
- 경제성 검토 및 기술 검증
- 실용화 · 사업화

2절 기술개발의 필요성

가. 기획 배경(지역 현안과의 연관성) 및 필요성

1) 강원지역의 지리적/기후적 특성

- 강원도는 18개 시·군의 지자체로 구성되어 있으며, 행정구역 1,669,308ha 중 산지면적이 1,368,571ha로 행정면적 대비 산지비율이 82.0%를 차지²⁾하므로 타도에 비하여 산악지역의 지리적 특성을 나타내고 있음.



<그림 1> 강원도 시·군별 행정구역 및 산지 면적

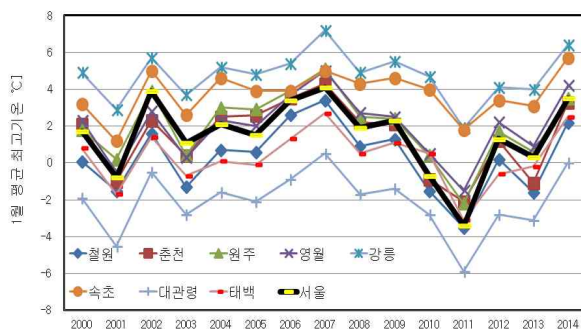
- 강원권의 기후변화에 대한 자료는 기상청 통계자료³⁾로서 철원, 춘천, 원주, 영월, 강릉, 속초, 대관령, 태백 지역의 기상 관측 자료를 이용하였다. 기후 관측지점은 아래와 같다. 대관령과 태백지역의 관측소는 각각 고도 772.4, 714.2m의 산간지역에 위치

구분	철원	춘천	원주	영월	강릉	속초	대관령	태백
위도[°]	38.09	37.54	37.20	37.11	37.45	38.15	37.41	37.10
경도[°]	127.53	127.44	127.57	128.27	128.53	128.34	128.43	128.59
고도[m]	154.9	76.8	150.7	239.7	26.1	22.9	772.4	714.2

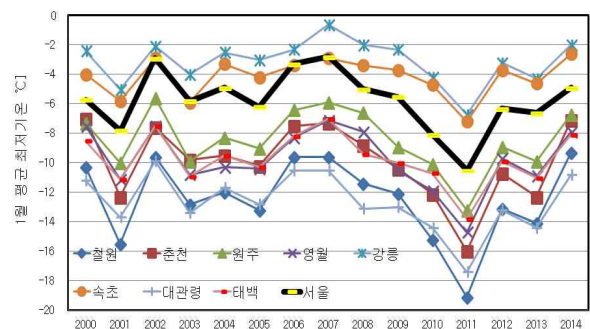
2) 유승각, 강원도 시·군별 행정구역 및 산지 면적(2016.11.02.), 강원발전연구원

3) 기상청 국가기후데이터센터 통계자료(sts.kma.go.kr)

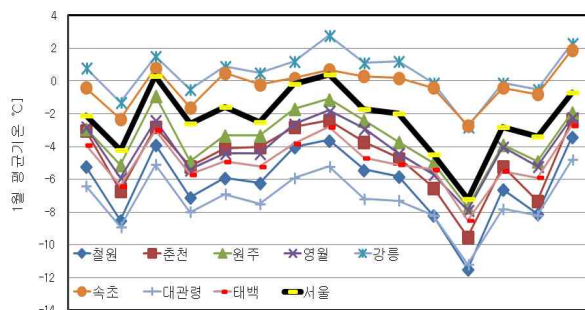
- 강원지역 및 서울지역의 겨울철 기온 변화를 관측하기 위하여 2000년부터 2014년까지 지난 15년간 각각 해당연도의 1월 평균의 최고기온, 최저기온, 평균기온을 <그림2>부터 <그림4>에 나타내었다. 전형적인 산악지형 한랭기후 특성을 보임.
- <그림5>는 2000년부터 2014년까지 강원권 및 서울지역의 신적설량(오전 0시부터 오후 11시59분까지의 쌓인 눈의 양)을 나타낸 것으로 대관령 지역의 신적설량이 가장 많음
- <그림 6>는 지역별 제설제 사용량으로 강원지역이 타 지역의 평균사용량보다 많은 것으로 확인되었으며, <그림 7>은 2000년 이후 습염식 제설방법의 도입으로 염화칼슘 및 염화나트륨의 사용량이 증가하는 추세로 콘크리트의 염해 유발 가능성 내포



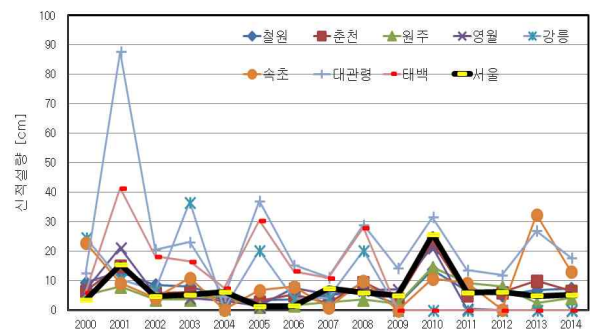
<그림 2> 2000~2014년 1월 최고기온 평균



<그림 3> 2000~2014년 1월 최저기온 평균



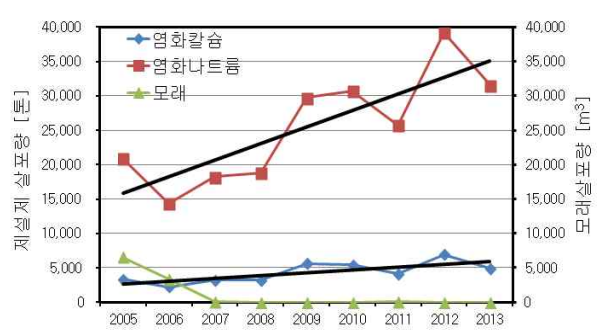
<그림 4> 2000~2014년 1월 평균 기온



<그림 5> 강원권 및 서울지역의 신적설량



<그림 6> 2008년 지역별 제설제 사용량



<그림 7> 제설제 종류에 따른 살포량 현황

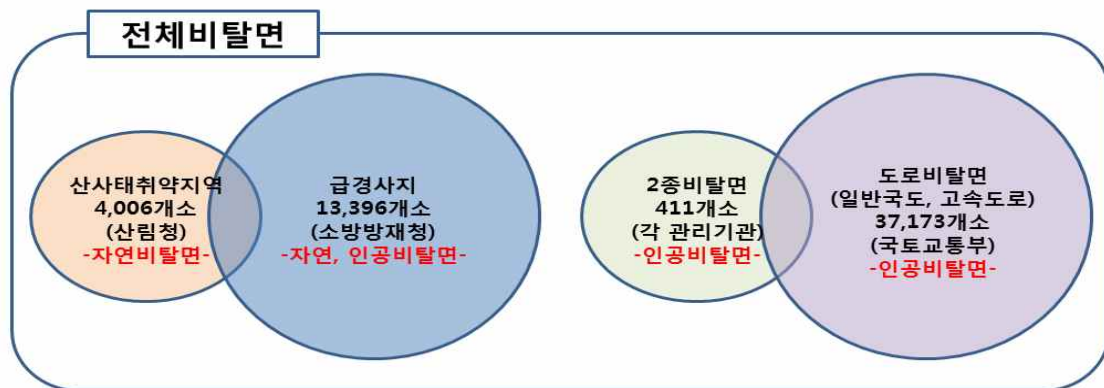
2) 도로비탈면 현황

□ 전국 및 강원도 도로 현황⁴⁾

구분	강원도		전국합계
	연장(m)	구성비(%)	연장(m)
합계	9,800,067	9.1	107,526,581
고속국도	348,840	8.3	4,193,300
일반국도	1,944,917	13.9	13,947,945
특별·광역 시도	-	-	4,726,633
지방도	1,637,386	9.1	18,087,066
시도	2,603,923	9.2	28,348,342
군도	3,265,001	14.4	22,636,529
구도	-	-	15,586,766

□ 도로비탈면 관리 현황⁵⁾

- 자연 또는 인공적으로 형성된 경사진 지형이며, 도로비탈면은 도로건설에 따라 발생된 깎기 및 쌓기 비탈면으로 구분
- 비탈면 발생원인, 규모 등에 따라 책임 소재가 다르며, 국토교통부는 고속도로나 국도 건설에 따른 도로비탈면을 관리 중
- 현재 관리 중인 고속도로 및 국도 비탈면은 총 37,584개소(고속도로 : 7,827, 국도 : 29,757)로서, 암반과 토사 비탈면 비율이 7:3 수준임
- 자연 비탈면 중 산림청의 ‘산사태취약지역’은 4,006개소(‘12.7), 소방방재청에서 관리 중인 급경사지는 총 13,396개소(‘13.4)임



<그림 8> 비탈면 관리 현황

4) 국토교통부(2016), 도로업무편람

5) 국토교통부(2013), 국토부, 도로 비탈면 정비에 매년 1,000억 이상 투입키로, 보도자료

3) 강원지역의 자연재해 및 기후변화 피해 현황

- 강원권은 면적의 82.0%가 산지로 구성되어 있으며, 이러한 지리적인 특성상 대규모 비탈면 및 절토사면, 도로비탈면에서의 자연재해가 빈번하게 발생
- 최근 기후변화의 영향으로 기반시설에 발생하는 재해가 점차 대형화 및 다양화되는 추세. 강원권은 타지역에 비해 지표면 표고비, 경사도가 매우 높으며, 토지의 피복구성율이 대부분이 산림지이므로 이와 관련된 피해사례가 증가하는 경향.



□ 강원도 자연재난 피해액 전국 평균 4.5배(2005~2014)⁶⁾

- 최근 10년(2005~2014)간 강원도 재난재해 피해액은 1조 9,255억원, 이는 전국평균의 4.5배, 전국 28% 점유
- 최근 10년간 시설별 피해액을 보면 공공시설(84.8%), 농경지(8.5%), 건물(1.2%) 순
- 자연재난 : 호우(94.6%), 대설(3.7%), 태풍(1.2%)순. 전국은 호우(58.4%), 태풍(27.4%), 대설(12.1) 순
- 피해복구비 재원별 : 복구액(48.8%), 국고(40.9%) 등 국고 피해복구비 비중이 높음
- 원인별 피해복구비 : 호우(96.9%), 대설(1.7%), 태풍(1.2%)인 반면 전국은 호우(65.2%), 태풍(26.9%), 대설(7.2%) 순
- 최근 10년(2005~2014)간 전국 · 강원도 - 재난재해 피해액

[단위 : 천원]

구분	전국		강원		전국 평균	
비고	가	나	가	나	가	나
2005	1,270,851,682	1,049,839,252	27,964,017	23,100,825	79,428,230	65,614,953
2006	2,330,826,982	1,942,983,755	1,654,737,787	1,379,393,951	145,676,686	121,436,485
2007	297,795,455	251,810,876	20,009,305	16,915,535	18,612,216	15,738,180
2008	69,404,514	63,702,745	8,968,240	8,231,475	4,337,782	3,981,422
2009	326,229,390	298,808,378	36,672,555	33,590,066	20,389,337	18,675,524
2010	448,846,500	426,781,877	20,315,089	19,316,430	28,052,906	26,673,867
2011	782,738,840	794,200,453	59,124,592	59,990,351	48,921,178	49,637,528
2012	1,066,097,599	1,089,209,727	6,887,347	7,036,659	62,711,623	64,071,160
2013	171,225,285	172,137,010	78,618,410	79,037,030	10,072,076	10,125,706
2014	180,018,668	180,018,668	12,244,001	12,244,001	10,589,333	10,589,333
합계	6,944,034,915	6,269,492,741	1,925,541,343	1,638,856,323	428,791,367	386,544,158

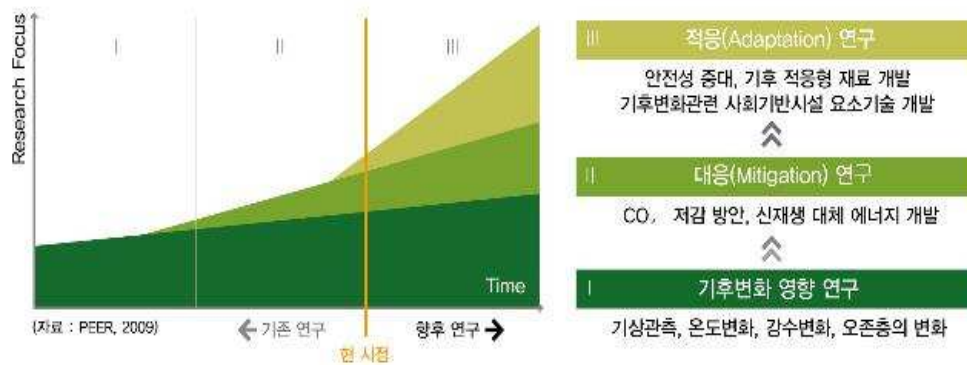
가. 피해액은 2014년 환산 가격 기준

나. 피해액은 당해연도 가격 기준

6) 류종현, 강원도 자연재난 피해액 전국 평균 4.5배, 강원발전연구원, 2015

나. 기획의 목적

- 기후변화에 따른 사회기반시설 적응기술의 필요성 대두에 따라 강원권의 산악지역 기후변화 적응의 패러다임을 인정하고 이에 능동적으로 대처할 수 있는 건설기술개발이 요구



<그림 15> 기후변화에 따른 기존연구와 향후연구

- 기후변화에 대응하기 위한 방법은 탄소배출 저감을 포함한 기후변화 완화기술인 대응(mitigation)과 기후변화를 받아들이고 이에 능동적으로 대처하는 적응(adaptation)기술로 구분
- 대응(mitigation) : 탄소 배출 저감을 포함한 기후변화 완화 기술
 - 적응(adaptation) : 기후변화의 패러다임을 인정하고 이에 능동적으로 대처하는 기술

구분	기술내용
기존 대응기술 (Mitigation Technology)	• 단순 기후 변화 현상 예측 및 평가 • 기후 변화 원인 분석(CO₂발생, 화석연료의 사용) • 탄소저감 및 완화 위주의 대응기술
차세대 적응기술 (Adaptation Technology)	• 중·장기적 기후영향 및 취약성 평가 • 선제적 최적 적응 전략 구축 필요 • 사회기반시설 전반에 대한 적응 기술 요구

- 본 기획연구는 강원권 산악지역의 기후변화 대응 및 적응을 위한 건설구조재료 및 토목시공기술로서 ‘산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발’로 강원지역에서 발생하는 기후변화 및 자연재해 예방 그리고 그 피해 및 복구비용을 최소화하기 위한 건설기술 개발 기획에 관한 것임.

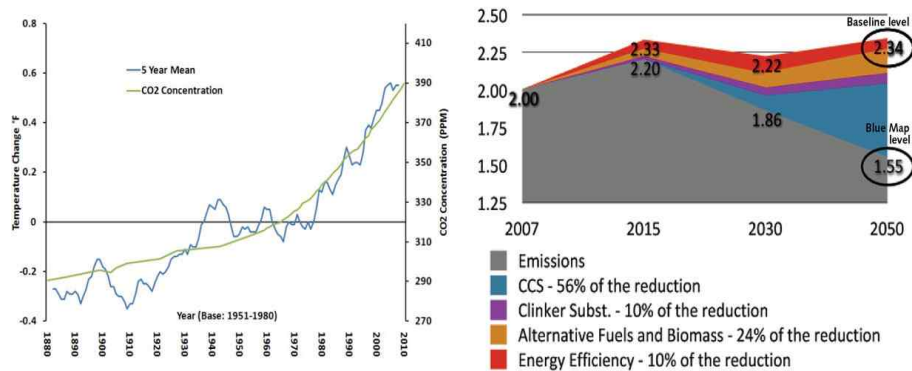
- 1) 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술
- 2) 산악지역 기후변화적응형 적정 시공기술 개발

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

□ CO₂ 저감 기술 개발의 필요성

- IEA(International Energy Agency)는 2050년 까지 대기 중 이산화탄소 농도를 450ppm으로 제한하려는 Blue Map<그림 16> 시나리오를 발표
- 이는 2007년 기준 이산화탄소 발생량을 50% 저감시켜야 하는 수치임.
- 또한 IEA에 따르면 시멘트 산업은 전세계 이산화탄소 배출량의 약 5%를 배출하는 것으로 보고 하고 있으며, 이에 대한 대응으로 CSI(Cement Sustainability Initiative)와 시멘트 산업은 Blue Map 시나리오에 맞춰 이산화탄소 저감 계획을 발표
- 이 중 CCS (Carbon Capture and Sequestration)은 아직 개발단계이며, 시설구축 및 운영에 막대한 예산이 사용될 것으로 추측하고 있음.



<그림 16> IEA와 CSI 의 이산화탄소 저감 계획

□ 기존 시멘트 대체재료의 개발 요구

- ICR Research Group은 시멘트 산업에서 발생하는 이산화탄소 저감의 방법으로 시멘트 대체재료의 활용을 제시하고 있음
- 자연친화적인 포졸란 재료의 경우는 자원이 한정되어있고, 시멘트 대체율이 증가될 경우 추가적인 시멘트 대체재료의 확보가 요구된다고 보고하고 있음.
- 또한 플라이애시의 품질은 화력발전소 및 정제 조건에 따라 좌우 될 수 있고, 고로슬래그의 경우, 잠재수경성 재료로서 조기강도 발현이 늦음.

□ 자원순환기본법 제정에 따른 산업부산물 재활용⁷⁾

- 환경부는 매립 및 소각되어지는 폐자원의 재사용 및 재활용을 극대화하자는 취지의 자원순환기본법을 2016년 5월 29일 제정·공포하였음.
- 본 법은 2018년 1월부로 시행될 예정이며, 폐자원 순환 이용율에 따라 기술 및 재정적 인센티브가 지급될 예정임.

7) 환경부(2016), 자원부국으로 가는 길... 자원순환기본법 제정·공포, 환경부 보도자료



<그림 17> 자원순환기본법의 내용

□ 과학적 도로관리시스템 구축 및 운영⁸⁾

- 도로절토사면 운영업무를 전문기관에 위탁 시행하여 효율적이고 체계적인 유지관리를 통한 안전사고 예방 및 적정예산 운영 도모
 - ※ CSMS(Cut Slope Management System) : 도로절토사면 유지관리 시스템
- 자동화된 조사장비로 도로포장상태를 조사하여 과학적 분석을 통해 최적 보수공법선정 및 적기유지보수로 예산 절감
 - ※ PMS(Pavement Management System) : 도로포장유지관리시스템
- (도로절토사면) 위험 절토사면에 대한 현장조사, 자동계측, 사면 안정성 검토, 투자우선 순위 결정 및 절토사면 DATA-Base 관리
- 일반국도 절토사면 약 30,000개소 중 우선 정비가 필요한 1,500여 개소에 대하여 연차별 계획에 따라 추진

비탈면 정비	총계	기시행	‘15년	‘16년	‘17년	‘18년	‘19년
사업량(개소)	1,563	500	250	250	250	250	63
추정사업비(억원)	7,800	2,500	1,250	1,250	1,250	1,250	300

- (도로포장) 포장 균열, 소성변형, 종단평탄성, 주변 현황(교량, 분기점 등)을 조사하고, 경제성 분석(HDM-4 프로그램)을 통해 보수 우선순위 결정
- 일반국도(국토교통부관리) 11,508.5km에 대하여 매년 약 3,000km 포장도를 조사하고, 보수가 시급한 구간에 대하여 포장보수 실시
- (도로절토사면) 도로비탈면 정비 기본계획(4차, ‘13.6)에 따라 정비하고 해빙기·우기 및 일상 점검 등을 통해 낙석으로 사고위험 우려가 있는 구간에 대하여 우선 정비 등 지속적으로 추진
- (도로포장) 정기점검, 일상점검을 통해 포트홀 등 발생구간은 응급복구하고, 정밀조사 등을 통해 항구복구계획을 수립하여 정비

8) 국토교통부(2015), 과학적 도로관리 추진, 정책자료

2절 국내외 시장현황 및 전망

□ 국내외 시멘트 시장 규모 및 수출입 현황

- 국내외 시멘트 시장 규모

년도	(2015년) 전년도	(2019년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 3년
세계 시장 규모 (천톤)	4,839,000	5,139,000	5,439,000
한국 시장 규모 (천톤)	51,348	47,777	47,777
년도	(2013년) 2년 전	(2014년) 1년 전	(2015년) 전년도
수출 규모 (천톤)	9,049	9,525	7,344
수입 규모 (천톤)	797	897	1,156

- 국내외 시멘트 시장의 규모 상세

연도	생산량(천톤)		수출(천톤) (클링커+시멘트)	수입 (천톤)
	국내	세계		
2015	51,348	추정 4,839,000	7,344	1,156
2014	47,048	추정 4,539,000	9,525	897
2013	47,291	추정 4,239,000	9,049	797
2012	45,281	3,939,000	8,883	728
2011	48,249	3,651,000	9,965	686
2010	47,420	3,344,000	7,524	772

- 국내 시멘트 생산량은 평균 5,000만 톤 정도로 큰 폭의 증가나 감소가 없이 유지되는 경향을 나타내고 있으며, 시멘트는 건설경기에 따라 영향을 받으나, 모든 건설공사에 사용되는 기초재료이므로 앞으로도 큰 폭의 변동은 없을 것으로 예상됨.
- 그러나 전 세계는 물론 국내에서도 온실가스 저감을 위한 다양한 정책 및 기술이 개발되는 상황에서 CO₂ 발생이 없거나 낮은 건설재료로 대체될 가능성이 높음.
- CO₂ 발생량이 낮은 시멘트 대체 건설재료가 개발되고 대량생산될 경우 시멘트 시장진입이 용이할 것으로 예상됨.
- 세계 시멘트 생산량은 매년 전년대비 5% 이상 증가되었으며, 2006년 생산량은 2,573백만 톤으로 전년대비 약 12%의 생산증가율을 나타내고 있음.
- WBCSD/CSI의 분석에 의하면 시멘트 산업은 지속적인 성장을 하며 2050년 시멘트 생산량은 현재의 2배 수준으로 도달 예상됨.(IEA 전망)

□ 자연재해에 따른 피해 및 복구비용⁹⁾

- 최근 10년(2005~2014)간 전국·강원도 - 시설별 피해액

구분	전국		강원		전국 평균	
비고	가	나	가	나	가	나
사망·실종 (인)	-	270	-	44	-	16
이재민 (인)	-	206,519	-	3,676	-	12,148
침수면적 (ha)	-	101,071	-	286	-	5,945
건물 (천원)	154,990,054	145,057,675	23,893,882	20,150,400	9,117,062	8,532,804
선박 (천원)	15,817,228	14,698,566	893,723	801,431	930,425	864,622
농경지 (천원)	275,557,313	238,517,629	165,092,391	138,492,346	16,209,254	14,030,449
공공시설 (천원)	4,892,284,770	4,418,379,009	1,636,869,143	1,389,086,313	287,781,457	259,904,648
기타 (천원)	1,605,385,549	1,452,839,862	98,792,205	90,329,833	94,434,444	85,461,168
합계	6,944,034,914	6,269,492,741	1,925,541,344	1,638,860,323	408,472,642	368,793,691

가. 피해액은 2014년 환산 가격 기준

나. 피해액은 당해연도 가격 기준

- 최근 10년(2005~2014)간 전국·강원도 - 자원별 피해 복구비

구분		전국	강원	평균
총 복구액		13,243,731,803	3,537,973,434	779,043,047
중앙지원	복구액	11,662,133,081	3,371,594,759	686,007,828
	국고	8,331,952,332	2,826,988,247	490,114,843
	의견금	702,102	6,053	41,300
	지방비	2,702,691,150	534,856,546	158,981,832
	융자	503,124,447	7,241,457	29,595,556
	자부담	123,663,050	2,502,456	7,274,297
자력 복구		1,581,598,723	166,378,675	93,035,219

주. 복구비는 2014년도 가격기준 임

9) 류종현, 강원도 자연재난 피해액 전국 평균 4.5배, 강원발전연구원, 2015

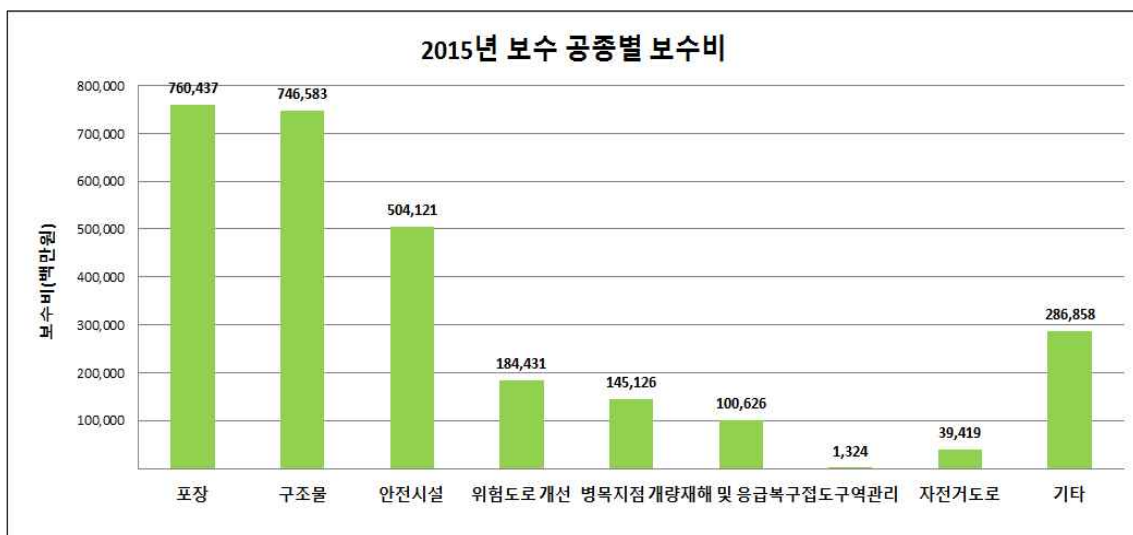
□ 도로 보수비 현황¹⁰⁾

- (도로보수비) '15년도 기준 전국 도로 보수비는 2조 7,689억원으로서 전년(2조 3,020억원) 대비 4,669억원 증가
- 이 중 고속국도는 3,720억원(13.4%), 일반국도는 11,710억원(42.3%), 특별·광역시도는 2,565억원(9.3%), 지방도는 2,653억원(9.6%) 등 임.

[단위 : 백만원]

구분	전체	국비	지방비	민간사업비
총 계	2,768,925	1,565,194	1,121,693	82,038
고속국도	372,003	310,583		61,420
일반국도	1,170,951	1,150,690	20,261	
국토부관리	1,013,171	1,013,171		
위임국도	136,212	136,177	35	
시관리 구간	21,568	1,342	20,226	
특별·광역시도	256,532	2,159	233,755	20,618
지방도	265,319	53,394	211,925	
시도	372,422	21,623	350,799	
군도	167,031	11,466	155,565	
구도	164,667	15,279	149,388	

- (보수 공종별 보수비) 전국 도로의 주요 보수 공종별 보수비는 포장, 구조물, 안전시설 등의 보수 공종순으로 구성



<그림 18> 2015년도 보수 공종별 보수비

10) 한국건설기술연구원(2016), 도로보수현황 집계 결과(2015년말 기준)

3절 기술(특허, 논문 등) 동향

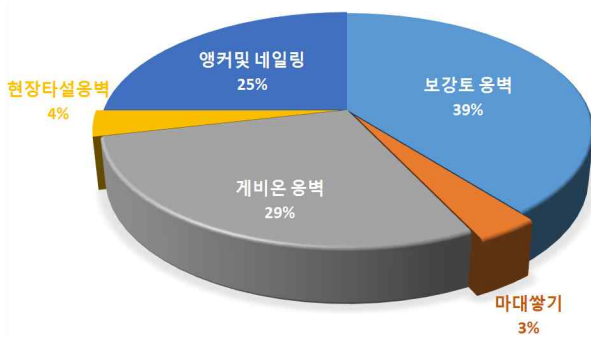
가. 특허동향

- LCD 폐유리의 시멘트 클링커 재료로서의 활용에 관한 특허가 존재하지만, 이는 시멘트 클링커 생산을 위한 기술이며, 시멘트 중량비의 7%까지만 다루고 있음.
- 기존의 연구결과들에 따르면, 콘크리트의 성능을 고려할 경우, 시멘트 중량비의 20%까지 치환이 가능한 것으로 확인되었음.
 - 결과적으로 폐유리의 시멘트 클링커 생산을 위한 재활용 기술인 점과 혼입량이 7%에 국한되어 있으므로 본 중점사항이 없음.

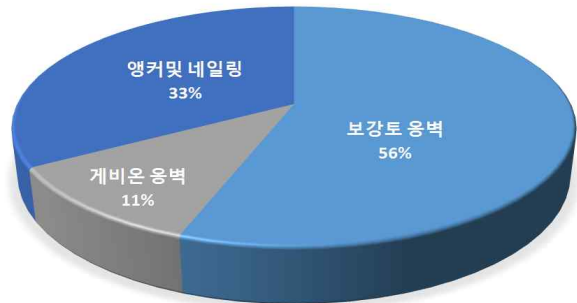
특허 출원국	출원 번호	내용	비고
한국	10-2013-7019824	플라이애시, 시멘트, 석고, 킬른더스트, 물의 경화체를 보관하고 이를 시멘트 재료로서 사용 시, 경화체를 분쇄하여 미분말을 얻는 기술	
한국	10-2007-0048940	고로슬래그, 플라이애시 등을 포함한 혼합시멘트로서, 각각의 재료를 선 미분쇄하여 특정 비율에 따라 혼합하는 기술	
한국	10-1672505	폐부산물로부터 제조된 칼슘서포 알루미늄이트 광물, 석고를 혼입한 조강형 혼합시멘트 조성물에 관한 기술	
한국	10-2008-0058344	LCD폐유리의 시멘트 원재료로서의 활용방안에 관한 기술이며, LCD폐유리의 치환율은 시멘트 중량비 7%까지에 국한되어있음.	
한국	10-2008-0097224	폐유리 미분말과 플라이애시를 이용한 무시멘트 콘크리트 제조 방법에 관한 기술이며, 알칼리 활성화제 혼입을 통해 20-60 MPa의 콘크리트 압축강도를 발현하는 기술	
유럽	EP 1 015 397 B1	크로뮴 유리를 혼입한 콘크리트 개발에 관한 특허로서, 알칼리-실리카 반응 저감 기술이 포함되어 있음.	
유럽	EP 0 964 837 B1	0.5mm 이하의 폐유리를 활용하여 알칼리-실리카 반응 저감이 가능한 콘크리트 배합기술	
미국	5,490,889	시멘트, 슬래그, 실리카 등이 혼입된 혼합시멘트에 관한 기술로서, 콘크리트 적용을 위한 배합법을 다루고 있음.	
미국	6,733,583	시멘트 클링커, 칼슘 설페이트, 화산재 등의 혼합 분쇄물에 플라이애시를 혼입한 혼합 시멘트를 개발하는 기술이며, 플라이애시는 별도 분쇄후 혼합물에 혼입됨.	
미국	6,776,838	저 알칼리성 유리질 혹은 유리 섬유 등으로부터 얻어진 백색 포졸란의 콘크리트에 활용하는 기술임.	
미국	63,013,605	시멘트 제조 시, 분쇄시간을 줄이기 위한 분쇄 보조제에 관한 기술이며, 폴리머를 활용하는 기술임.	
미국	7,799,128	조기강도 발현 성능이 우수한 포졸란 혼합시멘트로서, 포졸란 재료의 입자 크기와 혼입률을 다루고 있음.	

키워드: Blended cement, waste glass, grinding, intergrinding

- 도로비탈면 긴급복구기반 항구복구기술과 유사한 특허실용은 조사되지 않았음.
- 국내 사면보강관련 특허조사 및 분석결과, 관련 특허 총 28건중 보강토 옹벽공법에 관한 특허가 39%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 계비온 옹벽, 앵커 및 네일링공법, 현장 타설옹벽, 마대쌓기 순으로 집계됨.
 - 보강토 옹벽의 특허가 다소 높게 집계된 원인은 보강토 블록을 적층하여 사면을 보강하는 기술은 모두 유사하나 보강토 블록의 형상 및 색상의 차이에 따른 개수 증가로 확인됨.
 - 국외 사면보강관련 특허조사 및 분석결과, 관련 특허 총 9건중 보강토 옹벽공법에 관한 특허가 56%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 계비온 옹벽, 앵커 및 네일링공법 순으로 집계됨. 국내 특허현황과 마찬가지로 국외에서도 보강토 옹벽의 축조시 사용되는 블록의 형상과 색상을 위주로 특허가 등록되었음.



<그림 19> 국내 사면보강관련 특허현황



<그림 20> 국외 사면보강관련 특허현황

- 피암터널의 시공에 대한 특허검색 결과 파형강판을 이용한 시공방법 및 프리캐스팅 콘크리트를 사용한 방법 등이 개발된 상태임.
- 또한 사면을 기존 보강공법인 앵커로 보강과 터널을 복합한 시공방법도 개발된 상태임.
 - 그러나 스프레이드 콘크리트 공법에 의한 피암터널 시공법 개발에 대한 내용은 전무함.

국적	출원번호	특허명	내용	비고
KR	10-2002-0029710	피암터널 새들구조물 및 이를 이용한 터널시공방법	50미터 이상일 때 공기단축을 위한 피암터널용 새들구조물 및 이를 이용한 터널시공 방법으로 레일상에 이동부재를 올려놓고 전체적으로 이동시켜 2번이상 재사용하여 작업공정 및 경제적인 시공방법	등록
KR	10-2009-0050988	절취사면 보호구조물 겸용의 피암터널, 피암터널 구조 및 그 시공방법	경사지의 사면 일부를 절취하여 시공함에 있어서, 피암터널 벽체로 하여금 옹벽의 기능까지 병행하도록 하며, 사면 절취를 최소화하여 토공량 절감을 통한 공사의 효율을 증대시킬 수 있는 시공방법	등록

KR	10-2008-00 31075	파형 강판과 지오텍스타일을 이용한 피암터널 및 그 시공방법	파형 강판 또는 파형 강판과 지오텍스타일을 이용하여 안정된 구조와 조속한 시공 및 원활한 도로통행을 이룰 수 있는 파형 강판과 지오텍스타일을 이용한 시공방법	공개
KR	10-2005-00 04665	앵커 지보를 이용한 피암터널 시공방법	앵커를 이용하여 사면을 보강하면서 피암터널을 시공함으로써 자연훼손을 최소화하면서 안전하고 경제적으로 시공할 수 있는 방법	공개
KR	10-2014-01 84303	콘크리트 충전강관을 이용한 피암터널 및 그 시공방법	피암터널을 콘크리트 충전강관(CFT)을 이용하여 형성함으로써 시공속도를 향상시켜 시공성을 증대시킬 수 있는 시공방법	공개
KR	10-2015-00 82449	프리캐스트부재로 제작된 치암터널 및 그 시공방법	저판, 벽체 및 상부슬래브를 보다 효과적으로 조립할 수 있으며, 하중 지지능력을 효과적으로 증진시켜 보다 신속하고 경제적인 시공을 할 수 있는 방법	등록

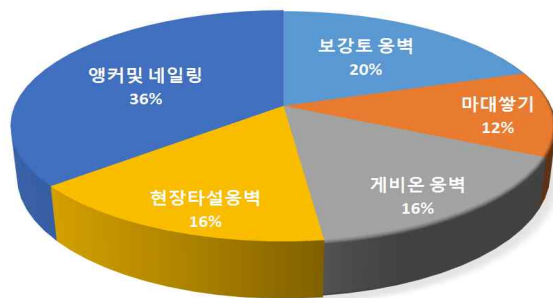
나. 기술동향

- 폐유리 분말을 시멘트 대체로 10-20% 혼입 시, 재령의 증가와 시멘트 페이스트의 공극구조를 밀실하게 하여, 강도 및 내구성 등에 긍정적이 영향을 줄 수 있음
- 하지만 기존 연구결과에서는 폐유리 분말의 제작방법에 관한 내용을 다루고 있지 않음.
 - 2000 년대 초반 이후 슬래그 시멘트 등 혼합 시멘트 제작 과정에 대한 연구결과들이 보고되어왔으며, 대체로 혼합 분쇄 시, 분쇄효율은 다소 우수하지만 이는 사용재료의 물리 화학적 성질에 좌우 될 수 있음.
 - 따라서 폐유리 혼합 시멘트의 효율적인 제조는 가능할 것으로 판단되며, 분쇄 공정 및 방법 등에 대한 연구가 필요함.

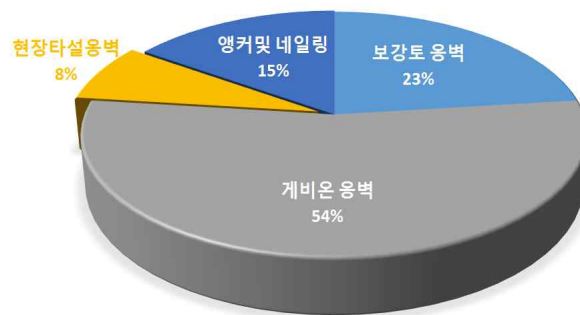
주제 및 발행국가	저자 및 발행년	내용
혼합분쇄	M. Oner . 2000	슬래그 시멘트에 대한 혼합분쇄와 개별분쇄법에 따른 성능 비교 결과, 슬래그의 경우, 시멘트 보다 분쇄효율이 떨어지며, 혼합물의 혼합분쇄 시 분쇄성이 감소하는 것으로 확인되었음. 강도 역시, 개별 분쇄 시 강도 발현성이 우수한 것으로 확인되었음.
	A. Kumar et al. 2013	시멘트와 석회석의 혼합분쇄와 개별분쇄에 따른 성능 비교 결과, 시멘트와 석회석의 분쇄 입경이 유사하고, 시멘트 대체율이 유사할 경우 개별 분쇄 혼합시멘트와 유사한 성능을 구현할 수 있음.
	E. Ghiasvand et al. 2014	포졸란 혼합 시멘트 성능에 대하여 개별 분쇄 및 혼합분쇄 비교결과, 포졸란 시멘트 제작을 위한 혼합분쇄법은 개별분쇄법 보다 분쇄 효율이 우수한 것으로 확인되었으며, 강도 등의 역학적 성능은

		혼합분쇄법에 의한 포졸란 시멘트가 다소 우수한 것으로 확인되었으나, 내구성과는 관계 없는 것으로 확인됨.
	H. Dundat et al. 2015	혼합분쇄 시, 각 재료의 분쇄성은 혼합물을 구성하는 각 재료의 물성에 따라 달라질 수 있음. 상대적으로 부드러운 석고와 석회석은 클링커 및 포졸란 재료에 비해 분쇄성이 우수한 것으로 확인되었음.
	Zeisel et al. 2005	혼합분쇄 시, 각각의 재료들의 분쇄성은 화학적 조성 및 가열 및 냉각 조건에 따라 달라질 수 있으며, 슬래그 시멘트 내 슬래그는 클링커 보다 분쇄효율이 낮은 것으로 확인되었음.
폐유리	N. Schwarz et al. 2008	폐유리 분말을 시멘트를 대체하여 혼입 시, 알칼리-실리카 반응 및 염화물 침투 저항성 증가하는 것으로 확인되었음.
	J. Kim et al. 2014	폐유리 분말과 플라이애시를 함께 혼입 시, 복합열화(동결융해, 염화물 침투) 저항성이 증가하는 것으로 확인되었음
	J. Kim et al. 2015	폐유리 분말과 플라이애시를 함께 혼입 시, 알칼리-실리카 반응에 대한 저항성 및 강도 증진 우수한 강도 증진 효과가 확인되었음.
	Y. Shao et al. 1999	폐유리 분말과 실리카흄를 함께 혼입 시, 장기재령에서 실리카흄 혼입 콘크리트와 유사한 강도 발현 효과가 확인되었음.
	A. Khmiri et al. 2013	폐유리 분말 혼입 시, 재령 증가와 함께 시멘트 페이스트의 공극 구조가 밀실해지는 효과가 확인되었음.

- 도로비탈면 긴급복구기반 항구복구기술과 유사한 사례는 없었으며, 비교가 가능한 공법도 현재까지는 존재하지 않는 것으로 확인됨.
- 국내 사면보강관련 논문조사 및 분석결과, 관련 논문 총 25건중 앵커 및 네일링 공법에 관한 논문이 36%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 보강토 옹벽, 게이온 옹벽, 현장타설옹벽, 마대쌓기 순으로 집계됨.
 - 국내 사면보강 관련 논문 중 마대쌓기와 게이온 옹벽을 제외한 나머지 공법은 긴급복구가 불가능한 기술이므로 본 연구개발기술과는 다소 차이가 있음.
 - 국외 사면보강관련 논문조사 및 분석결과, 관련 논문 총 13건중 게이온 옹벽공법에 관한 논문이 54%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 보강토 옹벽, 앵커 및 네일링, 현장타설 옹벽 순으로 집계되었음. 국외의 연구자료 중 모래주머니(마대쌓기)와 관련된 연구는 조사되지 않았음.
 - 국외 사면보강 관련 논문 중 게이온 옹벽은 긴급복구의 목적이 아닌 경관성 증대, 시공성 유리 등을 위해 연구되었음. 따라서 본 연구기술개발의 목적과는 다소 차이가 있는 것으로 확인되어 국외에서도 본 연구개발기술과 유사한 연구는 진행되지 않은 것으로 판단됨.



<그림 21> 국내 사면보강관련 논문현황



<그림 22> 국외 사면보강관련 논문현황

- 셀룰라 스프레이 공법은 세계 최초의 원천 기술
 - 레미콘에 실라카폼, 기포를 시공현장에서 후 첨가하며, 기포의 볼 베어링 효과를 이용하여 혼화재료를 균질하게 분산시킬 수 있는 기술
 - 기포 혼입에 따라 높아진 공기량은 스프레이를 적용하여 기포를 소산시켜 적정 공기량에 수렴될 수 있도록 하는 기술
- 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장 시공기술은 세계 최초의 원천 기술
- 셀룰라 스프레이 콘크리트를 적용한 피암터널의 시공사례는 전무함.
- 연속철근 콘크리트 포장에 셀룰라 스프레이 콘크리트를 적용한 2층 콘크리트 포장은 세계 최초로 시도되는 기술임.
 - 2층 콘크리트 포장은 유럽 및 미국에서 일부 진행되었거나 진행 중.
 - 2층 콘크리트 포장은 현재 국내에 도입되지 않은 시골 기술임.

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

가. 연구개발 비전 및 목표

- 본 기획연구는 강원권 산악지역의 기후변화 대응 및 적응을 위한 건설구조재료 및 토목시공기술로서 ‘산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발’로 강원지역에서 발생하는 기후변화 및 자연재해 예방 그리고 그 피해를 최소화하기 위하여 요구되는 시공기술개발 기획에 관한 것임.

비전	산악지역 기후변화대응 첨단 건설기술로 여는 한반도
연구목표	산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발
전략과제	- 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술 - 산악지역 기후변화적응형 적성 건설기술
세부목표	고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술 - 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술 - 경제적인 실리카계 현장 혼합 시멘트 제조 기술 산악지역 기후변화적응형 적정 시공기술 - 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기술기반 항구복구기술 및 관리기술 - 셀룰라 스프레이드 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술 - 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술 - 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법

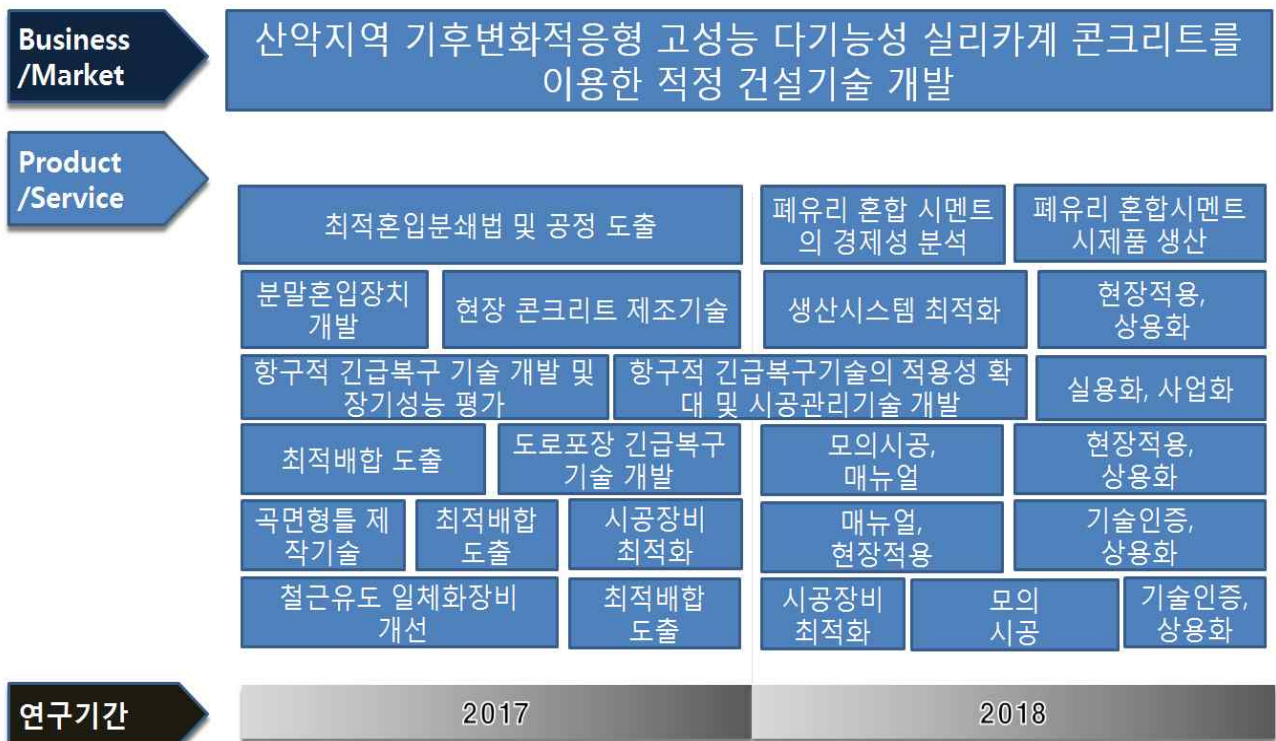
나. 개발 세부 내용

□ 각각의 전략과제별 연구개발 목표에 대한 주요연구내용을 정리하면 다음과 같다.

전략과제	연구목표	주요 연구내용
1. 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술	혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술	- 최적 혼합분쇄법 및 공정 도출 - 폐유리 혼합 시멘트의 경제성 분석 - 폐유리 혼합시멘트 시제품 생산
	경제적인 실리카계 현장 혼합 시멘트 제조 기술	- 현장 혼화재료 혼합공급장치 개발 - 현장혼합 고성능 콘크리트 제조 기술 개발 - 현장혼합 고성능 콘크리트 생산시스템 최적화
2. 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술	비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구 복구기술 및 관리기술	- 항구적 긴급복구기술 개발 및 장기성능 평가 - 항구적 긴급복구의 적용성 확대 및 시공 관리기술개발 - 현장적용 및 기술보완 - 경제성 및 시공성 검증, 실용화
	셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급 복구기반 항구복구기술	- 고성능 셀룰라 스프레이 콘크리트의 최적배합 도출 - 셀룰라 스프레이 콘크리트를 이용한 도로포장 복구공법 최적화 - 현장적용 및 기술보완 - 경제성 및 시공성 검증, 실용화
	비탈면 산사태 방지를 위한 피암터설 시공기술	- 곡면형틀 제작기술 개발 - 스프레이 콘크리트용 최적배합 도출 - 시공장비 조합기술 및 최적화 - 현장적용 및 기술보완 - 경제성 및 시공성 검증, 실용화
	복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장 공법	- 철근유도 및 콘크리트포장 일체화 장비 개선 2층 콘크리트 포장용 최적배합 도출 - 시공장비 조합기술 및 최적화 - 현장적용 및 기술보완 - 경제성 및 시공성 검증, 실용화

다. 과제개발 로드맵

- 본 기획연구는 강원권 산악지역의 기후변화 대응 및 적응을 위한 건설구조재료 및 토목시공기술로서 ‘산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발’로 강원지역에서 발생하는 기후변화 및 자연재해 예방 그리고 그 피해 및 복구비용을 최소화하기 위한 건설기술 개발에 목표를 두고 있음.
- 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술과, 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술로 핵심연구성과가 구분되며 <그림 23>처럼 각각 유기적으로 연구가 진행함.
 - 고성능 실리카 콘크리트 제조 기술은 폐유리를 활용하는 혼합시멘트와 실리카폼을 현장에서 혼입할 수 있는 경제적인 콘크리트 제조 기술로 구분되어 각각 독립적으로 진행되어지나 최종 결과물은 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술에 활용하는 것으로 진행
 - 산악지역 기후변화적응형 도로/비탈면/피암터널 등의 긴급복구기술과 신설 및 유지보수 기술을 포함하고 있으며, 셀룰라 스프레이 콘크리트를 활용할 수 있는 방안을 모색하도록 구성하였음.



<그림 23> 연구개발 최종목표를 달성하기 위한 로드맵

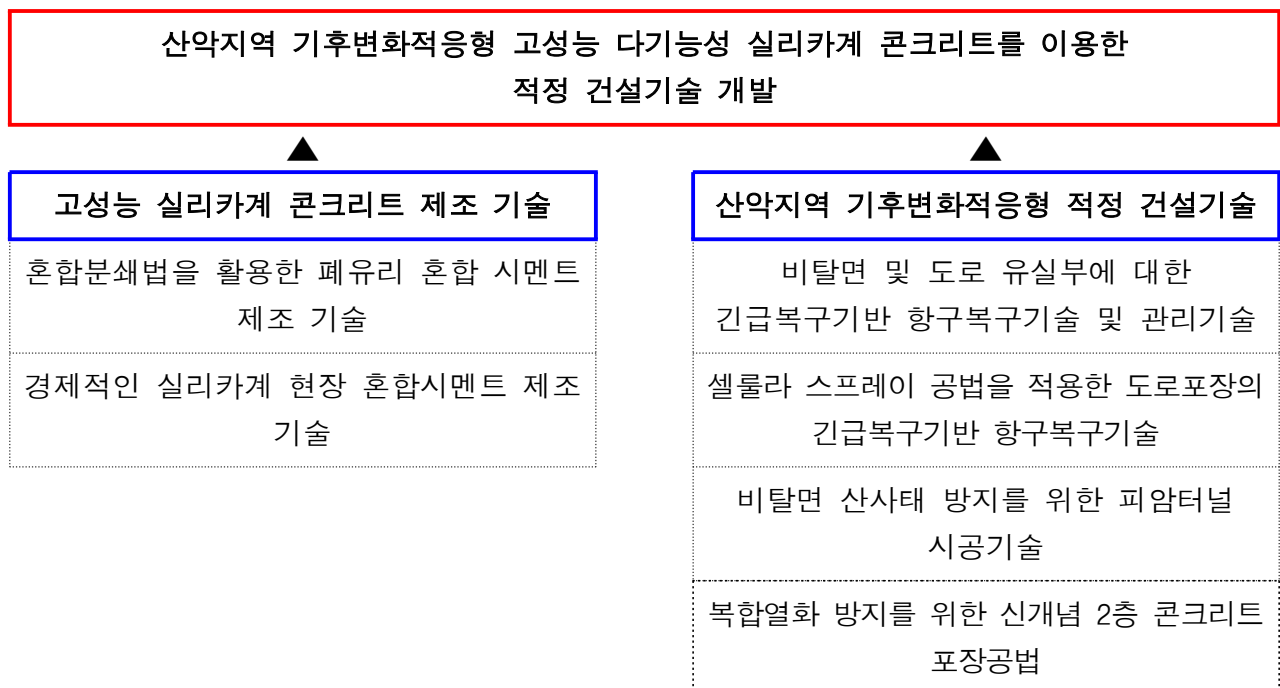
2절 추진전략 체계

가. 연구 추진전략 체계도

- 연구기간은 2017.05부터 2019.02까지 총 22개월로 구성
 - 1차년도는 2017.05~2018.02로 10개월로 구성
 - 2차년도는 2018.03~2019.02로 12개월로 구성
- 각 세세부별 연구개발과제는 실용화·사업화를 목표로 진행될 것이며, 각각의 과제는 독립적으로 진행되나, 1차년도와 2차년도 연구는 연계해서 체계적으로 진행될 것임.

1차년도(2017)		2차년도(2018)	
1단계 : 요소기술 개발	2단계 : 기술 검증	3단계 : 실용화·사업화	
- 세부추진계획 수립 - 핵심요소기술 개발	- 핵심요소 기술 검증 - 모의 및 시험시공	- 현장적용 - 기술인증 - 사업화	

- 또한, 6개의 세세부과제는 각각의 핵심요소기술을 개발하고 최종적으로 재료·장비와 공법·기법을 개발하는 과정에서 서로 연계하여 산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발로 최종목표가 설정되어 있음.



나. 연구 수행체계 제안

- 본 과제는 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 과제관리를 받으며, 강원권 국토교통기술지역거점센터장의 책임하에 사업을 관리함.
- 세부과제 수행기관은 세부과제의 특성에 맞는 능력을 보유한 산·학·연·관이 컨소시엄을 구성하여 수행할 수 있음. 단, 개발 기술의 실용화·사업화 측면에서 최종성과물 활용주체로서 기업 등 산업계가 컨소시엄에 반드시 참여
- 주관연구기관 및 협동연구기관은 반드시 해당 권역 소재 연구기관(대학, 연구소, 기업 등)이어야 하며, 참여 연구진은 최소 50% 이상 해당 지역 연구진으로 구성

'13년, '15년 기선정된 센터 및 세부과제



<그림 24> 연구 수행체계도

3절 자원 투입계획

가. 인력투입 계획

☐ 인력투입(안)

과제명	연차별	투입인력 (단위 : 명)		
		1차년도(2017)	2차년도(2018)	합계
페유리 혼합 시멘트 제조 기술		책임급 : 1 선입급 : 1 원 급 : 4 원보급 : 9	책임급 : 1 선입급 : 1 원 급 : 4 원보급 : 9	책임급 : 2 선입급 : 2 원 급 : 8 원보급 : 18
경제적인 실리카 현장 혼합시멘트 제조 기술		책임급 : 1 선입급 : 3 원 급 : 3 원보급 : 1	책임급 : 1 선입급 : 3 원 급 : 3 원보급 : 1	책임급 : 2 선입급 : 6 원 급 : 6 원보급 : 2
비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술		책임급 : 1 선입급 : 1 원 급 : 1 원보급 : 2	책임급 : 1 선입급 : 1 원 급 : 1 원보급 : 2	책임급 : 2 선입급 : 2 원 급 : 2 원보급 : 4
셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기간 항구복구 기술		책임급 : 1 선입급 : 3 원 급 : 3 원보급 : 1	책임급 : 1 선입급 : 3 원 급 : 3 원보급 : 1	책임급 : 2 선입급 : 6 원 급 : 6 원보급 : 2
비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공 기술		책임급 : 1 선입급 : 2 원 급 : 2 원보급 : 1	책임급 : 1 선입급 : 2 원 급 : 2 원보급 : 1	책임급 : 2 선입급 : 4 원 급 : 4 원보급 : 2
복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장 공법		책임급 : 1 선입급 : 2 원 급 : 3 원보급 : 2	책임급 : 1 선입급 : 2 원 급 : 3 원보급 : 2	책임급 : 2 선입급 : 3 원 급 : 6 원보급 : 4

나. 소요예산 산정

□ 소요예산 총괄

과제명 연차별	소요예산(단위 : 천원)		
	1차년도(2017)	2차년도(2018)	합계
혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술	100,000	100,000	200,000
경제적인 실리카계 현장 혼합시멘트 제조 기술	50,000	50,000	100,000
비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리기술	100,000	100,000	200,000
셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구 기술	150,000	150,000	300,000
비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공 기술	50,000	50,000	100,000
복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장 공법	50,000	50,000	100,000
합계	500,000	500,000	1,000,000

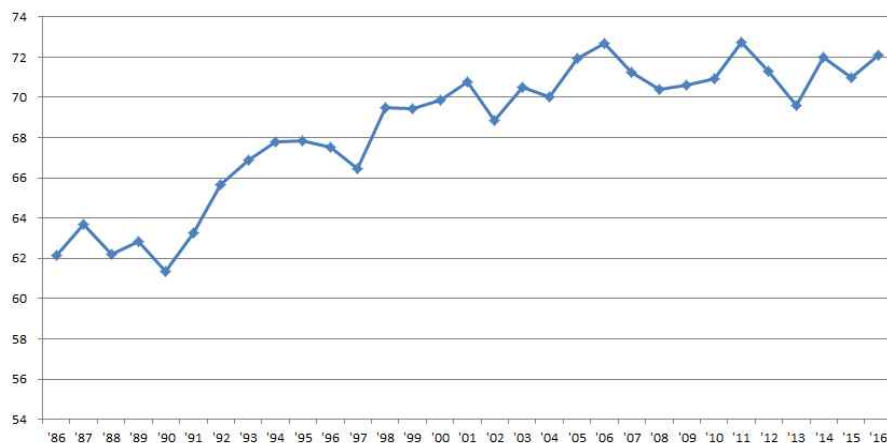
※ 정부출연금 기준

제 4 장 실용화 전략

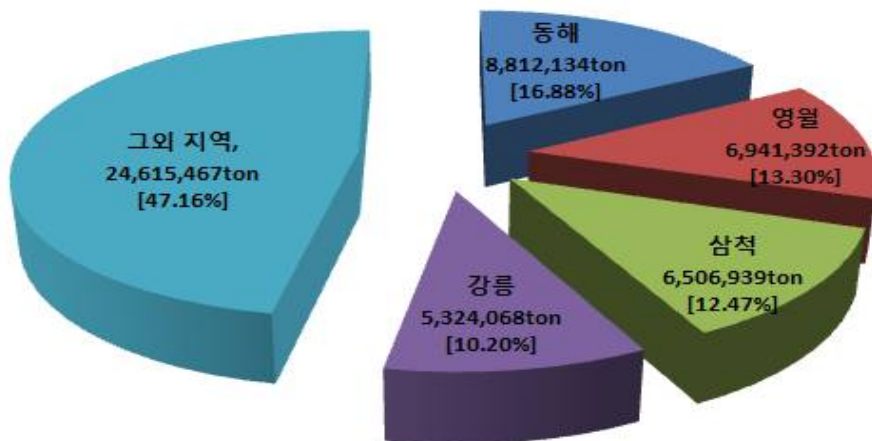
1절 현황 분석

가. 강원도의 시멘트 산업 현황¹¹⁾

- 강원도 내 석회석 생산량은 '16년 기준으로 우리나라 전체의 72.1%를 차지하고 있으며 생산비중은 지속적으로 증가하고 있는 추세
- 시멘트 생산량은 '15년 기준으로 전체 5,220만 톤 가운데 약 53%(2,758만 톤)를 강원도에서 생산(특히 동해, 영월, 삼척이 주요 생산지)



<그림 25> 강원도 석회석 생산 비중 변화



<그림 26> 강원도 시멘트 생산 현황

11) 전지성, 이원학(2016), 시멘트 생산에 따른 지역문제의 합리적 해결 : 지역자원시설세, 강원발전연구원 정책메노

□ 연도별 시멘트 내수 비중을 살펴보면 강원도 이외 지역이 월등히 높음

연도		2015	2014	2013	2012	2011
강원	내수	235.3	214.0	247.3	192.8	199.4
	비중	4.6	4.9	5.5	4.4	4.5
수도권		1,852.4	1,529.0	1,349.4	1,334.0	1,583.0
충북		289.2	234.4	263.2	239.4	217.8
충남		456.3	405.9	469.6	462.6	405.4
전북		199.1	207.3	235.6	225.0	226.3
전남		391.5	373.3	447.1	478.8	463.3
경북		650.6	566.7	551.4	513.0	535.4
경남		585.5	494.5	518.7	572.2	466.1
부산		286.6	239.4	336.9	286.0	287.5
제주		127.2	106.4	98.2	90.2	75.9
합계		5,073.7	4,370.7	4,517.4	4,393.9	4,460.1

나. 국토교통부 ‘제4차 중기교통시설 투자계획’ 규모(2016~2020) : 총 131.7조 원¹²⁾

□ 3차 투자계획에 비해 총 투자규모는 3.4%(127.4→131.7조 원), 국비 투자 규모는 1.1%(91→92조원) 확대, 민간자본 투자규모는 124%(9.6→21.5조 원)

- 2017년 국토교통부 교통시설 확충 예산(안) : 총 15조 6,587억 원(전년 대비 9.2% 감소)
- 고속도로는 2014년 4,139km에서 2020sus 5,131km로 992km 확충 계획 수립 → 강원도 고속도로 사업은 ‘동홍천~양양’ 간 고속도로 사업만 반영

□ 강원도 고속도로 운영 및 건설 현황

- 강원도 고속도로 연장 현황 : 운영 구간 349km, 건설 중 구간 127.9km
- 강원도 도로 위계별 도로 연장 현황 : 고속국도 349km(3.56%), 일반국도 1,945km(19.85%), 지방도 1,637km(16.71%), 시도 2,604km(26.57%), 군도 3,265km(33.32%)
- 2015년 말 기준 강원도 내 운영 및 건설 중인 고속도로는 5개 노선(중앙고속도로(고속국도 55호선), 영동고속도로(고속국도 50호선), 동해고속도로(고속국도 65호선), 서울~양양 간 고속도로(고속국도 60호선), 제2영동고속국도))에 392.4km임
- 중앙고속도로와 영동고속도로의 경우 기존에 계획된 구간들이 모두 운영 중에 있으나, 동해고속도로의 ‘주문진~속초’ 구간(43.40km)과 서울~양양 간 고속도로의 ‘동홍천~양양’ 구간(71.67km), 제2영동고속도로 ‘강원도 경계~원주’ 구간(12.8km)은 건설 중

12) 김재진(2016), 강원도 내 고속도로 사업의 국가계획 반영과 과제, 강원발전연구원 정책메모

다. 평창 동계올림픽 지원사업¹³⁾

□ 추진배경

- 평창동계올림픽의 성공적 개최와 대회시 차질없는 수송을 위해 정부보증사업 및 IOC 실사단 발표사업 추진

□ 사업현황

- 10개 사업 추진 중 : 정부보증사업 5개 사업, IOC 실사단 방문 시 발표사업 5개 사업
- 정부보증 사업

[단위: km, 억원]

사업명	연장	사업유형	총사업비	'15이전	'16예산	장래	비고
합계	40.8		3,685	1,687	533	2,085	
올림픽 IC설치 (영동고속도로)	1.7	IC신설	312	-	-	312	협의 중
59 호선	나전-막동	2차로개량	1,054	419	292	343	공사 중
	막동-마평	2차로개량	481	367	70	44	공사 중
	마평-진부	2차로개량	680	-	-	680	공사완료
6호선	연곡-두농	4차로개량	1,158	901	171	86	공사 중

- IOC 실사단 방문시('11.2) 발표사업

[단위: km, 억원]

사업명	연장	사업유형	총사업비	'15이전	'16예산	장래	비고
합계	173.8		43,940	33,848	5,961	13,971	
동서고속도로 (동홍천-양양)	71.7	4차로신설	24,141	19,263	1,245	3,633	공사 중
제2영동고속도로 (광주-원주)	56.9	4차로신설	15,978	12,293	3,685	-	공사 중
6호선	둔내-무이	2차로개량	1,357	822	366	169	공사 중
	무이-장평	4차로확장	545	291	148	106	공사 중
	장평-간평	2차로개량	1,919	1,179	517	223	공사 중

13) 국토교통부(2016), 도로업무편람

라. 응급복구기술

□ 손상사면의 긴급복구공법에 있어 본 연구와 동일하거나 유사한 기술은 현재 없는 것으로 확인되었으므로 긴급복구에 적용이 가능한 타공법을 비교한 결과는 다음 표 4.1 ~ 표 4.3과 같음.

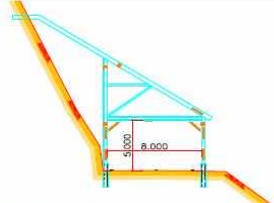
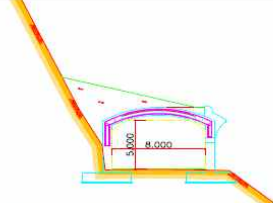
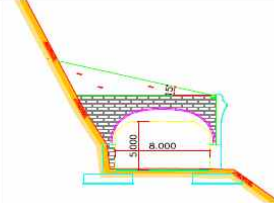
- 모래주머니(마대) 공법은 현재 긴급복구공법으로 적용되는 사례도 있으나 수작업을 통해 시공되므로 손상면적이 큰 경우 적용이 불가능함. 시공비는 가장 저렴하나 재료의 내구성이 매우 약해 임시복구에 적용되며 재해 종료후 일반공법을 통해 재시공하여야함.
- 돌망태(게비온) 공법은 긴급복구시 재료수급이 어려운 단점이 있으며 부식에 취약하여 주기적인 보수가 필요함.
- 보강토 블록은 블록생성 하면 및 배면의 토질상태가 시공품질에 큰 영향을 미치므로 긴급복구시 적용이 다소 어려움. 또한 동결융해 및 충격에 취약하고 제작시 별도의 공장설비가 필요하므로 단가가 비교적 높은 단점이 있음.
- 긴급복구 및 항구복구의 관점에서 연구개발기술과 타공법을 비교한 결과, 타공법은 평시 신설에 적용가능한 공법이며, 긴급복구시에도 일부 적용이 가능하나 항구적이지 않고 시공기간이 비교적 길뿐만 아니라 경제성도 낮은 것으로 판단됨.
- 따라서 본 연구개발기술의 정립시 손상사면 관련 항구적 긴급복구기술분야에서 기술선점이 가능할 것으로 판단됨.

- 기존 응급복구기술 현황별 분석

	모래주머니(마대쌓기)	돌망태(게비온)	보강토 블록
공법 사진			
구성	포대 + 끈 + 잔골재	철망본체 + 뚜껑 + 파쇄암	콘크리트 + 지오그리드
재질	재생 폴리프로필렌	아연도금철망	콘크리트, 폴리에틸렌
제작	현장제작	현장제작	공장제작
재 붕괴			

□ 기존 피암터널 시공 현황

- 기존 피암터널 시공법의 문제점

구분	제1안 ROOF형	제2안 철근콘크리트 BOX형	제3안 프리캐스트형(강재+콘크리트합성)	제4안 파형강판 아치형
형식				
현장사진				
단점	- 대형 낙석 및 산사태에 터널형에 비해 다소 불리하다 - 미관이 다소 불량할수 있다 - 강재 사용으로 유지관리(도장)가 필요함	- 배면도 경도압 및 상부토사 하중으로 단면이 비대해진다 - 시공순서와 방법에 따라 1차선통행은 가능하겠으나 시공성, 위험성등 우회도로 설치필요	- 공사비가 다소 고가이다 - 강함성으로 시공이 다소 복잡하다	- 강판 사용으로 경도압에 대한 안정성이 떨어진다 - 상부 강판위에 철저한 방수관리가 필요하다 - 지속적유지 관리가 필요하다

- 강원지역의 산악지역의 도로특성으로 인한 보호공 대절토 사면붕괴 위험



- 피암터널 붕괴 위험성 노출



2절 거점 내 수요처 분석

□ 국내외 시멘트 주요 수요처 현황

- 폐유리 혼합 시멘트 및 실리카폼 현장 혼합 콘크리트는 레미콘 및 고내구성 콘크리트를 필요로 하는 시장에 진입할 수 있음.
- 현재 활용되는 플라이애시 시멘트 등의 품질 문제가 존재하기 때문에 상대적으로 품질이 우수하고 균질할 수 있어 제품 경쟁력이 있다고 판단됨.

수요처	국명	수요량	관련제품
국내 건설·토목시장	대한민국	5000만톤/년	레미콘
국내 건설·토목시장	대한민국	200만톤/년	시멘트,콘크리트 2차 제품

□ 국내외 시멘트 경쟁기관 현황

구분	업체명																															
국내	쌍용양회, 아세아시멘트, 성신양회, 한일시멘트, 동양시멘트, 한라시멘트 등																															
	생산능력 현황(클링커 기준, 2014) <table border="1"> <caption>국내 시멘트 생산능력 현황 (클링커 기준, 2014)</caption> <thead> <tr><th>업체명</th><th>비율 (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>쌍용양회</td><td>25.0%</td></tr> <tr><td>동양</td><td>16.4%</td></tr> <tr><td>라파즈한라</td><td>13.3%</td></tr> <tr><td>성신양회</td><td>15.8%</td></tr> <tr><td>아세아</td><td>6.8%</td></tr> <tr><td>한일</td><td>11.6%</td></tr> <tr><td>현대</td><td>11.2%</td></tr> </tbody> </table> 시장점유율(국내출하량 기준, 2014) <table border="1"> <caption>국내 시멘트 시장점유율 (국내출하량 기준, 2014)</caption> <thead> <tr><th>업체명</th><th>비율 (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>쌍용양회</td><td>19.8%</td></tr> <tr><td>동양</td><td>12.8%</td></tr> <tr><td>라파즈한라</td><td>12.1%</td></tr> <tr><td>성신양회</td><td>17.9%</td></tr> <tr><td>아세아</td><td>7.3%</td></tr> <tr><td>한일</td><td>13.6%</td></tr> <tr><td>현대</td><td>10.0%</td></tr> </tbody> </table> 자료) 한국시멘트협회.	업체명	비율 (%)	쌍용양회	25.0%	동양	16.4%	라파즈한라	13.3%	성신양회	15.8%	아세아	6.8%	한일	11.6%	현대	11.2%	업체명	비율 (%)	쌍용양회	19.8%	동양	12.8%	라파즈한라	12.1%	성신양회	17.9%	아세아	7.3%	한일	13.6%	현대
업체명	비율 (%)																															
쌍용양회	25.0%																															
동양	16.4%																															
라파즈한라	13.3%																															
성신양회	15.8%																															
아세아	6.8%																															
한일	11.6%																															
현대	11.2%																															
업체명	비율 (%)																															
쌍용양회	19.8%																															
동양	12.8%																															
라파즈한라	12.1%																															
성신양회	17.9%																															
아세아	7.3%																															
한일	13.6%																															
현대	10.0%																															
국외	태평양시멘트, 라파즈, 세멕스 등																															

- 국내 시멘트 업계의 시장점유율은 10~20% 내외로 대표 기업들이 양분하고 있는 실정임.
- 국내 시멘트 업계의 기술수준이 큰 차이가 없고 플라이애시 및 고로슬래그의 한계점을 해소할 수 있는 폐유리 포졸란 시멘트를 통해 시장점유율 확보가 가능할 것으로 판단됨.
- 또한 국내 관련 기관에서는 포틀랜드 시멘트(OPC) 첨가제 비율을 현행 5%에서 10~15% 이상으로 상향시키는 물성향상 기술 개발과 혼합시멘트 생산비율을 확대하기 위하여 다양한 혼합재의 개발되고 있음.

□ 고속도로 건설사업(향후 총 1,198km)

- 고속도로 건설사업 현황
- 도로공사 거리 1km당 4차선 기준 시멘트 사용량은 약 2,000톤 정도 사용됨.
- 포장 방식은 아스팔트 50%, 콘크리트 포장 50% 정도임.
- 따라서 향후 현 추진 계획을 가정한다면 약 1,198km x 50% x 2,000톤/km의 시멘트 사용량은 약 120만톤 임. 이는 해당 기술의 주요 수요처가 될 수 있음.
- 이에 단 지방도 및 국도 건설은 포함할 경우, 수요처는 더욱 증가 할 것으로 판단됨.

구 분	건설계획		건설공사	
	타당성 · 기본설계	실시설계	국고사업공사	민간투자사업
지 역	김포~파주, 새만금~전주, 양평~이천	광주, 새만금, 세종, 양평, 포천, 천안, 울산	신설 : 속초, 주문진, 영덕, 울산, 부산, 천안 확장 : 언양~영천, 평택	부산항, 포천 및 김포
거 리 (km)	101.2	455.3	신설 481.8 확장 65.3	94.4

□ 국내외 도로공사 시장을 목표 시장으로 하며, 도로 · 교량 포장, 보수 등을 포함하는 포장 공사 시장을 세부 표적시장으로 삼음

- 도로 및 교각은 신규 구축 외에도 주기적으로 교체, 보수, 보강 수요가 존재하므로 포장 공사 시장은 안정적인 수요가 존재
- 폭우 및 폭설 등의 기상이변에 따라 물고임으로 인한 파손 및 도로 횡단면의 변화로 도로 기층 하부에 물이 침투하여 배수불량에 따른 지반침하 등 지속적인 내구성 감소 및 파손이 예측되어 향후 지속적으로 보수비용이 증가

□ 보수 공종별 유지보수 증감 현황

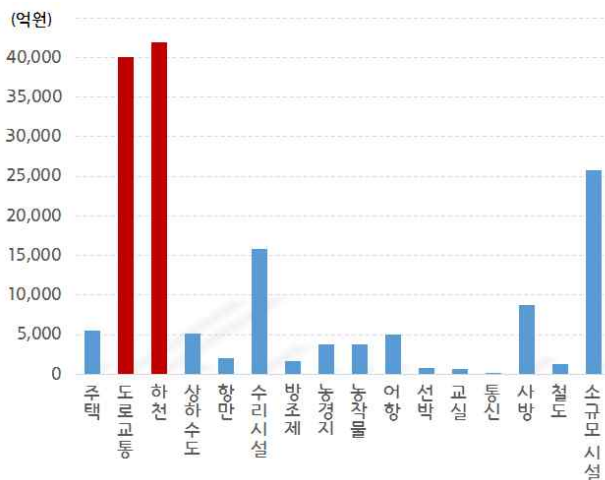
- 총 유지보수 비용은 전년도 대비 120.3% 증가
- 주로 포장과 구조물 공종에서 노후화에 따른 유지보수비용 증가 추세

구 분	보 수 비		
	2014	2015	증·감(▼)
합 계	2,302,069	2,768,925	466,856
1. 포장	597,760	760,437	162,677
2. 구조물	556,499	746,583	190,084
3. 안전시설	429,904	504,121	74,217
4. 위험도로 개선	148,971	184,431	35,460
5. 병목지점 개량	123,326	145,126	21,800
6. 재해 및 응급복구	108,889	100,626	▼ 8,263
7. 접도구역관리	487	1,324	837
8. 자전거도로	63,358	39,419	▼ 23,939
9. 기타	272,875	286,858	13,983

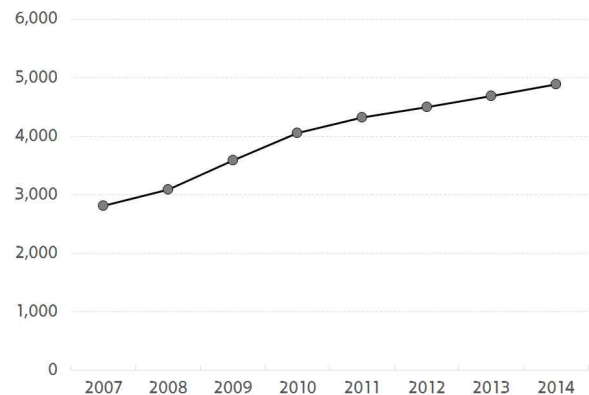
□ 전문건설업체 현황

- 손상된 시설물의 피해비용은 긴급복구시장의 규모와 관련성이 높으므로 자연재해에 의해 국내 시설물에 발생한 피해액을 조사한 결과는 다음 <그림 15>와 같음.
- 과거 약 20년간(1996년 ~ 2015년) 자연재해에 의해 국내 시설물에 발생한 피해액은 하천, 도로교통, 소규모시설 등으로 높았으며, 도로교통, 하천 등과 같이 사면과 관련된 시설물의 피해액은 총 8.2조원을 초과하는 것으로 추산됨.
- 따라서 도로교통 및 하천의 연평균 피해액은 약 410억원이며, 복구와 관련된 시장의 규모는 이보다 더욱 클 것으로 예상됨.
- 시설물의 피해발생시 해당 시설물의 복구는 전문건설업체 중 시설물유지관리업을 등록한 업체만 시공에 참여할 수 있으므로 국내 시설물유지관리업을 등록한 업체수를 조사한 결과는 다음 <그림 27>과 같음.
- 시설물유지관리업을 등록한 업체의 수는 조사가 시작된 2007년부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며 2014년 기준 등록업체는 총 4,893개 인 것으로 조사됨.
- 시설물유지관리업 등록업체가 사면보강과 관련되지 않은 다른 분야 시설물의 보수도 진행하므로 <그림 27>의 업체수는 정확한 사면보강 업체수는 아닌 것으로 판단되나 복구가 필요한 시설물의 대부분은 도로교통 및 하천이므로 시설물유지관리업을 등록한 업체의 대다수가 해당 분야의 시설물 보강을 실시한 것으로 유추할 수 있음.

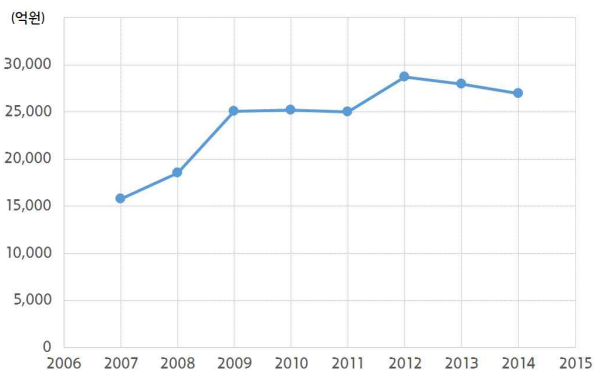
- 시설물유지관리업을 등록한 업체수의 증가는 관련 시장규모가 확대되고 있음을 예상할 수 있음.
- 손상사면의 보수 및 보강이 포함되는 시설물유지관리업체(전문건설업체)의 국내 원도급 계약건수는 2014년 기준 57,968건이며, 계약금액은 <그림 29>과 같이 약 2.7조원인 것으로 조사되었으며 지속적으로 증가되는 추세임.
- 이중 손상사면의 보수 및 보강과 가장 관련이 깊은 치산 및 치수의 복구계약실적은 2014년 기준 6,671건이며, 치산 및 치수의 복구계약금액은 <그림 30>과 같이 2014년 기준 약 7,869억원인 것으로 조사되었음.
- 손상사면의 보수 및 보강은 2014년 기준 약 6,671건으로 총 복구건수의 약 11%를 차지하는 것으로 확인되었으며, 보수금액은 전체 보수금액의 약 29%를 차지하는 것으로 조사되었음.
- 따라서 국내 손상사면의 복구를 위한 보수 및 보강관련 시장은 연최대 약 8,000억원 규모인 것으로 추산됨.



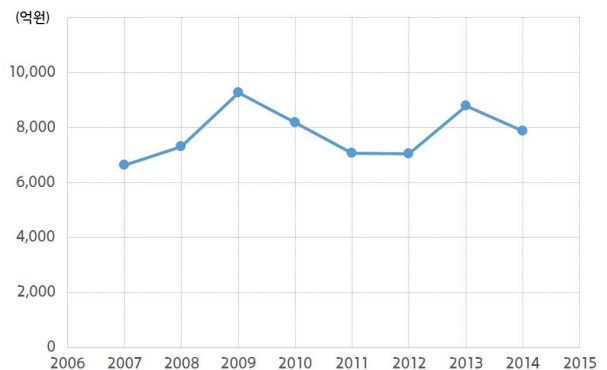
<그림 27> 시설물별 복구비 현황



<그림 28> 시설물유지관리업 등록현황



<그림 29> 연도별 시설물유지관리업 계약금액(원도급)



<그림 30> 연도별 치산 및 치수관련 복구계약금액

3절 시장진출전략

가. 주요 고객군

- 시멘트를 활용하는 주체로서 도로/비탈면 등의 관리를 담당하는 도로관리기관이 최종 고객이며, 발주 공사 성격에 따라 직접 도로관리기관과 계약을 체결하거나 공사를 담당하는 민간 설계/시공사와의 서브 계약이 이루어질 수 있음.

도로관리기관	
공공	민간
정부 국토교통부, 각 지방국토관리청	민자고속도로 운영사 신공항하이웨이, 경기고속도로(주), 천안논산고속도로(주), 신대구부산고속도로(주), 서울춘천고속도로(주), 부산울산고속도로(주), (주)서울고속도로, 인천대교(주), 제2서해안고속도로(주), 경수고속도로(주)
지자체 특별시, 광역시, 도(시·군)	
공공기관 한국도로공사	

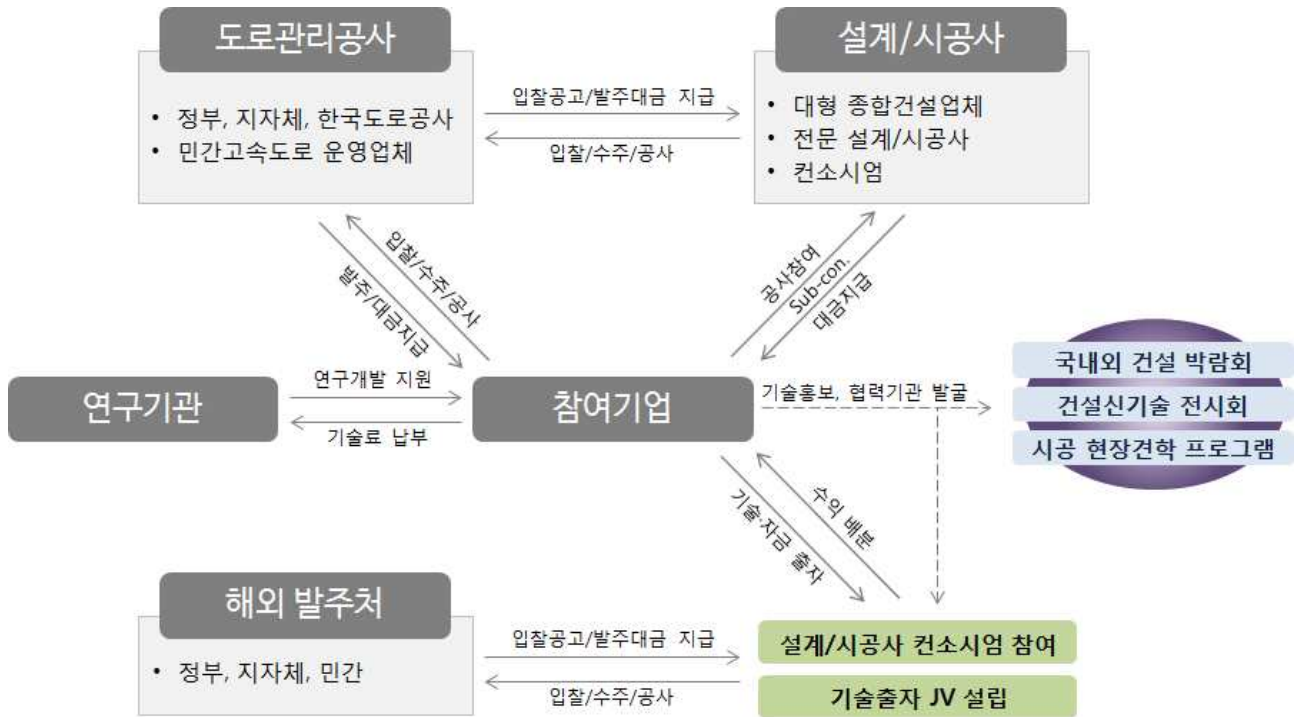
나. 마케팅 전략

- 공법 우수성 입증
 - 건설신기술 지정 등을 통한 기술의 우수성 입증
 - 현장적용 시험(상용화)을 통하여 재료 및 공법 검증
- 기술 홍보 및 판로 확보
 - 재료 및 공법 검증을 통해 발주처 기술홍보
 - 학회, 박람회 등 전시회 참여를 통해 보유 기술의 우수성 홍보

다. 수익창출방안(수익모델)

- 용역 입찰 및 시공 발주를 통해 발주기관과의 직접 계약에 따른 시공 또는 참여기관과의 협력 네트워크를 활용하여 공사 참여를 통한 매출 창출
- 설계/시공업체들과의 컨소시엄을 통해 시장 진출을 추진하며, 향후 시장성이 우수한 지역의 경우 기술, 자본 출자를 통한 조인트벤처 설립을 통한 시장 확대

- 국내외 건설 박람회, 건설신기술 전시회 참여를 통해 보유 공법의 기술 우수성을 적극적으로 홍보해 협력기관 네트워크를 확장



<그림 > 수익창출모델 개념도



<그림 > 사업화 추진 전략

4절 기대효과

(1) 기술적 기대성과

- ☐ 산악지역 기후변화에 대응 및 적응할 수 있는 도로/비탈면/피암터널 구조물 설계 및 시공의 기초자료를 제공함
- ☐ 산악지역 기후변화에 대응 및 적응할 수 있도록 도로/비탈면/피암터널 구조물 설계 및 시공방법의 대안을 제시함
- ☐ 도로/비탈면/피암터널 구조물의 경제적인 재료 생산 및 시공장비 최소화·최적화를 통하여 시공비용 절감 효과

(2) 사회·경제적 파급효과

- ☐ 산악지역 기후변화적응으로 안전성을 향상시킴으로서 도로/비탈면/피암터널 이용자의 교통사고를 감소시킴
- ☐ 산악지역 기후변화에 따른 도로/비탈면/피암터널의 유지관리비용 등 사회적 비용 감소
- ☐ 자연재해 저감에 따른 복구비용 감소 및 기후변화적응에 따른 유지관리비용 절감 효과

(3) 활용방안

- ☐ 도로/비탈면/피암터널 관리주체(도로공사, 지자체 등), 유지관리업체 등에서 도로/비탈면/피암터널 유지관리에 활용함
- ☐ 도로/비탈면/피암터널 설계 및 시공에 활용함
- ☐ 도로/비탈면/피암터널 등 도로시설물 유지관리에 활용함

제 5 장 과제 제안요구서(RFP) 작성

연구개발과제명	산악지역 기후변화적응형 고성능 다기능성 실리카계 콘크리트를 이용한 적정 건설기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 강원권 산악지역의 지리적 특성 및 기후변화 특성에 적응할 수 있도록 기후변화 및 자연재해 예방, 그 피해 및 복구비용을 최소화하기 위한 건설기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 본 과제는 지역 주민의 현안 및 애로사항을 해결하기 위해 국토교통기술지역특성화사업의 ‘17년도 강원권 신규 특성화주제로 선정함 － 국토교통기술지역특성화사업은 지역 주민의 현안 및 애로사항을 해결하기 위하여 전국 6대 권역별 자연·인문사회 환경적 특성과 지자체 및 정부 정책을 고려하여 연구주제를 선정함 － 지난 1년간 지역거점센터에서 운영한 특성화주제발굴단, 기술검토위원회, 기획연구, 전문기관, 기술전문가 등의 검토를 거쳐 본 과제를 ‘17년 강원권 특성화주제로 선정함 ○ 강원지역은 지리적/기후변화 특성으로 인하여 산악지역이며 한랭기후 특성을 보임 － 1월 최저기온(2000~2014)이 -10℃ 내외로 측정되었으며, 동일기간의 평균기온도 -4℃ 내외를 기록 － 폭설 등으로 인하여 제설제 사용량이 전국 최고 수준 － 한랭기후의 동결융해 및 염해 등으로 강원지역의 콘크리트 구조물에 복합열화에 의한 손상이 빈번하게 발생 ○ 강원지역은 산지가 82.0%를 차지하고 있어, 지리적 특성상 대규모 비탈면 및 절토사면, 도로비탈면 등 공공시설에서의 자연재해가 빈번하게 발생 － 최근 10년간(2005~2014)간 강원도 재난재해 피해액은 1조 9,255억원, 이는 전국평균의 4.5배, 전국의 28% 차지 － 최근 10년간 시설별 피해액을 보면 공공시설(84.4%), 농경지(8.5%), 건물(1.2%) 순으로 나타남 □ 기술동향 ○ 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술 － LCD 폐유리의 시멘트 클링커 재료로서의 활용에 관한 연구 및 시멘트 대체재료로서의 콘크리트 성능에 관한 연구는 이루어졌으나, 혼

- 합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술은 미흡한 실정임
- 시멘트 대체재료로서의 실리카폼 사용에 대한 연구는 이루어졌으나, 현장에서 실리카폼을 직접 레미콘에 투입하여 경제적인 고성능 콘크리트를 제조하는 기술은 미흡한 실정임
 - 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술
 - 자연재해에 따른 도로/비탈면의 응급복구기술이 일부 적용되고 있으나 콘크리트를 활용한 긴급복구기반 항구복구기술은 미흡한 실정임
 - 기포와 실리카폼을 혼입한 고성능 셀룰라 스프레이 콘크리트를 적용한 도로포장 시공기술은 세계 최초의 원천기술임
 - 셀룰라 스프레이 콘크리트를 적용한 피암터널의 시공사례는 전무함
 - 2층 콘크리트 포장은 유럽 및 미국에서 일부 진행되었거나 진행이지만, 국내에서는 시도된 적이 없는 기술임. 또한 연속철근 콘크리트 포장에 셀룰라 스프레이 콘크리트를 적용한 2층 콘크리트 포장은 세계 최초로 시도되는 기술임

3. 연구개발내용

- 연구 내용
- 고성능 실리카계 콘크리트 제조 기술
 - 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 제조 기술
 - 경제적인 실리카계 현장 혼합 시멘트 제조 기술
 - 산악지역 기후변화적응형 적정 건설기술
 - 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 관리 기술
 - 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구 기술
 - 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술
 - 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법
 - 현장적용 및 실용화 방안 마련
 - 현장 적용 및 기술 보완
 - 시공지침 및 품질기준 마련
 - 경제성 및 시공성 검토

4. 연구개발 추진방법

- 추진 전략
- 본 과제는 “실용화 과제”로 최종성과물 활용주체(기업 등)가 연구 컨소시엄에 반드시 참여하여야 하며, 해당과제가 종료된 날부터 6개월 이내에 1건 이상의 기술실시계약을 체결하여야 함
 - 도로비탈면 관리주체(도로공사, 지자체), 시설물 유지관리업체 등 참

	여를 권고함 ○ 도로비탈면 관리주체(도로공사, 지자체 등)와 협의하여 현장적용 대상구간을 제안하여야 함 ○ 개발된 공법의 현장적용 및 기술보완을 위한 구체적인 방안을 제시하여야 함
□ 추진 체계	○ 본 과제는 '13년 선정된 강원권 국토교통기술지역거점센터의 세부 과제로 추진될 예정이며, 연구단 주관연구기관인 강원권 국토교통기술지역거점센터의 관리 하에 진도 및 성과관리를 실시함 ○ 세부과제 주관연구기관(협동연구기관)은 반드시 강원권 소재 연구기관(대학, 연구소, 기업 등)이어야 하며, 참여 연구진은 최소 50% 이상 강원권 연구진으로 구성
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 혼합분쇄법을 활용한 폐유리 혼합 시멘트 및 품질기준 ○ 경제적인 실리카계 현장 혼합 콘크리트 및 생산시스템 ○ 비탈면 및 도로 유실부에 대한 긴급복구기반 항구복구기술 및 시공지침 ○ 셀룰라 스프레이 공법을 적용한 도로포장의 긴급복구기반 항구복구기술 및 시공지침 ○ 비탈면 산사태 방지를 위한 피암터널 시공기술 및 시공지침 ○ 복합열화 방지를 위한 신개념 2층 콘크리트 포장공법 및 시공지침
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용 방안	○ 도로/비탈면/피암터널 관리주체(도로공사, 지자체 등), 유지관리업체 등에서 도로/비탈면/피암터널 유지관리에 활용함 ○ 도로/비탈면/피암터널 설계 및 시공에 활용함 ○ 도로/비탈면/피암터널 등 도로시설물 유지관리에 활용함
□ 기대 효과	○ 기술적 기대효과 - 산악지역 기후변화에 대응 및 적응할 수 있는 도로/비탈면/피암터널 구조물 설계 및 시공의 기초자료를 제공함 - 산악지역 기후변화에 대응 및 적응할 수 있도록 도로/비탈면/피암터널 설계 및 시공방법의 대안을 제시함 ○ 경제·사회적 기대효과 - 산악지역 기후변화적응으로 안전성을 향상시킴으로서 도로/비탈면/피암터널 이용자의 교통사고를 감소시킴 - 산악지역 기후변화에 따른 도로/비탈면/피암터널의 유지관리비용 등

사회적 비용 감소	
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구개발기간 : 2017.05 ~ 2019.02 (1년 10개월) - 1차년도 연구개발기간 : 2017.05 ~ 2018.02 (10개월) ○ 총 정부출연금 : 1,000백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 500백만원 이내	
8. 기 타	
○ 본 과제외의 보안등급은 “일반과제” 임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시하여야 함 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거	

자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 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
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

참 고 문 헌

1. 강원권 건설교통기술 지역거점센터 (2014), “강원권 산악지역 기후변화대응 기능성 콘크리트 2차년도 보고서”, 국토교통과학기술진흥원
2. 강원권 건설교통기술 지역거점센터 (2015), “강원권 산악지역 기후변화대응 기능성 콘크리트 3차년도 보고서”, 국토교통과학기술진흥원
3. 삼성물산 주식회사 외 (2005), “LCD폐유리를 이용한 시멘트 클링커와 시멘트 제조방법, 그 제조방법으로 제조된 LCD폐유리 시멘트”
4. 송병운. “시멘트산업에 대한 이해 (I)”, Korea Investors Service
5. 신현길 (2009), “분말형 프리믹스 습식 숏크리트의 역학적 특성 및 공극구조 특성”, 공학석사학위논문, 강원대학교 대학원.
6. 전찬경 (2011), “혼화재료 혼입에 따른 부순모래 숏크리트의 레올로지 특성 및 펌핑성 평가”, 공학석사학위논문, 강원대학교 대학원.
7. 정지용 (2012), “기포제의 종류 및 사용방법에 따른 기포콘크리트의 특성” 공학박사학위논문, 공주대학교 대학원.
8. 최성용 (2009), “습식 숏크리트의 레올로지 및 공극구조 특성에 관한 연구”, 공학박사학위논문, 강원대학교 대학원.
9. 한규영 (2015), “교면포장용 하이브리드 셀룰러 스프레이 콘크리트의 굳기 전 특성 및 역학적 특성”, 공학석사학위논문, 강원대학교 대학원.
10. 한승연 (2014), “기 배합된 콘크리트에서 기포를 이용한 실리카폼 분산효과 및 역학적 특성 평가”, 공학석사학위논문, 강원대학교 대학원.
11. 한국시멘트 협회 (2016) “2015 한국의 시멘트산업 통계”, 한국시멘트 협회
12. 한일시멘트(주) (2005), “산업부산물을 이용한 혼합시멘트 조성물 및 그 제조방법”
13. 한일시멘트(주) (2016), “폐부산물을 활용한 알루미늄이트계 광물을 함유하는 조강형 저탄소 혼합시멘트 조성물”
14. 환경부 (2016). “자원부국으로 가는 길...자원순환기본법 제정·공포- 환경부 보도자료”, 환경부
15. International Energy Agency (2009), “Cement Technology Roadmap 2009 - Carbon emissions reductions up to 2050”
16. ICR Research (2013) “Cement plants of the future”. CemNet <http://www.cemnet.com/Articles/story/153325/cement-plants-of-the-future.html>
17. Matos, Ana Mafalda, and Joana Sousa-Coutinho. "Durability of mortar using waste glass powder as cement replacement." Construction and Building Materials 36 (2012): 205-215.
18. Serpa, D., et al. "ASR of mortars containing glass." Construction and Building Materials 47 (2013): 489-495.
19. BAXTER (1997), “USE OF WASTE GLASS FOR CONCRETE”
20. The Trustees of Columbia University (1997) “GLASS FORMULA FOR AVOIDING ASR”
21. William D. Kirkpatrick 외 (1995) “Blended Hydraulic Cement for Both General and

Special Application”

22. Max L. Fralley 외 (2002) “Process For Producing A Blended Cement Having Enhanced Cementitious Properties Capable of Combination with Class C Fly Ash”
23. Raymond T. Hemmings 외 (2002), “White Pozzolan Composition And Blended Cements Containing Same”
24. Urs Maeder 외 (2008) “ Cement Grinding Aid”
25. John M. Guynn 외 (2010) “High Early Strength Pozzolan Cement Blends”
26. Öner, M. "A study of intergrinding and separate grinding of blast furnace slag cement." *Cement and concrete research* 30.3 (2000): 473-480.
27. Kumar, Aditya, et al. "A comparison of intergrinding and blending limestone on reaction and strength evolution in cementitious materials." *Construction and Building Materials* 43 (2013): 428-435.
28. Ghiasvand, E., A. A. Ramezani pour, and A. M. Ramezani pour. "Effect of grinding method and particle size distribution on the properties of Portland-pozzolan cement." *Construction and Building Materials* 53 (2014): 547-554.
29. Dündar, Hakan, and Hakan Benzer. "Investigating multicomponent breakage in cement grinding." *Minerals Engineering* 77 (2015): 131-136.
30. Schneider, Martin. "Process technology for efficient and sustainable cement production." *Cement and Concrete Research* 78 (2015): 14-23.
31. Schwarz, Nathan, Hieu Cam, and Narayanan Neithalath. "Influence of a fine glass powder on the durability characteristics of concrete and its comparison to fly ash." *Cement and Concrete Composites* 30.6 (2008): 486-496.
32. Kim, J., Moon, J. H., Shim, J. W., Sim, J., Lee, H. G., & Zi, G. (2014). “Durability properties of a concrete with waste glass sludge exposed to freeze-and-thaw condition and de-icing salt” . *Construction and building materials*, 66, 398-402.
33. Kim, Jihwan, Chongku Yi, and Goangseup Zi. "Waste glass sludge as a partial cement replacement in mortar." *Construction and Building Materials* 75 (2015): 242-246.
34. Shao, Yixin, et al. "Studies on concrete containing ground waste glass." *Cement and Concrete Research* 30.1 (2000): 91-100.
35. Khmiri, A., M. Chaabouni, and B. Samet. "Chemical behaviour of ground waste glass when used as partial cement replacement in mortars." *Construction and building materials* 44 (2013): 74-80.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술지역특성화사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.