

<제출문>

제 출 문

국토해양부 장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발
기획연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 6.

주관연구기관명 : 한양대학교

주관연구책임자 : 서 영 찬

연구원 : 조 남 현

" : 권 홍 준

" : 서 용 환

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원

공동연구책임자 : 안 지 환

연구원 : 권 수 안

" : 전 성 일

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2010.12.27 ~2011.6.26	단 계 구 분	1/1
연구사업명		저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발 기획연구			
연구과제명	대 과 제 명	저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발 기획연구			
	세부과제명				
연구책임자	서영찬	해당단계 참 여 연구원수	총 : 7 명 내부 : 7 명 외부 : 명	해당단계 연 구 비	정부 : 6,500천원 기업 : 천원 계 : 6,500천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 7 명 내부 : 7 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 6,500천원 기업 : 천원 계 : 6,500천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한양대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : 상대국연구기관명 :				
위 탁 연 구	연구기관명 :한국건설기술연구원 연구책임자 : 안 지 환				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
1. 공항포장 시공 및 유지관리 기법 개발의 핵심기술 정의 및 국내외 정책/시장/기술 동향 분석					
2. 국내 기술수준 분석					
3. 공항포장 시공 및 유지관리 기법 개발을 위한 세부과제 도출					
3.1 Minimum-delay 교통개방용 공항 포장 생산 및 시공 기법 개발					

3.2 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축 3.3 CO ₂ 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발 4. 도출된 세부과제의 중복성 검토 및 정책적/기술적/경제적 타당성 검토 5. 과제추진전략 및 추진체계 수립 6. 세세부 과제별 산출물 정의 및 소요예산 수립 7. 핵심기술개발에 따른 기대성과와 활용방안 제시		
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	공항포장, 설계, 유지관리, 재활용, 포장상태지수
	영 어	Airport Pavement, Design. Maintenance, PMS, Recycle, PCI

목 차

[국문 요약문]	1
1장. 기술의 정의 및 필요성	7
1절. 기술의 정의	7
2절. 필요성	8
2장. 국내외 동향 및 환경분석	12
1절. 국내외 정책동향	12
2절. 국내외 시장현황 및 전망	16
3절. 기술동향분석	28
4절. 연구개발 인프라 분석	71
5절. 종합분석	72
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	76
1절. 비전 및 목표	76
2절. 기술개발에 따른 미래상	76
3절. 연구개발과제 구성	80
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	82
1. 1세부과제 개요	82
가. 연구개발 목표	
나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성	
다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	
라. 연구개발 주요내용	
마. 연구개발과제 TRM	
바. 최종성과물 및 성과지표	
사. 성과물 검증방안	
아. 기술수요처 및 실용화 방안	
2. 2세부과제 개요	139

3. 3세부과제 개요	168
5절. 세부과제간 연계관계	210
6절. 연구추진체계 제안	211
4장. 사전타당성 검토	212
1절. 정책적 타당성	212
2절. 기술적 타당성	215
3절. 경제적 타당성	218
5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	221
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	221
2절. 소요예산 산정	222
6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정	223
1절. 과제 제안요구서(RFP)	223
1. 연구단 RFP	223
2. 1세부과제 RFP	234
3. 2세부과제 RFP	239
4. 3세부과제 RFP	243
2절. 평가기준설정	246
7장. 참고문헌	247

요 약 문

I. 제목

저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발 기획연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 본 기획연구의 최종목표는 “저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발”의 세부과제에 대한 상세 연구계획 수립과 본 과제 공모를 위한 RFP를 도출하는 것임
- 공항포장의 노후화로 인해 지속적인 유지보수는 증가하나 마땅한 유지보수 공법 부재
- 정부의 저탄소 녹색성장 정책으로 탄소 배출량 감축을 위한 공항포장 분야에의 기술 필요
- 기술수요 및 기술예측 조사결과 신속한 공항포장의 유지보수 재료 개발, 탄소저감과 고내구성 기능을 가진 공항포장 재료 및 시공기술 개발, 해외시장 개척 및 천연에너지 활용, 공항 포장의 구조개선 등과 같은 향후 성장을 위한 기반 기술 구축이 필요함

III. 연구개발의 내용 및 범위

- Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 기법 개발
 - ▷ 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발
 - 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발
 - Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발
 - Polymer를 활용한 고점도 아스팔트 혼합물 개발
 - ▷ 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술
 - 공항 활주로, 계류장, 유도로 등의 신설/유지보수 포장용으로 적용할 수 있는 포틀랜드시멘트를 전혀 사용하지 않은 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술을 개발
 - 혼화제 및 첨가제를 넣어 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 현장적용성 및

내구특성을 향상

▷ Minimum-delay 교통개발용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

- 시멘트 양을 줄이되 열팽창 계수가 기존 재료와 동일한 재료를 개발.
- 나노 기술을 접목시켜 시공 후 신속 교통 개방이 가능한 최적배합 도출
- 첨단 소재의 콘크리트 적용을 통해 강도 및 내구성을 높일 수 있는 기술 개발
- 작업시간을 최소화 시킬 수 있는 시공기술 개발

▷ 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

- 시멘트 사용량을 30% 줄이고 각종 혼화재 및 첨가제를 넣어 콘크리트의 내구성능 향상
- 최적입도개념을 사용하여 시멘트 양을 최소화 하고, 콘크리트의 내구성능 향상
- 탄소배출량을 줄여 친환경적인 콘크리트포장을 개발
- 최적배합을 통하여 굵은 골재사이에 중간입도를 넣어 강도 및 내구성향상

○ 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축

▷ 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

- 현재 사용중인 공항포장 평가방법 의 항목별 인자 재검토
- 인자 검토를 통한 PCI 평가항목 수정 및 보정
- 보수보강 결정을 위한 평가모델 및 기준 개발

▷ 지속가능한 녹색공항 포장 재시공 공법 개발 연구

- 재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발
- 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발
- 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용

▷ 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

- 공항 요철 고속 측정을 위한 조사장비 개발
- 공항 요철 관리를 위한 알고리즘 및 프로그램 개발

○ CO₂ 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발

▷ 공항포장 불연속면 시스템 설계

- 국외 불연속면 간격 설계 및 시공 지침 검토
- 국내 불연속면 간격 설계기준과 시공현황 파악 및 문제점 분석

- 국내 하중전달 장치 현황파악 및 문제점 분석
- 지역별 기상조건과 공항 등급별 포장재료 및 포장두께에 따른 환경하중 정량화
- 개발된 하중전달 장치의 3차원 유한요소해석 모형화
- 공항 콘크리트 포장체의 3차원 유한요소해석 모형화와 항공기 하중 산정 및 환경하중의 합리적인 적용
- 공항 등급별 교통하중 및 지역별 환경하중을 고려한 다양한 경우에 대한 구조해석 및 공항분류 특성에 따른 불연속면 간격 연구
- 개발된 하중전달 장치의 재료적, 구조적 안정성 검토
- 현장 시험시공 실시 및 공용성 예측, 분석
- 구조해석 결과에 따른 공항 등급별 지역별 최적 불연속면 설계
- 국내 공항포장의 역학적 불연속면 설계 지침 마련
- ▷ 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발
 - 공항포장 시스템의 배수 시스템 실내실험장치 개발
 - 공항포장에 적합한 다공성/재활용 혼합물의 적정 배합비 산정
 - 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계
 - 배수시스템 수량 기준 제시
 - 배수시설물 개발 및 개선
 - 현장시공 및 문제점 보완
- 연구과제에 대한 이행방안 검토(연구일정, 소요예산 및 추진전략)
- 연구과제에 대한 RFP 도출

IV. 연구개발결과

- 저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발의 세부과제 도출
- 1세부과제 : Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 기법 개발
 - ▷ 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발
 - 내수성을 향상 시킨 고성도 아스팔트 바인더 개발
 - 고무 부착이 저감되는 표면 코팅 재료 개발
 - 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발
 - 고성능·고점도 아스팔트 바인더의 특허 및 실용실안 출원
 - 표면처리 공법 실용화를 위한 건설 신기술 출원

- Rubber Deposit 제거 기술 특허 및 실용실안 출원
- ▷ 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술
 - 공항 활주로, 계류장, 유도로 등의 신설/유지보수 포장용으로 적용할 수 있는 포틀랜드 시멘트를 전혀 사용하지 않은 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발
 - 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술 특허 출원 및 등록
- ▷ Minimum-delay 교통개발용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발
 - 친환경적이고, 내구성능을 향상시킨 최적 콘크리트 포장재료 개발 및 지침
 - 시멘트량을 줄이고 열팽창계수가 동일한 재료 개발
 - 신속개방이 가능한 재료 개발
- ▷ 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발
 - 배합설계를 통해 최적배합 콘크리트 개발
 - 탄소배출을 줄이기 위해 시멘트량을 30% 줄이고 플라이애시, 바텀애시, 고로슬래그 등을 첨가한 콘크리트 개발
 - 탄소배출량을 줄인 콘크리트포장 기술 개발
 - 공항 콘크리트포장 지침서
- 2세부과제 : 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축
 - ▷ 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발
 - 공항포장 상태지수 개발
 - 공항포장 보수보강 결정기준 개발
 - ▷ 지속가능한 녹색공항 포장 재시공 공법 개발 연구
 - 공항 포장 현장 재생 골재 생산 조합 체계 개발
 - 재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발
 - 기존 포장체 활용 및 골재 재활용 공항포장 공법에 필요한 설계, 재료의 품질 및 시공 기준 개발
 - ▷ 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발
 - 공항 요철 고속측정 알고리즘 개발
 - 공항 요철 조사 시스템 개발
 - 공항 요철 관리를 위한 프로그램 개발
- 3세부과제 : CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발
 - ▷ 공항포장 불연속면 시스템 설계

- 공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중 정량화 및 이상적인 하중 전달 장치 개발
- 지역별 환경하중 정량화 및 개선된 하중전달 장치의 재료적, 구조적 안정성 검토
- 공항 콘크리트 포장체 및 하중전달 장치의 3차원 유한요소해석 모형화
- 정량화된 지역별 환경하중과 등급별 공항 항공기 교통하중이 적용된 유한요소해석 모형
- 시험시공을 통한 현장 적용성 평가
- 국내 공항포장의 역학적 불연속면 설계 지침 제시
- ▷ 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발
 - 다공성/재활용 기층/보조기층 재료의 선정 및 기준 확립
 - 배수기능을 향상시킬 수 있는 배수시스템 설계
 - 공항포장의 배수시스템 개발
 - 배수시설물 개발 및 개선
- 연구개발추진전략
 - ▷ 산·학·연·관 역할분담 및 공조체제에 의한 연구개발 추진
 - ▷ 관련 정부기관, 수요기관, 운영기관 등과의 연계를 통한 협력체계 구축
 - ▷ 공항포장의 기술개발을 위하여 타 연구개발 사업팀과 협력체계 구축
- 연구개발 기간 및 예산
 - ▷ 기간 : 2012년~2014년(3년)
 - ▷ 예산 : 67.1억원 (정부지원 56억원)

V. 연구개발결과의 활용계획

- 공항포장 불연속면 및 하중전달 장치 설계와 기층, 보조기층 설계에 시방서 제공
- 유지보수 의사결정을 위한 공항포장 상태 평가 방법 및 기준 제시
- 대규모 공항포장 유지보수 및 재포장시 개발 기술의 적용 및 제공
- 공항포장 평가 능력을 향상시키기 위하여 평탄성 측정 장비를 제공

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

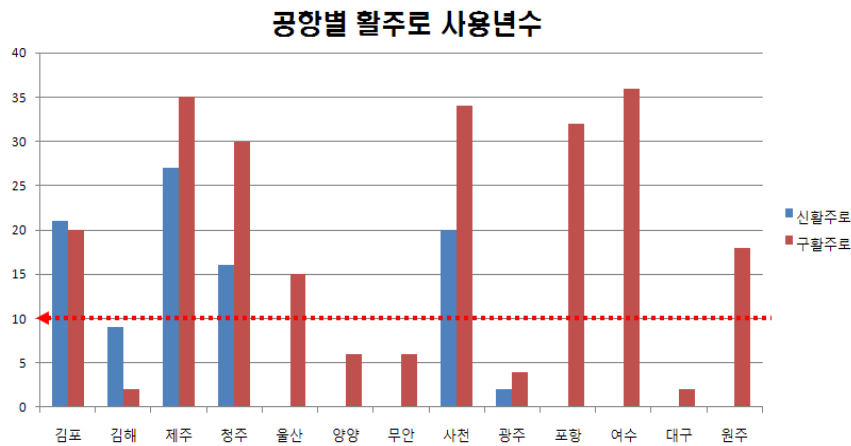
기술의 개념	저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발
기술의 범위	Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 기술 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축 CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기술

- 사회간접자본의 중요한 축을 담당하고 있는 공항포장 관련 시공, 유지보수 기술에 대한 국내 연구개발이 전무함
- 특히 국내 공항포장의 노후화로 재포장 또는 잦은 대규모의 유지보수가 시행되고 있어, 재료 생산 및 시공시 CO2 발생 저감을 위한 재료와 공법에 대한 연구개발 필요
 - ▷ 민간 국내선 공항의 경우 포장 일상 유지보수 비용이 연간 100억원 이상 소요되고 있으며, 향후 지속적으로 증가 추세(활주로 19본 중 재령 10년 이상 활주로는 12본으로 매년 유지보수 비용 증가)
- 현재 사용되고 있는 공항 포장의 시공 및 유지관리 기준이 외국기준(ICAO, FAA)을 인용하고 있어 이에 대한 연구개발 필요
 - ▷ ICAO : 국제민간항공기구, International Civil Aviation Organization
 - ▷ FAA : 미국연방항공청, Federal Aviation Administration
- 국가 예산을 절감하고, 공항 운영의 효율성 극대화를 위한 공항포장 기술의 상세 연구개발 내용 도출 및 추진전략 수립 필요
- 공항포장 시공 및 유지관리 기법 개발을 위한 과제추진 타당성 조사, 연구성과 활용성 사전 검토 등 기획연구 추진 필요

2절. 필요성

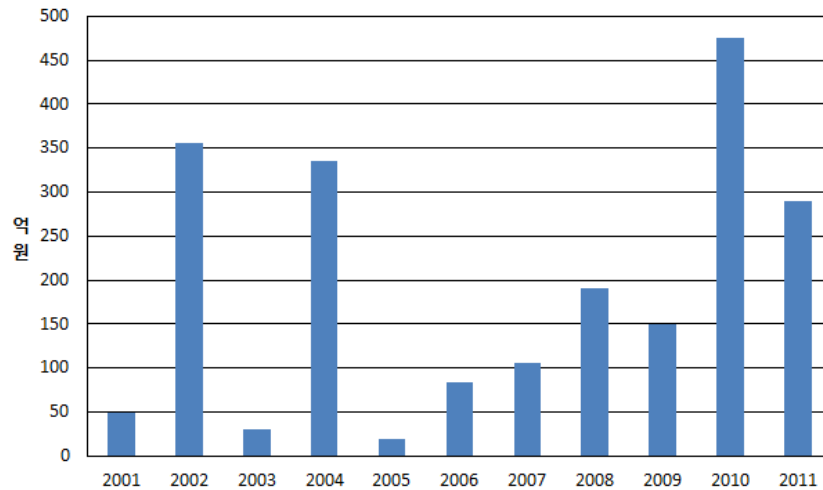
1. 공항포장의 노후화로 인한 유지보수 증가

- 사회간접자본의 중요한 축을 담당하고 있는 공항시설물 중에서 공항 포장은 노후화(30~40년)로 인하여 재포장 또는 잦은 대규모 유지보수가 시행되고 있는 상황임.
- 현재, 국내 민간항공기가 취항하는 공항활주로는 설계시 공용목표년도 20년을 기준으로 건설되고 있으며, 현재 전체 19본 중 12본(63%)이 10년 이상 된 활주로임.(인천공항 제외)
 - ▷ 설계목표년도(20년)를 초과한 활주로 : 10본(53%)
 - ▷ 공용년수 30년을 초과한 활주로 : 5본(16%)



<그림 1.1> 공항별 활주로 사용년수

- 따라서 국내공항 전체 활주로의 50% 이상은 5~10년 이내에 재포장이 불가피할 것으로 예상됨
- 또한 공항포장의 재령이 10년 이상인 경우 아스팔트포장은 최소 1번이상의 덧씌우기 대규모공사가 필요하고(활주로 1본 : 70억), 콘크리트포장은 부분단면 파손으로 지속적인 유지보수 예산 투입이 불가피한 실정임
- 일례로, 교통량이 많은 김포공항은 부분적으로 5년 주기로 절삭 덧씌우기 공사가 진행 중이고 2011년 신 활주소에 투입예정 예산은 50억임(5년 전 보수구간 임-전체 활주로 1/3 면적)
- 민간 국내선 공항의 경우 포장 일상 유지보수 비용만 연간 100억 원 이상 소요되고 있으며, 재포장 및 확포장을 포함할 경우 최근 5년 동안 평균 240억 이상의 비용이 사용되며, 향후 지속적으로 증가될 것으로 판단됨



<그림 1.2> 연도별 공항 재포장, 확장 및 유지보수비용(한국공항공사)

- F-16 전투기의 무게는 대략 7톤(무장, 외부 연료통까지 하면 최대중량은 11톤). 통상적으로 지상에 닿을 때의 순간 속력은 시속 270~290 km/h으로 접지 순간에 가해지는 힘은 무장이나 연료통이 없다고 가정해도 최소 10톤 정도로 나타나며, 일방 항공기는 무게에 따라서 더 높은 힘으로 하중을 가하게 됨. 이렇게 엄청난 무게의 항공기가 착륙하는 순간에는 활주로와 바퀴에는 어마어마한 마찰력이 발생하게 되고, 이때 발생하는 마찰력 때문에 항공기 바퀴는 활주로에 검은 고무자국을 남기게 되고, Rubber Deposit이 점점 쌓이게 되면 항공기가 이·착륙할 때 미끄러질 수 있어서 비행안전을 저해하게 됨(공군뉴스레터, 2006년 1월)
- Rubber Deposit를 제거하기 위하여 인천공항은 2개 활주로를 사용해 4곳에서 작업을 수행함. 2개월에 한 번씩 작업한다 하더라도 1회 작업에 최소 20여일이 걸리고, 제거해야 할 면적만도 2만1천600㎡에 달하고 한 번 작업으로 무려 8ton의 Rubber Deposit이 발생하게 됨 (중앙일보, 2006년 4월)
- 국제민간항공기구(ICAO)에서 권고하고 있는 공항 포장의 요철 허용치 측정 방식이 기존 3m 직선자 기준 3mm 이하로 권고 하였으나, 10차 개정안에서 권고되는 측정방식은 국부적인 요철 뿐 아니라 항공기 특성을 반영하여 장파장의 노면요철까지 고려하여 요철 크기에 따라 조치사항을 권고하고 있음. 국내에서는 권고조치에 따라 이에 상응하는 조사장비나 평가절차가 전무한 실정임.

2. 정부의 저탄소 녹색성장 정책

- 정부에서는 저탄소 녹색성장을 국가비전으로 설정하고, 이를 위해 온실가스 배출량을 2020년에 기준전망(BAU: Business As Usual) 대비 30%의 탄소 배출량 감축 목표를 세우고 있으며, 이를 달성하기 위해 범정부적 탄소 배출량 저감기술의 개발 필요성이 대두됨.
- 공항의 경우 일반 도로보다 높은 하중으로 인하여 높은 강도와 내구성을 필요로 하고 있으나, 그렇지 못하고 많은 파손이 일어나고 있음. 따라서 강도와 내구성을 높일 수 있는 최적배합 콘크리트 및 정부의 녹색 정책에 맞는 CO₂ 저감 콘크리트 개발이 필요한 실정임.
- CO₂ 저감 최적 콘크리트의 개발은 강도와 내구성이 높게 요구되는 공항포장에 적용되기 위함이지만, 일반 도로 콘크리트포장에도 적용함으로써 높은 강도와 내구성은 물론 유지보수비용면에서도 유리할 것으로 판단됨.
- 정부에서 추진하는 저탄소 녹색성장 정책에 따라 주어진 환경을 보존하고 탄소 배출량을 저감하는 방법으로서 노후화된 기존 포장체 제거 후 외부 재생 골재 생산 플랜트까지 반출 시 발생하는 추가적인 에너지 소비가 필요 없는 현장 재활용 기법이나 해안가 또는 저지대에 위치하여 침수 위험에 노출되어 있는 활주로 재포장 시 표고를 높이면서 기존 포장체를 활용하는 시공방법이 필요함.

3. 공항포장관련 R&D 연구 부재 및 해외시장 규모 증가

- 공항포장관련 R&D 연구 부재로 인하여 관련기술이 부족하고 기존의 유지보수 기술이 취약함에 따라 반복적인 유지보수만 실시하고 있는 상황이다.
- 증가하는 해외 항공수요와는 달리 해외시장에 대한 정책지원이 미비하고 선진국과의 기술격차만 증가하는 현실이다. 그나마 공항포장의 시공 및 유지보수 기술 개발에 대한 국내의 연구가 부족한 실정에서도 해외에 진출하려는 공항 포장 사업은 점점 확대되고 있는 추세이다.
- 건설재료의 리사이클에 대해서는 기초수준이지만 다양한 분야에서 연구가 추진 중 에 있으나 공항포장관련 R&D 연구 부재로 인하여 관련기술이 부족하고 기존의 재시공 기술이 취약함에 따라 기존의 방법에 따라 반복적인 유지보수만 실시하고 있는 상황임.
- 공항포장 유지보수를 위해 조기강도를 발현할 수 있는 잔골재만을 사용한 에폭시 콘크리트를 사용하고 있음. 하지만 더 높은 강도를 발현하기 위하여 굵은 골재를 사용한 폴리머 콘크리트에 대한 연구가 필요한 실정임.

4. 산업의 파급효과

- 기존 유지보수기술보다 고강도 및 고내구성, 그리고 조기에 강도를 발현 할 수 있는 폴리머 콘크리트를 개발함으로써 강도적인 측면에서 유리 할 것임. 따라서 유지보수 횟수가 적어짐에 따라 유지보수비용도 절감 될 것임.
- 조기에 강도를 발현할 수 있는 폴리머 콘크리트를 개발하므로 공항뿐만 아니라 고속도로 콘크리트포장에도 적용이 가능할 것임.
- 센서를 통한 스마트 유지관리 시스템의 경우, 도로나 교량, 터널과 같은 토목분야와 건물이나 구조물 같은 건축분야에 적용하여 효과적인 유지관리가 가능함. 따라서 유지관리 분야 산업에 파급효과가 클 것으로 판단됨.

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 제2차 국가교통기술개발계획 수립

- 2008년으로 제1차 국가교통기술개발계획 종료에 따른 차기 중장기계획에 대한 비전 및 목표의 재설정과 제1차 국가교통기술개발계획 대비 투자실적·개발성과 등 기존 계획에 대한 평가 필요하였으며, 교통수단, 시설, 운영, 추진체계 등 교통기술 간 연계 및 역할분담 등을 고려한 범국가적 차원의 중장기적인 교통기술개발 계획 수립 필요하여 2009년부터 2013년까지 5년간 도로, 철도, 항공, 해운항만, 물류, 자동차 등 교통기술개발에 대한 기본이 되는 제2차 국가교통기술개발계획이 수립.
- 항공교통기술부분에서 제기된 문제점은
 - ▷ 공항의 효율적 활용 요구로 공항시설물관리, 도면관리, 공사자료관리 등 공항시설에 대한 통합관리정보시스템 필요
 - ▷ 공항시설물 이력 data 및 현황자료가 공항 및 관리주체별로 분산 보관되어 있어 전체적인 정보관리 및 검색 곤란
 - ▷ 항공기 사고예방을 위한 체계적 연구가 미비하며 항공기 고장진단 및 대처에 대해서는 항공기 적용경험이 절대적 부족
 - ▷ 항공안전관리시스템에서 요구하는 주요 안전프로그램인 운항품질보증체계나 운항감사 등 시행기술 개발 부재
- 이러한 문제점을 해결하고 보완하기 위하여 항공기, 공항시스템, 항행시스템 및 안전/환경/에너지의 4개 중점 추진 분야를 설정. 이 중에서 본 기획과제와 연관성이 있는 안전/환경/에너지 분야의 추진목표는 다음과 같다.
 - ▷ 1억 운항 Km당 사망사고율 30% 감소
 - ▷ 소음 및 배기가스 감소
 - ▷ 비행항로개선을 통한 에너지 절감
 - ▷ 에너지 절감 및 온실가스 감축
 - ▷ 안전성과 형평성이 강화된 지속가능한 항공교통체계로 전환하기 위한 기술 개발

- 이러한 목표를 위하여 선정된 신규 세부 연구내용은 다음과 같다.

분류	과 제 명	연 구 내 용
안전 및 환경	선제적 안전관리 기술개발	국가 항공안전정보 품질인증체계 구축 잠재적 안전결함 분석기술 개발 항공주파수 전파간섭 탐지시스템 개발
	항공환경 기술개발	공항시설 녹색인증 기술기준 개발 신재생 에너지 적용 기술 개발 기후변화 대응형 공항 기술 개발 배출가스 저감기술

나. 공기업 해외진출 정부정책 변화

- 국토해양부는 공공기관의 해외 인프라 건설에 대한 수주 및 투자 지원을 위해 「해외건설촉진법」, 「한국공항공사법」, 「인천국제공항공사법」, 「한국철도공사법」, 「한국수자원공사법」을 개정하였고 글로벌인프라 펀드를 설립하여 적극적인 지원 체제를 구축하고 있음

다. 국내 신공항 건설 추진계획

<표 2.1> 국내 신공항 건설 추진계획

건명	사업규모	사업착수 계획
흑산도 공항	약 1,000억원	2015년 이내
울릉도 공항	약 6,400억원	2015년 이내
제주 신공항	미정	2025년 이내 (2015년 재검토)

라. 기존공항 대규모 보수·보강계획

- 국내 한국공항공사가 관할하고 있는 15개 공항에 대해 매 5년 주기로 정기적인 포장평가를 실시하고 있음. 또한 국내 공항포장 노후화 및 항공수요 증가에 따른 재포장 및 확장공사 다수 계획되어 있음. 공항포장의 유지관리 및 신설시공 포장의 요철 품질검사를 위한 적합한 검사 절차 및 장비가 갖춰져 있지 않음.
- 공항포장은 고속의 항공기가 이동하는 공간이므로 유지보수에 따른 지속적인 요철관리를 시행해야 함.

<표 2.2> 기존공항 대규모 보수·보강계획

건 명		사업규모	사업착수 계획	비고
재포장 및 확장 (콘크리트포장)	포항공항 활주로 연장 (378M 및 522M 재포장)	약 1,000억원 (부지매입 포함)	2014~2015	연장 및 재포장
	포항공항 활주로 및 유도로	약 539억원	2015~2020	재포장 또는 덧씌우기
	청주공항 구활주로 및 유도로	약 500억원	2015~2020	재포장 (공군 계획)
	사천공항 신활주로	-	2015이후 예상	재포장 또는 덧씌우기
덧씌우기 (아스팔트포장)	김포 신,구활주로	약 110억원	2015~2020	
	제주 신,구활주로	약 90억원	2015~2020	
	울산 활주로	약 28억원	2015~2020	

마. 저탄소 녹색성장 정책

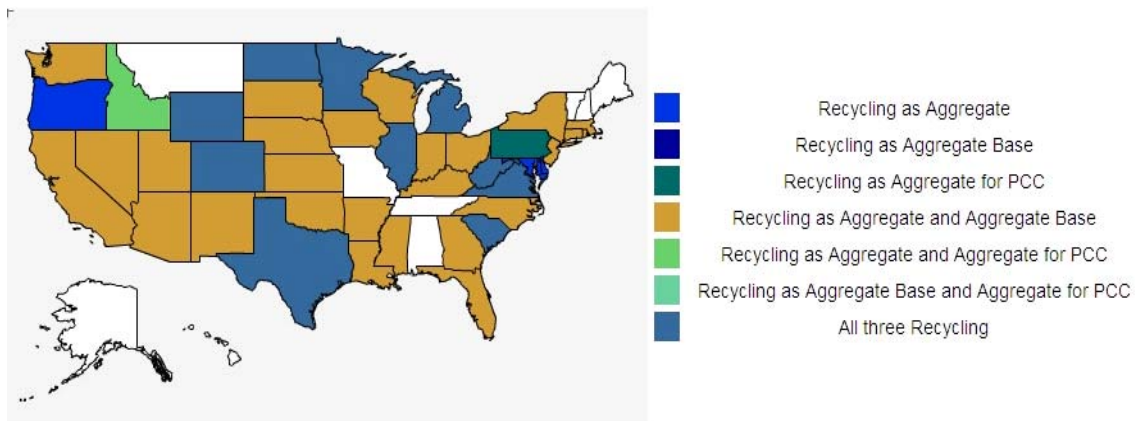
- 환경부에서 수립한 제4차 자원재활용기본계획('08~'12)을 수립하였고 자원순환율의 지표를 도입하여 '95년 5.5%, '05년 13.9%의 추세를 고려하여 '12년 목표를 16.9%로 설정하였음. 이에 따른 순환골재의 사용을 '05년 14% 수준에서 '12년 33%의 재활용 목표로 삼고 있음. 또한 순환골재의무사용건설공사의 순환골재사용용도 및 의무사용량 등에 관한 고시(2009)에 따르면 과거에는 성토나 노상에 사용토록 되어 있는 것이 현재는 15%까지 일정규모 이상의 도로공사의 경우 보조기층까지 사용이 의무로서 부과됨. 상기와 같은 정부의 시책에 따라 도로포장 및 공항

포장의 재시공 시 기존포장의 재활용이 일정부분 의무로서 부과되고 있는 실정임.

2. 국외 정책동향

가. 재활용 재료의 사용 증가

- 미국의 경우 현재 41개 주 도로국에서 재생골재를 신설 포장의 기층이나 보조기층 재료로 사용하는 것을 허용하고 있으며, 그 중 텍사스, 미네소타 주를 포함한 11개 주에서는 재생골재를 표층 골재로도 사용하고 있음. (그림 2 참조) 그러나 기존 포장체를 이용한 재생골재의 현지 생산을 위한 관련 장비의 개발과 이를 현장에서 효과적으로 재활용하기 위한 녹색 공법의 개발에 대해서는 현재 다양한 연구가 진행 중에 있음. (그림 2.1 참조)



<그림 2.1> 미국 각 주별 재생골재 사용 현황

- 미 도로 및 공항 콘크리트 포장 재료의 재활용은 1970-80년대의 에너지파동 이후로 부터 전 세계적으로 주목받기 시작하여 관련 기술과 경험이 축적되어 왔으며, 특히 북미와 유럽의 경우에는 도로 및 공항 포장의 재시공 시 콘크리트 재생 골재의 활용이 일반화 되어 있음 (Carpenter 외, 2001). 그러나 기존의 콘크리트 재생 골재 활용 기술은 대부분 재료를 현장 밖으로 반출하여 플랜트에서 재생산하여 이를 다시 현장으로 운반하는 방식으로 이루어짐.
- 특히 기존 포장의 공용 연수 증가 및 노후화에 따라 재시공이 요구되는 경우가 증가하고 있으며, 건설 재료 가격의 지속적인 상승에 따라 포장 시공 비용도 증가하고 있으므로, 포장 재시공 시 기존 포장체의 보다 효과적인 재활용을 통해 신속하면서도 비용-효과적인 녹색 포장 공법의 개발과 적용의 필요성이 증가하는 추세임. 따라서 향후 기존 포장체의 현장 재활용 및 기술을 더욱 발전 시킬 것으로 전망됨.

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장동향

- 국내선 항공수요의 경우 연평균 성장률이 1.4~2.0%로 성장둔화

<표 2.3> 국내선 항공수요 전망

단위:천인

	인천		김포		김해		제주		광주+무안		청주		대구	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
2010	528	471	14,192	13,442	5,092	4,719	14,809	13,449	1,405	1,314	1,211	1,082	977	960
2015	743	460	13,967	12,217	4,954	3,999	17,389	15,534	1,219	1,029	1,408	1,241	1,129	1,055
2020	995	470	15,845	14,048	5,489	4,373	19,980	17,954	1,309	1,099	1,604	1,423	1,306	1,188
2025	1,274	481	17,838	15,499	5,973	4,654	22,721	19,819	1,450	1,196	1,809	1,563	1,492	1,289
2030	1,574	493	19,887	17,063	6,436	4,907	25,567	21,884	1,595	1,302	2,019	1,715	1,685	1,400
연평균 증가율	5.61	0.22	1.70	1.20	1.18	0.19	2.77	2.46	0.64	-0.05	2.59	2.33	2.77	1.90

	여수		군산		사천		울산		원주		포항		양양	총합	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low		High	Low
2010	612	609	178	159	182	180	1,073	1,070	71	64	337	334	9	40,676	37,864
2015	338	230	207	182	172	168	406	314	83	73	162	118	10	42,186	36,631
2020	335	230	236	209	175	171	414	321	94	84	147	133	10	47,937	41,715
2025	331	227	266	230	177	173	419	324	107	92	148	133	9	54,014	45,689
2030	327	225	297	252	180	174	423	327	119	101	149	133	9	60,267	49,984
연평균 증가율	-3.08	-4.85	2.59	2.33	-0.07	-0.16	-4.55	-5.76	2.59	2.33	-3.99	-4.51	-0.08	1.99	1.40

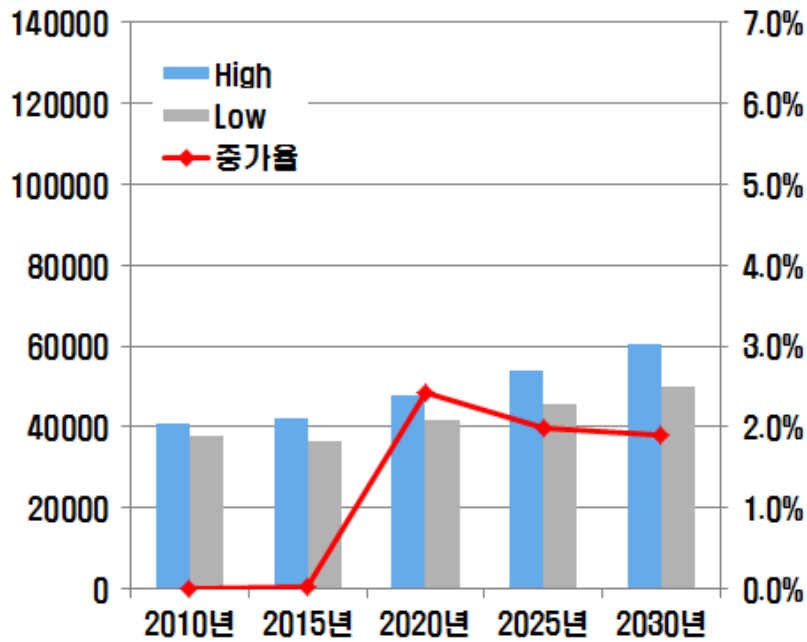
- 국제선 항공수요의 경우 연평균 성장률이 5.1~5.6%

<표 2.4> 국제선 항공수요 전망

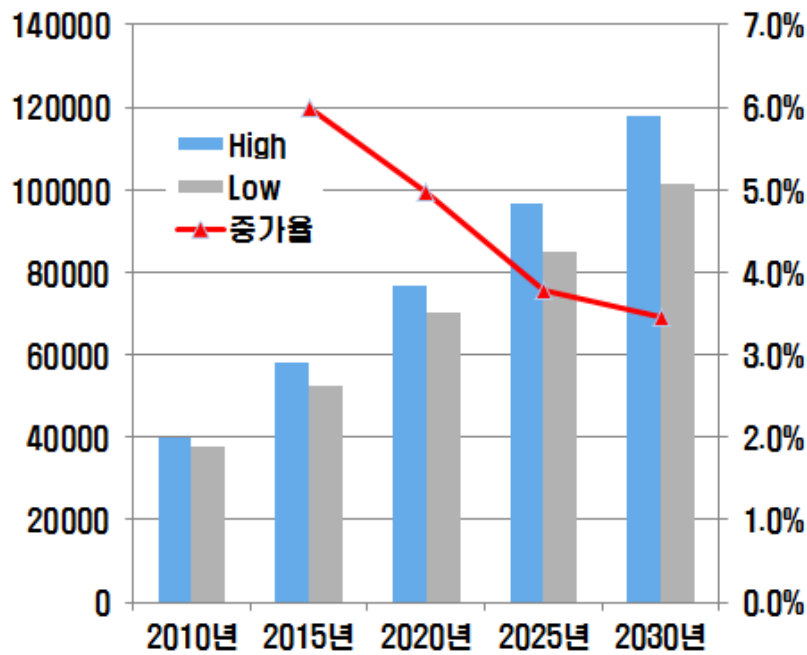
단위:천인

	인천		김포		김해		제주	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
2010	32,000	31,166	3,829	3,003	3,000	2,554	677	625
2015	47,253	44,692	5,472	3,084	4,258	3,588	820	715
2020	63,303	61,148	6,279	3,188	5,582	4,846	970	869
2025	80,997	74,315	6,897	3,303	7,041	5,852	1,135	993
2030	100,082	89,359	7,356	3,447	8,615	7,002	1,314	1,135
연평균 증가율	5.87	5.41	3.32	0.69	5.42	5.17	3.37	3.03

	대구		청주		무안		총합	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
2010	130	94	78	33	80	41	39,794	37,517
2015	162	112	97	40	100	49	58,162	52,281
2020	202	134	121	47	124	59	76,581	70,292
2025	251	160	151	56	155	70	96,627	84,751
2030	313	190	188	67	193	84	118,060	101,284
연평균 증가율	4.49	3.57	4.49	3.57	4.49	3.57	5.59	5.09



<그림 2.2> 국내선 항공수요 전망 및 증가율



<그림 2.3> 국제선 항공수요 전망 및 증가율

- 고비용 예폭시를 이용한 몰타르가 유지 보수 공법으로 사용 중이나 수명이 2년에 불과하여 최신 나노 슬리카 폼, NBR, 등의 나노 재료를 이용하여 최소 비용 신속 교통개방 용 나노 콘크리트 기술 개발에 대해 관심이 많음
- 콘크리트 포장에 사용하는 시멘트는 대표적 CO2 배출 재료임. 시멘트를 생산할

때 약 1400℃~1500℃로 가열하기 때문에 에너지 사용이 과다할 뿐 아니라 CO2 발생량이 많음



<그림 2.4> 시멘트 클링커를 생산하기 위한 킬른(kiln) 공정

- 따라서 시멘트 사용을 최소화하기 위해 도로 포장 분야에서는 산업부산물인 플라이애쉬, 슬래그 등 대체 재료를 사용하고 있으며, 이를 활성화하기 위한 연구가 한국건설기술연구원, 한국도로공사 등에서 지속적으로 수행 중에 있음
- 산업부산물을 시멘트 대체 재료로서 사용하게 되면, 포장체의 시공성 및 내구성이 증가하고, CO2 발생량도 감소하게 되는 장점이 있으므로, 이를 현장 실용화하는 연구가 진행 중에 있음
- 한국형포장설계법의 개발
 - ▷ 국내의 포장 수명향상을 위한 도로 포장 국가기준 개발의 일환으로 한국 포장설계법 개발과 포장성능 개선 방안에 대한 연구를 진행 중임.
 - ▷ 포장 품질 관리 기반 구축, 포장 재료 기준 실험방법 표준화, 포장 기술의 실용적 현장 적용을 통한 한국 포장설계법 개발과 포장 설계와 시공 관련 지침 개발을 목적으로 함.
- 지역생활 중심 공항 인프라 구축
 - ▷ 삶의 질 향상과 항공운송시장 변화에 대응하여 공항, 경비행장, 수상비행장 등으로 세분화 하여 지역생활 중심 공항 인프라 구축 및 공항 건설 및 운영에 지자체와 민간의 참여를 유도 함.
 - ▷ 에어택시 등 소형항공 네트워크를 전국공항으로 확대 구축하여 항공 교통의 편

의성·다양성을 확대 함.

○ 국제항공에서의 글로벌 리더십 확대

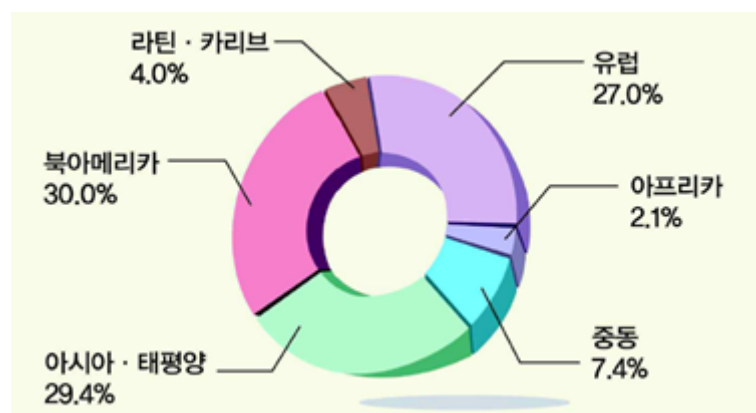
- ▷ ICAO 활동강화를 통한 글로벌 리더십 발휘 및 개발도상국의 공항사업에 대한 지원 확대 등을 통한 다자간 국제협력을 강화하고 있음.

2. 국외 시장동향

- ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구) 발표
 - ▷ 톤킬로기준 : 저년보다 4.3% 감소
 - ▷ 국제선 비율 : 전체의 67.6%
 - ▷ 여객킬로 실적 : 전년대비 1.9% 감소
 - ▷ 화물톤킬로 실적 : 전년대비 10.4% 감소
 - ▷ 2008년 세계금융위기와 유가상승이 2009년에도 크게 영향을 미친 것으로 판단
 - ▷ 2009년 세계 지역별 항공수송실적(톤킬로)점유율에서 아시아 태평양 지역 29.4% 로 2위



<그림 2.5> ICAO 가입국 여객수송실적 추이



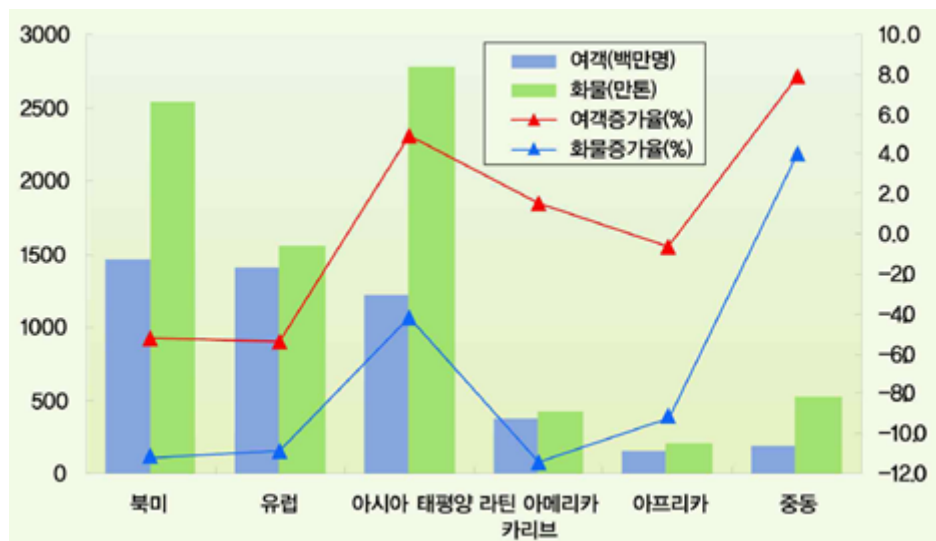
<그림 2.6> 2009년 세계 지역별 항공수송실적(톤킬로) 점유율

- ▷ 지역내 노선실적 : 아시아 지역 16.6%로 1위
- ▷ 지역간 노선실적 : 유럽~아시아간 9.1%로 2위



<그림 2.7> IATA 가입항공사 지역간 수송점유율

- ▷ 2009년 세계 지역별 처리실적 증가율 : 여객의 경우 북미 유럽은 감소했으나 아시아 태평양 지역과 중동지역은 증가하였음.



<그림 2.8> 2009년 세계 지역별 처리실적 증가율

○ 해외 주요 기관들 항공수요 성장률 전망

- ▷ 세계여객수요 전망 : 대부분의 기관들이 연평균 5% 내외의 성장률 전망
- ▷ 세계화물수요 전망 : 대부분의 기관들이 연평균 5~6%의 성장률 전망

발표기관	발표기준		예측기간	연평균 성장률(%)
ICAO	국내선+국제선	여객킬로	2005-2025년	4.6
IATA	국내선+국제선	여객킬로	2009-2028년	4.5
	국내선+국제선	여객수	2009-2013년	5.5
ACI	국내선+국제선	여객수	2007-2027년	4.2
Airbus	국내선+국제선	여객킬로	2009-2028년	4.7
Boeing	국내선+국제선	여객킬로	2008-2028년	4.9
Embraer	국내선+국제선	여객킬로	2009-2028년	4.9
Airlines survey	국내선+국제선	여객수	2010-2013년	5.2
US FAA	국제선(미국항공사)	여객마일	2010-2030년	4.4

<그림 2.9> 기관별 세계여객수요 전망

발표기관	발표기준		예측기간	연평균 성장률(%)
ICAO	국내선+국제선	화물톤킬로	2005-2025년	6.6
IATA	국내선+국제선	화물톤킬로	2009-2028년	5.3
IATA	국내선+국제선	화물톤	2009-2013년	7.3
ACI	국내선+국제선	화물톤	2007-2027년	5.1
Airbus	국내선+국제선	화물톤킬로	2009-2028년	5.2
Boeing	국내선+국제선	화물톤킬로	2008-2028년	5.4
Airlines survey	국제선	화물톤	2010-2013년	4.9
US FAA	국제선(미국항공사)	화물톤마일	2010-2030년	6.3

<그림 2.10> 기관별 세계화물수요 전망

○ 아시아 국가의 공항개발 계획

- ▷ 세계공항 시장규모는 2008년 약 995억 달러이며, 연평균 6.7%, Volume 기준으로 5.3% 증가
- ▷ 지역별로는 아시아·태평양 및 중동 지역이 가장 높은 증가율 예상

○ 베트남

- ▷ 공항현황
 - 3개 국제공항과 21개 지역공항 등 24개 공항(2개공항 폐쇄중임)
 - 항공수송 인원은 최근 20~25% 증가하고 있으나, 대부분 1960년대에 건설되어 안전성과 서비스가 취약
- ▷ 중장기 계획
 - 현재 공항시설 대비 2015년까지 2.5배, 2020년까지 약 4배의 시설확충이 필요한 상태임
- ▷ 신공항 건설
 - 2015년까지 : 2개공항 신설
 - 2016~2020년 : 4개공항 신설(27억 3천만달러)

○ 필리핀

- ▷ 공항현황
 - 85개 공항(국제공항 10개 + 지방공항 75개)
- ▷ 중장기 계획
 - 신공항 건설
2011~2016년 : 2개공항(Laguindingan Airport, Tacloban Airport)
2016~2025년 : 1개공항(Zambanga Airport)
 - 기존공항
41개 공항에 대해 기간별 (2006~2010, 2011~2016, 2016~2025) 중장기 개발 및 보수계획을 가지고 있음

○ 중국

- ▷ 공항현황
 - 민항공항 192개(홍콩, 마 포함)로 지난 3년간 10개 공항이 신설
- ▷ 개발계획

- 신공항 건설

2011~2020년 : 52개공항(192→244개공항)

- 기존공항

리모델링 및 증축과 각 지역별 항공자원을 통합해 총체적으로 허브, 간선, 지선간 유기적 연계를 계획하고 있음

(중국 전 국민용 공항 배치계획)

- 인도

- ▷ 공항현황

- 454개의 공항 및 비행장이 있으며, 85개 공항이 실제 운영중임

- 향후 5년간 국내항공 20%, 국제항공 16%의 지속적인 성장 예측(AAI : Airport Authority of india, 인도공항관리국), 이용객 수는 2010년 까지 1억 1천만명 예상(아시아 태평양 항공센터(CAPA))

- ▷ 개발계획

- 신공항 건설

공항인프라 발전을 위해 「제11차 5개년 계획(2007~2012)」 추진중

2008년 : 2개공항 건설 완료

4개공항 신설 예정

- 기존공항

35개 비도심 공항의 현대화를 위한 계획을 가지고 있음

현재 방치되어 있는 활주로 수는 30여개로 좀더 나은 항공편연결을 제공하기 위해 파악중임

- ▷ 최근 제11차 5개년 계획의 일환으로 대규모 민간항공 프로그램인 「Vision 2020」을 발족하고 총 60억 유로를 투자할 계획임

- 우즈베키스탄

- ▷ 공항현황

- 11개의 공항이 있음(국제 6개 + 국내 5개)

- 민간투자 활성화 및 외국자본 유치를 위해 조세개혁, 자본시장 활성화, 금융자유화 확대, 수출입 자유화 등 개혁개방 정책을 단계적으로 추진중임

- ▷ 개발계획

- 신공항 건설계획은 없고 기존공항 리모델링 계획이 있음

- 한진그룹과 우즈베키스탄 정부 공동으로 중앙아시아 물류 허브 구축을 위해 나보이 공항개발을 추진하고 있음

○ 카자흐스탄

▷ 공항현황

- 21개의 공항이 있음. (국제 15개 + 국내 6개)
- ICAO 등급에 부합하는 공항은 9개로 대부분의 공항이 현대화 되지 못함.

▷ 개발계획

- 신공항 건설계획은 없으나, 「산업혁신개발전략」에 의해 연도별 기존공항의 재건축이 추진중임.
- 2003~2010년 까지 21개 공항중 11개 공항을 재건축 하였으며, 2020년까지 나머지 10개공항을 재건축 할 계획임.

○ 캄보디아

▷ 공항현황

- 11개의 공항이 있음. (국제 2개 + 국내 9개)
- 국제공항(Siep Reap, Phnom Penh)을 제외한 국내선 공항은 이용객 감소로 경영상 많은 어려움을 겪고 있음.
- 지리적으로 베트남, 태국, 라오스 등과 3국 국경을 접하고 있어 주변 관광객의 접근이 용이하나, 국경지역 공항은 오랜 내전 및 시설노후화로 공항으로서의 기능을 수행하지 못하고 있음.

▷ 개발계획

▪ 신공항 건설

2012~2014년 : 5개의 공항개발 계획이 있음

▪ 기존공항

현재 폐쇄된 시하누크빌(Sihanoukville) 공항을 캄보디아 최대의 국제공항으로 개발이 예상됨.

- 미국의 경우 콘크리트 덧씌우기 포장은 1913년부터 시도되었고, 매년 증가추세를 보이고 있으며, 콘크리트 덧씌우기 포장의 수명은 평균 20년~40년까지 보고되고 있음.
- 미국의 경우에도 콘크리트 포장의 개통시기를 2~3일내로 줄이기 위한 방법(Fast Track)을 개발하여 수년간 고속도로에 적용하였음.
- 일본의 경우는 1988년~1992년도 건설성 종합기술개발 프로젝트<건설사업의신소재 신재료 이용 기술의 개발>의 일환으로, 1990년부터 2년간 토목연구소와 시멘트 메이커의 공동연구<현장타설 초조강 콘크리트의 실용화에 관한 연구>를 수행하였

음. 개발한 제품은 초조강 콘크리트용 시멘트와 초조강 혼화재를 개발하였으며, 표준양생에서의 재령 1일의 압축강도가 300 kg/cm² 이상을 발현하고 1시간 이상의 작업시간을 확보할 수 있는 성능을 갖고 있으며, 또한 내구성 등 다른 성질은 일반 콘크리트와 동등하거나 더 좋은 결과를 나타내는 것으로 보고하고 있음.

- 지구표면 데이터 수집 및 해석 전문업체인 Fugro사는 도로 및 공항 사회기간시설 조사장비인 ARAN시스템을 전 세계적으로 60대 이상 공급하였고(손수국, 2003), 이 보다 경량 시스템을 공급하고 있는 ROMDAS사는 60개 국가에 200대 이상을 공급하였다. 향후 이와 유사한 시스템의 시장은 기술의 발전 및 장비의 교체주기와 맞물려 더욱 커질 것으로 전망되고 있음.
- FAA의 공항 포장을 보호하기 위한 중량기반으로 한 규제
 - ▷ 공항 운영적인 측면에서 공항포장을 보호하기 위해 공항 설계에 고려된 항공기 하중보다 무거운 항공기의 운영에 대해서 그 초과 하중의 크기와 운영 횟수를 제한하고 있음.

3절. 기술동향분석

- 공항포장분야의 연구는 1990년대 후반부터 있어왔으나 활발한 연구는 이루어지지 않고 있음.
- 도로포장에 관한 연구는 현재까지 지속적으로 다양하게 이루어져 왔으나 공항포장에 대한 연구는 활발하지 않았으며 특히 도로포장의 기술을 공항포장에 직접 접목하기에는 환경적, 구조적 특징과 시설물에 대한 관점이 달라 어려움이 있음.
- 한국공항공사에서는 매년 각 공항별로 포장평가 종합보고서를 발간하고 있으며, 주요내용으로는 공항포장의 상태조사 및 분석과 필요시 보수 및 보강방안에 대한 방법을 제안하고 있음.

1. 공항포장 생산 및 시공 기법 분야

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 표면처리 공법 개발

- Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발
 - ▷ 박리는 아스팔트 포장체나 혼합물 속의 골재 표면과 아스팔트 사이에 존재하는 습기로 인하여 결합력이 없어지거나 약화되는 것을 말함. 혼합물의 강도는 아스팔트의 점착력과 골재 입자간의 맞물림, 그리고 골재의 마찰저항성 등으로 결정됨. 점착력은 골재와 아스팔트가 잘 결합되었을 때에만 완전히 이용할 수 있음. 만약 이들 사이의 결합이 나쁘다면, 골재와 바인더 사이의 접촉면에서 파괴가 일어나며, 이로 인해 아스팔트 포장체와 혼합물의 조기 파손이 발생하게 되므로 포장의 공용성을 감소시키고, 유지·보수비용을 증가시킴. (도로포장 장수명화를 위한 설계 시공 기술 고도화..., 2002)
 - ▷ 이러한 박리 현상을 방지하기 위하여 여러 가지 방법이 개발 사용되고 있는데 흔히 박리방지제(Antistripping additive)를 아스팔트 혼합물에 혼합하여 사용되고 있음. 박리방지제로서는 액상 박리방지제와 석회가 박리를 줄이는데 사용되며, 아스팔트와 혼합하였을 때 표면장력을 줄임으로써 골재의 부착력을 증진시키는 표면활성 첨가제로 사용됨. 석회는 아스팔트 시멘트와 혼합하기 전에 골재에 첨가시키며, 석회가 박리방지제로서 매우 효과가 있다는 것을 많은 연구에서 보고됨. 소석회(Hydrated lime)는 생석회에 물을 가하여 수화시킨 것으로 백색 또는 회백색을 나타내며 알칼리성이 강하며, 알칼리분이 60%이상이며 0.15mm체에 98%이상 통과하며 주로 토질 개량재로 많이 사용되고 있음. 소석

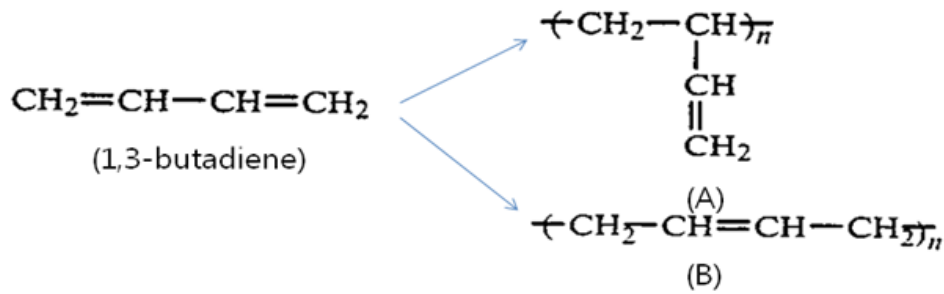
회는 이전부터 박리(Water damage) 저항성이 뛰어난 재료로 인정받아 배수성 포장에서는 필수적으로 사용되고 있으며, Kennedy and Ping(1991)은 소석회의 박리 저항성과 더불어 우수한 Rutting 저항성을 여러 공학적인 실험을 통해 증명하였음.

- ▷ Shahrour(1992)와 Al-Suhaibani(1992)도 사우디아라비아에서 사용되는 소석회 및 여러 종류의 채움재들을 선택하여 회복탄성계수 시험, 간접인장강도 시험, 빔 안정도 시험, 그리고 마찰 특성치 시험 등을 통해 소석회가 채움재로서 우수하다고 발표하였음. CTR 연구보고서 441-1과 441-2F는 예방적 수분손상에서 박리방지제와 석회의 효과를 평가 할 수 있는 현장 연구의 결과를 나타내었으며, 이 연구는 4년 동안 행해졌고, 포장에서 박리의 증가를 발견하였음. 또한, Texas State Department of Highway와 Public Transportation의 연구 중에서 소석회와 박리방지 첨가제의 효과를 평가하기 위해서 wet-dry 간접인장강도 시험과 boiling 시험을 수행하였음.
- ▷ 물이 포장도로의 아스팔트 혼합물 층에 들어올 때, 아스팔트 혼합물의 수분에 따른 파괴현상은 아스팔트 혼합물 내의 점착성 변화 (cohesional change) 와 접착성 변화(adhesional change)에 의해 발생된다고 보는 것이 일반적 견해임. (Dibenedetto, 1970; Scott, Terrel and Shute, 1989). 이러한 차이점은 아스팔트 혼합물의 물리적 특성에서의 변화를 야기함. 아스팔트 혼합물 공극내의 수분이 제거 되어감에 따라, 아스팔트 혼합물의 물리적 특성은 그들의 고유의 상태로 돌아가려는 경향이 있음. Graf(1986)에 따르면, 아스팔트 혼합물이 본래의 특성을 유지하는 한, 수분이 혼합물의 물리적 특성에 악영향을 끼치지 않는다는 것을 알 수 있으며, 수분에 의한 파손은 교통과 환경에 의해 발생된 응력이 수분에 의해 변화된 아스팔트 혼합물 층에 적용될 때 발생하기 시작함.
- ▷ Busching et al.(1986)은, 습한 환경에서 높은 포화도를 갖는 아스팔트 혼합물 층은 어떤 동결-융해 작용 없이도 그 상태만으로 중요한 변화를 보인다고 발견했고, Coplantz 와 Newcomb(1988)는 또한, 실험실에서 제작한 공시체를 포화시킨 후 측정한 회복탄성계수 값에서 중요한 변화가 있다는 것을 보고함. Schmidt 와 Graf(1972)는 수침 포화에 의해 야기된 이러한 특성의 변화는 회복이 가능하다고 보고함.
- ▷ 현존하는 아스콘 중 가장 우수한 고온 소성변형 저항성과 골재 탈리 방지 물성을 요구하는 분야가 배수성 아스팔트 분야임. 이는 아스콘 내의 골재가 점점축을 이루고 있기 때문에 골재의 탈리 방지 물성이 필수적으로 요구되는데 워터젯으로 인한 포장체 표면 손상을 방지하는 것이 하나의 목표인 본 과제에 이 기술이 개량 접목될 경우 우수한 결과를 보일 수 있을 것으로 보임. (출원번호 10-2007-0099578)

- ▷ 아스팔트 포장 표면의 수분에 의한 골재 탈리를 방지하기 위한 수단으로 종래 소석회 등이 사용되었으나 생석회에 비해 높은 원가부담 등으로 이를 개선해야 할 필요성이 대두되었는데 최근 금속염계의 박리방지 재료가 중온아스팔트 첨가제에 도입되어 중온아스팔트 포장의 근본적인 문제였던 수분민감도 향상에 성공함. 금속염계의 신재료는 극성을 띄는 골재와 비극성을 띄는 아스팔트 사이에서 이를 완충하여 계면간의 접착 유지력을 극대화 하는 효과가 있는 것으로 알려짐. (출원번호 10-2011-0049172)

○ Polymer를 활용한 고점도 아스팔트 혼합물 개발

- ▷ 개질 아스팔트 바인더는 배수성 아스팔트 혼합물 등과 같은 특수한 목적을 위하여 개발되기 시작함.
- ▷ 물튀김방지, 미끄럼 저항성 개선, 교통 소음의 감소와 같은 새로운 기능들에 주목하여 배수성포장이 유럽에 널리 퍼지기 시작함. 초기 배수성 아스팔트 포장은 일반적인 스트레이트 아스팔트를 채용하였으며, 그후 셀룰로즈 섬유, 고무분말, EVA, PE와 같은 열가소성 수지 그리고 SBS, SBR과 같은 열가소성 탄성체가 개질제로 사용되기 시작함.
- ▷ 최근 일본에서의 포장기술 동향은 배수성포장의 사용으로 급속도로 확산되고 있는 추세임. 또한, 공용성 측면에서도 소성변형이나 피로균열에 비교적 우수하다는 평가를 받음. (환경 친화적인 배수성..., 2006)
- ▷ KRATON사에서 1960년대에 개발되어 아스팔트 바인더용 개질제로 가장 널리 사용되어온 SBS는 그 적용성, 경제성에서 매우 우수한 성능을 가지나 분자가 보유하고 있는 이중결합으로 인해 내후성에는 취약한 단점이 있음. 이를 보완하기 위하여 수첨반응을 통해 SBS의 이중결합을 제거하여 우수한 내후성을 보이는 SEBS가 특수용도의 아스팔트 개질제로 적용되어 칼라아스팔트 포장 등 그 사용 영역이 증가하고 있음. (미국 특허 7,576,148)
- ▷ 최근에는 저장안정성이 우수하고, 저점도로 가공성이 우수한 high vinyl SBS가 개발되어 그 동안 적용이 어려웠던 에멀전 아스팔트 및 블로운 아스팔트에서 응용이 확대되고 있음. SBS에서 vinyl 이란 아래 <그림 2.11>에서 보이는 바와 같이 1,3-부타디엔 중합시 화합물 중 (A)의 함량을 말하는 것으로 통상적인 경우 (A)의 함량이 10~15% 이나 high vinyl의 경우 30~50% 정도 함유하고 있음. (미국특허 7,728,074)



<그림 2.11> SBS 내 butadiene 블록의 구조

- ▷ 일본에서의 PMA는 최초로 1952년 도쿄시와 고베시 정부에 의해 각각 천연고무가루와 재생고무를 사용하면서 시작되었다. 1960년대에 Type I라고 명명된 고무첨가 아스팔트가 추운지역의 표층과 중차량이 많은 지역의 소성변형을 억제하기 위해 사용되었다. 하지만 1970년에 들어서 교통량의 증가와 특히 중차량의 증가로 인해 Type I의 소성변형 저항성에 대한 취약점을 드러내었다. 따라서 Type II라는 수지(resin) 또는 수지와 고무를 첨가한 개질아스팔트가 개발됨. 1980년대 후반들어, 소성변형과 균열에 대한 저항성을 향상시킨 Type III라는 PMA 개질제가 개발됨. 비슷한 시기에 유럽과 미국에서 투수아스팔트의 사용이 급속도로 증가함에 따라, Type H라는 고점도 개질아스팔트를 개발하됨. (일본에서의 폴리머..., 2011)

1-2세세부. 친환경 공방포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술

○ 국내 연구개발 동향

- ▷ 알칼리 활성 시멘트 콘크리트(alkali-activated cements and concretes)는 ‘지오폴리머(geopolymer)’, ‘무시멘트 콘크리트(zero-cement concrete)’ 등의 다양한 용어로 사용되고 있음.
- ▷ 특히 최근 탄소배출저감을 위해 시멘트 사용량을 줄이기 위한 노력들이 다각도로 이루어지고 있으며, 그 일환으로 알칼리 활성 시멘트 콘크리트가 주목받고 있음.
- ▷ 현재, 국내에서 2000년 이후 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 연구가 활성화되어 진행되고 있으며 다수의 연구논문 및 특허가 나와 있음.
- ▷ 안지환(2003)은 고로수쇄슬래그에 4종류의 알칼리 활성제를 첨가하여 기초물성 특성을 분석하여, 각각의 혼합물 종류에 따른 수화생성물, 수화열, 압축강도를 비교하였음.
- ▷ 조병환(2005)은 알칼리 반응에 의한 석탄회(fly ash, bottom ash)의 경화 메카니즘, 최적배합비와 양생조건, 환경 안정성을 분석하였음.

- ▷ 안양진(2006)은 슬래그에 규산나트륨을 알칼리 자극제로 첨가하여 경화체의 강도 발현 및 수화생성물을 분석하였으며, 또한 송진규(2008)도 알칼리 활성 슬래그 콘크리트의 강도발현 특성을 분석하였음.
- ▷ 권기홍(2007)은 알칼리 활성 슬래그 경화체를 콘크리트 2차제품에 활용하기 위하여 상압증기양생한 AAS 모르타르의 흡수율 및 강도발현 특성과 염화물이온 침투특성을 비교·분석하였음.
- ▷ 양근혁(2008)은 슬래그에 규산나트륨을 첨가한 알칼리 활성 모르타르의 압축강도 발현 및 건조수축에 미치는 영향을 분석하였음.
- ▷ 이외에도 다수의 연구논문이 발표되었으며, 대부분의 논문이 포졸란재료(플라이애시, 슬래그)에 알칼리 활성제를 첨가한 모르타르 또는 콘크리트의 물성특성을 평가한 것임.
- ▷ 국내 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 관련 특허 현황은 다음의 <표 2.5>과 같음.
- ▷ 이와 관련된 다양한 제조기술이 개발되었으나, 아직까지 적용사례가 많지 않으며, 특히 도로/공항 포장재료로 적용하기 위한 연구개발 내용은 전무한 상태임.
- ▷ 수축저감 및 내구성 향상을 위한 혼화제와 첨가제에 대한 연구내용 또한 전무한 상태임.

<표 2.5>. 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 관련 특허 현황

특허등록번호	제목	특허권자	내용
10-2005-0103697	플라이애쉬를 사용한 비소성 무기결합재	요업기술원	본 발명은 알칼리 자극제와 플라이애쉬를 사용한 비소성 무기 결합재에 관한 것으로, 국내에서 발생·폐기되는 다량의 플라이 애쉬를 재활용하여 시멘트 및 시멘트 2차 제품을 대체할 수 있는 비소성 무기결합재이다.
10-0741637	시멘트를 사용하지 않은 환경친화형 블록	최경득 (주)콘테크	본 발명은 시멘트를 사용하지 않은 환경친화형 블록 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 그 목적은 기존의 콘크리트 블록이 가지고 있는 환경유해성을 제거하기 위하여 시멘트를 사용하지 않고서도 광물 질만으로 소정의 강도와 내구성능을 갖는 자연친화적인 블록을 제공하는 것이다.
10-0846821	플라이애쉬로부터 지오폴리머 물질을 제조하는 공정	카운슬 오브 사이언티픽 앤드 인더스트리얼 리서치(인도)	본 발명은 플라이 애쉬로부터 지오폴리머 물질을 제조하는 공정을 제공한다. 이 제조공정은 볼 제분기나 버티컬 롤러 제분기에서 가공하지 않은 플라이 애쉬 물질을 분쇄하여 제분하는 단계, 이것을 기계적 혼합기에서 조화시켜 섞는 단계, 칼륨 또는 나트륨의 규산염 또는 수산화물과 같은 알칼리성 활성제와 혼합하는 단계, 및 원하는 형태로 성형한 후 60 내지 250℃의 온도범위에서

			경화하는 단계로 구성된다.
10-0857616	플라이 애쉬 및 고로 수쇄 슬래그로부터 지오폐리머시멘트를 제조하는 방법, 이에 의해 제조되는 지오폐리머시멘트, 및 이에 의한 생산물	카운슬 오브 사이언티픽 앤드 인더스트리얼 리서치(인도)	플라이 애쉬 및 고로 수쇄 슬래그로부터 지오폐리머 시멘트를 제조하는 방법은 플라이 애쉬 및 고로 수쇄 슬래그와 같은 산업 폐기물을 매우 높은 비율(60 내지 95%)로 사용한다. 이 제조방법에서, 고로 수쇄 슬래그는 종래의 그라인딩 제분기 또는 고에너지 제분기에서 미세 분쇄 및/또는 기계적 활성화된다. 고로 수쇄 슬래그의 미세분말 및 분말 형태로 존재하는 플라이 애쉬는 나트륨 또는 칼륨 첨가 알칼리성 활성화제 및 물과 혼합된다. 이렇게 생성된 페이스트는 실온에서 경화되고 이 동안에 플라이 애쉬 및 고로 수쇄 슬래그에 존재하는 실리카 및 알루미나의 용해가 시작된다. 이 초기 용해 후, 상기 페이스트는 60 내지 200℃의 온도범위에서 열처리된다. 이제조방법은 큰 에너지 소비를 필요로 하지 않고 CO2 도 배출하지 않는다. 또한 처리 단계도 간단하고 용이하다.
10-0852215	연탄재의 지오폐리머 반응을 이용한 친환경 에코벽돌 제조방법	한국지질자원연구원	본 발명은 연탄재의 지오폐리머 반응을 이용한 친환경 에코벽돌 제조 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 연탄연소 후 발생한 연탄재에 알칼리 자극제로써 수산화 나트륨 수용액을 사용하여 친환경적이며 성능이 뛰어난 에코벽돌 제조 방법에 관한 것이다.본 발명의 연탄재의 지오폐리머 반응을 이용한 친환경 에코벽돌 제조 방법은 연탄재를 미리 자로 분쇄하는 제 1단계; 상기 연탄재에 수산화나트륨 수용액을 첨가하고 혼합하여 혼합물을 생성하는 제 2단계; 및 상기 혼합물을 성형틀 속에 넣어 가압성형한 후, 양생하는 제 3단계를 포함함에 기술적 특징이 있다.
10-0912931	고강도 콘크리트의 폭렬을 방지하기 위한 상변화 물질 함유내화성 보드용 조성물	한국건설기술연구원	본 발명은 화재에 의한 고강도 콘크리트 부재 표면의 폭렬을 방지하고 구조 안전성 및 내화성능을 확보하기 위한고내화성 보드용 조성물을 개시하고, 구체적으로는 고로(高爐)슬래그(slag) 미분말 20~50 중량%, 동슬래그 40~70중량%, 알칼리 자극제 2.0~7.5 중량% 및 상변화 물질 0.1~0.2 중량%를 함유하는 고내화성 보드용 조성물을 개시한다. 본 발명의 일실시예에 의한 고내화성 보드용 조성물을 사용하면, 고강도 콘크리트 구조물의 내화성능을 향상시킬 수 있고, 화재초기의 수증기압과 열응력에 의해 발생하는 콘크리트 구조물의 폭렬을 예방할 수 있다. 또한 기존의 시공방법의 적용이 가능하기 때문에 이용성이 우수하다. 또한, 본 발명의 일실시예에 의한 고내화성보드용 조성물은 상변화 물질의 축열성능을 이용하여 일상적으로도 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 기능을 부여할 수 있다.

10-2010-00 78592	지오폴리머를 이용한 월레마이트의 제조방법	(주)에람	본 발명은 지오폴리머를 이용한 실리케이트 화합물의 제조방법에 관한 것으로, pH가 13 이상으로 조절된 규산나트륨 수용액 25~50중량%에 규산나트륨 수용액과 동일한 농도의 아연염 수용액 50~75 중량%를 서서히 투입하면서 교반하여 비정질 징크 실리케이트 겔을 얻은 다음, 이를 여과, 수세한 후 건조시킨 다음, 900~1000℃의 온도로 열처리하는 것을 특징으로 하며, 본 발명에 의하여 얻어지는 월레마이트의 결정화 온도는 900~1000℃로서, 졸 겔법이나 연소합성법 등과 유사한 온도이나 고가의 장치를 필요로 하거나 고가의 원료를 사용할 필요가 없으며, 고상법보다는 400℃정도 낮은 온도이다. 또한 본 발명에 의하여 얻어지는 월레마이트는 입자의 크기가 50nm 이내이고 결정입자가 구형이어서 그 적용범위가 매우 넓다.
10-2010-00 90844	도시쓰레기 소각재인 소각비산재와 바닥재를 혼합한 무기바인더의 제조 방법	강원대학교 산학협력단	본 발명은 도시 쓰레기 소각재인 소각비산재와 바닥재를 이용한 콘크리트 제조용 무기바인더 조성물에 관한 것으로, 도시 쓰레기 소각재 10~70 중량%, 고로슬래그 30~90 중량 %의 혼합분말 100 중량부에 대해 규산소다 30~100중량 %로 조성되며, 제조된 무기바인더 내에 calcite상, calcium silicate hydroxide상과 aluminosilicate gel상을 생성하는 것에 의해서 고화되는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 조성에 의해서 혼합한 후 상온~100℃ 온도범위에서 4~24시간 저온 양생을 하는 것만으로도 소각재 내에 중금속이 안정하게 고정화되고, 재령 7일의 압축강도가 20MPa 이상 발휘된다. 또한 본 무기바인더 제조 방법은 기존의 전량 매립 처리되던 쓰레기 소각비산재를 알칼리성 용액 세척법을 통하여 자원으로서의 활용도를 높였으며, 소각재 내에 존재하는 유해 중금속의 안정화가 가능하며, 고온의 양생과정을 거치지 않아 에너지 절감 또한 가능한 도시쓰레기 소각재를 이용한 무기바인더 조성물 및 그 제조 방법에 관한 것이다.
10-0943096	제지애시를 이용한 다기능성 결합재 조성물	장현진 송인선 권수정	본 발명은 제지공장에서 부산물로 발생하는 제지슬러지를 소각 처리한 후 폐기되는 제지애시를 활용한 결합재 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 제지애시를 단독 혹은 활성화제(반응촉진제)를 첨가하여 시멘트를 대체할 수 있는 바인더 혹은 모르타르로 제조하여 시멘트의 단점인 수축균열이 발생하지 않고 제품의 조기응결시간을 유도하며 건조, 습윤에 따른 체적변화, 동결융해에 대한 저항성 향상과 내산성 등의 성질을 가질 수 있도록 하는 친환경적인 다기능성 결합재 조성물에 관한 것이다.
10-0951413	무색소 비시멘트계	경상대학교	본 발명은 친환경적인 비시멘트계 포장용 조성물 및 이를 이용한 포장 시공 방법에 관한 것으로, 보

	콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘 크리트 포장 시공 방법	산학협력단 (주)기스트	다 구체적으로 600 kg/cm ² 이상의 압축강도를 갖는 고강도 마사골재를 포함하는 골재 50~85 중량%; 및 고령도를 600~900℃로 열처리한 후, 분쇄하여 제조되는 활성 고령도를 포함하는 고령도 고화제 15~50 중량%를 함유하는 무색소 비시멘트계 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 포장 시공방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 무색소 비시멘트계 콘크리트를 사용하는 경우, 시멘트 사용으로 인해 발생하는 CO ₂ 가스를 억제하는 효과가 있어 CO ₂ 가스로 유발되는 환경문제를 개선할 수 있는 효과가 있고, 자연친화적인 황토색을 가지면서도 인체에 무해하고 내구성이 우수하여 시공자나 인근 주민들에게 쾌적한 환경을 제공할 수 있는 효과가 있다.
10-0855686	무시멘트 알칼리 활성 결합재	전남대학교 산학협력단	본 발명은 고로슬래그, 플라이애쉬 및 메타카올린 등 산업부산물에 알칼리성 무기질 재료를 적정 첨가한 무시멘트 알칼리 활성 결합재에 관한 것으로, 종래 포틀랜드 시멘트의 문제점인 이산화탄소의 방출을 획기적으로 줄일 수 있어 친환경적일 뿐만 아니라 그 특성도 우수한 무시멘트 알칼리 활성 결합재를 제시하고 있다.
10-0908498	무시멘트 알칼리 활성 벽돌	전남대학교 산학협력단	본 발명은 무시멘트 알칼리 활성 벽돌에 관한 것으로 더욱 상세하게는 고로슬래그, 플라이애쉬 및 메타카올린 중 어느 하나 이상을 포함하는 원재료와 나트륨계를 포함하는 알칼리성 무기질 재료를 포함하는 무시멘트 알칼리 활성 결합재 및 모래 또는 석분을 포함하는 잔골재를 포함하는 무시멘트 알칼리 활성 벽돌에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 종래 포틀랜드 시멘트의 문제점인 이산화탄소의 방출을 획기적으로 줄일 수 있어 친환경적일뿐만 아니라 그 특성도 우수한 무시멘트 알칼리 활성 벽돌을 제공할 수 있다.
10-0908499	무시멘트 알칼리 활성 보강 모르터 의 제조방법	전남대학교 산학협력단	본 발명은 무시멘트 알칼리 활성 보강 모르터의 제조방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 고로 슬래그, 알칼리성 무기질 재료, 수산화칼슘, 멜라닌 감수제 및 붕산염을 포함하는 무시멘트 알칼리 활성 결합제에 건조모래와 물을 혼합하여 모르터를 제조함으로써 초기 유동성은 크고 시간의 흐름에 따른 유동성 손실은 작은 한편, 압축강도는 낮아 건축물의 보수 보강에 적합한 무시멘트 알칼리 활성 보강 모르터의 제조방법에 관한 것이다.
10-2010-00 23452	석탄회를 이용한 무시멘트 콘크리트 의 제조방법	한국건설기 술연구원	본 발명은 석탄회를 이용한 무시멘트 콘크리트의 제조방법에 관한 것으로 그 목적하는 바는, 제조 시 이산화탄소를 다량으로 배출하는 시멘트 대신에 결합재로서 적절한 분말도로 조정된 화력발전소의 부산물인 석탄회를 적용하고, 또한 활성화제로서

			적정비율의 NaOH와 쇼독실리케이트를 적용함으로써, 일반 콘크리트와 비교하여 동등 이상의 품질을 보이는 무시멘트 콘크리트의 제조방법을 제공하고자 하는데 있다. 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 석탄회를 이용한 무시멘트 콘크리트의 제조방법은 배합원료로서 결합재, 활성화제, 잔골재, 굵은골재, 물 및 고성능감수제를 포함하고, 이들 배합원료를 배합하고, 교반하는 과정과 양생하는 과정을 거쳐 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 상기 결합재는 분말도 5,000~10,000cm ² /g의 석탄회로 구성되는 것이며, 상기 활성화제는 6~15Mole NaOH와 쇼독실리케이트가 중량비로 0.75:1.25~1.25:0.75의 비율로 구성되는 것임을 특징으로 한다.
10-2010-00 23453	플라이애쉬와 고로슬래그를 이용한 무시멘트 콘크리트의 제조방법	한국건설기술연구원	제조 시 이산화탄소를 다량으로 배출하는 시멘트 대신에 결합재로서 적정비율의 플라이애쉬와 고로슬래그를 동시에 적용하고, 또한 활성화제로서 적정비율의 NaOH와 쇼독실리케이트를 적용하여, 작업성이 우수하고 상온양생 가능한 압축강도 20~80MPa급의 무시멘트 콘크리트의 제조방법을 제공하고자 하는데 있다. 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 배합원료로서 결합재, 활성화제, 잔골재, 굵은골재, 물 및 고성능감수제를 포함하고, 이들 배합원료를 배합하고, 교반하는 과정과 양생하는 과정을 거쳐 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 상기 결합재는 분말도 2,000~4,000cm ² /g의 플라이애쉬와 3,000~5,000cm ² /g의 고로슬래그가 중량비로 90:10~30:70의 비율로 구성되는 것이며, 상기 활성화제는 6~12Mole NaOH와 쇼독실리케이트가 중량비로 0.75:1.25~1.25:0.75의 비율로 구성되는 것임을 특징으로 한다.
10-2010-00 37889	결합재로 폐유리 미분말과 플라이애쉬를 이용한 무시멘트 콘크리트의 제조방법	한국건설기술연구원	본 발명은 폐유리 미분말과 플라이애쉬를 이용한 무시멘트 콘크리트의 제조방법에 관한 것으로, 그 목적하는 바는 제조 시 이산화탄소를 다량으로 배출하는 시멘트 대신에 결합재로서 적정비율의 산업폐기물인 폐유리미분말과 화력발전소의 부산물인 플라이애쉬를 동시에 적용하고, 또한 활성화제로서 적정비율의 NaOH와 쇼독실리케이트를 적용하여, 작업성이 우수하고 압축강도 20~60MPa급의 무시멘트 콘크리트의 제조방법을 제공하고자 하는데 있다. 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 배합원료로서 결합재, 활성화제, 잔골재, 굵은골재, 물 및 고성능감수제를 포함하고, 이들 배합원료를 배합하고, 교반하는 과정과 40~60℃에서 0.5~1일의 양생하는 과정을 거쳐 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 상기 결합재는 분말도 2,000~4,000cm ² /g의 폐유리 미분말과 2,000~5,000cm ² /g의 플라이

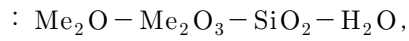
			애쉬가 중량비로 3:97~20:80의 비율로 구성되는 것이며, 상기 활성화제는 6~12Mole NaOH와 쇼돔 실리케이트가 중량비로 0.75:1.25~1.25:0.75의 비율로 구성되는 것임을 특징으로 한다.
10-2010-0090054	무시멘트 알칼리 활성화 모르터 제조 방법	전남대학교 산학협력단	본 발명은 고로슬래그 또는 플라이애쉬를 포함하는 원재료와 나트륨계를 포함하는 알칼리성 무기질 재료를 포함하는 알칼리 활성화 결합재, 물 및 모래를 혼합하여 무시멘트 알칼리 활성화 모르터를 제조함에 있어 상기 무시멘트 알칼리 활성화 모르터의 초기 플로우, 28일 압축강도 및 압축 강도 발현 모델에 따라 상기 알칼리성 활성화결합재, 물 및 모래의 혼합 비율을 선택할 수 있도록 하는 무시멘트 알칼리 활성화 모르터 제조 방법에 관한 것이다.
10-0942032	무시멘트 알칼리 활성화결합재, 상기 결합재를 포함하는 무시멘트 알칼리 활성화 모르터, 콘크리트 및 콘크리트 제품	전남대학교 산학협력단	본 발명은 무시멘트 알칼리 활성화결합재에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 작업성과 강도의 안전성을 높이고 콘크리트 내의 Na ₂ O와 K ₂ O의 총량을 감소시킴으로써 알칼리-골재 반응을 억제할 수 있는 조성의 무시멘트 알칼리 활성화 결합재, 상기 결합재를 포함하는 모르터, 상기 결합재를 포함하는 콘크리트, 그 콘크리트로 제조된 콘크리트2차제품 등에 관한 것이다.
10-2011-0000441	무시멘트 알칼리 활성화 조적 제품	전남대학교 산학협력단	본 발명은 무시멘트 알칼리 결합재를 사용한 조적 제품에 관한 것으로 보다 구체적으로는 시멘트를 대체하여 고로슬래그, 플라이애쉬 또는 메타카올린 중 어느 하나 이상을 포함하는 원재료와 나트륨비 함유 무기질재료 및/또는 나트륨계 알칼리성 무기질재료를 포함하는 무시멘트 알칼리 활성화 결합재를 포함하는 알칼리 활성화 조적제품에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 알칼리 골재 반응, 급결 및 강도 발현 특성 등의 성능을 제어하여 보다 안정적인 강도발현과 작업성 및 내구성을 확보한 조적제품을 제공할 수 있다.

○ 국외 연구개발 동향

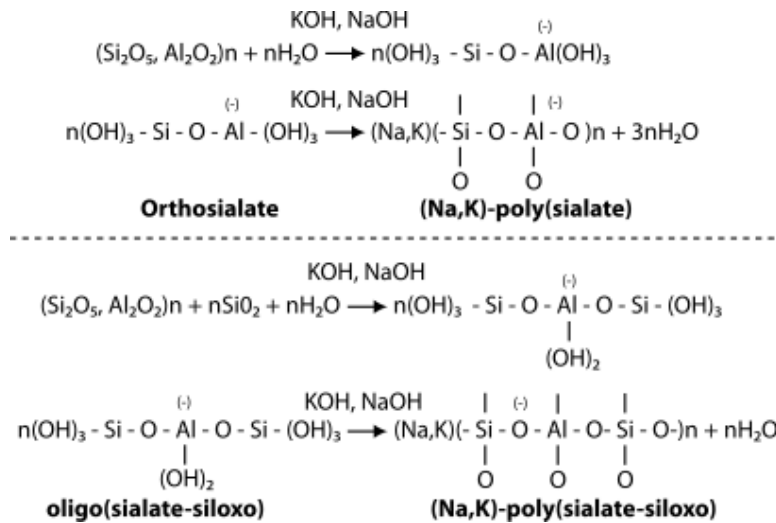
- ▷ 1930년 Kuhl은 슬래그에 가성칼륨(potash)을 첨가하여 응결 거동을 분석하였으며, 이것이 최초의 알칼리 활성화 시멘트 콘크리트 연구인 것으로 보고되고 있음.
- ▷ 1937년 Chassevent는 슬래그에 가성칼륨과 소다(soda) 수용액을 섞어 반응성을 평가하였음.
- ▷ 1940년 Purdon은 슬래그와 가성소다 또는 슬래그와 나트륨계열의 알칼리 성분으로 구성된 클링커 프리 시멘트 연구를 진행하였음.
- ▷ 1950년 Glukhovsk는 낮은 칼슘 또는 칼슘이 전혀 함유되어 있지 않은 aluminosilicate(점토)에 알칼리 수용액을 섞어 바인더를 제조할 수 있다는 것을

발견하였음.

- ▷ Glukhovsk는 이를 ‘soil cement’ 또는 ‘soil silicates’로 불렀으며, 이 바인더는 두 가지 그룹으로 나눌 수 있음.



- ▷ 1981년 Davidovits는 카올리나이트(kaolinite), 석회석, 백운석을 고온에서 섞은 혼합물에 알칼리 성분을 첨가한 바인더를 개발하였으며, 이를 ‘지오폴리머 (geopolymer)’라 불렀음.



<그림 2.12> 지오폴리머의 반응 메커니즘

- ▷ 구 소련에서는 1989년까지 3백만m³ 정도의 알칼리 활성 시멘트 콘크리트가 사용되었음.
- ▷ 우크라이나의 Kiev 시멘트 공장은 100MPa 이상의 알칼리 활성 시멘트 콘크리트를 생산하여 구조체에 적용하였음.
- ▷ 걸프전 당시 미군은 사우디아라비아의 황무지에 군사용 공항을 건설하는데 공기를 단축하기 위해 알칼리 활성 시멘트 콘크리트를 사용하였고, 기름 저장 탱크를 사용하는데 이를 부분적으로 사용하였음.
- ▷ 중국에서는 높은 초기강도가 요구되는 공항, 염해피해가 우려되는 항구 및 호수, 내산성이 요구되는 화학공장 및 건설공사 등의 인프라 시설물들에 알칼리 활성 시멘트 콘크리트를 적용하고 있음.
- ▷ 또한 루마니아, 불가리아, 핀란드 및 폴란드에서는 15~25년 전부터 도로, 터널, 건축물 등에 알칼리 활성 시멘트 콘크리트를 적용하고 있음.
- ▷ 그러나, 전반적으로 알카리 활성 시멘트 콘크리트에 대한 적용 실적이 많지 않음.

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

○ 폴리머 콘크리트를 이용한 공항포장 유지보수 공법 개발

- ▷ 콘크리트 포장 분야에서는 시멘트 대체 재료로서 폴리머를 적용하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있음. 한국도로공사의 “스마트하이웨이 사업단”에서는 폴리머콘크리트를 교면 포장에 활용하는 연구를 추진 중에 있으며, 이와 관련한 시험 포장 등을 수행한 사례가 있음.
- ▷ 미국 텍사스
 - 2000~2009년 미국 텍사스 교통국에서 폴리머 콘크리트를 연구하는데 줄눈 콘크리트 구간에서 우레탄과 에폭시 두가지 종류를 사용하였음.

<표 2.6> 콘크리트포장의 패치작업에 대한 재료 기준(DMS 6170)

Test	Method	Type I	Type II
Gel time, min	Tex-614-J, testing epoxy materials	5 min-60 max	1 min-60 max
Wet bond strength to concrete, psi	Tex-618-J, testing elastomeric concrete	100 min	250 min
Compressive strength 24 h, psi	ASTM "C 579, standard test methods for compressive strength of chemical resistant mortars, grouts, monolithic surfacing and polymer concretes"	200 min	2000 min
Compressive stress @ 0.1 in., 7 days, psi	Tex-618-J, testing elastomeric concrete	200 min	2000 min
Resilience, %	Tex-618-J, testing elastomeric concrete	90 min	65 min
Thermal compatibility one cycle is 8 h @ 60°C followed by 16 h @ -21°C determine results after 9 cycles.	ASTM "C884/ C884 M, standard test method for thermal compatibility between concrete and an epoxy-resin overlay," with modifications	No delamination or cracking	No delamination or cracking

Type I is a flexible material with high resilience properties.

Type II is a semi-rigid material with a high compressive strength.

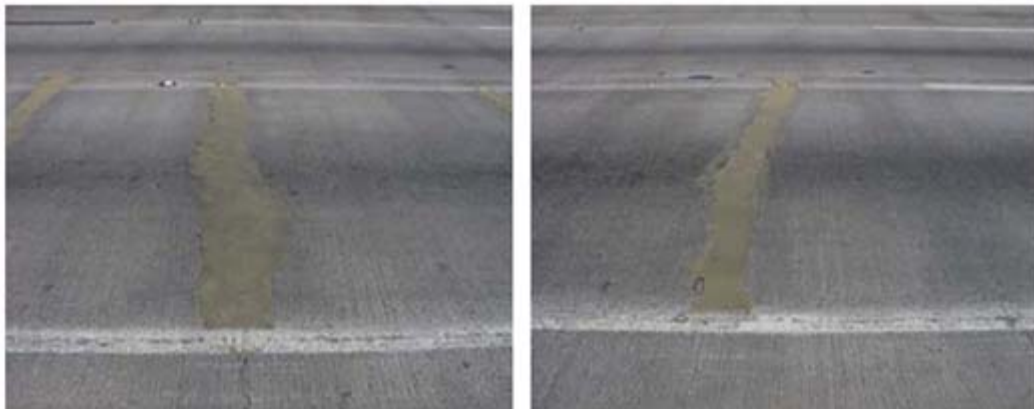
- Type I는 고 탄성의 연성 재료이고 Type II 높은 압축강도를 갖고 있는 semi-rigid재료임. 재료 A와 재료 B는 두가지 화학 성분으로 반응하여 형성됨. 온·습도는 포설 시 가장 중요한 요소로서 양생시간에 영향을 줌. 대부분의 epoxies and polyurethanes의 표준양생온도는 21°C인데 온도 값이 5°C씩 떨어질 때 마다 콘크리트의 성수기간은 두 배로 늘어남. 예를 들어 패치작업은 11°C에서 실행하였으며 21°C에 비해 양생시간이 4배 정도 길어짐. 온도가 5°C이하로 떨어질 경우는 대부분 epoxies과 polyurethanes의 화학 반응은 이루어지지 못 함. 이를 경우에는 믹싱과정에서 가열하여 재료가 굳을 때 까지 온도를 유지해줌. 설치온도가 10°C~20°C 사이의 경우는 대부분 epoxies과 polyurethanes는 1~3시간만으로 만족한 강도를 얻을 수 있음. 이를 통해 빠른 교통개방을 실행할 수 있음. Pot Life는 재료특성을 언급하는데 응결시간과 같이 사용되 그것을 재료 사용되기 전의 지속된 시간을 말함. 복구절차에서 분리된 콘크리트를 제거하는데 13kg 이하 잭 햄머를 사용하는 일반적임. 너무 큰 잭 햄머를 사용할 경우는

microcracking을 통해서 포장에 손상을 입힐 수 있음.



<그림 2.15> 복구 3년 후 콘크리트 포장 상태(재료 B)

- 텍사스 교통국 프로젝트 결론에 의하면 PDR작업하기 전에 적절한 재료의 선택이 중요함. CRCP에서 지속적으로 spalls을 복구해왔음. 그러나 재료 A를 PDR에 사용한 경우 작은 유지보수가 필요하였음. 보수 한계가 있는 재료 분리된 구역에서 chip-and-patch방법은 saw-and-patch과 동작하는 것을 발견하였음. 심지어 20년 이상 교통량이 6백만 ESALs의 포장에서 공용 9년 이상인데도 재료 A가 큰 이상이 없었음. 재료 B는 줄눈 콘크리트 포장 및 CRCP의 심각한 균열에서 사용하였으나 중 하중에서도 좋은 공용성을 확보.



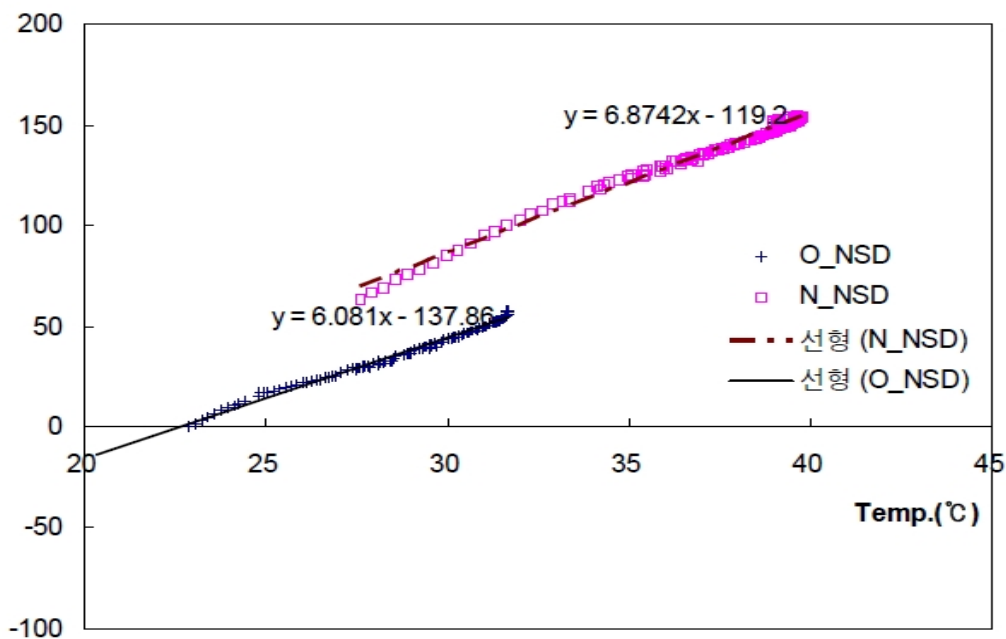
<그림 2.16> 미국 텍사스 US290 도로의 재료A의 성능 (공용 9 년 이후)

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

- 현장 시험시공은 2009년 4월 18~21일에 걸쳐 제주국제공항의 확장공사 구간에서 진행하였음. 시공 후 비행기들이 이용할 것을 고려하여 계측 시스템이 장애물이 되지 않도록 가장 자리에 시공 구간을 선정하였음. 현장의 단면은 길이와 폭이 6

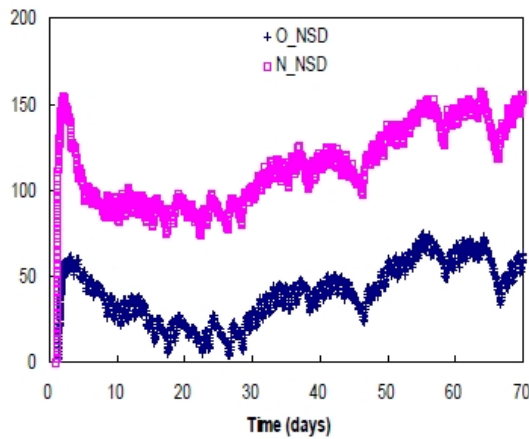
m의 정사각형 형태이며, 단면 조건은 표층 43 cm, Black Base 5 cm, 린 콘크리트 20 cm 임. (최준용, 2009).

- 초기에 온도 변화가 큰 부분의 데이터를 이용하여 열팽창계수를 구하였으며, 그 결과를 도시한 것이 <그림 2.17>임. 플라이 애쉬가 포함된 최적배합의 열팽창계수(O_NSD)가 $6.08 \mu\epsilon/^\circ\text{C}$ 인 반면 일반 배합 구간(N_NSD)은 $6.87 \mu\epsilon/^\circ\text{C}$ 로 약 10% 정도의 차이가 나타났음. 이는 재료의 실내 시험 결과에서 알 수 있듯이 최적배합은 시멘트 함량이 상대적으로 낮고 골재 비율이 증가하여 전반적으로 열팽창계수가 낮기 때문임.

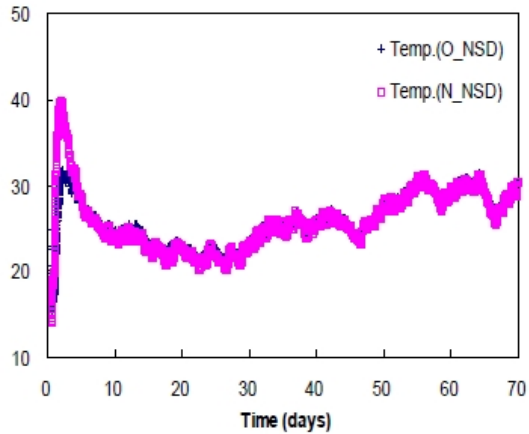


<그림 2.17> 시공 초기 열팽창계수 변화

- <그림 2.18><그림 2.19>은 배합 간의 건조수축 경향을 분석한 자료이며 여기서 건조수축은 온도변화에 대한 것을 포함한 것으로 두 재료의 상대적인 변화를 검토한 것임. 시멘트의 함량이 낮은 최적 배합 구간의 재료(O_NSD)는 상대적으로 시멘트 함량이 높은 일반 배합 구간의 재료(N_NSD)보다 재령 초기의 건조수축이 더 적은 것으로 나타났음. 특히, 시공 후 1~2 일 내의 변형률 변화 차이는 재료적인 차이로 인해 일반 배합 구간의 수화반응 더 활발하고 내부 온도가 더 높았기 때문임.



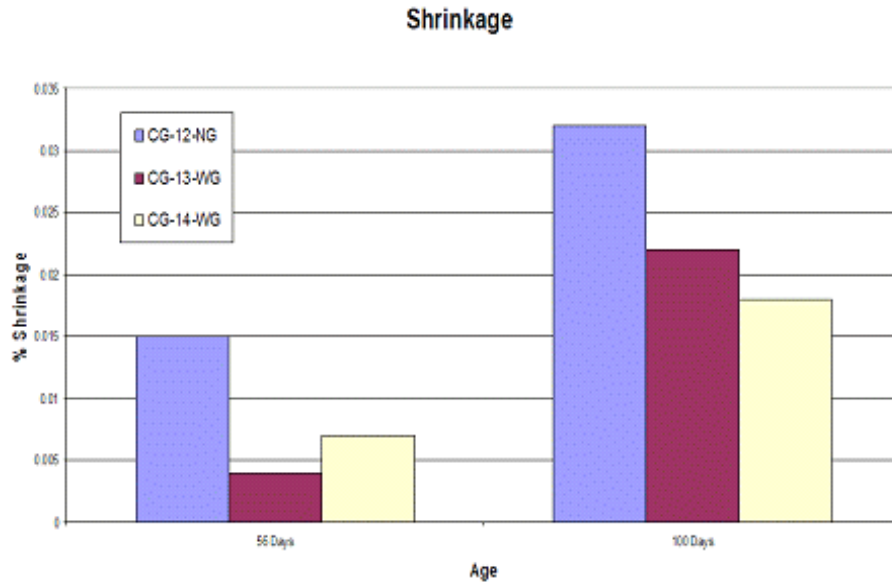
<그림 2.18> 시공초기 건조수축변화



<그림 2.19> 시공초기 온도변화

○ 미국 텍사스

- ▷ <그림 2.20>은 텍사스 교통국(TXDOT)에서 실험한 내용으로 콘크리트 재령 56일과 100일에 대한 건조수축을 나타내고 있으며 최적배합(CG-13-WG, CG-14-WG)이 일반배합(CG-12-Normal Grade)보다 적은 건조수축을 나타낼 수 있음.
- ▷ 최적배합을 콘크리트포장에 적용할 경우 골재의 맞물림과 더불어 공극을 최소화하므로 강도가 증가하고 내구성이 증가함. 텍사스 교통국(TxDOT)에서 실험한 내용으로 시간에 따른 다양한 배합의 강도 발현을 보여주고 있음. 여기서 제일 아래 위치한 선이 일반 배합이고 그 위의 선들은 골재입도를 다르게 함으로써 최적배합의 강도가 달라지는 것을 보여주고 있음. (Won, 2005)
- ▷ 최근에는 최적배합 개념에 내구성 부분을 보완하기 위하여 시멘트의 일부를 플라이애쉬로 치환하여 사용하고 있음. 플라이애쉬(Flyash)란 석탄 화력 발전소에서 미분탄을 약 1,400~1,500℃의 고열로 연소시켰을 때 발생하는 분말로써 플라이애쉬는 포졸란 반응이 극히 크며 입자의 비표면적이 시멘트와 거의 비슷하여 장기강도 확보, 내구성 증진 및 건조수축 저감에 좋은 재료이며, 알칼리 골재반응 억제, 내투수성 증가 및 작업성 개선에도 좋은 재료로 알려져 있음.



<그림 2.20> 콘크리트 재령 56일과 100일에 대한 건조수축

2. 공항포장 운영 및 유지관리 기술 분야

2-1세세부. 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

○ 공항부지의 스마트 유지관리 기술

▷ 국내 연구개발 동향

- 엄병식 외(2000)는 증가되는 항공교통량에 대해서 효율적으로 공항포장을 관리하기 위해서는 포장상태를 정기적으로 모니터링 할 필요가 있으며, 이를 위하여 국내에서는 모든 공항에 대해 5년 주기로 포장평가를 실시하고 있음. 그러나 현재까지 사용된 기존의 포장 평가방법은 설계차트에 의한 원시적인 방법으로서 실제상황을 잘 반영하지 못한다라는 것이 문제점으로 지적되어 왔음. 과거의 설계차트에 의한 포장 평가방법과 새로이 국내에 적용된 외국의 해석적인 포장 평가방법을 비교, 분석함으로써 각 방법별 차이점을 제시하였고 또한 “P” 공항에 대한 실제 사례 연구를 통해 각 방법별 허용하중 결과를 산출하였고 장단점을 분석하였음. 그 결과 포장의 구조적 지지력 평가는 설계차트를 이용하는 것보다 해석적 접근방법이 더 논리적인 접근인 것으로 분석되었음.
- 안덕순 외(2002)는 과거 40년 공용된 공항의 포장상태 자료와 교통량 자료를 이용하여 재령과 포장상태지수(PCI)와의 관계, 교통량과 포장상태지수와의 관계를 분석하여 공항포장의 활주로에 대한 포장파손예측모형을 포장형

식별로 회귀분석을 통해 모형을 개발하였다. 그리고 회귀분석으로 개발된 모형과 포장관리체계 프로그램인 Micro PAVER를 이용하여 개발된 모형과의 비교평가를 수행하였음. 그 결과 누적교통량을 독립변수로 하는 것이 재령을 독립변수로 하는 것 보다 더 좋은 모형을 도출할수 있음을 알수 있었음

2-2세세부. 지속가능한 녹색공항 재시공 공법 개발

○ 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발

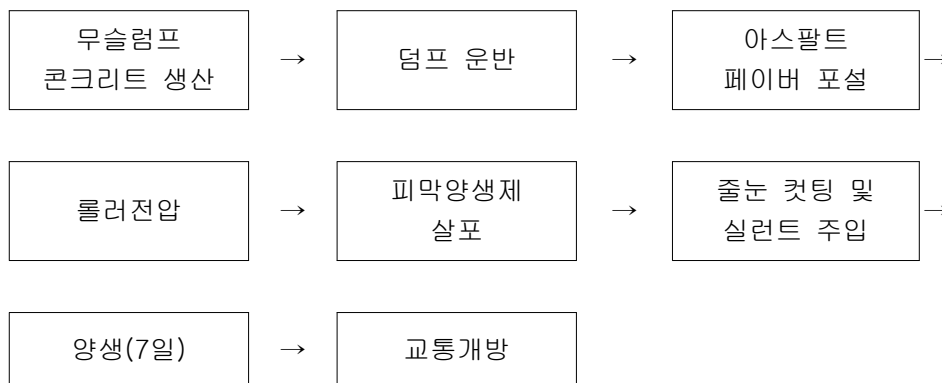
- ▷ 이진용은 노후된 시멘트 콘크리트 포장재료의 재활용에 관해 2000년 당시의 재생골재의 국내 현황을 특별논단으로서 보고한 바 있음. 흡수성이 천연골재에 비해 2-5배에 달하며 공기량이 보통 콘크리트에 비해 많이 포함하고 있어서 품질관리 측면에서 어려운 점을 지적하였음. 재생골재를 국내외에서 꺼리는 이유로서 제도상의 문제점을 제기하였음. 따라서 품질기준과 인센티브의 필요성 및 정부 주도의 재활용 모델사업을 실시하여 기술적 문제를 해결하고 수요처 확보 및 홍보가 필요함을 역설하였음.(이진용, 2000)
- ▷ 2000~2003년간 첨단도로연구센터에서 수행된 건설폐기물의 도로재료로의 재활용 연구를 통해 재생골재를 사용하여 도로 기층 재료로 활용하기 위해 실내시험을 통해 기초물성 연구를 수행한 바 있음. 환경부 및 건설교통부의 순환골재에 대한 기준 및 공청회를 통해 당시 순환골재 사용에 대한 제도상의 문제점을 논의하였음. (양성철 등, 2010)
- ▷ 2000~2001년에는 중소기업청 연구과제로 임유진 등에 의해 폐콘크리트 분쇄물의 도로 노상토 및 보조기층재료 사용을 위한 기술개발 연구의 일환으로 다짐도에 대한 연구가 집중적으로 이루어 졌음.(양성철 등, 2010)
- ▷ 김진철 등은 2003~2004년에 한국도로공사 자체연구과제로서 폐콘크리트의 용도별 재활용방안과 현장적용성에 대한 실용화 연구사업으로서 재생골재를 서울 외곽순환고속도로 퇴계원 IC의 이면도로의 기층에 빈배합 콘크리트로 적용한 바 있음. 이후 추가로 2건을 기층에 적용한 실적이 있는 것으로 알려짐.(김진철 등, 2004)
- ▷ 현 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 시행규칙에 따라 보조기층까지 사용이 의무로서 부과된 것을 본 연구를 통해 기층까지 끌어올리는 연구를 수행코자 함. 퇴계원 등에 적용된 배합을 기준으로 하여 현재로서는 순환골재에 관한 빈배합 콘크리트 기준이 상당히 약화되어 있어서 사용하는데 무리가 없을 것으로 판단 됨.

- ▷ 이병철 등은 판교 부근의 부체도로에 1995년 7월경에 RCCP(롤러전압 콘크리트포장)를 표층에 설치하였음. 보통 고속도로의 부체도로, 농로 등 이설도로의 포장층은 시멘트 콘크리트 포장 (두께: 200 mm, 횡방향 줄눈 6m)으로 인력 시공하므로 시공성의 문제와 공사비 증가의 원인이 되고 있어 롤러 전압 콘크리트 포장공법<표 2.7참조>이 그 대안이 될 수 있었음. 수회의 추적조사 결과 2-3년 후의 공용성 조사될 시점까지 양호한 것으로 나타났음. (이병철 등, 1996)



<그림 2.21> RCC 포장공법

<표 2.7> 롤러 전압 콘크리트포장 시공 흐름도



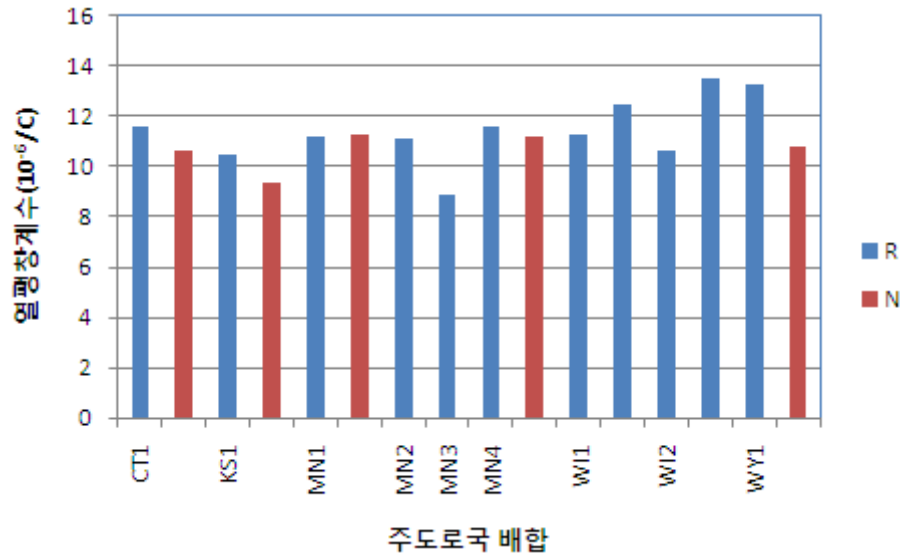
- ▷ 엄주용 등(2007)은 고기능성 2층포설 콘크리트포장 공법 개발에 관한 일환으로서 2층포설 공법의 도입 및 기술, 경제적 타당성을 검토하였음. 2차례의 시험시공을 통해 현장 공용성을 평가하였음. 복층포설 공법의 장점으로는 재생골재 또는 저급골재를 사용하므로 환경 친화적이고 경제적이며, 표층의 재료선택에 따라 포장체의 내구성과 기능성을 증진시킬 수 있다는 것임. (양성철 등, 2010)

- ▷ 최근 들어 전 세계적으로 도로 및 공항의 건설과 관련해서 자원의 재활용, 환경보존, 에너지 소비 절감 등 사회경제 및 환경적인 영향을 고려한 지속가능한 녹색 공법의 개발과 적용에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있음. 이와 같은 녹색 공법의 일환으로 도로 및 공항 포장의 재시공 시 노후화된 기존 포장체를 현장에서 직접 재활용하는 기술이 각광받고 있으며, 보다 효과적인 현장 재활용을 위한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있음. (Hall et al., 2007, US Tour, 1992)
- ▷ 재생골재의 사용이 활발히 이루어지고 있는 미국의 경우에는 연방정부의 지원과 재생 건설재료 전문 연구기관 등의 연구수행을 통해 재생골재와 그 혼합물의 공학적 특성과 재생골재를 사용한 포장체의 거동에 대한 기본적인 연구는 이미 많은 부분이 이루어져 있음. (RMRC, 2004)
- ▷ 미국에서는 기존 포장체를 이용한 재생골재의 현지 생산을 위한 관련 장비의 개발과 이를 현장에서 효과적으로 재활용하기 위한 녹색 공법의 개발에 대해서는 현재 다양한 연구가 진행 중에 있음. (그림 2.22 참조)



<그림 2.22> 도로 및 공항 포장의 현장 Recycling 장비

- ▷ 최근의 연구결과를 바탕으로 미국 연방 항공청(FAA)에서는 현장에서 생산된 재생 골재를 신설 공항 포장의 입상 기층 (Aggregate Base), 시멘트 처리 기층 (Cement Treated Base), 린콘크리트 기층, 또는 표층 콘크리트 등에 사용하는 것을 허용하고 있으며, 각 사용 목적에 따라 현장 재생 골재의 생산 과정과 요구되는 품질 기준을 다르게 규정하고 있음. (FAA, 2007)
- ▷ 미국 캔자스 주에서는 노후 콘크리트 포장의 효과적인 현장 재생 및 재활용을 위한 일체식 포장 재생 장비의 개발에 대한 연구를 수행 중에 있으며, 현재 2 단계로서 장비의 세부 설계 및 제작에 대한 과업이 진행 중에 있음. (Pauls and Reddi, 2008)
- ▷ 미국 콜로라도 주의 덴버 국제공항에서는 apron지역의 노후 된 콘크리트 포장을 현장에서 재생산하여 신설 롤러 전압 콘크리트포장의 기층과 표층에 활용하였으며, 이를 통해 비용-효과적인 측면에서 만족스러운 성과를 얻었음. (Johnson, 2008)
- ▷ 미국 캘리포니아의 로스앤젤레스 국제공항에서는 최근 환경 및 경제적인 영향을 고려한 지속가능한 녹색 공항 포장 건설을 위한 지침을 마련하여 현장 재생 골재의 재활용을 적극 권장하고 있음. 또한 이와 같은 지침의 실질적인 적용을 위해 공사 시 현장 재생골재의 활용률에 따라 가산점을 주고 공사비 혜택을 주는 등의 정책적인 지원을 실시함. (LAWA, 2010)
- ▷ 그 밖에 Bognacki와 Pirozzi (2007) 는 뉴욕 케네디 공항의 taxiway 확장공사 시 기존 콘크리트 포장을 신설 포장의 기층으로 재활용하는 방안을 연구하여 적용하였으며, Velez-Vega 와 Bardt (2010) 는 플로리다 주의 크고 작은 공항에서 적용된 현장 재생골재의 재활용 경험과 공용성을 비교 분석하여 현장 재생골재를 사용한 지속가능한 녹색 공항 포장 공법의 활용 가능성을 재확인하였음.
- ▷ 여러 주 도로국의 순환골재(<그림 2.23>의 R) 및 자연골재(<그림 2.23>의 N)에 대한 열팽창계수의 차이가 있는 것으로 보고됨. 이는 순환골재에 붙어있는 물탈이 영향을 미치는 것으로 파악됨.



<그림 2.23> 미국 주 도로국 배합별 순환골재(R)와 자연골재(N) 배합의 열팽창계수

- ▷ RMRC의 Sobhan등의 연구에서는 기층에 사용할 목적으로 1.25%의 폴리에틸렌 섬유를 사용하였으며 시멘트 및 플라이애시를 8%까지 혼합하여 실내시험으로서 휨강도, 할렬인장강도를 통해 안정적인 강도를 획득하였고 피로강도를 측정하였음. (Sobhan등, 2000, <그림 2.34> 참조)

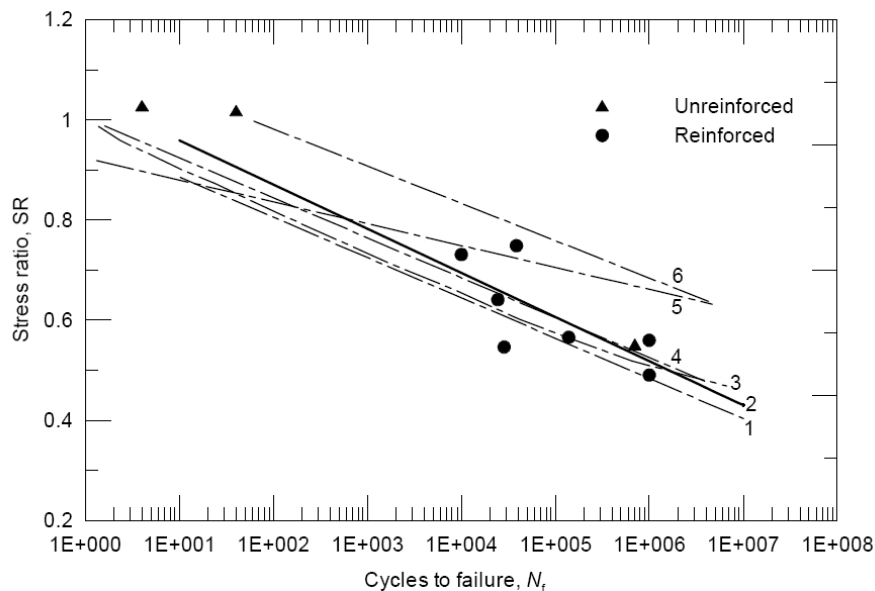


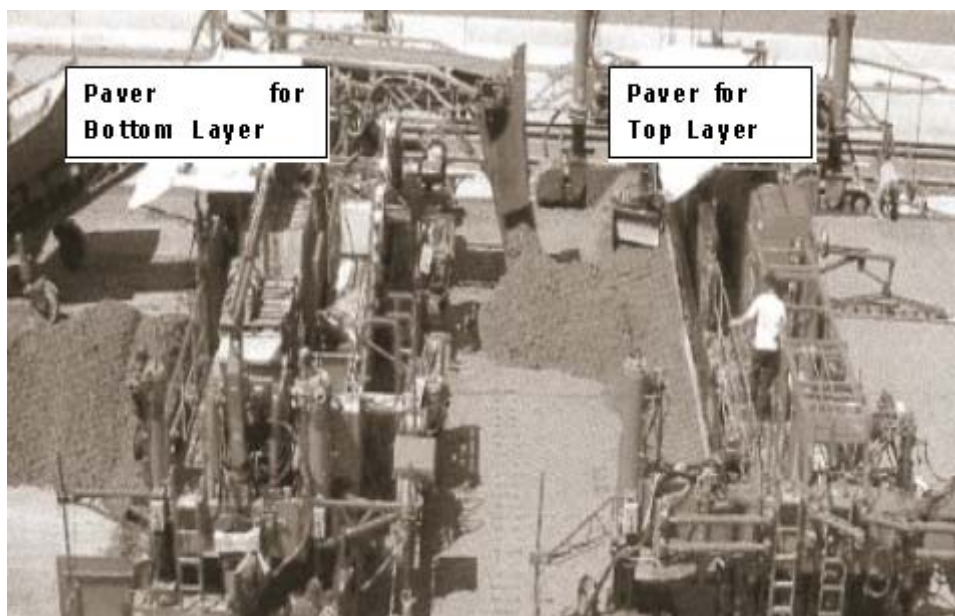
Figure 20. Stress ratio versus number of cycles to failure for various stabilized pavement materials: 1.HSSB materials, 2. Fiber reinforced recycled aggregates, 3.Concrete, 4.Lime-fly ash, 5.Soil-cement, and 6.Lean-concrete.

<그림 2.34> 기층용 RCA 콘크리트의 피로강도 결과(Sobhan, 2000)

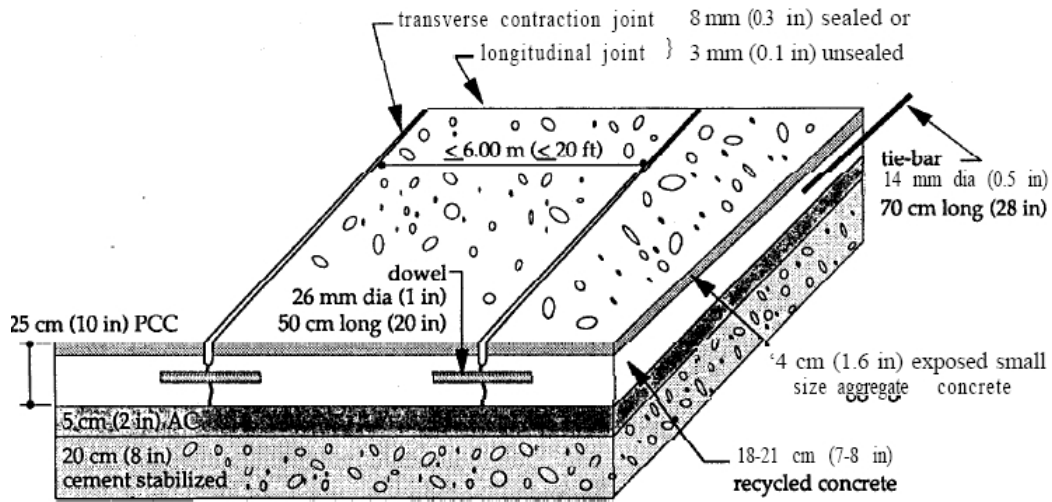
- ▷ 독일, 오스트리아, 프랑스, 벨기에에는 기존 콘크리트 포장 슬래브를 재생하여 빈

배합 콘크리트 기층에 사용되고 있음. 오스트리아는 단가를 저감하기 위한 일환으로 표층에 사용한 실적이 있음. 프랑스는 1976년 이후에 린콘크리트에 성공적으로 사용되었음.(한국도로학회 도로분과위원회, 2004, Hall et al., 2007) EU 시험방법에 따라 재생골재의 소정의 마모시험이 요구됨.(Hall et al., 2007) 오스트리아는 콘크리트 슬래브가 제거되는 경우 최대 4~32mm 골재 이내로 재생되어 사용되며 실내시험결과 기존의 콘크리트포장에서 재생된 골재의 특성이 다른 자연 골재보다 우수한 것으로 보고됨. (윤경구 등, 2000)

- ▷ Two lift 포장공법(<그림 2.25~2.26> 참조)은 이미 1950년대 이전 유럽의 국가들을 중심으로 하부층에 저급재료를 상부층에는 고급 기능성재를 이용한 복합형 포장공법임. 미국에서는 1970년대 이전까지는 공사비용의 부담 등으로 Two-lift 공법의 적용이 제한적이었지만 최근 들어 자원의 고갈(특히 고급골재의 부족)에 따른 재료비용의 증가와 도로 이용자들이 요구하는 서비스수준의 증가 등으로 인해 이 공법이 가지고 있는 장점이 다시 부각되면서 그 적용성에 대한 재평가가 본격적으로 이루어지고 있음. 특히 2000년대 후반부터는 미국 콘크리트포장의 CP ROAD MAP(10개년 250만불 연구)에 따라 새로운 시공 장비의 개발과 신재료의 개발을 포함한 복층포설공법의 적용에 집중적으로 투자하고 있는 실정임. (양성철등, 2010)



<그림 2.25> 오스트리아의 복층포설 콘크리트포장 시공 (wet on wet)



<그림 2.26> 오스트리아 JCP의 재시공 포장단면(윤경구 등, 2000)

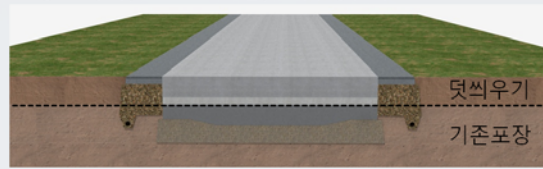
○ 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용

▷ 국내 공항의 포장역사가 짧아 공항포장의 재시공 사례는 민간공항의 재포장 사업은 현재까지 없었으며 연성포장의 덧씌우기만 시행이 되었으며, 주로 군기지의 활주로 재포장사업이 주를 이루고 있음.

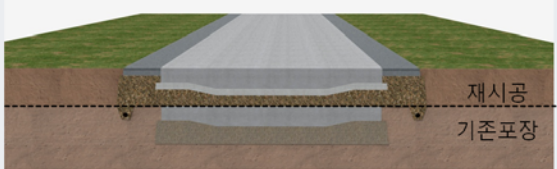
<표 2.8> 2000년 이후 이루어진 활주로 재포장

기지명	활주로	준공년도	적용된 공법
수원기지	15L/33R(2,743m)	2004	덧씌우기(Overlay) 공법 적용
대구기지	13R/31L(2,743m)	2006	기존 포장 활용 재시공 공법
김해기지	18L/36R(2,743m)	2010	철거 후 재시공 공법 적용

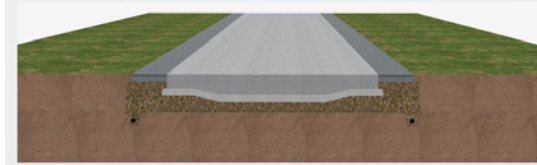
○ 수원기지(2004년 준공) : 덧씌우기



○ 대구기지(2006년 준공) : 기존 포장 활용 재시공

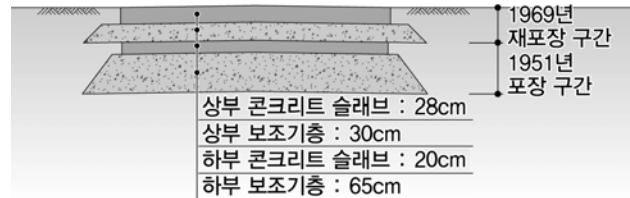


○ 김해기지(2010년 준공) : 철거 후 재시공



<그림 2.27> 활주로 재포장 단면도

- ▷ 수원기지는 샌드위치포장의 덧씌우기 공법(그림 2.28)을 적용하였고, 대구기지는 2006년 재시공 이전에도 기존 포장을 제거하지 않고 동일한 공법으로 시공하여 35년간 공용한 사례가 있음.



<그림 2.28> 수원기지 세부 단면도

- ▷ 김해기지는 기존 콘크리트 슬래브를 제거하고 포장을 재시공하였음. 제거된 콘크리트 슬래브는 이동식 크랏샤를 이용하여 100mm 이하로 파쇄하여 노상재 및 연약지반처리용의 PL토로 활용하였음.



<그림 2.29> 김해기지 현장 크랏샤 전경

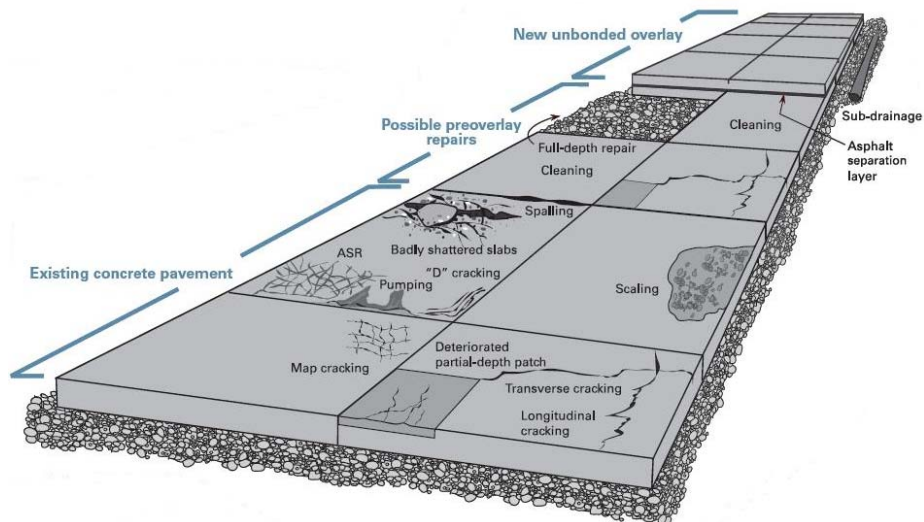
- ▷ 서영찬(2000)은 국내 콘크리트포장 기술 현황 및 발전방향으로서 UBCO 공법의 특성에 대해 발표하였음. 이는 덧씌우기 포장층을 기존 포장으로부터 완전히 분리시킴으로서 기존포장 결함부가 덧씌우기층의 거동에 영향을 주지 않도록 하는 공법임. UBCO는 기존 슬래브에 있던 결함이 덧씌우기층에 영향을 주는 것을 분리층(20~30mm)으로 완전히 차단함으로 반사균열을 막음과 동시에 두 포장체의 거동을 완전 분리시키며 덧씌우기층의 줄눈을 기존 포장의 줄눈과 일치시킬 필요가 없는 경우에 사용함.

- ▷ Harrington(2008)은 UBCO를 설치하기 전의 기존 포장의 결함 (단차, 스폴링,

펌핑, 배수조건 등, <그림 2.30>)에 따라 <표 2.9>과 같이 보수 가이드라인을 제시하였음.

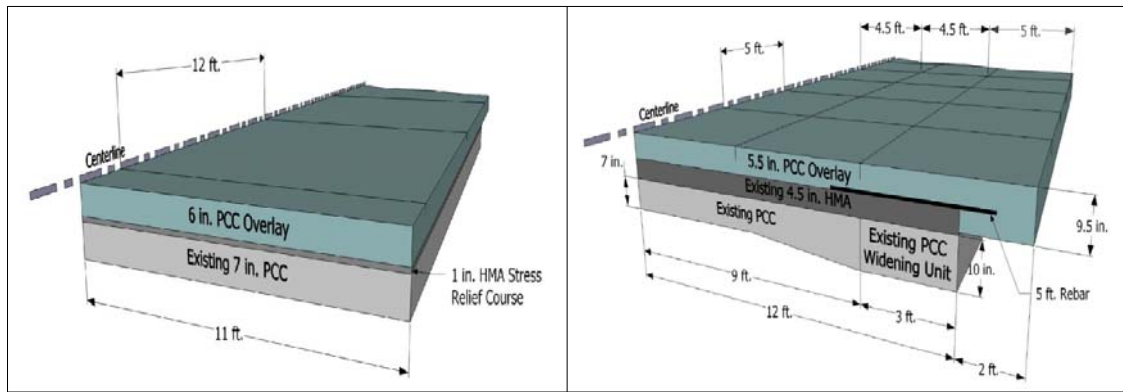
<표 2.9> 기존 포장의 결함부 보수 가이드라인 (Harrington, 2008)

기존 포장부 상태	가능한 보수 방법
단차 6-10mm	-
단차 > 10mm	분리층을 두껍게
심각한 텐팅(tenting)	전단면 보수
심한 슬래브 손상	전단면 보수
심한 수준의 펌핑	부분적인 전단면 보수 및 배수 증진
심한 스폴링	제거
CRCP 펀치아웃 또는 기타 심한 배수 문제	전단면보수



<그림 2.30> 덧씌우기 이전 결함부 보수 (Harrington, 2008)

- ▷ Harrington(2008)은 또한 UBCO 실내실험에 관한 연구결과를 토대로 <그림 2.31>와 같이 Iowa의 지방도로(IA60, IA85)에 적용하였음. <그림 2.32>은 IA85의 확장구간에 설치된 타이바를 보여줌.



<그림 2.31> IA 60과 IA85의 UBCO 단면 상세



<그림 2.32> IA 60의 확장구간에 사용된 5ft 타이바 사용 모습



<그림 2.33> UBCO 설치 전후의 모습(IA 60)

- ▶ CRCP나 섬유보강된 줄눈 콘크리트 포장용 비부착식 덧씌우기 포장이 벨기에에서 성공적으로 사용됨. 독일에서는 비부착식인 경우 기존포장층을 파쇄하여 사용함. (서영찬, 2000)

- ▷ Klocke 등(2010)은 본드 브레이커로서 사용된 25mm HMA에 비해 2/3 가격수준의 토목섬유(Geotextile)가 코어시편을 이용하여 기존부와 토목섬유를 중심으로 상부와 분리됨을 확인하여 그 성능이 우수함을 보여줌. (그림 2.34 참조)



<그림 2.34> UBCO+토목섬유 분리층 시공 및 코어 시편(Klocke 등, 2010)

- ▷ 줄눈부를 일치 시키는 작업이 과거에는 어려운 작업이었으나 Klocke(2010)은 GPS 장비를 이용하여 기존 콘크리트포장의 줄눈부의 중앙점을 입력한 후 덧씌우기 후 이 정보를 이용하여 줄눈 컷팅하여 줄눈부를 일치시키는 작업을 수행하였음. 줄눈부가 일치되는지의 여부는 시공후 코어시편을 통해서 이를 확인함.



<그림 2.35> GPS 장비가 장착된 줄눈절단장비와 GPS 장비

2-3세세부. 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

○ 국내 연구개발 동향

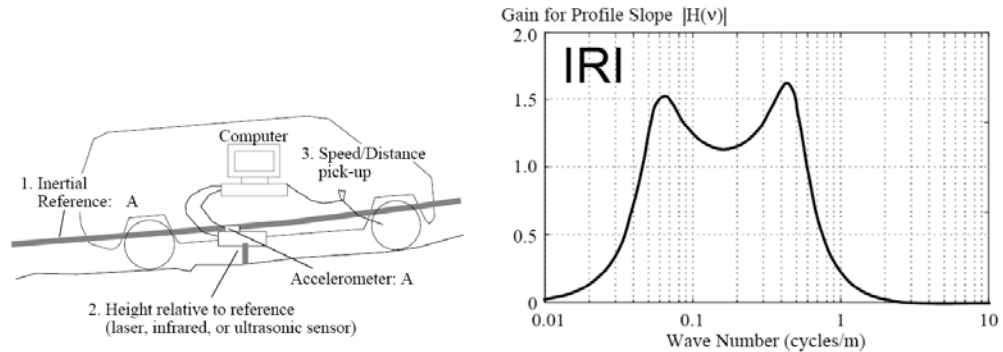
- ▷ 국내의 도로 포장에 대한 정량적인 측정 및 평가 방법에 관한 연구 2000년대 초부터 본격적으로 시작됨. 공항포장의 요철 측정방법은 도로 포장에서 적용하고 있는 국제평탄성지수(International Roughness Index)를 차용해서 사용하고 있음. IRI는 차량을 기준으로 평가되는 지수이므로 항공기 특성을 반영하지 못하고 있음. 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization)는 전 세계 188개국이 가맹되어 공항 및 항공시설의 운영 및 관리에 대한 기준을 권고하고 있으며 여기서 권고하는 활주로 요철(Runway Surface Evenness) 평가방식이 국제평탄성지수와는 상이함. 한국공항공사에서는 국제민간항공기구에서 권고하는 활주로 요철 측정방법에 대한 시험장치 제작을 위한 검토 단계에 있음.
- ▷ 손수국 외 (2001)는 국제평탄성지수를 산출 할 수 있는 포장손상 검사장비 (ARIS)를 제작하였다. 그러나 차량진동을 보상할 수 있는 알고리즘이 반영되지 않는 순수한 노면과 차량간의 변위차만을 고려한 시스템임.
- ▷ 송성해 외 (2004) 및 전일중 외 (2005)는 인력을 이용한 프로파일미터의 측정 자료 기록방식을 아날로그 그래프용지를 대체해 디지털 장치를 이용하여 수치적으로 기록하는 장치를 개발함.
- ▷ 문형철 외 (2010)는 도로포장상태와 도로기하구조를 측정할 수 있는 조사차량 (KRISS)을 제작함. 차량 진동 및 서스펜션의 영향을 보상하고 국제평탄성지수를 산출하기 위한 파장영역을 측정할 수 있는 노면 평탄성 조사모듈을 개발함.
- ▷ 국내에서도 도로포장 평탄성 측정과 관련하여 개발을 진행해 왔음. 하지만 항공기 특성을 반영한 국제민간항공기구에서 권고하고 있는 평가 방식을 만족 할 수 있는 연구 및 장비제작은 한국공항공사에서 검토 중인 초기시험장치 이외에는 없음. 따라서 이에 대한 보다 많은 연구가 진행되어야 할 필요성이 있는 것으로 판단됨.

○ 국외 연구개발 동향

▷ 요철 측정 방법

- 포장의 요철을 정량적으로 측정하는 방식 중 대표적인 방법은 차량 및 독립된 트레일러 측정장치를 이용하여 비교적 작은 파장(요철)을 측정하는 방식임. 이러한 측정방식의 단점은 장파장(너울)을 측정할 수 없는 단점이 있음(Janoff, M.S., 2004)

- 일반적인 도로포장의 평탄성 측정에 사용되는 방식인 관성형 프로파일 측정기는 가속도센서와 비접촉 변위센서(초음파, 레이저)를 이용하여 도로포장의 요철을 측정함. 이를 이용하여 국제평탄성 지수(IRI)를 산출하나 이는 항공기 특성에 영향을 미치는 요철을 측정할 수 없음(Sayer, 1998).



<그림 2.36> 관성형 프로파일 측정기 원리 및 IRI 파장특성

- 위와 같은 기존의 측정방식 및 알고리즘으로는 항공기 특성을 반영한 요철을 측정할 수 없는 한계로 인해 다음과 같은 방식의 요철 측정장비를 개발, 사용되고 있음.

▷ Face Construction Technologies(미국)

- 포장면위에 2개의 지점의 상대적 각도를 정적으로 측정하여 포장의 요철을 측정하는 방식. 수준측량에 비해 측정속도는 빠르나 약 300m를 250mm 간격으로 조사 할 경우 1시간이 소요됨으로 공용중인 도로나 신속한 측정이 필요한 공항 활주로 요철 측정에는 적합지 않음.



<그림 2.37> Dipstick(Face Construction Technologies)

▷ APR Consultants(미국)

- 공항포장유지관리 전문 업체인 APR Consultants는 공항 활주로의 요철을 신속하게 측정하기 위해 Trimble사의 레이저 수준측정기 응용한 측정장치 ARL 개발함. 수레형태의 측정장치를 인력으로 이동시키면, 50mm 간격으로 노면의 고저차를 자동으로 기록하는 기능을 갖추. 수준측량에 비해 월등한 조사속도(3km/h)로 효율적인 조사가 가능(<그림 2.38> 참조).



<그림 2.38> (a) ARL장비 구성, (b)조사 예시

▷ International Cybernetics (미국)

- 도로 포장관련 측정장비 제작 전문 기업인 International Cybernetics는 다수의 가속도센서를 이용하여 노면의 장과장 영역까지 측정 가능한 프로파일 측정기 SUPRO를 개발함. APR Consultants의 ARL 장비가 기준점에 대한 레이저 센서를 설치해야 하는 단점을 보완하여 자체 장비만으로 공항 포장 요철 평가를 위한 노면 과장영역을 조사할 수 있음(그림 2.39 참조).



<그림 2.39> (a) SUPRO 조사장비 (b)조사 예시

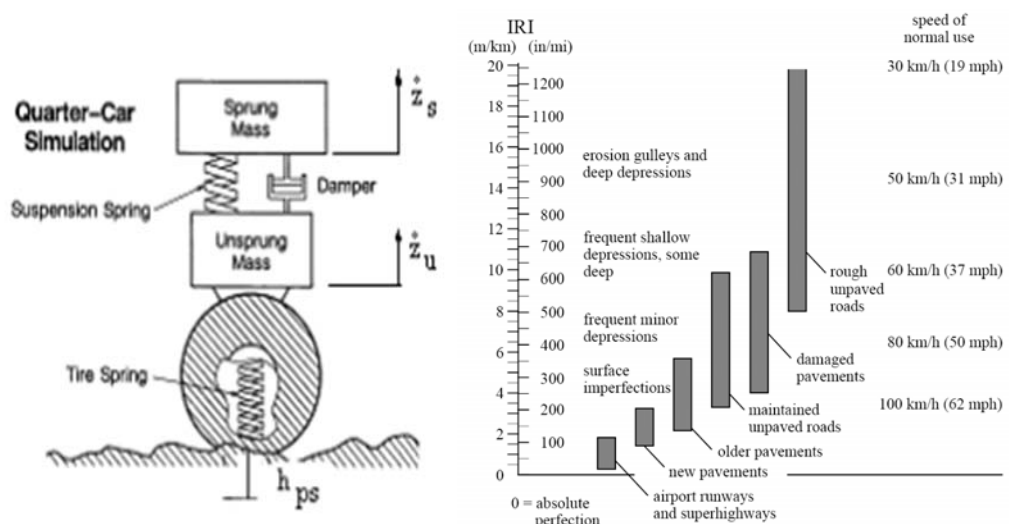
▷ ARRB(호주)

- ARRB의 Walking Profiler G2는 SUPRO와 유사한 구조의 프로파일 측정기임. 호주 뿐 아니라 미국 여러 주에서도 도로 및 공항 요철 조사에 기준(Reference)장비로 사용되고 있으며 안정된 조사를 위해 지지축이 3개 지점인 특징을 갖고 있음.



<그림 2.40> Walking Profiler G2

- ▷ 국제민간항공기구 공항포장의 요철 허용 기준은 3m의 직선차를 기준으로 3mm 이하로 권고하고 있으나 하였으나, 10차 개정안에서 권고되는 측정방식은 국부적인 요철 뿐 아니라 항공기 특성을 반영하여 장파장의 노면요철까지 고려하여 요철 크기에 따라 조치사항을 권고하고 있음(ICAO, 2004).
- ▷ 포장의 요철을 측정한 자료를 기반으로 이를 정량적인 지수로 표현한 대표적인 것인 국제평탄성지수(IRI)가 있다. 이는 차량의 기본적인 서스펜션 및 댐퍼로 구성된 1/4 Car 시뮬레이션을 통해 상부의 수직변위 변화량을 누적한 값으로 주로 도로포장의 평탄성 평가에 적용(Sayer, 1998).



<그림 2.41> 1/4 Car 시뮬레이션 및 IRI 지수

- ▷ IRI와 유사한 지수로 RCI(Ride Comfort Index), RN(Ride Number)등이 있으나, 이러한 지수 또한 항공기의 특성을 반영한 평탄성 지수가 아닌 차량 및 특정 측정기기의 측정값을 지수로 표시한 것임(Nick, 1983).

3. 공항포장 설계 기법 개발 분야

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

○ 공항 콘크리트 포장 불연속면 간격의 역학적 산정

▷ 국내 연구개발 동향

- 파괴역학 이론을 시험시공에 성공적으로 적용하여 무작위 균열을 제어하고 균열유도를 위한 수축줄눈의 절단시기와 줄눈 깊이에 대한 지침안을 제시하는데 목적이 있음. 파괴역학 실험이 재료의 품질 관리 뿐만 아니라 균열의 진행 및 박리에 대한 기준을 제시할 수 있으며, 파괴역학에 기초한 이론을 통해 줄눈 콘크리트 포장의 절단깊이, 절단시기 및 줄눈 간격을 결정할 수 있음 (양성철 홍승호, 1998).
- 인천국제공항의 제 2단계 건설의 제3활주로, 노상토의 재료와 설계 항공기가 변화했을 때 유도로와 계류장 지역의 최적 포장 두께를 설계하며 불연속면 간격에 대한 설계는 이루어지지 않음. 노상토 재료와 설계항공기의 변화를 통해 연성포장과 강성포장 두 경우 모두에 대해 두께가 감소하였으나 불연속면 간격에 대한 설계는 이루어지지 않음 (이재만, 2004).
- 국내 줄눈 간격은 경험적이고 획일적으로 이루어짐. 초기거동에서 환경하중의 영향에 따른 건조수축과 수화열에 의해 무작위 균열이 발생하지 않는 범위에서 국내 권역별 기후조건을 토대로 합리적인 줄눈간격 산정에 대한 방안을 제시함. 장기거동에서 줄눈폭의 과도한 움직임에 따른 LTE저하로 인해 포장파손이 발생하지 않도록 산정함. 줄눈간격의 잠정안을 6~8m로 하였으며 포장파손 예측 모델을 통해 줄눈간격 8m도 공용성 면에서 큰 차이가 없음을 보임 (전범준 이승우, 2005).
- 비행장시설[포장] 설계 매뉴얼에서는 줄눈간격을 안정처리된 보조기층이 있는 경우와 없는 경우로 구분하고 있음. 안정처리된 보조기층이 없는 경우 줄눈간격(피트 값)은 슬래브두께(인치 값)의 두배를 초과하지 말아야하며 미공군의 규정(최대간격 6m)를 명시하고 있음. 안정처리된 보조기층이 있는 경우 줄눈 간격은 슬래브의 상대강도의 함수로 추정하여 줄눈간격과 상대강도 비가 46사이에 선택되도록 하고 있음. 안정처리 기층의 유무에 관련없이 모두 경험적인 기준을 제시하고 있음 (국토해양부예규 51호 비행장 시설 설계 매뉴얼, 2009).

▷ 국외 연구개발 동향

- FAA에서는 PCA에서 주어진 안정처리기층이 있는 경우 $L \leq 24t$ 로 슬래브의 길이는 두께의 24배를 넘지 말아야 한다고 지정하고 있음. 안정처리기층이 있는 경우 슬래브 두께에 따라 불연속면의 간격을 달리하고 있으나 그 기준을 20ft(4.5m)를 초과하지 않아야한다고 하고 있음. 일반적인 활주로와 유도로에서는 종방향 불연속면의 길이를 18.75ft(5.7m)로 제한하고 있음 (Airport Pavement Design and Evaluation, 2009).
- PCA에서는 종방향의 불연속면 간격에 대해 포장의 두께가 12in(30cm) 보다 작은 경우 12.5ft(3.8m)를 넘지 않고 15in(38cm)보다 큰 경우에는 수축줄눈의 제한을 초과하지 않도록 하고 있음. 수축줄눈의 제한은 두께가 8in(20cm) 이하인 경우 15~20ft(4.5~6m), 14in(35cm)까지의 슬래브 두께에 대해서는 25~30ft(7.6~9m)로 하고 있음 (Design of Concrete Airport Pavement, 1973).
- 공항에서 Boeing사의 B-777-ER 또는 Airbus사의 A380 과 같은 초대형 항공기는 그 하중이 크고 새로운 룰하중의 배치로 공항 포장에 미치는 손상에 대한 평가가 불가능하여 LED(Layered Elastic Design)방법을 공항포장에 적용하여 공항포장의 두께를 설계하는 LEDFAA 프로그램의 연구가 진행됨.

○ 공항 콘크리트 포장 다웰바 설치기준

▷ 국내 연구개발 동향

- 다웰바에 대한 설치기준은 FAA에서 제시한 설치기준을 토대로 적용하고 있으며 관련 연구는 전무 실태임, 따라서 다웰바 하중 전달 특성을 고려하지 않고 획일적인 형태 및 소재를 사용중임.

<표 2.10> 다웰바 설치기준

포장 두께(cm)	다웰바 지름(mm)	다웰바 길이(mm)	배치 간격(mm)
15-18	20	460	305
21-30	25	480	305
33-40	30	510	380
43-51	40	510	460
53-61	50	610	460

▷ 국외 연구개발 동향

- 위스콘신 주에서는 차륜하중이 재하 되는 부분에 다웰바를 집중하고 그렇

지 않은 구간에는 다웰바를 제거하는 등 차로 및 차륜재하 특성에 따른 다웰바의 설치안을 고려하고 있음. (한국형 포장설계법 2005)

- 프랑스, 독일, 영국, 스페인 등 국가에서 무거운 차륜하중이 최대로 통과하는 위치에 적절한 하중 전달 장치를 설치하는 것이 경제적이기에 교통차로와 길어깨의 다웰바를 차륜하중이 통과하는 부분에 중점적으로 불균등하게 배치하고 있음. (한국형 포장설계법 2005)
- 다웰바 철근 부식의 문제점을 보완하기 위해 1996~2000년까지 미국 Illinois, Iowa, Kansas, Minnesota, Ohio과 Wisconsin주에서 다양한 소재에 대해서 연구하였음. (Smith 2001)
- 미국 콘크리트 포장 협회에서 역학적 분석하여 기준 원형이 아닌 다양한 형태의 다웰바 현장에 적용하여 양호한 공용성을 확인하였음. (ACPA 2008)

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발

○ 공항포장 기층 및 보조기층 재료기준 연구

▷ 국내 연구개발 동향

- 국내 공항에서의 콘크리트 포장 기술의 도입은 미국동 공병단(FED : Far East District)으로부터 시작. 즉 중간층이 없는 입상재료 보조기층의 무근 콘크리트 포장으로 시공되어 있음. 최근에 와서는 미국 연방항공청 (FAA : Federal Aviation Administration) 규정 및 국제 민간항공 기구 기준을 도입하여 설계함. (한국 항공 기술 연구소)
- 인천국제공항의 설계시 콘크리트포장의 경우 기층이나 보조기층의 시공이 없었음. 슬래브와의 분리층 목적과 슬래브 하부 인장응력에 대한 저항성 등 내구성 증진 목적으로 아스콘 중간층을 설치하였으며 그 재료에 대한 시방 기준은 FAA를 따름. 아스팔트 포장의 경우 아스콘기층은 개질처리하지 않은 FAA 시방에 의한 아스콘층을 적용하였으며 쇄석기층은 최대 골재크기 50mm에 7일 압축강도 40kg/cm²(4.0Mpa)의 시멘트 안정처리층으로 설치하였으며 보조기층은 최대골재크기 50mm, 7일 압축강도 10kg/cm²(1.0Mpa)의 시멘트 안정처리층으로 적용함. (유승권 외, 2006) 아직 국내에는 공항포장 기층/보조기층의 재료기준 조차 명확하지 않음. 인천국제공항의 2단계 시공에서는 시멘트 안정처리 기층을 사용하였음.
- 시멘트 안정처리 기층 (cement treated base course, CTB)은 골재, 석분, 물을 적절히 배합하여 포설장비를 이용하여 포설 및 다짐을 하였음. (김동욱, 2003)

- 인천국제공항의 제 2단계 건설지역의 연성포장 및 강성포장의 설계 검토를 수행함. 인천국제공항의 활주로, 유도로 및 계류장지역의 포장은 국내 공항 포장에서 처음으로 장래 대형 항공기(코드번호F급)를 대비한 포장 두께였으며, 노상토 재료의 변경 및 설계항공기에 변경 등에 의한 포장설계를 검토 수행하는 것이 포장의 내구성과 경제성 측면에서 더욱 중요한 요소임. (이재만, 2004)
- 인천국제공항의 1단계 포장시설과 2단계 포장설계 내용을 비교 함. 콘크리트 포장 및 아스팔트 포장은 FAA 시방기준을 준용하였으며, 특히 콘크리트 포장의 경우는 FAA에서 설계차트를 공식화 하지 않았으므로 PCA법으로 포장두께를 산출함. FAA 기준과 PCA설계법을 적용하므로 공항포장의 우리나라 시방기준의 필요성을 보여줌. (유승권 외, 2006)
- 공항규모별 표준화 설계기준 수립을 위한 연구를 수행함. 아스팔트 포장의 기층의 경우, CBR 80을 최소값으로 가정하였으며 기층의 품질은 사용재료, 구성비 및 다짐정도에 따라 달라지며 소정의 시방규정에 적합한 것을 사용함을 제시함. 아스팔트 포장의 보조기층의 경우, 기층보다 하부에 놓이는 관계로 하중지지력과 재료의 요구조건이 기층과 같이 엄격하지 않으며 포장두께 소요에 있어서 보조기층의 CBR 값은 유동적이라 제시하며 재료의 구체적 사항에 되어서 언급하지 않음. 항공기 총 중량이 45,359kg (100,000lbs) 이상인 제트 항공기를 위한 신설 포장에서는 골재기층 및 보조기층에 대하여 안정처리를 하여야 하며 아스팔트 포장의 보조기층의 경우, CBR 20의 일반적인 입상 보조기층재를 기준으로 하고 기층의 경우, CBR 80의 쇄석골재로 된 기층재를 기준으로 한 등가환산계수를 제시함. 콘크리트 포장의 경우는 보조기층의 최소두께인 4in (10cm)이상으로 증가시키는 것으로 간략하게 제시하여 기층 및 보조기층의 재료와 안정처리에 대한 세밀한 연구의 필요성을 보여줌. (김연명 외, 2005)

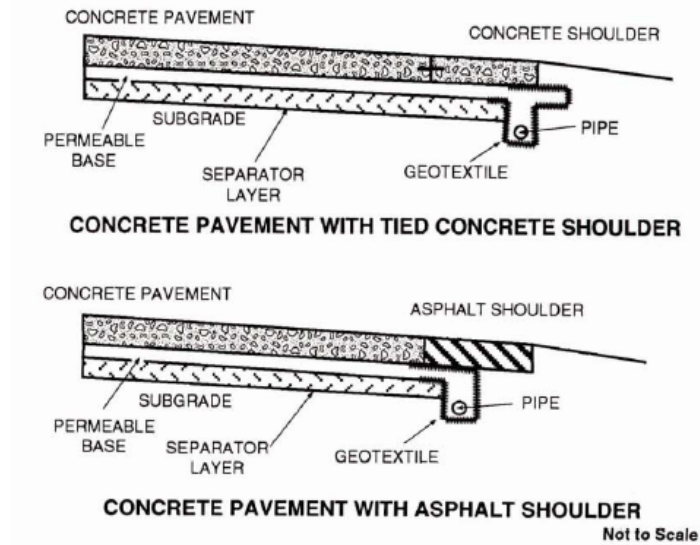
▷ 미국

- 미국의 교통 교통부(U.S Department of Transportation)의 FAA(Federal Aviation Administration)은 AC(Advisory Circular)를 통하여 각 기층에 대한 기준을 정하여 운영하고 있음.
- AC는 의무적인 것은 아니지만 예산 확보에 의무적으로 사용되기 때문에 실질적으로 필수적이라 할 수 있음.

<표 2.11> 재료별 기층 분류

연성기층 (FLEXIBLE BASE COURSES)	골재 기층 (AGGREGATE BASE COURSE)
	파골재 기층 (CRUSHED AGGREGATE BASE COURSE)
	칼리치 기층 (CALICHE BASE COURSE)
	셸 기층 (SHELL BASE COURSE)
	사질토 기층 (SAND-CLAY BASE COURSE)
	터프코스 기층 (AGGREGATE-TURF PAVEMENT)
	폐골재 기층 (RECYCLED CONCRETE AGGREGATE BASE COURSE)
강성기층 (RIGID BASE COURSES)	흙-시멘트 기층 (SOIL-CEMENT BASE COURSE)
	시멘트 처리 기층 (CEMENT-TREATED BASE COURSE)
	이코노콘크리트 기층 (ECONOCRETE BASE COURSE)

- 다공성 콘크리트 기층 포장은 높은 투수성과 안정성을 가짐. 다공성 콘크리트는 노면과 포장체의 유거수로 인한 피해를 방지하며 골재 기층보다 강성과 강도가 높고 건설이 용이함. St. Louis Lambert International Airport의 지하수로 인한 문제를 해결하기 위하여 적용함. (Carl A. Rapp, 1997)
- 배수기층은 공항이나 많은 교통량이 있는 도로에서 펌핑이나 폴팅의 피해를 막고자 개발됨. CTPB(Cement-Treated Permeable Base)은 세립토의 양을 줄이고 120-150kg/m³의 시멘트를 함유시킴. 다공성 기층의 단면은 아래와 같음.



<그림 2.42> 다공성 기층 단면

- 최근 애리조나 주립대의 Zhu 박사 연구팀이 타이어의 콘크리트 보강제로써의 연구를 활발하게 진행 중임. 타이어의 보강은 콘크리트의 연성과 인장력뿐만 아니라 건조수축, 취성, 탄성계수와 같은 물성치도 향상시킴. 고무 타이어가 가지는 압축성, 연성, 높은 에너지 흡수율 등으로 인해 콘크리트에 적절한 양으로 혼합되었을 경우 콘크리트가 가지지 못한 특성을 보완할 수 있을 것으로 기대되므로 재활용 재료의 타당성을 입증함. (Wang et al. 2000)

▷ 독일

- 독일의 프랑크푸르트 국제공항은 3,800만 유로(€)를 사용하여 두 번째 활주로를 재포장함. 재포장시 shell Mexphalte를 사용하여 기층 포장을 함. shell Mexphalte는 페타이어를 사용한 재활용 아스팔트 기층재료로서 자연환경을 보존하며 비용 절감을 이루었음. 중온 아스팔트 혼합으로 CO2의 배출량을 줄이며 유지보수시간을 절감시켜 공항포장에 적합한 재료로서 역할을 함. (Shell Bitumen, 2003)



<그림 2.43> 프랑크푸르트 재포장 현장

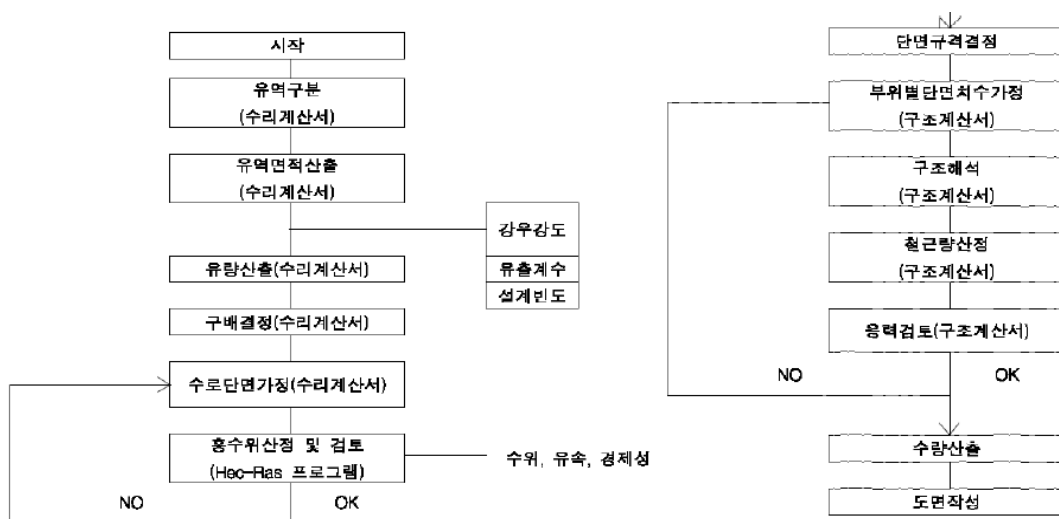
▷ 인도

- 인도는 1996년 flyash(석탄재)의 양이 증가함에 따라 환경적인 심각한 문제가 발생한다는 것을 인식. Roorkee University에서 flyash를 사용하여 도로의 기층/ 보조기층을 건설하여 사용함. (Mehndiratta ,1996)

○ 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계

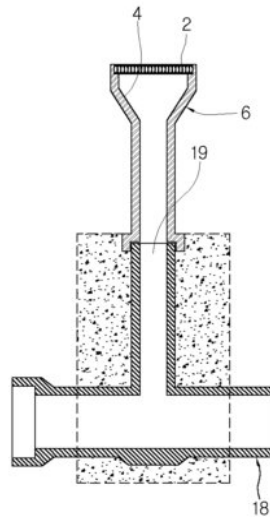
▷ 국내 연구개발 동향

- 배석일(2010) 에는 부족한 배수시스템으로 인하여 노면의 물웅덩이로 인한 항공기의 안전성 저감과 포장의 이른손상에 의한 경제성을 감소를 야기 할 수 있다고 함. 아래 배수계획 절차에 따라 배수계획을 수립.



<그림 2.44> 배수계획 절차

- 박효기 (2000)는 맨홀 사이에 형성된 배수이동로에 노면수를 유입시키기 위해 다수개의 T형 배수로를 설치하고 T형배수로 상부측에 평지상의 노면수가 유입되도록 연장되게 깔대기형 배수구를 2개 이상 형성되도록 구성된 공항, 주차장 또는 야적장 등과 같이 넓은 장소에 중앙 부분에 고이는 우수 등과 같은 노면수 등을 최대한 빨리 배수시킬 수 있는 평지형 배수처리시스템을 개발함. (<그림 2.45> 평지형 배수처리시스템 참조)



<그림 2.45> 평지형 배수처리시스템

- 가장 심각하고 잠재적인 위험은 항공기의 사고를 유발하는 활주로 포장의 수막현상임. 활주로 포장의 마찰저항을 높이고 수막현상을 방지할 수 있는 그루빙 공법에 대한 효과와 설계 및 관리기준을 제시함.

<표 2.12> 그루빙 설치기준

구분		ICAO	FAA	AFM	일본 운수성
포장후 그루빙 시행기 (양생기간)		30일	30일	-	3개월
그루빙 규격 (mm)		6(±15mm)	6(±1.6mm, -0mm)	6.3(±1.6mm)	6
		6(±15mm)	6(±1.6mm)	6.3(±1.6mm)	6
		31	38(-3mm, +0mm)	38(±3.2mm)	32
그루빙의 설치		-	그루빙의 깊이는 전체의 60% 이상이 6mm 이상이어야함	-	-
설치방법		활주로 중심선 방향에 직각으로 설치			
포장 측단으로부터의 거리		3m(길어깨 설치구간은 전폭시행)	3m(길어깨 설치구간은 전폭시행)	1.5m~3m	전폭의 2/3
횡단줄눈 및 포장말단에서 이격거리		7.5cm 이상 이격	최소8cm 최대 23cm	최소 15.2cm	-
항공등화와의 이격거리		60cm	최소 15cm 최대 46cm	최소 15.2cm	-
직선상 오차(활주로 길이 방향으로)		22 직선에서 ±40mm	23m 직선에서 ±38mm	-	-

▷ 미국

- 미공군은 우천시 노면과 타이어의 접지불량으로 인한 피해를 막기 위해 활주로에 다공성 아스팔트 표층의 도입을 연구함. 가장 일반적인 다공성 아스팔트 기층은 Porous Friction Surface(PFS)이며 PFS는 허용수량을 노면의 하부로 배수시켜 유거수를 제거할 수 있음.
- 미국 IPRF(Innovative Pavement Research Foundation)에서는 몇몇 강성 포장에 배수층을 포함 하고 배수층이 사용될 때, 포장과 기층은 배수층 위에 바로 시공이 직접적으로 시공이 된다고 제시하였음. 배수층은 안정처리된 재료와 그렇지 않은 것을 모두 사용할 수 있으며 보통은 시멘트 혹은 아스팔트 배수층을 사용하고 안정처리 층은 더 낮은 안정성을 제공한다고 언급함. 안정성과 다공성사이의 균형에서는 반드시 안정성을 우선으로 고려하여 설계되어야 하고 전형적인 배수층의 두께는 4~6inch(100~150mm)으로 제시함. 안정처리되지 않은 개립 골재를 배수층에 사용하는 것은 넓

은 동체의 비행기가 사용하는 포장에는 추천하지 되지 못하며 필요한 안정성과 일반적인 문제와 연관되어지는 시공성을 제공하지 못함. 만일, 안정처리 되지않은 개립 층의 사용이 불가피하다면 층 상부에 전달되는 응력을 감소시키기 위해 포장구조의 더 깊은 곳에 설치되어야 한다고 제시함.

▷ 일본

- 일본의 경우 물은 공항포장의 손상의 규모와 횡수를 증가시키고 있음. 포장의 수명연장과 유지보수가 어려운 공항포장의 특성을 고려하여 다공성 아스팔트 기층과 다공성 아스팔트 표층으로 시공하여 표층의 유거수를 제거함. 실내실험을 통하여 적용가능성 매우 높다는 결론이 확임됨. (HACHIYAY 외, Application of Permeable Asphalt Mixtures in Airport Pavements, 2001)

▷ 영국

- 영국의 ACO Group에서는 공항 배수시스템의 특성을 고려하여 내구성과 부식저항력을 증가 시킨 배수시설물들을 개발함. 온도 및 소금에 대한 저항력도 증가시켰으며 높은 수압과 수량에도 견딜 수 있게 제작되어 공항 배수시스템의 효율을 높임. (ACO Group, 2009)



<그림 2.46> ACO Stainless Steel Channels

4절. 연구개발 인프라 분석

- 국내 연구개발 역량은 <표 2.13>와 같이 녹색공항포장 기술개발 관련 기업, 대학, 연구소 및 정부기관의 네트워크로 정리할 수 있음.

<표 2.13> 국내 연구개발 인프라

구분	대표기관	연구개발역량 및 인프라 현황	기술수준 선진국 대비
정부	국토해양부 항공정책실	• 공항정책, 공항환경 및 공항안전 전문가 • 공항의 개발 및 관리 • ICAO 국제회의 참여	70
연구소	한국건설기술연구원 도로교통기술원	• 연구인력 다수 보유 • 대형 포장관련 시험장비 보유 • 도로포장에서의 연구개발 경험	85
공사/공단	한국공항공사 인천국제공항공사	• 공항포장관련 전문가 다수 보유 • 공항포장의 운영 및 유지관리 • 공항포장관련 장비보유 및 연구경험 • Test Bed 제공 및 운영	70
군	제91항공기술전대	• 군 공항의 유지보수 및 평가 관리 • 공항포장관련 장비보유	70
대학/학회	강릉 원주대 중앙대학교 인하대학교 한국도로학회 한양대학교	• 공항포장관련 연구경험 • 포장관련 연구경험 풍부 • 실험용 기자재 보유	80
산업체	유신코퍼레이션 대우엔지니어링	• 공항설계 및 감리 기술 보유 • 국가R&D 연구개발 능력 보유	70

5절. 종합분석

- 공항포장에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있으나 관련 연구는 미비한 수준에 있음.
- 국내의 경우 기존포장의 노후화로 인하여 유지보수 및 재시공에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되나, 현재까지는 단순 유지 보수 또는 기존포장을 완전히 제거한 후 재시공하는 경우가 많음.
- 파손형태 및 공항운영을 고려한 다양한 유지보수 재료 개발 및 시공법이 필요함
- 또한 국외의 증가하는 잠재수요(특히 아시아 중동 시장)를 감안하여 국내기술의 해외시장 점유를 위한 고부가가치 기술의 개발이 시급함.
- 전 세계적으로 친환경 정책에 의해서 온실효과의 주된 요인인 CO2를 줄이는 것을 목표로 하고 있음. 그러나 콘크리트 재료인 시멘트 생산과정에서 많은 CO2가 발생하고 있지만 그것에 대한 대책은 아직 미비한 실정임.
- 또한 ASR로 인한 콘크리트포장의 파손이 심각한 수준임. 이에 따른 ASR을 줄이는 연구는 많이 이루어지고 있는 실정이지만 아직 공항에 많이 적용을 하고 있지는 않음.
- 기존 공항 콘크리트포장에서 요하는 높은 강도와 내구성을 얻기 위해서 최적배합 개념을 도입하여 굵은 골재사이에 중간입도를 넣음으로써 높은 강도와 내구성을 얻을 수 있음.
- 국내·외 모두 불연속면의 간격에 대해 경험적인 설계만을 제안하고 있는 수준에 그쳐 항공기의 종류 및 이용특성의 다양화에 따라 이를 설계에 반영할 수 있는 역학적 설계에 대한 연구가 수행되어야 함.
- 해외의 경우 환경특성과 항공기의 재하하중을 고려한 공항 포장설계법 및 포장재료에 대한 기준을 마련하고 있어 합리적인 설계 및 시공을 하고 있으나 우리나라의 경우 해외의 기준 혹은 도로포장 기준을 적용하고 있음.
- 국내의 공항포장은 도로포장과 교통특성 및 포장두께 등이 다르고 외국 공항포장과 기후조건, 포장재료 및 시공 여건의 차이가 있기 때문에 별도의 연구가 필요함.
- 미국에서는 FAA를 통하여 재료에 따른 층의 분류가 되어 있어 기층을 비용-효율적으로 설계 할 수 있으며 우리나라도 이를 위한 연구가 필요함.
- 폐건설자재의 양이 매년 증가하고 처리하기 힘들어 지므로 폐건설자재를 재료로 사용한 설계가 많이 개발되고 있으며 우리나라 또한 각 분야에서 많은 연구가 진행되고 있음.
- 다공성 및 재활용 기층재료를 이용한 공항포장 배수성능 개선 연구는 물에 의한

공향포장체의 손상을 최소화 하고 기준을 정립하여 공향포장 시공 및 재포장시에 비용-효율적인 방안을 제시하고 더 나아가 재활용 골재를 사용하여 환경보전에도 필요할 것으로 예상됨.

- 조기교통개방을 위한 공향포장 유지보수 공법이 있으나, 지금의 유지보수방법보다 고강도 및 고내구성을 가질 수 있는 유지보수 공법의 개발이 필요함.
- 콘크리트 포장 분야에서는 시멘트 대체 재료로서 폴리머를 적용하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있음. 한국도로공사의 “스마트하이웨이 사업단”에서는 폴리머콘크리트를 교면 포장에 활용하는 연구를 추진 중에 있으며, 이와 관련한 시험 포장 등을 수행한 사례가 있음.
- 본 연구에서는 조기 교통개방을 할 수 있는 공향콘크리트포장을 개발하는 것에 목표를 두고 있음. 또한 높은 강도와 내구성을 가지는 폴리머 콘크리트를 개발함으로써 유지보수비용에서도 절감할 수 있음.
- 현재 공향부지를 위한 유지관리 시스템에 대한 국내연구는 전무하며, 이번 연구가 국내의 공향부지 연구의 초석이 될 수 있음. 센서를 이용한 유지관리에 대한 연구는 교량, 터널 및 구조물에 대해 단편적으로 진행되고 있음. 한편 공향부지와 비슷한 성질을 갖는 도로 유지관리의 경우, 현재 국내 연구에서의 센서를 이용한 유지관리의 연구는 간단한 센서를 이용한 연구에 그치고 있음. 센서를 이용한 유지관리 기술의 공향부지의 유지관리 기술로의 도입은 공향부지의 효율적인 관리 및 실시간 모니터링 기술뿐 아니라 일반도로의 유지관리 기술까지 확대될 수 있는 적용성을 가지고 있어 국내 연구 도입이 꼭 필요한 상황이라 판단됨.
- 국외에서는 공향부지에 관한 센서를 이용한 유지관리 기술에 대한 연구는 여러 센서를 도입하여 연구를 수행 중에 있음. 국내와 다르게 국외에서의 센서를 이용한 기술들은 많은 연구가 진행되고 있으며 기술의 발전도 국내와 비교해 보았을 때 진척된 상황임. 특히 시험도로에 많은 센서를 매설하여 여러 센서들의 유지관리 기능을 측정하여 많은 데이터베이스를 확보하고 있는 상황으로 시간이 지날수록 국내와 국외의 기술 발전의 차이가 급격해질 것으로 보임. 따라서 국내에서도 국외의 연구 및 기술의 차이를 감소시키기 위한 기술도입이 시급하다고 판단됨.
- 본 연구는 최근 각광받고 있는 압전 에너지 하베스팅 기술을 적용하여 공향부지 내에서 신재생에너지를 생산하고 그를 활용하는 연구를 진행하고자 함. 이는 압전 에너지 생산 부문에 대한 국가 경쟁력 제고와 앞으로의 다양한 활용분야에 적용을 통한 국익 창출 및 친환경 저탄소 정책을 이끌어 나가는 한 가지 수단이 될 수 있을 것으로 보임.
- 환경부에서 수립한 제4차 자원재활용기본계획(‘08~’12) 및 순환골재의무사용건설공사의 순환골재사용용도 및 의무사용량 등에 관한 고시(2009)를 토대로 과거 대

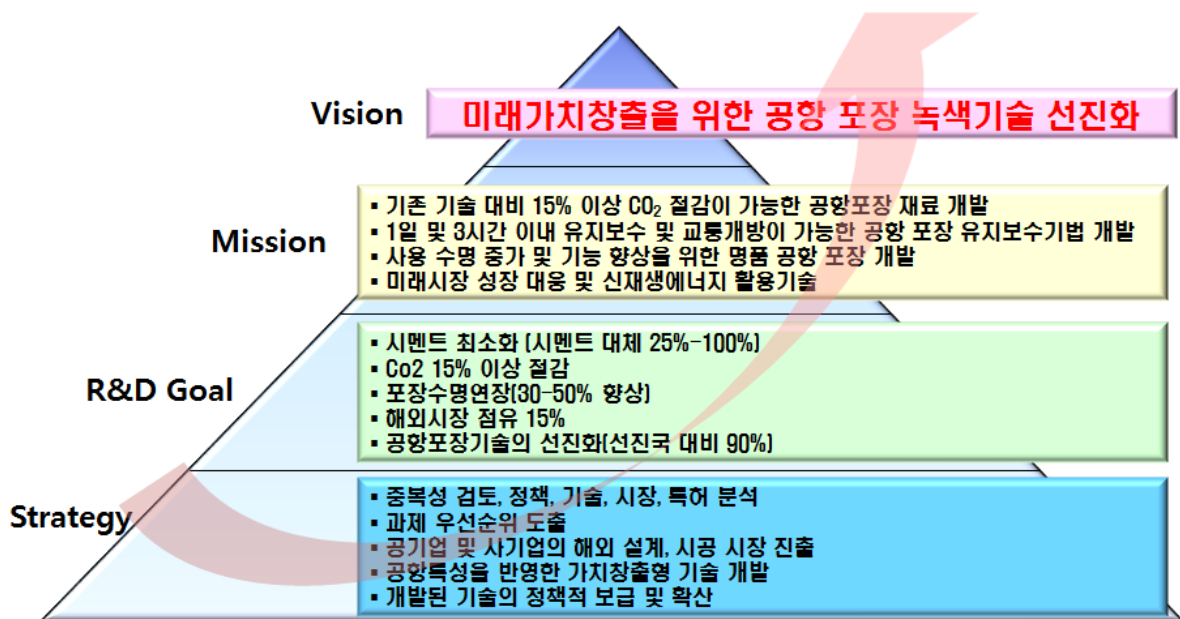
비 '12년까지는 33%의 재활용 목표와 15%까지 일정규모 이상의 도로공사의 경우 보조기층까지 사용이 의무로서 부과되어 재활용 공법에 대한 기회가 무르익은 시점에 도달함.

- 현재, 국내공항 전체 활주로의 50% 이상은 5~10년 이내에 재포장이 불가피할 것으로 예상되며 유지보수 비용이 지속적으로 증가되는 추세에 있음.
- 미국의 경우 현재 41개 주 도로국에서 재생골재를 신설 포장의 기층이나 보조기층 재료로 사용하는 것을 허용하고 있으며, 그 중 텍사스, 미네소타 주를 포함한 11개 주에서는 재생골재를 표층 골재로도 사용하고 있음.
- 순환골재에 관한 국내외 연구는 '00년 이진용이 제기한 재생골재의 국내 현황을 필두로 도로포장의 경우 '02년 서울외곽순환 고속도로 판교-퇴계원 구간 4공구 관내에 위치한 구리 T/G 부체도로 (김진철, 2002)의 기층에 수행한 실적이 있음. 또한 본 연구를 토대로 빈배합 콘크리트 기층에 대한 순환골재 품질기준 (국토해양부, 2009)이 수립되어 이전에는 구조물에 다소 엄하게 적용되었던 순환골재에 대한 흡수율, 밀도 등의 품질기준이 순환골재를 사용하기에 수월한 기준으로 수립되었음.
- 이병철(1996)은 새로운 포장방법으로서 RCCP(롤러전압 콘크리트포장)를 판교부근의 주체도로 표층에 설치하였고 엄주용 등(2007)은 이미 유럽과 미국에서 미래기술로서 인식하고 있는 2층 포설 공법에 대한 연구를 수행하여 재생골재를 하부층에 설치하되 현장에서 재활용된 순환골재를 외부에 반출됨이 없이 기층 이상에 RCC 공법으로 적용할 수 있는 기술적인 토대가 구축되어 있음.
- 최근 들어 전 세계적으로 녹색 공법의 일환으로 도로 및 공항 포장의 재시공 시 노후화된 기존 포장체를 현장에서 직접 재활용하는 기술이 미래기술로서 각광받고 있음. (Hall et al., 2007, US Tour, 1992)
- 미국 연방 항공청(FAA)에서는 현장에서 생산된 재생 골재를 신설 공항 포장의 기층, 또는 표층 콘크리트 등에 사용하는 것을 허용하고 있으며, 콜로라도 주의 덴버 국제공항에서는 apron지역의 노후된 콘크리트 포장을 현장에서 재생산하여 신설 롤러 전압 콘크리트포장의 기층과 표층에 활용하였으며, 캘리포니아의 로스앤젤레스 국제공항에서는 실질적인 적용을 위해 공사시 현장 재생골재의 활용률에 따라 가산점을 주고 공사비 혜택을 주는 등의 정책적인 지원을 실시하고 있음.
- 미국 캔자스 주에서는 노후 콘크리트 포장의 효과적인 현장 재생 및 재활용을 위한 일체식 포장 재생 장비의 개발에 대한 장비의 세부 설계 및 제작에 대한 과업이 진행 중에 있음. (Pauls and Reddi, 2008) 아울러 기존 포장체를 활용하여 재시공시 토목섬유를 사용하거나 GPS가 장착된 장비를 이용하여 기존줄눈부와 일치시키는 작업 등 차별화된 IT 기반의 장비를 활용하고 있는 실정임.

- 따라서 국내외적으로 요구되는 친환경, 저탄소 정책과 함께 무르익은 제반 연구조건이 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법의 개발이나 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용 방안에 대한 연구를 원활하게 수행할 수 있을 것으로 기대됨.
- 국내외적으로 평탄성 측정 분야는 주로 도로를 평가하는데 연구 및 장비개발이 초점이 맞춰 있었음.
- 도로특성과 상이한 공항 포장의 평탄성 측정과 관련해서는 사례연구가 많지 않음을 확인 할 수 있음.
- 공항 활주로 요철 측정장비의 기 개발된 장비 사례에서 보듯이 주로 인력에 의한 측정 방식을 취하고 있어 수준측량 보다는 상대적으로 월등한 조사 효율을 나타내지만, 사람의 도보속도 수준을 벗어나지 못하고 있는 실정임.
- 본 연구를 통해 항공기 특성을 고려하고 공항 포장 유지관리 특성상 기 개발된 장비보다 월등한 속도 및 효율로 조사 가능한 요철 측정 시스템 개발을 위한 연구가 반드시 필요한 것으로 판단됨.

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표



2절. 기술개발에 따른 미래상

1. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 분야

- 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발
 - ▷ 워터젯을 사용하여 Rubber Deposit를 제거하면서 발생하는 포장 파손을 저감시켜서 덧씌우기 및 신설 포장의 수명 연장을 가져오게 되므로 예산 절감의 효과를 가져옴.
 - ▷ 연구개발에 따라 고성능·고점도 아스팔트 혼합물의 생산 온도의 저감에 따른 화석 연료 사용 억제를 통해 CO₂ 발생량의 감소로 국가 환경 비용 절감이 예상되며, 대기 오염 가스의 발생 억제로 관련 근로자의 재해 사고 억제로 국가 경쟁력 향상이 가능함.
- 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술
 - ▷ 포틀랜드 시멘트를 대체한 바인더(플라이애시, 슬래그)를 사용하여 산업부산물

재활용율을 증가시킬 수 있음.

- ▷ 포틀랜드 시멘트의 사용을 크게 줄여, 시멘트 생산 시 발생하는 탄소배출량을 저감시킬 수 있음.
- ▷ 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 기술을 공항포장 뿐만 아니라, 도로포장과 다른 기타 토목구조물에 확대 적용시킬 수 있어, 해당 기술이 토목분야의 녹색기술 선진화에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨.
- ▷ 고성능 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 현장적용으로 공항포장의 공용수명을 증가시키고, 이에 장기적으로 포장보수비용을 절감시킬 수 있음.

○ Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

- ▷ 본 연구에서는 나노 재료를 이용하여 조기 교통개방을 할 수 있는 콘크리트 기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있음. 조기 교통개방뿐 만 아니라 기존 공항 콘크리트포장에 비해 고강도 및 고내구성을 가지는 콘크리트포장재료를 개발을 할 것임.
- ▷ 작업시간을 최소화 할 수 있는 시공기술을 개발하여 빠른 시간 내에 교통을 개방 할 수 있을 뿐 아니라 작업시간이 단축됨에 따라 유지보수비용도 줄어들 것으로 예측 됨.
- ▷ 또한 알칼리성분이 많이 함유 된 시멘트량을 줄이는 대신에 시멘트 대체 재료인 나노재료를 넣어 배합설계하여 ASR 파손을 최소화하므로 유지보수비용에 서도 유리함.

○ 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

- ▷ 본 연구에서는 정부의 녹색정책에 맞게 시멘트량을 저감시켜 시멘트를 만드는데 발생하는 탄소배출량을 줄여 온실효과를 줄일 수 있음. 또한 최적배합을 통해 강도 및 내구성을 개선. 환경적 요인과 경제적 요인을 개선 할 수 있음.
- ▷ 콘크리트 배합에 탄소배출을 줄이기 위해 시멘트량을 최소화하고 시멘트 대체 재료인 나노재료를 넣게 되므로 강도 및 내구성 측면을 고려한 공항 콘크리트 포장의 공용성을 확보 할 수 있고, 유지보수비용을 저감시킬 수 있음.
- ▷ 콘크리트배합에 굵은골재 사이에 중간 입도를 넣는 최적배합개념을 도입하므로 시멘트 페이스트량이 줄어들게 되고 이에 따라 보다 높은 강도 및 내구성을 가짐.

2. 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 분야

○ 합리적인 공항포장 유지보수 의사결정 시스템 개발

- ▷ 객관적이고 합리적인 공항포장 유지보수를 위한 의사결정과 보수보강을 위한 기준을 통해 우선적인 유지보수 구간에 지원이 예상됨

○ 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발

- ▷ 미국에서는 CP ROAD MAP(10개년 250만불 연구)의 일환으로 2007~2008년에 캔사스주의 I-70 구간에서 시행된 대대적인 시험시공(Iowa, California, Kansas, Illinois 등 총 6개주가 연구비를 투자하여 참여)을 통해 복층포설 포장공법의 적용성에 대한 재평가와 더불어 상부층에는 고기능성으로 투수성 및 저소음포장을 하부층엔 순환골재를 사용하는 방법을 적용하고 있음. 따라서 본 연구에서 수행되는 재활용 기법은 수년 내에 적어도 미국수준에 따라갈 수 있는 미래 기술임.
- ▷ 공항 포장의 재시공 시 기존 포장체를 현장에서 목적에 맞게 파쇄하여 신설 포장의 건설에 직접 재활용하는 것이 가능함. 이를 통해 포장 재시공 시의 건설 폐기물 발생을 최대한 억제하고 폐기물의 처리에 따른 자원의 낭비와 에너지 소비를 줄일 수 있음. 또한 관련 포장 기법 및 장비의 개발로 현장 재생 골재의 생산과 현장 재활용 포장 기술의 국산화를 이루고 녹색 성장의 기반을 구축할 수 있을 것으로 기대됨.

○ 항공기 특성을 반영한 고속 요철 측정 시스템 개발

- ▷ 국외에서도 공항 요철 측정에 관하여 이슈화되는 사항이므로 많은 전문기관 및 기업에서 활발한 투자가 시행되고 있어 국내 및 아시아 시장의 선점을 당할 수 있음.
- ▷ 본 연구 과제를 통해 기 개발 측정 시스템보다 월등히 효율적인 시스템을 개발, 기술적 우위와 더불어 국내 정부 및 출연기관의 협력을 통해 해외시장을 개척하기위한 발판 역할이 조화가 이뤄진다면 아시아 시장에서 선점효과를 나타낼 수 있을 것이라 판단됨.

○ 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용 기술

- ▷ 30여년간 사용한 활주로를 원지반으로 활용하므로써 별도의 공사를 시행하지 않고도 지반이 안정화되는 장점이 있으며, 지구 온난화로 평균 해수면이 상승되고 국지적 호우 및 빈번한 집중호우가 발생하는 강우패턴의 변화로 인한 저지대의 활주로 침수방지를 도모하여 공사시뿐만 아니라 효율적 유지관리도 가능할 것으로 예상됨.
- ▷ 본 연구에서 수행하게 될 기존 포장체 활용 기술은 기존 포장체의 구조적인 건

전성을 유지하면서 기존 연구에서는 제대로 수행되지 못했던 반사균열을 억제하기 위해 토목섬유를 활용하는 한편 GPS 장비를 이용하여 기존 콘크리트포장의 줄눈부를 일치시켜 전체 포장의 수명을 장수명화할 수 있는 미래지향적인 기술임.

3. CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발

- 공항포장 기층 및 보조기층 재료기준 연구
 - ▷ 기층/보조기층 재료 기준 확립을 통하여 동상피해를 방지할 수 있으며 표층의 손상도를 줄여 항공기를 이용하는 승객들의 승기감을 일정수준 만족 시킬 수 있음.
 - ▷ 표면의 두께를 최적화 시킬 수 있기 때문에 효율적으로 시공을 할 수 있으며 재활용 골재를 사용하여 경쟁력 강화 및 환경보전에도 영향을 미칠 것으로 예상됨.
- 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계
 - ▷ 공항 운영 중 홍수나 큰 강우에 대하여 피해는 급격히 줄어들 것으로 예상되며 배수시설물의 내구성 강화 및 최적화로 배수시스템에 대한 유지보수의 필요성이 줄어들기 때문에 공항여건의 특성상 힘든 유지보수의 수행을 줄여 공항의 경쟁력을 강화 시킬 수 있음.

3절. 연구개발과제 구성

- 3가지 중점분야로 구성하며 각 중점분야별로 세부후보과제를 도출함

1. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 기법 개발

연번	후보과제명	후보과제 정의	구분
1-1	친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술	포틀랜드 시멘트를 전혀 사용하지 않고 대체 바인더와 알칼리 활성제를 첨가한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 기술 개발	1단계
1-2	공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발	공항 활주주로의 이착륙시 발생하는 Rubber Deposit을 저감시킬 수 있는 표면 처리 재료 및 고정탄성 아스팔트 포장 기술 개발과 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발	1단계
1-3	Minimum-delay 개념을 활용한 포장 (긴급)유지보수 시스템 개발	나노 기술을 콘크리트에 접목시켜 기존 고비용 짧은 수명인 일상 유지 보수공법의 수명 연장 및 신속교통개방 기술 개발	1단계
1-4	탄소배출 저감형 최적배합 공항포장 시스템 개발	환경 및 콘크리트 포장의 강도, 내구성을 고려한 최적콘크리트 기술 개발	1단계
1-5	공항 긴급보수용 상온 아스팔트 포장	고점도 상온 개질 아스팔트 바인더 개발 및 균열역학적인 접근방법으로 재료의 성능을 설계하고 평가하는 시스템 개발	2단계
1-6	공항포장용 가소성 첨가제 혼입 콘크리트 개발 기술	콘크리트 혼입용 가소성 첨가제 개발 및 가소성 첨가제를 혼입한 친환경적인 고성능 콘크리트 기술 개발	2단계
1-7	프리캐스트 공법을 이용한 공항포장 생산 및 시공 기법	공장에서 미리 제작된 포장제를 현장에 와서 조립 설치하는 방법으로 신속한 시공 및 유지보수에 용이한 기술 개발	2단계

2. 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축

연번	후보과제명	후보과제 정의	구분
2-1	공항포장 상태지수 및 평가모델 개발	기존 PCI 지수의 수정 및 예측모델 개발	1단계
2-2	지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발	재생 골재를 현장에서 포장 표층 및 기층에 사용하는 공항포장용 현장재생 콘크리트 포장 기술 개발	1단계
2-3	항공기 특성을 고려한 첨단 요철 조사 시스템	기존에 사용하는 평탄성지수(IRI)의 한계로 항공기 특성에 적합한 새로운 공항 포장 요철 측정 시스템 개발	1단계
2-4	경비행장용 Discrete system 블록 포장 기술	신속 시공과 활주로 유도 기능 및 투수 기능성을 향상시킨 경비행장용 Discrete System 포장 개발	2단계
2-5	항공유 저항 특성이 강한 공항포장용 균열 sealing material 개발	기존 에폭시를 이용한 균열보수의 단점을 보완한 새로운 재료 개발	2단계
2-6	미끄럼 저항성 향상을 위한 타이어 제거 작업 장비 개발	포장손상을 최소화한 공항활주로의 고무제거 작업 장비 개발 및 작업기준 마련	2단계
2-7	공항포장 유지보수 지침 및 시공품질관리방안 개발	공항포장의 체계적인 파손형태 및 등급 분류, 이를 토대로한 품질관리 방안 마련	2단계
2-8	공항포장 덧씌우기 공법 개발	지금까지의 재시공이 아닌 공항포장 평가시 안정성을 고려한 덧씌우기 기준 및 공법 개발	2단계

3. CO₂ 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발

연번	후보과제명	후보과제 정의	구분
3-1	공항포장 불연속면 시스템 설계	공항 등급별 지역별 콘크리트 포장 불연속면 설계 기술 개발 및 하중전달 장치 개발	1단계
3-2	공항포장 배수성능 개선 및 설계 기준	공항포장 배수층 재료 및 입상재료를 이용한 다공성 보조기층 재료 기준 개발 공항포장 배수시스템 개발	1단계
3-3	항공유 저항에 강한 중온 아스팔트 포장 재료 및 복합재료 시스템 개발	항공유에 저항할 수 있는 중온용 개질 아스팔트 바인더 개발 및 친환경 공항포장용 중온아스팔트 포장재료 개발	2단계
3-4	중대형 항공기 도입에 따른 공항포장 설계법 개발	A380과 같은 대형 항공기의 도입증가가 예상됨에 따라 이를 고려할 수 있는 공항포장 설계법 개발	2단계

- 도출된 세부과제중에서 전문가 의견, 연구개발의 시급성, 연구기간 및 예산 등을 고려하여 2단계로 구성함

4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 1세부과제 개요

- Minimum-delay 교통개방용 공항 포장 생산 및 시공 기법 개발

연번	후보과제명	후보과제 정의
1-1	공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발	공항 활주주로의 이착륙시 발생하는 Rubber Deposit을 저감시킬 수 있는 표면 처리 재료 및 고정탄성 아스팔트 포장 기술 개발과 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발
1-2	친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술	포틀랜드 시멘트를 전혀 사용하지 않고 대체 바인더와 알칼리 활성제를 첨가한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 기술 개발
1-3	Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발	나노 기술을 콘크리트에 접목시켜 기존 고비용 짧은 수명인 일상 유지 보수공법의 수명 연장 및 신속교통개방 기술 개발
1-4	탄소배출 저감형 최적배합 공항포장 시스템 개발	환경 및 콘크리트 포장의 강도, 내구성을 고려한 최적콘크리트 기술 개발

가. 연구개발 목표

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

- 공항 활주주로의 이착륙시 발생하는 Rubber Deposit을 저감시킬 수 있는 표면 처리 재료 및 고정탄성 아스팔트 포장 기술 개발과 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

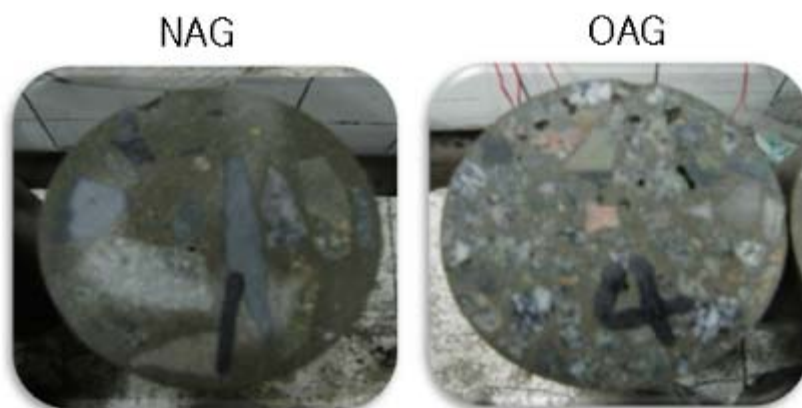
- 본 연구의 최종목표는 공항 활주로, 계류장, 유도로 등의 신설/유지보수 포장용으로 적용할 수 있는 포틀랜드시멘트를 전혀 사용하지 않은 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술을 개발하는 것임

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공방포장 (긴급)유지보수 공법 개발

- 나노 기술을 콘크리트에 접목시켜 3M 개념(Minimum-delay, Minimum-crack, Maximum-benefits)을 바탕으로 강도 증가 및 보수비용 최소화를 위하여 공방포장 유지보수 공법을 개발

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공방포장시스템 개발

- 기존 공방 콘크리트 포장은 콘크리트 포장의 강도적인 측면에서 문제가 되고 있음. 본 연구 과제에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 시멘트 대체 재료를 사용하여 탄소배출 저감 통해 저 시멘트 고 포졸란 콘크리트포장 재료를 개발하고, 굵은 골재 사이에 중간입도를 넣어 최적배합개념을 도입함. 이러한 방법을 통하여 기존 공방 콘크리트 포장보다 더 우수한 포장 재료를 만듦.
- CO2 저감 최적 콘크리트 포장재료 개발
 - ▷ 본 연구 목표는 기존 공방 콘크리트 포장에서 문제가 되고 있는 콘크리트포장의 강도 및 내구성적인 측면에서 더 우수한 포장을 개발하는 것임.
 - ▷ 탄소배출을 줄이기 위해 시멘트의 대체 재료인 플라이 애시, 바텀애시, 고로슬래그 등을 사용.
 - ▷ 또한, 콘크리트 포장의 강도 및 내구성을 향상시키기 위해서 굵은 골재사이에 중간입도를 넣은 최적배합개념을 도입함.



<그림 3.1> NAG 콘크리트와 OAG 콘크리트의 비교



<그림 3.2> 공항 콘크리트 포장 파손 형태

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

- F-16 전투기의 무게는 대략 7톤(무장, 외부 연료통까지 하면 최대중량은 11톤). 통상적으로 지상에 닿을 때의 순간 속력은 시속 270~290 km/h으로 접지 순간에 가해지는 힘은 무장이나 연료통이 없다고 가정해도 최소 10톤 정도로 나타나며, 일방 항공기는 무게에 따라서 더 높은 힘으로 하중을 가하게 됨. (공군뉴스레터, 2006년 1월)
- 이렇게 엄청난 무게의 항공기가 착륙하는 순간에는 활주로와 바퀴에는 어마어마한 마찰력이 발생하게 됨.
- 이때 발생하는 마찰력 때문에 항공기 바퀴는 활주로에 검은 고무자국을 남기게 되고, Rubber Deposit이 점점 쌓이게 되면 항공기가 이·착륙할 때 미끄러질 수 있어서 비행안전에 저해하게 됨. (천성한, 2010년)
- 따라서 정기적으로 활주로 Rubber Deposit 제거 차량을 투입하여 Rubber Deposit을 제거하여 미끄럼 저항성을 높여야함.
- Rubber Deposit은 비가 내리면 활주로 포장면이 젖어 제동력을 떨어뜨리고 항공기 기체가 미끄러지면서 대형 사고를 일으킬 수 있어 안전한 항공기 이·착륙을 위해서는 활주로 표면에 형성된 Rubber Deposit 제거작업은 단 하루도 거를 수 없음. (표 3.1, 그림3.1 참조)(Federal Aviation Administration, 1997년)

<표 3.1> 미국 FAA Rubber Deposit 제거주기

활주로 끝단에서 1일 비행기 착륙회수	고무바퀴자국 제거 주기
LESS THAN 15	2 YEARS
16 To 30	1 YEAR
31 TO 90	6 MONTHS
91 TO 150	4 MONTHS
151 TO 210	3 MONTHS
GREATER THAN 210	2 MONTHS



<그림 3.6> 활주로 고무제거 작업

- Rubber Deposit는 아스팔트 포장 표면에 붙어 미끄럼 저항성이 저하기 때문에, 이를 제거하기 위해 워터젯과 같은 방법을 사용하고 있음.
- 워터젯 사용 시 고압살수로 인해 아스팔트 포장 표면부가 많은 손상(박리 및 탈리 등)을 입어 상당히 심각한 문제로 대두되고 있음.
- 이에, 워터젯에 저항할 수 있는 고성능·고점도 아스팔트 포장기술 개발이 필요.
- 또한, Rubber Deposit를 제거하기 위하여 인천공항은 2개 활주로를 사용해 4곳에서 작업을 수행함. 2개월에 한 번씩 작업한다 하더라도 1회 작업에 최소 20여일이 걸리고, 제거해야 할 면적만도 2만1천600㎡에 달하고 한 번 작업으로 무려 8ton의 Rubber Deposit이 발생하게 됨. (중앙일보, 2006년 4월)
- 이와 같은 Rubber Deposit는 제거시에 포장의 성능 저하를 가져오는 것뿐만이 아

나라, 제거 후에도 처리에 따른 환경문제도 발생하고 있음.

- 공항포장기술의 발전과 포장수명 연장을 통한 예산절감 및 환경문제를 위해 정부의 적극적인 지원 필요.
- 공항포장이라는 제안된 구역에 한정적으로 적용되는 기술이므로 지원 필요.

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

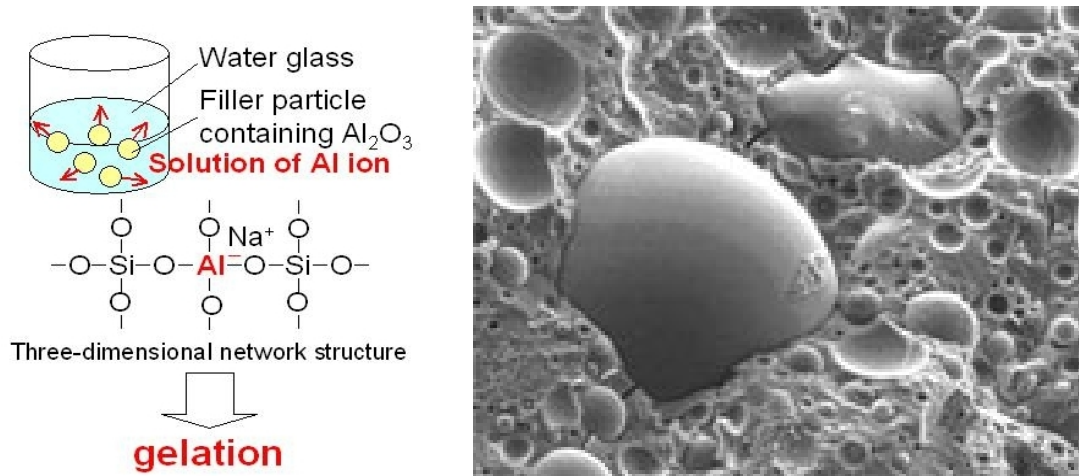
- 일반적으로 시멘트 1ton 생산 시, 클링커 소성과정의 화학반응(탈탄산반응)으로 0.55ton의 CO₂가 발생하고, 연료의 연소과정에서 0.4ton의 CO₂가 발생한다고 보고됨 (Joseph Davidovits, 2008)
- 1990년에 전 세계 시멘트 생산 시 10억 톤의 CO₂가 발생했으며, 이것은 제조업 분야에서 전 세계 CO₂ 발생량의 7%에 해당되는 것임, 또한 이것은 일본 전체 산업계에서 방출한 CO₂ 양과 동일함. (Pearce, 1997)
- 최근 자료에 따르면 전 세계 시멘트 산업계에서 배출한 CO₂ 양이 전체 제조업 분야에서 약 5% 정도를 차지하고 있음, 2006년에 전 세계 시멘트 생산량은 25억 톤이었으며, 향후 2050년에 저성장을 했을 경우 37억 톤, 고성장을 했을 경우 44억 톤 정도를 생산할 것으로 예상되어, 이에 따른 CO₂ 배출양도 상당히 증가될 것으로 예상됨. (WBCSD and IEA, 2009)
- 2007년 기준 국내 시멘트 생산량은 5,200만 톤이었으며, 시멘트 생산과정에서 4,060만 톤의 CO₂가 배출되어, 시멘트 톤당 약 0.78톤의 CO₂가 발생하는 것으로 조사되었음. (지식경제부, 2009)
- 이와 같이 탄소배출과 관련하여 시멘트 제조업 분야가 상당히 높은 비중을 차지하고 있으며, 이에 탄소 배출량을 줄이기 위해 시멘트의 사용량을 줄여야 한다는 목소리가 최근 들어 높아짐.



<그림 3.4> 시멘트 클링커 생산을 위한 킬른(kiln)공정

- 이에 따라 다양한 대응전략이 제시되고 있는데, 대표적으로 다음과 같이 4가지 정도로 분류됨.
 - ▷ 시멘트 사용량의 일부를 포졸란재료 또는 대체 재료를 사용하는 방법
 - ▷ 시멘트 제조 시 킬른의 소성과정에 의해 생산되는 클링커(Clinker) 사용량을 줄이는 방법
 - ▷ 시멘트 대신 대체 바인더를 사용하는 방법
 - ▷ 시멘트 제조 시 발생하는 탄소를 포집하는 방법 (CCS : Carbon Capture and Storage)
- 특히 대체 바인더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 최근 포졸란재료(플라이애시, 슬래그, 메타카올린)에 알칼리활성제를 첨가한 “알칼리 활성 시멘트 콘크리트(Alkali-Activated Cement Concrete)”에 대한 연구가 전 세계적으로 주목받고 있음.
- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트는 일반 콘크리트와 유사한 또는 그 이상의 성능을 발휘할 수 있어, 차세대 콘크리트 바인더로 주목받고 있으며, 특히 고강도 콘크리트

트 제조가 가능하고, 응결·경화를 빠르게 조절할 수 있으며, 폭열저항성이 우수함 등등의 여러 가지 장점을 가지고 있음.



<그림 3.5> 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 수화반응과정과 바인더 형상

- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트는 1980년대 미국과 러시아에서 도로포장분야에 적용된 사례가 있으며, 그 이후 적용사례를 찾아볼 수 없음. 또한 전체적으로 토목분야에 적용된 사례가 많지 않음.
- 이와 같이 현장적용사례가 많지 않은 이유는 그동안 관련 연구가 활발히 진행되지 못하였으며, 경제성 측면에서 시멘트 콘크리트와 비교 시 유리하지 않고, 마지막으로 현장에서의 컨트롤이 어려운 단점이 있기 때문임.
- 현재, 국내에서도 이와 관련된 많은 연구들이 진행 중이나, 그 적용사례가 많지 않으며, 특히 도로/공항포장 분야에 적용하기 위한 연구 사례는 전무함.
- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 기술은 건설업계의 탄소저감기술 확보 및 선점을 위해 정부의 적극적인 지원이 필요함.

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

- 항공 이용객과 수송물량의 증가에 따른 항공기 운행의 가속화로 공항 포장의 수명저하 및 적절한 유지보수 문제의 해결이 시급함. 따라서 이러한 문제점 보강에 대한 해결방안이 필요하며, 이에 대한 대책마련을 위해 경제적이고 신속하며 소요의 내구성을 갖출 수 있는 보강공법 적용에 대한 연구를 필요로 함.
- 오늘날 사용되고 있는 공항 포장은 시멘트 량을 줄이지 않고 고비율의 배합설계를 하고 있어 ASR로 인한 포장강도가 저하되고 있음. 알칼리성분이 많은 시멘트량을 줄이고 다른 나노재료를 넣어 콘크리트 배합설계 시 ASR이 감소 할 것임.

- 폴리머 콘크리트는 부식 및 화학약품에 대한 우수한 저항성, 높은 동결융해 저항성과 낮은 투수성, 고강성(인장, 휨, 압축) 및 양호한 접착력 등의 장점으로 아스팔트 포장을 대체할 수 있을 것으로 기대됨.
- 공항 포장의 경우 도로 파장에 비해 높은 강도를 필요로 하므로 기존의 고비용 고효율 공법 중 최소의 비용으로 고강도 및 내구성을 유지할 수 있는 보수공법이 필요함.
- 이러한 보강공법 선정에 있어서 유지보수 비용이 증가하는 아스팔트 재료 대신 이에 비해 상대적으로 경제적인 콘크리트 재료들에 대한 연구가 요구됨.
- 특히 이러한 재료들이 최적으로 적용될 수 있도록 공항포장에서 요구되는 특징인 잦은 긴급보수에 따른 편리한 시공성과 단시간 내 소요의 강도 발현을 만족할 수 있는 재료에 대한 연구가 요구됨.
- 공항 포장의 시공 및 보수 작업으로 인해 작업구간의 이용이 불가하기 때문에 포화된 항공 스케줄로 인한 항공기 이착륙 지연 등으로 공항 이용객의 이동성에 영향을 미침.
- 따라서 이러한 부정적인 영향을 방지하기 위해서는 공항 포장의 신속한 유지보수 작업을 필요로 함. 일부 전문가들은 긴급공사 필요 시, fast-setting 폴리머 콘크리트를 이용을 권장하고 있음.
- 국내에서 시행된 공항 포장에 대한 폴리머 콘크리트 및 나노 콘크리트에 대한 연구는 전무함. 일반 도로포장에 비해 높은 강도 및 빠른 시공 시간을 필요로 하는 공항 포장의 특성을 반영한 유지보수 공법의 개발이 필요함.
- 콘크리트의 수명을 연장할 수 있고 장기적으로 유지보수 비용을 줄일 수 있으므로 정부의 지원이 타당함.

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

- 공항포장에 적용된 시멘트 콘크리트 포장의 설계는 대부분 ICAO(국제민간항공기구)와 FAA(미연방항공청)의 설계 기준을 맞추어 설계하고 있음. 그러나, 사용 재료에 대한 규정은 매우 미흡한 실정.
- 매 5년마다 시행하고 있는 공항포장평가 결과(김포공항외 13개 지방공항)에 나타나고 있는 현상은 대부분 장기공용과 관련된 구조적 파손보다는 조기 공용성을 확보하지 못한 재료적 측면에서 기인 됨.
- 단기간 내 잦은 유지보수로 인한 시공비용 문제, 공항 운영문제가 많음.
- 이러한 문제점을 개선하기 위해 국내 공항 콘크리트 포장의 수명을 증진시키기 위한 기술개발이 필요. 또한, 저탄소정책에 따른 시멘트 사용량을 최소화 할 필요가

있음.

- 강도 및 내구성 등을 확보하지 못한 파손 등으로 인한 공항 콘크리트 포장의 유지 보수비용을 절감하기 위한 재료 개발.
- 최적배합을 통하여 기존 공항 콘크리트 포장보다 더 강도 및 내구성이 좋은 포장을 개발.
- 건설업계의 탄소저감기술 확보 및 선점과 탄소저감기술에 대한 정부의 적극적인 수용 및 장려를 통해 기술발전을 꾀해야 함.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

1-1세세부. 공향포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

- 개질에 대한 다양한 연구가 진행된 바 있으나, 피로 및 소성에 대한 저항성 증대에 관한 연구로 본연구의 고성능 및 내수성을 향상 시키는 아스팔트 바인더 개발과 중복성이 없는 것으로 나타남.

<표 3.2> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
수분민감성	2	2	3	3
박리	103	5	10	3
바인더	124	3	10	0
고점도	25	2	5	5

<표 3.3> 유사과제 조사결과

	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	2002년 12월~2004년 12월	국토해양부	건설기술혁신사업	도로포장 장수명화를 위한 설계시공 기술 고도화(아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공 기술 개발)	한국건설기술연구원
2	2008년 7월~2009년 5월	중소기업청	중소기업기술혁신개발	비석유계고분자물질을이용한환경친화적인고품질재활용아스팔트혼합물제조 방법	(주)누보캠
3	2001년09월 ~ 2003년08월	교육과학기술부	목적기초연구사업	아스팔트 작용기들의 실리카 표면 흡착에 관한 연구	동서대학교
4	2002년12월 ~ 2005년12월	국토해양부	건설핵심기술연구개발사업	장수명 아스팔트포장 공법 개발	세종대학교
5	2003년10월 ~ 2005년10월	국토해양부	건설핵심기술연구개발사업	환경친화적인배수성아스팔트포장을위한고점도첨단개질제개발	인천대학교
6	2001년08월 ~ 2003년08월	국토해양부	산학연공동연구	아스팔트바인더의 소성변형등급(고온등급)제정기술 개발	(주)드림테크
7	2008년07월 ~ 2008년10월	한국건설교통기술평가원	건설교통R&D정책인프라사업	배수성아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	(주)뉴페이브
8	2008년12월 ~	한국건설교통기술평가원	건설교통R&D정책인프라사업	배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	(주)뉴페이브

	2009년06월				
9	2010년06월 ~ 2011년05월	중소기업기술 정보진흥원	중소기업기술혁 신개발	중온개질재생첨가재를 이용한 순환골재 고효율 중온가열 개질재생아스팔트 혼합물개발	(주)누보캠
10	2010년06월 ~ 2012년05월	중소기업기술 정보진흥원	중소기업기술혁 신개발	산업부산물을 채움재로 활용한 친환경 상온재생아스팔트 혼합물 개발	제주산업(주)
11	2007년07월 ~ 2008년05월	구미1대학	산학연공동기술 개발	재생 상온 아스팔트 혼합물을 사용한 반강성 포장기술 개발	위덕대학교
12	2009년10월 ~ 2012년10월	한국건설교통 기술평가원	건설기술혁신사 업	균열저항성을 높인 중온아스팔트포장 개질제 개발	(주)뉴페이브
13	2005년06월 ~ 2010년09월	한국건설교통 기술평가원	건설기술혁신사 업	장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술 개발	한국도로공사

○ 대상과제의 연구목표 및 연구내용

1	도로포장 장수명화를 위한 설계시공 기술 고도화(아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공 기술 개발)
연구기간	2002년 ~ 2005년
총연구비	742,193천원
연구목표	▪ 아스팔트 혼합물의 박리방지 첨가제 및 텍코트 재료의 개선 개발 ▪ 아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 시공 가이드라인 개발 ▪ 아스팔트 포장의 포트홀 보수 보강 재료 개발 및 시공 공법 제시
연구내용	▪ 수분민감성 평가를 위한 촉진 시험 방법 조사 및 평가 ▪ 박리 및 포트홀의 발생 원인 분석 : 국내 포장의 현장 조사 및 실무자 의견 수렴 결과 등 분석 ▪ 포트홀 보수를 위한 보강 공법 및 재료 개발 ▪ 기존 박리방지 첨가제의 성능평가 ▪ 국내 골재 특성을 감안한 박리방지 첨가제의 활용기준 개발 및 성능평가 ▪ 표층과 기층의 부착 특성 및 수분 저항성이 향상된 텍 코트 재료 개발 - 새로운 텍 코트 재료 개발 - 실내 시험 및 성능평가 : 부착 성능 및 강성 실험 ▪ 아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 시공 가이드라인(안) - 시공 재료 선정 및 품질 관리 가이드라인 - 시공 공법의 품질관리 가이드라인 ▪ 아스팔트 혼합물의 박리 특성 및 포트홀 억제를 위한 재료 선정 연구

2	비석유계고분자물질을이용한환경친화적이고품질재활용 아스팔트혼합물제조방법
연구기간	2005년 ~ 2006년
총연구비	94,000천원
연구목표	비공개(NTIS 검색)
연구내용	비공개(NTIS 검색)

3	아스팔트 작용기들의 실리카 표면 흡착에 관한 연구
연구기간	2001년 ~ 2003년
총연구비	1,8000천원
연구목표	없음(NTIS 검색)
연구내용	없음(NTIS 검색)

4	장수명 아스팔트포장 공법 개발
연구기간	2002년 ~ 2005년
총연구비	1,058,000천원
연구목표	▪ 단면설계 기법의 검증 및 보완 ▪ 고강도 도로포장 재료의 공용성 비교 평가 ▪ 공용성을 고려한 장수명 포장의 최적 단면 구성(안)의 제시
연구내용	▪ 포장가속시험기를 사용한 단면설계의 검증 및 단면 설계의 수정 보완 - 포장의 시공방안 수립 - 계측기 매설 및 계측방안 수립 - 포장 가속시험을 위한 구성 설계 - 교통량에 따른 다양한 포장단면의 공용성 시험 ▪ 고강도 포장재의 종류에 따른 공용성 비교 분석 - 포장재의 각종 역학적 물성평가 - 시험결과분석을 통한 공용성 예측모형 계수 산정 ▪ 실내 및 포장가속시험기를 사용한 공용성 평가 결과를 토대로 최적 포장 단면 제시

5	환경친화적인 배수성아스팔트포장을 위한 고점도 첨가제개발
연구기간	2003년 ~ 2005년
총연구비	1,073,000천원
연구목표	- 배수성포장의 핵심적 재료인 고점도 개질 첨가제를 개발 - 이 첨가제를 생산하는 장비를 개발 - 배수성포장 골재입도와 분포도를 선정하고, 선정된 골재와 첨가제를 사용하여 성공적인 배수성포장을 시공하는 전 과정 수립
연구내용	- 첨가제 개발 - 실험실 개질제 제조장비의 구성 - 이 장비를 이용하여 고점도 첨가제 제조를 위한 화학조성과 배합비 결정하고, 품질검증 - 시제품제조 파일럿 장비개발과 가동점검 - 충진제의 종류와 함량결정 - 배수성 혼합물 평가 - 배수성포장용 골재입도 선정 및 개질첨가제 혼합물 물성시험 - 아스콘혼합을 위한 혼합시간 및 혼합온도 결정 - 아스콘물성시험과 분석 - 포설과 다짐조건 연구 - 배수성포장의 시험시공 및 문제점 보완

6	아스팔트바인더의 소성변형등급(고온등급)제정기술 개발
연구기간	2001년 ~ 2003년
총연구비	203,000천원
연구목표	- 아스팔트 바인더의 고온등급 제정기술 개발 - 연약한 바인더로 인한 소성변형 문제 해결 - 아스팔트 포장의 소성변형 방지할 수 있는 정량적인 판단기준을 정립
연구내용	- 바인더의 구성방정식을 선정하고 이방정식에 포함된 물성변수를 정의 - 실험장비를 이용 국내 생산 아스팔트 바인더의 물성변수 측정 - 측정된 물성변수 데이터를 바인더 물질구성방정식을 이용 회귀분석 실시, 해당 변수값을 산정하여 바인더 물성 데이터 베이스 구축 - 소성변형 깊이와 바인더 물성변수 사이의 소성변형 공용성 식을 확립 - 표준 바인더에 기초를 둔 소성변형등급 이론식 개발 - 제정된 바인더의 소성변형 등급에 대한 정확성을 입증하기 위한 실내 바퀴주행시험에 의한 검증 실시 - 소성변형 등급규정을 확정

7	배수성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화
연구기간	2008년7월~2008년10월
총연구비	27,000천원
연구목표	- 배수성포장용 아스팔트 개질제사업의 성공적인 사업진입 - 공인인증 시험증명서로 개질제 제품의 우수성을 검증할 수 있도록 함 - 상기 개질제를 제조할 독창적인 제조시설 구축과 시제품 생산에 대한 기술검토를 완료하여 제조시설구축에 대비 - 배수성포장사업을 위한 혼합물 배합설계방법, 배수성아스콘 생산조건, 포설과 다짐 조건의 기술적 검토를 수행하여 사업에 대비 - 특히 선행기술보고서, 공인인증 시험증명서, 시험포장의 기술적 검토를 수행하여 건설 신기술 보고서를 작성하기 위한 준비를 하여 신기술확보를 대비함 - 제품의 홍보물(카탈로그, 홈페이지, 기술요약서)의 제작을 위한 기술검토를 함으로서 시장에 본격적으로 진입할 준비를 갖추
연구내용	- 원료구입라인의 확보 및 적정성 검토 - 배수성 개질아스팔트(배수성 개질제+아스팔트)의 제조와 적절한 물성시험방법의 기술적 타당성 검토 (바인더와 혼합물의 물성측정 방법과 측정된 물성의 활용방법) - 투수계수 값이 5x10-2cm/s 인 배수성골재 분포에 대한 기술적 검토수행 - 공인인증서를 받기위한 시험목록 작성 (시험목록과 가격, 시험기간, 인증서 발급에 소요되는 기간, 등)과 및 품질규정(품질규정 목록과 각 규정에서의 규정값 등)을 검토함 - 배수성 개질제를 양산하기 위한 독창적인 제조플랜트 시설을 검토함 (각 시설에 필요한 장비이름, 공정조건, 구입가격, 공정시간과 속도, 공정순서, 제품을 생산의 한 사이클 당 걸리는 시간, 등) - 혼합물 배합설계조건 검토 (배수성골재분포도, 공극률, 바인더함량, 최적 물성치, 등) 배수성 개질아스콘 제조공정(아스콘생산을 위한 혼합온도와 혼합시간)과 조건을 검토함 - 배수성포장을 시공하기 위한 포장조건(유공관과 배수측구관계)의 기술적 검토 - 배수성포장 포설조건(온도와 포설거리) 및 시공조건 (다짐롤러 조합결정 및 다짐온도, 밀도, 다짐회수, 등)에 대한 기술적 검토 - 상기 배수성포장 재료를 이용한 시험포장의 기술적 검토 (가능한 시험포장 구간; 재료선정; 시험포장 위치와 아스콘공장 선정; 시공업자 선정, 등) - 건설 신기술 보고서를 작성하기 위한 준비사항과 필요사항의 검토 (신기술보고서 작성에 필요한 자료의 확보, 구성내용의 순서, 핵심요점의 강조, 신기술발표와 평가를 위한 제반사항의 검토) - 카탈로그 제작, 웹사이트 개설, 기술 요약보고서, 시방서작성을 위한 내용 및 기술사항 검토 (가격과 발행조건을 알아보고 준비내용을 점검) - 영업활동을 성공적으로 하기위한 구체적 계획 검토 (가능한 협력회사의 리스트 작성 및 접촉, 제품의 우수성을 알리는 홍보물 배포, 구체적 영업목표 세움, 영업과 직접 관련된 행정부서와 조직파악, 영업사원영입, 등)

8	배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화
연구기간	2008년12월~2009년6월
총연구비	83,000천원
연구목표	- 배수성 및 개질 아스팔트포장 시장에 성공적으로 진입하기 위한 과정 (추가기술평가, 시험포장, 기술검증, 홍보물제작, 제품홍보, 시장개척)을 체계적으로 준비하고 그 결과를 이용하여 국토해양부의 건설신기술과 산업자원부의 신제품 인증을 확보하는 것이 첫째 목표이다. - 이러한 인증서를 확보함으로써 내수시장 잠식비율을 증가시키고, 또한 외국기관의 제품품질규정을 인증받아 외국수출의 길을 열어 수익을 창출함으로써, 국가 경제에 이바지 하고 동시에 세계적으로 기술의 우수성을 인정받는 견실한 기업으로 성장하고자 함.
연구내용	- 국토 해양부의 신기술 신청 - 원자재확보와 제품생산의 체계화 구축 - 개질제를 분말제품으로 만들기 위한 분말제조시스템 구축 - 공기압으로 개질제를 미세분말로 만들고 이를 포집하고 저장하며, 저장된 재료를 일정량 배합기로 이송하고, 배합기에서 다른 재료와 균일하게 혼합하고, 이를 계량하여 일정량 포장하기 위한 분말제조 시스템 구축 - 혼합물 배합설계, 시험포장 실적 및 검증 데이터 확보. - 제품홍보용 카탈로그, 홈페이지(국어, 중국어, 영어) - 제품홍보 및 영업활동. - 국내의 제품사용 협력업체 발굴 및 사용계약서 체결. - 협력사의 영업활동과 애로사항 협의 및 기술교육 제공. - 외국 협력업체 발굴 및 계약서 체결 (중국).

9	중온개질재생첨가재를 이용한 순환골재 고효율 중온가열 개질재생아스팔트 혼합물개발
연구기간	2010년 6월~2012년 5월
총연구비	189,000천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

10	산업부산물을 채움재로 활용한 친환경 상온재생아스팔트혼합물 개발
연구기간	2010년 6월~2012년 5월
총연구비	217,000천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

11	재생 상온 아스팔트 혼합물을 사용한 반강성 포장기술 개발
연구기간	2007년 7월~2008년 5월
총연구비	70,000 천원
연구목표	▪ 재생상온 아스팔트 혼합물을 사용한 반강성 포장기술 개발
연구내용	▪ 당사에서 개발한 양쪽성 유화제와 페아스콘, 시멘트 그리고 채움재를 혼합하여 생성되는 상온 아스팔트 혼합물의 성능 개선 - 페아스콘 순환골재의 품질시험, 산화정도시험 - 재생 상온 아스팔트 혼합물의 배합실험 및 품질관리를 위한 시험 실시 - 성능개선효과를 검증하기 위한 마찰안정도, 간접인장강도, 압축강도, 회복탄성계수, 휠트래킹 시험 실시 ▪ 반강성 포장공법 개발 - 도로 표층용 반강성포장체에 대하여 상온재생 아스팔트 혼합물 기층과 재생골재에 시멘트 밀트를 주입한 표층으로 구성되는 신공법의 적용성 분석 - 상온재생아스팔트 혼합물을 표층부까지 확대하고 표면에 얇은 아스팔트 층을 시공하는 개념의 신공법 개발 - 현장시험시공을 통한 검증

12	균열저항성을 높인 중온아스팔트포장 개질제 개발
연구기간	2009년10월~2012년10월
총연구비	124,000천원
연구목표	▪ 본 연구에서는 국내 원천기술로 중온아스팔트포장 기술을 개발하여 아스콘생산과 포장시공온도를 일반가열포장보다 약 30℃ 낮추어, 대기 중에 방출되는 탄산가스 및 유해가스 배출량을 획기적으로 감소시키고자 함 ▪ 기술적 목표는 중온 아스팔트포장의 약점으로 지적되어 온 저온 균열과 고온소성변형 문제를 해결하는 우수한 공용물성을 지닌 중온포장용 첨가제 개발에 있음 ▪ 이러한 기술 확보를 통해 국내 저탄소포장사업을 선도하고, 국내 및 해외 시장에 진출하여 매출과 영업이익을 극대화 하고자 함.
연구내용	▪ 중온아스팔트포장용 첨가제의 실험실 제조 및 물성측정; 최종제품을 위한 화학적 조성물 결정 - 중온첨가제로서 유기첨가제 종류와 기능성 연구 - 중온첨가제로서 발포제 종류와 기능성 연구 - 유기첨가제와 발포제를 병용한 중온첨가제의 기능성 연구 - 유기첨가제, 발포제 및 탄성재료를 병용한 중온첨가제의 기능성 연구 - 다양하게 제조된 중온아스팔트바인더의 물성연구 (연화점, 점도, 저온 휨, 내구성과 인성, PG 저온과 고온 등급, 프라스 취화점, 침입도 시험, 등) - 중온 첨가제 함량변화에 따른 아스팔트바인더의 물성연구 - 탄성재료의 함량변화에 따른 중온바인더의 물성연구 - 온도변화에 따른 중온아스팔트바인더의 점도연구 - 데이터 분석에 의한 최종 중온첨가제의 결정 - 중온바인더의 공인인증시험서 확보 - 일반아스팔트와 중온첨가제 응용연구 - 개질아스팔트와 중온첨가제 응용연구 - 배수성아스팔트와 중온첨가제 응용연구 - 재생아스팔트와 중온첨가제 응용연구 ▪ 개질 중온첨가제 개발과 혼합물성 연구 중온첨가제 제조라인 구축 - 다양한 개질 중온첨가제 시편제조와 물성측정을 통한 최종 개질 중온첨가제 선정 - 중온 및 중온 개질 첨가제가 혼합된 혼합물 시편제조와 물성측정을 통한 우수한 품질 검증 - 상기 각종 중온 첨가제 제조를 위한 파이로트설비 구축 -시제품 생산

13	장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술 개발
연구기간	2005년6월~2010년9월
총연구비	6,291,590 천원
연구목표	▪ 친환경성, 이용자 중시의 다기능성을 갖는 도로포장 시스템 개발 ▪ 고내구성 장수명 포장 신재료 및 활용 기술 개발 ▪ 비파괴 및 IT 기법을 접목한 첨단 도로포장의 시공기술 개발 ▪ 수명연장 및 최적 공용성 확보를 위한 도로 유지관리 기술 개발
연구내용	▪ 도심지 열섬완화를 위한 포장시스템 개발 ▪ 고내구성 블록포장 및 칼라콘크리트 포장 공법 개발 ▪ 저소음 콘크리트 포장을 위한 표면처리기술 개발 ▪ 고내구성 아스팔트 신재료 및 공법 개발 ▪ 대체에너지를 활용한 융설시스템 개발 ▪ 최적 매설형 신축이음장치의 개발 ▪ 탄성파 및 IT 기술을 활용한 포장시공관리 시스템 개발 ▪ 아스팔트 혼합물의 첨단품질 관리 시스템 개발 ▪ 조기교통개방을 위한 급속경화 콘크리트 포장보수 공법 개발 ▪ 덧씌우기용 중온 아스팔트 포장 공법 개발 ▪ 시단위 도로관리 의사결정지원 시스템 개발

<표 3.4> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
도로포장 장수명화를 위한 설계시공 기술 고도화(아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공 기술 개발)	없음	불필요	▪ 대상과제는 아스팔트 포장에 발생하는 포트홀에 관한 시공 기술 및 관련 보수 재료 개발로 본 과제와 목적 및 내용이 다름.
비석유계고분자물질을이용한환경친화적인고품질재활용아스팔트혼합물제조방법	없음	불필요	▪ 대상과제는 재활용관련 재료 개발 및 배합설계 등에 관한 연구로 본 과제에서 개발되는 내용 및 목적과는 전혀 일치하지 않음.
아스팔트 작용기들의 실리카 표면 흡착에 관한 연구	없음	불필요	▪ 대상과제는 아스팔트 재료에 대한 기초 연구로 본 과제에서의 재료 개발은 응용연구가 필요한 만큼 관련 중복성은 없음.
장수명 아스팔트포장 공법 개발	없음	불필요	▪ 대상과제는 주로 포장의 단면설계와 관련된 연구로 본 과제와의 중복성은 없음.
아스팔트바인더의 소성변형등급(고온등급)제정기술 개발	없음	불필요	▪ 대상과제는 아스팔트 재료에 대한 기초 연구로 본 과제에서의 재료 개발은 응용연구가 필요한 만큼 관련 중복성은 없음.

환경친화적인 배수성 아스팔트 포장에 위한 고점도 첨가제 개발	없음	불필요	▪ 대상과제는 배수성포장의 핵심적 재료인 고점도 개질 첨가제를 개발하고 적용하는 부분을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 다공성 기층용 재료 분야와 목적 및 내용이 다름
배수성아스팔트포장을 위한 첨가제 아스팔트 개질제 사업화	없음	불필요	▪ 대상과제는 배수성포장을 위한 개질제 개발 및 사업화 부분을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 다공성 기층용 재료 분야와 목적 및 내용이 다름
배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨가제 아스팔트 개질제 사업화	없음	불필요	▪ 대상과제는 배수성포장을 위한 개질제 개발 및 사업화 부분을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 다공성 기층용 재료 분야와 목적 및 내용이 다름
중온개질재생첨가제를 이용한 순환골재 고품질 중온가열 개질재생아스팔트 혼합물개발	거의없음	불필요	▪ 대상과제는 도로용 중온개질재생첨가제를 개발 하고 적용하는 부분을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 굵은 골재를 포함한 공항용 특수 중온 아스팔트재료 포장재료 개발 분야와 목적 및 내용이 다름
산업부산물을 채움재로 활용한 친환경 상온재생아스팔트 혼합물 개발	거의없음	불필요	▪ 대상과제는 상온재생아스팔트 혼합물 개발 부분 을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 공항 의 특수성을 감안한 긴급유지보수용 상온아스팔트 포장 분야와 목적 및 내용이 다름
재생 상온 아스팔트 혼합물을 사용한 반강성 포장기술 개발	없음	불필요	▪ 대상과제는 재생 상온 아스팔트 혼합물을 사용 한 반강성 포장기술 부분을 다루고 있어 본 연구 개발 목적 및 내용이 다름
균열저항성을 높인 중온아스팔트포장 개질제 개발	거의없음	불필요	▪ 대상과제는 균열저항성을 높인 중온아스팔트 포 장 개질제 개발 부분을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 항공유의 저항에 강한 중온 아스팔 트재료 포장재료 개발 분야와 목적 및 내용이 다 름
장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술 개발	거의없음	불필요	▪ 대상과제는 덧씌우기용 중온아스팔트 포장 부분 을 다루고 있어 본 연구에서 다루고자 하는 항공 유의 저항에 강한 중온 아스팔트재료 포장재료 개 발 분야와 목적 및 내용이 다름

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 관련 연구는 최근 들어 활발히 진행되고 있으나, 도로포장에 적용하기 위한 연구와 혼화제 또는 첨가제를 혼입한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트에 대한 연구는 수행된 바가 없음.

<표 3.5> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
지오폐리머	5	4	0	0
무시멘트	3	2	0	0
알칼리 활성	2	1	0	0

<표 3.6> 유사과제 조사

	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	2004년6월 ~2006년 6월	산업자원부	에너지자원기술개발	플라이애시를 사용한 비소성 무기결합재 제조기술 개발	요업기술원
2	2007년 4월~2009 년3월	환경부	차세대핵심환경기술개발	Geopolymer Technique에 의한 소각재의 무해화 처리 및 시멘트 대체소재 개발	강원대학교
3	2009년5월 ~2010년 4월	교육과학기술부	일반연구자지원	콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폐리머 적용성 연구	군산대학교
4	2010년6월 ~2011년5 월	중소기업청	산학연공동기술개발	폐유리를 이용한 시멘트 zero 콘크리트의 제조방법 개발	충청대학산학협력단
5	2008년9월 ~2011년8 월	교육과학기술부	특정기초연구지원사업	알카리활성 결합재에 기반한 그린 콘크리트 개발	목포대학교
6	2004년9월 ~2007년8 월	과학기술부	특정기초연구지원	석탄회의 알카리활성 반응을 이용한 대체시멘트 개발의 기초연구	순천대학교
7	2007년10 월~2009년 10월	과학기술부	공공기술연구회운영	시멘트 ZERO 콘크리트 개발 및 활용	한국건설기술연구원

○ 대상과제의 연구목표 및 연구내용

1	플라이애시를 사용한 비소성 무기결합재 제조기술 개발
연구기간	2004년~2006년
총연구비	70,000 천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

2	Geopolymer Technique에 의한 소각재의 무해화 처리 및 시멘트 대체소재 개발
연구기간	2007년~2009년
총연구비	95,000 천원
연구목표	소각재의 무해화 처리 및 시멘트 대체소재 개발
연구내용	- 소각장별 소각재 확보 - 지오폴리머 혼합원료 선정 - 각 원료 조건 및 배합조건에 따른 제조조건 검토 및 물성평가 - Lab 규모의 샘플제조 및 물성평가

3	콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폴리머 적용성 연구
연구기간	2009년~2010년
총연구비	95,000 천원
연구목표	콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폴리머 적용성 연구
연구내용	- 지오폴리머 콘크리트의 배합별 역학적 성능 평가 : 배합특성평가 : 압축 및 직접 인장강도 특성 평가 : 탄성계수 평가 : 투과성(OPI, WSI 및 CCI) 평가 - 지오폴리머 콘크리트의 미세구조 평가 - 지오폴리머 콘크리트의 공극분포 및 공극량 변화조사 - 중합반응에 의한 지오폴리머 콘크리트 중 생성물에 대한 미세조직구조 관찰 - 지오폴리머 콘크리트의 내구성 평가

4	폐유리를 이용한 시멘트 zero 콘크리트의 제조방법 개발
연구기간	2010년~2011년
총연구비	58,000 천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

5	알카리활성 결합재에 기반한 그린 콘크리트 개발
연구기간	2008년~2011년
총연구비	89,000 천원
연구목표	알카리활성 결합재 개발 그린 콘크리트 특성 규명
연구내용	- 현장적용형 알카리활성 결합재 개발 : 고로슬래그 기반 알카리활성 결합재 개발 : 고로슬래그 기반 알카리활성 결합재에서 플라이애시의 치환영향 평가 - 알카리활성 결합재의 수화반응기구 및 수화생성물 평가 - 알카리활성 그린콘크리트의 역학적 특성평가

6	석탄회의 알카리활성 반응을 이용한 대체시멘트 개발의 기초연구
연구기간	2004년~2007년
총연구비	100,000 천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

7	시멘트 ZERO 콘크리트 개발 및 활용
연구기간	2007년~2009년
총연구비	620,000 천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

<표 3.7> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
플라이애시를 사용한 비소성 무기결합재 제조기술 개발	없음	불필요	해당 과제는 플라이애시에 국한하여 연구를 수행하였으나, 본 과업에서는 다양한 포졸란 재료를 검토 및 적용할 계획이기에 해당 과제와 관계없음
Geopolymer Technique에 의한 소각재의 무해화 처리 및 대체소재 개발	없음	불필요	해당 과제와 관계없음
콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폐리머의 적용성 연구	없음	불필요	본 과업은 실제 공방포장에 적용하기 위한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 연구로 현장적용성과 내구성을 향상시키기 위해 혼화제와 첨가제를 검토할 계획이기에 해당 과제와 관계 없음
폐유리를 이용한 시멘트 제로 콘크리트의 제조 방법 개발	없음	불필요	해당 과제와 관계없음
알칼리활성 결합재에 기반한 그린 콘크리트 개발	없음	불필요	본 과업은 실제 공방포장에 적용하기 위한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 연구로 현장적용성과 내구성을 향상시키기 위해 혼화제와 첨가제를 검토할 계획이기에 해당 과제와 관계 없음
석탄회와 알칼리활성 반응을 이용한 대체시멘트 개발의 기초연구	없음	불필요	석탄회에 국한시킨 연구로, 본 과업에서는 다양한 포졸란 재료를 검토 및 적용할 계획이기에 해당 과제와 관계없음
시멘트 ZERO 콘크리트 개발 및 활용	없음	불필요	해당 과제는 다양한 포졸란재료와 알칼리 활성제를 검토하여 콘크리트 개발 연구를 수행하고 있으나, 본 과업에서는 실제 공방포장에 적용하기 위해 추가로 혼화제와 첨가제를 검토할 계획이기에 해당 과제와 관계없음

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공향포장 (긴급)유지보수 공법 개발

○ 공향 포장의 폴리머 콘크리트 포장 개발

- ▷ 폴리머를 이용한 공향 콘크리트 포장 기술 개발과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.8>와 같음.

<표 3.8> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
공향	13건	-건	13건	-
콘크리트	346건	1건	33건	1건
지오폴리머	1건	1건	-	-
나노콘크리트	-	-	-	-
나노	4581건	-	5건	1건
가소성콘크리트	-	-	-	-

- ▷ <표 3.9>에서 보는 바와 같이, 폴리머 콘크리트와 관련된 응용 연구는 다양한 분야에서 활발히 진행되어 왔으나 본 연구에서 다루고자하는 공향에 관한 유사 연구 사례는 진행된 바 없는 것으로 파악되었음

<표 3.9> 폴리머 콘크리트 기술과 관련된 연구과제 항목

	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	03.12.30~ 06.12.29	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신 사업	NT를 이용한 친환경 첨단 건설소 재 및 제품개발 (NT를 이용한 고 성능 콘크리트 및 경량 콘크리트 개발)	한양대학교 산학협력단
2	1994~ 1995	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신 사업	국내 실정에 맞는 고강도 콘크리 트의 개발 및 실용화 연구	삼성건설 한양대학교 금오공과대학교 건설교통부
3	1994~ 1995	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신 사업	고품질 시공을 위한 고내구성 콘 크리트의 개발 및 실용화 연구	동아건설산업 서울대학교 공학연구소
4	2002	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신 사업	중하중 교통도로의 신속개방형 대 보수 및 덧씌우기용 고성능 강성 포장재료의 설계 및 시공기술 개 발	중앙대학교
5	2000~ 2002	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신 사업	콘크리트의 성능회복을 위한 표면 처리 신재료 및 신공법 개발	한국건설기술연 구원
6	02.12.1~ 04.12.1	한국건설교 통기술평가 원	산학연공동연 구	고강도 폴리머 콘크리트 파일 개 발	강원대학교
7	09.5.1~ 10.4.3	한국연구재 단	일반연구자지 원	콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폴 리머의 적용성 연구	군산대학교

(2) 유사과제의 연구목표 및 연구내용

1	NT를 이용한 친환경 첨단 건설소재 및 제품개발 (NT를 이용한 고성능 콘크리트 및 경량 콘크리트 개발)
연구기간	03.12.30 ~ 06.12.29
총연구비	
연구목표	- 연구기반조성과 핵심기술확보 - 개발기술의 산업경쟁력의 향상
연구내용	- 친환경 건설소재의 개발의 일환으로 NT를 이용한 고성능, 고강도의 나노 콘크리트 및 나노 폴리머 콘크리트를 개발하고, 나노경량콘크리트 개발의 일환으로 폐기물을 이용한 인공경량골재를 개발하여 NT의 고기능을 통한 나노건설소재의 개발에 관한 본 연구의 관련 핵심기술을 확보 1차년도에서 개발된 나노 건설소재의 역학적 및 구조적 특성을 파악한다. 또한 인공경량골재를 응용한 나노 경량 콘크리트의 개발 및 이에 대한 역학적 및 구조적 실험을 수행하여 건설소재로의 활용 가능성을 검토

2	국내 실정에 맞는 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화 연구
연구기간	1994년 ~ 1995년
총연구비	
연구목표	▪ 고강도 콘크리트 최적배합비를 이용한 실용화 및 초고강도 콘크리트의 현장적용실험 ▪ 초고강도 콘크리트의 최적배합비 도출 및 실용화 그리고 (초)고강도 콘크리트의 현장시공 지침서 작성
연구내용	▪ 목표강도 -300~700kg/cm² ▪ 고강도 콘크리트 최적배합비 도출 -골재크기: 10,13,15,19,22,25mm -골재종류: 강자갈 및 각종 쇄석 -혼합재료: 플라이 애쉬, 실리카 흙 등 -혼화제 : 나프탈렌계, 멜라민계 co-polymer 양생조건 ▪ 초고강도 콘크리트 배합비 도출(800~1,400kg/cm²) ▪ (초)고강도 콘크리트 재료역학실험 ▪ 고강도 콘크리트 이론적 모델링 ▪ 구조성능실험 ▪ 고강도 콘크리트 실용화 ▪ 초고강도 콘크리트 현장 적용시험 ▪ 목표강도 -800~1400kg/cm² ▪ 초고강도 콘크리트 최적배합비 도출(800~1,400kg/cm²) -골재크기: 10,13,15,19,22,25mm -골재종류: 강자갈 및 각종 쇄석 -혼합재료: 플라이 애쉬, 실리카 흙 등 -혼화제 : 나프탈렌계, 멜라민계 co-polymer 양생조건 ▪ 고강도 콘크리트 이론적 모델링 -응력 -변형률 관계 -응력분포의 모델화 -구조해석 이론정립 ▪ 구조성능실험 -Pull-out Test -이음 및 정착길이 ▪ 레미콘 Pile Test -실제현장을 고려한 simulation으로 모형부재실험 ▪ 초고강도 콘크리트 실용화 확보 ▪ 시공성을 고려한 구조부재실험 ▪ 고강도 콘크리트의 현장시공 지침서 작성

3	고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화 연구
연구기간	1994년 ~ 1995년
총연구비	
연구목표	▪ 고내구성 콘크리트 개발 ▪ 고내구성콘크리트의 현장적용
연구내용	▪ 콘크리트 구조물의 성능저하 원인 분석 및 규명 -중성화 작용 -알칼리-골재 반응 -동결융해 작용 -황산염 작용 -균열 -염해 및 부식 -기타 ▪ 콘크리트구조물의 내구성 향상을 위한 기법 연구 -내구성 증진 메커니즘 -내구성에 영향을 미치는 인자 분석 -내구성 증진 기법 연구 ▪ 최대의 내구성 확보를 위한 방안 도출 -내구성 극대화방안연구 -내구성 요구정도 분석 ▪ 고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 -열악한 환경에 강한 고내구성 콘크리트의 개발 ▪ 고내구성 콘크리트의 현장용을 위한 1차 실험 -2차년도에 현장 구조물에 본격적용을 위한 1차적용실험 ▪ 고내구성콘크리트의 현장 적용을위한 대상구조의 검토 분석 -현장적용 대상 구조의 구조검토 ▪ 고내구성콘크리트의 현장 시험체 제작 및 현장 실제상황실험 -현장시험체 제작 및 설치 -현장시험체의 노출조건 설정 -현장시험체의 경과 재령별 성능저하도 실험 ▪ 고내구성 콘크리트적용으로 인한 경제성제고 및 기대효과 분석 -고내구성 콘크리트의 경제성 분석 -고내구성 콘크리트의 장기수명 분석 -고품질, 고내구성으로 인한 유지관리비용 절감효과 분석 ▪ 고노개성 콘크리트적용으로 인한 경제성 제고 및 기대효과 분석 -고내구성 콘크리트의 실용화 효과 분석 ▪ 고내구성 콘크리트의 제조 및 시공지침안작성을 위한 협력

4	중하중 교통도로의 신속개방형 대보수 및 덧씌우기용 고성능 강성포장재료의 설계 및 시공기술 개발
연구기간	2002
총연구비	
연구목표	▪ 1일 공용 강성포장재료 및 배합설계법 개발 신재료 및 혼화제, 양생제 개발 잠정 설계법의 개발 및 검증 ▪ 포장가속 실험기를 이용한 실내공용성 실험법 개발 실내 상사 모형 시험 ▪ 포장가속 실험기를 이용한 실외공용성 실험법 개발 ▪ 1일 공용 강성포장재 덧씌우기 설계법 개발 ▪ 1일 공용 강성포장재 덧씌우기 시공기법 개발 ▪ 1일 개통 콘크리트 덧씌우기 설계법 및 배합설계, 시공기법의 개발 ▪ 1일 개통 콘크리트 덧씌우기 공용성 평가 모형 개발 ▪ 1일 개통 콘크리트 덧씌우기 실용화 및 활성화 방안 제시
연구내용	▪ 국내외 관련 문헌조사를 실시하여 조사자료를 분석한다. 분석된 자료를 바탕으로 우리나라에 적합한 설계법, 시공법, 배합설계법의 초안을 작성 ▪ 실내 상사 모형 실험을 통하여 슬래브의 거동을 분석하고 이를 바탕으로 잠정적으로 제안된 설계법, 신재료에 대한 타당성 검토와 문제점 보완을 실시 ▪ KALES를 이용한 실외 모형 실험을 통하여 포장의 실외거동 분석과 장기 공용성 평가를 수행 ▪ 현장 시험 시공을 통하여 설계, 시공, 재료에 이르는 전 연구분야에 대한 포괄적인 검증을 수행 ▪ 실내 상사 모형 실험, KALES 실외 모형 실험, 현장 시험 시공을 통한 자료 수집 결과를 바탕으로 포장의 잔존수명예측과 유지보수시기결정을 위한 공용성 평가 모형의 개발 ▪ 연구성과에 대한 실용화 및 활성화 방안의 구체적인 사업수행서를 작성하여 실제 현장 적용을 도모

5	콘크리트의 성능회복을 위한 표면처리 신재료 및 신공법 개발
연구기간	2000 ~ 2002
총연구비	
연구목표	▪ 신개념 유지보수시스템의 개념 정립 ▪ 고기능성 콘크리트 표면처리용 성능개선재의 개발을 위한 기초기술 구축 ▪ 음이온계 중합 폴리머를 이용한 고기능성 단면복구재의 개발을 위한 기초기술 구축 ▪ 고기능성 콘크리트용 표면처리형 성능개선재의 개발 및 특허출원 ▪ 고기능성 음이온계 중합 폴리머를 이용한 단면복구재의 개발 및 특허출원 ▪ 개발된 고기능성 표면처리형 성능개선재 및 단면복구재를 사용한 성능개선시스템의 개발 및 개발시스템의 건설신기술 신청
연구내용	▪ 국내외 보수재료 및 공법관련 자료수집 분석, 문제점 도출 및 개념 정립 - 국내외 적용 보수재료/공법의 현황 및 문제점 분석 - 신개념 유지보수시스템의 개념정립 ▪ 고기능성 표면처리형 성능 개선재의 개발을 위한 기초기술연구 - 철근부식 억제물질의 메카니즘 및 적용성 분석 - 중성화 억제물질의 메카니즘 및 적용성 분석 - 염해 억제물질의 메카니즘 및 적용성 분석 ▪ 음이온계 중합 폴리머를 이용한 고기능성 단면복구재의 개발을 위한 기초기술 연구 ▪ 요구성능을 만족하는 고기능성 성능개선재의 개발 ▪ 성능개선재의 시공성 검토 ▪ 강도, 동결융해저항성, 투수저항성, 염화물 고정 화능력, 철근부식억제 능력, 화학적 안정성 등 ▪ 고기능성 음이온계 중합 폴리머를 이용한 단면복구재의 개발 ▪ 최적배합 단면복구재의 경화전 및 경화후 물성검토 ▪ 중성화, 염해억제 분석 ▪ 화학저항성, 내동해성, 갈도변화, 탄성계수변화 등의 장기내구성 ▪ 현장적용성 및 실용성 분석 ▪ 개발된 고기능성 표면처리형 성능개선재 및 단면복구재를 사용한 성능개선시스템의 개발 ▪ 염해를 받는 구조물의 성능개선공정 개발 ; 손상부 위치리공정⇒철근부식억제 공정⇒기존콘크리트의 성능개선공정⇒단면복구 및 마감처리공정 등 ▪ 시공상의 문제점 도출 - 현장적용성 평가에 근거한 성능개선 시스템의 보완 ▪ 구조물의 성능개선 공정 보완 ▪ 각 공정별 Check List 보완

6	고강도 폴리머 콘크리트 파일 개발
연구기간	2002.12.1 ~ 2004.12.1
총연구비	200(백만원)
연구목표	-
연구내용	▪ 관련기관 및 해외방문을 통한 관련제품의 국내외 이용실태 와 최신 연구동향을 파악함 ▪ 현장답사. 관련 생산 및 시공방문을 통한 기존 제품의 애로사항 및 문제점을 파악함. ▪ 고성능 폴리머 소재개발을 통하여 작업성이 개선되고 결합재 절감효과가 있는 폴리머 콘크리트를 개발함. ▪ 폴리머 콘크리트의 작업성, 가사시간 및 강도에 근거한 배합설계식 도출 ▪ 폴리머 콘크리트의 압축강도, 휨강도, 작업성 등에 근거하여 파일제조에 적합한 최적배합비를 도출함. ▪ 고강도 폴리머 콘크리트를 개발하여 물리, 역학적 성질 및 내구성 실험을 수행함. ▪ 전산해석프로그램을 이용하여 파일의 최적형상 및 단면두께를 결정함. ▪ 투입과 탈형이 용이하여 생산효율이 높고, 치수안정성 등 품질확보가 높은 파일형상 및 단면치수 결정. ▪ 파일제작용 거푸집 제작. ▪ 구조적 성능, 작업성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적정보강소재를 선정함. ▪ 고강도 폴리머 콘크리트를 이용한 파일의 축소모형에 대한 휨 및 전단 성능실험을 통하여 설계기본요소 및 최적단면을 결정함. ▪ 고강도 폴리머 콘크리트를 이용한 파일의 보강방법에 따른 보강 효과를 검토하여 최적의 보강방법을 결정함. ▪ KS규격에 준한 폴리머 콘크리트 파일의 축소(1/2)모형 시제품 제조용 형틀 설계 및 제작

7	콘크리트 구조물의 역학적 성능 및 내구성 극대화를 위한 지오폴리머의 적용성 연구
연구기간	2009.5.1 ~ 2010.4.3
총연구비	53(백만원)
연구목표	비공개
연구내용	비공개

(3) 중복성 검토 결과

<표 3.10> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성검토결과
NT를 이용한 친환경 첨단 건설소재 및 제품개발 (NT를 이용한 고성능 콘크리트 및 경량 콘크리트 개발)	거의없음	필요	▪ 대상과제는 나노 기술을 이용하여 고성능콘크리트를 개발하는 연구를 함. ▪ 대상과제를 이용하여 공항에 맞는 나노 기술을 이용하는 방안을 연구하는 것이 필요.
국내 실정에 맞는 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	거의없음	필요	▪ 대상과제는 공항에 맞는 콘크리트를 최적배합입도를 다루고 있으므로 본 연구와는 개발과 목적 및 내용이 다름. ▪ 골재크기에 따른 최적배합실험 연계가 필요함.
고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	없음	불필요	▪ 대상과제는 알칼리 활성 시멘트 콘크리트에 관한 연구가 없기 때문에 연계가 불필요함.
중하중 교통도로의 신속개방형 대보수 및 덧씌우기용 고성능 강성포장재료의 설계 및 시공기술 개발	거의없음	필요	▪ 대상과제는 도로나 공항포장의 신속한 개방을 위한 포장재료연구를 하였으나, 폴리머나 에폭시콘크리트같은 재료에 대한 연구가 미비함.
콘크리트의 성능회복을 위한 표면처리 신재료 및 신공법 개발	거의없음	필요	▪ 대상과제는 폴리머 콘크리트에 관한 연구를 하였으나, 공항에 적용하는 방법으로 된 것이 아니므로 연구가 필요함.
고강도 폴리머 콘크리트 파일 개발	거의없음	필요	▪ 대상과제는 폴리머 콘크리트에 관한 연구를 하였으나, 공항포장이 아닌 파일에 관한 연구를 한 것이므로 포장에 관한 폴리머 콘크리트의 연구가 필요함.

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

- 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장을 공항 콘크리트 포장에 적용시키는 기술과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.11>와 같음.

<표 3.11> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색건수	대상과제 건수	총 검색건수	대상과제 건수
공항포장	0	0	6	0
포장유지보수	1	1	3	0
공항	13	-	14	0
최적배합	2	-	7	1
콘크리트	346	1	31	1
유지보수	19	-	20	0
콘크리트포장	4	0	4	0
고내구성	58	1	5	1

- <표 3.12>에서 보는 바와 같이, 도로포장재료 및 고강도 콘크리트에 관한 연구는 다양한 분야에서 활발히 진행되어 왔으나 본 연구에서 다루고자하는 공항 콘크리트 포장에 관한 유사 연구 사례는 진행된 바가 없는 것으로 파악되었음. 도로 포장과 공항 포장은 설계적인 측면에서 차량과 비행기의 하중뿐만 아니라 여러 측면에서 다름. 본 연구에서 제시하고자 하는 공항 콘크리트 포장은 강도 및 내구성 확보를 위해 굵은 골재사이에 중간입도를 넣는 최적배합개념을 추가하므로 기존 공항 포장에 비해 강도 및 내구성이 더 우수한 포장을 개발함.

<표 3.12> 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발에 관련된 연구과제항목

	연구기관	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	94.01.01~ 95.01.01	한국건설교통기술평가원	건설기술혁신사업	국내 실정에 맞는 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	삼성건설 한양대학교 금오공과대학교 학교 건설교통부
2	94.01.01~ 95.01.01	한국건설교통기술평가원	건설기술혁신사업	고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	동아건설산업 서울대학교 공학연구소
3	05.12~ 10.12	국토해양부	건설기술혁신사업	고성능 다기능 콘크리트 개발 및 활용기술	대우건설
4	00.05~ 01.04	중소기업청	산학연공동기술개발	고성능콘크리트제조기술의 실용화	대학

○ 대상과제의 연구목표 및 연구내용

1	국내 실정에 맞는 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화 연구
연구기간	1994년 ~ 1995년
총연구비	미공개
연구목표	▪ 고강도 콘크리트 최적배합비를 이용한 실용화 및 초고강도 콘크리트의 현장적용실험 ▪ 초고강도 콘크리트의 최적배합비 도출 및 실용화 그리고 (초)고강도 콘크리트의 현장시공 지침서 작성
연구내용	▪ 목표강도 -300~700kg/cm² ▪ 고강도 콘크리트 최적배합비 도출 -골재크기: 10,13,15,19,22,25mm -골재종류: 강자갈 및 각종 쇄석 -혼합재료: 플라이 애쉬, 실리카 흙 등 -혼화제 : 나프탈렌계, 멜라민계 co-polymer 양생조건 ▪ 초고강도 콘크리트 배합비 도출(800~1,400kg/cm²) ▪ (초)고강도 콘크리트 재료역학실험 -응력-변형률 관계 -탄성계수 및 극한변형율 -휨인강강도 ▪ 고강도 콘크리트 이론적 모델링 -응력-변형률 관계 -응력분포의 무뎂화 -구조해석 이론정립 ▪ 구조성능실험 -Pull-out Test -이음 및 정착길이 ▪ 레미콘 Pilot Test -실제현장을 고려한 simulation으로 모형부재실험 ▪ 고강도 콘크리트 실용화 ▪ 초고강도 콘크리트 현장 적용시험 ▪ 목표강도 -800~1400kg/cm² ▪ 초고강도 콘크리트 최적배합비 도출(800~1,400kg/cm²) -골재크기: 10,13,15,19,22,25mm -골재종류: 강자갈 및 각종 쇄석 -혼합재료: 플라이 애쉬, 실리카 흙 등 -혼화제 : 나프탈렌계, 멜라민계 co-polymer 양생조건 ▪ 고강도 콘크리트 이론적 모델링 -응력-변형률 관계 -응력분포의 무뎂화 -구조해석 이론정립 ▪ 구조성능실험 -Pull-out Test -이음 및 정착길이 ▪ 레미콘 Pilot Test -실제현장을 고려한 simulation으로 모형부재실험 ▪ 초고강도 콘크리트 실용화 확보 ▪ 시공성을 고려한 구조부재실험 ▪ 고강도 콘크리트의 현장시공 지침서 작성

2	고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화 연구
연구기간	1994년 ~ 1995년
총연구비	-
연구목표	▪ 고내구성 콘크리트 개발 ▪ 고내구성콘크리트의 현장적용
연구내용	▪ 콘크리트 구조물의 성능저하 원인 분석 및 규명 -중성화 작용 -알칼리-골재 반응 -동결융해 작용 -황산염 작용 -균열 -염해 및 부식 -기타 ▪ 콘크리트구조물의 내구성 향상을 위한 기법 연구 -내구성 증진 메커니즘 -내구성에 영향을 미치는 인자 분석 -내구성 증진 기법 연구 ▪ 최대의 내구성 확보를 위한 방안 도출 -내구성 극대화방안연구 -내구성 요구정도 분석 ▪ 고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 -열악한 환경에 강한 고내구성 콘크리트의 개발 ▪ 고내구성 콘크리트의 현장용을 위한 1차 실험 -2차년도에 현장 구조물에 본격적용을 위한 1차적용실험 ▪ 1차년도 보고서 작성 ▪ 고내구성콘크리트의 현장 적용을 위한 대상구조의 검토 분석 -현장적용 대상 구조의 구조검토 ▪ 고내구성콘크리트의 현장 시험체 제작 및 현장 실제상황실험 -현장시험체 제작 및 설치 -현장시험체의 노출조건 설정 -현장시험체의 경과 재령별 성능저하도 실험 ▪ 고내구성 콘크리트적용으로 인한 경제성제고 및 기대효과 분석 -고내구성 콘크리트의 경제성 분석 -고내구성 콘크리트의 장기수명 분석 -고품질, 고내구성으로 인한 유지관리비용 절감효과 분석 ▪ 고노개성 콘크리트적용으로 인한 경제성 제고 및 기대효과 분석 -고내구성 콘크리트의 실용화 효과 분석 ▪ 고내구성 콘크리트의 제조 및 시공지침(안) 작성을 위한 협력 ▪ 행후2단계 연구방향 설정 ▪ 최종보고서 작성

3	고성능 다기능 콘크리트 개발 및 활용기술
연구기간	2005.12~2010.12
총연구비	15,048(백만원)
연구목표	비공개
연구내용	비공개

4	고성능콘크리트제조기술의 실용화
연구기간	2000.05~2001.04
총연구비	15(백만원)
연구목표	각 특성별 고성능콘크리트의 실용화를 통해 대기업의 전용이 아닌 일반 중소기업에서도 고성능 콘크리트를 대량생산할 수 있도록 함으로써 일반인에게도 널리 보급되어 쉽게 접근할 수 있는 콘크리트로 하는 것을 목표로 한다.
연구내용	고내구성콘크리트의 제조기술개발(콘크리트구조물에서 요구되는 강도, 유동성 및 내구특성시험, 고품질콘크리트의 유동성 요건, 고품질콘크리트의 강도요건, 고품질콘크리트의 내구성 요건) 고내구성 콘크리트기술의 현장 실용화(실 시공을 통한 현장적용시험, 모의시험을 통한 시공상의 문제점 분석, 현장여건을 고려한 배합기술의 최적화)

<표 3.13> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
국내 실정에 맞는 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	거의없음	필요	- 대상과제는 초고강도에 맞는 콘크리트를 최적배합비를 다루고 있으므로 본 연구와는 개발과 목적 및 내용이 다름. - 골재크기에 따른 최적배합실험 연계가 필요함.
고품질 시공을 위한 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화 연구	없음	불필요	대상과제는 알칼리 활성 시멘트 콘크리트에 관한 연구가 없기 때문에 연계가 불필요함.

라. 연구개발 주요내용

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

○ 1차년도

- ▷ 국내 및 국외의 공항 활주로 표면에 발생하는 Rubber Deposit에 의한 문제점 및 발생사례 조사 분석
- ▷ 내수성을 향상시킨 고점도 아스팔트 바인더 개발
- ▷ Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발
- ▷ 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발

○ 2차년도

- ▷ 아스팔트 포장 재료에 대한 배합설계 및 실내 실험
- ▷ 개발된 재료에 대한 실내 공용성 평가
- ▷ 공용성 평가에 따른 표면 코팅 재료의 개선 연구
- ▷ 내구성 평가 및 현장 적용성을 위하여 현장시험시공 실시
- ▷ 현장 시험을 통한 Rubber Deposit 기술 평가

○ 3차년도

- ▷ 내구성 평가 및 현장 적용성을 위하여 현장시험시공 실시
- ▷ 현장에서 사용하는 워터젯 장비를 이용한 공용성 평가
- ▷ 개발된 재료 및 공법에 대한 현장 실용화 검토

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

○ 알칼리 활성 시멘트 기술관련 기초연구

- ▷ 기존 국내외 연구 및 기술동향 분석
 - 포틀랜드 시멘트를 대체할 수 있는 바인더와 알칼리 활성제 관련 연구내용 및 기술 조사
- ▷ 대체 바인더와 알칼리 활성제 선정을 위한 모르타르 배합실험 수행
 - 알칼리 활성제 타입 및 첨가량에 따른 강도특성 분석
 - 대체 바인더 타입에 따른 강도특성 분석

- ▷ 모르타르 배합실험을 바탕으로 알칼리 활성제와 대체 바인더 선정
- 친환경 공항 포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술 개발
 - ▷ 대체 바인더에 알칼리 활성제를 첨가하여 콘크리트 기초 배합실험 수행
 - 알칼리 활성제 첨가량 변화에 따른 경화/압축강도 특성 평가
 - 성능향상을 위한 혼화제 및 첨가제량 변화에 따른 콘크리트 물성특성 평가
 - 신설과 유지보수로 구분하여 적용단면별 적정 배합비 결정
 - ▷ 최적 배합비에 의해 제조된 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 내구특성 평가
 - 동결융해실험 / 표면박리실험 / 염소이온침투저항성실험 / ASR실험 / 건조 수축실험 / 열팽창계수실험 / 중성화실험 등을 수행하여, 기존 재료와의 비교·분석을 통해 개발 재료의 우수성 입증
- 현장적용 및 공용성 평가
 - ▷ 시험포장을 통한 콘크리트의 물성 및 현장적용성 평가
 - ▷ 현장조사를 통한 포장 공용성 평가

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

- 1차년도
 - ▷ 국내 환경에 적합한 공항포장 공법 선정
 - 해외 공항포장 공법 조사 및 문제점 분석
 - 해외 공항 조사를 통한 국내 공항에 적용방법 모색
 - 해외 공항의 문제점 보완
 - 국내 공항 건설 및 유지보수 환경 조사
 - 공항 답사를 통한 현장에서의 유지보수 실태 조사
 - 현재의 유지보수 실태 문제점 분석 및 보완점 모색
 - ▷ 공항포장 재료 분석 및 비용편익 분석
 - 국내외 이용 가능한 포장 재료 및 공용성 조사 분석
 - 나노 콘크리트 기술을 이용한 실내실험을 통한 기본 물성 분석
(기본 강도, 동결융해 저항성, 염소투과성 등)
 - 포장재료 비용 및 성능 평가를 통한 비용편익 분석
 - ▷ 실내실험을 통한 최적배합 도출
 - 재료의 물성 및 타 연구 결과를 바탕으로 한 배합설계

- 재료의 물성 연구를 통한 최적배합 도출
- 실내실험 과정 중의 문제점 보완
- 실내실험을 통해 대안 평가
 - 반복 된 실험을 걸쳐 최적대안 선택
- ▷ 나노 기술을 접목시킨 최적배합 도출
 - 나노 기술을 이용한 재료의 물성 실험
 - 나노재료의 물성 실험
 - 나노재료를 이용한 최적대안 선택
 - 배합설계를 통한 최적배합 도출
 - 신기술을 이용한 재료의 편익 분석

○ 2차년도

- ▷ 작업시간을 최소화 시킬 수 있는 시공기술 개발
 - 국내외 포장 공법 조사를 통한 토대마련
 - 현장 실험 등을 통한 현장 적용성 검증
- ▷ 시험시공을 통한 현장 적용성 검증
 - 현장 워커빌리티 실험 및 기본 물성 실험
(부착강도, 압축강도 등)
 - 시공성 평가
 - 시험시공 시 비용 산출
- ▷ 초기 공용성 평가
 - 초기 강도 평가
 - 시공상 문제점 분석 및 개선사항 도출
- ▷ 폴리머 콘크리트 광학 분석

○ 3차년도

- ▷ 보완사항을 적용한 2차 시험시공 실시
 - 포장의 성능 및 장기 수명 평가
 - 추가된 개선사항 도출 및 수정
- ▷ 공향포장 시공 방법 정리
 - 최적의 시공 방법 선택
- ▷ 공향포장 재료 기준 및 시방서 작성
- ▷ 보고서 작성

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

○ 1차년도

- ▷ 국내외의 CO₂ 저감용 콘크리트 재료 검토 및 공항 콘크리트 포장 파손형태 분석
 - 국내 공항 콘크리트 포장 파손형태 분석
 - 국내 공항 콘크리트 포장의 문제점 분석
 - 공항포장 파손의 원인 및 문제점 분석
 - 강도 및 내구성을 확보하지 못한 공항 포장의 문제점 분석
 - 기존 국내 공항 콘크리트 포장의 배합기준 분석 및 최적배합에 대한 연구
 - 기존 공항 콘크리트 포장의 문제점 분석
 - 굵은 골재 및 잔 골재 입도 분석
 - 최적배합에 따른 최적입도 연구
 - CO₂ 저감 콘크리트에 대한 연구
 - 시멘트 대체 재료에 대한 연구
 - 시멘트량에 따른 콘크리트 강도 및 내구성 분석
- ▷ 재료실험평가 및 CO₂ 저감용 최적콘크리트 포장재료 개발
 - 실험에 필요한 굵은 골재, 잔골재 등의 기초물성 실험
 - 굵은 골재 및 잔골재 비중, 흡수율 등을 실험
 - 골재 입도를 통한 배합설계
 - 배합설계를 통해 최적입도 도출
 - 중간입도를 넣은 최적배합설계
 - 배합설계를 통한 콘크리트 강도 및 내구성 실험
 - CO₂ 저감 콘크리트 실험
 - 시멘트 대체 재료에 대한 분석 및 시멘트 저감에 따른 콘크리트 포장 실험
 - 콘크리트 포장 광학분석
 - 시멘트 대체 재료를 사용한 콘크리트 실험
 - 플라이애시, 바텀애시, 고로슬래그 등 여러 가지 시멘트 대체재료 실험
 - 도출 된 최적입도를 사용한 콘크리트 실험
 - 최적배합을 사용한 콘크리트 강도 실험
 - 실험 결과를 통해 문제점 분석 및 보완
 - CO₂ 저감 콘크리트 실험을 통한 강도 및 내구성 분석

- CO₂ 저감 콘크리트 배합설계 및 실험
- CO₂ 저감 콘크리트의 문제점 분석 및 보완
- 경량골재를 이용한 콘크리트 건조수축 실험
 - 경량골재 흡수율 실험
 - 경량골재 콘크리트 건조수축 실험
 - 실험결과 분석 및 보완
- ▷ 예비 시험시공 및 콘크리트 포장 초기 공용성 평가
 - 국내 공항에 시험시공
 - 시험시공을 통한 포장의 공용성 평가
 - 공항 콘크리트 포장 시험시공 시 문제점 분석
 - 초기 공용성 평가에 따른 공항포장의 문제점 분석
 - 시험시공을 통한 콘크리트 포장의 초기 거동 분석
 - 기존 공항 콘크리트 포장과 비교 분석 및 문제점 보완

○ 2차년도

- ▷ 본 시험시공 및 포장 장기 공용성 평가를 통한 CO₂ 저감용 콘크리트 재료 특성 평가
 - 시험시공을 통해 개발 된 재료 사용 시 기존 콘크리트 포장과의 강도 및 내구성 비교 분석
 - 기존 공항 콘크리트 포장과 비교 분석
 - 시험시공을 통해 CO₂ 저감용 콘크리트의 문제점 분석 및 보완
 - 개발 된 재료 사용 시 기존 콘크리트 포장과의 비교 분석
 - 기존 공항 콘크리트 포장과 CO₂ 저감용 콘크리트 포장의 강도 비교 분석
 - CO₂ 저감용 콘크리트 포장의 성능 평가
 - 지속적인 포장 공용성 평가를 통해 강도 및 내구성 평가
 - 공용성 평가를 통해 문제점 분석
 - CO₂ 저감용 콘크리트 포장의 문제점 보완
- ▷ 국내 공항 적용 가능한 CO₂ 저감용 최적콘크리트 포장재료 시방배합 및 관련 품질 기준마련
 - 국내 공항에 적용 가능한 기준서 및 보고서 작성
 - 공항에 적용 가능한 지침서 마련
 - 실내실험 및 시험시공 자료 분석 및 보고서 작성

- 국내 공항에 적용 가능한 최적배합 콘크리트 시방배합기준 마련
 - 공항포장 시방배합기준서 작성

마. 연구개발과제 TRM

1-1세세부. 공황포장의 Rubber Deposit을 저장시키는 표면처리 공법 개발

년		1차년도				2차년도				3차년도			
분기		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
기술개발활동													
1-1세세부. 공황포장의 Rubber Deposit을 저장시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발													
· Rubber Deposit에 따른 포장 영향의 기초 분석													
- 국내 및 국외의 활주로에서 발생하는 고무 퇴적물 문제점 조사													
- 국내 및 국외의 고성능·고점도 개질 아스팔트 개발 문헌 조사													
· Rubber Deposit 저장형 표면 코팅 재료 개발													
- 고성능 개질 아스팔트 바인더 개발													
- 개발 아스팔트 바인더 기초물성 및 공용성 평가													
- 개발 아스팔트 혼합물 기초물성 및 공용성 평가													
- 현장 적용성 검토 및 시험 시공													
· Polymer를 활용한 고정도 아스팔트 혼합물 개발													
- 내수성을 향상 시킨 아스팔트 바인더 개발													
- 내수성 아스팔트 바인더 평가													
- 내수성 아스팔트 혼합물 평가													
- 현장 시험 시공 후 공용성 평가													
· 아스팔트 포장 파손 저항형 Rubber Deposit 제거 기술 개발													
- Rubber Deposit 제거 기술 개발													
- 현장 시험을 통한 Rubber Deposit 기술 평가													

1-2세대. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술

기술개발활동	1차년도				2차년도				3차년도			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-2세대. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술												
· 알칼리 활성 시멘트 기술관련 기초연구												
- 기존 연구 및 기술동향 분석												
- 시멘트 대체 바인더와 알칼리 활성제 선정을 위한 모르타르 배합실험 수행												
- 알칼리 활성화제 검토 및 선정												
- 시멘트 대체 바인더 검토 및 선정												
· 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술 개발												
- 콘크리트 제조 시 필요한 혼화제 및 첨가제 검토 및 선정												
- 경화시간에 따른 알칼리 활성제 및 기타 첨가제량 결정												
- 적용단면별 적정 배합비 결정												
- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 강도 및 내구특성 평가												
· 현장적용 및 공용성 평가												
- 시험포장 수행												
- 시공된 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 물성 특성 평가												
- 포장 공용성 평가												

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (인급)유지보수 공법 개발

기술개발활동	년		1차년도				2차년도				3차년도			
	분기		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-3세세부, Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (인급)유지보수 공법 개발														
· 콘크리트 재료 검토 및 공항 콘크리트 포장 분석														
- 국내 환경에 적합한 공항포장 공법 선정														
- 실내실험을 통한 최적배합 도출														
- 공항포장 재료 분석 및 비용편익 분석														
- 나노 기술을 접목시킨 최적배합 도출														
· 시험시공 및 공용성 평가														
- 작업시간을 최소화 시킬 수 있는 시공기술 개발														
- 시험시공을 통한 현장 적용성 검증														
- 초기 공용성 평가														
· 시험시공 및 시방서 제시														
- 보완사항을 적용한 2차 시험시공 실시														
- 공항포장 시공 방법 정리														
- 공항포장 재료 기준 및 시방서 작성														

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공방포장시스템 개발

기술개발활동	1차년도				2차년도				3차년도			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-1. CO ₂ 저감용 최적콘크리트 포장재료 개발												
· 국내외의 CO ₂ 저감용 콘크리트 재료 검토 및 공방 콘크리트 포장 파손형태 분석												
- 국내 공방 콘크리트 포장 파손형태 분석												
- 기존 국내 공방 콘크리트 포장의 배합기준 분석 및 최적배합에 대한 연구												
- CO ₂ 저감 콘크리트에 대한 연구												
· 재료실험평가 및 CO ₂ 저감용 최적콘크리트 포장재료 개발												
- 실험에 필요한 굵은 골재, 잔골재 등의 기초물성 실험												
- 배합설계를 통해 최적입도 도출												
- CO ₂ 저감 콘크리트 실험												
- 도출된 최적입도를 사용한 콘크리트 실험												
- 경량골재를 이용한 콘크리트 건조수축 실험												
- CO ₂ 저감 콘크리트 실험을 통한 강도 및 내구성 분석												
· 예비시험시공 및 콘크리트 포장 초기 공용성 평가												
- 국내 공방에 시험시공												
- 시험시공을 통해 개발된 재료 사용 시 기존 콘크리트 포장과의 강도 및 내구성 비교 분석												
· 본 시험시공 및 포장 장기 공용성 평가를 통한 CO ₂ 저감용 콘크리트 재료 특성 평가												
- 개발된 재료 사용 시 기존 콘크리트 포장과의 비교 분석												
- 지속적인 포장 공용성 평가를 통해 강도 및 내구성 평가												
· 국내 공방 적용 가능한 CO ₂ 저감용 최적콘크리트 포장재료 시방배합 및 관련 품질 기준 마련												
- 테스트베드 결과를 통한 문제점 보완												

바. 최종성과물 및 성과지표

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

○ 최종성과물

단계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발						
	내수성을 향상시킨 고점도 아스팔트 바인더 개발						
	아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발						
2	아스팔트 포장 재료에 대한 실내 공용성 평가						
	공용성 평가에 따른 재료의 개선 연구						
3	내구성 평가 및 현장 적용성을 위한 현장 시험시공						
	개발된 재료 및 공법에 대한 현장 실용화 검토						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)		1	1	2
	학술회의 발표 논문건수	1	2	1	5
	SCI급 학술지 게재 논문건수				
지식재산권	특허출원 건수		1		1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수			1	1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련				

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

○ 최종성과물

단계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	기존 연구 및 기술동향 분석						
	모르타르 배합실험의 물성결과 비교·분석을 통한 대체바인더와 알칼리 활성제 선정						
2	알칼리 활성 시멘트 콘크리트 배합실험을 통한 적정 배합비 결정(제조기술 개발)						
	알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 내구 특성 평가						
3	시험포장을 통한 콘크리트의 물성 및 현장적용성 평가						
	시험포장 구간에 현장조사를 통한 포장 공용성 평가						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)		1	1	2
	학술회의 발표 논문건수	1	1	1	3
	SCI급 학술지 게재 논문건수				
지식재산권	특허출원 건수		1		1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수			1	1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련				

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

○ 최종성과물

단 계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	국내 환경에 적합한 공항포장 공법 선정	■					
	공항포장 재료 분석 및 비용편익 분석	■	■				
	실내실험을 통한 최적배합 도출		■				
	나노 기술을 접목시킨 최적배합 도출		■	■			
2	작업시간을 최소화 시킬 수 있는 시공기술 개발			■			
	시험시공을 통한 현장 적용성 검증			■	■		
	초기 공용성 평가				■		
	보완사항을 적용한 2차 시험시공 실시					■	■
3	공항포장 시공 방법 정리						■
	공항포장 재료 기준 및 시방서 작성						■
	보고서 작성						■

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)	1	2	2	5
	학술회의 발표 논문건수	2	2	2	6
	SCI급 학술지 게재 논문건수		1	1	2
지식재산권	특허출원 건수			1	1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수			2	2
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련			1	1

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공방포장시스템 개발

○ 최종성과물

단 계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	국내외의 CO2 저감용 콘크리트 재료 검토 및 공방 콘크리트 포장 파손형태 분석						
	재료실험평가 및 CO2 저감용 최적콘크리트 포장재료 개발						
	재료 개발에 따른 예비 시험시공 및 콘크리트 포장 초기 공용성 평가						
2	본 시험시공 및 포장 장기 공용성 평가를 통한 CO2 저감용 콘크리트 재료 특성 평가						
	국내 공방 적용 가능한 CO2 저감용 최적콘크리트 포장재료 시방배합 및 관련 품질 기준마련						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)	1	1		2
	학술회의 발표 논문건수	1	1		2
	SCI급 학술지 게재 논문건수	1	1		2
지식재산권	특허출원 건수		1		1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수	1			1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련		1		1

사. 성과물 검증방안

1-1세세부. 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발

○ 1단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발 - 내수성을 향상시킨 고점도 아스팔트 바인더 개발 - 아스팔트 포장 파손 저감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 2단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 아스팔트 포장 재료에 대한 실내 공용성 평가 - 공용성 평가에 따른 재료의 개선 연구	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 내구성 평가 및 현장 적용성을 위한 현장 시험시공 - 개발된 재료 및 공법에 대한 현장 실용화 검토	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과와 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도

1-2세세부. 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트개발 및 적용기술

○ 1단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조를 위한 대체바인더와 활성제 결정 (모르타르 배합결과)	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 2단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 신설 / 유지보수용 친환경 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 내구성 평가결과를 통한 재료검증 내용 - 현장시공시공을 통한 현장적용성과 공용성 검증 내용	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도

1-3세세부. Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발

○ 1단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 국내 환경에 적합한 공항포장 공법 선정 - 공항포장 재료 분석 및 비용편익 분석 - 실내실험을 통한 최적배합 도출 - 나노 기술을 접목시킨 최적배합 도출	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유

○ 2단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 야간작업 가능한 자동화 시공공법 개발 - 시험시공을 통한 현장 적용성 검증 - 초기 공용성 평가 - 보완사항을 적용한 2차 시험시공 실시	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 3단계

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항포장 시공 방법 정리 - 공항포장 재료 기준 및 시방서 작성 - 보고서 작성	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도
	지침서/설계서 관련	지침 및 설계 관련 설명서	개발된 핵심기술을 평가할 수 있는 척도

1-4세세부. 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 재료실험평가 및 CO2 저감용 최적콘크리트 포장재료 개발 - 예비 시험시공 및 콘크리트 포장 초기 공용성 평가	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 본 시험시공 및 포장 장기 공용성 평가를 통한 CO2 저감용 콘크리트 재료 특성 평가 - 국내 공항 적용 가능한 CO2 저감용 최적 콘크리트 포장재료 시방배합 및 관련 품질 기준마련	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호
	지침서/설계서 관련	지침 및 설계 관련 설명서	개발된 핵심기술을 평가할 수 있는 척도

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
Minimum-delay 교통개방 용 공항 포장 생산 및 시공 기법 개발	1-1 세세부 과 제 : 공 항 포 장 의 R u b b e r Deposit를 저감 시키는 아스팔 트 포장 공법 및 보수 기술 개발	Rubber Deposit 저감형 표면 코팅 재료 개발	- 한국공항공사 등 공항 포장 관련 시 설	- 특허 및 실용신안 출 원 - 건설 신기술 출원 - 경제성 분석을 통한 현장 적용
		Nano Polymer를 활용한 고점도 아스팔트 혼합물 개발	- 한국공항공사 등 공항 포장 관련 시 설	
		아스팔트 포장 파손 저 감형 Rubber Deposit 제거 기술 개발	- 한국공항공사 등 공항 포장 관련 시 설	
	1-2 세세부 과 제 : 공항포장에 알 칼리 활성 시멘 트 콘크리트개 발 및 적용기술	공항포장에 적용할 수 있는 신설 / 유지보수용 친환경 알칼리 활성 시 멘트 콘크리트 개발	- 한국공항공사 - 인천공항공사 - 공군 제91항공 시 설전대 - 각 지방국토관리 청,한국도로공사 (일 반국도와 고속도로 에 확대적용 시)	- 특허기술 확보 - 시험시공을 통해 개발 재료 검증 - 현장적용성 및 경제성 확보를 통한 개발 기술 의 적용확대 - 세미나, 학술발표를 통한 개발 재료 홍보(탄 소저감기술임을 적극적 으로 홍보)
	1-3 세세부 과 제 : Minimum-dela y 교통개방용 공항포장 (긴 급)유지보수 공 법 개발	조기강도 발현 콘크리 트 보수 재료개발	- 한국공항공사 등 공항 포장 관련 시 설 - 특수포장이 필요 한 일반국도 구간	- 개발된 공법의 재료 기준 및 시방서를 작성 - 공공기관 및 민간 부 분에서 활용
		작업시간 최소화 할 수 있는 시공기술 개발		
		콘크리트 보수재료 및 시공 지침 제시		
	1-4 세세부 과 제 : 탄소배출 저감 형 최적배합 공 항 포 장 시 스템 개발	CO2 저감 콘크리트재료 개발	- 한국공항공사, 인 천국제공항공사, 공 군비행장 등 공항 포장 관련 시설 - 일반 고속도로 포 장	- CO2 저감용 최적콘크 리트 포장 재료 개발 - 최적배합을 통해 공항 콘크리트 포장 지침서 출원 - 공항뿐만 아니라 고속 도로 콘크리트 포장까지 적용
		재료 개발ASR 저감 최 적 콘크리트 포장	한국공항공사, 인천 국제공항공사, 공군 비행장 등 공항 포 장 관련 시설	

2. 2세부과제 개요

○ 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축

연번	후보과제명	후보과제 정의
2-1	공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발	국내실정에 맞는 공항포장 상태지수 및 평가모델 개발
2-2	지속가능한 녹색공항 재시공 공법 개발	재생 골재를 현장에서 포장 표층 및 기층에 사용하는 공항포장용 현장재생 콘크리트 포장 기술 개발
2-3	항공기 특성을 고려한 침단 고속 요철 조사 시스템 개발	기존에 사용하는 평탄성지수(IRI)의 한계로 항공기 특성에 적합한 새로운 공항 포장 요철 측정 시스템 개발

가. 연구개발 목표

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

- 현재 시용중이 포장상태 평가 기법의 재검토
 - ▷ 표면결함 상태를 평가하는 PCI 지수를 산정하기 위한 입력변수 검토.
 - ▷ 현 공항 실정에 맞는 입력변수의 지수 및 기준값 평가 및 수정.
- 보수보강 의사결정을 위한 기준 개발
 - ▷ 포장상태 평가이후 보수보강을 결정하기 위한 절차 마련
- 현장적용성 검토
 - ▷ 개발된 포장평가 상태지수 및 보수보강 결정기준을 이용한 실제 공항포장 평가 및 피드백

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

- 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발
 - ▷ 본 과제의 목표는 노후화된 기존 포장체에서 발생하는 폐재료들을 현장에서 재생하여 활용하는 방안을 제시하고 관련 공법 및 지침을 개발하는 것임.
 - ▷ 기존 포장체의 현장 재활용을 통하여 폐자재의 처리에 필요한 비용과 에너지 소비를 저감하고 자연환경과 천연자원을 보존하는 녹색 성장의 기반을 구축하고자 함.

- ▷ 기존 콘크리트 포장의 현장 파쇄 및 현장 재생 골재 생산 장비와 기법을 개발하고 현장 재생 골재를 신설 포장의 기층 또는 표층에 활용하는 방안 마련.
- 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용 기법 개발
 - ▷ 해안가 저지대 활주로 재공시시 기존 포장체 활용 지침 개발 : 해안가 저지대 활주로의 침수를 대비하여 활주로 계획고 상향 조정시 기존 포장체의 파쇄 대신 활용하는 방안 마련

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

- 본 연구의 최종목표는 국제 민간항공기구(ICAO)에서 권고하고 있는 허용요철 크기를 신속하게 측정 할 수 있는 요철 조사 시스템을 개발하여 국내외 공항포장관리에 활용하는 것이 목표임. 각종 계측센서를 이용한 측정기기를 개발하기 위해 다음과 같은 세부 목적을 설정함으로써 최종목표를 달성하는 것이 가능함.
 - ▷ 항공기가 지상에서 이동시 동체에 영향을 미치는 노면요철을 측정하기 위한 알고리즘 개발.
 - ▷ 개발 알고리즘을 적용할 수 있는 측정 모듈의 개발.
 - ▷ 공항포장 요철 관리 기준을 반영한 분석 프로그램 개발.

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

- 공항포장 상태지수 개발
 - ▷ 현재 사용중인 PCI 산정결과가 실제 공항포장 상태와 불일치 하는 경우가 많음.
 - ▷ 미국에서 개발된 PCI 기준을 현재 국내에서 그대로 사용하고 있는 실정이라 국내상황을 고려하지 못하고 있음.
- 보수보강 결정기준 개발
 - ▷ 상태 평가를 통한 결과로 보수보강을 결정하기에 마땅한 절차나 기준값이 없음
 - ▷ 실무자가 객관적으로 의사결정을 할 수 있는 시스템 마련이 필요

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

- 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발
 - ▷ 점차 증가하는 항공수요 및 사용연한의 증가 그리고 활주로 변경 등으로 공항 포장의 신설 및 재시공의 수요가 발생하고 있음.
 - ▷ 공항 포장 시공 시 기존 노후화된 포장 위에 직접 덮어씌우는 경우가 있어서 공용 단기간 내에 반사균열 등 파손 현상이 발생함.
 - ▷ 기존 포장을 제거하고 재포장을 하는 경우, 제거된 포장체는 공항 밖으로 반출 후 매립하거나 일부 재생 골재로 활용됨. 그러나 이 때 매립지 또는 재생 골재 생산 플랜트까지의 운송을 위한 추가적인 비용과 시간 및 에너지 소비가 발생함.
 - ▷ 현재의 재생 골재 생산 방식은 대부분 다양한 경로로 반입된 기타 재료들과 섞여서 생산되므로 포장 콘크리트에서 얻을 수 있는 고품질의 재료를 불균질한 재생 골재와 혼합하여 재료의 품질을 저하시키는 결과를 줄 수 있음.
 - ▷ 따라서 노후화된 포장체를 현장에서 직접 재생 골재로 생산하고 재활용 할 수 있는 녹색 공항 포장 공법의 개발이 요구됨.
 - ▷ 공항은 국가의 주요 기반시설로써 정부와 공공기관에서 관리를 주관하고 있음. 또한 본 연구의 궁극적인 목표는 공항 포장 시공시 자원의 재활용과 에너지 소비의 저감을 통해 공공 시설물의 건설과 관련된 녹색기술개발의 기반을 구축함에 있으므로 정부의 적극적인 지원이 필요한 것으로 판단됨.

○ 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용 기법 개발

- ▷ 국내 공항의 포장역사가 짧아 공항포장의 재시공 사례는 민간공항의 재포장 사업은 현재까지 없었으며 연성포장의 덧씌우기만 시행이 되었으며, 주로 군기지의 활주로 재포장사업이 주를 이루고 있음. (<표 3.14> 참조)

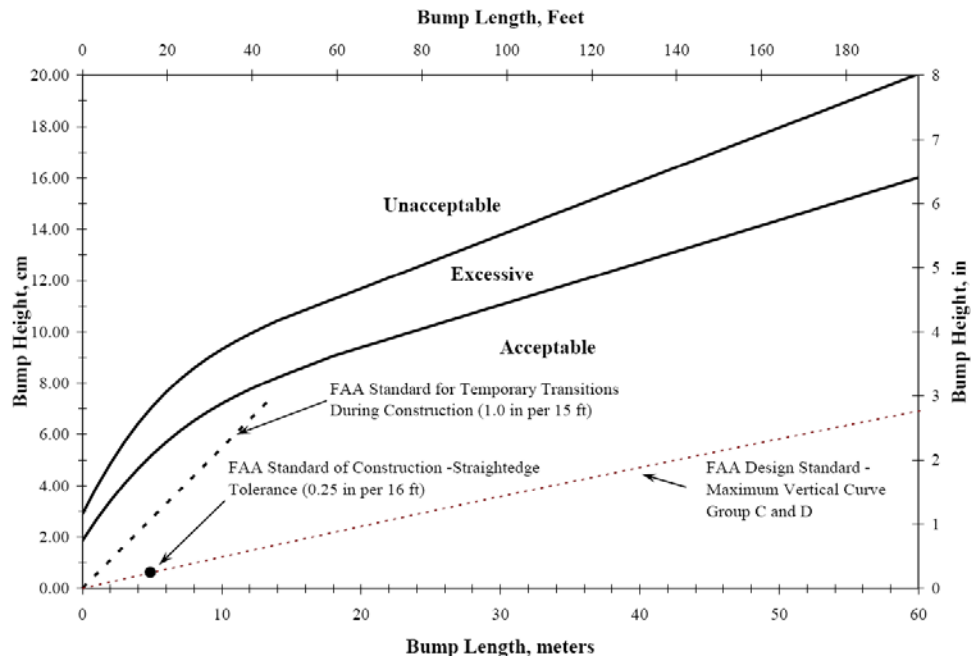
<표 3.14> 2000년 이후 이루어진 활주로 재포장

기지명	활주로	준공년도	적용된 공법
수원기지	15L/33R(2,743m)	2004	덧씌우기(Overlay) 공법 적용
대구기지	13R/31L(2,743m)	2006	기존 포장 활용 재시공 공법
김해기지	18L/36R(2,743m)	2010	철거 후 재시공 공법 적용

- ▷ 해외에서는 비록 기존 포장부가 좋지 않은 상태에 있더라도 러블라이제이션(Rubblizing) 또는 Crack and Seat 방법을 권장하고 있지 않는 이유 중의 하나는 경제성의 측면이다. 또한 전술한 방법을 사용하면 기존 포장부의 구조적인 성능이 저감됨.
- ▷ 군기지는 대부분 해안가 또는 저지대의 강가에 위치하여 강우시 침수위험에 노출되므로 활주로 재포장 사업시 활주로 표고를 높이는 것으로 조정하고 있는 추세임. 기존 활주로는 30년 이상을 공용한 상태로 지반이 안정화 되어 있으므로 이를 노상으로 활용할 경우 환경친화적일 뿐만 아니라 경제성도 향상시킬 수 있음.
- ▷ 따라서 기존의 포장체를 노상으로 활용하는 환경친화적 활주로 재포장공법의 개발이 요구됨.

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

- 공항은 국가의 핵심적인 기반 시설임. 국내공항 공항포장 중 설계목표년도(20년)을 초과한 활주로는 53%이상으로 유지관리 비용이 지속적으로 증가되고 있는 추세임.
- 노후화된 공항포장의 유지보수 방법 중 일반적으로 사용되는 덧씌우기 및 부분단면 보수 후 최초 시공면의 변화가 발생함으로 연속적인 평탄성이 확보되어야할 공항포장의 특성상 항공기 운항에 지장을 발생 할 수 있음.
- 국제민간항공기구(ICAO)에서 권고하고 있는 공항 포장의 요철 허용치 측정 방식이 기존 3m 직선자 기준 3mm 이하로 권고 하였으나, 10차 개정안에서 권고되는 측정방식은 국부적인 요철 뿐 아니라 항공기 특성을 반영하여 장과장의 노면요철까지 고려하여 요철 크기에 따라 조치사항을 권고하고 있음.



<그림 3.7> 공항포장의 허용 요철 크기(ICAO)

- 국제민간항공기구 10차 개정안의 권고기준을 적용하기 위해서는 왜곡이 없는 노면의 실제 요철을 측정하는 것이 중요함.
- 일반적인 도로에서 노면 요철을 측정하기 위해 사용되는 관성형 프로파일 측정기는 가속도 데이터 신호 처리에서 적용되는 High-pass filtering으로 인해 노면의 장과장 영역(약30m 이상)에 대해 측정값의 왜곡이 발생됨으로 공항 요철 측정에는 적합지 않음.
- 고전적인 조사 방식인 수준측량과 같은 정적인 방법을 이용하여 요철을 측정할 수

있으나, 조사에 많은 시간이 소요되고 공항 시설의 운영 특성상 주간 조사의 제약이 발생함.

- 국제적인 기준에 부합하는 공항포장 유지관리를 위해 정부 연구사업을 통해 공인되고 검증된 조사장비 개발이 필요하다 판단됨.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

- 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.15>와 같음.

<표 3.15> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
공항포장	0	0	5	0
상태지수	0	0	0	0
보수보강	50	0	6	0

- 중복성 검색결과 본 연구과 관련된 연구는 없었음.

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

- 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 개발 및 해안가 저지대 활주로 재시공 시 기존 포장체 활용 기법 개발과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.16>와 같음.

<표 3.16> 유사과제 조사를 위한 검색어와 검색결과 건수

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색건수	대상과제 건수	총 검색건수	대상과제 건수
순환골재	49	4	4	0
재활용	125	2	11	-
현장 재활용	-	-	-	-

- <표 3.16>에서 보는 바와 같이, 순환골재 및 재활용에 관한 연구는 일반 건설의 다양한 분야에서 활발히 진행되어 왔으나, 도로 포장과 관련된 과제는 NTIS 서비스에서는 6개 과제가 해당되는 것으로 나타남. 본 연구에 해당되는 공항포장의 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용 기법 및 해안가 저지대 활주로 재시공시 기존 포장체 활용 기법과 관련된 유사 연구 사례는 진행된 바 없음. <표 3.17>은 본 연구에 관한 유사과제 조사 결과로서 NTIS 서비스와 KICTEP 서비스 외에 추가로 조사된 내용이 포함됨.

<표 3.17> 유사과제 조사결과

과제 번호	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	94~96	한국건설교 통기술평가 원	건설기술혁신사 업	건설산업폐기물의 리사이클링시스템 및 재활용 기술개발에 관한 연구	충남대학교 동아건설산업
2	00.07~ 03.02	한국과학재 단	ERC 사업	재생골재 콘크리트포장 공법개발 에 관한 기초연구	홍익대학교 중앙대학교
3	00~01	중소기업청	중소기업진흥사 업	폐콘크리트 분쇄물의 도로 노상 토 및 보조기층재료 사용을 위한 기술개발 연구	배재대학교
4	03.04.01 ~ 04.02.01	한국환경기 술진흥원	지역환경기술개 발센터운영	건설폐기물 재활용 공정개선 및 잡물분리 기술 개발	영남대학교
5	03~04	한국도로공 사	도공자체연구과 제	폐콘크리트의 용도별 재활용 방 안과 현장적용성 연구	도로교통기술원
6	05.07.29 ~ 10.07.28	한국건설교 통기술평가 원	첨단도시개발사 업	건설 폐기물 재활용 기술 개발	대한주택공사
7	05~07	한국도로공 사	도공자체연구과 제	고기능성 2층포설 콘크리트포장 공법 개발	도로교통기술원 중앙대학교
8	06.07.01 ~ 07.01.01	구미1대학	산학연공동기술 개발(균특)	순환골재를 재활용한 투수콘크리트 말뚝 개발	명지전문대학
9	09.08.01 ~10.02.2 8	한국산업기 술진흥원	친환경 자전거 도로 포장기술	자전거 도로 포장공법으로서 RCCP공법을 적용	강릉원주대학교

- <표 3.18>는 위에 조사된 9개 과제의 중복성의 유무, 연계관계와 검토결과를 정리함. 비록 9개 과제 중 6개 과제의 중복성이 거의 없더라도 본 과제와 관련하여 기존의 과제에서 도출된 순환골재의 처리과정, 시공방법 및 실용화 과정 등은 눈여겨 볼 것이 있음. 이를 통해 불필요한 내용을 재수행할 필요가 없음.

<표 3.18> 대상과제의 중복성 및 연계관계

과제 번호	대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
1	건설산업폐기물의 리사이클링시스템 및 재활용 기술개발에 관한 연구	거의없 음	필요	대상과제는 건설폐기물의 처리 및 재생골재 활성화방안에 대한 연구로, 본 연구의 현장 에서 공항 포장층에 적용할 경우 재생골재의 기준, 처리방법을 참고할 수 있음
2	재생골재 콘크리트포장 공법개발에 관한 기초연 구	거의없 음	필요	대상과제는 건설폐기물의 기초 물성연구를 수행하였으나 본 연구에서는 기층 및 표층에 까지 시험시공 및 실용화 연구를 목적으로 함
3	폐콘크리트 분쇄물의 도로 노상도 및 보조기층재료 사용을 위한 기술개발 연구	없음	불필요	대상과제는 도로 보조기층 및 노상에 적용을 목적으로 배합을 달리하여다짐도 등의 연구 를 수행하였음
4	건설폐기물 재활용 공정개선 및 잡물분리 기술 개발	없음	불필요	대상과제는 공항에 적용하는 방안이 아니라, 건설폐기물 재활용 공정개선 및 잡물분리 기 술을 개발하는 것이므로 본 과제에서는 불필 요.
5	폐콘크리트의 용도별 재 활용 방안과 현장 적용성 연구	거의없 음	필요	대상과제는 부체도로에 수행할 목적으로 수 행하였음. 본과제는 본선에 시공할 목적임.
6	건설 폐기물 재활용 기술 개발	거의없 음	필요	대상과제는 공항포장에 적용하는 방안이 아 니라, 건축물의 내외장재 등에 적용하였음
7	고기능성 2층포설 콘크리 트포장 공법 개발	거의없 음	필요	대상과제는 상부층의 기능성에 초점을 맞춘 2층포설(wet-wet)에 관한 기초연구임. 본과 제에서는 하부층에 RCC를 사용하며 Dry 상 태에서 상부층의 시공을 목적으로 함.
8	순환골재를 재활용한 투수콘크리트 말뚝 개발	없음	불필요	대상과제는 투수콘크리트 말뚝 개발 부분을 다루고 있어, 본 연구개발 목적 및 내용이 다름
9	친환경 자전거도로 포장 기술	거의없 음	필요	대상과제는 일반 포장배합을 RCC 공법을 사 용하여 자전거 포장도로에 적용한 것이지만 RCC 공법에 대한 기준을 참고할 수 있음.

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

- 도로 및 공항포장 요철 측정과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.19>와 같음.

<표 3.19> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
평탄성	3	3	9	1
활주로	2	0	10	0
요철	28	0	7	1

- <표 3.20>에서 보는 바와 같이, 국내에서 도로 및 공항 평탄성 측정과 관련된 연구사례는 미비한 것으로 나타남. 본 연구에서 목표로 하는 활주로 요철 측정에 관한 유사 연구 사례는 진행된 바 없는 것으로 파악되었음. 요철 측정과 관련된 유사 연구사례는 도로와 같이 차량을 대상에만 초점을 맞추어 개발 되었고 항공기의 특성을 반영한 요철 측정에 대한 연구는 한국공항공사 자체적으로 시험장치 제작을 위한 검토 단계인 것을 제외하고는 유사사례가 없는 것으로 확인됨. 본 연구에서 제시하고자 하는 항공기 특성을 반영한 요철 측정 시스템 개발을 목표로 수행하고자 함.

<표 3.20> 포장 요철 측정관련 유사과제 조사결과

	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	01.08.30 ~ 03.08.29	국토해양부	건설기술혁신 사업	포장손상 검사장비 및 평가모델 개발	(주)비전넷
2	04.03. ~ 05.02.	중소기업청	중소기업 기술혁신개발	1.5m 프로파일미터를 적용한 도로포장의 평탄성 시험장치개발	(주)지피에스 아이
3	03.05. ~ 04.02.	중소기업청	산학연 공동기술개발	도로 평탄성 시험기의 Digital 기록장치 개발	금오 공과대학교

○ 대상과제의 연구목표 및 연구내용

1	포장손상 검사장비 및 평가모델 개발
연구기간	2001.08.30 ~ 2003.08.29
총연구비	342,000천원
연구목표	▪ 도로의 포장상태 측정을 현행의 수동적이고, 임의적인 방법에서 자동화하고 시스템적으로 관리할 수 있는 시스템을 개발 ▪ 도로의 포장상태를 네트워크로 관리하며, 또한 포장도로의 관리를 과학적으로 하여 효율적인 투자결정 및 예산집행을 할 수 있는 근거를 제공 ▪ 주관연구기관 + 협동연구기관 + 위탁연구기관의 산학연 공동연구 수행으로 포장도로의 측정항목 중에서 본 과제에서는 도로의 포장상태(도로 균열, 소성 변형, 종단 요철)를 도로 주행 차량과 동일한 속도로 주행하면서 조사하는 장비를 개발 ▪ 측정된 자료에 대한 분석 시스템을 개발하는 것을 목표로 하고있다. 또한 측정된 자료와 위치 정보(GPS/GIS/DMI)를 결합하여, 사용자 요구 분석을 통한 데이터베이스 설계하고 이를 구현 ▪ 주관기관인 주식회사 비전넷은 도로 포장 조사 장비 차량과 도로 균열 분석 부분을 담당
연구내용	▪ 도로 포장 조사 장비 차량 자동화 및 업그레이드- 영상 카메라 장비의 안정적 보호 장치 개발 ▪ 조사 장비의 보호를 위한 설계, 고속 주행시의 공기 저항을 고려하여 주행의 안정성 추구-최적의 영상 데이터 획득을 위한 효과적인 조명 설치 ▪ 적외선 기술을 활용한 CCD 카메라 사용시 조명 사용 제고 : 조명에 따른 각종 센서들의 간섭효과 발생 문제 해결 ▪ 정확한 레이저 센서 작동을 위한 전방 또는 후방 범퍼 개발 센서의 안정적인 데이터 수집을 위한 차축 연결·장비의 경량화 및 레이저 센서보호 역할 ▪ 내부 기계장치의 효과적인 수납을 위한 기계실 제작, 도로 노면 측정자의 편리한 조작을 위한 안정감 있는 내부 공간 확보 장시간 작업에 따른 측정자의 피로도를 최소화하는 작업 공간 설계 ▪ 장비 가동을 위한 발전 설비의 개발·효율적인 발전설비로 장비의 경량화와 발전기 및 내부 전선을 보호·소음의 최소화, 모든 장비의 무리 없는 가동을 위한 전원 공급 ▪ 기타 안전장치 설치, 주행 방면의 안전을 위한 표시등 설치 ▪ 여러 곳의 테스트 구간 선정으로 지속적인 장비 테스트 (자동화 측정 및 수작업 측정을 통한 비교, ARAN 장비와의 결과 비교 등) 진행2) ▪ 도로 균열 분석 S/W 개발 유지 보수 (분석 알고리즘 및 후처리 강화)- 분석 알고리즘 강화 : 분석 속도 및 정확도 향상

2	1.5m 프로파일미터를 적용한 도로포장의 요철 시험장치개발
연구기간	2004.03. ~ 2005.02.
총연구비	92,000천원
연구목표	이동과 관리가 불편한 기구식 “7.6m 프로파일미터”를 대체하여 embedded system기반의 이동과 관리가 편리한 1.5m 프로파일미터의 개발을 통해 요철 시험장치의 IT화를 실현함.
연구내용	- Hardware와 Software를 서로 접목시키는 독자적인 제어시스템 개발 - 정밀계측 Program 개발 - Hardware와 Software를 서로 접목시키는 독자적인 제어시스템 개발

3	도로요철 시험기의 Digital 기록장치 개발
연구기간	2003.05. ~ 2004.02.
총연구비	30,000천원
연구목표	비공개(NTIS 검색)
연구내용	비공개(NTIS 검색)

<표 3.21> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
포장손상 검사장비 및 평가모델 개발	없음	불필요	대상과제는 도로의 승차감을 조사하기 위한 시스템개발로 본 과제의 목표와 내용이 전혀 상이함.
1.5m 프로파일미터를 적용한 도로포장의 요철 시험장치개발	없음	불필요	대상과제는 기존의 7.6m 프로파일미터의 아날로그 기록방식 요철 측정기를 1.5m 프로파일미터 디지털 기록방식으로 개선하는 것이 목표임. 본 과제의 목표와 내용이 전혀 상이함.
도로요철 시험기의 Digital 기록장치 개발	없음	불필요	대상과제는 기존의 아날로그 기록방식의 요철 측정기를 디지털 기록방식으로 개선하는 것이 목표임. 본 과제의 목표와 내용이 전혀 상이함.

라. 연구개발 주요내용

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

○ 1차년도

- ▷ 해외 공항포장 평가방법 비교
 - 국내외 공항들의 공항포장 평가방법 검토
 - 공항별 평가방법과 절차 검토 및 국내 공항평가 방법과 비교
 - 국내 공항평가방법의 문제점 도출
- ▷ 공항포장 상태 조사 방법 검토
 - 국내 공항에서 사용하고 있는 상태조사 절차 검토
 - 입력변수 및 평가 알고리즘 분석 후 문제점 파악
 - 수정 및 검토가 필요한 입력변수 또는 알고리즘 도출
- ▷ 공항포장평가 입력변수 검토
 - 입력변수별 민감도 분석 또는 해석 알고리즘 수정
 - 입력변수별 민감도 분석 또는 해석 알고리즘 검증

○ 2차년도

- ▷ 수정된 공항포장 평가 입력변수 검증
 - 시뮬레이션 및 실무자 검토를 통한 입력변수 검증 및 피드백
- ▷ 보수보강 결정을 위한 평가모델 개발
 - 기존의 보수보강 절차 파악 및 문제점 분석
 - 공항포장 상태지수를 이용한 보수보강 모델 검토
 - 기존모델 수정 또는 새로운 보수보강 모델 개발

○ 3차년도

- ▷ 보수보강 평가모델 현장 적용
 - 개발된 보수보강 모델을 이용한 공항포장 적용 및 보완
 - 공항포장 평가를 위한 통합 소프트웨어 개발 및 기준 마련

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

- 앞에서 기술한 바와 같이 본 연구의 최종목표는 공항 포장 재시공의 비용-효과를 높이고 공사로 인해 발생할 수 있는 사회, 환경적인 위해 요소를 최소화하는 지속 가능한 녹색 포장 공법을 개발하고 이를 실용화하는 것에 있음. 이를 위한 연차별 세부 연구 내용은 다음과 같음.

○ 1차년도

- ▷ 국내외 선행연구 조사: 현장 재생 포장 공법에 대한 국내외의 연구현황과 실무 동향에 대한 조사 및 분석을 실시
 - 국내 활주로 재시공 사례 검토
 - 미 연방항공청 등 국외의 기준 및 기술 수준 분석
 - 기존 현장 재활용 공법의 장, 단점 분석
- ▷ 공항 포장 현장 재생 골재 생산 체계 개발
 - 기존의 국내 재생 골재 생산 체계에 대한 현황 파악
 - 필요한 경우 관련 장비의 개선 또는 개발을 통해 공항 포장의 재시공에 적합한 새로운 현장 재생 골재의 생산 체계 구축
 - 공항 현장 재생 골재 생산 및 사용 관련 법적인 기준 마련
- ▷ 현장 재생 골재 시험 생산 및 실내 재료 시험
 - 소규모의 현장 재생 골재 시험 생산을 통해 제시된 생산체계의 적용성 검증
 - 순환골재의 pH 조사 및 기층에 사용가능한 여부 판단
 - 현장 재생 골재의 특성 분석을 위한 실내시험

○ 2차년도

- ▷ 재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발
- ▷ 현장 재생 골재를 이용한 신설 포장 재료 개발
 - 현장 재생골재를 신설 콘크리트 포장의 입상기층, 시멘트 처리 기층, 또는 표층에 활용하는 방안 연구
 - 각 대안의 적용에 대한 기술적, 경제적 및 환경적 영향 분석

▷ 미래기술 구축을 위한 현장 재생 콘크리트 포장 기술 개발

- 현장 재생골재를 이용한 롤러전압 콘크리트 포장 기법 개발 및 적용성 연구
- 재생골재를 포함한 저급 콘크리트를 하부층으로 하여 RCC를 적용하는 이층 포설 콘크리트 포장 공법의 개발과 적용성에 대한 연구: 상부층에는 투수성 및 차세대 표면처리공법 등 기능성 포장이나 고성능 콘크리트를 적용 (그림 3.8 참조)
- 각 공법의 적용에 대한 기술적, 경제적 및 환경적 영향 분석



<그림 3.8> 이층 포설 콘크리트 포장 공법의 개념도(예시)

- ▷ 시험시공 계획 수립: 폐활주로 또는 재시공을 필요로하는 공용중인 공항 포장 을 대상으로 3차년도에 실시할 시험시공의 계획을 수립함

○ 3차년도

▷ 시험시공 및 활용화

- 제시된 현장 재생 콘크리트 포장의 활용 대안들에 대한 시험시공과 초기 공용성 조사를 통해 대안의 적용성을 검증
- 시험시공을 통해 적용성이 검증된 대안들에 대한 기술이전과 활용화 방안을 마련

▷ 현장 재시공 콘크리트 포장의 설계 및 시공 지침 마련

- 앞의 항목에서 제시된 현장 재시공 콘크리트 포장의 활용 대안들에 대해 포장체 각 층의 단면 설계와 시공에 대한 지침을 마련
- 기존 포장체의 노상활용 기준 정립: 도로와 같이 1m 이상 흙쌓기시 기존의 포장 존치하거나 암구간의 포장과 같이 노상으로 활용할 수 있는 기준의

정립. 예를 들어 반사균열이 올라오지 못하는 보조기층의 두께 또는 지하 배수의 처리 등에 대한 연구

- ▷ 현장 재생 골재의 활용 방안 및 품질 기준 마련
 - 재생골재의 사용 목적에 따라 현장 생산과정에서 다르게 요구되는 품질 기준 작성
 - 다양한 활용 대안들에 대한 기술적, 경제적(운반, 설치, LCC 및 사회적 비용 분석) 및 환경적인 영향을 분석하여 가장 효과적인 녹색 포장 공법으로서의 대안을 제시하고 그 품질 기준을 마련

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

- 1차년도
 - ▷ 공항 활주로 요철 평가 방법 분석
 - ▷ 국외 운용중인 장비 성능 및 특성 파악
 - ▷ 공항 요철 고속 측정을 위한 테스트 모듈 제작
- 2차년도
 - ▷ 공항 요철의 고속 측정을 위한 보정센서 결정
 - ▷ 공항 요철 고속 측정을 위한 알고리즘 개발
 - ▷ 고속 이동 수단에 탈착 가능한 케이스 제작
 - ▷ 개발된 공항 요철 조사 모듈 테스트
- 3차년도
 - ▷ 공항 요철 관리 프로그램 개발
 - ▷ GPS 절대고도를 이용한 데이터 보정 알고리즘 개발
 - ▷ 고속 이동 수단에 GPS 및 요철 조사 모듈 장착 및 성능 검증

마. 연구개발과제 TRM

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

기술개발활동		1차년도				2차년도				3차년도					
		년	분기	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
3-1 세세부. 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발															
· 공항포장 상태지수 인자 재검토 및 수정															
- 해외공항포장 평가방법 비교															
- 공항별 평가방법과 절차 검토 및 국내 공항 평가 방법과 비교															
· 공항포장 상태 조사 방법 검토															
- 국내 공항에서 사용하고 있는 상태조사 절차 검토															
- 임력변수 및 평가 알고리즘 분석 후 문제점 파악															
- 수정 및 검토가 필요한 임력변수 또는 알고리즘 도출															
· 공항포장평가 임력변수 검토															
- 임력변수별 민감도 분석 또는 해석 알고리즘 수정 및 검토															
· 보수보강 결정을 위한 평가모델 개발															
- 기존의 보수보강 절차 파악 및 문제점 분석															
- 공항포장 상태지수를 이용한 보수보강 모델 검토															
- 기존모델 수정 또는 새로운 보수보강 모델 개발															
· 보수보강 평가모델 현장 적용															
- 개발된 보수보강 모델을 이용한 공항포장 적용 및 보완															
- 공항포장 평가를 위한 통합 소프트웨어 개발 및 기준 마련															

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

기술개발활동	년 분기	1차년도				2차년도				3차년도			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
C-2 지속가능한 녹색 공항 포장 재시공 공법 개발													
1. 국내외 선행연구 조사													
- 국내 활주로 재시공 사례 검토													
- 기존 현장 재활용 공법의 장단점 분석													
2. 공항포장 현장 재생골재 생산 조합체계 개발													
- 국내 생산체계 및 장비 현황 파악													
- 관련 장비의 개선 또는 개발 필요성 검토													
- 재생골재 생산 및 사용 관련 법적 기준 마련													
3. 현장 재생골재 시험 생산 및 실내 실험													
- 현장 재생골재 시험 생산													
- 현장 재생골재의 특성 분석을 위한 재료실험													
- 입상 기종, 시멘트 처리종 재료 실험													
- 각 대안별 기술, 경제, 환경적 영향 분석													
4. 재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발													
5. 현장 재생 포장 신기술 개발													
- 롤러전압 콘크리트 적용 기술 검토													
- 이종 포설 콘크리트 포장 적용성 검토													
- 신공법의 기술, 경제, 환경적 영향 분석													
6. 시험시공 및 활용화													
- 시험시공 계획 수립													
- 시험시공 및 초기 공용성 조사													
7. 현장 재시공 공법의 설계 및 시공 지침 마련													
- 단면 설계와 시공 지침 마련													
- 기존 포장체의 노상활용 기준 정립													
8. 현장 재생골재의 활용방안 및 품질기준 마련													
- 재생골재의 활용 목적에 따른 품질기준 마련													
- 활용 대안의 비교 분석과 대안 선정기준 마련													

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

년		1차년도				2차년도				3차년도			
기술개발활동		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
C-3. 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발													
· 공항 활주로 요철 평가방법 분석													
- ICAO 및 FAA 요철 관리기준 분석													
- 국외 운용중인 장비특성 파악													
- 도로 평탄성 측정 시스템 차이 분석													
· 공항 요철 고속측정 알고리즘 개발													
- 고속 AD보드 설계													
- 센서 미싱 알고리즘 및 계수 개발													
- 고속경사센서와 보정센서의 미싱 알고리즘 개발													
· 공항 요철 고속측정 시스템 개발													
- 센서 특징 파악 및 적용 센서 선정													
- 온도에 따른 센서 출력 변화 보정방법 개발													
- 고속 요철 측정장치 테스트 모듈 제작													
- DGPS 연계 시스템 개발													
- 공항 요철 관리 프로그램 개발													
- 시작품 제작													
- 현장 테스트 및 문제점 보완													

바. 최종성과물 및 성과지표

2-1세세부: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발

○ 최종성과물

년 도	연차별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	공항별 평가방법과 절차 검토 및 국내 공항평가 방법과 비교						
	공항포장 상태 조사 방법 검토						
	공항포장평가 입력변수 검토						
2	보수보강 결정을 위한 평가모델 개발						
	수정된 공항포장 평가 입력변수 검증						
	보수보강 결정을 위한 평가모델 개발						
3	보수보강 평가모델 현장 적용						
	테스트베드 적용 및 문제점 보완						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)		1	1	2
	학술회의 발표 논문건수	1	1	1	3
	SCI급 학술지 게재 논문건수			1	1
지식재산권	특허출원 건수				
	소프트웨어 등록건수			1	1
현장적용성	현장시험시공건수			1	1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련			1	1

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

○ 최종성과물

년 도	연차별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	공항 포장 현장 재생 골재 생산 조합 체계 개발						
	현장 재생골재 시험 생산 및 실내 실험 결과						
2	현장 재생 골재를 이용한 신설 포장 재료배합 개발						
	재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발						
	미래기술 구축을 위한 현장 재생 콘크리트 포장 기술 개발						
	시험시공 계획(안) 및 도서						
3	현장 시험시공 및 공용성 조사결과						
	현장 재생 콘크리트 포장의 품질 및 시공 기준						
	기존 포장체 재활용에 대한 설계 및 시공 지침						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수			1	1
	학술회의 발표 논문건수	1	1	1	3
	SCI급 학술지 게재 논문건수			1	1
지식재산권	특허출원 건수			1	1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수			1	1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련			1	1

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

○ 최종성과물

년 도	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	공항 요철 고속측정 알고리즘 개발						
	요철 측정장치 테스트 모듈 제작						
2	센서 믹싱 알고리즘 개발						
	공항 요철 조사 시스템 개발						
3	DGPS 연계 시스템 개발						
	공항 요철 관리 프로그램 개발						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합 계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)	1			1
	학술회의 발표 논문건수	1	1		2
	SCI급 학술지 게재 논문건수				
지식재산권	특허출원 건수	1	1		2
	소프트웨어 등록건수		1	1	2
현장적용성	현장시험시공건수		5	5	10
하드웨어	하드웨어 개발건수	1	1		2
문서/도면	지침서/설계서 관련				

사. 성과물 검증방안

2-1세세부: 공항부지를 활용한 신재생에너지 선정 및 활용방안 연구

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 해외 공항포장 평가 방법 비교 - 국내 공항에서 사용하고 있는 상태조사 절차 검토 - 입력변수별 민감도 분석 또는 해석 알고리즘	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 시뮬레이션 및 실무자 검토를 통한 입력변수 검증 및 피드백 - 보수보강 결정을 위한 평가모델 개발	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 3차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 개발된 보수보강 모델을 이용한 공항포장 적용 및 보완 - 공항포장 평가를 위한 통합 소프트웨어 개발 및 기준 마련	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	소프트웨어 개발 건수	해당 과제를 통해 산출된 소프트웨어 건수 제시	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과 활용
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수 제시	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도
	지침서/설계서 관련	지침 및 설계 관련 설명서 제시	개발된 핵심기술을 평가할 수 있는 척도

2-2세세부: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항 포장 현장 재생골재 생산 조합 체계 개발 - 현장 재생골재 시험 생산 및 실내 실험 결과	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발 - 현장 재생 골재를 이용한 신설 포장 재료 배합 개발 - 미래기술 구축을 위한 현장 재생 콘크리트 포장 기술 개발 - 시험시공 계획(안) 및 도서	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수 제시	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 현장 시험시공 및 공용성 조사결과 - 현장 재생 콘크리트 포장의 품질 및 시공 기준 - 기존 포장체 재활용에 대한 설계 및 시공 지침	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수 제시	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수 제시	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도
	지침서/설계서 관련	지침 및 설계 관련 설명서 제시	개발된 핵심기술을 평가할 수 있는 척도

2-3세세부: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항 요철 고속측정 알고리즘 개발 - 요철 측정장치 테스트 모듈 제작	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	특허출원 건수	특허 출원	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 센서 믹싱 알고리즘 개발 - 공항 요철 조사 시스템 개발	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	소프트웨어 등록건수	해당 과제를 통해 제작된 프로그램 등록 건수	실용성 중심으로 연구 과제 종료 직후 즉각적인 사업화 목적
	하드웨어 개발 건수	제작 시제품	실용성 중심으로 연구 과제 종료 직후 즉각적인 사업화 목적
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도
	특허출원 건수	특허 출원	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 센서 믹싱 알고리즘 개발 - 공항 요철 조사 시스템 개발	소프트웨어 등록건수	해당 과제를 통해 제작된 프로그램 등록 건수	실용성 중심으로 연구 과제 종료 직후 즉각적인 사업화 목적
	하드웨어 개발 건수	제작 시제품	실용성 중심으로 연구 과제 종료 직후 즉각적인 사업화 목적
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
2. 미래 성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축	2-1: 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발	- 국내 공항에서 사용하고 있는 상태조사 절차 검토 - 입력변수별 민감도 분석 또는 해석 알고리즘 - 시뮬레이션 및 실무자 검토를 통한 입력변수 검증 및 피드백 - 보수보강 결정을 위한 평가모델 개발 - 공항포장 평가를 위한 통합 소프트웨어 개발 및 기준 마련	- 한국공항공사, 인천국제공항공사, 공군 등 공항 활주로 구간	- 현장 적용 - 지침등으로 법제화 - 소프트웨어 개발을 통한 사용 확대
	2-2: 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구	공항 포장 현장 재생 골재 생산 조합 체계 개발	-한국공항공사 등 공항 포장 관련 시설 -도시개발공사, 대한토지주택공사의 택지개발 지역	- 현장 시험시공 적용 - 지침 등으로 법제화 - 특허 또는 실용신안 출원 - 건설 신기술 출원 - 확대 포장 적용
		재시공 공법 결정 논리 및 평가기준 개발	-한국공항공사 등 공항포장 관련시설 -다기능성이 요구되는 도로, 항만 포장 관련 시설	
		현장 재생 콘크리트 포장의 설계, 품질 및 시공 지침	-한국공항공사, 한국도로공사, 지방국도관리청, 엔지니어링 회사	
	2-3: 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발	항공기 특성을 반영한 요철 측정장치 개발	-한국공항공사, 인천국제공항공사 등 국내외 공항포장평가 관련 시설	- 시제품 제작 - 특허 및 실용신안 출원
		공항 요철 관리 프로그램 개발	- 한국공항공사, 인천국제공항공사, 공군 등 공항포장관련 기관 및 기업	

3. 3세부과제 개요

- CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발

연번	과제명	과제 정의
3-1	공항포장 불연속면 시스템 설계	공항 등급별 지역별 콘크리트 포장 불연속면 설계 기술 개발 및 하중전달 장치 개발
3-2	공항포장 배수성능 개선 및 설계 기준 개발	공항포장 배수층 재료 및 입상재료를 이용한 다공성 보조기층 재료 기준 개발 공항 포장 배수시스템 개발

가. 연구개발 목표

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

- 공항 콘크리트 포장에 미치는 온도와 습도 등 지역별 환경인자의 정량화
- 공항 포장용 콘크리트 재료물성 및 실제 항공기 축하중과 환경하중을 고려하는 구조 해석 모형 구축
- 공항 용도와 규모 및 등급을 고려하여 슬래브 두께와 기층 종류 등 변수에 따른 불연속면 간격 도출
- 기존 공항 콘크리트 포장 사용된 하중 전달 장치 개선하여 하중전달 효율성 높여, 줄눈부 파손 최소화
- 국내 공항 등급별 및 지역별 역학적 불연속면 시스템 설계 및 관련 지침 개발.



<그림 3.3> 불연속면에서의 항공기 하중 작용(Al-Qadi et al, 2008)

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

- 공항포장 기층 및 보조기층 재료 기준
 - ▷ 본 연구의 목표는 공항포장에 사용되는 기층과 보조기층의 재료의 단일한 설계와 기준을 제시함으로서 합리적이고 비행기에 적절한 지지력을 제공하는 시공이 이루어지도록 하는 것임.
 - ▷ 현재 우리나라에 사용되고 있는 기층과 보조기층 재료의 기준은 도로포장 기준 혹은 해외의 기준을 사용하여 시공을 하고 있음. 그러나 우리나라의 경우 해외와 다른 온도, 강우의 특성을 나타내므로 이를 고려한 기층 및 보조기층의 재료기준을 제시함으로서 우리나라 환경특성에 맞는 공항포장 설계를 하고자 함.
- 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계
 - ▷ 공항포장은 도로포장에 비해 단면적이 넓고 재하되는 하중이 크기 때문에 러팅과 같은 표층의 영구변형이 생길 가능성이 높음.
 - ▷ 노면 유거수의 잔존확률이 도로포장에 비해 높음으로 도로포장의 배수시스템과는 차이가 있는 배수시스템의 설계가 필요함.
 - ▷ 시설물의 특성상 유지보수에 많은 제약이 있으므로 이를 고려한 배수시스템의 설계가 필요하며 지하배수시설물의 경우 내구성이나 부식저항성에 대한 평가가 이루어질 필요성이 있음.

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

○ 불연속면 간격의 역학적 산정

- ▷ 포장체에 대한 역학적인 고려 없이 시행되는 경험적 설계는 설계의 적정성 판단 불가하며 유지보수비용 증가.
 - 불연속면 간격 과다설계 시 교통, 환경하중 등으로 인하여 불연속면 이외의 부분에 무작위 균열 발생, 하중전달률 감소, 줄눈부 채움재 파손 및 이탈, 줄눈부 파손을 유발함.
 - 불연속면 간격 과소설계 시 증가된 불연속면 수에 따른 공사비 증가, 줄눈부 균열 미유도 시 슬래브 내 과도한 인장응력을 발생시킴.
- ▷ 국내 공항에서 주로 사용되는 콘크리트 포장의 불연속면의 간격은 국내 실정에 맞는 역학적-경험적 설계가 아닌 미국 연방항공청(FAA) 및 국제민간항공기구(ICAO) 기준을 도입하여 경험적 설계가 이루어지고 있음.
- ▷ 국외 기준의 경험적 설계는 국내 콘크리트 포장의 구조적 특성, 환경적 특성, 통행 항공기 특성 등이 반영되지 못하여 공용성 보장이 어려움.
- ▷ 콘크리트 도로 포장에서는 환경, 교통하중 및 줄눈폭에 따른 LTE 저하를 고려한 불연속면 간격 설계 사례가 있으나, 공항 포장은 경험적 방법에 의해 설계를 실시하고 있음.
 - 공항포장은 교통하중 및 슬래브 두께 등이 도로포장과는 크게 다르므로 공항의 특성을 반영한 불연속면 간격 설계 필요.
- ▷ 공항 포장은 크게 활주로, 유도로, 계류장으로 구분 시공되지만, 각기 다른 항공기의 중량, 운항속도, 통행빈도를 반영하지 못해 시공 및 유지관리에 비경제적임.
- ▷ 공항의 등급과 지역을 고려한 역학적 불연속면 간격 산정을 통해 포장 층두께와 포장재료에 따라 간격이 과소하거나 과다할 경우 각각 발생하는 추가적인 유지보수 비용 절감.
- ▷ 국책연구과제가 아닌 소수로 진행되는 국부적인 연구만으로는 공항의 불연속면 간격 산정을 고려한 콘크리트 포장 설계 시스템 개발이 어려운 현실임.
 - 공항포장의 불연속면 간격 산정에는 다양한 공항포장의 하중전달장치의 조건, 포장의 특성, 재료의 특성과 더불어 환경적인 자료 등이 필요하지만, 공항은 그 수와 접근성이 제한적이며 다양한 자료를 통한 비교 분석에 제약

이 있음.

- 공용중에 발생하는 파손조사와 이에 따른 유지보수이력 관련 정보에 접근이 매우 제한적임.
- ▷ 세계적으로 불연속면의 간격에 대해서는 경험적 설계가 이루어지고 있는 가운데 역학적 설계 방법 개발을 통한 국내 포장기술의 우수성과 함께 국가위상 고취.

○ 공항 콘크리트 포장 줄눈부 효율적인 하중 전달

- ▷ 기존의 설계방법은 계류장, 활주로, 유도로 등의 지역으로 나누어 포장 두께만을 달리 설계할 뿐, 두께에 따른 줄눈 간격, 또한 다웰바·타이바 사용은 전혀 고려하지 않기 때문에 포장의 공용성을 예측하기 어려운 현실임.
- ▷ 줄눈부 하중 전달 효율 높이기 위해 Key Joint를 사용하던 국내에서는 획일적인 다웰바와 타이바 설치 기준이 제시 적용되고 있으나 국외에서는 불연속면 시스템으로 다양한 소재를 사용한 다웰바를 사용하고 있음
- ▷ 또한 줄눈 수, 다웰바·타이바 배치에 따라 경제성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 공용 효과에 따른 유지보수 빈도 및 항공기 이용객의 승차감에 영향을 줄 수 있음.
- ▷ 따라서, 국내의 환경 및 교통 조건에 맞는 두께에 따른 공항포장의 적정 불연속면 설계가 필요함.

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

○ 공항포장 기층 및 보조기층 재료 기준

- ▷ 공항포장의 기층 및 보조기층의 기준은 항공기 기어의 재하하중을 고려하지 않고 도로 포장 재료 기준이나 외국기준을 사용하고 있음.
- ▷ 기층 및 보조기층의 기준정립이 되지 않을 경우, 항공기 하중 및 배수기능 저하로 인한 포장체의 구조적인 기능 손상을 가져올 수 있으며 이로 인하여 항공기의 이착륙시 안전성 문제, 승기감 저하, 유지보수시 경제적인 손실을 가져올 수 있음.
- ▷ 공항포장은 유지보수시 활주로 전체를 차단하여야 때문에 경제적인 손실뿐만 아니라 수행에 어려움이 있음.
- ▷ 미국의 경우 FAA (Federal Aviation Administration)의 주도하에 공항 포장 설계법과 포장 시공 재료에 대한 기준이 정립되어 있어 합리적이고 체계적인 공항포장 시공 및 관리가 가능.

- ▷ 기층 및 보조기층의 다공성 재료 사용의 경우 배수기능이 원활하게 이루어져 활주로 포장에서의 펌핑(pumping)이나 폴팅(faulting)을 방지 할 수 있음.
 - ▷ 지속적인 건설폐기물의 증가로 인하여 재활용이 화두가 되고 있는 가운데 기층 및 보조기층의 재활용 재료 사용은 건설폐기물의 처리 비용의 저감 및 활주로 포장시 건설비용 저감 효과가 있음.
 - ▷ 기층 및 보조기층에 대한 기준이 정립될 경우 활주로의 구조적인 파손으로 인한 피해를 방지 할 수 있으며 우리나라 실정에 적합한 설계로 활주로 건설비의 저감효과를 가져 올 수 있음.
- 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계
- ▷ 활주로의 경우 도로에 비하여 단면적이 넓으므로 유거수가 활주로 표면에 잔존할 확률이 높음.
 - ▷ 항공기 대형화 및 이·착륙 시 항공기 속도의 현저한 증가추세로 인해 활주로 포장 표면의 적정 마찰력 확보는 중요되었으며 특히 우천시 활주로 포장 표면의 수막현상으로 인한 마찰력 저하는 항공기의 제동력의 저하라는 안전적인 문제를 야기함.
 - ▷ 지하배수시설물의 경우 항공기로 인한 재하하중이 크기 때문에 내구성에 대한 기준 또한 도로의 기준과 달라야 함.
 - ▷ 항공포장은 도로포장에 비해 유지보수 수행의 어려움이 있기 때문에 부식에 의한 저항력에 강해야 하며 기준정립이 필요함.
 - ▷ 따라서 공항여건에 적합한 배수시스템의 기준 정립 및 개선으로 항공기 이착륙시의 안정성을 증감하며 배수시설물의 파손 저항성의 증가가 필요함.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

- 공항 콘크리트 포장의 역학적 불연속면 간격 산정과 관련하여 기존 연구와의 중복성 검토를 위해 사용된 키워드 및 결과는 다음 <표 3.22>와 같음.

<표 3.22> 기존 연구와의 중복성 검토를 위한 키워드와 검색결과

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색 건수	대상과제 건수	총 검색 건수	대상과제 건수
공항포장	0	0	10	0
줄눈간격	1	1	3	3
줄눈	5	3	10	3
콘크리트 포장	6	3	10	0
항공기 하중	0	0	0	0
역학적 설계	6	0	6	0
다웰바	3	3	6	3
불연속면	11	0	10	0

- <표 3.22>와 <표 3.23>에서 보는 바와 같이, 공항포장과 불연속면을 구성하는 줄눈, 다웰바 등과 이를 분석하기위한 환경하중 역학적 설계에 대한 연구는 있었으나 공항분야에서는 아직 포장에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있으며, 콘크리트 포장의 불연속면은 도로 포장만을 대상으로 이루어져왔음.
- 본 연구에서 제시하고자 하는 공항 콘크리트 포장의 불연속면에 대한 연구는 수행되어진 바가 없으며 이에 공항 콘크리트 포장의 불연속면 간격 산정에 대한 연구를 수행하고자 함.

<표 3.23> 공항 콘크리트 불연속면 간격과 관련된 연구과제 항목

	연구 기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	2006.12 ~2009.10	국토해양부	건설핵심기술 연구개발사업	구조적 성능을 고려한 시멘트 콘 크리트포장의 기능 개선 시공화 연구	(주)한맥기술
2	2007.08 ~2009.07	교육과학기술 부	신진교수연구 지원	콘크리트 포장의 하주층지지 조건 에 따른 환경하중에 의한 컬링 거 동 분석	경희대학교
3	2006.07 ~2008.06	교육과학기술 부	신진교수연구 지원	콘크리트 포장의 거동에 미치는 수분영향의 장기적인 조사에 의한 건조수축 등가온도차이 모형의 개 발	인하대학교
4	2008.11 ~2011.10	교육과학기술 부	이공분야 기초연구과제 지원사업	콘크리트 포장 부등 건조수축의 모형 및 설계지침 개발	인하대학교
5	2004.08 ~2005.08	국토해양부	건설기술기반 구축사업	공항규모별 표준화 설계기준 수립 을 위한 연구	교통개발연 구원

○ 대상과제의 연구목표 및 연구내용

1	구조적 성능을 고려한 시멘트 콘크리트포장의 기능 개선 시공화 연구
연구기간	2006년 12월 ~ 2009년 10월
총 연구비	876,000천원
연구목표	▪ 줄눈 콘크리트포장 기능 개선을 위한 기초 연구 ▪ 선균열 유도장치 개발 및 시공 공법 개발 ▪ 줄눈부 성능 향상을 위한 현장 시공도로 시험포장 및 추적조사 ▪ 개발기술의 실증 및 최적화를 통한 줄눈부 시공 개선안 도출 ▪ 선균열 유도공법의 설계 및 시공 매뉴얼(안) 작성
연구내용	▪ 기존 하중전달 장치, 줄눈 간격, 분리막에 대한 기준 및 연구동향 검토 ▪ 콘크리트 물성평가 실내시험(열팽창계수) ▪ 줄눈콘크리트 포장의 줄눈 파손 특성 분석 ▪ 기존 하중전달 장치 검토 및 선균열 유도장치 시제품 제작 ▪ 해외 선진기술 현장조사 및 자료수집 ▪ 사전거동 현장 시험포장을 통한 선균열 유도장치 시제품 성능 분석 ▪ 선균열 유도장치 시제품 제작 ▪ 선균열 유도장치 개발 및 공법에 관한 특허 및 실용신안 출원 ▪ 콘크리트 물성평가 실내시험(열팽창계수, 건조수축) ▪ 콘크리트 물성평가 실외시험(마찰저항력) ▪ 구조해석에 의한 적정 줄눈 간격 계산 ▪ 현장 시공도로 시험포장 계획 수립 ▪ 콘크리트포장의 기능 개선을 위한 현장 시공도로 시험포장(1,2차) ▪ 시험포장에 대한 추적조사 및 효과 분석(1,2차) ▪ 시험포장 결과를 이용한 구조해석 ▪ 역학적이론 정립 ▪ 수명연장 및 최적 공용성 확보를 위한 적정 줄눈 간격 제시 ▪ 분리막 사용기준 제시 ▪ 선균열 유도공법의 설계 및 시공 매뉴얼(안) 작성

2	콘크리트 포장의 하부층지지 조건에 따른 환경하중에 의한 컬링 거동 분석
연구기간	2007년 08월 ~ 2009년 07월
총 연구비	53,000천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

3	콘크리트 포장의 거동에 미치는 수분영향의 장기적인 조사에 의한 건조수축 등가온도차이 모형의 개발
연구기간	2006년 07월 ~ 2008년 06월
총 연구비	51,000천원
연구목표	비공개
연구내용	비공개

4	콘크리트 포장 부등 건조수축의 모형 및 설계지침 개발
연구기간	2008년 11월 ~ 2011년 10월
총 연구비	144,000천원
연구목표	▪ 조건계수에 영향을 미칠 수 있는 인자에 대한 문헌조사와 실내 및 현장시험을 통하여 검토 및 분석하여 조건계수 정립화하고 비선형 모형 제시 ▪ 콘크리트 포장 부등 건조수축의 예측모형을 개발하고 이를 설계에 반영할 수 있는 지침 제시를 통한 콘크리트 포장의 공용성 증진과 경제적 단면 제공
연구내용	▪ 기존의 각종 건조수축 예측 모형의 비교 및 검토 ▪ 콘크리트 포장의 건조수축에 관한 국내 및 국외의 최근 연구동향 분석 ▪ 시험시공과 그 결과 분석을 병행하며 장기 계측 분석 ▪ 슬래브의 형상비, 구속조건, 양생조건을 등을 다르게 하여 현장실험 ▪ 사용된 콘크리트 배합에 대한 열팽창 계수 실험 ▪ 시험시공구간에 대한 추적조사 및 결과 분석을 통한 모형의 적합성 검증

5	공항규모별 표준화 설계기준 수립을 위한 연구
연구기간	2004년 08월 ~ 2005년 08월
총 연구비	200,000천원
연구목표	▪ 공항시설 중 토목시설의 표준화 설계기준 수립
연구내용	▪ 공항설계기준 조사/분석 -국제기준 조사/분석 -외국의 설계기준 조사/분석 -우리나라의 설계기준 조사/분석 ▪ 국내 공항 적용사례 분석 -민간공항 -군공항 ▪ 종합분석 및 개선방안 수립 -문제점 및 시사점 도출 -개선방안 수립 ▪ 표준화 설계기준 수립 -공항규모의 설정 -공항장애물, 활주로, 유도로/계류장/대기지역, 포장설계기준 수립 ▪ 설계기준의 적정성 검토

<표 3.24> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
구조적 성능을 고려한 시멘트 콘크리트포장의 기능 개선 시공화 연구	없음	불필요	▪ 대상과제는 균열 유도장치를 다루고 있어 공항특성을 고려한 불연속면 간격의 역학적 산정과 목적 및 내용이 다름
콘크리트 포장의 하부층 지지 조건에 따른 환경 하중에 의한 컬링 거동 분석	없음	필요	▪ 대상과제는 줄눈 콘크리트 도로 포장에서 환경하중에 의한 컬링을 다루고 있어 지역별 환경하중을 고려한 구조해석 분야에 참고할 수 있음
콘크리트 포장의 거동에 미치는 수분영향의 장기적인 조사에 의한 건조수축 등가온도차이 모형의 개발	없음	필요	▪ 대상과제는 콘크리트 도로 포장에서 수분영향을 등가온도차이 모형을 통하여 다루고 있어 정량화한 환경하중을 고려한 모형 수립에 참고할 수 있음
콘크리트 포장 부등 건조수축의 모형 및 설계지침 개발	없음	필요	▪ 대상과제는 콘크리트 포장에서 슬래브 특성인자들을 고려한 건조수축 모형을 다루고 있어 환경하중을 고려한 모형 수립에 참고할 수 있음
공항규모별 표준화 설계기준 수립을 위한 연구	없음	불필요	▪ 대상과제는 공항포장의 경험적 설계방법을 다루고 있어 역학적 설계와 목적 및 내용이 다름

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

<표 3.25> 유사과제 조사를 위한 검색어와 검색결과 건수

키워드	NTIS 서비스		KICTEP 서비스	
	총 검색건수	대상과제 건수	총 검색건수	대상과제 건수
기층	9	0	3	1
CTB	3	-	1	1
다공성	365	1	5	2
노면배수	6	1	1	1
지하배수	7	-	2	-
재활용골재	16	1	-	-
미끄럼	37	-	4	1
보조기층	17	2	3	-
순환골재	44	1	4	2
배수시스템	39	-	6	1
수막현상	7	1	-	-

<표 3.26> 기층 및 보조기층 재료 및 배수시스템 관련 과제

	연구기간	부처명	사업명	과제명	수행기관
1	05.07.29 ~ 10.06.29	한국토지주 택공사	첨단도시개발사 업	건설폐기물 재활용 기술 개발	한국토지주택공 사
2	04.08.20 ~ 07.08.19	건설기술연 구평가원	건설기술혁신사 업	친환경 4S(Safety, Silent, aeSthetic, and user Satisfaction guaranteed) 포장시스템 개발 연구	중앙대학교산학 협력단
3	08.07.25 ~ 08.10.24	건설기술연 구평가원	건설교통RnD정 책인프라사업	배수성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	(주)뉴페이브
4	08.12.29 ~ 10.02.28	건설기술연 구평가원	건설교통RnD정 책인프라사업	배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	(주)뉴페이브
5	05.06.30 ~ 10.09.07	건설기술연 구평가원	건설기술혁신사 업	친환경 지능형 도로 설계기술 개발	(주)평화엔지니 어링
6	09.06~10	중소기업청	산학연공동기술 개발	인체피로 저감 및 효율적	한국건자재시험 연구원

	.05			우수활용을 위한 친환경 아스팔트 콘크리트 개발	
7	09.03~10 .02	소방방재청	재난안전기술개 발기반구축	도로침수 방지를 위한 배출시스템에 대한 연구	세명대학교
8	08.06~11 .05 보조기층	중소기업청	산학연공동기술 개발	건설폐기물 중간처리과정중 콘크리트용 순환골재를 생산하는 기술개발	두제산업개발(주)
9	06.07~07 .06 보조기층	국토해양부	건설교통기술혁 시	건설폐기물의 리사이클의 품질기준 및 촉진방안	한국지질자원연 구원
10	08.04~10 .03 골재	환경부	차세대핵심환경 기술개발	폐콘크리트에서 콘크리트용 순환골재 및 순환잔골재와 도로공사용 순환골재의 연속 생산 system 개발 실증화 사업	(주)서봉리사이 클링
11	09.06~10 .05 재활용골 재	중소기업청	산학연공동기술개 발	석재 슬러지 산업폐기물을 이용한 잔골재 재활용 기술	전북대학교
12	06.08~07 .01 수막현상	중소기업청	산학연공동기술 개발(균특)	물성을 향상시킨 페타이어 포장재의 개발	청주대학교
13	04.08.20 ~06.08.1 9 배수시스 템k	건설기술연 구평가원	건설기술혁신사 업	자연친화형 도로건설을 위한 친환경배수재 활용 연약지반개량기술 연구	한국건설기술연 구원
14	01.08.30 ~03.08.2 9 미끄럼k	건설기술연 구평가원	건설기술혁신사 업	유해폐기물의 건설재활용 기술개발	충남대학교
15	06.12.20 ~09.12.1 6 순환골재k	건설기술연 구평가원	건설기술혁신사 업	순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발	(주)평원엔지니 어링
16	04.07.20 ~06.07.1 9 순환골재k	건설기술연 구평가원	건설교통RnD정 책인프라사업	순환골재 품질기준 제정 및 인증제도 시행방안 연구	한국건설기술연 구원
17	07.07~08 .06 배수성	중소기업청	중고기업기술혁 신개발	연약지반 개량을 위한 수직배수재 O형 PBD개발	성호폴리텍

1	건설폐기물 재활용 기술 개발
연구기간	2003년 ~ 2005년
총연구비	10,460,000 천원
연구목표	▪ 건설폐기물의 발생 및 처리 전 과정에서 재활용률 80%를 달성하기 위한 실용적 재활용 기술개발
연구내용	▪ 기초검토 및 연구개발 기본방향 설정 모르타르 부착량 측정기술개발 및 건설폐기물 전자상거래 S/W 개발 토분 및 순환모래 중의 이물질 선별장치 및 생산시스템 시뮬레이션 및 기본설계 기초현황 분석 및 기술개발 방향설정 ▪ 재활용 방안 수립을 위한 가시적 결과 예측 모르타르 부착량 측정장치 개발 및 건설폐기물 B2B 시스템 개발 이물질 선별, 순환모래 생산라인 공정 기술개발 재활용 제품 제조 기술 및 현장 적용공법 개발 ▪ 재활용 방안 수립을 위한 1차적 결과 도출 및 시범적용 계획 수립 시범사업 계획수립 및 S/W, H/W 인프라 구축 이물질 선별장치, 순환모래 생산장치 시제품 제작 재활용 제품, 공법개발과 현장시험 시공 계획 수립 ▪ 개발결과의 현장 시범적용 및 기술적 보완 시범사업 성과분석(1), GIS/GPS/PDA 인프라 구축 이물질 선별장치, 순환모래 생산장치 시험적용 연구 개발된 재활용 제품 및 공법의 시험시공 및 현장 적용성 개선,보완 ▪ 연구결과 도출 및 보고서 작성 시범사업 성과분석, 시스템 성과분석에 따른 문제점 보완 및 완성 이물질 선별장치 및 순환모래 생산 장치 상용화개발된 재활용 제품과 공법의 성능평가

2	친환경 4S(Safety, Silent, aeSthetic, and user Satisfaction guaranteed) 포장시스템 개발 연구
연구기간	2004년 ~ 2007년
총연구비	1,469,000 천원
연구목표	안전하고(Safety) 조용하고(Silent) 아름다운(aeSthetic) 포장의 개념에 적합한 포장 재료, 시공 장비, 유지보수 관련 지침을 개발하여 사용자 만족(Satisfaction)의 포장 시스템을 완성
연구내용	- 안전하고 조용하고 아름다운 포장의 개념 수립 문헌 고찰과 국내외 적용사례 검토 - 신재료 개발, 잠정배합설계법 개발, 관련 시험법 개발 - 포장 구조 해석 모형 정립 및 구조적 거동의 해석 - ES 및 CPX 설계 - 현장 시공 공법의 연구 - 신공법 확정 및 설계 프로세스 제안 신재료의 현장 생산시스템 구축 및 평가 / ES 제작 및 ES를 이용한 초기 공용성 평가 / APT 실험을 통한 장기 공용성 모의 평가 - 설계 아키텍처 개발 및 설계 기준 제공 - 시공환경을 고려한 시공 장비 및 시공기법 선정 -시험시공 초기 공용성 평가 -유지 관리 공법 선정 및 평가 - 친환경 4S포장의 경제성 평가 모형 정립 - 신공법 장단기 공용성 평가 중 단기 공용성 평가 /장기 공용성 예측 및 설계 카테고리 단면 제시 /재료 품질관리 기법, 시공 시방지침, 유지관리 지침서 완성 - 실용화 및 활성화 방안 연구

3	배수성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화
연구기간	2008년
총연구비	41,667 천원
연구목표	배수성포장용 개질바인더의 사업화타당성을 기획
연구내용	배수성포장용 개질제 제조사업의 타당성평가와 사업기획연구 원료구입라인의 검토 -실험실 물성시험의 종류와 적정성 검토 - 개질바인더 품질규정 조사 및 만족여부검토, -배수성포장용 골재 설계의 적정성 검토 -공인시험기관선정과 인증시험 종류검토 -개 질제 제품 양산을 위한 제조설비에 대한 기술검토 -개질아스콘 생산조건에 대한 기술적 검토 -포설 및 다짐에 대한 기술적 검토 -건설 신기술보고서 작성 및 신기술신청에 대한준비 -제품설명을 위한 카타로그, 웹 사이트 개설자료 검토 -기술요약 보고서 및 시 방서 작성준비 검토 -사업수행을 위한 구체적 기획

4	배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화
연구기간	2008년~2010년
총연구비	333,343 천원
연구목표	배수성 아스팔트포장과 내 유동성 아스팔트포장 시장에 진입하여 수익을 창출하고 나아가 국내의 도로포장시장의 기술발전을 위해서, 필요한 관련기술 개발
연구내용	- 배수성 및 내유동성포장용 개질제 의 배합설계, 시방서 작성, 홈페이지 작성, 국내 및 해외 협력업체 발굴, 신기술 1차 보고서 작성, 영업활동, 등 -원자재 구입라인의 확보 - 각 원자재의 월별 소요량 파악 - 공급처 파악 및 수급사항 확인 -배수성 및 내유동성 아스콘 배합설계 -배수성 및 내유동성 도로포장 시방서 작성 -신기술 1차 보고서 작성 - 배수성 및 내유동성 분말제조라인 설치, 시험포장 건설, 홍보물 제작, 신기술신청, 협력업체 발굴, 최종연구보고서 작성 - 배수성개질제 분말제조라인 구축 - 배수성 아스팔트포장 시험시공 - 내유동성 아스팔트포장 시공 - 홍보물 작성 - 배수성 신기술 신청 - 협력업체 발굴 - 최종 연구보고서 작성

5	친환경 지능형 도로 설계기술 개발
연구기간	2005년 ~ 2010년
총연구비	13,290,253 천원
연구목표	▪ 과제는 안전성, 경제성뿐만 아니라 친환경적 도로건설의 실현을 위해 「안전·친환경·지능형 도로설계 통합프로그램 연구개발」 및 미래지향적 도로설계 지침 개발을 위한 「도로시설 성능향상 기술 연구개발」
연구내용	▪ 친환경, 지능형 도로설계 및 평가시스템 개발 - 지능형 도로 최적설계 프로그램 개발 - 친환경적 노선,선형설계 프로그램 개발 - 배수시설 설계기술 개발 ▪ LCC를 고려한 경제성 분석 및 도로시설물 성능 향상 - VE/LCC를 고려한 도로노선의 경제성분석 기법 개발 - 도로설계 알고리즘 개발 - 도로안전 및 정보시설물의 내풍안전성 해석 및 설계기술 개발 - 중앙분리대 설계기준 및 신기술 개발 ▪ 도로 안전 및 기능향상 설계기술 개발 - 도로 안전 및 기능향상 설계기술 개발

6	인체피로 저감 및 효율적 우수활용을 위한 친환경 아스팔트 콘크리트 개발
연구기간	2009년 ~ 2010년
총연구비	77,000 천원
연구목표	▪ 은향투과손실 25dB이상, 흡음률 70% 이상을 나타내는 재활용소재를 활용한 흡음재의 개발 ▪ 인체에 유해한 휘발성유기화합물(VOC) 및 중금소의 함량이 환경기준 이하하고 재활용소재를 이용한 흡음재료의 개발 ▪ 인체에 유해한 VOC를 흡착할 수 있는 흡음재료의 개발 ▪ 기존의 글라스울(glass wool)보다 생산단가가 낮은 흡음재료의 개발
연구내용	▪ 기존의 폴리에스터 섬유에 페모, 샤링밥, 폐직석, 페펄라이트 등을 도입하여 단가 절감을 시도함 ▪ 폐직석, 페펄라이트 등을 적용하여 환경정화 기능성(VOC, 오염물질 흡착)을 도입함 ▪ 저점도의 바인더를 사용하여 바인더가 폐직석, 페펄라이트 입자를 완전히 둘러싸서 공기정화 기능성이 상실하지 않도록 함 ▪ 방음벽 제조공정에서 절삭공정이 필요하며 페펄라이트 및 폐직석이 이러한 절삭공정을 방해할 수 있음. 따라서 적당한 크기의 기능성 입자로의 분쇄가 필요함. 그러나, 입자의 크기가 너무 작을 경우 기능성 입자가 바인더에 묻힐 가능성이 있기 때문에 적당한 크기로 흡착입자를 분쇄하는 것이 필요함 ▪ 방음벽에서 흡음소재가 삽입되는 흡음박스 부분의 형상을 대기정화가 가능한 형태로 개선함 ▪ 방음벽 시제품 및 시제품을 개발하고 흡차음성능, 환경정화 성능을 평가/입증하여 이를 향후 사업화의 기초 자료로 삼음

7	도로침수 방지를 위한 배출시스템에 대한 연구
연구기간	2009년 ~ 2010년
총연구비	115,000 천원
연구목표	▪ 본 연구는 강우시 도로침수가 발생하는 것을 방지하기 위해 도로 시설에 설치가 가능한 배수시스템 이용에 대한 것으로 강우배출 기능을 높이기 위한 장치를 개발하는 것이다. ▪ 이러한 배수시스템에 강우에 의해 자동으로 세척이 가능한 시스템을 개발함으로써 청천시 유발되는 악취발생을 저지하며 강우유입수를 여과 처리하여 방류수질을 개선, 설치한 배수시스템의 유지관리가 용이하도록 하는데 그 목적이 있다. ▪ 동시에 정화된 빗물을 재활용함으로써 상수원 절감효과를 기대하고자 한다.
연구내용	▪ 기존의 도로배수시스템의 문제점 해결과 그 기능을 제고하기 위하여 월류시스템 혹은 침투조 및 저류조를 설치한다.(주관연구기관 연구수행) ▪ 기존의 도로배수시스템의 문제점 해결과 그 기능을 제고하기 위하여 빗물받이 내에 자동세척스크린 통한 기능성 제고에 대하여 연구한다.(공동연구기관 연구수행) ▪ 수행할 연구내용은 아래와 같다. - 악취발생방지 - 수질정화 - 침사물, 협잡물 제거 및 편리성 - 빗물재활용 기반마련 - 도로침수 방지를 위한 배수기능 제고 - 용이한 유지관리 - 스크린 설치, 월류관 설치, 저류조 설치 등 기능보완 시설 구비

8	건설폐기물 중간처리과정중 콘크리트용 순환골재를 생산하는 기술개발
연구기간	2008년 ~ 2011년
총연구비	233,000 천원
연구목표	기존의 단순 현장중심의 기술개발위주에서 논리적인 이론검토 및 국내외 기술에대한 고찰등을 토대로 순환골재의 모르타르 박리방법을 연구하여 순환골재의 품질을 향상시켜 콘크리트용 순환골재의 품질을 만족시키며, 실제 순환골재의 활용범위를 확대할 수 있는 시기술 개발과 이론적 검증을 목표로 본 연구소를 설립한다. 또한 연구 개발이 완료되면, 국내외 박람회 및 전시회등에 출품할 예정이다.
연구내용	건설폐기물 중간처리공정을 통해 생산되는 순환골재의 품질향상을 위한 연구로 골재표면의 모르타르를 박리시켜 흡수율을 저감하고 강도를 향상시키는 등 골재의 품질을 향상시켜 기존의 도로보조기층용 순환골재 생산뿐만 아니라 최종적으로 콘크리트 제품용 순환골재를 생산하는 기술을 개발하는 것이 주요 목적이며, 이를 통해 콘크리트용 순환골재 품질인증을 획득하고, 관련 산업재산권을 확보 및 환경(건설)신기술을 개발하는 것이 최종 목표이다.

9	건설폐기물의 리사이클의 품질기준 및 촉진방안
연구기간	2000년 ~ 2002년
총연구비	1,000 천원
연구목표	본 연구에서는 건설폐기물의 적정처리 및 재활용을 위하여 건설산업에서의 효율적인 재활용 촉진을 위한 정책방안을 도출하고, 건설폐기물 관리시스템, 재활용 자재에 대한 기술적 평가를 토대로 재활용 자재의 품질기준을 마련하는 건설폐기물 종합관리시스템을 개발하고자 한다. 특히 건설 산업폐기물의 대부분을 차지하고 있으며 그 처리기술이 가장 시급한 폐콘크리트를 재활용할 수 있는 기술을 개발하고 리사이클을 확립 정비하여 건설업계의 경제적인 측면에서의 효율성을 높이고, 콘크리트 폐기물에 의한 건설환경공해를 방지하는데 그 연구 목적이 있다.
연구내용	법국가 차원의 건설폐기물 재활용 시스템을 구축하기 위하여 국내의 건설폐기물 관련법규 및 제도 현황, 건설폐기물 처리실태를 분석하고, 주택건설량 및 해체 주택량의 시계열 자료, 건설재료의 발생량 원단위 등을 이용하여 향후 연도별, 공정별, 품종별 건설폐기물 발생가능량을 예측한다. 또한 국내 건설폐기물 재활용 기술성 및 경제성을 평가하고, 외국의 건설폐기물 재활용 시스템 및 관련법규와 제도현황, 그리고 건설폐기물 처리실태 등을 조사 분석하여 기초자료를 제공한다. 이러한 분석결과 및 연구결과를 토대로 건설폐기물 처리업체별 재생골재 품질을 조사하여 국내의 폐기물 처리 및 재활용 시스템의 문제점을 파악한 후 건설폐기물 재생골재의 품질 향상 기술 및 품질기준(안)을 제안한다. 마지막으로 건설폐기물 재생제품의 다용도 개발과 제품별 품질기준(안) 및 가이드라인을 제안한다.

10	폐콘크리트에서 콘크리트용 순환골재 및 순환잔골재와 도로공사용 순환골재의 연속 생산 system 개발 실증화 사업
연구기간	2008년 ~ 2010년
총연구비	607,000 천원
연구목표	▪ 아스콘팔트 콘크리트용 골재선별 연구 ▪ 현탁액 매질순환 system구축 ▪ 세척수 순환 system구축
연구내용	▪ 아스팔트 콘크리트용 순환골재 분리생산기술(아스팔트 콘크리트용 골재와 콘크리트용 순환골재의 분리), 비중선별용 현탁액 매질순환 system구축(매질의 회수 및 재사용 system개발), 세척수 순환으로 폐수의 무방류 system구축(세척수 재사용으로 무방류 system구축), 폐콘크리트에서 대량으로 콘크리트용 순환골재, 콘크리트용 순환잔골재와 도로용 순환골재를 동시에 생산할 수 있는 기술의 개발을 통해, 국내외에 보급 및 수출을 예상할 수 있음, 폐콘크리트의 경제적 가치를 향상시키고 건설공사용 천연골재 채취로 인한 환경파괴 예방, 국내의 순환골재 생산업체가 330여개 있으며 이중 200여 곳에 시설할 경우 3000억원의 시장형성을 통한 이익창출 예상

11	석재 슬러지 산업폐기물을 이용한 잔골재 재활용 기술
연구기간	2009년 ~ 2010년
총연구비	6,997,000 천원
연구목표	▪ 석재 공장에서 발생하는 석재 슬러지를 입도별로(No16(1.2mm), No30(0.6mm), No50(0.3mm),
연구내용	▪ 석재공장 슬러지를 입도별 선별하여 잔골재 및 미분말로 사용할 수 있도록 물성 및 화학적 특성 파악

12	물성을 향상시킨 페타이어 포장재의 개발
연구기간	2006년 ~ 2007년
총연구비	32,000 천원
연구목표	본 과제에서는 페타이어를 분쇄공정을 거쳐 제조한 페타이어 분말을 이용하여 보도 포장재를 개발하려고 한다. 그러나, 현재 분말 가공에 대한 재활용에 있어 문제점은 경제성 문제이다. 즉, 제조원가를 낮추기 위해 binder로써 폴리우레탄을 선택하였다. 또한 포설까지 경화속도를 늦추어 pot life을 유지시키고, 포설을 한 후 경화속도를 빠르게 하여 양생시간을 짧게 하는데 있다. 또한 보도 포장재의 내산화성을 증가시켜 포장재의 수명을 연장함으로써 내구성을 증대시키고, 바닥의 진동, 균열, 외부의 충격과 압축에 뛰어들 뿐만 아니라 미끄럼 방지 및 내마모성과 내화학성이 우수한 포장재를 개발하는데 있다.
연구내용	- 최근 자동차 산업이 급속도로 발전하면서 페타이어 발생량이 급증하여 이에 대한 처리가 새로운 문제점으로 부상하였다. 페타이어를 그대로 방치하였을 경우 주변경관의 손상, 화재에 대한 피해 등의 환경문제와 더불어 적재공간의 확보의 어려움이 발생한다. 따라서 주변 환경으로부터 페타이어를 제거하고 일부 고무제품의 가격을 절감하기 위해서 페타이어를 재활용하는 방법들이 강구되어지고 있다. 현재 페타이어는 크게 3가지로 처리되고 있다. 원형 그대로 이용하는 방법과 태워서 열을 얻는 방법, 기계적 처리방법 또는 화학적 처리방법에 의해 얻은 재생 분말을 여러 가지 다른 물질(아스팔트, 콘크리트 등)과 섞어 쓰는 방법이다. 기계적 처리방법 또는 화학적 처리방법에 의해 얻은 페타이어 재생 분말을 폴리우레탄과 섞어 기존에 사용되고 있는 시멘트 바닥이나 콘크리트 인도 등에 대체하게 되면 많은 단점들을 보완 할 수 있다. - 본 과제에서는 보도 포장재의 파손과 노후화 이에 따른 잦은 보수작업에 의한 과다 지출의 문제를 해결하기 위하여 페타이어를 재활용 하고자 한다. 페타이어를 재활용한 포장재는 안정성, 내산성 및 내균열성이 우수하여 포장수명을 연장시키며, 높은 탄성의 특성으로 반사균열과 열균열 발생에 잘 견디게 된다.

13	자연친화형 도로건설을 위한 친환경배수재 활용 연약지반개량기술 연구
연구기간	2004년 ~ 2006년
총연구비	667,000 천원
연구목표	■ 천연섬유배수재의 압밀배수특성평가 및 국산 천연섬유배수재 제작 ■ 천연섬유배수재의 현장시험시공 및 적용성 평가
연구내용	■ 천연섬유배수재의 물리적 공학적 특성평가, 천연섬유배수재의 내구성/통수능 압밀배수특성 평가, 국산 천연섬유배수재 제작 및 형태별 기본특성평가, 수치해석을 위한 압밀배수이론 정립, 천연섬유배수재의 설계/시공방법 분석 ■ 천연섬유배수재의 현장시험시공 및 계측을 통한 초기압밀배수효과평가, 수치해석에 의한 압밀배수효과평가, 천연섬유배수재의 시공성/경제성평가, 기존배수재와 국산천연섬유배수재의 압밀배수특성/공학적특성비교, 실내모형시험에 의한 수직.수평천연섬유배수재 병용공법의효율성평가

14	유해폐기물의 건설재활용 기술개발
연구기간	2001년 ~ 2003년
총연구비	380,000 천원
연구목표	▪ 본 연구는 증대되고 있는 유해폐기물의 건설재활용을 최종목표로 하여 토목/건축용 폐유리 골재의 제조/생산 프로세스 구축을 통한 폐유리 골재의 제조와 폐콘크리트 및 폐아스콘 재생골재와 폐유리를 활용한 아스팔트 콘크리트를 개발하고자 한다. 이를 위하여 이론적/실험적 연구를 산/학 공동연구로서 체계적이며 심층적으로 수행하고, 관련기술의 개발 및 실용화는 물론 유해폐기물을 활용한 아스팔트 콘크리트의 품질관리지침(안)을 제안함으로써 환경오염은 물론 유해폐기물의 활용에 따른 국가의 에너지 절감정책에 부응하고 산업경쟁력의 향상과 건설산업 발전에 크게 기여하고자 한다.
연구내용	▪ 유해폐기물의 재활용 가능성 분석 ▪ 폐유리 및 재생골재 제조기술현황과 시스템 분석 ▪ 유해폐기물의 품질특성평가 ▪ 유해폐기물을 재활용한 아스팔트 콘크리트의 제조기술개발 ▪ 유해폐기물을 재활용한 아스팔트 콘크리트의 내구성능 분석 ▪ 폐유리 골재 제조 시스템의 개선 연구 및 제조 프로세스 구축 ▪ 유해폐기물을 재활용한 아스팔트 콘크리트의 성능개선 연구 ▪ 유해폐기물을 재활용한 아스팔트 콘크리트의 적용성 및 공용성 평가 ▪ 품질관리기술 개발

15	순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발
연구기간	2006년 ~ 2009년
총연구비	752,000 천원
연구목표	▪ 본 연구개발의 최종목표는 천연자원의 고갈에 대처함과 동시에 기존의 지반개량공법의 치명적인 공학적 및 기능적 단점을 보완하기 위하여 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법을 개발하는 것이다. ▪ 본 연구개발팀의 연구책임자들은 연약지반개량 설계 및 시공, 건설재료 분야에서 국내 최고의 전문가들로서 경제적 측면, 시공기술 측면, 설계기법 측면, 안정관리 측면 등의 타당성을 엄밀히 증명할 수 있으며 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법을 개발하여 국내외 연약지반개량 및 설계, 시공기술의 선진화에 이바지하고자 한다.
연구내용	▪ 건설폐기물로부터 얻은 순환골재를 연약지반개량의 재료로 적용하는 기술을 개발하고 실현화하는 단계를 본 연구개발의 범위로 하고 있으며, 세부적인 내용으로 지반개량재료로서의 순환골재의 적용성 평가, 순환골재를 이용한 친환경 지반개량공법의 개발, 실내 모형시험 및 수치해석을 통한 개량된 지반의 거동 및 안정성 평가 및 합리적 설계기법 제시, 현장시험시공을 통한 개발된 공법의 실용화로 구성된다. ▪ 본 연구개발의 범위는 건설폐기물로부터 얻은 순환골재를 연약지반개량공법의 재료로 적용하는 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해 순환골재를 투수시멘트와 적절히 배합하여 제작한 투수콘크리트의 역학적 특성을 분석함과 동시에 이를 이용하여 제작한 투수콘크리트말뚝의 지지력 및 역학적 특성을 조사한다. 또한 연약지반 중에 존재하는 간극수의 배출을 위한 투수콘크리트 말뚝의 투수성능을 실험을 통해 정량적으로 평가하여 본 공법의 설계 지침서를 제시한다. 한편, 개발된 투수콘크리트말뚝공법을 연약지반에 적용하였을 경우 발생하는 연약지반의 압밀촉진거동, 하중재하로 인한 말뚝의 팽창파괴에 대한 보강효과, 연약지반의 측방유동과 활동파괴에 대한 전단보강효과를 규명하기 위하여 실내모형압밀시험 및 실내토조실험, 그에 대한 수치해석을 실시한다. 또한, 본 공법의 국내 현장 시험시공 및 계측을 실시하여 시공성 및 현장 적용성을 평가한다. 최종적으로 이러한 일련의 결과들을 분석하여 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법의 최적설계기법과 시공 프로그램을 개발한다.

16	순환골재 품질기준 제정 및 인증제도 시행방안 연구
연구기간	2004년 ~ 2006년
총연구비	265,000 천원
연구목표	본 연구는 용도별 순환골재의 품질인증 제도시행을 위한 법적, 제도적 절차와 방안 및 용도별 품질기준 및 설계, 시공지침 등의 종합적 정비를 통해 순환골재 재활용 증가에 기여함을 목표로 1) 순환골재의 용도별 품질기준 및 설계 및 시공지침 제정, 2) 순환골재 품질인증제의 운영 및 관리체계 규정, 3) 인증된 순환골재에 대한 사후관리 방안 제정, 4) 인증기관 설립 및 운영에 따른 문제점 보완 등을 통하여 국내 순환골재에 대한 안정적 재활용 증대를 위한 방안마련을 최종목표로 한다.
연구내용	본 연구는 ‘순환골재의 품질인증’에 앞서 순환골재의 용도별 품질기준, 설계, 시공지침 등의 마련을 위한 연구이며, 이로 인한 최종적인 연구 성과물은 1) 순환골재의 품질기준 및 설계, 시공지침(안), 2) 순환골재의 용도별 품질인증기준(안), 3) 품질인증제를 위한 인증기관의 운영 및 관리규정(안)의 제시를 목적으로 하고 있다.

17	연약지반 개량을 위한 수직배수재 O형 PBD개발
연구기간	2007년 ~ 2008년
총연구비	84,000 천원
연구목표	- 개발목표 - O형 PBD 금형 및 싸이징 개발 - O형 PBD 드레인 성형기술 개발 - PBD 천공 기술 개발 :구멍 개수 350개/m - 부직포 씌움 장치 개발 : 초음파 열 융착법
연구내용	- 개발내용 및 범위 - O형 PBD 금형 설계 및 제작 - 진공흡착식 싸이징 설계 및 제작 - O형 PBD 드레인 성형 기술 : PE를 사용한 O형 PBD 드레인은 현재 개발된 제품이 없으며, 자사 개발기술은 진공 흡착식 성형 후 일반 성형 공법 적요 - PBD 원형 드레인 천공기술 개발 :rhks 외부에서 열을 간한 니들을 이용하여 천공하는 방법 개발 - 부직포 자동 씌움장치 개발 : 초음파를 이용 부직포 간 열 융착법으로 자동화 방법 개발

<표 3.27> 대상과제의 중복성 및 연계관계

대상 과제명	중복성	연계관계	중복성 검토결과
건설폐기물 재활용 기술 개발	거의없음	필요	재활용 골재 관련 기준 및 시방으로 본 연구에 기준 확립에 참고 가능
친환경 4S(Safety, Silent, aeSthetic, and user Satisfaction guaranteed) 포장시스템 개발 연구	없음	필요	기층용 콘크리트 조성물에 관한 것으로 기층의 재료확립에 참고할 수 있음
배수성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	없음	불필요	도로포장에 적합한 배수성포장 개질제의 사업화로 인하여 본 과제에 배수 시스템에 참고할 수 있으나 하중구조의 차이로 연관성이 지극히 낮음
배수성 및 내유동성 아스팔트포장을 위한 첨단 아스팔트 개질제 사업화	없음	불필요	도로의 적합한 배수성 포장 개질제 개발로 인하여 본 과제에 배수 시스템에 참고할 수 있으나 하중구조의 차이로 연관성이 지극히 낮음
친환경 지능형 도로 설계기술 개발	없음	불필요	지능형 도로시스템 구축이 주목적으로 본 과제와 연관이 없음.
인체피로 저감 및 효율적 우수활용을 위한 친환경 아스팔트 콘크리트 개발	없음	불필요	대상과제는 흡음에 관한 내용이 주목적으로 본 연구의 목적과 내용이 다름
도로침수 방지를 위한 배출시스템에 대한 연구	없음	필요	대상과제는 기존 도로배수시스템의 문제를 해결하기 위한 내용으로 본 과제에 맞는 배수시스템을 참고하여 사용이 가능
건설폐기물 중간처리과정중 콘크리트용 순환골재를 생산하는 기술개발	없음	필요	대상과제는 품질이 향상된 골재를 생산하는 것이 목적으로 기층과 보조기층에 사용할 순환골재를 결정하는데 참고할 수 있음
건설폐기물의 리사이클의 품질기준 및 촉진방안	거의없음	필요	- 건설폐기물 재생골재의 품질 향상을 위한 기술 및 재생제품의 다용도 개발과 품질 기준 및 가이드라인을 검토 - 공항포장에 사용할 골재를 결정하는데 참고가 가능함
폐콘크리트에서 콘크리트용 순환골재 및 순환잔골재와 도로공사용 순환골재의 연속 생산 system 개발 실증화 사업	없음	불필요	대상과제는 콘크리트 순환골재, 콘크리트용 순환잔골재와 도로용 순환골재를 동시에 생산하기 위한 것이 목표로 본 과제와 연관이 없음

석재 슬러지 산업폐기물을 이용한 잔골재 재활용 기술	-	-	연구내용의 자료 부족으로 비교 불가능
물성을 향상시킨 페타이어 포장재의 개발	없음	불필요	대상과제는 보도포장재에 대한 내용이고 표층에 관한 내용으로 본 과제와 연관이 없음
자연친화형 도로건설을 위한 친환경배수재 활용 연약지반개량기술 연구	없음	필요	- 국내환경을 고려한 연약지반개량공법의 설계시고 기술 확보하고 자연부식재료의 활용으로 하부지반공사의 안정성을 확보 - 연약지반에 설계시 참고가 가능
유해폐기물의 건설재활용 기술개발	없음	필요	대상과제는 유해폐기물의 건설재활용을 위한 단일 규격제정의 기초자료를 위한 연구로 본 과제에서 사용하기 위한 규격결정에 참고가 가능
순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발	없음	불필요	대상과제는 건설폐기물을 재활용하는 것이 주목적으로 연약지반개량공법의 재료로 적용하는 시스템 개발하는 것이 연구개발의 범위임
순환골재 품질기준 제정 및 인증제도 시행방안 연구	없음	필요	- 대상과제에서 순환골재의 용도별 골재 활용 가능성 판단자료를 확보 - 공항포장에 사용할 골재를 참고하여 비용 절약이 가능
연약지반 개량을 위한 수직배수재 O형 PBD개발	거의없음	필요	- 배수성능이 우수하고 타설 간격이 넓어도 가능하여 시공비 절감 - 넓은 타설 간격이 가능한 만큼 공항포장에 적용이 가능

라. 연구개발 주요내용

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

○ 1차년도

- ▷ 공항 콘크리트 포장 불연속면 간격의 역학적 산정
 - 국외 불연속면 간격 설계 및 시공 지침 검토
 - FAA, ICAO, PCA 등의 불연속면 간격 관련 설계 및 시공 지침 검토.
 - 공항 콘크리트 포장 불연속면 관련 해외 연구 및 기술 동향 조사.
 - 국내 불연속면 간격 설계기준과 시공현황 파악 및 문제점 분석
 - 국내 공항 불연속면 간격 설계기준 조사.
 - 국내 공항 불연속면 시공현황 파악 및 문제점 분석.
 - 공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중 정량화
 - 공항 등급별 항공기의 기어 배치 및 하중의 크기에 따른 분석.
 - FAA에서 제시한 다양한 항공기 하중에 대한 분석 정리.
 - 지역별 기상조건과 공항 등급별 포장재료 및 포장두께에 따른 환경하중 정량화
 - 대형 국제공항부터 소형 비행장에 이르는 공항 등급별 다양한 포장재료와 포장두께 조사
 - 기존 공항 위치를 포함한 권역별 기상조건을 고려한 공항등급별 환경하중 정량화
 - 경제성 및 공용성을 고려하여 콘크리트 포장에 적용된 다양한 다웰바 소재 및 사양에 대한 검토
 - 불연속면 하중전달 효율성을 역학적으로 분석하여 이상적인 하중전달 장치 제시

○ 2차년도

- ▷ 콘크리트 포장 유한요소해석 모형화 및 하중전달 장치에 대한 실내검증
- ▷ 공항 포장체의 3차원 유한요소해석 모형화 및 구조해석
 - 도로 콘크리트 포장 불연속면 간격의 역학적 산정방법 검토.
 - 국내 공항의 특성이 반영된 환경하중, 교통하중, 재료특성 및 하중전달장치 등의 공항포장 구조 특성을 반영하는 유한요소해석 모형 개발.

- ▷ 교통하중 및 환경하중을 고려한 다양한 경우에 대한 구조해석
 - 공항 등급별 항공기 종류에 따른 바퀴 수와 타이어 접지압 등의 적용 방법 조사.
 - 새롭게 국내에 도입되는 초대형 항공기 추가 적용.
 - 지역별로 정량화한 환경하중의 적용.
- ▷ 포장두께, 포장재료, 항공기 하중, 기상조건을 종합적으로 고려하는 역학적 불연속면 간격 연구
 - 공항의 용도와 규모 및 등급, 지역별 기상조건을 고려하여 불연속면 간격 산정.
 - 포장두께와 포장구조, 포장재료 등의 변수 고려.
- ▷ 구조해석 결과를 바탕으로 실내 실험을 통해서 개발된 하중전달 장치의 재료적, 구조적 안정성을 검토한 뒤 개선 방안 도출
- ▷ 다웰바·타이바 관련 시공법을 검토한 뒤 개선된 하중전달 장치에 대한 적절한 시공 방안 도출

○ 3차년도

- ▷ 공항 콘크리트 포장 불연속면 설계 지침 개발
 - 구조해석 결과에 따른 공항 등급별 지역별 최적 불연속면 설계
 - 다양한 포장두께, 포장재료, 기존 공항 위치를 포함한 권역별 기상조건, 공항 등급별 항공기의 기어 배치와 하중의 크기 등의 변수를 고려한 불연속면 구조해석 결과 분석 및 정리.
 - 1, 2차년도 연구결과를 바탕으로 현장 시험시공을 실시하여 공용성 계측 및 분석
 - 공항 등급별, 지역별 역학적 불연속면 간격 설계 방법 및 하중전달 장치 개발
 - 국내 공항 콘크리트 포장의 역학적 불연속면 설계 지침 개발

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

○ 1차년도

- ▷ 공항포장 기층 및 보조기층 재료 기준 연구
 - 기층 및 보조기층 재료기준 고찰
 - 공항포장의 기층 및 보조기층에 대한 재료기준 조사
 - 기층 재료 및 보조기층 입상재료의 공학적 특성 실험

- 대상 재료의 CBR 시험
- 대상 재료의 200번체 통과량 시험
- 표층과의 마찰 interface 실험
- 다공성 기층 및 보조기층 재료 기준 수립 방향제시
- 다공성 재료 물성 조사
- 공항여건에 적합한 다공성 기층/보조기층 재료 선정
- 다공성 기층/보조기층 재료 선정 적합성 평가
- 공항여건 적합한 배수시스템 고찰
- 공항포장 특성 분석
- 기존배수시스템의 적합성 여부 판단
- 기존배수시스템의 문제점에 대한 대안 설정

○ 2차년도

▷ 공항포장 배수 시스템 실내실험장치 개발

- 실내 배수시스템 평가 실험 장비 제작
 - 유거수량 측정이 가능한 모사 실험 장치 제작
 - 다공성 기층/보조기층 재료에 따른 배수성능 실험 장비 제작
 - 배수시설 설치 및 다공성 기층/보조기층 설치 가능성 및 포장 시스템과의 연계 가능성 조사
 - 실험을 통한 실내 배수시스템 평가 실험 장비 보완
 - 공항포장 기층 및 보조기층 재료 기준 연구
- 공항포장에 적합한 다공성/재활용 혼합물의 적정 배합비 산정
 - 최적 배합 방법에 대한 연구
 - 배합비율에 따른 기층/보조기층 특성 분석
 - 층의 지지력
 - 층의 투수성
 - 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계
- 산출수량에 대한 기준 제시
 - 수로 단면 기준안 제시
 - 배수시설물 종류 및 배수시설물 수량 제시
- 배수시설물 개발
 - 공항부지의 하중을 견딜 수 있는 배수시설물 조사
 - 넓은 공항부지에 적합한 침식에 강한 배수시설물 조사

○ 3차년도

▷ 현장시공 및 문제점 보완

■ 현장시공

- 실제 공항포장에 현장실험 진행
 - 현장 함수비 측정 위한 함수 측정기 설치
 - 현장 온도 측정을 위한 온도계 설치
 - 강수량에 따른 배수성능 파악
 - 노상의 함수비 파악
 - 온도에 따른 포장하부 손상 파악
- 현장시공 결과를 통한 문제점 제시 및 보완

마. 연구개발과제 TRM

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

기술개발활동	년											
	1차년도			2차년도			3차년도					
분기	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
3-1. 공항포장 불연속면 시스템 설계												
· 공항 콘크리트 포장 교통하중 정량화 및 하중전달 장치 개발												
- 국외 불연속면 간격 설계 및 시공 지침 검토												
- 국내 설계기준과 시공현황 파악 및 문제점 분석												
- 국내 하중전달장치 현황파악 및 문제점 분석												
- 지역별 기상조건과 공항 등급별 포장재료 및 포장두께에 따른 환경하중 정량화												
- 공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중 정량화 및 효율적인 하중전달 장치 개발												
· 3차원 유한요소해석 모형화 및 하중 전달장치에 대한 실내검증												
- 개발된 하중전달 장치의 3차원 유한요소해석 모형화												
- 공항 콘크리트 포장체의 3차원 유한요소해석 모형화와 항공기 하중 산정 및 환경하중의 합리적인 적용												
- 공항 등급별 교통하중 및 지역별 환경하중을 고려한 다양한 경우에 대한 구조해석 및 공항분류 특성 에 따른 불연속면 간격 연구												
- 개발된 하중전달 장치의 재료적, 구조적 안정성 검토												
· 현장 시험시공 및 불연속면 설계방안 제시												
- 현장 시험시공 실시 및 공용성 계측, 분석												
- 구조해석 결과에 따른 공항 등급별 지역별 최적 불연속면 설계												
- 국내 공항포장의 역학적 불연속면 설계 지침 마련												

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

기술개발활동		1차년도				2차년도				3차년도			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1-3. 다공성 및 재활용 기층재료를 이용한 공항포장 배수성능 개선 연구													
· 공항포장 기층 및 보조기층 재료 기준 연구													
- 기층 및 보조기층 재료기준 수립 방향제시													
- 다공성 기층 및 보조기층 재료 고찰													
- 공항포장에 적합한 다공성 혼합물의 적정 배합비 산정													
· 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계													
- 공항여건에 적합한 배수시스템 고찰													
- 산출수량에 대한 기준 제시													
- 배수시설물 개선 및 제안													
· 실내 배수시스템 평가 실험기기 개발													
- 유거수량 측정이 가능한 모사 시험 장치 제작													
- 기층/보조기층 재료에 따른 배수성능 실험 장비 제작													
- 현장 적용 가능성 조사													
- 실험을 통한 실내 배수시스템 평가 및 실험 장비 보완													
· 현장 시험 시공													
- 현장실험 측정장비 설치													
- 강수량에 따른 배수성능 파악													
- 노상의 함수비 파악													
- 온도에 따른 포장하부 손상 파악													
- 현장시공 결과를 통한 문제점 보완													
- 기층과 연계된 배수시스템의 기준 및 지침 정립													

바. 최종성과물 및 성과지표

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

○ 최종성과물

단계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중 정량화 및 이상적인 하중전달 장치 개발						
	지역별 환경하중 정량화 및 개선된 하중전달 장치의 재료적, 구조적 안정성 검토						
2	공항 콘크리트 포장체 및 하중전달 장치의 3차원 유한요소해석 모형화						
	정량화된 환경하중과 등급별 공항 항공기 교통하중이 적용된 유한요소해석 모형						
3	시험시공을 통한 현장 적용성 평가						
	국내 공항포장의 역학적 불연속면 설계 지침 제시						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)	1	1	1	3
	학술회의 발표 논문건수	1	1	1	3
	SCI급 학술지 게재 논문건수			1	1
지식재산권	특허출원 건수		1		1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수				
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련			1	1

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

○ 최종성과물

단계	단계별 성과물	추진일정 (월)					
		6	12	18	24	30	36
1	공항포장의 기층 및 보조기층 재료기준 수립 방향제시						
	공항포장의 배수시스템 고찰						
2	공항포장 배수 시스템 실내실험 장비 개발	a			L		
	다공성 기층/보조기층 재료의 선정 및 기준 확립						
	공항포장의 배수시스템 개발						
3	현장시공						
	결과를 통한 문제점 보완대책 및 최종 배수시스템 수립						

○ 성과지표

성과지표		연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	합계
논문	학술지 게재 논문건수 (국내)	1	1	1	3
	학술회의 발표 논문건수	1	2	2	5
	SCI급 학술지 게재 논문건수		1	2	3
지식재산권	특허출원 건수			1	1
	소프트웨어 등록건수				
현장적용성	현장시험시공건수			1	1
하드웨어	하드웨어 개발건수				
문서/도면	지침서/설계서 관련			1	1

사. 성과물 검증방안

3-1세세부. 공항포장 불연속면 시스템 설계

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중의 정량화 - 지역별 기상조건과 공항 등급별 포장재료 및 포장두께에 따른 환경하중 정량화	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항 콘크리트 포장체의 3차원 유한요소해석 모형 - 정량화된 지역별 환경하중과 등급별 공항 항공기 축하중이 적용된 모형	학술지 게재 논문건수 (국내)	국내 학술지 논문게재건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
- 기존 공항 콘크리트 포장에 사용된 하중전달장치의 구조적, 재료적 개선 방안	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
- 개선된 하중전달 장치에 대한 적절한 시공 방안	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항포장의 역학적 불연속면 간격 설계 방법 및 하중전달장 치 개발 지침 마련	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국 내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논 문건수	학술회의 (학회)에 참 가해 발표한 건수	연구 성과 공유 및 국 내외 관련 후속 기술개 발 촉진
	SCI급 학술지 제 출 논문건수	SCI급 학술지 논문제 출 건수 제시	세계적인 연구 성과 창 출 및 국내 연구 성과 의 공유
	지침서/설계서 관 련	지침 및 설계 관련 설 명서	개발된 핵심기술을 평 가할 수 있는 척도

3-2세세부. 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발

○ 1차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항포장의 기층 및 보조기층 재료기준 확립 - 공항포장의 배수시스 템 개발	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국 내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논 문건수	학술회의 (학회)에 참 가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국 내외 관련 후속 기술개 발 촉진
	SCI급 학술지 게 재 논문건수	SCI급 학술지 논문게 재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창 출 및 국내 연구 성과 의 공유

○ 2차년도

성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 공항포장 배수 시스템 실내실험 장비 개발 - 다공성 기층/보조기층 재료의 선정 및 기준 확립	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수 제시	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호

○ 3차년도

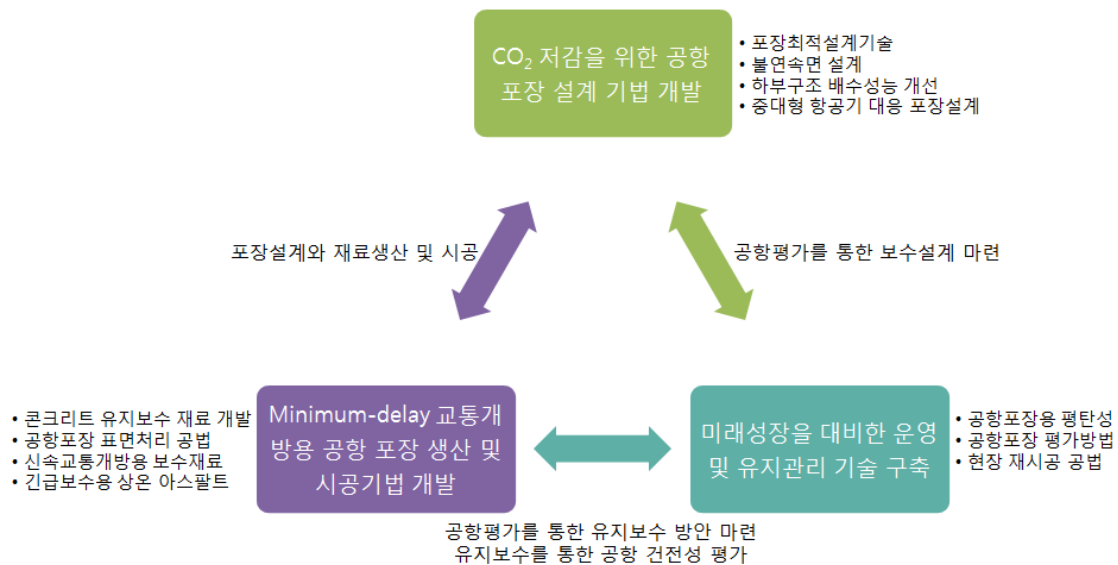
성과물	성과지표	검증방안	선정사유
- 현장시공 - 결과를 통한 문제점 보완대책	학술지 게재 논문 건수 (국내)	국내 학술지 논문게재 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내 관련 후속 기술개발 촉진
	학술회의 발표 논문건수	학술회의 (학회)에 참가해 발표한 건수 제시	연구 성과 공유 및 국내외 관련 후속 기술개발 촉진
	SCI급 학술지 게재 논문건수	SCI급 학술지 논문게재 건수 제시	세계적인 연구 성과 창출 및 국내 연구 성과의 공유
	특허출원 건수	해당 과제를 통해 산출된 특허출원 건수 제시	실용성 중심의 연구결과 도출 및 연구 성과의 보호
	현장시험시공건수	현장적용 실적 건수 제시	연구결과의 실용성 및 효용성을 평가할 수 있는 척도
	지침서/설계서 관련	지침 및 설계 관련 설명서 제시	개발된 핵심기술을 평가할 수 있는 척도

아. 기술수요처 및 실용화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발	3-1 세세부 과제 공항포장 불연속면 시스템 설계	공항 등급별 이용 항공기 종류에 따른 교통하중의 정량화 지역별 기상조건과 공항 등급별 포장재료 및 포장두께에 따른 환경하중의 정량화	- 제91항공기술전대 - 인천국제공항공사 - 한국공항공사 - 국외 공항운영사 - 공항포장 설계업체	- 관·산·학·연의 유기적인 작용 필요. ▶ 정부는 공항포장의 개발 및 관리의 역할. ▶ 연구소 및 대학/학회는 기술수준을 끌어 올리는 데 기여. ▶ 공사/공단 및 산업체는 장비 및 다수의 연구인력과 경험을 제공. - 기존 국내 설계 매뉴얼에 역학적 산정방법의 추가적용을 통한 연계.
		정량화된 지역별 환경하중과 공항 등급별 실제 항공기 축하중이 적용된 공항 콘크리트 포장 유한요소해석 모형	- 공항 콘크리트포장 설계 - 연구개발 분야	
		공항 등급별 및 지역별 역학적 불연속면 간격 설계 방법 및 하중전달 장치의 개발	- 제91항공기술전대 - 인천국제공항공사 - 한국공항공사 - 국외 공항운영사 - 공항포장 설계 업체	
	3-2 세세부 과제 공항포장 배수 성능 개선 및 설계기준 개발 연구	공항포장 기층 및 보조 기층 재료기준 정립 배수기능을 향상시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계	- 국토해양부등 공항포장 관련 - 항공공항공사 - 공항포장관련 - 중차량 비율이 높거나 교통량이 많은 간선도로 이상의 도로구간	- 공항포장 관련 시방서 출간 - 건설 신기술 출원 - 현장 시험 시공을 통한 현장 적용

5절. 세부과제간 연계관계

- 본 연구에서 도출된 세부과제간 연계관계는 <그림 3.9>과 같음
 - ▷ 공항포장에 있어 중요구성은 설계, 생산 및 시공, 운영 및 유지관리로 나눌 수 있음.
 - ▷ “Minimum-delay 교통개방용 공항 포장 생산 및 시공기법 개발” 유지보수 재료의 생산 및 시공에 관한 기술을 담당함
 - ▷ “미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축”에서는 포장유지관리와 향후 공항포장에 필요한 요소기술 개발을 담당함.
 - ▷ “CO₂ 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발”에서는 공항포장과 관련된 재료 및 설계를 담당함



<그림 3.9> 추진과제 간 연계관계

6절. 연구추진체계 제안

- 세부과제는 주관기관이 단독으로, 또는 주관연구기관과 공동연구기관이 공동으로 수행함. 주관연구기관과 공동연구기관은 필요에 따라 협력연구기관 및 위탁연구기관을 선정하여 세부과제의 일부 연구개발을 추진할 수 있음.
- <표 3.28>은 연구개발 추진체계의 예를 제시하였으며 필요에 따라 일부 통합 또는 세분화 할 수 있다.

<표3.28> 연구개발 추진체계

연구단	세부과제	공동과제
저탄소 녹색공항공항 포장 시공 및 유지 관리 기법 개발 연구단 목표 : 사용수명 증가 및 기능향상을 위한 공항공항 포장 개발	Minimum-delay 교통개방용 공항공항 포장 생산 및 시공 기법 개발 세부과제 목표 : 신속 교통개방을 위한 유지보수 기술 개발	공항공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발 친환경 공항공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술 Minimum-delay 교통개방용 공항공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발 탄소배출 저감형 최적배합 공항공항포장시스템 개발
	미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축 세부과제 목표 : 공항공항포장 운영 및 유지관리 기술 개발	공항공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발 지속가능한 녹색 공항공항포장 재시공 공법 개발 연구 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발
	CO2 저감을 위한 공항공항 포장 설계 기법 개발 세부과제 목표 : CO2 저감을 위한 공항공항포장 설계 기법 개선	지속가능한 녹색 공항공항포장 재시공 공법 개발 연구 공항공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발 연구

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

○ 상위계획과의 부합성

- ▶ 본 연구는 CO₂ 저감용 최적콘크리트 포장을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, 이에 따라 저탄소 녹색성장 정책에 맞게 탄소 배출량을 줄일 수 있음.
- ▶ 또한, 기존 공항 콘크리트 포장에서 발생하고 있는 ASR 파손, 강도 및 내구성의 문제점 등을 시멘트량을 줄이고, 최적배합개념을 도입하여 보다 좋은 콘크리트 포장을 개발.

○ 국가 전략적 중요성

- ▶ 정부의 저탄소 녹색성장 정책과 이에따른 온실가스 배출량을 2020년에 기준전망(BAU:Business As Usual) 대비 30% 탄소 배출량 감축 목표를 세우고 있으며 이를 달성하기 위한 범정부적 탄소 배출량 저감 기술의 개발 필요성이 대두.



<그림 4.1> 녹색성장의 개념

- ▶ 온실가스 저감을 위해서는 환경 친화적인 포장 재료 및 공법 개발을 수행해야 하며 시공 후 유지보수 횟수의 감소도 필요성을 대두되고 있음
- ▶ 국토해양부는 저탄소 녹색성장과 기후변화대응을 위하여 국토해양부 녹색성장 추진계획을 수립하였으며, 교통분야는 2020년까지 교통 온실가스 배출량(BAU)의 33%~37% 감축하는 계획을 추진하고자함에 따라 전략을 건설공사의 친환경 경성 제고 및 건설폐기물 관리 및 발생억제를 위한 효율적인 방안에 대한 제시

가 가능함.

- ▷ 정부에서 수립한 제4차 자원재활용기본계획('08~'12) 및 순환골재의무사용건설공사의 순환골재사용용도 및 의무사용량 등에 관한 고시(2009)를 토대로 '12년까지는 33%의 재활용 목표와 15%까지 일정규모 이상의 도로공사의 경우 보조기층까지 사용이 의무로서 부과된 목표를 공공시설 공사에 선도적으로 적용함.
- ▷ 3차로 기준 일방향 1km 시공시(일방향 폭 11.3m, 하부층 250mm인 경우) 순환골재(또는 산업부산물) 25%을 하부층에 사용하는 경우, 시멘트량의 감소만 감안하여 206-295톤의 CO2 발생량 감소함. 기타 공사현장의 저급골재를 사용하는 경우를 포함하면 기하급수적으로 증가함.(양성철, 2010)

○ 사업추진의지와 관련기관 협조체계

- ▷ 공항포장 노후화 및 향후 증가하는 유지보수 물량과 관련하여 공항관련 기관(한국공항공사, 인천국제공항공사, 공군 등)에서는 공항관련 R&D에 지속적인 관심과 참여를 희망하고 있음.
- ▷ 현재, 국내공항 전체 활주로의 50% 이상은 5~10년 이내에 재포장이 불가피할 것으로 예상되며 유지보수 비용이 지속적으로 증가되는 추세에 있으므로 본 사업의 주관사에 포함되는 한국공항공사에서도 사회적 비용 편익의 증가에 따른 콘크리트 포장의 Sustainability가 증진될 것으로 기대되는 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발에 대한 의지가 있으며 본 세부과제에 참여하는 민간기업체에서는 현재 공항포장 관련 다수의 과제를 수행하고 있음.
- ▷ 공군비행장의 활주로뿐만 아니라 해군비행장과 민간 공항의 활주로의 재포장공사시 기술적용이 가능하며, 또한 해외공항의 활주로 재포장 사업에 적용할 경우 해외시장에 대한 경쟁력 확보가 가능하여 국방부와 공항공사, 또는 해외시장에 진출하고자 하는 민간기업과의 협조체계 운영이 가능함.

○ 사업추진상의 위협요인과 대응방안

- ▷ 공항포장 연구개발 기술의 필요성은 많으나 시장 규모가 작아 적용하는데 어려움이 있음. 이를 해결하기 위하여 공항관련기관의 참여와 해외시장 개척에 중점을 둬.
- ▷ 양질의 천연골재를 손쉽게 사용할 수 있는 경우에 법제화가 의무적으로 되어있지 않는 한 재생골재의 사용을 꺼리고 있어 이를 해결하기 위해서는 국가 전략적 차원에서의 지원이 필요함.
- ▷ 기존 포장체의 재활용 기술개발사업의 성과는 현재까지는 실험실 수준의 연구 성과에 머물렀지만, 이를 실용화하기 위해서는 현장 시험시공을 통해 실제 적

용 가능한 기술을 개발하고자 함.

- ▷ 국내의 활주로 재포장 관련 시장이 협소하여 관련 기술개발시 투입대비 효율성에 문제가 발생함. 이를 극복하기 위해서는 동남아 지역 및 해외 도서지역의 활주로 재포장 시장에 적용 가능한 기술을 개발하여야 함. 실제 현장 적용성에 문제가 되지 않도록 범용성을 극대화한 기술개발이 필요하며 이를 위해서는 국가 전략적 차원에서의 지원이 필요함.

2절. 기술적 타당성

○ 기존 연구와의 중복성 검토

- ▷ 세세부 과제별로 중복성 검토를 실시하였음.

○ 사업계획의 완성도

- ▷ 각 세부별로 중점 추진분야를 설정하였고, 세세부 과제별로 연구목표와 주요내용을 제시하였음.
- ▷ 세세부 과제별 연구내용에서 년차별 연구계획에서 세부적으로 주요연구내용을 제시하였음.

○ 과학기술적 파급효과

- ▷ 공항포장관련 기술 중에서 유지보수 관련 기술의 경우 향후 공항포장 노후화에 따른 유지보수 수요가 증가할 것으로 판단되며, 현재까지 유지보수에 대한 마땅한 기술이 없는 상황에서 연구개발이 성공적으로 완료할 경우 기술에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상됨.
- ▷ 기존 공항 콘크리트 포장의 경우 노후화에 따른 잦은 유지보수가 필요한 실정임. 따라서 공항포장의 새로운 기술이 개발 될 경우 강도 및 내구성 측면이 개선되어 유지보수 비용이 절감 됨. 이 기술을 국내공항뿐만 아니라 국외에도 전파가능.
- ▷ 또한, CO2 저감 콘크리트를 개발하게 된다면 탄소배출량이 줄어들어 환경적인 측면도 고려할 수 있음.
- ▷ 현재까지 국내·외적으로 불연속면 간격의 역학적 설계가 실시되지 않고 있는 실정이며, 연구개발이 성공적으로 완료될 경우 공항 콘크리트 포장 설계 및 시공 분야에서 기술적 우위를 선점할 수 있음.
- ▷ 불연속면 간격에 대한 연구 수행을 통해 공항 포장에 대해 추가적인 연구를 수행할 수 능력을 갖춘 전문인력 양성.
- ▷ 불연속면 간격 설계와 합리적인 하중전달장치의 모형과 수치해석 방법을 국제사회에 처음으로 제안하여 공항 시설물 설계 기술의 선진화의 기회가 될 수 있음.
- ▷ 승기감이나 안전성과 같은 지표가 향후 공항설계에 영향을 크게 미칠것으로 판단되므로 기층 및 보조기층과 배수시스템의 연계로 의한 공항포장의 파손 저감 기술은 점차 늘어날 것으로 전망됨.

- ▷ 노후화된 공항포장에서 추진하는 현장 재생 골재 생산 조합 체계 개발은 최근에 주목받기 시작한 분야로써 관련 장비와 기술에 대한 연구성과를 통해 기타 도로 및 교량 등은 물론 향후 노후화된 재생도시 등 대단위 택지개발 사업에서의 현장 재활용에 직접적으로 적용할 수 있는 기술로서 공사와 관련된 에너지의 소비를 줄이고 자원이용의 효율성을 높이는 등 국가의 과학기술적 파급효과가 클 것으로 판단됨.
- ▷ 본 연구의 수행을 통해 개발될 RCC 순환골재 배합을 기층 이상에 적용하면서 상부층은 복층포설공법은 다기능성이 요구되는 도로 및 항만포장 등에도 사용될 것으로 기대됨.
- ▷ 공항 요철 조사 시스템은 공항에 국한된 기술이 아니라 도로 평탄성 측정, 광장부 평탄도 측정등 토목 및 건축분야에도 응용·적용될 수 있는 기술임.

○ 기술적 성공 가능성

- ▷ 이번 기획연구에서는 기술의 시급성과 연구개발의 성공 가능성을 우선적으로 고려했으며 본 연구를 통해 다양한 공항포장에서 필요로 하는 기술들이 도출할 것으로 판단.
- ▷ 본 연구에서는 현재 공항 콘크리트 포장의 실정을 파악하여 연구개발의 필요성을 고려했으며, 연구를 통해 기존 공항 콘크리트 포장에 비해 더 우수한 기술이 개발 될 것으로 판단.
- ▷ 현재 도로 콘크리트 포장의 불연속면 설계에 대한 연구가 진행중이며, 이를 공항포장에 수정 적용하여 조속히 성과를 얻을 수 있을 것이라 판단.
- ▷ 미국의 FAA에서는 이미 기층 및 보조기층 뿐 아니라 공항건설에 대한 설계법이 제시되어 적용되고 있기 때문에 우리나라의 특성 및 공항의 특징을 나타내는 자료 및 연구가 명확히 이루어진다면 성공 가능성이 있는 것으로 판단됨.
- ▷ 정부의 자원재활용 계획이나 순환골재 의무사용량 등에 관한 정책적 지원에 힘입어 본 연구에서 추진하는 기존 포장체의 현장 재활용 및 재시공의 기술적 성공이 어느 때보다 높을 것으로 판단함.
- ▷ 노후화된 기존 포장체의 현장 재활용은 북미와 유럽을 중심으로 성공적인 시험 적용이 이루어지고 있음. 특히 LA 국제공항 등 미국 내 주요 공항에서 활주로나 공항부지 내 포장의 재시공 시 기존포장을 현장에서 재활용한 최근의 경험 등을 감안할 때, 국내에서도 관련 장비 및 기술의 검증을 통해 현장 재활용 기법의 개발과 적용이 충분히 가능한 것으로 판단됨.
- ▷ 국내 관련 분야 사업규모는 작지만, 관련 전문 기업 및 대한민국 핵심 성장 동력인 IT분야 기술의 융합적용이 용이한 환경적 특성을 고려 할 때 본 연구의

목표기술의 개발 가능성은 매우 높다고 판단됨.

3절. 경제적 타당성

○ 경제성

- ▷ 포틀랜드 시멘트를 100% 대체한 알칼리 활성 시멘트 콘크리트의 적용으로 탄소배출량 저감
- ▷ 기존 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 단점을 보완하여 공항 콘크리트 포장의 수명 연장을 통한 예산절감효과
- ▷ 기존 공항 콘크리트 포장의 강도 및 내구성 등의 문제점을 탄소배출을 최소화하기 위해 시멘트량을 줄이고, 최적배합을 통해 강도 및 내구성 측면을 개선하므로 유지보수비용을 줄일 수 있음.
- ▷ 불연속면 간격의 역학적 산정 방법이 개발되면, 적정 간격 산정에 따른 시공비 절감 및 유지보수 비용 절감, 포장 파손 감소로 인한 효율적 공항 운영 등에 따른 경제성 확보.
- ▷ 아시아 및 중동권에 신설계획중인 많은 공항의 포장에 적용하여 설계 및 시공 수행에 따른 경제성 확보.
- ▷ 알칼리 활성 시멘트 콘크리트는 포틀랜드 시멘트 대신 플라이애시 또는 슬래그 등의 포졸란 재료를 사용하기 때문에, 자원 재활용 측면에서 상당한 경제적 효과가 있을 것으로 예상됨
- ▷ 공항포장의 아스팔트 덧씌우기 및 신설 포장의 수명 연장으로 인한 예산 절감 효과
- ▷ 미래기술로서 요구되는 다기능성 및 고내구성과 사회적인 요구사항을 만족하면서도 값싼 친환경 재료를 하부층으로 활용하여 경제성 확보
- ▷ 인천국제공항의 하루 평균 615대의 항공기가 운항이 되고 있으며, 이착륙 시 많은 압력을 공항부지에 가하게 되며 이를 통해 신재생에너지로 발전시킬 시 경제성을 확보할 수 있다고 판단됨.
- ▷ 2006년 에너지관리공단에서 조사한 국내에너지 다소비기관의 압도적인 1위가 인천국제공항청사임을 고려할 때 공항에서 상당량의 에너지 소비가 이루어지는 것을 파악할 수 있음. 따라서 신재생에너지의 활용을 통한 총 에너지 소비의 감소를 통해 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.
- ▷ 노후화된 기존의 포장체를 해체한 후 기존의 포장공법으로선 외부로 반출되어 현장에 적용될 수 있는 배합으로 재생후에 재반입되는 경제적, 시간적인 손실의 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 현장재생을 이용한 롤러전압 콘크리트(RCC) 및 다기능성 복층 포설공법을 사용하여 초기비용절감 및 다기능성 도로

포장의 장수명화로 생애주기비용 절감

- ▷ 활주로 재포장시 기존 포장체의 파쇄 및 이를 활용하기 위한 운반,또한 운반시 소요되는 CO2의 배출량과 인근 활주로 운영에 대한 영향, 공사기간의 단축 등을 고려하면 활주로 계획고가 상승하여 발생하는 토공사비와 비교시 직접 공사비뿐만 아니라 사회적 비용 등을 고려할 경우 경제성이 있다고 판단됨.
- ▷ 약 9,000feet(2,743m)의 활주로 재포장시 기존 활주로를 원지반으로 활용하여 활주로 계획고를 76cm 상향시킬 경우의 공사비를 비교해 보면, 활주로 계획고 상향에 따른 추가 토공사비보다 기존 활주로 포장체의 파쇄 및 재활용 골재 생산지까지 소요되는 운반비 등 절감되는 비용이 약 20억원 정도에 이름.
- ▷ 상기의 공사비는 직접공사비로 친환경적인 측면과 공기단축 등의 부가적인 측면을 고려할 경우 그 경제성은 상당하다고 판단됨.
- ▷ 효율적인 공항 요철 조사 시스템은 기존 측정방식의 애로점을 대부분 해결해주는 기술적 특성상 국내 뿐 아니라 국외 공항을 운영하는 기관에서도 많은 수요가 예상됨으로 충분한 경제성이 확보된다고 판단됨.

○ 산업파급효과

- ▷ 기존 공항 콘크리트 포장의 노후화로 인해 강도 및 내구성이 저하되고 잦은 유지보수로 인해 비용이 증가하는 것을 개선하는 것임. 따라서 본 연구결과를 통해 국내공항포장에 적용 가능 할 뿐만 아니라, 고속도로 콘크리트 포장 및 국외 공항에도 적용가능. 또한 CO2 저감 최적콘크리트를 개발하여 탄소배출량을 절감하므로 온실효과를 줄일 수 있고, 환경적인 측면에서 유리 할 것임.
- ▷ 공항포장 기층 및 보조기층 재료기준 연구의 경우, 공항특성에 맞는 단일한 설계와 재료기준을 이용함으로써 합리적인 공항포장의 시공이 가능하며, 국내의 환경특성을 고려하여 동결융해현상에 의한 조기파손의 예방으로 예산 절감 파급효과가 클 것으로 기대됨.
- ▷ 배수기능을 향상 시킬 수 있는 공항포장 배수시스템 설계 의 경우, 포장하부로 침투하는 물을 신속히 배수시킴으로서 포장의 구조적 성능 유지를 해 공용수명을 만족시키는 효과가 클 것으로 판단됨.
- ▷ 공항/도로포장에 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 제조 기술 확보 및 선점을 통해 국가기술력 향상
- ▷ 연구개발에 따라 아스팔트 혼합물의 생산 온도의 저감에 따른 화석 연료 사용억제를 통해 CO2 발생량의 감소로 국가 환경 비용 절감이 예상되며, 대기 오염 가스의 발생 억제로 관련 근로자의 재해 사고 억제로 국가 경쟁력 향상이 가능함. 또한, 동남아의 친환경 도로 건설 및 공항 포장의 유지보수 사업에 대

한 참여로 새로운 건설 수출 시장의 확대도 예상된다.

- ▷ 노후화된 기존 공항 콘크리트 포장의 현장 재활용 기법, 특히 골재의 현장 재 생산 및 재활용을 위한 장비 및 공정관리기법은 공항 포장의 재시공뿐만 아니라 도로나 교량 또는 건축구조물 등에도 활용할 수 있는 확장성을 가지므로 다양한 분야의 건설 산업에서 녹색 재시공 공법을 적용할 수 있는 파급효과가 예상된다.
- ▷ 공항과 유사한 도로나 교량과 같은 토목 산업의 경우에도 평탄성은 기본목적 중 하나이므로 건설 및 유지관리 분야에 많은 영향을 미칠 것으로 판단됨.

○ 고용효과

- ▷ 본 연구를 통해 기존 공항포장 대신 연구결과로 이루어진 포장으로 시공을 해야 하기 때문에 고용적인 측면에서 일자리가 늘어날 것임.
- ▷ 본 연구과제는 사회 간접자본의 효율적 관리를 통해 사회 전반의 효율성을 향상시키는 근간이 되는 연구과제로서, 특정분야에 영향을 미치기 보다는 사회 전반적인 효율성을 높이는데 기여하는 연구라 할 수 있음.

○ 사업특수성 평가항목

- ▷ 콘크리트 포장의 최적배합에 관한 연구는 있으나, 아직 공항 콘크리트 포장에 적용한바 없기 때문에 본 연구를 통해 공항 콘크리트 포장을 개선할 수 있음.
- ▷ ASR 파손에 관한 연구를 하였으나, 도로 및 공항포장에서 ASR 파손을 줄여 유지보수비용을 절감하려는 연구가 없기 때문에 본 연구를 통해 강도 및 내구성을 증가시키는 콘크리트 포장 연구를 하고 유지보수비용을 줄이려 함.

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

<표5.1> 인력투입계획(총괄)

세부과제	1차년	2차년	3차년	계
연구단 총계	67	67	61	195
1세부 : Minimum-delay 교통개방용 공항포장 생산 및 시공 기법 개발	33	33	26	92
1-1 세세부 : 공항포장의 Rubber Deposit를 저감시키는 아스팔트 포장 공법 및 보수 기술 개발	8	8	8	24
1-2 세세부 : 친환경 공항포장용 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 개발 및 적용기술	8	8	8	24
1-3 세세부 : Minimum-delay 교통개방용 공항포장 (긴급)유지보수 공법 개발	10	10	10	30
1-4 세세부 : 탄소배출 저감형 최적배합 공항포장시스템 개발	7	7		14
2세부 : 미래성장을 대비한 운영 및 유지관리 기술 구축	20	20	21	61
2-1 세세부 : 공항포장 상태지수 및 보수보강 결정기준 개발	4	4	5	13
2-2 세세부 : 지속가능한 녹색 공항포장 재시공 공법 개발 연구	11	11	11	33
2-3 세세부 : 항공기 특성을 고려한 첨단 고속 요철 조사 시스템 개발	5	5	5	15
3세부 : CO2 저감을 위한 공항 포장 설계 기법 개발	14	14	14	42
3-1 세세부 : 공항포장 불연속면 시스템 설계	7	7	7	21
3-2 세세부 : 공항포장 배수성능 개선 및 설계기준 개발	7	7	7	21

2절. 소요예산 산정

1. 산정개요

- 최소 연구단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정

2. 저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법 개발 연구단 소요예산

(단위: 백만원)

과제명	1차년도		2차년도		3차년도		합계		총합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
연구단 총괄	2,070	380	2,020	390	1,510	340	5,600	1,110	6,710
1세부 과제	1,070	200	1,000	200	580	150	2,650	550	3,200
1-1 세세부	190	50	220	50	190	50	600	150	750
1-2 세세부	280	50	280	50	190	50	750	150	900
1-3 세세부	230	50	220	60	200	50	650	160	810
1-4 세세부	370	50	280	40	-	-	650	90	740
2세부 과제	600	110	670	110	580	110	1,850	330	2,180
2-1 세세부	160	40	150	30	140	30	450	100	550
2-2 세세부	240	20	320	30	240	30	800	80	880
2-3 세세부	200	50	200	50	200	50	600	150	750
3세부 과제	400	70	350	80	350	80	1,100	230	1,330
3-1 세세부	200	20	200	30	200	30	600	80	680
3-2 세세부	200	50	150	50	150	50	500	150	650

6장. 참고문헌

1절. 2세부

1. 1-1 세세부

1. 공군뉴스레터, 활주로에서 활약하는 차들, 2006년 1월
2. 중앙일보, 활주소에 녹아 붙은 타이어 “1년에 42t”, 2006년 4월
3. Federal Aviation Administration, “Advisory Circular”, 1997년
4. 천성한, 임진선, 박주영, 정진훈, 고무 퇴적물에 의한 공항 활주로 표면 마찰계수 변화, 한국도로학회, 2010
5. 아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공 기술 개발, 한국건설기술평가원, 2002
6. 환경 친화적인 배수성 아스팔트포장을 위한 고점도 침단 개질제 개발, 한국건설기술평가원, 인천대학교, 2006
7. 출원번호 10-2007-0099578, 용융 속도가 향상된 아스팔트 개질제 조성물 및 이를 이용한 개질 아스팔트
8. Kennedy, T. W. and Virgil Ping, W.(1991), “An Evaluation of Effectiveness of Antistripping Additives in Protecting Asphalt Mixture from Moisture Damage”, AAPT Vol. 60
9. Coplantz, J. S. and D. E. Newcomb, “Water Sensitivity Test Methods for Asphalt Concrete Mixtures : A Laboratory Comparison”, In Transportation research Record 1171, TRB, National Research Council, Washington, D.C. p.44-50, 1988
10. Schmidt, J. and P. E. Graf, “The Effect of Water on the Resilient Modulus of Asphalt Treated Mixed”, Proceedings of the Association of Asphalt Paving, 1972
11. T. Suzuki, T.Hirato, T.Kiya, T.Takahashi, M.Watanabe, K.Uesaka, “일본에서의 폴리머 개질 아스팔트의 개발과 연구”, JMAA Technical Committee, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 2011

2. 1-2 세세부

1. 안지환, 조진상, 김형석, 한기석, 김 환 (2009), “알칼리 자극제에 의한 고로수쇄슬래그의 활성화 특성”, 한국세라믹학회 논문집, Vol.40, No.10, pp.1005~1014
2. 조병환, 구자갑, 박승국 (2005), “알칼리 활성화에 의한 Fly ash와 Bottom ash의 경화 특성”, 대한토목학회 논문집, 제25권 제2A호, pp.289~294
3. 안양진, 문경주, 소승영, 소양섭 (2006), “규산나트륨(Sodium Silicate)을 자극제로 사

- 용한 알칼리 활성화 슬래그 경화체의 특성”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제26권 제1호(통권 제50집)
4. 송진규, 이강석, 양근혁, 한선애 (2008), “규산나트륨을 알칼리 자극제로 사용한 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트의 강도 특성”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제28권 제1호(통권 제 52집), pp563~566
 5. 양근혁, 심재일 (2008), “석고가 첨가된 슬래그 기반 알칼리 활성화 모르타의 압축강도 및 건조수축 변형률”, 한국건축시공학회 논문집, 제8권 제1호(통권27호), pp 57~62
 6. 권기홍, 지남용, 윤상천(2007), “알칼리 활성화 슬래그(AAS) 경화체의 콘크리트 2차 제품 활용에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집, 제23권 제1호(통권219호), pp121~128
 7. 한국콘크리트 학회 (2011), “콘크리트와 환경 - 저탄소 녹색성장과 콘크리트의 환경 영향”
 8. Caijun Shi, Pavel V. Krivenko, Della Roy (2006), "Alkali-Activated Cements and Concretes"
 9. Joseph Davidovits (2008), "Geopolymer Chemistry and Applications" 2nd edition

3. 1-3 세세부

1. Air Force PAMPHLET (AFPAM) 10-219, Volume 4, Rapid Runway Repair Operation. May 2008. Web page: <http://www.e-publishing.af.mil/shared/media/epubs/AFPAM10-219V4.pdf>
2. J Greene, SIyer, M Hammons, R. Craig. Airfield Damage Repair (ADR); Polymer Repair of Airfields Summary of Research AFRL-RX-TY-TR-2007-4555.December 2007.
3. Dar-Hao Chen, Huang-Hsiung Lin, Renjuan Sun. Field performance evaluations of Partial-Depth Repair Changsha University of Science and Technology, China and Texas Dept. of Transportation, Austin TX, Unites States. September 2010.
4. Washington State Department of Transportation. (2007).WSDOT Projects: Polymer Concrete. February 2011, from Pavement Interactive. Web page: http://pavementinteractive.org/index.php?title=WSDOT:Polymer_Concrete
5. Polymer ConcreteFrom: Wikipedia, the free encyclopedia. February 2011. Web page: http://en.wikipedia.org/wiki/Polymer_concrete
6. Kazmierowski and Sturm, CONCRETE PAVEMENT REHABILITATION AND OVERLAY: ONTARIO'S EXPERIENCE. Transportation Research Record No. 1307, Pavement Analysis, Design, Rehabilitation, and Environmental Factors 1991 <http://pubsindex.trb.org/view.aspx?id=365507>
7. "Concrete Pavement Maintenance/Repair", Cement Concrete & Aggregates Australia. June 2009 Web page:

<http://www.concrete.net.au/publications/pdf/PavementRepair.pdf>

8. Paul D. Krauss , Ransome Wyman "Rapid Curing Polymers Reduce Repair Time and Improve Pavement Performance"
9. Moetaz M. El-Hawary, Abdullateef M. AlKhaleefi*, and Hisham I. Abdel-Fattah "ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER PORTLAND CEMENT CONCRETE" Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 28, No. 1, pp. 155-159 (2005)

4. 1-4 세세부

1. 한국 건설기술 연구원 2005, "한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구"
2. 한국 항공 기술 연구소 <http://www.aviationtech.co.kr/> 최종접속일 2011년 6월 3일.
3. 권수안 외 4명 (2008), "사후 평가를 통한 국도포장유지관리 시스템의 개선 방향", 한국도로학회 기술기사, 제 10권 4호. pp.54-60.
4. 엄병식 외3명 (2000), 공항 콘크리트 포장 평가방법 개선 연구, 한국도로포장공학회 지 제 2권 3호 page 155~165.
5. 배석일 (2010) Airport Pavement Drainage Design, SamsungCorporation 토목 ENG 팀.
6. 2층포설 콘크리트 포장공법 개발을 위한 구조해석 및 실험연구, 2007
7. ACPA, Cement-Treated Permeable Base for Heavy-Traffic Concrete Pavements, IS404.01P
8. American Ceramic Society Bulletin, Vol. 84, No. 10 "How Nanotechnology Can Change the Concrete World".
9. A state of the practice Manual (2007), "Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement"
10. Cengiz Duran Atis (2003), "High-Volume Fly Ash Concrete with High Strength and Low Dry Shrinkage", ASCE.
11. DEPARTMENT OF THE AIR FORCE (2009), Engineering Technical Letter (ETL) 09-2: Contingency Airfield Pavement Specifications
12. Fiber-Reinforced Polymer, Reinforcement for concrete Structure Volume1, book, 2003.
13. Hanifi Binici, Faruk Yucegok, Orhan Aksogan and Hasan Kaplan (2008), "Effect of Corncob, Wheat Straw and Plane Leaf as Mineral Admixtures on Concrete Durability", ASCE.
14. High Volume Fly Ash Concrete for Highway Pavements.

15. J.R. Roesler (2004), "Fiber Reinforced Concrete for Airfield Rigid Pavement"
16. Kurt D. Smith 2001, "Alternative Dowel Bars for Load Transfer in Jointed Concrete Pavements", FHWA
17. Robert G. Packard 1995, "Design of Concrete Airport Pavement", Portland Cement Association
18. Sukhvarsh Jerath, and Nicholas Hanson (2007), "Effect of Fly Ash Content and Aggregate Gradation on the Durability of Concrete Pavements", ASCE.
19. Vanchai Sata, Chai jaturapitakkul and Chaiyanunt Rattanasotinunt (2010), "Compressive strength and Heat Evolution of concretes containing POFA", ASCE
20. Vanchai Sata, Chai Jaturapitakkul and Kraiwood Kiattikomol (2004). "Utilization of Palm Oil Fuel Ash (POFA) in High Strength Concrete", ASCE..

2절. 2세부

1. 2-1 세세부

1. 엄병식, 박경부, 서영찬(2000), 공항 콘크리트 포장 평가방법 개선 연구, 한국도로포장 공학회 제2권 3호, pp155-165
2. 안덕순, 서영찬, 박동엽(2002), 공항포장 파손예측 개발 연구, 대한토목학회논문집 제 22권 4-D호, pp669-676

2. 2-2 세세부

1. 권수안, 김한용 (2001), 공항 포장의 유지보수 현황, 한국도로포장공학회지, 제 3권 3호, pp. 12-18.
2. 김진철 등 (2002), 폐콘크리트 및 폐아스콘의 용도별 재활용방안과 현장 적용성, 한국도로공사 연구보고서.
3. 서영찬 (2000) 특집논단: 국내 콘크리트포장 기술 현황 및 발전방향, 도로포장공학회지 2권 3호, 한국도로학회, pp.58-65.
4. 양성철, 임승욱 (2010), 차세대 다기능성 콘크리트공법 개발 공법 개발 : 복층포설 (Two Lift) 콘크리트 포장공법을 이용한 개발 및 적용, 자체보고서
5. 윤경구, 이주형 (2000), 특집논단: 유럽 콘크리트포장의 설계 및 시공현황, 도로포장 공학회지 2권 3호, 한국도로학회, pp.46-57.
6. 이진용 (2000), 재활용포장: 노후된 시멘트 콘크리트 포장재료의 재활용, 도로포장공학회지 2권 3호, 한국도로학회, PP.13-19

7. 한국도로학회 도로분과위원회 (2004) 유럽의 콘크리트 포장 및 기능성 포장, 한국도로학회
8. 순환골재 품질기준 (2009), 빈배합 콘크리트 기층, 국토해양부.
9. 환경부 (2008), 제4차 자원재활용기본계획('08~'12)
10. 국토해양부 (2009), 순환골재의무사용건설공사의 순환골재사용용도 및 의무사용량 등에 관한 고시.
11. Bognacki, Casimir and Pirozzi, Marco (2007), Sustainable Base Courses, FAA 2007 World Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey
12. Cable and Frentress (2004), Two-lift Concrete Pavements to meet Public needs.
13. Carlton Wiles et al. (2010), Recycled Materials in European Highway Environments: Uses, Technologies, and Policies, FHWA-PL-00-025, FHWA.
14. Carpenter, S., Diaz, L, and Bradley, D. (2001), Recycling of Airport Pavements, Research Report, Center for Excellence for Airport Pavement Research, University of Illinois at Urbana-Champaign
15. T. V. Dam, J. Meyer, Life-Cycle Analysis: A Powerful Tool for Improving the Sustainability of Concrete Pavement, Applied Pavement Technology.
16. T.V. Dam and P. Taylor (2009), Building Sustainable Pavements with Concrete: Briefing Documents, National Concrete Pavement Technology Center.
17. David L. Gress, Mark B. Snyder, Jeffrey R. Sturtevant (2006), Performance of Rigid Pavements Containing Recycled Concrete Aggregates, Report 38, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire
18. Dennis A. Pauls, Lakshmi N. Reddi, Engineering Overview of a Road Recycling Machine For Portland Cement Concrete Pavement, Report 20, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire.
19. EUPAVE (2009), Concrete Road: A Smart and Sustainable Choice, European Pavement Association
20. FAA (2007), Standard for Specifying Construction of Airports, Advisory Circular, AC 150/5370-10C, Federal Aviation Authority.
21. W.F.K Fong, J.S.K. Yeung, and C.S. Poon, Hong Kong Experience of Using Recycled Aggregates from Construction and Demolition Materials in Ready Mix Concrete, International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology.
22. A.J. Gisi (2008), Review of Project Test Results, National Open House Two-lift Concrete Paving, FHWA.
23. Rick Givan (2010), Recycled Concrete Aggregates, NHI Innovations, NHI.
24. Will Grey, RCC Pavement Construction and Project Case Histories, A.G. Peltz Group LLC

25. Tim Gerhardt (2008), Two-lift Paving: Contractor's Perspective, National Open House Two Lift Concrete Paving.
26. Kathleen Hall et al. (2007), Long-Life Concrete Pavements in Europe and Canada, FHWA-PL-07-027, FHWA.
27. Dale Harrington (2008), Guide to Concrete Overlays: Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements 2nd Ed., National Concrete Pavement Technology Center.
28. I-70 Two-lift Construction: Exposed Aggregate Surface (2007), Preliminary Work.
29. Implementation Activities Supporting the International Technology Scan on Long-life Concrete Pavement.
30. Steven A. Klocke, Dale S. Harrington (2010), Executive Summary, Improving Concrete Overlay Construction, National concrete Pavement Technology, Tech Transfer Summary.
31. Joep Maijer, Environmental Benefits of Two-lift Concrete Pavements: A quantitative perspective based on life cycle assessment (LCA), National Concrete Pavement Technology Center.
32. Steve Mueller (2010), Overview of Recycled Materials in Roadway Construction, NHI Innovations, NHI.
33. Gress, Snyder and Sturtevant (2006), Performance of Rigid Pavements Containing Recycled Concrete Aggregates.
34. Johnson, Jamie (2008), RCC Pavement Provides Performance and Economy at Denver International Airport, PL625, Portland Cement Association
35. A.J. Gisi (2008), KDOT Project Objective, National Open House Two-lift Concrete Paving, FHWA.
36. LAWA (2010), Sustainable Airport Planning, Design and Construction Guidelines, Los Angeles World Airports
37. Long-life Concrete Pavement in Europe and Canada (2007), International Technology Scanning Program, FHWA.
38. National Concrete Pavement Technology Center, Two-lift Construction: KS Demonstration Project.
39. National Open House Two-lift Concrete Paving (2008), FHWA.
40. Pauls, Dennis and Reddi, Lakshimi (2008), Engineering Overview of a Road Recycling Machine for Portland Cement Concrete Pavement, Research Report to Kansas DOT, Kansas State University.
41. Bryant Poole (2008), Roller Compacted Concrete GDOT Applications George Department of Transportation
42. Reassessing (2004), Two-lift Paving, National Concrete Pavement Technology Center.

43. RMRC (2004), Development and Preparation of Specifications for Using Recycled Materials in Transportation Applications, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire
44. RMRC (2007), Recycled Material Highway Construction Environmental Assessment: Life Cycle Based Risk Assessment of Recycled Materials in Roadway Construction, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire
45. Khaled Sobhan and Mehedy Mashnad (2000), Fatigue Durability of Stabilized Recycled Aggregate Base Course Containing Fly Ash and Waste-Plastic Strip Reinforcement, Report 18, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire.
46. H. Sommer, Two-lift Construction: The European Experience.
47. The Concrete Pavement Road Map (2005), Long-term Plan for Concrete Pavement Research and Technology: An Executive Summary, FHWA.
48. Velez-Vega, Eileen and Bardt, David (2010), Sustainable Construction Practices in Airport Pavement Rehabilitation Projects, FAA 2010 World Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey
49. Paul D. Wiegand (2010), Improving Concrete Overlay Construction, National concrete Pavement Technology, Tech Transfer Summary.

3. 2-3 세세부

1. 한국건설교통기술평가원 (2004), 포장손상 검사장비 및 평가모델 개발 연구보고서.
2. 문형철 (2008), 서영찬, 시단위 포장도로의 포장평가지수개발, 한국도로포장공학회지, 제 10권 3호, pp. 223.
3. APR Consultants, (2003), Aircraft Ride Quality Assessment of Airport Runway 20L-20R.
4. International Cybernetics (2011), <http://www.supro.com>, 최종접속일 2011년 6월 2일.
5. ARRB (2011), <http://www.arrb.com.au>, 최종접속일 2011년 6월 2일.
6. ROMDAS (2011), <http://www.romdas.com>. 최종접속일 2011년 6월 2일.

3절. 3세부

1. 3-1 세세부

1. 국토해양부 항공안전본부 (2006). 비행장시설[유도로, 계류장 등]설계 매뉴얼.
2. 국토해양부 (2009). 공항포장강도 결정보고 매뉴얼.

3. 국토해양부 (2009). 비행장시설[포장]설계 매뉴얼.
4. 국토해양부 (2009). 제1차 항공정책기본계획.
5. 국토해양통계누리(2011). 국토해양통계, <https://stat.mltm.go.kr>.
6. 권수안 외 4명 (2008), “사후 평가를 통한 국도포장유지관리 시스템의 개선 방향”, 한국도로학회 기술기사, 제 10권 4호. pp.54-60.
7. 김명길 (1985), “콘크리트 포장줄눈”, 대한토목학회 기술기사, 제 33권 2호, pp. 38~53.
8. 김연명 (2005), 공항규모별 표준화 설계기준 수립을 위한 연구, 연구보고서, 한국교통연구원.
9. 양성철 홍승호(1998), 파괴역학을 이용한 콘크리트 포장체의 해석, 연구보고서, 한국도로공사.
10. 이승우 (2001). “콘크리트포장의 줄눈의 잠김에 대한 연구.”, 한국도로학회 논문집, 제 3권 1호, pp. 165~176.
11. 이재만 (2004). “인천국제공항 활주로 포장 설계에 대한 검토”, 유신기술화보 제11호, pp. 217~224.
12. 전범준 이승우(2005). “줄눈 콘크리트포장의 적정 줄눈간격에 대한 연구”, 한국도로학회 논문집, 제 7권 4호, pp. 69~77.
13. 윤창호 외 3명 (2007), “줄눈콘크리트 포장의 줄눈간격에 따른 초기거동 연구”, 한국도로학회 논문집, 제 9권 3호, pp. 101~110.
14. FAA (2004). Airport Pavement Design and Evaluation, FAA AC 150/5320-6D.
15. FAA (2009). Airport Pavement Design and Evaluation, FAA AC 150/5320-6E.
16. FAA (2009). Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN, FAA AC 150/5335-5A.
17. H. Thomas Yu (2007), "Analysis of Concrete Pavement Responses to Temperature and Wheel Loads Measured from Instrumented Slabs", Journal of Transportation Research Board, Vol. 1649, pp. 94~101.
18. ICAO (1983). ICAO Aerodrome Design Manual Part3-Pavement, International Civil Aviation Organization.
19. Al-Qaudi, I.L. and Scarpas, T. & Loizos, A (2008). "Pavement Cracking", Taylor&Francis Group.
20. Robert, G.P(1973). Design of Concrete Airport Pavement, Portland Cement Association.
21. Robert, H. and Francis X. M (1994). "Planning and Design of Airports", McGraw-Hill. Inc.
22. Rodney, N.J(2008). Rigid Pavement FAARFIELD Design Example, FAA Pavement Design report.
23. TRB (2008). Implementation of an Airport Pavement Management System, Transportation Research Circular E-C127.

2. 3-1 세세부

1. 한국 항공 기술 연구소 <http://www.aviationtech.co.kr/> 최종접속일 2011년 6월 3일.
2. 유승권, 윤한주 (2010) 인천국제공항 2단계건설 공항포장 설계고찰, 한국도로학회 도로 제8권 제2호 page(s):2-98.
3. 김동욱 (2003), 인천국제공항의 포장 시공, 도로포장공학회지 제 2권 제2호,page(s):2-163.
4. 배석일 (2010)Airport Pavement Drianage Design, SumsungCorporation 토목 ENG 팀.
5. ACPA (2005), Stabilized and Drainable Base for Rigid Pavement
6. SUDAS (2010), SUDAS Design Manual, 6F-1 Pavement Subbase Design and Construction
7. IPRF(2003), Best Practices for Airport Portland Cement Concrete Pavement Construction (Rigid Airport Pavement)
8. 박효기(2000), 평지형 배수처리 시스템, 특허관련 등록번호 200231041.
9. 엄병식 외3명 (2000), 공항 콘크리트 포장 평가방법 개선 연구, 한국도로포장공학회지 제 2권 3호 page 155~165.
10. 유승권 외 2명(2006), 인천국제공항 2단계건설 공항포장 설계고찰, 한국 도로학회 기술기사 제8권 page 61~70
11. 최인걸 외 4명(2000), 인천국제공항 연약지반의 활주로 포장시공 사례연구,한국 도로포장공학회 학술발표 논문집 page 109~115
12. 이재만(2004), 인천국제공항 활주로 포장 설계에 대한 검토, 유신기술회보 제11호 page 217~224
13. DEPARTMENT OF THE AIR FORCE (2009), Engineering Technical Letter (ETL) 09-2: Contingency Airfield Pavement Specifications
14. Shell Bitumen <http://www.shell.com/home/content/bitumen/> 최종접속일 2011년 6월 6일.
15. Fares Y. Abdo, P.E. (2009), Cement-Stabilized Base Courses, concrete Airport Pavement Workshop.
16. world wide science, <http://worldwidescience.org/topicpages/b/base+course+pavements.html> 최종접속일 2011년 6월 6일.
17. ACPA, Cement-Treated Permeable Base for Heavy-Traaffic Concrete Pavements, IS404.01P
18. ACO Group(2009), Highest quality for maximum safety ACO drainage systems for airport.
19. Dr.Ir.A.H De Bondt(2000), INNOVATIVE AIRFIELD PAVEMENT DESIGN, Oom Avenhorn Holding bv, Senior Manager Reserch & Development, Scharwoude, The Netherlands.