

## 제4장 건설교통 R&D 성과활용 요인 분석

### 1. 사례분석 개요

#### 가. 사례분석 목적

##### □ 건설교통 분야 R&D는 성과활용 특성 파악

- 건설교통 R&D 성과 활용을 위해서는 성과가 활용되는 과정, 그리고 성과활용의 필요·충분조건에 대한 이해가 필요하지만 아직까지 이에 대한 시도가 부족
  - 박환표(2008) 등은 건설교통 기술의 현장적용과 관련한 프로세스를 파악한 바 있지만, 성과활용 과정의 세분화와 이에 따른 명확한 사례 분석은 미흡
- 특히 건설교통 분야의 R&D 성과는 사회기반시설에 활용된다는 측면에서 일반제조업에 비해 활용이 어렵다는 특성을 갖고 있으며, 이에 따라서 성과활용을 위한 구체적인 프로세스와 특성 파악이 더욱 중요
  - 이는 성능, 신뢰성, 안전성이 모두 중시되는 건설교통 분야의 공공 시설특성에서 비롯되었다고 할 수 있음
- 또한 건설교통 R&D 성과가 활용되기 위해서는 연구기관, 발주처, 시공사, 설계회사, 전문건설회사, 생산회사(제조업) 등 다양한 이해관계자의 연계와 협력이 필요하며, R&D 기획-R&D수행-실용화 단계에서 어떤 연계와 협력이 필요한지를 파악하는 것이 더욱 중요
  - 제조업의 경우, 연구기관과 생산기업의 연계와 협력을 통한 기술이전·사업화가 가능하다는 측면에서 기술추동(Technology Push) 또는 수요견인(Demand Pull) 모형에 가깝지만, 건설교통 분야는 (i) 기술 공급자(연구기관), (ii) 기술 수요자(시공사, 설계사, 단종 시공사), (iii) 사회적 제도(기준, 규제), (iv) 적용 구조물의 발주자(발주처), (v) 기술 사용자(재료 등의 생산자) 등 다양한 이해관계자의 협력 필요

##### □ R&D 성과의 활용 요인 도출

- R&D 단계와 성과활용 단계에서 이루어지는 구체적인 활동을 조사하여 활용요인을 도출한 연구는 거의 없음
  - R&D 성과 활용에 관련된 선행 연구들은 주로 제조업 분야에 치중되어 있고, 건설교통 분야의 R&D 성과활용 및 기술이전에 관한 연구는 많지 않음

- 본 연구에서는 기술의 R&D 단계부터 현장에서 활용되는 실용화단계까지 수행되는 활동을 건설교통 분야의 R&D 결과물 유형별로 정리하고, 사례분석 방법을 이용하여 기술이 시장에 수용(기술의 실용화)되어 경제적 성과를 창출하는데 중요한 역할을 하는 핵심활동(key-activity)를 도출하고자 함

## 나. 사례분석 대상

### ○ R&D 결과물 유형별 재분류

- 건설교통 R&D의 성과는 일반적으로 5가지로 유형화 됨<sup>1)</sup>
  - 기존 연구의 성과 유형은 공법 및 기법, 장치 및 장비, 자재 및 재료, 소프트웨어 및 정보시스템, 기준 및 정책으로 구분
- 본 연구에서는 R&D 결과물 유형을 공법/기법, 재료/자재, 소프트웨어, 장비/장치, 시스템으로 분류하여 사례연구에 활용
- 건설교통 분야의 R&D 성과로 기준 및 정책이 도출되는 경우는 R&D 성과 활용을 통한 경제적 성과를 측정하기 어렵기 때문에 사례연구 대상에서 제외

### ○ 2003~2009년 사이에 종료된 실용화 과제를 중심으로 기술실시계약이 이루어진 37개 과제 중 5개를 선택함

- 기술실시계약 체결 유무를 사례분석 대상 선정 기준으로 활용함
- 기술실시계약 체결이 매출발생, 현장적용과 확산 등 직접적인 R&D 성과활용을 의미하지는 않지만, 일반적으로 건설교통 분야의 많은 기술들이 활용되기 직전에 기술실시가 이루어지고 있어 기술실시계약 유무가 R&D 성과활용의 대리변수로 적합하다고 판단

### ○ 2008년 성과총람에서 소프트웨어, 장비/장치, 시스템 과제를 각각 1개씩 추가함

### ○ 미활용 과제의 key-activity와 비교를 통해 도출된 활용 key-activity 검증

- 미활용과제 선정방법
  - 활용현황조사에 응답한 과제 중 일반과제/성과 미활용(기술개발완료단계)/과제금액 상위과제/지속적인 활용의지를 가지고 있는 과제에서 건설교통R&D에서 차지하는 비중이 높은 공법/기법, 재료/자재, 장비/장치 유형에서 각각 1개씩 선정

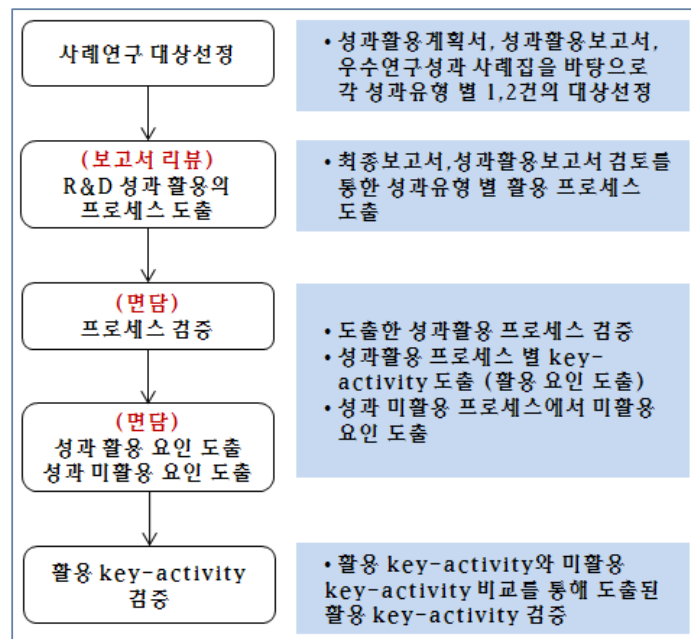
1) 한국건설기술연구원(2009), 건설교통 R&D 성과 현장활용성 제고방안 연구

Ⅱ 표 IV-1. 사례분석 대상 Ⅱ

구분	과제명	성과유형	활용
1	중지간 교량의 시공 및 구조 효율성 증진을 위한 신형식 상부구조 시스템 실용화	공법/기법	O
2	차세대 이중합성 강박스거더 교량의 구조 시스템 개발	공법/기법	O
3	순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발	공법/기법	X
4	도로포장 장수명화를 위한 설계 시공기술 고도화	재료/자재	O
5	환경친화형 이중바닥 온돌시스템 개발	재료/자재	O
6	노후 콘크리트 포장의 아스팔트 overlay를 위한 고탄성 응력흡수 중간층 아스팔트 재료 및 공법 개발	재료/자재	X
7	SPT업홀 및 HWAW기법을 이용한 지반강성의 2차원 영상화 기법	소프트웨어	O
8	우리나라 지역 특성에 맞는 최적 지하수 함양량 산정기법 개발	소프트웨어	O
9	PMW회생 인버터 개발을 통한 에너지 절약의 극대화	장비/장치	O
10	교량구간 동절기 안전관리 기술개발	장비/장치	X
11	교통정체에 실시간으로 대응하는 동적 운영 제어장치 개발	시스템	O

## 다. 사례조사 방법

- 사례조사는 사전검토를 통한 (i) 활용사례 선정, (ii) 활용사례별 문헌 검토 및 성과활용 프로세스 도출, (iii) 연구책임자를 대상으로 한 면담 조사, (iv) 활용 요인 및 미활용 요인 도출 (v) 활용과제와 미활용과제의 key-activities 비교 등 5단계로 추진



Ⅱ 그림 IV-1. 사례분석 절차와 주요내용 Ⅱ

## 라. 사례조사 내용

- 사례조사 내용은 R&D 기획단계에서부터 실용화단계에 이르기까지 전주기적 관점에서 프로세스와 핵심활동 파악을 위해 구성
  - 건설교통 R&D 전주기 : R&D 기획, R&D 수행, 기술검증 및 보완, 실용화 추진
  - 조사내용은 연구기획부터 현장적용까지 수행한 활동 중심으로 구성되었으며, R&D 완료 후 현장적용 과정과 실적을 조사함
  - 특히, 성과활용 프로세스별 핵심활동 도출과 그 의미 등을 파악하기 위해 수행되었으며, <표 VI-123>의 내용을 중심으로 조사

|| 표 IV-2. 사례분석 내용 ||

단계	조사내용
R&D 기획	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제의 배경 <ul style="list-style-type: none"> <li>과제의 아이디어 도출 과정</li> <li>기존 기술과의 문제점</li> <li>개발 기술의 시장수요</li> </ul> </li> <li>기획단계에서 성과활용 전략의 구체성</li> <li>성과활용 주체와의 관계</li> </ul>
R&D 수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제의 개요</li> <li>보고서를 통해 도출한 R&amp;D 성과활용 프로세스 검토 <ul style="list-style-type: none"> <li>성능, 신뢰성, 안전성 검증 등 실내시험 방법과 시점</li> </ul> </li> <li>현장시험의 준비과정과 애로사항</li> <li>관련 기준의 정비 상황 <ul style="list-style-type: none"> <li>관련 기준이 없을 때, 활용 과정</li> </ul> </li> <li>특허 출원 시점</li> <li>성과 수요자(발주처)의 참여정도 및 의사소통의 수준</li> </ul>
기술검증 및 보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의 완성도 (선행기술 대비)</li> <li>후속 R&amp;D 필요성</li> <li>홍보</li> </ul>
실용화 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>실용화 추진 과정의 애로사항 <ul style="list-style-type: none"> <li>경제성, 시공성 분석의 문제점</li> </ul> </li> <li>기술실시 이후 기술실시회사 지원 사항</li> <li>기술의 최초 현장적용 과정</li> <li>연구성과 활용 주체</li> <li>연구성과의 현장 활용 실적</li> <li>연구성과가 활용되기 까지 소요되는 기간 및 비용</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>R&amp;D 성과 활용을 위해 필요한 점</li> </ul>

## 1. R&D 결과물 유형별 사례연구

### 가. 공법/기법

#### 1) 중지간 교량의 시공 및 구조 효율성 증진을 위한 신형식 상부구조 시스템 실용화

##### ☐ 연구개발의 필요성 및 목적

##### ○ 중지간 교량에 대한 기술개발 필요성

- 2002년에 완공된 고속국도 및 일반국도 상의 교량에 대한 현황 분석 결과에서 최대 경간장 40~100m 범위의 중지간 교량은 연장 기준으로 58.3%(고

속국도)와 64.2%(일반국도)를 차지하고 있음

- 국내의 중지간 교량은 강박스거더교량 등의 방식을 주로 사용하고 있지만, 높은 재료비와 유지관리 비용으로 인하여 선진 주요국에서 활용되는 공법 및 설계 방식에 비해 비효율성이 존재

#### ○ 연구개발의 목적

- 중지간 교량 형식의 복합교량을 실용화하기 위한 기반기술 확보
- 강재복부와 콘크리트 플랜지의 접합부 전단연결재 개발 및 설계식 도출
- 복부 트러스 구조, 복부 파형간판 구조, 복부 강재 구조의 프리스트레스트 콘크리트(PCS) 복합 교량의 실용화 제안

#### □ 주요 성과

##### ○ 기술적 성과 : 중지간 복합교량 기술자립화 실현

- 중지간 교량 형식으로써 복합교량의 실용화를 위한 기반기술 확보
- 강재 복부와 콘크리트 플랜지의 접합부 전단연결재 개발 및 설계식 도출
- 복부 트러스 구조, 복부 파형간판 구조, 복부 강재 구조의 프리스트레스트 콘크리트(PCS) 복합교량의 실용화 제안

##### ○ 경제적 성과 : PSC박스거더교 대비 재료비 30% 절감, 유지관리비 40% 절감

- 공사비 비교: 단경간 40m, 폭원 6m 철도교 일 때 PCS박스거더 철도교는 1.2억 원, 복부파형강판 복합철도교는 1억 원, 복부 트러스 복합 철도교는 0.9억 원 소요 (가설공법 FSM공법) (약 30% 절감)
- 유지관리비 비교: 연장 800m 교량일 때 강박스거더교는 255억 원, 복부 강재 복합교량은 146억 원의 유지관리비 필요 (약 40% 절감)
- 중지간 강박스거더교의 10%를 복합교량으로 대체 시 연간 100억 원 이상의 비용 절감 가능

##### ○ 활용 실적

- 현재 “한강살리기 6공구”에 수문을 지나가는 “강천보(공도교)”에서 ‘복부 트러스 복합교량 설계’가 활용되고 있음 (공사기간: 2010~2011, 공사비: 50억 원)
- ‘복부 트러스 복합교량’은 비용절감 효과뿐 아니라 경관성도 뛰어나기 때문

에 토크 경쟁에서 유리했음

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

○ “복부트러스 복합교량의 접합구조 개발”을 중심으로 정리함

Ⅱ 표 IV-3. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용		
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"><li>일본의 복부 강재구조 복합교량을 벤치마킹사례로 활용함<ul style="list-style-type: none"><li>철도교 기준 성능을 목표로 설정함</li><li>Perfobond 연결재를 사용하는 대안을 제시함 (기존공법: 스티드 전단연결재 사용)</li></ul></li></ul>		
대안선정 및 특허출원	<ul style="list-style-type: none"><li>대안 선정<ul style="list-style-type: none"><li>4개 격점구조 도출함</li></ul></li><li>특허 출원<ul style="list-style-type: none"><li>'힌지 연결구조를 가지는 복부 트러스 복합거더 및 그 격점부 연결 구조' 외 4건</li></ul></li></ul>		
실내시험	<ul style="list-style-type: none"><li>격점부 성능 비교 실험<ul style="list-style-type: none"><li>저항기구를 설치하고 있는 구조가 안정성 확보에 유리함을 도출함</li></ul></li></ul>		
	종류	극한하중(kN)	최대변위 (mm)
	T-GHT	1495	26
	EHT	1190	54
	T-EHT	649	40
	P-EHT	654	74
<ul style="list-style-type: none"><li>EHT 구조는 기존 공법 대비 격점구조가 단순, 현장 시공성이 우수하고, 현장 여건에 따라 솟음량 제어가능</li></ul>			
현장시험	<ul style="list-style-type: none"><li>실물교량 모형 (20m 복부트러스 철도교) 제작 및 현장시험</li></ul>		
최적안 도출	<ul style="list-style-type: none"><li>EHT를 격점부 최종 설계방법으로 제안</li></ul>		
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"><li>강교와 콘크리트교의 기준 활용</li></ul>		
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"><li>경제성 분석<ul style="list-style-type: none"><li>강교와 콘크리트교 대비 초기비용과 유지관리비용 절감 효과 분석</li></ul></li><li>설계예제 및 시공 매뉴얼 제시</li><li>"복부 강재구조 복합교량 설계지침(안)" 제안</li></ul>		
추가 R&D	<ul style="list-style-type: none"><li>과제 종료 후 3년간 피로 시험 진행<ul style="list-style-type: none"><li>교량의 신뢰성을 높이기 위한 시험으로 장시간 소요되어 과제 기간 내 수행이 불가함</li><li>내부 R&amp;D 비용 3억 소요</li></ul></li></ul>		
기술홍보	<ul style="list-style-type: none"><li>내부 설계부서 대상의 기술홍보<ul style="list-style-type: none"><li>personal network을 활용함</li></ul></li><li>학회발표, 공개시험, 세미나 등을 통한 전문가 집단 대상의 기술홍보</li></ul>		
내부 활용부서의 기술수용	<ul style="list-style-type: none"><li>Turn-key에 반영하기로 함</li></ul>		

외부 활용 회사의 기술수용	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 및 시공회사에 기술이전 <ul style="list-style-type: none"> <li>설계 관련 기술 지원 및 기술교육</li> </ul> </li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>공사 입찰 (발주처의 기술수용) <ul style="list-style-type: none"> <li>현재 4대강 공사 구간에서 활용되고 있음</li> </ul> </li> </ul>

#### □ 활용 요인

○ R&D 기획 단계 : 국내 교량 건설현황 및 선진 기술 벤치마킹을 통한 적절한 목표시장 설정

- 본 과제는 국내 교량 건설 수요의 80% 이상을 차지하는 경간장 40~60m 교량을 대상 설정함으로써 신기술활용에 따른 파급효과를 사전에 인식
  - 고속도로 교량 건설비중(2003년 이후) : 40~50m 49.7%, 50~60m 35.8%
  - 일반국도 교량 건설비중 : 40~50m 38.9%, 50~60m 45.6%

○ R&D 수행 단계 : 실용화를 고려한 실물모형 제작, 경제성분석, 설계예제 제시

- 실물 복합트러스 철도교량(20m)을 제작하여 개발된 복합트러스 교량이 극한 상황에서 안전성을 가지고 있음을 검증함
  - 실물교량 재하실험 및 가진실험을 통해 복부 트러스 복합 철도교의 구조적 안전성 검증
- 단경간 30~50m 철도교에 대한 공사비 비교
  - 지간에 따라 차이는 발생하지만, 일반적으로 PSC 박스거더 교량에 비해 복부 트러스 복합교량의 공사비가 30% 저렴함

Ⅱ 표 IV-4. 교량 형식별 공사비 비교(폭원: 6m, 설계하중: LS-22(단선) Ⅱ

단경간	PSC BOX		복부 파형강판		복합 트러스	
	공사비 (천원)	경제성비교	공사비 (천원)	경제성비교	공사비 (천원)	경제성비교
30m	77,836	1.44	68,397	1.27	53,941	1.00
40m	125,922	1.31	100,113	1.04	96,350	1.00
50m	175,949	1.32	142,693	1.07	133,611	1.00

- 도로교량보다 기준이 엄격한 철도교량을 대상으로 설계예제를 작성하여 설계



자가 참고할 수 있는 자료를 제시함

- 후속 R&D 단계: 개발된 기술의 신뢰성 제고를 위한 추가 R&D 및 설계부서와 연계 활동
  - 장시간이 필요한 피로시험은 과제 완료 후 추가 R&D 비용(3년, 3억)을 투입하여 시행함
  - 연구부서에서 개발한 ‘복부 트러스 복합교량 설계’의 성과에 대해 신기술 활용을 결정하는 회사 내 설계부서와 지속적으로 공유함
    - 신기술에 대한 설계부서의 이해가 높을수록 설계 반영을 통한 현장적용에 용이함
- 기술 홍보 단계 : 다양한 이해관계자 집단을 대상으로 실물모형 시험을 실시함으로써 신기술의 성능(비용절감효과)과 안전성에 대해 지속적으로 홍보
  - 전문가집단(잠재적 발주공사의 평가위원) 대상의 기술홍보를 통해 신기술에 대한 이해도를 높이기 위한 활동 실시
    - 신기술이 실제 현장에 활용되기 위해서는 공사를 수주해야 하기 때문에, 평가위원의 신기술 수용이 매우 중요
  - 공개시험을 활용한 기술의 성능과 안전성을 홍보함
    - EHT 격점구조를 적용한 신형식 복부트러스 복합교량 철도교 실물교량(지간 20m)에 대한 공개시험을 실시하여 교량 관련 전문가들의 평가 및 문제점 수렴
- 기술 실용화 단계 : 시공회사에 대해 기술실시계약체결 및 기술지도 실시
  - 현장에 설계가 제대로 반영되고, 비용절감효과를 최대한 높이기 위해 시공회사에 기술실시 및 기술지도 실시

Ⅱ 표 IV-5. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구 성과가 활용될 수 있는 시장에 대한 철저한 분석</li> <li>실물모형(복합트러스 철도교량 20m 제작) 시험을 통한 신뢰성, 안전성 검증</li> <li>기술의 경제성 분석</li> <li>설계예제 작성</li> <li>실제 기술을 활용하는 내부 부서와의 교류를 통한 지속적인 기술 홍보</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>신뢰성 확보를 위한 후속 R&amp;D 수행</li> <li>공개시험을 활용하여 전문가 대상의 기술 홍보 및 개선점 파악</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계예제 보완 후 제시</li> <li>시공회사에 기술실시 및 기술지도 실시</li> </ul>

## 2) 차세대 이중합성 강박스거더 교량의 구조시스템 개발

### □ 연구개발의 배경 및 목적

#### ○ 차세대 이중합성 강박스거더 교량의 구조 기술개발 필요성

- 이중합성 구조<sup>2)</sup>는 안전하고 경제적이며 시공이 간편한 효과적인 구조
  - 내측지점부 강성 및 강도 증가와 그에 따른 정모멘트 감소로 단순 합성거더 교와 대비하여 안전성 증가
  - 단순 합성거더교 대비 20% 이상의 강재량 절감
  - 120m 경간까지 동일한 거더높이를 적용하여 다양한 가설공법 적용 가능
  - 진동과 처짐이 감소하고 다리밑 공간 확보에 유리함
- 하지만 교량 내부의 복잡한 보강구조로 인해 다양하게 활용되지 못하고 있음
- 이중합성 강박스 교량의 활용을 위한 요소·설계 기술개발이 필요함

#### ○ 연구개발의 목적

- 기존 이중합성 구조의 개선
  - 강박스거더 압축플랜지의 보강구조 개선
- 신개념 전단연결재를 개발하여 전단연결재의 사용가치를 극대화

2) 이중합성 구조란 부모멘트를 받는 연속교 내측 지점 구간의 하부 압축플랜지 위에 콘크리트를 타설하여 지점부 강성을 향상, 형고감소 및 경간장 증대를 경제적으로 추구할 수 있는 형식임

- 전단연결재의 종방향 보강재 대체기술 개발
- 부착력을 극대화한 신개념 전단연결재 개발
- 콘크리트 타설량을 조절하여 구조효율의 최적화
- 복잡한 시공단계 해석없이 설계 및 시공 가능

#### □ 주요 성과

- 기술적 성과: 초기 비용을 절감하고, 시공에 유리한 경간장 120m까지 적용 가능한 이중합성 강박스거더 교량의 요소·설계기술 개발
  - 강박스거더 압축플랜지의 보강재를 대신할 수 있는 신개념 전단연결재 개발
  - 콘크리트에 완벽하게 부착되어 하부플랜지의 국부좌굴 시 뿔힘 현상이 방지되는 전단연결재를 개발함
  - 이중합성 강박스거더 교량기술 보급을 위한 설계기술 개발
  - 이중합성 강박스거더 하부슬래브 설계기술 개발 및 하부슬래브 적정두께, 타설 범위 등에 대한 가이드라인과 설계 예제집 제안
  - 하중전달 특성을 최대한 반영한 지점부 다이아프램의 형식 및 배치 방안을 도출함
  - 지간장이 길고, 강거더 가설용 벤트의 설치가 곤란한 지형에서 거더 높이가 일정한 이중합성 강박스거더 교량의 가설에 쉽게 적용할 수 있는 경제적 가설공법 개발
- 경제적 성과: 교량 건설기간의 단축 및 공사비 절감으로 교량의 경제성 증가
  - 하부콘크리트 타설 후 압출가설이 가능하여 건설기간 단축
  - 단순 합성거더교 대비 강재량 20% 이상 절감 및 하부플랜지 보강재를 전단연결재로 대체하여 공사비 절감
- 환경적 성과: 친환경적이며 미관이 수려한 교량 건설
  - 이중합성 강박스거더 교량은 강교량의 친환경적(재활용 가능한 재료)·미관적 장점(높은 강도로 인해 교량 두께 감소)을 살리고, 사용 강재량을 줄이기 때문에 강재 가격 상승으로 인해 보편성이 떨어지는 단점을 보완할 수 있음
- 활용 실적

- 남해고속도로 냉정~부산 간 확장공사에 최초 활용함 (2014년 완공)
- 삼척-동해 고속도로 구간 활용 예정 (2012년 시공)
- 교량분야는 신기술 수용에 대한 리스크 회피가 큰 분야이기 때문에 15차례 공사입찰 중 1건만 성사됨
- 포스코건설과 부산외곽순환 터키 참여 (2011.7)

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

- 이중합성 교량 구조에서 종방향 보강재를 대체하기 위한 전단연결재의 배치 및 형식개발연구를 중심으로 정리함

Ⅱ 표 IV-6. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유럽 및 일본의 이중합성 거더교 벤치마킹</li> <li>- 종방향(판형) 보강재를 사용한 이중합성 거더교의 성능을 목표성능으로 설정</li> <li>- 전단연결재 배치간격 변화에 따른 대안 제시함</li> </ul>
대안선정 및 특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 48개 대안 선정함: 배치간격 8개(10-180cm), 배열 수 6개</li> <li>■ 특허 출원</li> <li>- 이중합성 강박스거더 압축플랜지 보강구조' 외 4건</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대안별 탄성좌굴강도 비교함</li> <li>- 판형 보강재(기존공법)가 설치된 패널과 비교: 좌굴형상패턴 유사함</li> <li>■ 최적 점지지간격 결정: 종방향 배치간격 15cm 미만으로 제시함</li> <li>- 배열 선택의 자유도를 높이기 위해 최적배치 간격의 최소값 제시</li> <li>■ 시작품을 활용한 전단연결재의 성능 검증함</li> <li>- 6개의 시작품 활용</li> <li>- 박스거더 하부에 콘크리트와 합성을 위해 배치되는 전단연결재를 일정간격으로 배치 시 종방향보강재에 의해서 보강된 압축플랜지와 같은 압축강도 발현됨</li> <li>- 하부 압축플랜지에서 종방향 점지지 간격은 sub-panel 폭의 1/2 간격으로 설치 시 충분한 항복강도 발현됨</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시뮬레이션으로 대체</li> </ul>
최적안 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전단연결재를 활용한 강박사이중합성 교량 시스템 도출</li> </ul>
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 이중합성 강박스거더 교량 관련 기준 적용함</li> <li>- 기존 공법: 종방향 보강재 + 전단연결재</li> <li>- 신공법: 새로운 형상의 전단연결재</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 경제성 분석</li> <li>- 강박스거더교와 강재량 비교</li> <li>- 교량형식별 단위면적당 공사비 비교</li> <li>■ 설계예제 및 시공 매뉴얼 제시</li> </ul>

추가 R&D	<ul style="list-style-type: none"> <li>신기술지정을 위한 기술 업그레이드 진행 중</li> </ul>
기술홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 시공사 대상의 기술 홍보                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- personal network을 활용함</li> <li>- 기술 강습회</li> </ul> </li> <li>학회발표 등을 통해 관련 분야 전문가 대상의 기술홍보</li> </ul>
외부 활용 회사의 기술수용	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 및 시공회사에 기술이전                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계 관련 기술 지원 및 기술교육</li> </ul> </li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>공사 입찰 (발주처의 기술수용)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉정-부산간 고속도로 확장 공사에 활용 중</li> <li>- 삼척-동해 간 고속도로 공사에 활용 중</li> </ul> </li> </ul>
매출 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>포스코건설과 부산외관순환 공사 턴키 참여 중</li> </ul>

#### □ 활용 요인

- R&D 기획 단계: 강거더교의 한계점과 이중합성 강박스거더교의 기술적 문제점 분석을 통한 연구방향 설정 및 선진 기술 벤치마킹을 통한 적절한 목표시장 설정
  - 강거더교의 한계점: 경간장 80m 이상에서는 급격한 강재량 증가로 비경제적이며, 제작 및 운반이 어려움
  - 강재량을 감소시키며, 장경간 (50~120m)에 적용할 수 있는 이중합성 강박스거더교를 연구대상으로 설정
  - 이중합성 강박스거더교의 기술적 한계: 복잡한 내부 보강구조로 적용이 어려움
  - 하부플랜지 보강재를 대체하는 전단연결재를 개발하여 설계와 시공을 간편하게 적용
  - 강박스거더교를 적용할 수 없는 경간장 80~120m 교량을 목표시장으로 설정
- R&D 시행 단계: R&D 시행단계부터 시공회사와의 협력 네트워크 구축
  - 현장적용을 위해서는 우선 시공회사의 신기술 수용이 필요함
  - 시공회사의 신기술 수용성을 높이기 위해 R&D 단계부터 기술의 성능, 안전성 및 경제성에 대한 정보 공유
- 후속 R&D 단계: 턴키에서 가산점 획득을 위한 신기술지정을 위해 지속적인 기술 보완
  - 턴키 평가에서 4개 신기술을 보유 시 가산점을 얻을 수 있기 때문에 4개의

신기술을 보유하고 있지 않은 기업의 경우 신기술지정을 위한 지속적인 R&D수행

- 기술 홍보 단계: 전문가, 시공회사, 발주기관 등 기술 관계자 대상의 기술홍보
  - 기술박람회(건교평), 신기술 발표회(도로공사), 건설전문신문 등을 통한 기술홍보
  - 인적 네트워크를 활용한 시공회사, 발주처 대상의 기술홍보를 통해 활용의 의사결정에 연계된 기관의 기술 이해도를 높임
  - 건설교통 분야의 신기술은 활용시의 안전성이 매우 중요하기 때문에 기술에 대한 확실한 신뢰없이는 현장에 활용되기가 어려움
  - 시공회사와 발주처가 기술을 잘 알고 있을수록 현장 활용 가능성이 증가함
- 실용화 추진 단계: 기존 형식과 공사비 비교를 통한 경제성분석 및 설계예제·설계시스템 제시
  - 경제성 분석: 교량형식별 단위면적당 공사비 비교

Ⅱ 표 IV-7. 교량형식별 단위면적당 공사비 비교 Ⅱ

구분	DCB 거더 (신기술적용)	강박스 거더	PSC박스 거더	PCT 거더	아치교
적정 경간장 (m)	40~120	40~70	40~60	40~100	100~300
공사비 (만원/㎡)	220~245	280~300	270~290	290~310	500~600

- 설계예제 제시
  - 설계 시 참고할 수 있도록 실제 기준을 적용한 설계시스템을 구축하여 설계의 편리성을 높임

Ⅱ 표 IV-8. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요는 많지만 기존의 교량형식이 활용되기 어려운 경간장 80~120m 교량을 목표시장으로 설정함</li> <li>▪ 시공사와 협력 네트워크 구축</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술박람회 참가 및 건설전문신문을 활용한 기술홍보</li> <li>▪ 인적 네트워크를 활용한 기술홍보</li> <li>▪ 턴키 가산점 획득을 위한 신기술지정을 위해 지속적인 기술 보완</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 분석</li> <li>▪ 설계예제 제시 및 설계시스템 구축</li> </ul>

### 3) 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

##### ○ 필요성

##### - 건설폐기물 급증

- 최근 건축 구조물의 노후화로 인한 재건축 등으로 기존 콘크리트 구조물의 해체 및 계기가 활발히 진행 (1996년 28,425톤에서 2001년 108, 520톤으로 4배 증가)

- 건설폐재료 중 콘크리트용 순환골재로 재활용 가능한 콘크리트류는 약 67%

##### - 콘크리트 발생량 저감 및 재활용은 환경적·경제적 측면에서 시급히 해결해야 함

- 최근 5년간 국내 지반개량공법 분야 발주 금액은 1조 3천억원으로 이중 다짐말뚝 공법은 약 35% 차지, 약 4천 6백억원의 시장규모

##### ○ 목적

##### - 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발

- 건설폐기물 재활용을 통한 건설비용 절감
- 천연자원의 고갈 대처
- 기존의 지반개량공법의 성능적, 기능적 단점 보완

#### □ 주요 성과

## ○ 기술적 성과

- 건설폐기물로부터 얻은 순환골재의 새로운 적용분야 확장
  - 순환골재를 이용하여 단순한 건설재료를 제작하는 기존의 기술을 확장하여 연약지반개량분야의 다짐말뚝재료로 적용시킬 수 있는 설계·관리지침 확립
- 기존 다짐말뚝의 한계점 해결
  - 기능적 한계(관입파괴, 전단파괴, 팽창파괴, 간극막힘현상 등), 설계법의 한계(압밀중 응력분담, 물성치의 불확실성 등), 재료적 한계(천연자원 고갈, 순환골재에 비해 경제적 불리 등)을 해결

## ○ 경제적 성과

- 다짐말뚝공법의 재료를 순환골재 재료로 대체할 경우 재료비 70% 절감 가능  
(대한건설순환자원협회 자료참고, 2006)
- 최근 5년간 국내 지반개량공법 분야 공사규모: 1조 3천억원
- 다짐말뚝 공법 비율: 35% (4천 6백억원 규모)
- 다짐말뚝 공법에서 골재비용(재료비: 시공비 = 3:7)은 약 1천 4백억원
- 순환골재 재료로 대체할 경우 5년 기준 약 1천억원 절감 효과

## □ R&D부터 성과활용까지의 프로세스



Ⅱ 표 IV-9. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내·외 지반개량 공법의 문제점과 한계점 분석 및 대안 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다짐말뚝공법 7개 현장 분석</li> <li>- 기존 이론 및 연구동향 분석</li> <li>- 기존 다짐말뚝공법 한계성 분석</li> </ul> </li> </ul>
대안선정 및 특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 다짐말뚝공법의 실내시험 및 수치해석</li> <li>• 다짐말뚝공법 대응책 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 말뚝강성을 고려한 혼합재료 사용</li> <li>- 다공질 콘크리트말뚝공법 개발</li> </ul> </li> <li>• 혼합재료 연구 및 개발</li> <li>• 순환골재를 사용한 다공질 콘크리트말뚝공법 개발 및 요소기술 분석</li> <li>• 특허출원 없음</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순환골재의 재료적 적용성 평가: 실내모형토조 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모형실험을 위한 예비실험: 12회</li> <li>- 실내 모형실험 (적용성, 안정성 검증): 144회</li> </ul> </li> <li>• 순환골재 다공질 콘크리트말뚝과 혼합재료를 배합한 다짐말뚝의 지반개량 효과 검증</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장장비 적용성 및 현장시험시공 계획 수립</li> <li>• 장비 적용성 및 타설용이성 검토를 위한 현장시험시공 (무다짐공 2공, 다짐공 1공)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인천 송도국제도시 OO공구</li> <li>- 전남 영암 OO부지 조성공사 (장비적용성 및 타설용이성 검토)</li> </ul> </li> <li>• 순환골재 다공질 콘크리트말뚝공법 시험시공               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4개 구간 총 64공 타설</li> </ul> </li> </ul>
최적안 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연약지반의 공학적 안정화를 위한 순환골재를 활용한 친환경 지반개량공법 개발</li> </ul>
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설폐기물 관련제도, 순환골재 관련 제도 조사</li> <li>• 건설재료로써 다공질 콘크리트용 순환골재 품질기준(안) 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투수콘크리트용 순환골재 품질기준 제시</li> <li>- 절대건조밀도 <math>2/2\text{g/cm}^3</math> 이상, 흡수율 7.0% 이하, 안정성 12% 이하</li> </ul> </li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발공법에 대한 단가산출 및 기존 다짐공법과 경제성 비교               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 11~15% 비용 절감</li> </ul> </li> <li>• 순환골재 다공질 콘크리트말뚝공법의 최적 설계프로그램 개발</li> <li>• 개발공법의 시공방법, 성능평가 기준 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다공질 콘크리트말뚝공법 시방서 및 단가산출서 작성</li> </ul> </li> </ul>

## □ 미활용 요인

### ○ R&D 기획 단계: 수요예측 및 시장특성 고려 미비 - “안전성 중심”이라는 건설시장의 특성 고려 미비

- “안전성 확보 필수”라는 건설시장의 특성을 시장 수요예측에서 고려하지 않음
  - 골재 가격이 상승할 경우 순환골재의 활용이 증가한다는 단순한 수요예측
- 신기술의 안전성이 검증되지 않으면 설계가 및 시공사에서 신기술을 적용하지 않는다는 건설시장의 특성을 고려한 사전 계획 미비
  - 기획 단계에서 안전성 확보를 위한 현장시험에 대한 구체적 계획 적음
  - 안전상의 문제로 실제 현장에서 현장시험이 이루어지지 못할 때에 대한 대안 없음

### ○ R&D 수행 단계: 불충분한 현장시험과 특허 활동 미비

- “순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발” 과제는 1회의 현장시험을 수행
  - 기술의 신뢰성을 확보하기 위해서는 최소 5회 이상의 현장시험시공이 필요함
  - 개발된 공법의 효과를 판단하기 위해서는 현장시험 1회당 약 1년 정도 기간 필요
- 현장시험을 위한 관련 기관의 승인을 받기 어려움
  - 위탁연구기관인 초석건설산업이 시공 중인 산업단지 조성사업 현장에서 산업단지 조성사업 시공사의 승인을 받아 시행함
- 추적조사의 어려움
  - 기술의 안전성을 확보하기 위해 현장시험시공 이후 2년 정도의 추적조사가 필요함
  - 본 과제에서 실시한 현장시험현장은 산업단지 조성사업 구간 중 녹지 구간으로 다른 건물 등이 들어서지 않는 구간에서 시행됨
  - 따라서, 현재 현장시험시공 구간에 대한 추적조사는 불가능함
- 기술의 권리를 확보하기 위한 특허 활동 부재 (특허는 기술이전을 위한 사전

절차)

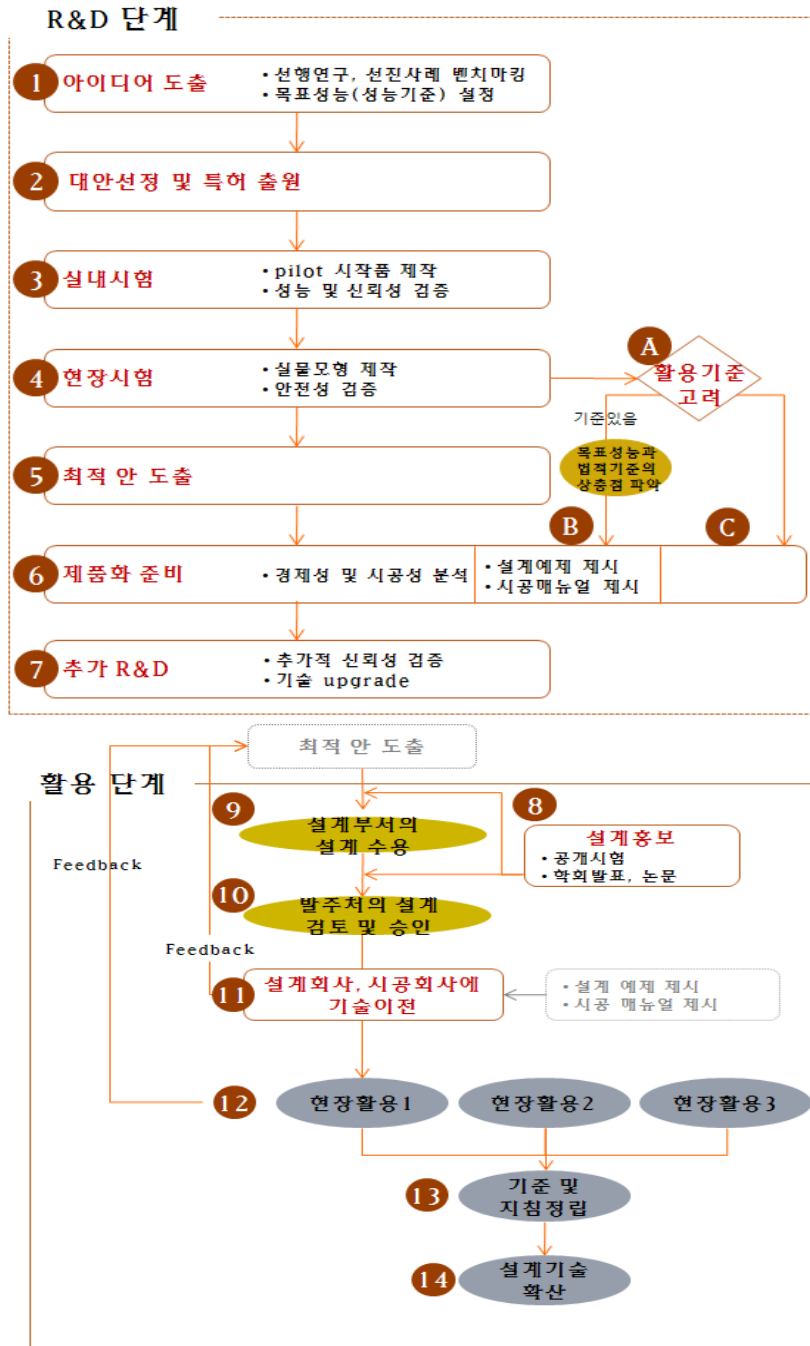
- 협력기관과의 협의가 이루어지지 않아 특허 활동이 원활하지 않음
- 기술검증 및 보완 단계: 적극적인 기술 홍보 부족
  - 설계회사 및 시공사 대상의 기술 홍보 부족
  - 신기술의 수요처인 설계회사 및 시공사에게 신기술의 성능 및 안전성을 검증받을 수 있는 기술 홍보 기회 부재
  - 신기술의 안전성이 충분히 검증되지 않으면, 수요처는 신기술 활용의 위험을 회피하려 함
- 실용화 추진 단계: 설계예제 부재
  - 설계예제를 제시함으로써 기술을 실제로 설계하는 부서나 회사에서 신기술 적용을 쉽게 할 수 있음
  - 신기술을 연구한 부서(또는 회사)와 신기술을 실제 현장에 적용하는 부서(또는 회사)가 다르기 때문에, 설계예제를 통해 조직 간 지식 전달에 도움

Ⅱ 표 IV-10. R&D성과 미활용 요인 Ⅱ

구분	미활용요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요예측 및 시장 특성 고려 미비</li> <li>▪ 현장시험에 대한 대안 부족</li> <li>▪ 현장시험장소 확보의 어려움으로 기술의 신뢰성과 안전성 확보 미흡</li> <li>▪ 기술 권리 확보를 위한 특허 활동 부재</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요처에게 직접 기술의 안전성을 검증받을 수 있는 기술 홍보 기회 부재</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계예제 부재</li> </ul>

#### 4) 공법/기법 R&D 성과활용 프로세스

- R&D 단계는 아이디어 도출, 대안선정 및 특허 출원, 실내시험, 현장시험, 최적 공법/기법 안 도출, 제품화 준비, 추가 R&D 활동이 이루어짐
- 활용 단계는 회사 내 활용부서의 기술수용, 발주처의 승인과 이를 위한 기술 홍보활동 및 기술이전 활동이 이루어짐



Ⅱ 그림 IV-2. 공법/기법 R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

## 5) 공법/기법 유형의 R&D 성과 활용을 위한 시사점

Ⅱ 표 IV-11. 공법/기법 성과 활용 요인 vs. 미활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인	미활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시장분석 철저</li> <li>▪ 구체적인 목표시장 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요예측 및 시장특성 고려 부족</li> <li>▪ 현장시험에 대한 대안 부족</li> <li>▪ 특허 활동 미진</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요처 대상의 적극적인 기술홍보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수요처에게 직접 기술의 안전성을 검증받을 수 있는 기술 홍보 기회 부족</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 분석</li> <li>▪ 설계예제 제시 및 설계시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계예제 부재</li> </ul>

#### □ R&D 단계

○ R&D 기획 단계에서 구체적인 목표시장 설정을 통해 보다 현실적인 수요예측 필요

- 성과 활용과제의 경우 시장의 특성을 고려하여 ‘국내 교량수요의 80% 이상을 차지하는 경간장 40~60m 교량’ 과 ‘수요는 많지만 기존의 교량형식이 활용되기 어려운 경간장 80~120m 교량’ 으로 목표시장 설정
- 미활용과제의 경우 ‘건설자재의 부족’, ‘건설자재 재활용 방법 필요’ 라는 시장의 특성을 고려하였으나 매우 포괄적이기 때문에, 신기술의 목표시장이 구체적이지 않음
- 미활용과제는 목표시장이 구체적이지 않았기 때문에, 시장수요를 결정하는 여러 요인에 대한 고려가 부족하여 현실적인 수요예측 미비
  - 건설자재 가격 상승으로 순환골재 활용이 증가할 것이라고 예상하였지만, 순환골재 활용의 경우 안전성 담보가 더 중요
  - 순환골재가 활용이 증가되는 상황에 대한 구체적인 분석이 없었음

○ R&D 기획 단계에서 현장시험에 대한 구체적인 계획 필요

- 성과가 활용된 과제들은 교량 설계에 관련된 새로운 기법으로 실제 현장에서 현장시험을 실시하는 것이 불가능하다고 판단하여 실물모형 제작 및 시뮬레이션이라는 현장시험의 대안 계획
- 미활용과제의 경우 현장시험을 실시하였으나, 장소 허가의 문제로 인해 신기술이 실제 활용 되는 현장과 다른 환경에서 시행됨

- 현장시험은 신기술의 적용성 및 안전성을 검증하기 위해서 시행되기 때문에 가능한 실제 현장과 유사한 곳에서 시행되어야 함
- 미활용과제의 현장시험은 건물 등이 들어서지 않는 녹지구간에서 실시되어 신기술의 안전성을 담보하기에는 부족함
- R&D 기획 단계에서 현장시험의 어려움을 고려한 현장시험의 대안 마련 부족

#### ○ 특허 출원을 통한 기술이전을 위한 기술 확보

- 미활용과제의 경우는 R&D단계에서 특허 출원 활동이 시행되지 않았고, R&D 완료 후인 현재에도 협력기관과 협의가 원활하지 않아 기술이전을 위한 특허가 마련되지 못함

#### □ 기술검증 및 보완 단계

##### ○ 수요처 대상의 적극적인 홍보 필요

- 활용과제의 경우 ‘공개시험’, ‘기술박람회 참가’ 및 ‘건설전문신문’을 활용한 기술홍보
- 활용과제의 경우는 인적 네트워크를 활용한 잠재 수요처 대상의 기술홍보

#### □ 실용화 추진 단계

##### ○ 기술 개발 조직과 설계 조직의 지식 전달 프로세스로 설계예제 활용

- 활용과제의 경우 설계 조직의 기술에 대한 이해를 높이기 위해 설계예제를 작성하였으나, 미활용과제의 경우에는 설계예제가 제시되지 않음

## 나. 재료/자재

### 1) 도로포장 장수명화를 위한 설계 시공기술 고도화

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

##### ○ 아스팔트 포트홀 응급 보수재 기술 개발 필요성

- 우리나라 아스팔트 도로 파손의 급격한 증가는 교통사고 유발 및 도로의 유지보수비용 증가 야기

- 1990년대 이후 물동량의 급증과 차량 하중의 증가, 여름철 이상 고온과 집중호우 등의 환경 변화로 인해 변형과 균열, 포트홀 등 파손이 증가하고 있음
- 도로 포장의 박리에 의한 포트홀 발생이 증가하고 있으나 국내 환경에 적합한 박리방지 첨가제의 기술이 낙후되어 있어 도로 파손으로 인한 피해가 증가하고 있음
- 국내 아스팔트 포장의 포트홀 발생 원인 분석에 대한 연구 결과가 전무하여 현장별 방지 대책 마련이 불가능하고, 도로의 포트홀 억제를 위한 국가 품질 기준 및 시공 공법 등의 기술 개발이 적극적으로 이루어지지 않음
- 도로포장 장수명화를 위해 아스팔트의 포트홀 방지 기술이 필요함

#### ○ 연구개발의 목적

- 기존 아스팔트 포장에 발생한 파손의 긴급 보수 및 유지보수에 필요한 보수 보강 재료 개발과 보수 공법을 제시
- 도로 포장의 장수명화
- 교통 안전성 증진 및 교통 지체 비용 등의 사회적 비용을 절감
- 아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 박리방지 재료 개발과 시공 기술을 제시

#### □ 주요 성과

- 기술적 성과: 도로 포장의 장수명화를 위한 국내 기술력의 경쟁력 확보와 박리 및 포트홀 등의 아스팔트 포장 파손을 방지할 수 있는 시공 기술 및 시공 기준 정립
- 벤치마킹 해외제품 대비 동일한 성능
- 경제적 효과: 도로포장의 장수명화에 따른 국가 유지보수 예산의 절감 및 공사 구간 감소에 따른 교통 지체 비용 절감과 도로포장의 결함으로 발생하는 교통사고 감소 효과로 인한 비용 감소
- 유지보수 비용절감
- 공사 구간 감소에 따른 교통 지체 비용 절감
- 도로의 안전성 증가로 인한 사고 감소효과

○ 활용 실적

- 과제 종료 후 참여기업인 인성산업에 기술실시
- 2009년 포트홀 응급보수재 판매 시작 (인성산업)
- 2010년 판매실적 약 1억 원 (인성산업)

□ R&D부터 성과 활용까지의 프로세스

○ “포트홀 응급 보수재 개발” 을 중심으로 정리함

Ⅱ 표 IV-12. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 포트홀이 사회적 문제로 이슈화</li> <li>▪ 박람회를 통해 미국, 유럽의 아스팔트 보수재의 선행제품 확보</li> <li>▪ 도로보수 관계자들의 수요 파악, 국내 제품의 문제점 파악</li> <li>▪ 미국 포트홀 매뉴얼을 참고하여 목표성능 설정</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 선행제품의 특성을 파악하여 최적의 물질 조합 탐색</li> <li>▪ 화학전문가들과 정기회의 진행 (1회/월)</li> </ul>
최적구조 도출 특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 최적 재료 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 보수재 내구성 향상을 위해 SBS 폴리머 이용, 라텍스, 용제, 박리방지제 첨가하여 보수재 개발</li> <li>- 기존 보수재 대비 수분에 대한 내구성 월등히 높음</li> </ul> </li> <li>▪ 특허 출원 “상온 습기경화형 폴리우레탄 바인더 조성물과 그를 이용한 도로보수용 칼라 아스팔트 보수재 및 그의 제조방법”</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구소 내 도로에 시험</li> </ul>
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존 포트홀 보수재 적용 기준을 적용함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- “KS F 2369 도로보수용 상온 역청 혼합물의 품질기준”</li> </ul> </li> </ul>
최적재료 확정 현장적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 포트홀 발생이 많은 국도 14호선에 시험 시공함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내보수재 5곳, 해외보수재 6곳, 개발보수재 6곳 (05년 7월)</li> <li>- 현장 추적 조사 시행함 (05.11.31-05.12.02)</li> <li>- 해외보수재 1곳, 개발보수재 3곳 잔존함</li> </ul> </li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공과 유지보수는 기존 보수재와 동일함</li> <li>- 내구성 향상으로 유지보수 비용 감소 (도로장수화) 및 도로의 안전성 제고 효과 우수함</li> <li>- 초기 투자비 상승으로 인한 제품가격이 기존 응급 보수재보다 높음</li> </ul> </li> <li>▪ 제품화를 위해 인성산업(기술실시기업)이 독자적인 패키징기술 개발</li> <li>▪ 활용 매뉴얼 제시</li> <li>▪ 언론홍보</li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생산업체(참여기업:인성산업)에 기술실시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인성산업의 기술업그레이드 지원</li> </ul> </li> </ul>
매출 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지속적인 매출 증가</li> </ul>

□ 활용 요인



- R&D 기획 단계: 시장조사를 통한 기존의 포트홀 보수재의 문제점 파악
  - 공공기관(도로 보수 발주기관), 도로 보수 시행기업, 도로 보수재 생산기업과 네트워크를 형성하여 현재 문제점에 대해 집중 분석함
  - 선진기술 습득을 위해 학회보다는 해외 전시회 참여
    - 미국과 유럽의 선진 포트홀 응급 보수재 확보를 위해 해외 제품 전시회에 적극적으로 참석
    - 확보된 벤치마킹으로부터 개발 물질의 목표 설정
- R&D 수행 단계: 화학 및 재료 전문가의 참여를 통해 R&D 과정에서 발생하는 문제점을 해결함
  - 선진국의 도로 보수재의 기능을 통해 개발 보수재의 원료 물질을 유추하는 작업에 화학 및 재료 전문가를 참여시킴
  - 화학 및 재료 전문가의 연구실 시험 결과 리뷰를 통해 결과 중 이상치를 파악하고, 다양한 해결책을 모색함
- 기술 홍보 단계: 언론홍보를 통해 기술에 대한 시공기업과 발주기관의 신뢰 확보
  - 건설연구원 내 홍보를 지원해 주는 부서 활용
- 실용화 추진 단계: 기술실시기업의 제품화 지원
  - 보수재의 제품화를 위해 필수적인 포장기술 개발 지원
    - 포트홀 보수재를 제품화하기 위해 반드시 확보되어야 하는 보수재 포장기술을 기술실시기업이 개발 할 때 기술 자문수행
  - 기술실시기업의 성능 향상을 위한 R&D에 기술자문으로 참여
  - 기술실시기업의 제품화에 대한 지속적으로 관심을 가지고 지원
    - 기술실시기업의 현장 활용 실적 follow-up

Ⅱ 표 IV-13. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시장의 수요 분석을 통해 개발 방향 설정</li> <li>▪ 도로관리부서, 도로보수업체로부터 현재 활용되고 있는 보수재의 문제점과 요구사항 분석</li> <li>▪ 해외 전시회를 통해 선행기술을 파악하여 개발 기술의 목표 설정</li> <li>▪ 재료 전문가 및 도로 건설 전문가로 이루어진 자문회의를 활용하여 기술개발 중 발생하는 문제점을 해결 및 기술 홍보</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 언론홍보</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술실시 기업의 기술업그레이드 지원</li> <li>▪ 보수재의 제품화를 위한 포장기술을 기술실시 회사가 개발할 수 있도록 기술 자문수행</li> </ul>

## 2) 환경친화형 이중바닥 온돌시스템 개발

### □ 연구개발의 배경 및 목적

#### ○ 환경친화형 이중바닥 온돌시스템 개발의 필요성

- 공동주택의 양적 팽창과 공동주택의 실내 환경에 대한 거주자의 요구 수준이 증가
- 층간 소음 차단에 대한 요구 증가
- 공동주택의 층간소음의 문제를 해결하기 위해서는 온돌구조체의 기술 수준 향상이 필요
- 온돌 난방시스템은 실내의 난방열을 공급하는 역할을 할 뿐 아니라 아래층으로 전달되는 층간소음을 차단시켜 주는 역할을 수행

#### ○ 연구개발의 목적

- 환경친화형 이중바닥 온돌시스템을 개발하여 공동주택의 층간소음을 저감
- 건축물의 설계, 시공, 유지관리, 리모델링의 간소화를 통한 자원의 절약 효과

### □ 주요 성과

- 기술적 성과: 층간소음 저감 및 쾌적한 실내 온열환경 제공
- 층간소음 저감

- 기존 온돌 구조 대비 바닥슬래브 두께를 약 30% 이상 줄이면서 중량바닥충격음(아이들이 뛰노는 정도의 소리)을 6dB 이상 저감
- 쾌적한 실내 온열환경 제공
- 바닥슬래브와 온돌시스템 간에 공기층 형성되어 열이 바닥 골고루 퍼져 실내바닥 표면온도가 균일하게 유지
- 기존 구조 대비 9% 이상의 방열성능 향상됨
- 과기부 주최 “세계적인 기술 및 제품” 으로 선정 (2005.4)
- 경제적 효과: 유지관리와 개보수 비용 절감 및 시공 단축으로 설치비용 절감
- 유지관리와 개보수 비용 절감
- 이중패널과 콘크리트 슬래브 사이의 공간을 세대내 배관, 배선 공간으로 활용할 수 있어 유지관리와 개보수가 용이
- 시공 단축으로 설치비용 절감
- 대부분의 공정이 건식화 되어 계절과 상관없이 시공이 가능하고, 시공 공기가 단축되어 설치비용이 절감됨
- 우천시, 동절기 시공 가능 (마감공정 제외), 단위공정 당 3일의 공사기간 단축
- 활용 실적
- 금성하이텍(참여기업)으로 기술 실시됨
- 기술실시기업의 사업정리로 실용화되지 못함
- R&D부터 성과활용까지의 프로세스
- “바닥충격음 저감을 위한 핵심요소기술 개발” 을 중심으로 정리함

Ⅱ 표 IV-14. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용		
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 공동주택의 층간소음이 사회적으로 큰 문제가 됨</li><li>▪ 층간소음을 줄이기 위해 이중바닥 온돌과 방진재를 활용하는 연구방향 도출</li><li>▪ 일본의 사례에서 이중바닥의 문제점 파악</li></ul>		
실내시험	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 최적 방진재 조건 도출을 위해 다양한 시험체 제작<ul style="list-style-type: none"><li>- 10종류의 패널 제작, 100회 시험</li></ul></li><li>▪ 온돌 금형 제작</li></ul>		
	종류	경량충격음 (dB)	중량충격음 (dB)
	1	52	60
	2	51	54
	3	48	52
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 성능시험</li></ul>		
최적구조 도출 특허 출원	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 최적 구조 도출<ul style="list-style-type: none"><li>- 경량충격음 차단성능 (44dB), 중량충격음 차단성능 (41dB)</li><li>- 일반온돌패널의 경우 55dB, 57dB 보다 9dB, 16dB 저감 효과</li></ul></li><li>▪ 특허 출원 “이중바닥구조용 지지완충부재, 이를 이용한 충격음 저감을 위한 이중바닥구조 및 그 시공방법”</li></ul>		
현장시험	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 4m*3m 실제 거실 크기의 패널 제작<ul style="list-style-type: none"><li>- 소음저감 테스트</li></ul></li><li>▪ - 실험실 8회 시공을 통해 신뢰성 검증</li></ul>		
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ “주택건설기준 등에 관한 규정 부칙 제 1조” 적용<ul style="list-style-type: none"><li>- 바닥충격음기준: 경량충격음 58dB, 중량충격음 50dB</li></ul></li></ul>		
최적재료 확정 및 현장적용	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 현장에 샘플 시공 및 성능, 신뢰성, 안전성 검증<ul style="list-style-type: none"><li>- 삼성물산 신축 아파트 현장에 현장적용 2004.6</li><li>- 아파트현장 샘플시공 2회 (부평, 마산)</li><li>- 일본 주택업체 본사 모델하우스 현장에 샘플시공</li></ul></li><li>▪ 현장적용을 통한 패널 조립 및 시공성 검증</li></ul>		
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 제작된 금형을 활용한 생산공정 계획 수립</li><li>▪ 시공지침 및 매뉴얼 작성</li><li>▪ 150mm 슬래브조건에서 최초로 바닥충격음 차단구조 성능 1등급 취득 (43dB 이하, 2004.9)</li><li>▪ 현장소장대상 기술세미나 개최</li><li>▪ 언론홍보</li></ul>		
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 기술실시 (연구참여기업: 금강하이텍)</li></ul>		

#### □ 활용 요인

##### ○ R&D 기획 단계: 시장수요를 바탕으로 R&D 방향 설정

- 시장수요를 바탕으로 한 R&D기획

- 공동주택의 층간소음이 사회적으로 크게 이슈화되어 있었고, 이웃 간의 많은 분쟁들이 발생하고 있었음

○ R&D 실행 단계: 현장시험장소 섭외 및 현장 적용 기준 검토

- R&D의 중간 산출물과 시험과정을 현장시험장소를 제공해 줄 수 있는 건설업체에게 홍보함
  - 온돌은 주택의 바닥에 설치하는 구조물로 주택의 바닥구조에 따라 성능 차이가 크게 나타날 수 있기 때문에 다양한 환경의 현장시험을 통해 기술의 신뢰성을 확보하는 것이 매우 중요함
  - 하지만, 실험주택이 아닌 실제 주택에 적용하는 것은 주택의 안전성 확보와 민원 제기 가능성이 존재하기 때문에 현장 섭외가 쉽지 않음
  - 실제 신축 아파트 현장 시공하여 기술의 시공성, 신뢰성 및 안전성을 확보함 (삼성물산 외 2곳)
- 현장적용을 위한 기준 검토
  - 층간소음을 규제하기 위한 기준이 수립됨 (2002)
  - “환경친화형 이중바닥 온돌 시스템”이 150mm 슬래브조건에서 최초로 바닥충격음 차단구조 성능 1등급 취득
  - 현장적용을 위한 기준이 수립되어 있어 기술개발 완료 후 바로 현장활용 가능

○ 기술 홍보 단계: 언론 홍보 및 현장 담당자 대상 홍보

- 언론홍보
  - 공동주택의 층간소음이라는 사회적 문제를 해결할 수 있는 기술로 소개되어 언론홍보 용이
  - 건설연구원 내 대외홍보를 담당하는 부서를 활용함
- 현장 담당자 대상 홍보
  - 실제 기술을 활용하는 현장소장 대상으로 기술 세미나 실시

○ 실용화 추진 단계: 기술실시기업의 기술 제품화 지원

- R&D과정에서 고가의 금형을 제작

Ⅱ 표 IV-15. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시장의 수요 분석을 통해 개발 방향 설정</li> <li>▪ 공동주택의 층간소음 해소에 대한 시장의 수요파악</li> <li>▪ 현장시험장소 섭외를 위한 발주기관 대상 기술 홍보</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 언론홍보</li> <li>▪ 현장소장 대상 기술세미나 개최</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제품화를 위해 R&amp;D 과정에서 금형 제작</li> </ul>

### 3) 노후 콘크리트 포장의 아스팔트 overlay를 위한 고탄성 응력흡수 중간층 아스팔트 재료 및 공법 개발

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

##### ○ 필요성

- 노후 콘크리트 포장의 유지·보수 필요
  - 시공기간이 짧아 조기 교통개방이 가능한 아스팔트 덧씌우기 공법 필요
- 기존 덧씌우기 공법은 반사균열 및 파손 등의 문제점 있음
  - 많은 반사균열 억제공법이 공정이 복잡하고 효과가 미흡
- 최근 미국, 일본 등에서 반사균열 억제공법으로 고탄성 중간층 공법을 많이 활용하고 있음
  - 고탄성 중간층 공법의 국내 도입이 필요

##### ○ 목적

- 노후 콘크리트 포장을 위해 아스팔트 덧씌우기시 발생하는 반사균열 억제를 위한 국산의 고탄성 중간층 아스팔트 재료 및 공법 개발
  - 아스팔트 바인더 개발
  - 배합설계 방법 개발
  - 재료 및 혼합물의 설계기준 및 시방서 개발

#### □ 주요 성과

##### ○ 기술적 성과

- 장수명 덧씌우기 포장의 설계 시공 기술 확보에 따른 포장기술 발전
- 외산 반사균열 방지 재료의 국산화

○ 경제적 성과

- 수입 반사균열 방지 재료의 국산화를 통한 외화 손실 감소
- 도로 덧씌우기 포장의 장수명화에 따른 국가 유지보수 예산 절감 및 공사 구간 감소에 따른 비용 절감
- 덧씌우기 포장 유지보수로 인한 도로 정체로 발생하는 사회적 손실 비용 감소

□ R&D부터 성과 활용까지의 프로세스

Ⅱ 표 IV-16. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행사례를 통해 아이디어 도출 (미국 사례)</li> <li>• 노후 콘크리트 포장 상태 및 덧씌우기 포장 파손사례 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 덧씌우기 시행 후 발생하는 파손 원인 조사</li> </ul> </li> <li>• 고탄성 응력흡수 중간층 설치공법 및 산사균열 억제공법 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국사례 조사 및 공법 분석</li> <li>- 중간층 설치공법 조사</li> </ul> </li> <li>• 미국 고탄성 응력흡수 중간층용 바인더 요구규격을 참고하여 목표성능 설정</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노후 콘크리트 포장의 구조적 상태 현장 조사 및 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비파괴 시험장비 HFWD(Heavy Falling Weight Deflectometer) 이용</li> <li>- 서울외관고속도로 판교-퇴계원 연결 28.5km 구간 (1994년 개통)</li> </ul> </li> <li>• 고탄성 중간층용 아스팔트 바인더 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 지방 기준 적용</li> <li>- 미국 고탄성 중간층을 기준으로 물성 분석을 통해 국산 고탄성 중간층 바인더 개발</li> <li>- 외국재료와 성능 비교</li> </ul> </li> <li>• 덧씌우기용 혼합물 및 중간층 혼합물 성능 평가</li> </ul>
최적구조 도출 특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고탄성 중간층 혼합물 바인더 종류에 따른 최적 아스팔트 함량: 7.35%</li> </ul>

	바인더	항목	합성입도 종류			시방기준
			상한입도	중앙입도	하한입도	
	시료 1 (AP-5)	OAC	6.3	7.6	7.0	최소 7.0
		VMA	16.2	18.9	17.8	16.0 이상
		VFA	90.5	92.5	91.5	-
	시료 2 (PG 76-28)	OAC	6.5	7.7	7.0	최소 7.0
		VMA	16.6	19.18	17.9	16.0 이상
		VFA	91.0	92.0	91.0	-
	시료 3 (PG70-28)	OAC	6.4	7.6	6.8	최소 7.0
		VMA	16.4	18.95	17.4	16.0 이상
		VFA	91.0	92.0	91.0	-
	시료 4 (NY바인더)	OAC	7.1	N.G	7.35	최소 7.0
		VMA	17.8	N.G	18.5	16.0 이상
		VFA	91.5	N.G	92.0	-
	시료 5 (PY바인더)	OAC	6.8	7.9	7.5	최소 7.0
		VMA	17.2	19.55	18.9	16.0 이상
		VFA	91.5	92.5	92.0	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• 빔 피로시험 시험혼합물: AP-5(일반 아스팔트), PMA(SBS 고분자 개질 아스팔트), CRM(고무 개질 아스팔트), NY바인더 혼합물, PY바인더 혼합물 등 5종류<ul style="list-style-type: none"><li>- 고탄성 중간층 혼합물 NY 및 PY 바인더 시험혼합물 모두 피로수명 저항성을 보임 (고탄성 중간층의 우수성 입증)</li><li>- NY 바인더 시험혼합물: 빔 피로시험 100,000회 이상 만족(중간층 혼합물 시방서 규정: 100,000cycles 만족)</li><li>- YN 바인더 시험혼합물: 85,000회로 기준 미달</li></ul></li><li>• 특허 출원 없음</li></ul>						
현장시험	<ul style="list-style-type: none"><li>• 사전시험<ul style="list-style-type: none"><li>- 충남 천안시 신용동 농로길</li><li>- AP-5 아스팔트 혼합물을 비교군으로 활용</li><li>- 시험조건 결정, 문제점 분석 및 보완</li></ul></li><li>• 시험시공 및 추적조사<ul style="list-style-type: none"><li>- 중부고속도로 진천-증평구간</li><li>- 비교공법 4종류</li><li>- 카메라 시스템을 이용한 추적조사: 시공 후 3개월 이후까지 포장 상태 양호, 장기적인 추적조사 필요</li></ul></li></ul>					
활용기준 고려	<ul style="list-style-type: none"><li>• 도로공사표준시방서에는 노후 콘크리트 재포장용 중간층 혼합물에 대한 기준 없음</li><li>• 고속도로공사 전문시방서 토목편(한국도로공사)에 중간층 혼합물의 배합 설계 기준 제정 예정</li></ul>					
최적재료 확정 현장적용	<ul style="list-style-type: none"><li>• 중간층 아스팔트 혼합물: NY 바인더(고탄성 중간층)</li></ul>					
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"><li>• 경제성 분석</li><li>• 반사균열 방지 재료 및 공법에 대한 시방서 제시</li></ul>					

☐ 미활용 요인



○ 연구개발 단계: 현장시험의 어려움

- 현장시험 기간 불충분
  - 도로 조건 별 3회 정도의 현장시험 필요: 본 과제에서는 현장시험 1회 수행
  - 현장시험에서 90% 이상 성공을 보여야 실제 도로에서 사용할 수 있음 (실내시험과 외국의 사례에서는 95% 이상 성공)
- 현장시험을 위한 관련 기관의 승인 어려움
  - 인적 네트워크를 활용하여 관련 기관의 승인 받음
- 참여기관의 도덕적 해이로 특허 출원 불가 (참여기관 단독으로 유사한 재료에 대해 특허 출원)

○ 기술검증 및 보완 단계: 제한적 기술홍보; 추적조사의 어려움

- 제한적 기술홍보
  - 학회를 통해서 신기술 홍보
  - 연구 주체가 대학이라는 특성으로 다양한 홍보 채널 부재
- 정밀한 추적조사 시행의 어려움
  - 정밀한 추적조사를 위해 2년 정도의 기간이 필요
  - 추적조사 시 도로를 통제하고 도로 상태를 진단할 수 있어야 하나, 현실적으로 도로통제는 거의 불가능함 (본 과제에서는 도로 옆에서 유관으로 도로 상태 관찰)

○ 실용화 추진 단계: 정밀한 경제성 분석 필요; 기준 부재; 상품화 프로세스의 문제점

- 현재 가장 많이 활용되는 노후콘크리트 보수 방법(콘크리트 도로 위에 아스팔트로 덧씌우는 방법, 중간층 없음)과 경제적 효과를 비교 분석 해야 함
  - 본 과제의 경제성 분석은 중간층을 활용한 비교공법들과 비교 분석
  - 현재 가장 많이 활용되는 방법 대비 경제적 효과가 도출되어야 함
- 신재료의 활용을 촉진시켜 줄 수 있는 기준 부재
- 재료/자재의 상품화 프로세스의 문제점

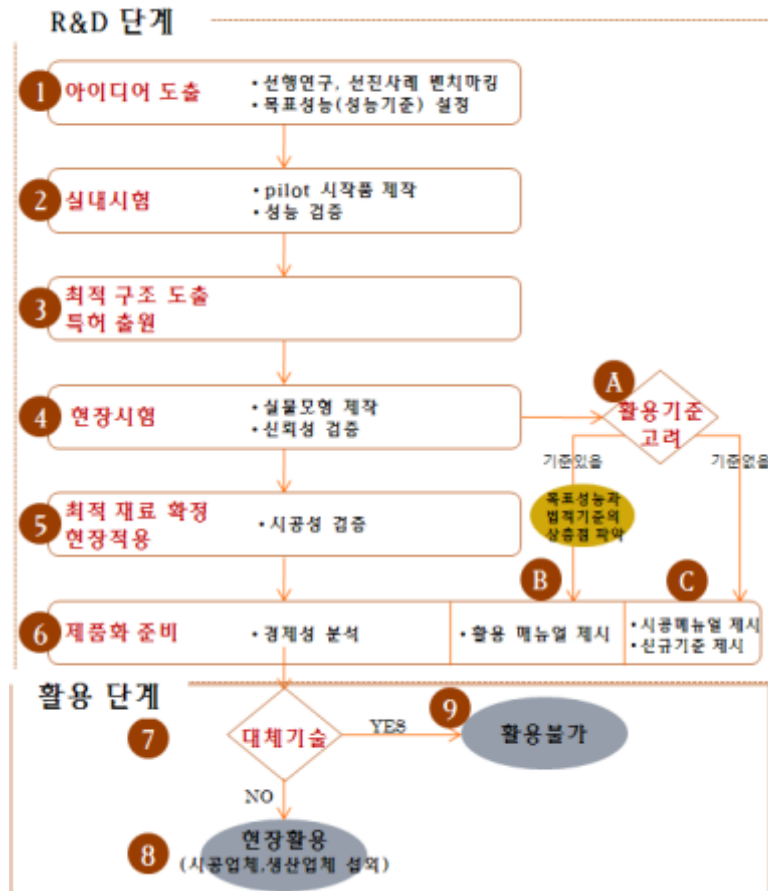
- 재료회사의 경우 확보된 시장이 존재해야 신기술의 제품화에 관심을 가짐
- 시공사의 경우 제품화되어 시장에서 성능성, 신뢰성, 안전성을 검증 받은 제품을 사용함

Ⅱ 표 IV-17. 재료/자재 R&D성과 미활용 요인 Ⅱ

구분	미활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현장시험 기간 불충분</li> <li>▪ 현장시험을 위한 관련 기관의 승인 어려움</li> <li>▪ 참여기관의 도덕적 해이로 인한 특허 출원 불가</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 학회를 통한 제한된 홍보</li> <li>▪ 정밀한 추적조사 시행의 어려움</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존 기술 대비 경제적 효과 분석 부재</li> <li>▪ 활용 기준 부재</li> <li>▪ 기술의 안전성 확보 문제와 확보된 시장 부재로 재료회사 및 시공회사의 관심 저조</li> </ul>

#### 4) 재료/자재 R&D 성과활용 프로세스

- R&D 단계는 아이디어 도출, 실내시험, 최적구조도출, 특허출원, 현장시험, 최적재료 확정, 현장 적용, 제품화 준비 과정이 포함됨
- 활용 단계는 대체기술 여부에 따라 기술실시 및 현장활용이 이루어짐
  - 대체기술이 있더라도 성능 또는 비용면에서 우위가 있다면 현장 활용 가능성이 존재함
  - 활용 단계에서 시공회사, 생산회사 섭외가 원활히 이루어지기 위해서는 R&D 단계에서 네트워크를 활용한 기술홍보가 매우 중요함



|| 그림 IV-3. 재료/자재 R&D 성과활용 프로세스 ||

## 5) 재료/자재유형의 R&D 성과 활용을 위한 시사점

|| 표 IV-18. 재료/자재 성과 활용 요인 vs. 미활용 요인 ||

구분	활용 요인	미활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요분석 철저</li> <li>현장시험 장소 섭외를 위한 지속적인 수요처 대상 기술홍보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장시험의 어려움</li> <li>특허 출원 못함</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>적극적인 기술홍보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학회를 통한 제한된 홍보</li> <li>정밀한 추적조사 시행의 어려움</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>정밀한 경제성 분석</li> <li>기술이전 회사의 기술사업화를 위한 기술자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술 대비 경제적 효과 분석 부재</li> <li>활용을 위한 기준 부재</li> <li>기술의 안전성 확보 문제와 확보된 시장 부재로 재료회사 및 시공회사의 관심 저조</li> </ul>

## □ R&D 단계

### ○ 현장시험을 수행하기 위한 노력

- 성과를 활용한 과제의 경우 기술의 안전성 및 시공성 확보를 위한 실제 현장에서 현장시험을 시공하기 위해 지속적인 승인기관 및 수요처 대상의 기술홍보

### ○ 추적조사를 통한 기술의 안전성 확보

- 활용된 과제와 미활용과제 모두 실제 현장에서 현장시험 실시
  - ‘도로포장 장수명화를 위한 설계 시공기술 고도화’ 과제: 국토 14호선
  - ‘환경친화형 이중바닥 온돌시스템 개발’ 과제: 신축 아파트 현장에 시험 시공 (2곳 현장, 각각 1세대씩)
  - 미활용과제: 중부고속도로 진천-증평구간
- 정밀한 추적조사
  - 미활용과제는 정밀한 추적조사가 이루어지지 못함
  - 현장시험장소의 도로 상태를 유관으로 확인

## □ 기술검증 및 보완 단계

### ○ 적극적인 기술홍보 필요

- 활용된 과제는 수요처 중심의 정기적인 기술 홍보 및 언론 홍보를 통해 신기술에 대한 수요처의 관심을 증가시킴
  - 또한, R&D 기획 단계의 아이디어 도출 시 시장의 요구를 반영하였기 때문에 언론 홍보가 가능함
- 미활용과제의 경우 기술 홍보 채널이 학회 발표로 한정
  - 주관연구기관이 대학교라는 점이 적극적인 홍보활동의 장애요인으로 작용함

## □ 실용화 추진 단계

### ○ 신기술이 대체하는 기존 기술과의 경제적 비교 분석이 필요

- 도로포장 장수명화를 위한 설계 시공기술 고도화 과제의 경우 기존에 많이 활용되고 있는 제품들과 초기 비용 및 유지보수 비용 비교 분석

- 미활용과제의 경우 노후 아스팔트 보수에 가장 많이 사용되고 있는 방법(현재 활용되고 있는 기술)과 경제적 비교 하지 않음
- 활용을 위한 기준이 확립은 신기술 활용의 촉매제 역할
  - 활용과제들은 R&D 완료 전에 활용 기준이 정립되어 있었음
  - 미활용과제는 노후 콘크리트 재포장용 중간층 혼합물에 대한 기준 없음
    - 과제에서 고속도로공사 전문시방서 토목편(한국도로공사)에 ‘중간층 혼합물의 배합설계 기준’ 제안
- 기술이전 회사의 기술 사업화를 위한 기술 지원
  - 활용과제는 기술이전 회사가 신기술을 제품화·사업화를 진행하는데 필요한 기술을 지원하는 기술 자문 역할 수행

## 다. 소프트웨어

### 1) SPT 업홀 및 HAWW기법을 이용한 지반강성의 2차원 영상화 기법

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

- SPT 업홀 및 HAWW기법을 이용한 지반강성의 2차원 영상화 기법 개발 필요성
  - 건축물의 안전성을 강화하기 위해서는 정확한 지반 정보를 수집하고, 쉽게 해석할 수 있어야 함
    - 여러 지점의 전단파 속도를 측정함으로써 정확한 지반 정보를 수집 가능
    - 측정된 전단파 속도를 쉽게 해석하기 위해서는 2차원으로 영상화하는 것이 필요
  - 일반적으로 지층의 구조를 파악하기 위해서는 특정 지점에 시추를 실시하고 중간지점은 시추 지점의 값을 활용해 추정하는 방법을 이용함
    - 이러한 방식은 시추 지점 사이의 특성 변화를 제대로 파악하기 어려움
  - 정확한 지반 정보를 얻기 위해 여러 지점에서 시추를 수행하면 공사비와 공사기간 증가

- 추가적인 시추 없이 신뢰성 있는 지반 정보를 얻을 수 있는 방법이 필요
- SPT업홀기법은 표준관입시험(SPT)에서 발생하는 충격가진원을 이용하기 때문에 별도의 비용이 발생하지 않고 시추와 동시에 시험을 수행할 수 있어 기존의 업홀기법에 비해 매우 간단하며 경제적
- HVAW기법은 기존에서 많이 활용되는 표면파 시험(SASW 및 MASW)에 비해 시험 시간이 짧고, 2차원 영상화 자동화되어 있어 지반 물성을 해석하는데 용이

#### ○ 연구개발의 목적

- 별도의 비용없이 시추와 동시에 시험 수행 가능한 탄성과 탐사 기법 개발
- 지반파의 해석을 용이하게 하는 2차원 영상화의 구현

#### □ 주요 성과

- 기술적 성과: SPT업홀기법 및 HVAW기법은 기본적 지반 조사비용만으로 건설현장에서 효율적이고 신뢰성 있는 지반파를 측정하고, 해석이 용이한 2차원 정보로 자동 변환됨
- HVAW 기법의 적용성 및 2차원 영상화 적용에 대한 수치해석결과는 기타 표면파 기법 적용 연구에도 활용될 수 있음
- 경제적 성과: 불필요한 지반조사를 감소시켜 지반조사 기간 및 전체 공사비 절감
- 지반조사 기간 및 비용 절감
  - 추가 시추가 필요하지 않기 때문에 지반공사 공기 단축되고 전체 공사비도 절감
- 기타 성과: 신뢰성 있는 지반정보 확보로 지하 및 상부 구조물의 안전성 증가
- 활용 실적
  - 기술실시: 희송지오택(연구 참여기업, 지반조사기업), 지질자원연구원
  - 개발 프로그램의 판매는 기술실시 이외에 이루어지지 않았지만, 많은 현장에서 지반파 조사 방법으로 많이 활용됨
  - 연구실의 지반조사 용역 프로젝트 및 연구실 출신 졸업생을 통해 현장에서 활용

- 체계적인 기술사업화에 대한 동기 부족
  - 대학의 연구개발은 실용화보다는 기초연구와 교육에 초점을 두고 있음
  - 기술사업화를 위한 체계적 지원 필요

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

Ⅱ 표 IV-19. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존의 지반조사 방법의 문제점 파악</li> <li>▪ 문헌 조사를 통한 대안 기법(알고리즘) 제시</li> </ul>
대안 기법의 모델링	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대안 기법의 모델링(프로그램화)</li> </ul>
모델의 최적 조건 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수치 해석을 통한 모델의 최적 조건 도출                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수치 해석 모델의 구성: 요소 크기 10cm</li> <li>- 측정시간간격: 2,000Hz(HWAW기법), 20,000Hz(STP업홀 시험)</li> </ul> </li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모델의 성능 검증 및 최적화를 위한 노력(수치 모의 시험)</li> <li>▪ 현장 사례(지반 모델 6가지)에 따른 모델의 성능 검증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이션 활용</li> </ul> </li> <li>▪ 가상지반 가정을 통한 예제 해석 및 지속적인 현장 시험을 통해 오류 수정</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모델의 현장 시험방법 정립 (감지기 위치 및 감지기 수 설정)</li> <li>▪ 현장 시험 장비 개선</li> <li>▪ 실험대형 모형 부지 시험을 통한 기존 방법과의 비교 (모델의 신뢰성 확보)</li> <li>▪ 현장시험을 통한 성능 검증 (김제, 장안, 대전, 분당)</li> <li>▪ 개발 모델과 기존 모델과의 현장 시험 결과 비교: 비슷한 성능 &amp; 경제적이고 시험이 간단함</li> </ul>
프로그램 출원 및 등록	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HWAW 시험의 자동역산 프로그램 외 5건</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기법의 매뉴얼 작성</li> <li>▪ 추가 현장시험 수행 (대전, 부산, 예산)</li> <li>▪ 사용자의 요구 수집을 통해 상용 제품의 업그레이드 노력</li> <li>▪ 교육훈련 12회, 현장기술지도 2회, 기술상담 2회</li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 참여기업과 기술이전사업 추진 (2007년 10월)</li> <li>▪ 한국지질자원연구원으로 제품 판매 (2007년 10월)</li> </ul>

□ 활용 요인

- R&D 기획 단계: 기존 탄성과 측정 방식보다 정확한 정보를 획득하며 비용을 절감할 수 있는 방법을 명확히 정의

○ R&D 수행 단계: 네트워크를 활용한 현장시험과 모형부지시험 수행

- 네트워크를 활용한 현장시험

- 인적 네트워크를 통해 경기도 평택의 서해대교 현장, 경남 하동의 경전선 철도공사 하동 정거장 부지, 경남 진해의 부산 신항만 현장 관계자에게 기술 홍보 수행 및 현장시험

- 모형부지시험

- 충남 예산의 고속도로현장에 4층 규모(높이 8~9m, 폭 15~20m)의 자체 모형 부지를 건설하여 다양한 유형의 지반에서 현장시험 수행
- 현재 우리나라에는 지반조사를 위한 test-bed가 구축되어 있지 않기 때문에 시간에 따른 지반의 특성 변화를 관찰할 수 있는 현장시험이 어려움

○ 기술 홍보 단계: 건설회사 실무자 대상 및 전문가 대상의 홍보

- 교육훈련 (12회), 현장기술지도 (2회), 기술상담 (2회) 실시

- 건설회사 실무자 대상 홍보

- 기술의 수요자이면서 동시에 현장시험 장소 제공자인 건설회사 대상의 지속적인 기술 홍보가 R&D성과 활용에 큰 도움을 줌

- 전문가 대상의 홍보

- 관련 학회 또는 위원회 대상의 홍보를 통해 전문가집단의 기술 이해도를 높임

○ 실용화 추진 단계: 네트워크를 활용한 현장적용

- 연구실 출신 졸업생 중심의 네트워크를 활용한 현장적용을 통해 기술의 신뢰성 누적

- SPT 업홀 기법, HWAW 기법의 현장 상용화 시스템 및 영상화 소프트웨어의 판매는 거의 이루어지지 않았음

- 기술사업화를 실용화할 수 있는 체계적·조직적 지원 필요



Ⅱ 표 IV-20. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 네트워크를 활용한 현장시험 장소 섭외</li> <li>▪ 공사 현장에 실제 현장모형 제작을 통한 다양한 유형의 지반 시험</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 추가 현장시험을 통한 기술의 신뢰성 확보</li> <li>▪ 교육훈련, 현장기술, 기술상담 등 실제 기술을 활용하는 실무자 대상의 홍보</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 네트워크를 활용한 현장 활용</li> </ul>

## 2) 우리나라 지역 특성에 맞는 최적 지하수 함양량 산정기법 개발

### □ 연구개발의 배경 및 목적

#### ○ 최적 지하수 함양량 산정기법 개발 필요성

- 수자원 확보를 위한 지하수 관리의 중요성 인지
  - 우리나라 지하수 관리의 기본원칙은 지하수의 보전·관리를 우선으로 하고, 철저한 사전조사와 평가를 거쳐 부존특성과 이용실태를 고려하여 지속가능하도록 체계적으로 개발·이용하는 것임<sup>3)</sup>
- 지하수 관리를 위해서는 지하수가 부존하는 대수층으로 배출되는 양을 정량적으로 추정할 수 있는 기술이 필요함
  - 이를 위해서는 지하수의 부존 및 이용량의 파악과 함께 지하수가 부존하는 대수층으로 배출되는 양을 정량적으로 추정할 수 있는 기술개발이 필수적임
- 현재 우리나라에서는 지하수 함양량 산정을 위해 다양한 방법이 활용되고 있음
  - 대부분 방식들은 지하수 함양량의 시·공간적인 변동성을 파악하기 어려움
- 미국에서는 지하수 함양량만으로 개발 가능량을 추정하는 기존방식의 한계를 인식하고 기저유출을 포함한 하천-지하수 연계를 통한 지하수 관리방식을 채택
- 우리나라도 보다 효율적인 지하수 관리방안 개념을 도입할 필요가 있음

#### ○ 연구개발의 목적

- 우리나라 지역특성에 맞는 함양량 산전을 위해 토지이용을 고려한 월별, 계

3) 지하수관리 기본계획 보고서, 건설교통부, 2002

절별 및 유역별 지하수 함양량을 산정하는 기법을 개발

- 우리나라 최초로 지표수-지하수 연계모형을 이용하여 지하수의 함양과 배출, 인위적인 양수, 하천과 대수층과의 물 교환 등을 모두 고려한 유역통합 물수지 분석

#### □ 주요 성과

○ 기술적 성과: 시·공간 특성을 고려한 최적 지하수 함양량 산정·추정기법 개발

- 최적 지하수 함양량 산정·추정기법 개발
  - 지표수-지하수 통합모의모형을 이용하여 유역 내 지하수 개발을 고려한 자연함양량 산정기법 구축 (공간적 특성)
  - 시계열적 역산기법을 이용한 지하수 함양량 추정기법 개발 (시간적 특성)

○ 경제적 성과: 지하수 함양량 산정 방법의 고도화로 관측비용과 인력 절감 및 고가의 소프트웨어 대체

- 유역특성별로 지역화가 이루어질 경우 미계측 유역의 지하수 함양량 산정 가능하여 관측비용 및 인력 절감
  - 시구군당 1억원 정도의 예산 절감 효과
- 고가의 소프트웨어 대체
  - 해외의 고가 소프트웨어 (예: MIKE-SHE 모형)를 국내 기술로 대체함으로써 수입대체 효과

○ 정책적 성과: 국가 지하수 관리의 효율성 향상

- 국가 지하수 관리의 효율성 향상
  - 현재 건설교통부에서 수행하고 있는 “지하수 관리 기본 계획” 수립에 직접 활용할 수 있는 기술을 제공하여 국가 지하수 관리의 효율성을 높임
  - 지하수 개발 가능량의 표준 가이드라인을 제시하여 지하수 산정량 조사를 위한 중복사업을 피할 수 있음

○ 활용 실적

- 지하수 기초조사 및 수문지질도 제작·관리지침에 포함됨 (2007.12 선택사항)

- 2007년 청원(청주)지역 지하수 기초조사 (시행업체: 한국광물자원공사)
- 2009-2010 진천지역 지하수 기초조사 (위탁수행기관: 한서엔지니어링)
- 2010년 지하수 기초조사에서 “최적 지하수 함양량 산정기법 개발” 기법을 활용한 조사가 최고 평가를 받아 현재 지하수 전문 조사 업체 6개가 활용
- 2010년 수문학 국제 컨퍼런스 유치

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

Ⅱ 표 IV-21. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존의 지하수 함양량 산정방법의 문제점 및 한계점 도출</li> <li>▪ 제 4차 물포럼 참가를 통해 최근 지하수에 관한 중요성과 지하수 관리의 최신 방법 파악</li> <li>▪ 국내외 문헌 조사를 통한 대안 기법(알고리즘) 제시 및 연구방향 결정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국: 기저유출을 포함한 하천-지하수 연계를 통한 지하수 관리방식 채택</li> </ul> </li> </ul>
대안 기법의 모델링	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대안 기법의 모델링(프로그램화)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지표수-지하수 연계해석 모형 (SWAT-MODFLOW 모형)</li> <li>- 지하수 함양량 시계열법 추정법 (MED 모형)</li> <li>- 함양량 산정을 위해 물 순환모형 적용 (SWAT 모형, HELP 모형)</li> </ul> </li> </ul>
모델의 최적 조건 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수치 해석을 통한 모델의 최적 조건 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단일 저수지 개념을 다단 저수지 저류 추적 개념으로 변환 후 지체 매개 변수값의 변화를 통해 실제 대수층의 지하수위 변화와의 상관성을 검토하여 최적의 지체변수 결정</li> <li>- SWAT모형의 하부구조인 지하수 모듈의 집중형 특성을 분포형 모형인 MODFLOW로 대체하여 대수층의 물수지를 정확하게 계산할 수록 모형 개선</li> </ul> </li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모델의 성능 검증 및 최적화를 위한 노력(수치 모의시험)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이션 활용</li> <li>- 입력자료: 기상, 지형, 토양, 토지이용과 관리, 대수층 구조, 하도정보 등</li> <li>- 실제 지하수위 시계열에 맞게 함양의 최적 시계열 도출</li> <li>- 함양 매개변수 결정 -&gt; 결합모형 구동 -&gt; 최종 지표수 유출량과 지하수위 분포를 관측치와 비교하여 성능 검증</li> </ul> </li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 개발 기법 대상 적용 지역 선정 (미호천 유역, 보청천 유역, 안성천 유역)</li> <li>▪ 입력 데이터 수집, 현장조사 (대상 유역 하천정보의 적정성 검토)</li> <li>▪ 관측지하수위와 실험지하수위 비교 (모델의 신뢰성 확보)</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정책 워크샵 개최</li> <li>▪ 기술지도 및 기술용역</li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2007년 청원(청주)지역 지하수 기초조사</li> </ul>

## □ 활용 요인

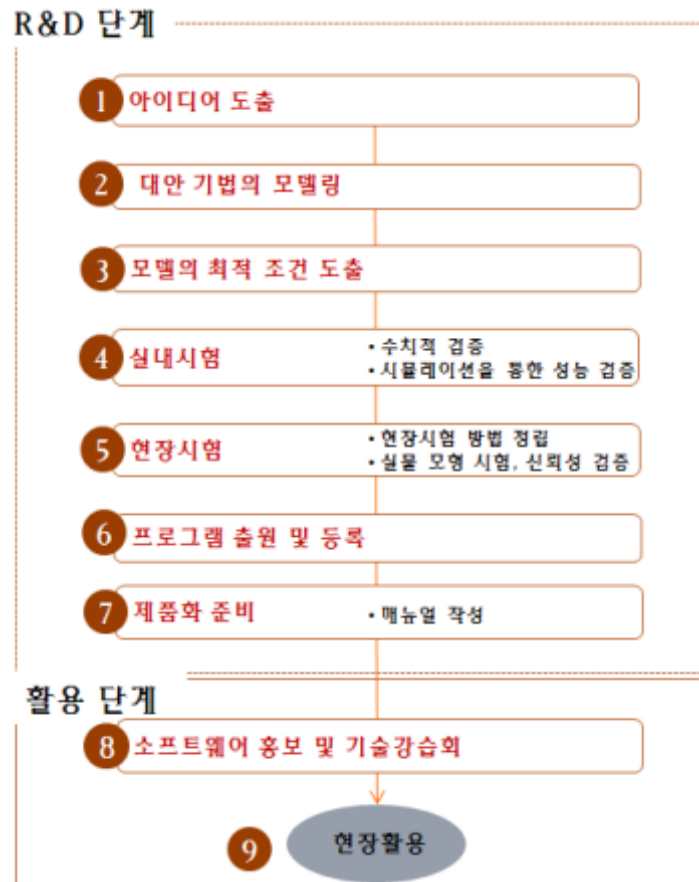
- R&D 기획 단계: 기존의 지하수 함양량 산정 방법의 문제점으로부터 연구방향 설정
  - 기존 지하수 조사 업체가 사용한 기법은 지나치게 간소화되어 있어 정확한 값을 예측할 수 없기 때문에 지역의 지하수 관리계획에 그대로 적용하기 어려움
- 기술 홍보 단계: 기술 수요자 대상의 기술홍보
  - 지하수 조사를 실시하는 지방자치단체를 대상으로 정책 워크숍 실시
  - 지하수 조사 업체 대상의 기술지도, 세미나 실시
- 실용화 추진 단계: “분포형 수문모형” 기법 보급 및 지침 제안
  - 상용화 소프트웨어까지는 개발하지 않았지만 “분포형 수문모형” 지하수 함양량 산정기법 보급 및 연구 용역 수행
  - 지하수기초조사 지침에 “분포형 수문모형” 이 선택사항으로 포함되어 있음

Ⅱ 표 IV-22. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존의 지하수 함양량 산정 방법의 문제점 분석을 토대로 연구방향 설정</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지하수 조사를 실시하고자 하는 지방자치단체 대상의 강연회(정책 워크숍)를 통해 기술홍보</li> <li>▪ 지하수 조사 업체 대상의 기술지도, 세미나 실시</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 개발 기법 업데이트 권유 및 연구 용역 수행</li> <li>▪ 기술의 확산을 위해 기준 및 지침에 제안</li> </ul>

## 3) 소프트웨어 R&D 성과활용 프로세스

- R&D 단계는 아이디어 도출, 대안 기법 모델링, 모델의 최적조건 도출, 실내시험, 현장시험, 프로그램 출원, 제품화 준비 과정으로 이루어짐
- 활용 단계는 기술홍보와 현장 활용이 이루어짐



Ⅱ 그림 IV-4. 소프트웨어 R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

## 라. 장비/장치

### 1) PMW회생 인버터 개발을 통한 에너지 절약의 극대화

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

##### ○ PMW회생 인버터 개발 필요성

- 철도분야에서 재생에너지 이용 필요성 증대

- UIC<sup>4)</sup>에서는 전동차 운전의 표준모델 제시를 통해 에너지 절감을 유도함

4) 국제 철도 연맹 (International Union of Railways), 철도 기술에 관한 국제적 표준의 확립이나 국제열차 운행 추진, 철도 운영에 관한 지원 등을 한다. 주 회원은 각국의 국유철도 혹은 민영화된 구 국유철도이다. 제1차 세계대전 후인 1922년에 국제열차 운행의 원활화와 철도 기술의 표준화를 목적으로, 주로 유럽 각국의 철도사업자(22개국 51개 철도사업자)가 중심이 되어 발족했다. 2007년 현재 171개 철도사업자가 UIC에 가입했다. 대한민국의 회원은 한국철도공사, 한국철도시설공단, 한국철도기술연구원, 한국철도대학이 있다.

- 선진 전철시스템에는 전동차의 회생제동에 따른 회생전력 흡수 및 이용방안으로 회생인버터 적용하고 있음
- 2012년까지 우리나라의 철도교통의 약 83.9%가 전철화 될 예정이며, 전철노선의 복선화 및 새로운 선로 증가로 전기에너지 사용량이 증가 예정
- 전기철도에서 사용되는 에너지 효율화 및 에너지 절약대책과 에너지 재사용을 위한 방안 마련이 시급함
- 회생에너지(전기제동 시 생성되는 에너지) 활용을 통한 에너지 효율 향상
- 세계적으로 전기철도에서 기존의 기계적인 제동방식을 보완하여 전기적 제동을 병용하고 있음
- 전철시스템에서 회생에너지량은 차량 가속을 위해 투입되는 에너지의 45~47%로 이중 타 전동차에서 20% 소모되고 20~27%가 잉여 전력으로 남음
- 잉여회생전력을 안정된 가선전압으로 만드는 장치(PMW회생 인버터) 필요

#### ○ 연구개발의 목적

- 1.5MVA 에너지 회생장치 개발을 통해 직류 1500V 전압을 사용하는 도시철도시스템에서 발생하는 잉여회생전력을 대용량 전력변환장치를 사용하여 직류 가선전압의 상승을 억제하여 전철시스템의 안정성을 확보하고 잉여에너지 재이용을 통해 에너지 절약 방안 제시

#### □ 주요 성과

- 기술적 성과: 회생전력 흡수기술과 능동전력필터 제어알고리즘 개발을 통한 전력변화기기 기술수준 향상
- 국내 대용량 전력변화기기의 기술수준 향상
- 축소형 회생인버터의 고품질의 회생전력을 생산하기 위한 회생전력 흡수기술과 능동전력필터 제어알고리즘을 개발
- 본 과제에서 개발한 대용량 IGBT<sup>5)</sup> 인버터는 태양열 및 풍력발전 시스템에도 적용되고 있는 핵심기술이기 때문에, 타 산업분야로 기술이전이 가능

5) 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated gate bipolar transistor, IGBT)는 금속 산화막 반도체 전계효과 트랜지스터 (MOSFET)을 게이트부에 짜 넣은 접합형 트랜지스터이다. 게이트-이미터간의 전압이 구동되어 입력 신호에 의해서 온/오프가 생기는 자기소호형이므로, 대전력의 고속 스위칭이 가능한 반도체 소자이다.

○ 경제적 성과: 회생전력 이용에 따른 비용절감, 에너지 절약 효과 및 수입대체 효과

- 회생전력 이용에 따른 비용절감

- 서울 7호선 4개 변전소에 회생인버터 설치 시, 연간 회생전력량은 6,570,000kWh/年, 연간 약 4.59억원의 비용절감 (서울특별시지하철건설본부 “도시철도 에너지사용 설비진단 용역보고서”)

- 회생전력 이용에 따른 에너지 절약

- 전철시스템 20~25% 이상의 에너지 절약, 에너지 회생전력 재활용을 통해 20% 손실저감

- 대용량 인버터 기술 우위 확보로 수입대체 효과

- 에너지 회생장치의 자체 기술 확보로 해외 선진기술 의존도를 탈피하고, 1대당 약 5~7억 원의 대용량 회생용인버터의 수입대체 효과
- 최근 일본 Hitachi사에서 IGBT를 사용한 회생용 인버터를 개발하여 국내시장 진출을 시도

○ 활용 실적

- 광주도시철도에서 현장시험 진행 중

- 전철의 안전성 문제로 실제 승객을 태우고 진행하는 현장시험이 매우 어려움
- 2010년 광주도시철도의 제안으로 시범 운영을 통해 현장시험 진행 중임 (2012년 3~4월 시험 종료 예정)

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

Ⅱ 표 IV-23. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내외 기술개발 현황 조사를 통한 R&amp;D 방향 설정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내의 잉여회생전력 흡수 및 재사용 전철시스템 (부산 지하철 1,2호선, 회생인버터 사용하지 않음)의 문제점 파악: 경제성 저하, 설비 공간 확보의 어려움, 낮은 전력품질</li> <li>- 국내 회생전력 흡수장치 개발 현황: 제품개발 후 현장시험 이루어지지 않음</li> <li>- PWM 컨버터 제어방식 인버터 개발을 통해 회생전력의 품질향상 및 설치 공간의 축소</li> </ul> </li> <li>■ 장비 기능 정의</li> </ul>
장비개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전력시뮬레이션에 의한 회생량 분석(5~8호선 대상)을 통한               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 회생인버터 용량, 설치위치, 설치개수 선정</li> </ul> </li> <li>■ 회생 인버터 축소 모델 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 회생인버터시스템 구성, 회생인버터 시스템 주요 기기 설정</li> <li>- 축소형 회생용 인버터를 이용한 제어알고리즘 개발</li> </ul> </li> <li>■ 회생용 인버터 시작품 제작</li> </ul>
특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전철변전소의 회생인버터 제어방법, 2008 외 7건</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 모델의 성능 검증 및 최적화를 위한 노력(수치 모의시험)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이션 활용 (부산지하철)</li> </ul> </li> <li>■ 시험설비 제작 및 성능시험</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 실계통 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공인인증기관에 의한 인증시험을 수행하기 위한 시험 절차서 작성</li> <li>- 공인인증기관 인증시험 통과</li> <li>- 실계통 적용 시험 방안 수립</li> </ul> </li> <li>■ 현장적용: 부산교통공사의 노포차량기지내 시험선로계통에 연결</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술의 경제성 분석</li> <li>■ 기술실시기업의 현장 적용을 위한 기술지원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장상황에 맞게 시스템 최적화 (개발 종료 2년 후에 사용되었기 때문에 전자장비의 사전 테스트가 필요했음)</li> </ul> </li> </ul>
홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 현장적용을 위한 지역자치단체 대상의 기술홍보</li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 광주 도시철도에서 현장 시험 (승객을 태운 첫 현장시험, 2010년 시험운행 시작, 1년 정도 소요됨)</li> </ul>

#### □ 장비/장치 유형의 성과활용 요인

##### ○ R&D 수행 단계: 발주처의 R&D 참여 및 기술홍보

- R&D성과를 활용하는 기관의 연구부문을 R&D에 참여시켜 R&D성과에 대한 발주기관의 이해를 높임으로 현장시험 및 현장활용의 기회 확대
- 현장시험장소를 제공해 줄 수 있는 지역자치단체 대상의 기술홍보



- R&D 종료 후 충분한 현장시험을 수행하지 못하였으나 녹색성장 정책 환경변화를 통해 시험현장 확보

○ 실용화 추진 단계: 경제성 분석

- 경제성을 분석을 통해 기술 활용의 타당성 확보

|| 표 IV-24. 장비/장치 R&D 성과활용 요인 ||

단계구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 발주기관을 R&amp;D에 참여시켜 R&amp;D 성과에 대한 이해를 높임</li> <li>▪ 현장시험을 위한 지역자치단체 대상의 기술홍보</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해당사항 없음</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 분석</li> </ul>

## 2) 교량구간 동절기 안전관리 기술개발

### □ 연구개발의 배경 및 목적

#### ○ 필요성

- 국내 상습결빙구간에 대한 대응방법은 표지판과 모래주머니를 활용한 전통적인 소극적 방식
- 상습결빙구간에는 “미끄러운 도로”, “전방에 상습결빙구간이 있으니 주의하라” 라는 상시 안내표지 및 모래주머니 구비
- 기존의 대응방식의 효과는 검증되지 못함
- 결빙으로 인한 교통사고를 예방하기 위해서는 적극적인 상습결빙구간 안내방법과 결빙예방 방안 필요

#### ○ 목적

- 동절기 상습결빙구간의 안전성 향상을 위해 도로의 위험등급에 따른 정확하고 체계적인 안전관리 방안 마련
- 노면결빙안내시스템 개발
- 노면의 수분 여부와 결빙상황을 자동으로 검지하여 상황을 판단하고, 그에 따른 경고 메시지 안내

- 효과적인 정보제공 및 운전자의 주위환기 효과를 극대화할 수 있는 도로전광표지를 활용
- 염화물 자동분사 시스템 개발
  - 도로에 발생하는 결빙 제거를 위한 시스템

## □ 주요 성과

### ○ 기술적 성과

- 동절기 상습결빙구간의 도로안전시설 설치방안 정립
  - 도로의 위험도 및 등급을 고려하여 1~6등급에 이르는 안전시설 적용방안 정립

Ⅱ 표 IV-25. 위험등급별 안전관리 기술 적용방안 Ⅱ

위험등급	안전관리 적용기술				
6등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미끄러운 도로 표지</li> <li>• 차량방호울타리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전속도표시 + 현재속도표출</li> <li>• 럼블스트립</li> </ul>	•그루빙시공	•노면결빙안내 시스템	•염화물 자동 분사 시스템
5등급					
3,4등급					
2등급					
1등급					

- 노면결빙안내시스템 개발
  - 운전자에게 실시간으로 도로의 결빙상황에 대한 정보를 제공하여 대응할 수 있도록 함
- 염화물 자동분사 시스템 개발
  - 상습결빙구간의 결빙상황을 예측하여 염화물을 자동으로 분사하는 적극적인 안전관리 대책
  - 해외 시스템의 국산화
- 네트워크 수준의 시스템 관리 방안 마련
  - 노면결빙안내시스템과 염화물 자동분사 시스템 모두 설치된 지점에 대한 내용을 도로관리 기관에서 상황과악 및 유지관리 mraus에서 모니터링 가능함

○ 경제적 성과

- 노면결빙안내시스템의 도로전광표지는 기존 도로전광표지 대비 제작단가 40% 절감, 유지보수 방법 간소화
- 염화물 자동분사 시스템은 국외 제품 대비 제작단가 30% 절감 & 국내 기술로 개발

□ R&D부터 성과활용까지의 프로세스

Ⅱ 표 IV-26. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 결빙도로 안전을 위한 기존 장비 및 시스템의 문제점 진단               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 도로표지판은 정적이며 소극적인 방식</li> <li>- 고속도로에 설치되어 있는 염화물 자동분사 장치는 국외에서 제작된 것으로 유지관리의 어려움</li> </ul> </li> <li>• 동절기 결빙도로의 안전관리를 위한 국내·외 도로안전시설 및 관련기술 조사</li> <li>• 동절기 도로를 대상으로 위험성 및 기능적 중요도에 따라 동절기 상습 결빙구간의 안전관리 최적 대안 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면결빙안내시스템/염화물 자동분사 시스템</li> <li>- 안전관리 대안의 장·단점 분석</li> <li>- 설치 지역 탐방 (자동 염화물 분사 시스템; 미국 일리노이 주, 성남시 운중고개)</li> </ul> </li> <li>• 국산화 가능성 진단</li> <li>• 국내 동절기 기후 및 도로·교통 특성의 환경요소 분석</li> <li>• 상습결빙구간 현장 조사 및 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 시범운영 및 교통특성 조사가 가능한 지점 위주로 선정 (17번 국도, 전북 임실 관촌면 오원교 외 23개 지점)</li> <li>- 조사항목: ①교량/음지구간 위치 ②교량제원 및 차로 수 ③교량구간의 제한속도 ④ 진·출입부의 기하구조</li> </ul> </li> </ul>
장비개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로안전관리 수준별 안전시설 설치 방안 정립</li> <li>• 노면결빙안내시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 운영방식 설계</li> <li>- 의사결정 및 운영 S/W 개발</li> <li>- 노면결빙안내시스템 상세설계</li> <li>- 상습결빙구간에 적합한 도로전광표지 설계 및 개발</li> <li>- 노면결빙안내 시스템 통신 부분 설계</li> </ul> </li> <li>• 염화물 자동분사 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 여건에 맞는 시스템 설정 및 설계</li> <li>- 의사결정 알고리즘 정립</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네트워크 기반의 관리 시스템 설계</li> </ul>
특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순환공급수단을 갖는 염화물 제조 및 살포시스템 (2006.6.29 등록)</li> <li>• 레일픽셀모듈 및 이를 이용한 통풍구조의 전광판 (2007.4.5)</li> <li>• 측면분사식 노즐 (2008.1.18)</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면결빙안내시스템 시험운영 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시범시스템 제작 및 설치 (주차장에 설치)</li> </ul> </li> <li>• 염화물 자동분사 시범시스템 시험운영 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 보완 (분사노즐, 펌프)</li> </ul> </li> <li>• 두 시스템 연계 운영을 위한 시험운영</li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실제 도로현장 시험 불가 (도로관리청 미승인)</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제성 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면결빙안내시스템의 도로전광표지는 기존 도로전광표지 대비 제작 단가 40% 절감, 유지보수 방법 간소화</li> <li>- 염화물 자동분사 시스템은 국외 제품 대비 제작단가 30% 절감 &amp; 국내 기술로 개발</li> </ul> </li> <li>• 노면 안전관리 관련 사업 입찰 참여 및 도로, 터널, 교량 입찰에 반영 추진 계획</li> <li>• 신제품 인증제도 확보 노력</li> </ul>

## □ 미활용 요인

### ○ 연구개발단계: 시장 형성 시기 예측의 어려움

- 연구기획단계에서 구체적인 향후 시장 전망 분석 필요
  - ‘교량구간 동절기 안전관리 기술개발’ 과제의 연구 성과인 염화물 자동분사 시스템은 전세계적으로 시범 설치하여 운영효과를 분석하고 있는 단계이기 때문에 단기간 안에 시장이 형성되기 어려움
  - 본 과제는 단기간에 활용된 기술이라기보다는 중장기적으로 활용될 기술을 국산화 하여 확보한 것에 의의가 있다고 봄
- 현장시험을 통한 기술의 안전성과 적용성 검증 활동 부재
  - 도로 안전상의 문제로 실제 도로현장 시험 불가 (도로관리청 미승인)
  - 본 과제는 아직 “기술개발완료” 단계라 할 수 없음

### ○ 실용화추진단계: 경제성 분석의 실효성이 낮음, 활용 매뉴얼 부재

- 염화물 자동분사 시스템에 대한 경제성 분석은 신기술의 제작단가에 대한 분석만 포함하고 있어, 현재 노면 결빙시 활용되고 있는 방법과의 경제적 비교

분석이 없음

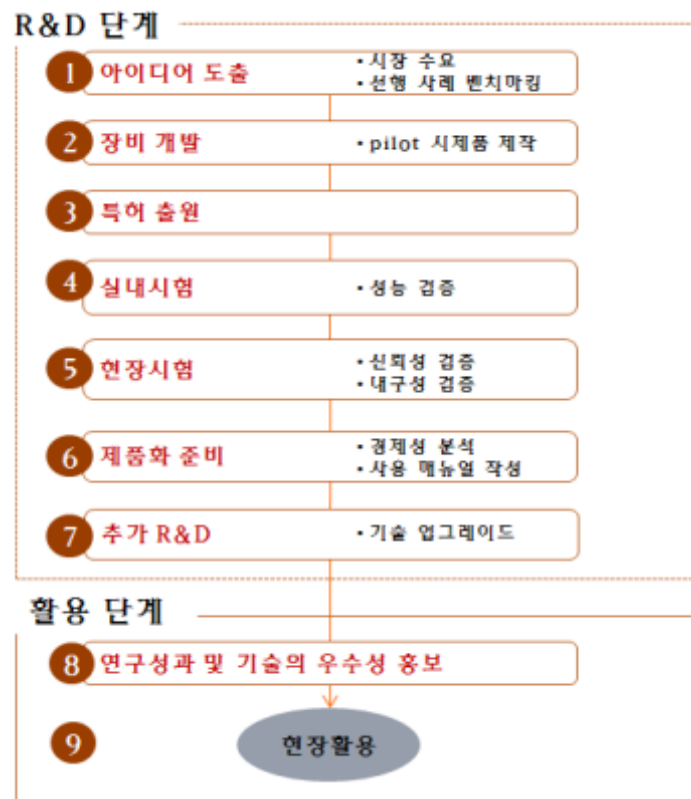
- 활용 매뉴얼 부재

|| 표 IV-27. 장비/장치 R&D 성과 미활용 요인 ||

단계구분	미활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 향후 시장의 규모 및 시장 형성 시기에 대한 전망을 연구기획단계에서 충분히 고려해야 하지 못함</li> <li>▪ 현장시험의 미실시로 기술의 안전성과 적용성 미검증</li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해당사항 없음</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 분석의 실효성이 낮음</li> <li>▪ 활용을 위한 매뉴얼 부재</li> </ul>

### 3) 장비/장치 R&D 성과활용 프로세스

- R&D 단계에는 아이디어 도출, 장비개발, 특허출원, 실내시험, 제품화 준비, 추가 R&D 과정이 포함되고, 활용 단계에서는 기술홍보와 현장 활용이 이뤄짐



|| 그림 IV-5. 장비/장치 R&D 성과활용 프로세스 ||

#### 4) 장비/장치 유형의 R&D 성과 활용을 위한 시사점

Ⅱ 표 IV-28. 장비/장치 성과활용 요인 vs. 미활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인	미활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요처를 R&amp;D에 참여시켜 수요처의 R&amp;D성과에 대한 이해를 높임</li> <li>현장시험을 위한 지역자치단체 대상의 기술홍보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>향후 시장의 규모 및 시장 형성 시기에 대한 전망을 연구기획단계에서 충분히 고려해야 하지 못함</li> <li>현장시험의 미실시로 기술의 안전성과 적용성 미검증</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>정밀한 경제성 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>경제성 분석의 실효성이 낮음</li> <li>활용을 위한 매뉴얼 부재</li> </ul>

##### □ R&D 단계

##### ○ 현장시험을 통한 기술의 안전성과 적용성 검증 활동 필요

- 장비/장치유형의 성과는 기존 시스템의 일부로 활용되기 때문에 안전성과 적용성 확보가 매우 중요함
- 기존 시스템의 안전성 저해의 위험이 존재하기 때문에 현장시험 허가가 매우 어려움
- PMW회생 인버터 개발을 통한 에너지 절약의 극대화' 과제의 경우도 유인 현장시험에 대한 허가를 받는데 연구개발 종료 후 2년 걸림
- 최근 에너지 절감, 그린 정책에 대한 관심이 증가함에 따라 지역자치단체에서 신기술에 관심을 가지고, 유인 현장시험 허용
- 광주 도시철도에서 유인 현장시험(승객을 태운 첫 현장시험, 2010년 시험 운행 시작, 1년 정도 소요됨)을 통해 기술의 안전성 검증 중
- 미활용과제는 실제 도로에서의 현장 시험 미수행 (도로관리청 미승인)

##### □ 실용화 추진 단계

##### ○ 신기술이 대체하고자 하는 기존 기술과의 경제성 분석 필요

- 'PMW회생 인버터 개발을 통한 에너지 절약의 극대화' 과제는 신기술 적용에 따른 경제적 가치에 대해 정확하게 분석하고 있음
- 서울 7호선 4개 변전소에 회생인버터 설치 시, 연간 회생전력량은 6,570,000kWh/年, 연간 약 4.59억원의 비용절감 (서울특별시지하철건설본

부 “도시철도 에너지사용 설비진단 용역보고서)

- 전철시스템 20~25% 이상의 에너지 절약, 에너지 회생전력 재활용을 통해 20% 손실저감
- 미활용과제는 경제성 분석의 실효성이 낮음
- 제작 단가에 대한 분석은 수행하였으나, 신기술로 대체하고자 하는 기존 방법과의 경제적 분석은 부재

## 마. 시스템

### 1) 교통정체에 실시간으로 대응하는 동적 운영제어장치 개발

#### □ 연구개발의 배경 및 목적

##### ○ 교통정체에 실시간 대응하는 동적 운영제어장치 개발 필요성

- 최근 도로 설계기준 강화 등에 따라 양적으로 증가하는 IC와 JC 구간에서 상습적 지체 및 정체 교통사고 증가
- 미국과 유럽 등에서는 연결로 진출입 차량이 합류부나 분류부에서 속도를 조정하거나 차로를 변경하도록 하여 교통 정체를 최소화 하고 있음
- 신기술을 활용하여 차로이용제어, 가변속도제어, 실시간 교통정보 및 도로 및 기상정보 등을 제공
- 도로체계 연결부의 구조적인 특성과 교통량의 동적변화를 고려한 도로운영 및 제어기술 개발 요구됨
- 기존의 고속도로교통관리시스템은 고속도로 본선의 교통류제어에 국한되어 있기 때문에 고속도로 연결부에서 발생하고 있는 교통지체 및 사고를 감소 시키기에는 한계가 있음
- 고속도로 합류부, 분류부, 엇갈림 부근에서 효율적인 차량 및 교통류 제어가 가능한 동적운영제어시스템 개발 필요

##### ○ 연구개발의 목적

- 동적운영제어시스템 개발 및 구현

- 시스템, 서비스 요구사항 및 전략 연구
- 시스템 H/W, S/W 기능 및 기술 분석, 핵심 기술 개발
- 연결부 도로 및 교통 현황 분석 및 시스템 적용 효과 분석

#### □ 주요 성과

- 기술적 성과: 교통 상황을 고려한 교통량을 조절 기술 개발
  - 고속도로 본선에서 돌발 상황 발생 시 진입교통량 자동조절 기술 개발
  - 연결부에서의 교통정보 수집, 가공, 제공, 제어를 가능하게 하는 기술 개발
- 경제적 성과: 정체 해소로 인한 고속도로 통행시간 단축 및 교통혼잡 비용절감
  - 고속도로 통행시간 단축
    - 고속도로의 상황에 따라 고속도로 진입이 제어에 따른 교통 정체 해소
  - 교통 혼잡 비용 절감
    - 교통 혼잡에 따른 연결부의 사고 위험성 감소
    - 정체 해소에 따른 유류비 절감 효과
- 활용 실적: 상습 정체 구간에서 진입제어시스템 상용화 수준의 현장시험 실시
  - 상습 정체 구간인 중동 IC에서 상용화 수준의 추가 현장시험 실시 예정
    - 중동 IC에서 이루어진 현장시험에서 시스템의 우수성을 인정받아 상용화 수준의 현장시험 요청 받음 (중동 IC 구간에서 5곳에 현장시험 준비 중)

#### □ R&D부터 성과활용까지의 프로세스



Ⅱ 표 IV-29. R&D 성과활용 프로세스 Ⅱ

구분	내용
아이디어도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내외 기술개발 현황 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관련 기술 및 고속도로 관리시스템 비교</li> </ul> </li> <li>■ 램프미터링 제어 기법을 통한 도로운영 시스템 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 램프미터링 제어 기법은 세계적으로 5,000개 이상 지점에서 구축, 운영되고 있음</li> <li>- 기술, 정책 및 운영, 법·제도 측면에서 적용 시의 문제점 파악</li> </ul> </li> </ul>
시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로시스템의 동적운영제어시스템의 범위 및 기능 정의               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 구조 및 하위시스템의 기능 정의</li> </ul> </li> <li>■ 동적운영제어시스템의 운영 전략 수립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하위시스템의 운영 전략 수립</li> <li>- 시스템 운영 및 제어에 필요한 교통정보 정의</li> </ul> </li> <li>■ 기능에 따른 H/W, S/W 설계 및 개발</li> <li>■ 현장시스템 구축 및 평가 범위 정의, 현장테스트 지점 선정(외곽순환 고속도로 중동 IC~서운 JC 본선구간 및 중동 IC 하부 교차로)</li> </ul>
특허출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ “시뮬레이션을 이용한 램프미터링 시스템 및 방법”, 2007</li> </ul>
실내시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 하위시스템의 작동 및 성능 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시나리오 별 시뮬레이션을 통한 모의시험 (가속차로 길이와 동적제어 길이 변화에 따른 9개 시나리오, 다양한 시뮬레이션 툴을 활용하여 시뮬레이션 결과의 신뢰성 구축)</li> </ul> </li> <li>■ 합류부 구간의 현장자료 수집 및 분석 (신갈 IC, 중동 IC)</li> <li>■ 가속차로 동적시스템 장치 선정 및 시제품 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 요구사항과 시스템 구동방식에 따른 장치 선택</li> <li>- 시제품 제작 (실제 크기의 2/3으로 제작)</li> <li>- 시제품의 신뢰성, 안정성 평가</li> </ul> </li> <li>■ 제어장치의 유사 현장 테스트               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장과 유사한 환경을 구축하여 시제품 제어장치가 현장시험에 문제가 없도록 시나리오 시험</li> </ul> </li> </ul>
현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 제어장치 현장시험 운영계획 수립 (국토해양부, 한국도로공사 허가)</li> <li>■ 시스템 시제품 설치 및 시스템 안전성, 신뢰성 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중동 IC지점의 시험평가 사이트 구축 및 현장시험을 위한 관계기관 (한국도로공사, 한국도로공사 경인지사, 경찰청 본청, 경기도지방경찰청, 부천중부경찰서, 부천시청, 기타 인허가 관련 기관)과의 협의: 4개월 이상 소요</li> <li>- 안전시설물 설치 허가 신청(경찰청 본청): 2개월 소요</li> </ul> </li> <li>■ 시범 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2007년 11월 14일부터 2007년 12월 13일까지 한 달간 이루어짐</li> </ul> </li> <li>■ 시스템 현장 평가 및 분석</li> </ul>
제품화 준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 현장시험 결과를 바탕으로 추가 현장시험 준비 중 (2010년 5곳에 현장시험 준비)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국도로공사 “고속도로 진입교통량에 따른 지·정체 및 교통수요 관리 방안”에 진입제어시스템 내용이 포함됨</li> <li>- 시스템 운영을 위한 추진 과정 및 관련 기관의 역할 도출 (6단계)</li> </ul> </li> </ul>
홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 관련 공공기관 대상 기술 홍보</li> </ul>
최초 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 현장시험 단계임</li> </ul>

## □ 시스템 유형의 성과활용 요인

### ○ R&D 기획 단계: 시장 수요를 기반으로 연구방향 설정

- 중동 IC를 비롯한 상습정체 구간의 증가로 국토해양부에서 고속도로 정체의 해결책 모색 중이었음

### ○ R&D 수행 단계: 현장시험을 위한 기술 홍보

- 현장시험에 대한 인허가를 담당하는 관련기관 대상의 지속적인 기술홍보
  - 현장시험을 진행하기 위해서는 실제 사용자의 협조가 필요하고, 다수의 관련 기관의 승인이 필요함

### ○ 실용화 추진 단계: 시스템 운영 과정의 프로세스화를 통한 운영 환경 구축의 효율성 증대

- 시스템 운영을 위해 필요한 과정을 프로세스화 하여 추가적인 현장시험 및 현장적용 시 시스템 운영 환경 구축의 효율성 증가
  - 시스템 운영을 위한 준비과정 및 관련 기관의 역할을 정리하여 시스템 운영의 환경 구축 가이드 마련

Ⅱ 표 IV-30. R&D 성과활용 요인 Ⅱ

구분	활용 요인
R&D 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시장 요구(상습정체 해결)로부터 R&amp;D 방향 설정</li> <li>▪ 현장시험 장소 섭외를 위한 관련 기관에 기술홍보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 상에서 현장시험이 이루어지기 때문에 유관기관의 협조 없이는 시험이 불가능함</li> <li>- 현장시험에 대비한 워크샵 개최 및 전문가 토론회</li> <li>- 현장 시험 자문회의</li> </ul> </li> </ul>
기술검증 및 보완 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 추가 현장시험을 통해 신뢰성, 안전성 확보</li> </ul>
실용화 추진 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시스템 운영을 위한 추진 과정 및 관련 기관의 역할 도출(6단계)</li> <li>▪ 기술실시기업의 현장 활용 시 기술 지원</li> </ul>

## 2) 시스템 R&D 성과활용 프로세스

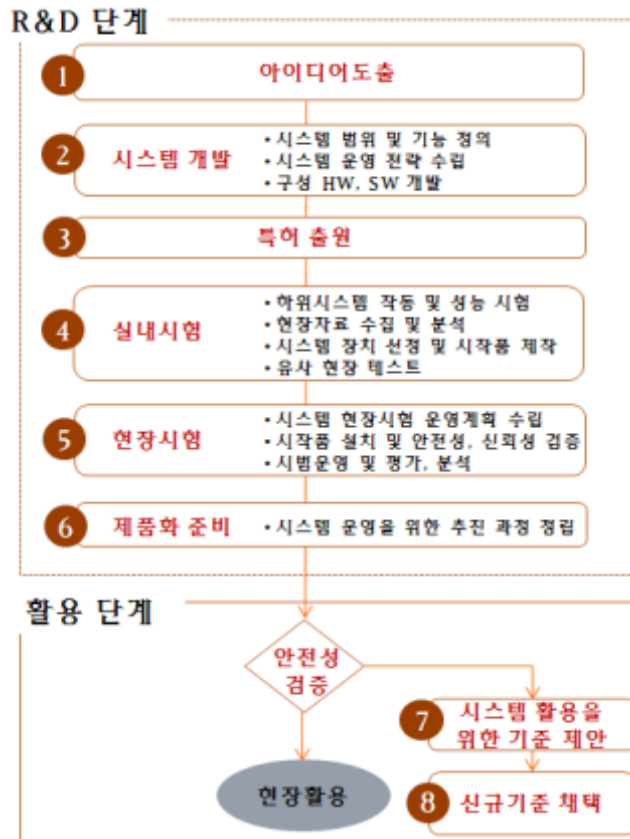
### ○ R&D 단계에는 아이디어 도출, 시스템개발, 특허출원, 실내시험, 현장시험, 제품화 준비 과정이 포함됨

- 시스템개발 과정에서는 하위시스템, 통합시스템, 인터페이스개발 및 시스템

운영 전략 수립 활동이 이루어짐

○ 활용단계에서는 시스템의 안전성 검증과 현장 활용이 이루어짐

- 시스템 활용을 위한 기준 부재 시 기준을 제안함



Ⅵ 그림 IV-6. 시스템 R&D 성과활용 프로세스 Ⅵ

## 2. 시사점

- R&D 결과물 유형별 활용요인은 R&D 단계, 기술검증 및 보완 단계, 실용화 추진 단계로 구분할 수 있음

Ⅱ 표 IV-31. R&D 결과물 유형별 활용요인 Ⅱ

구분	유형	활용 요인
R&D단계	공법/기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술의 문제점을 분석하고, 연구 성과가 활용될 수 있는 시장의 범위 설정</li> <li>실물모형 시험을 통한 신뢰성 검증</li> <li>현장에서 기술을 직접 활용하는 주체(내부 부서, 시공회사, 발주회사)에 지속적인 기술홍보</li> </ul>
	재료/자재	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장 수요 분석을 통해 R&amp;D의 방향 및 활용 시장의 범위 설정</li> <li>선행기술 분석을 통해 R&amp;D의 목표 설정</li> <li>전문가 활용을 통한 R&amp;D 진행 중 발생하는 문제점의 다양한 해결책 제시</li> <li>현장 시험장소 섭외를 위한 기술 홍보</li> </ul>
	소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술의 문제점 분석을 통한 R&amp;D 방향 설정</li> <li>현장 시험장소 섭외를 위한 기술 홍보</li> </ul>
	장비/장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>발주기관의 R&amp;D 참여를 통해 R&amp;D 성과에 대한 이해를 높임</li> <li>현장 시험장소 섭외를 위한 기술 홍보</li> </ul>
	시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장 요구로부터 R&amp;D 방향 설정</li> <li>현장 시험장소 섭외를 위한 기술 홍보</li> </ul>
기술검증 및 보완단계	공법/기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>공개시험, 기술박람회 참여를 통한 기술홍보</li> <li>신기술인증획득 및 장기간 소요되는 신뢰성 검증을 통해 기술 향상</li> </ul>
	재료/자재	<ul style="list-style-type: none"> <li>언론 홍보</li> </ul>
	소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>강연회를 활용한 발주기관 대상의 기술홍보</li> </ul>
	장비/장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>발주기관 대상의 기술홍보</li> </ul>
	시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>다수의 현장시험을 통해 시스템의 성능, 신뢰성, 안전성 확보</li> </ul>
실용화 추진 단계	공법/기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의 시공성, 경제성 분석</li> <li>실용화를 위한 설계예제 제시</li> </ul>
	재료/자재	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의 시공성, 경제성 분석</li> <li>기술실시기업의 기술 업그레이드 및 기술의 제품화 지원</li> </ul>
	소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술확산을 위한 기준 및 지침에 제안</li> </ul>
	장비/장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의 시공성, 경제성 분석</li> <li>기술실시기업의 현장 활용시 기술 지원</li> </ul>
	시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술실시기업의 현장 활용시 기술 지원</li> <li>시스템 운영을 위한 추진 과정의 프로세스 도출</li> </ul>

## □ R&D 단계에서의 활용요인

### ○ 성과의 활용시장에 대한 구체적인 정의가 중요함

- 실용화 과제는 시장의 수요 파악을 통해 “팔릴 수 있는” R&D를 기획해야 함
  - 건설교통 R&D는 공공 투자로 이루어지는 부분이 대부분이기 때문에, 시장의 니즈를 간과하기 쉬움
  - 우수한 기술도 시장에서의 수요가 없다면 활용될 수 없음
  - 특히 실용화과제는 “실용화”라는 목적을 달성해야 하기 때문에 R&D 기획단계에서 연구자의 관심이 아니라 시장의 관심이 반영되어야 함
- 활용시장의 구체화를 위해서는 철저한 준비과정이 필요함
  - 기존 기술의 문제점 파악을 통해 기술 개발의 방향 및 범위 설정
  - 선행기술 분석을 통해 기술 개발의 목표 설정
  - 이를 통해 목표 시장을 구체적으로 도출함

### ○ 현장시험 장소 섭외를 위한 지속적인 기술홍보가 필요함

- 건설교통 R&D는 안전성과 기존 시스템과의 인터페이스가 매우 중요하기 때문에 현장시험을 통한 안전성 및 신뢰성 검증이 매우 중요함
- 안전성이 중요하기 때문에 실제 건설 현장이나 도로에서 현장시험 하는 것이 쉽지 않음
- 현장시험을 위해서 실제 기술을 활용하는 의사결정자들을 대상으로 기술의 필요성과 기술의 우수성에 대한 지속적인 홍보가 필요함
  - 이를 위해 기술을 현장에서 활용하는 내부 부서 또는 시공사 및 발주처를 R&D에 참여시킴으로써 기술에 대한 이해를 높힐 수 있음

## □ 기술검증 및 보완 단계의 활용 요인

### ○ 추가 R&D를 통해 R&D성과의 성능, 신뢰성, 안전성 확보

- 장기간이 소요되는 신뢰성 시험을 추가 R&D를 통해 수행함으로써 R&D성과 향상을 위해 노력함
- 신기술인증획득을 위해 추가 R&D 수행함

○ 공개시험, 기술박람회, 학회, 강연회 등을 통한 기술홍보

- R&D성과를 평가하는 전문가집단 대상의 기술홍보를 통해 전문가집단의 기술 이해도를 높임으로써 향후 기술 활용 또는 관련 기준 수립 시 기술 수용도를 향상시킬 수 있음

○ 언론홍보를 통해 기술의 우수성 및 기술의 활용의 정당성을 홍보함

- 사회적으로 이슈화 된 문제로부터 연구방향을 설정한 경우 언론홍보를 통한 기술홍보가 용이함

○ 발주기관 대상의 기술홍보를 통해 기술 활용의 기회를 증가시킴

- 건설교통 분야의 R&D가 활용되기 위해서는 발주기관의 기술 수용이 매우 중요한 사안임
- 건설교통 분야는 안전성과 공공성이 매우 강조되는 분야이기 때문에 발주기관이 신기술 활용으로 인한 리스크에 대한 회피 성향이 매우 큼
- 따라서 공개시험 등을 통해 기술의 안전성을 홍보하는 활동이 필요함

□ 실용화 추진 단계의 활용 요인

○ 경제성 분석을 통해 기술의 활용으로부터 얻을 수 있는 성과 예측

- 많은 연구과제들이 경제성 분석을 정밀하게 수행하지 않는 경우가 많음
- 목표 시장에 대한 정의가 불명확한 경우 경제성 분석의 어려움이 있을 수 있음
- 따라서 R&D 기획 단계에서 목표 시장에 대한 정의와 기존 기술의 초기비용 및 유지보수 비용 분석이 확실히 이루어져야 함

○ R&D성과의 용이한 활용을 위해 설계예제, 사용 매뉴얼을 제시함

- R&D를 수행한 연구기관에서 R&D를 활용한 예제를 도출함으로써 기술을 이전받은 활용기관에서 쉽게 기술을 활용할 수 있도록 함
- 시공 매뉴얼 등의 사용 매뉴얼을 제공하여 누구나 쉽게 기술을 활용할 수 있도록 함

○ 시스템의 경우 운영 방안을 매뉴얼화, 프로세스화하여 다양한 곳에서 시스템을 활용할 수 있도록 함