

최  
중  
보  
고  
서  
개폐식 대공간 건축물의  
설계 및 시공기술 개발기획

# 개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획 최종보고서

2015. 1.

Infrastructure  
R&D Report

주관연구기관 / 영남대학교 산학협력단

국  
토  
교  
통  
부  
국  
토  
교  
통  
과  
학  
기  
술  
진  
흥  
원

국  
토  
교  
통  
부  
국  
토  
교  
통  
과  
학  
기  
술  
진  
흥  
원

## 주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구  
결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는  
아니됩니다.

[연구개발계획서(제안서) 작성시 주의사항]

제안서 제출하는 연구개발계획서(제안서)의 연구 목표, 내용, 성과, 예산 등은 RFP에 표기된 내용을 중심으로 필히 작성바랍니다.

(본 기획보고서는 참고자료로 활용바랍니다.)

# 제출문

국토교통과학기술진흥장관 귀하

이 보고서를 "개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획" 과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 11.

주관연구기관명 : 영남대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 강주원

연구원 : 수석연구원 김기철

연구원 : 수석연구원 김현수

연구원 : 수석연구원 손수덕

연구원 : 수석연구원 황경주

연구원 : 수석연구원 이동우

연구원 : 수석연구원 이장복

연구원 : 수석연구원 조병욱

연구원 : 김광일

연구원 : 윤성욱

연구원 : 박상욱

연구원 : 유유진

연구원 : 이영락

연구원 : 김수진

연구원 : 강상권

연구원 : 이지환

연구원 : 유병조

연구원 : 김찬호

연구원 : 하순봉

연구원 : 구분엽

## 보고서 요약서

과제고유번호	14RDPP-CO 74964-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2014.5.9~ 2014.11.8	단 계 구 분	기 획
연구사업명	국토교통연구기획사업				
연구과제명	최 상 위 과 제 명	개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획			
	단 위 과 제 명				
연구책임자	강 주 원	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 20명 내부 : 7명 외부 : 13명	총연구비	정부 : 100,000 천원 계 : 100,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	영남대학교 산학협력단	참여기업명			
국제공동연구	상대국명 : 해당없음		상대국연구기관명 : 해당없음		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	117
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 미국, 일본, 독일 등 국민소득 3만 달러 이상의 국가에서는 대규모 대공간 건축물에 대부분이 개폐식 지붕구조를 적용하여 건설하고 있으며, 서남아시아 및 중동 지역의 경제발전에 따라 개폐식 대공간 건축물의 건설 예정임</li> <li>● 세계경제규모 14위에 자리매김하고 있는 대한민국은 경제규모에 비하여 개폐식 대공간 건축물의 시공실적이 전무한 실정이며 이와 관련된 기술력 또한 매우 미약하여 세계시장으로 진출이 매우 힘들</li> <li>● 『개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발』을 통하여 국제적인 기술 경쟁력 확보, 기술자립화 실현 및 개발도상국 건설시장에서의 기술경쟁력 우위 확보 가능</li> <li>● 대공간 구조물 지붕의 최첨단 개폐기술 개발을 통하여 건설, 환경, 기계, 전자 등 관련분야 핵심기술 융복합을 통한 기술시너지 효과를 기대할 수 있음</li> <li>● 개폐식 대공간 건축물의 건설기술과 관련된 분야를 ‘개폐 시스템 및 설계기술’, ‘개폐구동 및 시공기술’, ‘구조제어 및 유지관리 기술’로 구분한 체계적인 기술개발이 필요하며 최종적으로 파일럿 프로젝트를 통한 개발된 기술의 검증과 실증적 연구가 필요함</li> </ul>					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	개폐식 지붕, 대공간 구조물, 통합설계, 구조안전제어, 구조물 유지관리, 기술기준			
	영 어	Retractable Roof, Large Spatial Structure, Integrated Design, Structural Safety Control, Structure Maintenance, Technical Standards			

# 목 차

[제출문]	1
[보고서 요약서]	2
[국문 요약문]	6
1장. 연구과제의 개요	10
1절. 기술의 정의 및 필요성	10
1. 기술의 정의	10
2. 필요성	13
2절. 기획 연구의 범위 및 방법	18
1. 연구범위	18
2. 연구방법	19
2장. 국내외 동향 및 환경분석	23
1절. 국내외 정책동향	23
1. 국외 정책동향	23
2. 국내 정책동향	23
2절. 국내외 시장현황 및 전망	26
1. 국내외 시장현황	26
2. 국내외 시장전망	36
3절. 기술동향분석	41
1. 국내외 기술동향	41
2. 국내외 특허분석	47
3. 국내외 논문분석	53
4. 전문가 그룹 자문회의	60
4절. 연구개발 인프라 분석	62
1. 관련사업 인프라 분석	62
2. R&D 인프라 분석	63

5절. 종합분석 .....	64
1. STEEP 분석 .....	64
2. SWOT 분석 .....	67
3장. 연구과제의 비전 및 목표 .....	70
1절. 비전 및 목표 .....	70
2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 .....	72
1. 핵심기술요소(CTE) 도출 .....	72
2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표 .....	76
3절. 기술개발에 따른 미래상 .....	78
4절. 추진전략 .....	79
4장. 세부과제 구성 및 추진전략 .....	81
1절. 세부과제 구성 .....	81
1. 세부과제 정의 .....	81
2. 세부과제 개요 .....	83
3. 세부과제간 연계관계 .....	89
4. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 .....	91
2절. 세부과제별 추진전략 .....	97
1. 세부과제별 최종 성과물 및 성과지표 .....	97
2. 연차별 성과목표 .....	103
3. 성과물기반 TRM .....	108
4. 연구추진체계 제안 .....	110
3절. 성과물 활용방안 및 추진방안 .....	112
1. 성과물 검증 방안 .....	112
2. 실용화 및 사업화 방안 .....	116
5장. 사전타당성 검토 .....	120
1절. 정부지원의 필요성 .....	120
2절. 정책적 타당성 .....	123
1. 국가 전략적 중요성 .....	123
2. 국가 상위계획과의 부합성 .....	126
3. 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 .....	131

3절. 기술적 타당성 .....	135
1. 기존 연구개발과제와의 중복성 .....	135
2. 기술개발 계획의 우수성 .....	136
3. 기술수준 및 개발 성공가능성 .....	138
4절. 경제적 타당성 .....	142
1. 경제성 분석 .....	142
2. 경제·사회적 파급효과 .....	145
3. 과학기술적 파급효과 .....	146
6장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 .....	148
1절. 연구일정계획 .....	148
2절. 연구일정에 따른 인력투입계획 .....	152
3절. 소요예산 산정 .....	154
1. 연구단 연차별 소요예산 .....	154
2. 세부과제 연차별 소요예산 .....	157
3. 주요 TASK별 상세 소요예산 .....	161
7장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 .....	165
1절. 과제 제안요구서(RFP) .....	165
2절. 평가기준 .....	182
[참고문헌] .....	187

# 요 약 문

## 1. 연구개발 목표

○ “개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발”을 통한 국제적인 기술경쟁력 확보와 기술자립화의 실현 및 개발도상국 건설시장에서의 기술경쟁력 우위 확보로 세계 건설시장으로 진출

## 2. 연구개발 필요성

- 미국, 일본, 독일 등 국민소득 3만 달러 이상의 국가에서는 관람객 3만 명 이상의 대규모 대공간 건축물에 대부분이 개폐식 지붕구조를 적용하여 건설
- 경제규모가 세계 14위, 국민소득 25,000 달러인 대한민국의 경제규모에 비하여 개폐식 대공간 건축물과 관련된 기술력이 매우 미약하여 세계적으로 커지고 있는 고부가가치 건설시장으로 진출에 어려움을 겪고 있음
- 국내에는 개폐식 대공간 건축물이 거의 전무하며 선진국의 시장선점으로 국내는 관련 기술에 대하여 해외 기술 의존 및 종속 그리고 막대한 기술료를 지급하고 있음
- 건설분야에 대한 국가경쟁력 향상, 일자리 창출을 위하여 건설기술과 ICT 기술의 융복합을 통한 건설분야 신기술, 고부가가치기술 개발 그리고 건설기술에 대한 새로운 가치 창출이 필요
- 뛰어난 시공능력과 건설기술을 바탕으로 해외 건설시장에서 수주를 하고 있으나 고부가가치 엔지니어링 기술은 해외 선진국 기술에 의존하고 있음
- 서남아시아, 중동 지역 등 개발도상국의 여러 나라에서 국제적인 행사가 예정되어 있어 개폐식 대공간 건축물의 건설 예정(2022 카타르 도하 월드컵)으로 세계 건설시장으로 진출의 기회
- 대공간 건축물분야의 최고기술국은 미국(98.7%)이며 일본(89.9%) 및 독일(87.4%), 영국(85.2%)이 그 뒤를 따름. 한국(67.6%)은 중국(68.8%)에도 기술수준이 뒤져있는 상황임
- 대공간 건축물 분야의 기술 선진국인 미국, 일본 등은 성숙기이나 한국은 아직 성장기로서 추격형 기술임(국토교통 기술수준조사 보고서, 2013)
- 국내 건설시장의 한계를 극복하고 세계 건설시장으로 진출하기 위해서는 개폐식 대공간 건축물과 같은 고부가가치의 건설기술이 필요하므로 관련분야 핵심기술에 대한 국가차원의 연구개발이 시급한 실정임

### 3. 연구내용

- 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발
  - 지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발
  - 가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안
  - 연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트웨어 개발
  - 개폐상태를 고려한 친환경설계기술 개발
  
- 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발
  - 연성 막 개폐구동기구 및 제어시스템 개발
  - 강성 개폐식 구동기구 및 제어시스템 개발
  - 강성 및 연성 개폐구조시스템의 Erection기법 개발
  - 개폐식 구조물의 시공기법 및 최적모듈화 개발
  - 경량 및 친환경 신 재료 외피구조 적용기술 개발
  
- 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발
  - 자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발
  - ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발
  - ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술
  - 시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발
  
- 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화
  - 파일럿 프로젝트를 통한 개발된 기술의 검증 및 보완
  - 실무 적용성을 높이 위한 기술표준화
  - 대공간 건축물의 복합 비즈니스 모델 개발

### 4. 최종 성과물

- 강성 프레임형 패널 개폐식 구조물의 통합설계 소프트웨어
- 개폐식 구조물의 열환경 및 음환경을 고려한 최적설계기법
- 중소규모 경량 개폐식 구조물의 통합설계 소프트웨어
- 강성 프레임형 패널 개폐식 대공간 건축물 설계지침서(매뉴얼)-지침서는 4세부
- 중소규모 연성 막 개폐시스템의 설계지침서(매뉴얼)
- 개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발
- ICT기반 지붕개폐 구동장치 안전도 모니터링 및 자가 진단장치 개발
- 경량 대공간 구조물을 위한 인장저항성능을 보유한 스마트 먼진시스템의 개발
- 대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램 개발

- Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템
- 외부 프레임형 일방향 개폐식 구조제어시스템
- 스포크 휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템
- 연성 막 개폐식 구조물의 스페닝 제어기구
- 연성 막구조 개폐형 시스템의 구동장치 설계지침서(매뉴얼)
- 강성 프레임 개폐형 시스템의 구동장치 설계지침서(매뉴얼)
- 개폐식 대공간 건축물의 ICT기반 에너지 관리 시스템 개발
- 개폐식 대공간 건축물의 최적 조명/음향/난방 운영 시스템 개발
- 개폐식 대공간 건축물의 유지관리 매뉴얼
- 연성 및 강성 지붕 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트
- 구조설계기준(안), 시공 및 유지관리 지침서
- 대공간 건축물 복합 비즈니스 모델

## 5. 활용방안

- 대구 야구장(삼성라이온즈) 건설에 유지관리 및 모니터링 관련 요소기술 적용 가능  
: 공사비 2,500억원, 25,000석 규모로 건립될 예정
- 창원시 야구장(NC 다이노스 신축 야구장)을 돛구장으로 건설시 관련 요소기술적용  
가능 : 25,000석 규모의 돛구장을 건설 계획
- 수원시 돛구장(KT의 신축 야구장) 건설에 핵심기술 적용 가능  
: 공사비 약 5,000억원, 2020년 준공 예정, 40,000석 규모
- "영동국제회의전시(MICE) 복합단지 조성계획안"에서 돛구장 건설에 개폐식 지붕구조  
관련기술 활용가능
- 중동, 동남아시아, 인도 등 개발도상국의 건설시장에 국내 자체기술로 진출
- 개폐식 대공간 건축물 본연의 하이테크 기술 수요로 우수 인력의 건설업계 유입 유도
- 대공간 건축물 관련 중소·중견 건설업체의 국내외 건설시장에서 기술경쟁력 확보 및  
고용창출
- 관련 고급 기술력을 이용한 설계 및 엔지니어링 등 해외시장 고부가가치 영역의 점유  
율 향상
- 개폐식 대공간 건축물 건설관련 기술의 국내 보유로 설계-시공-유지관리의 통합적 시  
스템 구축
- 프로 스포츠 경기장, 대규모 공연장 및 집회장, 지방자치단체 단위의 실내 경기장 등  
대공간 건축물 활성화에 기여

## 6. 기대 효과

- 대공간 건축물의 설계, 시공, 유지관리에 대한 통합적인 기술 확보로 개폐식 대공간 건

#### 축물 기술의 국산화 실현

- 개폐식 대공간 건축물 관련 시장에서의 글로벌 기술 경쟁력 확보
- 대공간 구조물 지붕의 최첨단 개폐기술 개발을 통하여 건설, 환경, 기계, 전자 등 관련 분야 핵심기술 융복합을 통한 기술시너지 효과
- 국제적으로 선도적인 고부가가치의 엔지니어링 기술 개발
- 건설기술과 ICT기술 간의 상승적인 조합과 결합을 통한 경제·사회적 파급 및 미래 수요 충족을 위한 창조적 가치를 창출하는 새로운 기술개발
- 국제적으로 추격형 기술인 개폐식 대공간 건축물 건설핵심기술 확보를 통해 기술수입 대체
- 국내 산업체와 인력 활용을 통한 고부가가치의 신성장동력 및 일자리 창출

# 1장 연구과제의 개요

## 1절 기술의 정의 및 필요성

### 1. 기술의 정의

『대공간 건축물』이란 보다 즐거운 생활을 추구하는 인간의 어메니티(amenity) 감각과 종교, 문화, 스포츠 등 사회적 필요에 의해 탄생되었으며, 3차원적인 힘의 흐름과 면내력에 의해 외부하중에 대한 저항능력을 극대화시킨 형태 저항형 구조로 구조시스템 및 재료, 설비, 방재기술 등 방대한 요소기술의 복합체로 구성된 미래지향적 첨단 건축물로 정의할 수 있다.



그림 1.1 대공간 건축물의 필요성과 정의

『개폐식 대공간 건축물』이란 지붕구조의 개폐를 통해 다양한 공간활용성을 가지는 친환경적인 대공간 구조시스템으로서, 기존의 대공간 구조시스템이 갖는 요소기술에 개폐식 지붕구조의 특성을 고려하여 지붕의 개폐 형태 및 방법과 이에 따른 구조안전성, 건축환경제어, 유지관리 등에 대한 최적화 개념을 도입한 공간으로 형성된 구조물로 정의할 수 있다.

개폐식 대공간 건축물 건설기술은 다음과 같이 크게 4가지(지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발, 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발, 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발, 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화)로 정의된다.



그림 1.2 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 정의

본 연구에서 추구하는 「개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 해외시장 진출」의 목표를 실현하기 위해서는 통합설계기술, 최적 개폐시스템 기술, 스마트 구조 제어 및 모니터링 기술, 시공기술, 첨단 유지관리 기술 등 관련 분야의 핵심기술 개발이 필요하다. 또한 파일럿 프로젝트를 통한 개발된 기술 실증화를 통하여 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 국산화를 실현, 해외 선진기술과의 기술 경쟁력 확보, 해외 건설시장에 진출할 수 있는 교두보를 확보하는 것이 필요하다. 또한 독자적인 핵심기술의 개발이 어려운 분야에 대해서는 해외 선도연구자와의 공동연구를 통하여 개발하도록 한다.

개폐식 대공간 건축물은 사용 목적 및 규모, 에너지 절감 및 기후변화에 능동적으로 대처할 수 있는 환경 친화적 공간으로 시스템의 최적화를 위한 설계가 요구되며 재료와 자원의 사용을 최소화하고, 경제성, 시공성, 안전성 등을 고려한 설계에서 시공에 이르기까지 일관된 합리성을 추구하도록 한다. 또한 개폐식 대공간 건축물의 형태 및 특성 등을 고려한 운영 및 유지관리 기술이 요구된다.

개폐식 대공간 건축물에 대한 건설기술의 국산화와 해외시장에서의 경쟁력 확보를 위하여 (가) 통합설계 기술, (나) 개폐장치 및 시공기술, (다) 스마트제어 및 모니터링기술, (라) 개발기술의 실용화 등과 같은 핵심기술을 확보하여야 할 것이며 그에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

### 1세부 - 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

: 「지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발」 과제는 개폐식 건축물 핵심기술 중 설계기술의 자립화와 국제경쟁력 확보를 도모하기 위한 융합 및 통합설계기술에 관한 연구개발 과제로서 연성막재패널, 강성패널 및 가변/전개형 개폐식 구조물의 자동모델링 및 해석/설계가 가능한 통합프로그램을 개발하는 것이 최종연구목표이며, 열/풍/음 환경을 고려한 최적 환경계획기술을 융복합하고 통합설계기술의 적용으로 해당 기술을 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조시스템의 해석/설계 통합프로그램을 특화하여 단기성과형 기술과제성과를 달성하도록 한다.

### 2세부 - 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

: 「하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발」은 개폐를 목표로 하는 구동적인 특성으로 인하여 구동장치가 반드시 갖추어져 있어야 하며 이는 일반 구조물에서 찾을 수 없는 특수화된 기술과 개폐식 지붕의 구동 특성이 고려된 시공기술이 요구된다. 따라서 개폐식 대공간 건축물에 대한 국제적인 기술 우위를 확보하기 위해서는 개폐 구동장치와 관련된 기술개발이 무엇보다 중요하다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 Lock-pin 기술기반의 구동시스템 개발, 개폐 특성을 고려한 Erection 및 시공기술, 시공 프로세스 혁신을 통한 Value Engineering, 대공간 건축물의 시공지침 등의 시공표준화 등에 대하여 연구·개발하는 것이 필요하다.

### 3세부 - 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발

: 「스마트제어/모니터링 핵심기술 개발」은 자연재해에 대한 구조물의 안전성 향상을 위한 기술로 개폐식 대공간 건축물의 안전성 및 사용성과 관련된 기술의 경쟁력 확보를 위한 핵심기술을 개발하고 이를 통하여 해외 건설시장의 수주를 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제로서 자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술, ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술, ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술, 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술을 개발하는 것이 필요하다.

### 4세부 - 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화

: 「개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화」는 파일럿 프로젝트와 같은 실제 대상 구조물의 시공을 통하여 각 세부연구과제에서 개발된 통합설계기술, 하이브리드 구동기술, 구조안전성 모니터링 및 스마트 구조제어기술 등을 검증하고 그리고 개발된 기술의 실무적인 적용성을 높이기 위하여 설계기준 및 지침서 등과 같은 기술표준화 방안을 제시하는 것이 필요하다.

## 2. 필요성

21세기의 도약과 번영을 향한 거대한 물결 속에서, 대한민국은 기술경쟁력의 회복이라는 큰 전환점을 맞고 있다. 즉 개발도상국형의 노동집약적 산업 중심에서 선진국형 고급기술 중심의 고부가가치 산업으로의 전환시기이다. 이러한 산업구조의 대전환 시대에 대한민국 건설 산업은 첨단산업 중심의 고급기술을 수출하는 선진국을 목표로 하여 다양한 분야에서 노력하고 있다.

여러 첨단산업들 중에서도 초대형 구조물 분야, 특히 대공간 건축물 분야의 신기술 개발은 21세기 국내 기술발전을 위해서는 필수적인 과제이다. 1980년대 중반까지는 건축·토목 분야의 노동력 중심의 해외 수출이 우리 경제성장의 많은 부분을 차지하였으나, 그 후 임금상승 등 여러 가지 악조건으로 인하여 점차 국제경쟁력을 잃고 있다. 이러한 국제경쟁력 약화의 타개책 및 고용창출과 국내 고급인력 인프라 구축에 대한 하나의 시발점으로 건축분야의 최첨단분야인 대공간 건축물의 기술개발이 절실히 요구된다. 그러나 국내 건설 산업에서 대기업과 중소기업의 수직적 관계는 선진국의 핵심기술의 폐쇄성과 국내 건설업의 고질적인 기술 보수성의 문제와 더불어 국제 경쟁력을 약화시키는 요인이 되고 있다.

또한 국내 대부분의 대공간 건축물들이 선진국에 의하여 설계 및 시공되고 있어 이 과정에서 국내 기술진의 검토 또는 확인이 불가능하기 때문에 외국사의 불성실함과 횡포에 대처할 수 없고, 또 사고발생 후에도 손해배상을 청구할 능력이 부족하여 일방적으로 부당한 처우를 당하는 사례가 빈번하다. 이러한 악순환이 계속됨에도 불구하고 대공간 건축물의 국내 기술자립이 힘든 이유는 선진국형 고급핵심기술의 폐쇄된 장벽을 기업차원에서 극복하기 어렵기 때문이고, 전문기술력을 보유한 중소기업 중심의 기반기술이 부족하기 때문이다. 따라서, 국가적 차원에서의 관련 기술개발에 대한 지속적인 지원과 대공간 건축물의 전문 기술력을 보유한 업체 발굴 등의 체계적인 정책이 절실히 필요하다.

대공간 구조물 중에서도 막구조물의 비약적인 발전은 최근 우리들의 주목을 끌고 있다. 이러한 추세와 함께 연성 대공간 구조물의 건설은 세계적으로 급속히 늘어나고 있으며, 붕괴 사고 또한 늘고 있는 실정이다.

케이블이나 막과 같은 연성부재를 주 구조재로 사용하는 연성 구조물은 시공성, 경제성을 향상시킨 매우 합리적인 구조시스템이지만, 유연성이 높기 때문에 시공할 때 매우 고난도의 기술이 필요하다. 연성 구조물의 큰 유연성은 어느 한 부재의 장력을 변화시키면 나머지 부재의 장력 및 위치 좌표가 함께 변하게 되어 시공과정에서 많은 애로를 겪게 되며, 현장의 고공작업이 많아짐으로 인해 안전사고 등의 위험 요소가 늘어나게 된다.

실 예로 서울 올림픽 공원 내에 건설된 올림픽 체조경기장이 1986년 준공당시 기울어진 마스터의 교정 작업을 하던 중 외부 대각케이블이 절단되어 이로 인해 인명피해가 발생했다. 경기장은 그 후 2001년 1월과 2월에 폭설로 인한 케이블 및 막재의 파손 사고가 발생하였으며, 보수·보강 작업 중 중간 대각케이블을 교체하면서 준공당시의 사고와 유사한 인명피해 사고가 또 발생하였다. 인명피해가 발생한 두 사고 모두가 무모한 시공방법이 원인이 된 것이며, 잘못된 시공관리로 인하여 위험요소와 사고가 존재하고 있다.

대공간 구조물의 역학적 특성을 재차 언급하지 않더라도 지간이 200 ~ 300m에 달하는 대

공간 구조물의 경우 일반구조물과는 다른 시공법 및 시공관리 기법이 필요한 것은 두말할 필요도 없다. 그리고 대공간 건축물은 구조형식에 따라서도 그 시공법이나 시공관리 기법이 다를 수밖에 없는 것이 3차원 자유 형태를 지향하는 대공간 구조물의 특징이라 할 수 있다. 그리고 시공방법에 따라서 공비, 공기, 안전성 측면에서 엄청난 차이가 날수 있는 것이 대공간 건축물의 특징이라 할 수 있다.

산업화의 발전과 더불어 더욱더 각광을 받고 있는 연성 막구조물은 골조막구조, 현수막구조, 공기막구조로 크게 3종류로 분류할 수 있으며, 그 종류에 따라 시공법이나 시공관리 기법에 많은 차이가 있다. 앞으로 도래할 이 분야 건축물의 폭발적인 수요에 대비하여 국제경쟁력을 갖춘 가장 효율적인 시공관리 기술을 개발하여 공비절약, 공기단축, 안전성 확보를 할 필요가 있다. 그리고 개발된 시공관리 기술을 정리하여 현장 실무자들이 시공관리 지침으로 삼을 수 있도록 시공관리 지침서 제작도 필요한 실정이다.

지진에 있어서 환태평양 지진대에서 근처에 위치한 우리나라의 지진발생률은 증가하는 추세이고 멕시코, 일본 고베, 대만, 인도네시아 등 주변 국가의 지진피해로 내진설계에 대한 인식이 확산되고 있다. 그런 이유로 1987년 내진설계기준 작성에 관한 연구가 시작되었고, 1988년 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙에 내진설계에 대한 사항이 처음으로 추가된 이래로 1997년 내진설계 상위개념과 관련한 내진설계기준연구가 수행된 바 있으며, 2005년에는 대한건축학회에서 보다 효율적이고 정밀한 내진설계기준을 제시하고자 대폭적인 개정이 이루어졌으며, 최근 2009년에도 일부 개정되었다.

2002년 월드컵경기의 개최를 전후로 대공간 구조물의 건설이 증가하여 왔고, 현행(2009) 기준상에 <내진등급 I>에 해당하는 연면적이 5천 제곱미터 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매 및 영업시설 등이 대공간 구조물의 구조시스템을 이용하는 추세이다. 하지만 일반구조물들에 비해 대공간 구조물에 대한 내진설계기준의 세부적인 내용은 미흡하다고 볼 수 있다. 대공간 구조물의 특성상 많은 인원을 수용하게 되므로 지진으로 인한 피해 발생시 큰 인명피해를 유발할 것을 예상되므로 보다 체계적인 내진설계에 대한 지침과 구조 안전과 관련된 기술이 마련되어야만 한다.

전 세계적으로 국민소득의 증가로 인해 문화수준의 향상, 레저 스포츠 등에 대한 관심이 증가되면서 경간 200m - 300m 전후의 대공간 구조물에 대한 관심과 수요가 한층 높아졌다. 우리나라도 올림픽, 엑스포, 월드컵 등의 각종 국제 행사를 주체하고 문화, 여가, 스포츠, 산업화 등에서 대공간 구조물에 대한 수요가 계속 증가 되고 있는 실정이다. 대공간 구조물 중 개폐식 지붕을 갖는 구조물은 건설기술의 총집약체라고도 할 수 있다.

1961년 완성된 미국 피츠버그 오디오리움을 시작으로 미국, 일본, 유럽 등의 선진국을 중심으로 개폐식 대공간 건축물 건설이 증가하고 있으며 우리나라와 같이 4계절 기후변화에 능동적으로 대처하고, 환기, 채광 등의 에너지 절감 및 친환경적 공간창출을 위한 개폐식 대공간 건축물의 수요가 증가할 것으로 예상된다. 또한 대한민국 세계적인 경제규모와 국민소득을 볼 때 개폐식 대공간 건축물의 필요성이 대두되고 있다.

개폐식 대공간 건축물은 구조형식, 지붕개폐방법, 마감재료 등에 따라 여러 가지 형태로 구분할 수 있으며, 구조물의 시공법이나 시공관리 기법에 있어서도 매우 고난도의 기술을 필요로 한다.

- 세계적인 대공간 건축물의 건설사례를 살펴보면 대다수의 나라에서 개폐식 대공간 건축물을 건설하는 추세에 있으며 스타디움과 같은 관람객 30,000명 이상의 대규모 대공간 건축물의 경우에는 대부분이 개폐식 지붕구조를 갖는 대공간 건축물을 건설하고 있다.

표 1.1 세계 대공간 건축물의 지붕형태 (관람석 3만명 이상) (출처: <http://en.wikipedia.org>)

Stadium	Capacity	City	Country	Domed or Retractable Roof	Opening Lengths
Cowboys Stadium	80,000	Arlington, Texas	United States	RR	75M
Millennium Stadium	74,500	Cardiff	Wales	RR	57M
University of Phoenix Stadium	73,719	Glendale, Arizona	United States	RR	55M
Mercedes-Benz Super dome	72,968	New Orleans, Louisiana	United States	D	-
Reliant Stadium	71,500	Houston, Texas	United States	RR	75M
Georgia Dome	71,228	Atlanta, Georgia	United States	D	-
Lucas Oil Stadium	70,000	Indianapolis, Indiana	United States	RR	50M
Esprit Arena	66,500	Düsseldorf	Germany	RR	35M
Montreal Olympic Stadium	66,308	Montreal, Quebec	Canada	D	-
Edward Jones Dome	66,000	St. Louis, Missouri	United States	D	-
Alamo dome	65,000	San Antonio, Texas	United States	D	-
Ford Field	65,000	Detroit, Michigan	United States	D	-
Hubert H. Humphrey Metro dome	64,111	Minneapolis, Minnesota	United States	D	-
Stadion Narodowy	58,145	Warszawa	Poland	RR	70M
Etihad Stadium	56,347	Melbourne	Australia	RR	53M
Stadionul Național	55,600	Bucharest	Rumania	RR	60M
Tokyo Dome	55,000	Tokyo	Japan	D	-
BC Place	54,500	Vancouver, British Columbia	Canada	RR	47M
Friends Arena	54,329	Solna, Stockholm	Sweden	RR	55M
Safeco Field	54,097	Seattle, Washington	United States	RR	80M
Veltins-Arena	53,951	Gelsenkirchen	Germany	RR	37M
Sapporo Dome	53,845	Sapporo	Japan	D	-
Türk Telekom Arena	52,647	Istanbul	Turkey	RR	50M
Commerzbank-Arena	52,300	Frankfurt	Germany	RR	60M
Rogers Centre	52,230	Toronto, Ontario	Canada	RR	120M
Amsterdam Arena	51,628	Amsterdam	Netherlands	RR	63M
LTU Arena	51,500	Düsseldorf	Germany	RR	95M
Stade Borne de l'Espoir	50,186	Lille	France	RR	110M
Carrier Dome	49,262	Syracuse, New York	United States	D	-

Stadium	Capacity	City	Country	Domed or Retractable Roof	Opening Lengths
Chase Field	49,033	Phoenix, Arizona	United States	RR	72M
Tropicana Field	45,369	St. Petersburg, Florida	United States	D	-
Toyota Stadium	45,000	Toyota	Japan	RR	87M
Miller Park	42,200	Milwaukee, Wisconsin	United States	RR	105M
Minute Maid Park	40,950	Houston, Texas	United States	RR	73M
Nagoya Dome	40,500	Nagoya	Japan	D	-
Ōita Stadium	40,000	Ōita	Japan	RR	63M
Marlins Ballpark	37,000	Miami, Florida	United States	RR	73M
Osaka Dome	36,477	Osaka	Japan	D	-
Fukuoka Dome	35,695	Fukuoka	Japan	RR	105M
Seibu Dome	35,655	Tokorozawa	Japan	RR	75M
Ordos Stadium	35,107	Ordos	China	RR	65M
Parken Stadium	34,098	Copenhagen	Denmark	RR	55M
GelreDome	32,500	Arnhem	Netherlands	RR	30M
Nantong Stadium	32,244	Nantong	China	RR	57M
Astana Arena	30,000	Astana	Kazakhstan	RR	28M

※ D: Dome, RR: Retractable Roof

- 일본, 독일 및 미국 등과 같이 대공간 건축물의 기반기술을 확보한 나라에서는 개폐식 대공간 건축물에 대한 많은 시공 경험을 바탕으로 관련 분야에 있어서 기술 경쟁력 우위를 차지하고 있다. 일본과 같이 대공간 구조물 건설기술이 발달한 나라에서는 개폐식 돔과 같은 개폐식 지붕 구조물이 상당히 보편화되어 있으며, 운영 및 유지관리 분야에서도 실적을 통하여 노하우를 가지고 있는 반면, 우리나라는 소규모 돔 실적만 있을 뿐이다.
- 국내에 건설된 개폐식 대공간 건축물은 전무한 실정이므로 해당 분야에 대한 기술 선진국의 시장선점(독점)으로 야기되는 국내 기술의 해외기술 의존 및 종속 그로 인하여 막대한 로열티 지급이 발생함에 따라 관련분야 핵심기술의 개발이 시급한 실정이다.
- 대공간 건축물분야의 최고기술국은 미국(98.7%)이며 일본(89.9%) 및 독일(87.4%), 영국(85.2%)이 그 뒤를 따르고 있다. 한국(67.6%)은 중국(68.8%)에도 기술수준이 뒤져있는 상황이다.
- 향후 대공간 구조물의 수요는 점점 증가할 것으로 예상되며, 따라서 보다 안전하고 경제적인 대공간 구조물을 설계 시공할 수 있는 국내의 독자적인 연구가 절실히 필요한 시점이다. 현재 우리나라에서 개폐식 대공간 건축물을 건설한다면 국내 기술로서는 설계·시공을 할 수 없어 외국기술력에 의존할 수밖에 없는 현실이다.
- 이에 따라서 기술 선진국의 국내시장 선점(독점)이 예상되며 이것은 국내 기술의 해외기술 의존 및 종속, 막대한 로열티 지급으로 귀결될 것으로 판단된다. 그러므로 앞으로 발생할 국내 수요 및 해외시장 진출을 바라보며 지금부터 R&D를 통한 경쟁력 확보를 고려

하여야 할 것이다.

- 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 자립화를 통한 글로벌 경쟁력을 갖추게 된다면 월드컵, 올림픽과 같은 대공간 건축의 건설수요뿐 아니라 중동국가의 건설 붐에 힘입어 해외로의 수출도 가능할 것이다. 특히 오는 2020년 카타르 도하 월드컵 경기장 수주를 당장의 최우선 목표로 본다면 본 기획연구의 시급성 및 중요도가 매우 높다고 판단된다.
- 또한 개폐식 대공간 건축물 건설기술과 ICT기술의 융복합을 통한 건설분야 신기술, 고부가가치기술 개발 그리고 건설기술에 대한 새로운 가치 창출을 통하여 건설분야에 대한 국가경쟁력 향상 그리고 첨단 일자리 창출을 기대할 수 있다.

표 1.2 주요 선진국과의 상대기술수준 및 기술 격차 (단위:%, 년)

중분류	소분류	한국		일본		미국		중국		독일		프랑스		영국	
		기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차
건축물 성능 향상	건축물 리모델링	64.9	6.7	94.5	0.9	88.4	2.2	48.9	11.7	88.9	2.7	85.6	2.7	87.6	2.2
	건축물안정 및 기능향상	67.0	6.9	96.9	0.8	93.4	1.2	51.5	11.0	90.0	2.2	82.6	3.4	86.8	2.6
	건축물유지관리	61.6	7.3	95.1	1.2	91.0	1.7	48.8	11.5	91.5	1.8	84.8	3.0	88.5	2.2
	건축디자인향상	65.6	7.0	84.5	3.0	96.5	0.8	60.8	9.2	88.6	2.4	93.3	1.1	90.8	1.9
첨단 건축	그린빌딩 (제로에너지빌딩, 에너지그리드 적용빌딩)	64.6	6.5	84.5	3.0	90.9	1.9	53.1	9.6	98.5	0.3	84.8	3.2	88.3	2.7
	지능형건축물	66.0	6.2	88.0	2.6	98.1	0.2	56.3	9.4	89.8	2.3	83.8	3.3	86.4	3.2
초대형 건축	초고층(복합)빌딩	73.9	5.6	87.6	2.8	99.6	0.1	69.2	6.9	82.9	3.7	80.8	4.4	84.4	3.6
	대공간 건축물	67.6	6.5	89.9	2.2	98.7	0.2	68.8	7.3	87.4	2.8	81.9	4.0	85.2	3.3

(출처: 2013년 국토교통 기술수준 조사보고서)

## 2절 기획연구의 범위 및 방법

### 1. 연구범위

본 기획 연구과제는 “개폐식 대공간 건축물 건설기술개발 방안에 관한 연구”를 주제로 하여 궁극적으로 국내의 자체기술을 바탕으로 개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공에 관한 핵심기술을 개발하고 개발된 기술을 적용하여 개폐식 대공간 건축물을 건설하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 이를 통하여 개폐식 대공간 건축물의 국제적인 기술 경쟁력을 확보하고 관련 건설산업의 해외진출 역량강화를 달성하고자 한다. 이를 위하여 본 기획과제에서는 개폐식 대공간 건축물과 관련된 요소기술, 핵심기술, 실증화기술 등에 대한 연구내용을 제시하고자 한다. 또한 각각의 기술 수준에 대하여 선진국과의 기술격차 해소 및 역전을 위한 전략을 제시하고 국내외적으로 선도기술 확보를 위한 로드맵과 과제의 성공적인 수행을 위한 관리방안 제시를 최종 목표로 하고 있다. 본 기획연구의 범위 및 목표는 그림 1.3과 같다.



그림 1.3 기획과제의 내용 및 목표

## 2. 연구방법

기획연구 추진의 상세 연구방법 및 프로세스를 그림 1.4에 나타내었고 각 프로세스별 추진 체계의 구체적인 내용을 아래에 기술하였다.

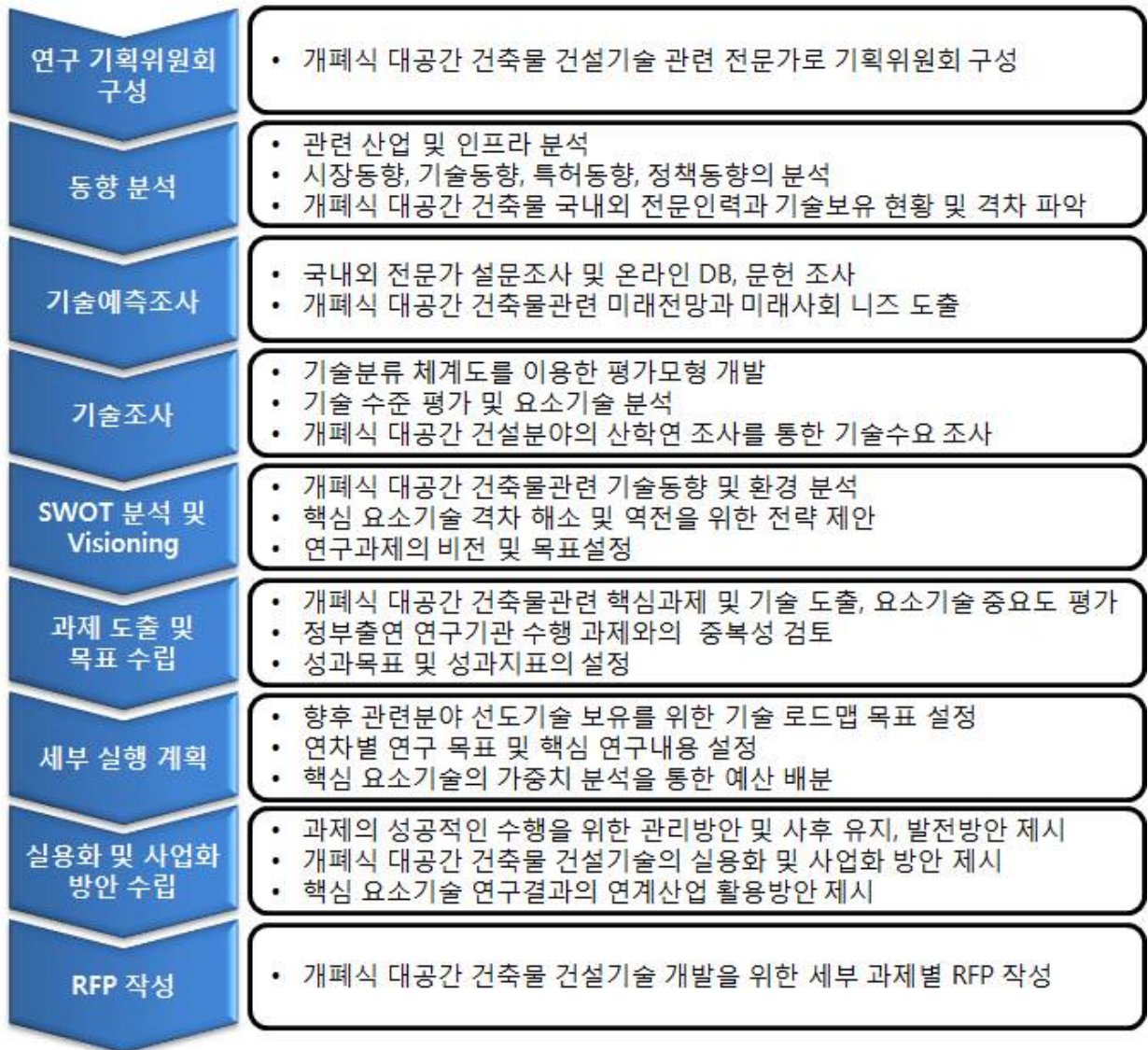


그림 1.4 기획과제 추진의 상세 프로세스

- 선도적인 국외 개폐식 대공간 건축물 건설기술에 대한 동향분석
  - 국가별 개폐식 대공간 건축물 시장규모 및 실적현황 분석
  - 개폐식 대공간 건축물 건설을 위한 주요 요소기술의 국내외 현황 분석
  - 국내외 전문 인력 및 인프라 분석
  - 국가별/업체별 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 연구개발 현황 분석
  - 향후 개폐식 대공간 건축물 시장규모 예측
  - 개폐식 대공간 건축물 건설시장의 경제적, 사회적 파급효과 분석

- 산학연의 해당 기술 분야별 전문가들로 구성된 다수의 기술위원회 구성
- 대상 핵심 요소기술의 미래 전망 및 니즈 도출을 위한 델파이 분석

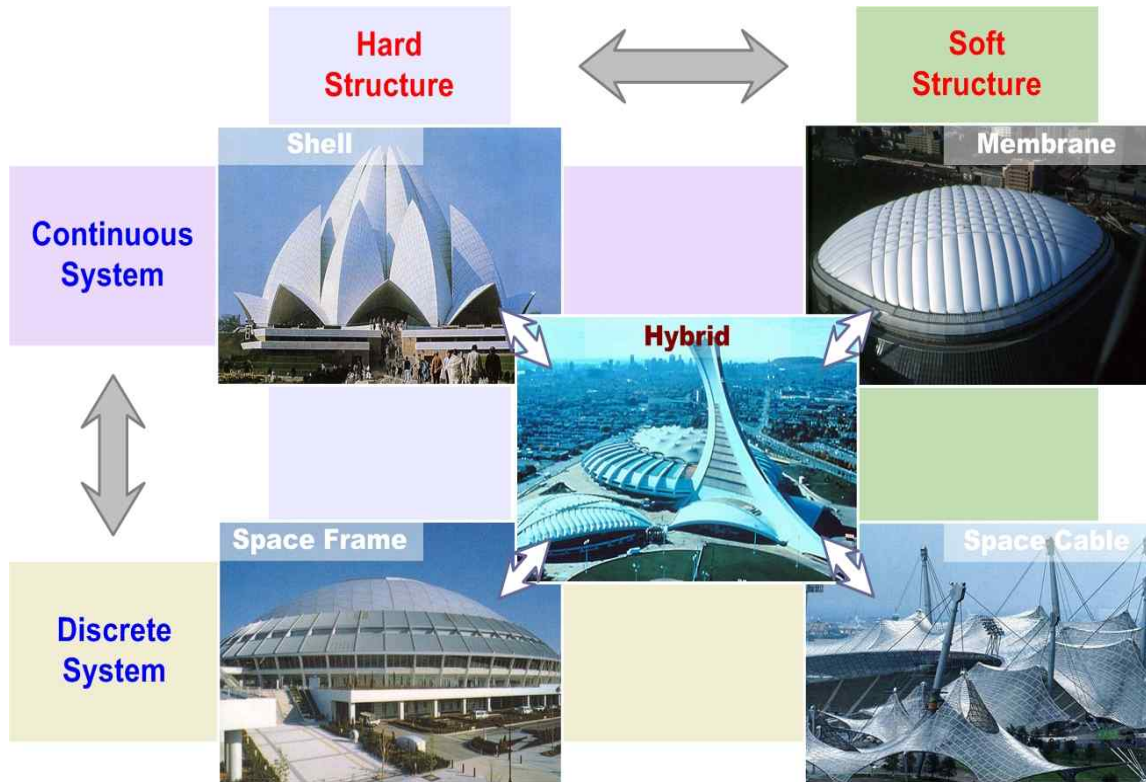


그림 1.5 대공간 건축물의 구조시스템에 따른 분류

- 개폐식 대공간 건축물 기술수준 및 요소기술 분류
  - 수준별 기술 분류 (기반기술, 요소기술, 응용기술, 현장활용기술 등)
  - 연구 분야별 기술 분류 (통합설계기술, 자연재해 안전기술, 최적 개폐 시스템 및 시공 기술, 운영 및 유지관리 기술 등)
  - 대공간 구조시스템 유형별 기술 분류 (막구조, 스페이스프레임, 셸구조, 케이블구조, 하이브리드 구조)
  - 대공간 구조물 지붕의 개폐 유형에 따른 분류(슬라이딩 방식, 폴딩 방식, 선회 방식, 집중 방식 등)
  - 이상의 기술 분류를 사용하여 기술 매트릭스 구성
- 성과 목표 및 지표 설정
  - 국내외 기술 인프라의 비교 및 분석에 의한 기술격차 분석
  - 기술격차 분석을 통한 각 요소기술의 중복성, 차별성, 경제성, 격차수준, 미래사회 요구도 등의 분석을 통한 개발 대상기술 선정
  - 연구결과의 파급효과와 실현 가능성을 고려한 성과목표 구체화
  - 각 목표의 달성도를 평가할 수 있는 구체적 지표 설정



(a) 수평이동 - 중첩방식



(b) 회전이동 - 중첩방식



(c) 수평이동 - 회전중첩방식



(d) 상하이동 - 중첩방식



(e) 회전중첩방식



(f) 주름접기방식

그림 1.6 개폐식 지붕의 개폐 방식에 따른 분류

- 선택과 집중에 의한 국내외 기술격차 해소 및 역전 가능한 분야 도출
  - 기술격차 수준에 따른 요소기술 분류
  - 기술격차 해소 방안에 따른 요소기술 분류 (자체개발, 국외도입, 국제협력 등)
  - 자체개발 요소기술 선정 기준 설정 (중복성, 차별성, 경제성, 사회적 중요성 등)
  - 단기간에 국제적으로 비교우위가 가능한 기술분야 선정 및 선택과 집중
  
- 기술개발 로드맵 제시
  - 개폐식 대공간 건축물 건설 선진국과 대등한 기술보유 목표
  - 기존 대공간 건축물 로드맵의 수정 및 보완 제시
  - 경제, 기술 인프라 분석 결과와 연계한 실현 가능성의 근거 제시

- 연구개발 추진전략 및 추진체계 제시
  - 기술개발 로드맵에 따른 연구추진 조직 제시
  - 세부 기술별 적정 연구비 규모 산정
  - 효율적 연구지원 관리 및 업정평가 시스템 구축
  - 연구결과의 구체적인 활용방안 제시
  - 연구 종료 후 관련 기술의 유지, 보급, 발전 방안 제시

## 2장 국내외 동향 및 환경분석

### 1절 국내외 정책동향

#### 1. 국외 정책동향

현재 세계건설시장은 연평균 8.5%의 성장세를 보이며 급격하게 확대되고 있는 가운데 단순도급(EPC) 중심에서 투자개발형 사업등 고부가가치 분야로 패러다임이 전환되고 있다. 이러한 취지에서 아프리카와 중남미 등 전통적 신흥시장 뿐 아니라 고급기술확보를 통한 고부가가치 건설산업으로의 전향이 반드시 필요하다.

1990년대 중반이후 세계 선진국에서는 건설산업을 '21세기 국가기간사업'으로 정하고 강력한 실천 프로그램을 진행하고 있다. 그러나 현 건설산업에 대한 선진국의 위기의식은, 건설산업의 효율성 및 생산성 향상과 세계 건설시장에서 경쟁력을 유지하기 위해 많은 노력의 결과를 낳게 되었다. 대표적인 프로그램으로는 영국의 Rethinking Construction, 미국의 National Construction Goals, 호주의 Building for Growth, 싱가포르의 Construction 21 등이 있으며 일본 역시 건설산업의 구조개편을 위해 많은 노력을 하고 있다. 일본은 최근 세계적으로 저탄소 사회 구축이 시급한 이슈로 급부상한 것에 대해 일본경제의 중장기적 성장동력으로 활용하고자 하는 전략을 추진하고 있고 ICT기반의 국가경쟁력을 확보하기 위해서 표준화 정책 등을 추진하고 있다. 개폐식 대공간 건축물과 관련하여서는 미국, 일본, 독일 등에 관련 업체에서 시방서나 지침서를 제시하고 있으나 국가적 차원에서의 기준은 미비한 상태이다. 중동이나 서남아시아 등 개발도상국가에서 국제적인 행사를 위한 국가적인 차원의 대공간 건축물 건설에 개폐식 연성 막구조나 강성 개폐식 구조물을 적용하고 있는 실정이다.

#### 2. 국내 정책동향

국제적 건설흐름은 건축물의 대규모화, 고도 산업사회의 복잡화, 기술의 고도화, 국제화, 지구 환경 보존 등에 부응하는 방향으로 초점을 맞추게 될 것이다. 건축물의 대규모화를 위해서는 200 ~ 500m 스패를 갖는 대공간의 실현, 스포츠 콤플렉스, 테마파크 등에 대에 필요한 우주 대공간의 축조, 거대한 쓰레기 처리시설 및 정밀 공장건설을 위한 차폐 건축물, 우주 스테이션이나 우주 공장의 공간을 실현하기 위한 미래 우주 건축물, 해상도시 및 해저 도시를 실현하기 위한 해상 건축물, 대규모 유적을 보존하기 위한 건축물, 대규모 핵 피난시설이나 환경오염으로부터 인류를 지키기 위한 환경 건축물 등의 방향으로 대공간 건축물이 발전하게 될 것이며, 국가 전략차원에서 이 분야에 대한 관심이 높아져야 될 단계이다.

국가차원의 체계적인 연구개발정책과 해외 건설시장 진출을 위해서 대공간 건축물의 핵심 기술 개발, 대공간 건축물의 전문성을 보유한 전국적 연구단체 및 전문연구진의 육성, 대공간 건축물을 주요사업으로 하는 고급기술중심 전문건설업체의 지원, 기술선진국과의 효과적인 공동연구 및 기술자문 등이 필요하다.

현재 국내 건설기술은 해외 기술의 움직임에 비하여 국내 자체 기술이 축적되지 못한 채, 경제발전 과정과 정치적 이벤트에 따른 수요에 의하여 건설산업이 이루어지고 있다. 특히 대공간과 같은 엔지니어링 및 특수전문시공 분야는 외국기술에 의존할 수밖에 없었으며, 이로부터의 기술이전은 아직 제대로 이행되지 못하고 있는 실정이다. 또, 철골, SRC구조 및 스페이스 프레임구조 등 일부 분야에서는 상당 수준의 기술력을 보유하게 되었지만, 다른 대안구조 및 공법에 대한 시도는 제한적인 양상을 보이고 있다. 이러한 한정적인 기술 수행으로는 다양한 기술능력 획득에 장애가 되어 장기적인 건설기술경쟁력이 취약해질 수밖에 없다.

국내 대공간 구조물의 본격적인 시작은 1986년 아시안게임 개최에 맞추어 개관한 올림픽 체조경기장과 펜싱경기장이다. 이들 구조물은 세계 최초로 케이블 돔이라는 새로운 구조 형식으로 만들어 졌다. 그 후 1993년의 대전 EXPO에서는 다양한 경량 구조시스템이 선 보였다. 최근에는 2002년 월드컵 경기 개최로 인해 10개의 경기장이 신축되었다. 대규모 지붕을 만들기 위해 다양한 구조시스템이 등장하였고, 한국의 건축 구조 개념의 획기적인 발전을 이루게 된 계기가 되었다.

그러나 대부분의 경기장이 외국 건설업체에 의해 설계 시공되었고, 이 중 몇 개는 벌써 부실 문제가 대두되고 있다. 우리나라의 기술력과 경험이 부족하여 상부 지붕구조물이 고액의 엔지니어링 비용을 부담하면서 선진외국 건설사로 넘어 가고 있는 실정이다. 여러 가지 원인이 있겠으나, 대체로 대공간 구조물에 관해 우리나라의 기술력과 경험이 부족한 것이 주된 원인이라 할 수 있다.



그림 2.1 국가 전략과의 연관성

향후 대공간 구조물의 수요는 점점 증가할 것으로 예상되며, 따라서 보다 안전하고 경제적인 대공간 구조물을 설계 시공할 수 있는 국내의 독자적인 연구가 절실히 필요한 시점이다. 근래의 대공간 구조물 기술은 미국을 중심으로 발전해 왔으나, 현재는 일본이 전세계의 우위를 차지하고 있다. 그러나 일본의 장기적 침체와 한국의 그간의 기술 축적 경험으로 향후 한국이 대공간 구조물을 주도할 수 있는 환경이 된 것으로 판단된다.

이러한 상황에서 건설 및 과학기술분야에 대한 현 정부 정책도 세계시장에서의 우위를 선점하기 위해 다양한 방향으로 추진되고 있다. 특히 개폐식 대공간 건축물 관련 기술의 개발은 고부가가치 산업의 투자확대, R&D를 통한 원천기술 확보, 신시장·신사업분야 집중지원 등에 있어서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

표 2.1 개폐식 대공간 건축물 기술개발과 관련된 정부 정책

<p>■ 국가정책</p>	<p>○ 국정과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (7. IT·SW융합을 통한 주력산업 구조 고도화) 'IT SW+제조' 융합을 통한 주력산업의 성장동력 지속 창출</li> <li>- (10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원) 해외건설 추진체계 강화, 고부가가치 투자개발형 사업 진출 확대 및 R&amp;D를 통한 원천기술 확보</li> </ul> <p>○ 경제혁신 3개년 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (37. 해외건설·플랜트 수출 고부가가치화) 신시장·신사업분야 집중지원</li> </ul>
<p>■ 법정계획</p>	<p>○ 제3차 과학기술기본계획('13~'17)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15번 (기술이전·사업화 촉진) 시장을 고려한 기술기획 강화</li> </ul> <p>○ 제2차 건축정책기본계획('15~'19 국건위)</p>
<p>■ 국가과학기술위원회 본회의 심의·확정 ('12.05.24)</p>	<p>○ 제2차 건설교통기술 연구개발사업 중장기계획('13~'17)</p>

이처럼 정부의 정책과 연계되어 개폐식 대공간 건축물의 기술 개발이 성공적으로 이루어질 경우에, 관련 기술 및 산업분야가 국가적 전략산업으로써 성장할 수 있을 뿐만 아니라, 현재 국내외적 건설시장의 상황에서 우리나라의 국제경쟁력 향상으로 선도적 위치를 차지할 수 있을 것으로 예상된다.

## 2절 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내외 시장현황

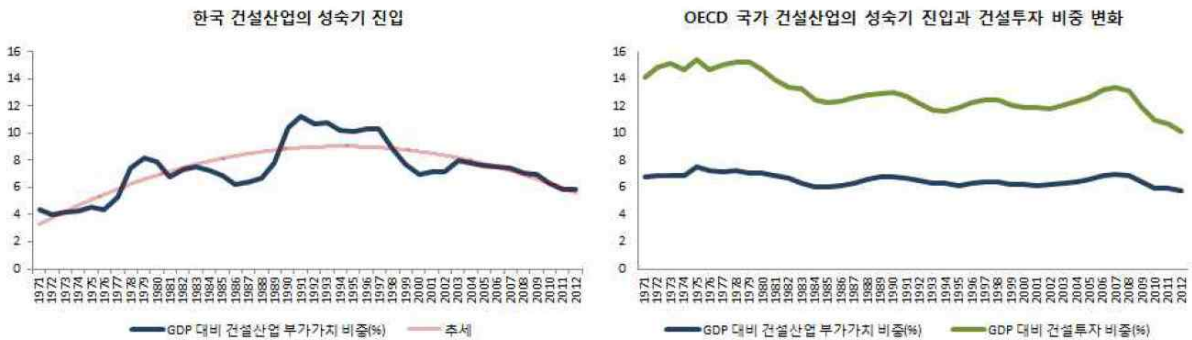
현재 국내 건설 투자비중은 1990년대에 GDP에서 차지하는 비중이 20%를 상회하기도 하였으나, 지속적인 감소로 2012년에는 15%에 이르기까지 감소하였다. 1990년대의 주택건설 및 SOC 투자확대 정책 등으로 높은 건설 투자비중을 초래했던 동력요인의 부재와 참여정부 시절 주택규제 영향으로 하락하게 되었다. 현재 건설산업의 성장여건이 녹록치 않지만 고부가가치기술 기반으로 전환하여야 하는 상황임에는 분명하다.



[자료] OECD StatExtracts, 『National Accounts at a Glance』

그림 2.2 GDP 대비 건설투자 비중

우리나라의 건설산업도 GDP 대비 부가가치 비중으로 살펴본 산업의 수명주기 상 성숙기 단계에 진입했으며 조만간 GDP 대비 건설투자 비중이 선진국들처럼 10% 내외로까지 더 낮아질 수 있음을 예상하고 있다. 2012년 기준, OECD 국가들의 GDP 대비 건설투자 비중은 지속적으로 감소하며 10.15%를 기록 중이다.



[자료] OECD StatExtracts, 『National Accounts at a Glance』

그림 2.3 GDP 대비 건설투자 비중 추세와 OECD국가 건설산업 부가가치 비중변화

이러한 전망은 국가의 경제성장 수준(1인당 GDP)에 따라 해당 국가의 건설활동이 ‘역U자’형 변동특성을 보인다.

최근, 해외건설경기의 전망에서 비 중동국가 중심의 발주량이 증가로 개선하는 추세를 보이고 있으며, 수주경쟁 심화로 2009년 하반기부터 2011년까지 저가수주 경쟁이 치열하게 전개되어 2013년 중 일부 건설사에서 대규모 부실이 발생하는 등 해외건설 리스크가 표출되었으며, 기성이 이루어지면서 이들 저가수주 공사들은 건설사 수익성에 부정적인 영향을 주고 있지만 해외수주는 계속 증가되고 있다. 이것은 2012년 국내외 건설경기전망과 건설주 투자 전략에 대한 분석결과에서 해외건설경기에 대한 전망에 대해서도 같은 맥락의 추이를 보이고 있으며, 향후 해외 수주현황의 증가는 성장세로 이어질 전망이다.

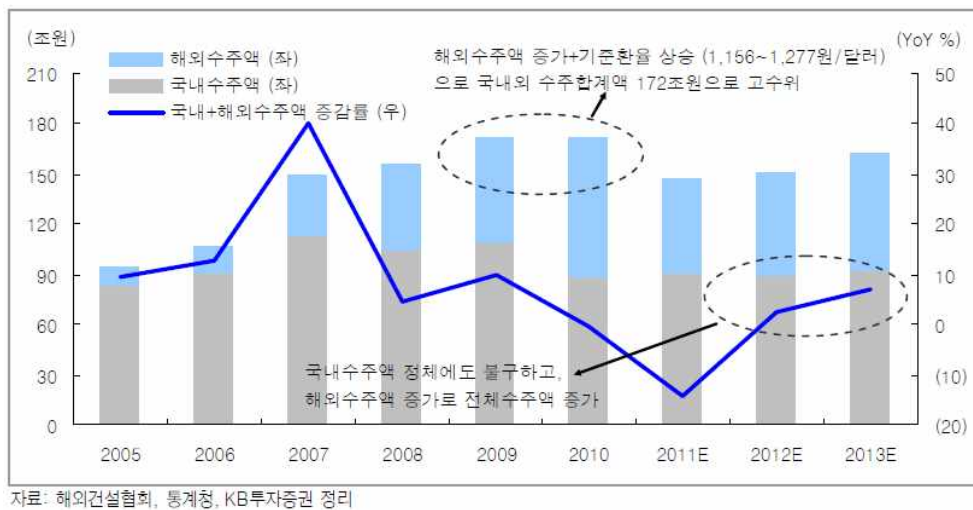


그림 2.4 국내외 건설 수주금액 변화 추이와 긍정적 변화 (2011.11 기준)

근래의 대공간 건축물 설계 및 시공기술은 미국과 일본이 전 세계적으로 우위를 차지하고 있다. 특히 일본은 실적뿐 아니라 새로운 기술의 개발과 적용 면에서도 매우 주도적이다. 특허청 자료에 의하면 국내의 대공간 건축물 관련 특허 건은 일본의 12%, 미국의 33% 수준으로, 특히 셸 및 하이브리드 관련 특허 건은 단 한건도 없는 것으로 조사되었다. 각국의 특허 수를 연도별로 분석해 보면, 미국의 경우 1980년대와 1990년대에 특허가 가장 많았고, 일본은 90년대 급증하여 현재는 감소하고 있는 추세이다. 한국은 1970, 80년대에 특허가 거의 없으며 90년대에 소폭 증가하였고 2000년대 월드컵 등의 영향으로 특허수가 증가했으나 그 수는 일본의 80년대 수준에 그치고 있다. 그러나 우리가 간과하지 말아야 될 사실은 선진국의 경우에는 대공간 구조물의 건설기술이 진화함에 따라서 특수기술이 일반기술로 전환되고 또 복합 구조시스템으로써 건축물이 건설되는 경향을 보이고 있다. 참고로 독일, 영국의 경우에도 일반구조물에 대공간 구조물의 핵심기술요소들이 빈번히 사용되고 있으며 이러한 현상은 특수기술의 일반화를 반증하고 있다고 할 수 있다. 따라서 지금은 대공간 구조기술로 분류하여 기술을 조사하기 보다는 일반기술에 대한 적용성도 조사해야 될 시점이 되었다고 할 수 있겠다.

표 2.2 주규모의 건설 시장

단위 : 10억 달러

구분		2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
G D P	한국	986.3	1,070	1,114.5	1,163.6	1,197.5
	일본	5,390.9	5,459	5,896.8	5,980.9	5,7200
	미국	14,624	14,658	14,991.3	15,609.8	16,724.2
	영국	2,258	2,250	2,444.9	2,452.6	2,489.6
건설 G D P	한국	16.2	14.7	13.5	12.9	13.4
	일본	11.8	10.7	10.6	-	-
	미국	8.4	7.8	7.3	8.3	8.4
	영국	9.8	10.1	9.6	9.4	9.3

출처 : international monetary fund

주요국가의 대공간 건축물의 시장규모는 중동의 건설붐 등으로 인하여 막대한 규모의 시장이 예상되고, 지금 현대 해외건설시장 점유율을 아래의 표에 나타내었다.

표 2.3 공종별 해외건설시장 점유율

순 위	설 계 부 문	시 공 부 문
1	미 국 (43%)	미 국 (25%)
2	네덜란드 (13%)	일 본 (15%)
3	캐나다 (8%)	프랑스 (13%)
4	영 국 (7%)	독 일 (12%)
5	일 본 (6%)	이탈리아 (4%)
6	독 일 (4%)	영 국 (4%)
7	프랑스 (4%)	네덜란드 (4%)
8	이탈리아 (1%)	<b>한 국 (4%)</b>
9	기 타 (14%)	중 국 (4%)
10		기 타 (15%)
총 액	170억 달러	1,160억 달러

출처: 대한건축학회 (성균관대 교수, 김예상, 미국 건설산업의 미래 발전전략)

세계시장을 선도하는 대공간 건축물 관련 주요업체는 아래와 같다.

표 2.4 세계 대공간 관련 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	중점분야
Mark Marx (일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 막구조에 관한 연구, 시공능력 세계 최고 수준</li> <li>■ Tokyo Dome, Yamaguchi Dome 등 30 여개의 대공간구조 시공 경험</li> </ul>	설계, 시공, 유지관리
STRARCH INTERNATIONAL社 (오스트레일리아)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Strarch International 사는 케이블-트러스 시공 공법에 특히 보유</li> <li>■ 이 시스템은 주로 비행장 격납고, 대형 창고 등에 많이 이용되고, 국내에서는 인천국제공항 격납고 등에 적용</li> </ul>	설계, 시공, 유지관리
K O C H (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 독일, 유럽에서 대공간 막구조 시공 및 연구에 최고 수준</li> <li>■ 슈트트가르트 의 다임러 스타디움, 베르린 동물원, 말레이시아의 스포츠 컴플렉스 그리고 국내에서는 부산 아시아드 경기장 등의 시공실적</li> </ul>	설계, 시공, 유지관리
Daisei 건설 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시공실적 1위의 기업으로 Komatsu Dome, Yamaguchi Dome 등 20여개의 시공실적 보유</li> </ul>	설계, 시공, 유지관리
Takenaka Co. (일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대공간구조 분야 세계 제1의 시공실적 보유</li> <li>■ 설계요소기술, 접합부 설계, 특히, 연구 실험설비 등에서 매우 우수</li> </ul>	설계, 시공, 유지관리
Schlaich-Bergmann (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stuttgart 대학 F. Otto 교수 연구실 출신들의 컨설팅 회사로 유럽과 세계 전역의 대공간구조 관련 설계 엔지니어링 활동이 활발</li> <li>■ 국내에서는 부산아시아드 경기장 지붕구조, 인천 문학경기장, 말레이시아의 스포츠 컴플렉스 등의 설계를 수행</li> </ul>	설계, 기획, 사업관리
(주)타이요코코 (태양공업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 세계 실적 1위의 대공간 건축물 시공업체</li> </ul>	기획, 설계, 사업관리, 시공, 유지관리 등 전 분야 담당

대공간 건축물의 건설과 관련된 고부가가치의 엔지니어링 기술시장은 대부분이 독일과 일본에서 선점하고 있어 개폐식 대공간 건축물의 건설에 있어서 막대한 기술료를 지불해야 하는 실정이다. 따라서 해외 의존적인 기술의 기술료 절감과 해외 시장에서의 기술경쟁력 확보 및 해외 건설시장 진출을 위해서는 관련 기반기술의 개발과 확보가 반드시 필요하다.

국내외 건설시장에서 일반건축물에 비해 대공간 건축물의 수요는 많지 않으나, 대공간 건축물 관련 기술 및 시공 사례는 다양한 형태로 나타나고 있다.

(1) 대공간 건축물에 대한 국내 기술의 해외 수출 사례

세계적인 대공간 건축물 관련 주요업체 부재와 낮은 해외건설시장 점유율을 보유하고 있던 우리나라도 최근에 대공간 건축물 관련 기술의 해외시장 수출 사례가 있다. 이러한 사례들은 정부지원에 의한 ‘대공간 구조물 건설기술 개발(대공간 구조물 1단계 연구개발사업)’의 성과로 해외건설시장 진출의 초석이 될 것이며 ‘개폐식 대공간 건축물 건설기술 개발’에 의한 성과 또한 해외 건설시장에서 우리나라의 기술적 위상을 높이는 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

	<p>연면적 : 74,000㎡ (51,000여석)                  지붕면적 : 35,948㎡                  너비 : 250m                  폭 : 150m                  높이 : 40m                  공사비 : 1,700억원                  시공사 : 한화건설                  구조설계 : CS구조엔지니어링</p>
<p>그림 2.5 마닐라 아레나 돔구장</p>	

	<p>연면적 : 208,000㎡ (68,000여석)                  규모 : 260m × 196m (지상 6층)                  공사비 : 195억 3720만원                  건축설계 : (주)희림종합건축사사무소                  구조설계 : (주)아이스트</p>
<p>그림 2.6 바쿠 종합경기장</p>	

(2) 중소규모의 개폐식 건축물 국내 사례

개폐식 대공간 건축물의 핵심요소기술이라 할 수 있는 개폐구조시스템은 현재 전통시장의 공간 개선 및 축사 등의 지붕구조에 적용되어 있다. 하지만 비교적 단순한 형태의 시스템으로 재해에 대한 안정성이나 환경적 영향에 대한 내구성 등이 부족하다. 따라서 대공간 건축물뿐만 아니라, 중소규모의 건축물에 개폐식 구조시스템을 적용할 수 있는 기술의 개선 및 개발은 국내건설시장에서도 많은 수요를 창출할 수 있으며, 해외수출도 가능할 것으로 판단된다.



(a) 성북구 장위골목시장 가리개



(b) 종로3가~종로4가 광장시장



(c) 부산 구포시장



(d) 수원 팔달문 시장



(e) 자양골목 전통시장



(f) 창원 명서전통시장



(g) 김해 전통시장



(h) 수원 구매탄시장

그림 2.7 전통시장에 개폐식 지붕구조 적용사례



(a) 사천대진 2농장 축사

(b) 전남 장흥군 용산면 소재 축사



(c) 전남 곡성군 진영목장

(d) 대전 탄방동 화로천면

그림 2.8 축사 및 기타 건축물에 개폐식 지붕구조 적용 사례

### (3) 대공간 구조시스템을 이용한 리모델링 사례

대공간 구조시스템에 대한 수요 중에서 공설운동장 등과 같은 공간의 사용성을 향상시키기 위해 대공간 구조시스템을 이용한 지붕 설치 등의 사례가 많아지고 있다. 또한 기존의 지붕구조에 미적 또는 기능적인 측면에서 막구조를 이용한 리모델링 사례도 있다. 대공간 구조시스템이 중소규모의 구조물 건설이나 리모델링에 있어서 경제성 및 시공성이 비교적 우수하다는 것을 나타내고 있으며 이에 개폐식 지붕 구조를 적용할 경우에 기후변화에 능동적으로 대응할 수 있어 에너지절약 및 친환경적 건축물로 시공이 가능하다.



(a) 문경정구장



(b) 송강테니스장



(c) 포항 기계면 게이트볼장



(d) 영천씨름장



(e) 영등포구청 구민회관



(f) 안평정거장



(리모델링 전)



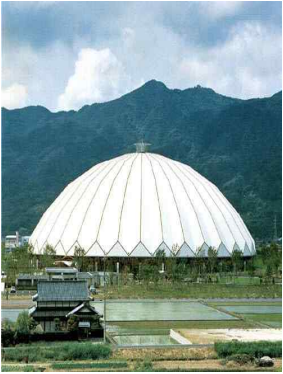

(리모델링 후)

(g) 문경실내체육관

그림 2.9 대공간 구조시스템을 이용한 리모델링 사례

(4) 목조 대공간 건축물의 국내외 사례

대공간 구조시스템은 목조의 건축물에도 적용되기도 하며 목조 대공간 건축물은 합판 종류의 패널이나 연성 목재가 함께 사용된다. 이처럼 대공간 건축물의 기술은 다양한 형태로 적용되고 있으므로 관련 기술의 개발은 다양한 형태로 수요창출 및 시장형성이 가능할 것으로 판단된다.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 소재지 : 일본 시네마현</li> <li>● 이즈모시</li> <li>● 지름 : 140.7m</li> <li>● 높이 : 53.9m</li> <li>● 재료 : 폴리카보네이트, 목재(낙엽송)</li> </ul>
<p>그림 2.10 이즈모 돔</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 소재지 : 일본 나가노 시</li> <li>● 길이(가로 X 세로) : 80m X 216m</li> <li>● 재료 : 합판, 공학목재(더글라스), Steel plate</li> </ul>
<p>그림 2.11 나가노 올림픽 메모리얼 아레나</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 소재지 : 미국 워싱턴주 타코마</li> <li>● 길이 : 115m</li> <li>● 높이 : 30m</li> <li>● 재료 : 나무(글루램 보, 가새, 덮개)</li> </ul>
<p>그림 2.12 르메이 미국 자동차 박물관</p>		



그림 2.13 서울 남산 국악당

- 소재지 : 한국 서울 중구
- 규모 : 지하2층 ~ 지상1층
- 재료 : 지하(철근 콘크리트)  
지상(목구조)



그림 2.14 순천 레이크힐스 CC

- 소재지 : 한국 전라남도 순천시
- 규모 : 20m × 70m
- 재료 : 철근콘크리트 + 목조

## 2. 국내외 시장전망

### 가. 국내 경제 전망

국가균형 발전, 신행정수도, 기업도시 등은 상당기간 건설시장의 호재로 작용할 것이며, 공공기간 이전에 따른 신청사 건립 등 건축부문 수주 활동이 활발히 진행될 전망이다. 또한 사회 환경과 정부 정책의 변화로 건설 시장이 활성화되고 있고 그 중에서 대공간이 차지하는 비중이 증가하고 있다.

우리나라의 경우 건물의 파사드나 조형물에 주로 LED를 이용한 일방향의 상호작용 성격이 강한 편이며 사용자와 공간, 구조물과의 양방향의 상호작용은 미비하다. 최근에는 월드컵 경기장의 수익성이 악화되면서 복합 생활체육시설의 건설을 확대하려는 움직임이 증가하고 있다. 예를 들어 광주월드컵 경기장은 골프 연습장과 카트 경기장, 인라인 스케이트장을 조성하는 한편, 생활체육시설인 배구장, 길거리 농구장 등 스포츠 레저 공간을 단계적으로 조성해 나갈 예정이다. 또한 국민들의 여가에 대한 관심이 증가하고 있는 상태에서 주5일 근무제의 영향으로 인하여 경마, 경륜, 경정, 카지노 등 레저 관련 시설이 중·장기적으로 증가할 것으로 전망된다. 따라서 대공간 구조물 특히 지붕구조의 개폐가 가능한 대공간 건축물은 사회 및 경제 그리고 국가적인 차원에서 수요가 발생할 것으로 전망된다.

표 2.5 환경변화에 따른 예상 수요

구 분	변 화 요 인	예 상 수 요
사 회 환 경 변 화	주5일제	- 여가공간 및 레저산업
	고령화	- 실버산업 관련 건설수요
	환경친화적인 발전 추구	- 하천 및 생태계복원 - 대체 에너지 개발 - 소각로 등 도시 폐기물 처리
	가용토지의 고갈 : 도심재생 필요성 대두	- 도심재개발 - 노후불량주택 정비사업 - 초고층 빌딩 - 도심주거기능확대 - 지하공간 개발
	지식사회로의 전환	- 기술혁신테크노 파크 개발
정 부 정 책 변 화	신행정수도 이전	- 정부청사 이전 적지의 개발
	공공기관이전	- 미래형 혁신 신도시 조성
	토지규제완화	- 민간 도시개발 활성화
	동북아 허브	- 전시 컨벤션 사업 - 물류 인프라 구축(대형항만 건설)
	유휴지 개발	- 아산만권 광역개발
	대체 에너지 확보	- 댐건설
	남북 교류 확대	- 교통 인프라 확충 - 비무장지대(DMZ) 개발 및 보전 - 경기북부 개발 - 북한 개발

## 나. 대공간 건축물의 용도별 시장전망

### (1) 운동장 및 경기장

운동장 및 경기장 시설 수요는 생활 체육 시설에 대한 요구가 증가하고 있으며, 기존 시설물의 리모델링, 레저 산업의 확대 등에 힘입어 앞으로 건설 수요가 점차 증가할 것으로 전망된다. 최근 주 5일 근무제에 따른 건전한 레저 문화를 정착시키기 위해서 기초자치단체별로 생활체육공원 등 인프라를 확충하는 것이 선결 과제로 등장, 문화관광부에서는 2003년 ‘참여정부 국민체육진흥 5개년 계획’을 마련하여 앞으로 5년 동안 국민체육센터·생활체육공원 등 다목적 생활체육시설 1,739개소를 확충하고, 마을 단위 생활체육시설 등도 6,500여 개소로 확충할 계획, 지자체에서는 주 5일제 근무제로 인한 생활 체육의 활성화를 위해 실내 체육관, 수영장, 정구장, 하키장, 사이클 경기장, 농구장 등 체육 시설의 건립을 확대해 나가고 있는 추세이다.

최근에는 월드컵경기장의 수익성이 악화되면서 복합 생활체육시설의 건설을 확대하려는 움직임이 증가하고 있다. 예를 들어 광주월드컵 경기장은 골프 연습장과 카트 경기장, 인라인 스케이트장을 조성하는 한편, 생활체육시설인 배구장, 길거리 농구장 등 스포츠 레저 공간을 단계적으로 조성해 나갈 예정이다. 또한 국민들의 여가에 대한 관심이 증가하고 있는 상태에서 주5일 근무제의 영향으로 인하여 경마, 경륜, 경정, 카지노 등 레저 관련 시설이 중·장기적으로 증가할 것으로 전망된다.

경마 이용객은 2003년 현재 1,628만명에 달하고 있으며, 매출액은 1990년 이후 연평균 30% 이상 증가하고 있는데, 이러한 매출 신장세가 지속되고, 경마장이 추가로 개장할 경우, 향후 연평균 10% 이상 성장가능할 것으로 전망된다. 경륜(競輪, cycle racing)사업은 2000년 현재 연간 입장객수가 354만명이며, 매출액은 1조 2,243억원으로 급격히 증가하였는데, 앞으로도 연평균 20% 이상 성장이 가능할 것으로 전망된다.

레저 시장의 특성중 하나는 시장의 성장세가 경기의 변동에 크게 영향을 받지 않는다는 것이다. 1980년대 일본 경제의 버블 붕괴 시기에도 레저 산업은 지속적으로 성장했다는 점을 감안할 때, 우리나라에서도 유사한 전망이 가능하다. 건설회사를 대상으로 한 설문 조사 결과, 경기장, 운동장에 대한 건축 수요는 안정적인 증가로 보는 경향이 우세하였으며, 수익성도 현재보다 향상될 것이라는 응답이 많았다.

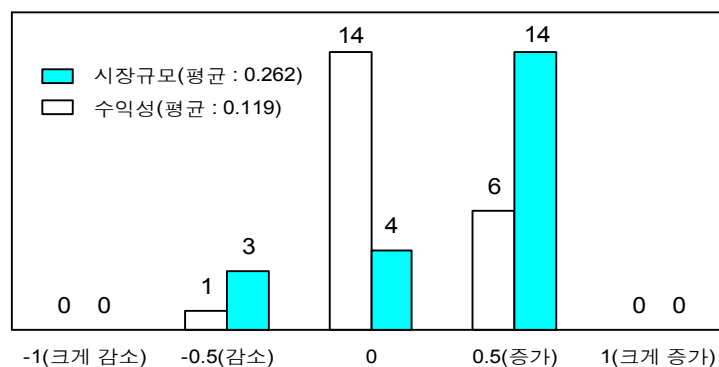


그림 2.15 경기장·운동장의 건축 시장 전망

(2) 공연 및 집회장소

앞에서 언급한 바와 같이 주 5일 근무제의 영향으로 인하여 여가 활동에 대한 수요가 증가하면서 공연이나 집회시설에 대한 건축 수요가 점진적으로 증가할 것으로 전망된다.

기존의 경기장이나 운동장에서는 수익성을 높이기 위하여 리모델링 등을 통하여 공연 시설 등을 부가하는 사례가 증가하고 있다. 건설회사를 상대로 한 설문 조사 결과를 보면, 공연 및 집회시설의 건축 수요는 안정적으로 증가할 것이라는 전망이 우세하였다.

(3) 전시시설

2000년에는 국내의 전시 시설은 50,655 $m^2$ 에 불과하였으나, 2005년에는 254,393 $m^2$ 으로 5배 이상 증가하였다. 특히 2003년에서 2005년 사이에 전시면적의 증가율이 197%로 급격하게 증가하였다. 국가적 인지도가 향상됨에 따라 국제적인 행사나 회의 등의 유치가 증가하게 되고 이에 따라 전시시설의 면적 및 수용인원은 더욱 증가할 것으로 판단된다. 하지만, 이는 국내의 건설경기의 영향으로 건설업체를 대상으로 한 설문 조사 결과에서는 전시 시설의 건축 수요는 정체 내지는 감소할 것으로 보는 경향이 우세하였다.

표 2.6 국내 전시 면적의 건설 추이

(단위 :  $m^2$ )

구 분	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2010
COEX	36,007						
학여울	7,948						
여의도	2,500						
대전 전시관	4,200						
부산 전시장		46,380					
대구 컨벤션 센터		22,159					
aT센터			7,422				
제주 국제 컨벤션 센터 (ICC JEJU)				2,395			
킨텍스 (KINTEX)					108,483		
창원 컨벤션 센터 (CECO)					7,827		
김대중 컨벤션 센터 (KDJ Center)					9,072		
대전 컨벤션 센터 (DCC)						2,520	
송도컨벤시아						8,416	
구미코 (GUMICO)							3,402
연도별 누계	50,655	119,194	126,616	129,011	254,393	265,329	268,731

※ 출처 : 2012 국내전시산업 통계(한국전시산업진흥회 발간)  
2014-2015 한국전시산업디렉터리(한국전시주최자협회 발간)

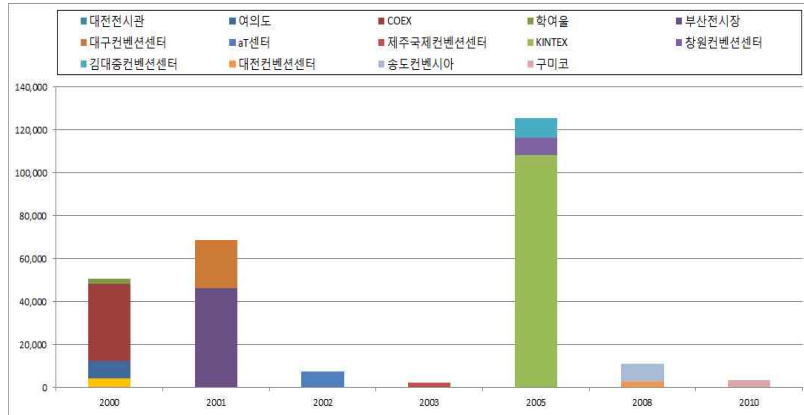


그림 2.16 국내 전시 면적의 건설 추이

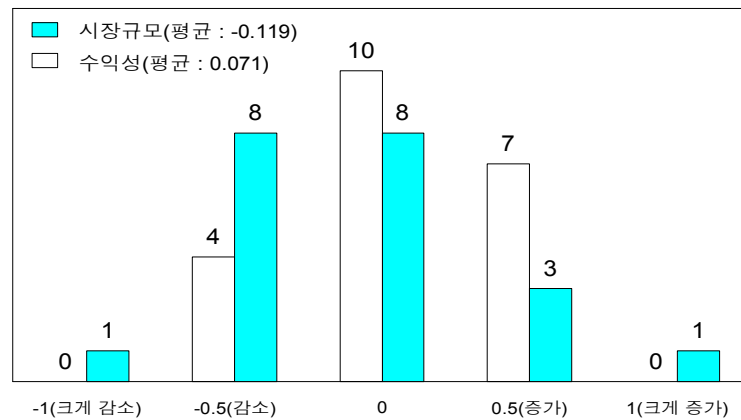


그림 2.17 전시 시설의 시장 전망

(4) 창고, 차고 및 터미널

정부에서 2001년에 마련한 '국가물류기본계획(2001~2020)'에 의하면, 한국의 터미널 수 및 창고 면적은 일본의 1/30 규모에 불과하여 향후 상당한 투자가 요구되고 있다. 물류 시설의 영세성과 비전문화도 해결해야 할 과제인데, 우리나라는 차량 5대 미만의 영세 운수업체가 97%를 차지하고, 물류 창고도 비영업용이 76.8%에 이르고 있다.

표 2.7 전국 물류 시설 현황(2013)

구 분	전 국	
	개소수	면적
화물 자동차 터미널	30	1,207,394
IFT (복합물류터미널)	5	2,159,462
ICD (내륙컨테이너기지)	5	3,163,084
항만 터미널	25	9,297,871
공항 터미널	16	463,740
물류 단지	15	5,085,854

단위 : 개소, m<sup>2</sup>

출처 : 국토교통부 국가물류통합정보센터

정부에서 수립한 물류 기본 계획에 의하면, 물류 시설은 2010년까지 441만평으로 확대하고, 2020년까지는 600만평으로 확대할 계획으로 있다.

건설회사를 대상으로 한 설문 조사 결과, 창고 및 물류 시설, 터미널 건축은 중·장기적으로 수요가 크게 증가할 것으로 전망되었다.

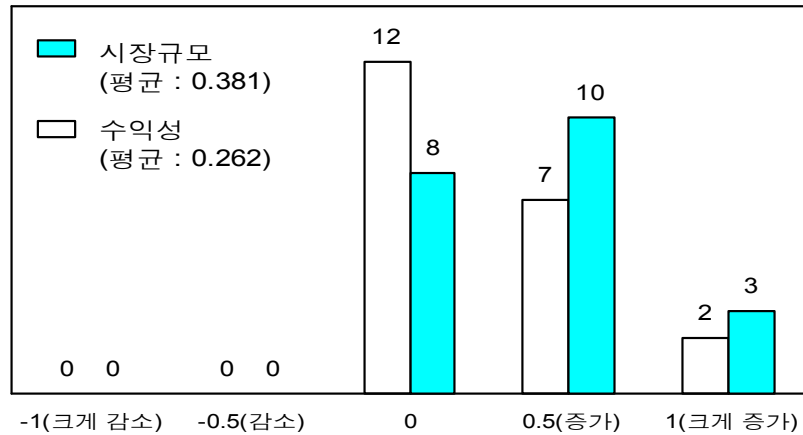


그림 2.18 창고, 물류시설, 터미널건축의 시장전망

전반적으로 대공간 건축물과 관련된 시장은 증가하고 있다고 예상되며 그 중에서도 연성막구조 및 개폐식 구조시스템을 적용한 건축물의 수요는 더욱 증가할 것으로 판단된다. 전통 시장, 축사 등의 중소규모의 건축물에 개폐식 지붕구조의 적용이 증가하고 있으며, 이러한 시장 확장에 힘입어 대규모 경기장, 전시시설 및 물류시설 또는 중소규모 실내 경기장 등에 개폐식 대공간 건축물의 수요는 증가할 것으로 예상된다.

### 3절 기술동향 분석

#### 1. 국내외 기술동향

개폐식 대공간 건축물에 관한 기술분류는 가. 개폐식 대공간 구조물 통합설계기술, 나. 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발, 다. 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발, 라. 개폐식 대공간 건축물 건설기술 실용화를 세부과제 내용으로 하고 있다.



그림 2.19 개폐식 대공간 건축물 기술분류

#### 가. 통합설계기술 개발

개폐식 건축물 핵심기술 중 설계기술의 자립화와 및 관련 엔지니어링 분야 기술경쟁력 확보를 위한 통합설계기술에 관한 연구개발 과제로서 연성막재패널, 강성패널 및 가변/전개형 개폐식 구조물의 자동모델링 및 해석/설계가 가능한 통합프로그램을 개발하는 것이 최종연구목표이며, 또한 개폐식 대공간 건축물의 특성을 반영한 열 및 음에 대한 최적 환경설계 기술을 융복합하여 IT기반 통합설계기술로의 차별화를 둔다.

#### 나. 개폐장치 구동 메커니즘 및 시공기술 개발

개폐를 목표로 하는 구적적인 특성으로 인하여 구동장치가 반드시 갖추어져 있어야 하며 이는 일반 구조물에서 찾을 수 없는 특수화된 기술과 개폐식 지붕의 구동 특성이 고려된 시

공기술이 요구된다. 따라서 개폐식 대공간 건축물에 대한 국제적인 기술 우위를 확보하기 위해서는 개폐 구동장치와 관련된 기술개발이 무엇보다 중요하다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 Lock-pin 기술기반의 구동시스템 개발, 개폐 특성을 고려한 Erection 및 시공기술, 시공 프로세스 혁신을 통한 Value Engineering 등에 대하여 연구·개발하고자 한다.

#### 다. 스마트 구조제어 및 모니터링 기술 개발

자연재해에 대한 구조물의 안전성 향상을 위한 기술로 개폐식 대공간 건축물의 안전성 및 사용성과 관련된 기술의 경쟁력 확보를 위한 핵심기술을 개발하고 이를 통하여 해외 건설시장의 수주를 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제로서 자연재해에 대한 저항성능 및 안전도 향상 기술, 화재에 대한 소방 및 피난 시스템 개발, 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술, ICT 기반의 모니터링 기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

#### 라. 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 실용화

세부연구과제에서 개발된 통합설계기술, 하이브리드 구동기술, 구조안전성 모니터링 및 스마트 구조제어기술 등을 기술 검증 및 보완을 위해서는 파일럿 프로젝트와 같은 대상 구조물의 실제 시공이 필요하다. 또한 개발된 기술을 실무 엔지니어가 활용하기 위해서는 기술기준의 표준화가 요구되므로 개폐식 대공간 건축물에 특성화된 구조설계기준, 시공 및 유지관리 지침서를 제시한다. 또한 대공간 건축물이 건설 후에 이를 효과적으로 활용할 수 있는 비즈니스 모델이 필요하므로 경제성을 고려한 대공간 건축물 복합 비즈니스 모델 개발하고자 한다.

#### 마. 연성 개폐형 스타디움의 특수성과 가능성 (전략적 성과형 연구주제)

현재 활발한 대공간 구조물이 실현되고 있는 국가 중에서 연성 막재료를 이용하여 개폐형 구조물을 실현하고 있는 독일의 경우 스타디움 뿐만 아니라 다양한 구조체에 접근하여 새로운 기술을 창출하고 있다. 캐나다 몬트리올 올림픽 스타디움에서 최초로 시공하였던 접힘/펼침 구조 메커니즘을 가지고 있는 케이블 하이브리드 개폐구조시스템은 프랑크푸르트 코마츠방크 아레나에도 적용되었고, 폴란드 바르샤바의 국립 운동장에도 적용된 시스템이다. 강성 구조시스템에 비해 매우 효과적으로 펼칠 수 있는 장점이 있으며, 국제적인 규모의 스타디움 및 중소규모의 운동장 및 집회장에도 적용가능하다. 아래 그림에서 보는 초창기 새로운 재료로 적용되었던 게리웨버 스타디움과는 달리 연성막재가 굽힘이 가능한 재료를 사용해야하는 특성이 있으며, 독일 전역에 걸쳐 소규모 구조물에 많이 적용되고 있다.



그림 2.20 게리웨버 스타디움  
(연성 개폐식)



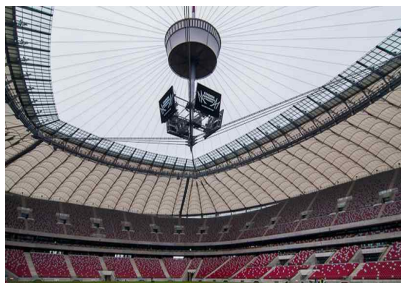
그림 2.21 Esprit Arena 전경  
(강성 개폐식)

Gerryweber Station은 실내 스포츠 경기장으로 독일의 Halle, North Rhine - Westphalia에 위치해 있으며, 경기장의 수용력은 12,300명이며, 1992년에 첫 개장을 하였다. 경기장은 88초 안에 닫히는 개폐식 지붕을 가지고 있기 때문에 비가 내리기 시작해도 테니스 경기를 계속 할 수 있다. 사용된 막재의 경우 ETFE라는 기존의 막재와는 다른 초경량 재료로 외장재로 사용된다.

코마츠뱅크 아레나는 독일의 프랑크푸르트에 위치한 스포츠 경기장으로 그림에서 보는바와 같이 접이형 막구조물이지만 게리웨버 스타디움과는 달리 스포크 휠 케이블 구조물에 인베디드 된 막구조이며, 막구조 내부의 형상은 초기장력이 유지된 채로 구조체의 역할이 가능하며, 이것은 게이웨버 스타디움의 경우와는 다른 형식이다. 일반적으로 원래 이름인 Waldstadion으로 알려져 있으며, 1925년에 오픈하였다. 경기장은 오픈한 이래로 여러 번 업그레이드를 거쳐왔으며, 가장 최근의 리모델링은 2005 FIFA Confederations Cup과 2006 FIFA World Cup 준비에 필요한 축구전용 경기장의 재개발이었다. 리그 경기에서 51,500명의 관중을 수용할 수 있으며, 미식축구와 국제 축구경기에 있어 48,500명의 관중을 수용할 수 있다. 현재의 설계는 함부르크 건축가인 Gerkan와 더불어 슈투트가르트의 엔지니어인 Schlaich와 Marg and Partners가 협업을 통해 2002년부터 2005년까지 2006 FIFA 독일 월드컵을 위해 진행되었다. 스탠딩 석은 대개 좌석으로 변경되면서 48,500명의 관중을 수용할 수 있는 공간으로 변경되며, 최대 65,000명을 수용할 수 있는 공간으로 변화 가능하다. 경기장은 길이 210m, 폭 190m, 그리고 총 바닥면적 110,000m<sup>2</sup>과 더불어 480,000m<sup>3</sup>의 밀폐된 공간도 포함된다.



(a) 코마츠뱅크 아레나



(b) 바르샤바 국립경기장



(c) 캐나다 BC 스타디움

그림 2.22 국외 개폐식 스타디움

개폐형 지붕은 스포크와 링이 장착된 37,500㎡에 이르는 대형텐트로 구성되며, 3,000톤의 지붕하중은 와이어케이블을 통해 44개의 주 기둥과 경기장 외벽의 외측압축링에 의해 지지된다. 내부의 지붕은 9,000㎡의 전체보드로 덮어, 세계에서 가장 큰 강철케이블 막구조물로 발표되었고, 세계에서 가장 큰 변환 가능한 구조물이라고도 불리고 있다. 테플론으로 코팅된 폴리에스테르 섬유로 제조된 지붕은 개폐되는데 약 15~20분 정도 소요되는 것으로 게리웨이버 스타디움에 비해 빠르고 간단하게 작동된다. 지붕공사의 비용의 경우 알리안츠 아레나의 반 정도에 해당되는 비용으로 시공되었다. 이 개폐식지붕은 밴쿠버스타디움, 바르샤바 스타디움도 거의 유사하다.

독일에서의 경량막재를 이용한 다양한 시스템의 개발이 가능한 이유는 스포크 휠 시스템과 같은 케이블 돔 구조물의 발전이 이미 오랜 기간 동안 이루어 졌었고, 기계적 요소에 대한 건축적 활용용도가 많았기 때문으로 생각된다. 이러한 결과로 뮌헨이나 오스트리아, 이태리 등에 수출되고 있는 기술의 활용도는 소규모 건축물에서 중 대 규모에 이르기 까지 기술의 정도를 분류하여 이용되고 있다. 특히 실외 극장의 활용은 매우 인상적이며, 축사와 같은 구조체에도 막재의 접힘성질을 이용한 응용은 무한한 가능성을 가지게 한다.



그림 2.23 학교 중정을 활용한 무대시설



그림 2.24 일방향 경량 접힘구조

개폐형 구조물의 경우 큰 스타디움에서 적용되는 기계구조를 소형 또는 중형구조물로 가져오기 위한 기술의 격차는 비용면에서 감당하기 어려운 면이 있으나 연성구조물의 경우 재료의 가벼움으로 인해서 구조체의 면적이 증가하더라도 비교적 쉽게 기술이 적용되는 장점이 있다. 또한 형상의 가변성은 프레임형 구조물에 비해서 매우 아름다운 곡선을 형성할 수 있기 때문에 건축적 의미도 또한 부여될 수 있을 것이다.

## 바. 개폐식 구조물의 국내 기술수준에 대한 분석

개폐식 구조물의 기술개발을 위한 기초연구로서 선행되어온 대공간 구조물의 설계 및 시공기술의 경우 많은 기초자료를 활용할 수 있다.

국내 대공간 관련 전문학술단체의 전문가 및 엔지니어 집단을 이용한 설문조사에서 개폐형 구조물의 선호도에서는 연성구조물의 형태보다 강성구조물의 형태에 대한 역할이 크다고 조사되었다. 그리고 개폐식 대공간 구조의 스패ن규모에 대한 질문에 대해서 100m 이상으로 답변한 경우가 41%에 달했으며, 국내 전문가들의 견해에 따르면 스패인이 작은 경우에 대한 구조시스템의 인식이 낮은 편이다. 이와 같은 결과는 개폐식 시스템에 가장 적합한 구조로서 강(래티스) 구조가 차지하였고, 부적합한 구조로는 콘크리트 구조 다음으로 목구조가 차지하였다.

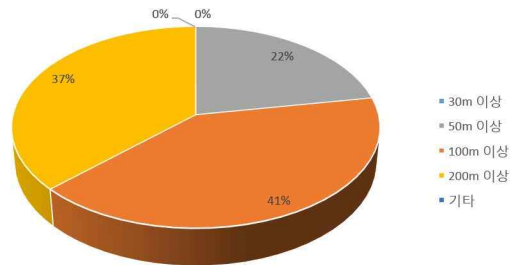


그림 2.25 개폐식 구조의 스패너 규모 설문조사

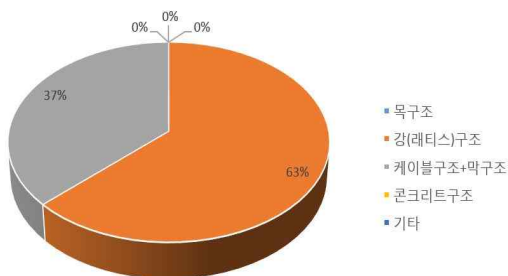


그림 2.26 개폐식 시스템에 가장 적합한 구조

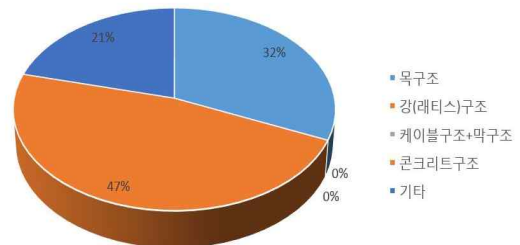


그림 2.27 개폐식 시스템에 가장 부적합한 구조

래티스형 구조의 경우나 케이블과 막의 하이브리드 구조체에서는 모두 100m 이상이 개폐구조로 적합하다고 설문조사결과 나타났지만 독일의 경우 60-80m의 경우가 많은 부분을 차지하였다.

구조기술수준에 대해서 시급히 보완해야 할 사항에 대해서는 설계요소기술이 가장 큰 비중을 차지하였고, 다음으로 전문인력의 확보에 대해서 약 21%의 비중을 차지하였다. 요소기술에 대해서도 가장 부족한 기술을 해석방법으로 손꼽았으며, 부재설계에 대한 요소기술도 매우 절실하게 나타났다. 이것은 설계기준의 마련이 매우 시급함을 의미한다.

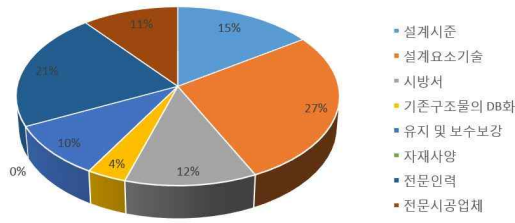


그림 2.28 개폐식 구조물 국내건설을 위한 기술 보완사항

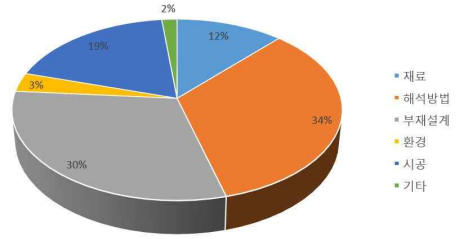


그림 2.29 개폐식 구조물 요소기술 보완사항

국내 기술인프라에 대한 설문조사에서도 국내의 개폐식 대공간 구조의 설계기술력은 매우 낮게 나타났으며, 대공간 구조물의 설계기술에 대비해 매우 부족한 실정임을 알 수 있다. 또한 시공업체의 개폐식 구조물의 실현가능성에 대해서도 50%가 매우 낮다고 답했으며, 보통이라고 생각하는 답변도 39%에 달하였다. 국내 시공업체의 대공간 구조물 설계 및 시공사례가 늘어난 반면 개폐형 구조물에 대한 전문한 경험은 국제시장으로 발돋움 하는데 매우 어려움이 따를 것으로 생각된다.

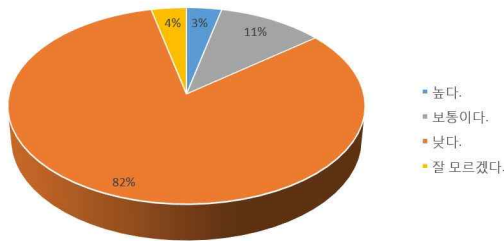


그림 2.30 국내 전문인력의 개폐식 구조물 설계기술수준

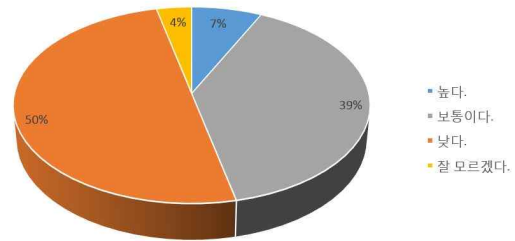


그림 2.31 국내 시공업체의 개폐식 구조물 시공수행능력

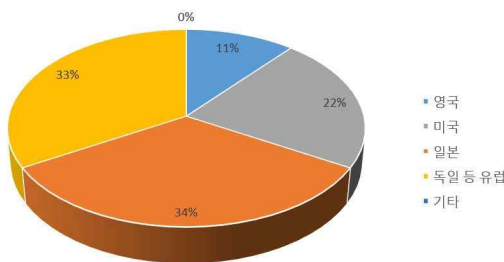


그림 2.32 개폐식 구조물의 최고기술력 보유국가

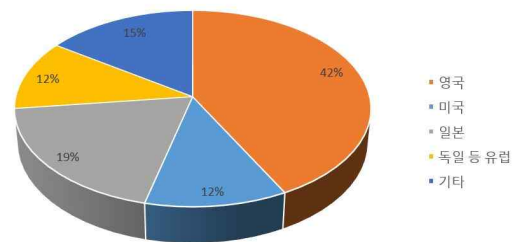


그림 2.33 개폐식 구조물의 기술력 부족 국가

위의 국내 전문인력에 대한 평가와 시공사의 수행능력평가에 따른 설문조사에서 개폐식 대공간의 해외 프로젝트 수주에 대한 능력평가는 부분적으로 가능할 것으로 전문가들은 판단하였지만, 국내기준이 적용되기에는 불가능하다고 답변한 경우가 무려 46%에 달하였다.

대공간 구조물과 마찬가지로 개폐식 대공간 건축물의 수요창출에 대한 가장 큰 요인으로는 삶의 질적 향상 및 문화수요로 43%가 답했고, 설계 및 시공능력에 따른 결과물로 판단한 전문가도 36%에 달하였다.

조사결과를 종합해 보면, 국내의 연구인력 인프라의 구축과 요소기술을 통한 고급기술의 확보는 선행되어야 하며, 100m 이상을 소화할 수 있는 국내 기술력의 확보와 중소규모형 타겟을 둔 시스템 개발이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 선진국에 대한 국내기술력의 평가를 하위 50%에 해당한다는 설문조사의 결과를 볼 때 국내의 기술에 대한 시급한 변화가 필요하다. 기술의 발전을 위해서 해외 공동연구를 위해서는 유럽의 기술을 도입할 필요가 있음을 설문조사에서 시사하고 있으며, 개폐형 구조시스템의 개발을 통한 경제성은 5000억 이상의 경제성장을 예상하는 블루오션 아이템으로 조사되었다.

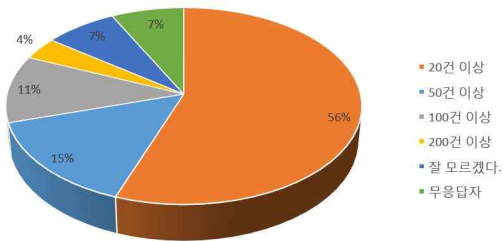


그림 2.34 스패น 100m 이상의 연간 수요량 설문

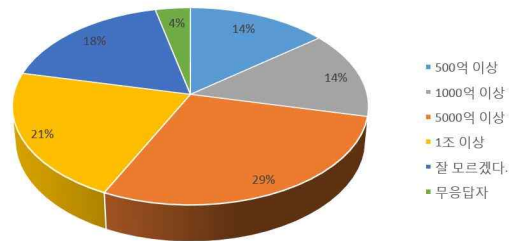


그림 2.35 개폐식 구조기술개발에 따른 경제적 파급효과

## 2. 국내외 특허분석

국내 대공간 건축물 관련 특허를 전망해 보면, 향후 약 15~20년 동안은 특허수가 많이 증가할 것으로 예상되며 그 후로는 감소하는 경향을 보일 것으로 예측된다. 이와 같은 분석 결과를 볼 때, 미국 및 일본 등과의 기술격차를 해소하기 위해서는 원천기술에 대한 연구 및 연구결과의 실용화에 대한 상당한 노력이 필요하다. 특히, 이미 미국, 일본 등에서 활발히 연구되어온 스페이스 프레임구조 연구는 설계최적화기법을 도입하여 경쟁력을 끌어올리는 레드오션 전략으로, 차세대 대공간 구조의 핵심기술로서의 케이블구조, 막구조, 하이브리드구조는 위상최적화와 같은 새로운 최적설계기법을 도입하는 블루오션 전략으로 집중 연구하여야 할 것이다.

특허청 자료를 참고하여 한국과 대공간 구조의 선진국이라고 할 수 있는 미국, 일본의 대공간 건축물 관련 특허를 조사한 결과, 한국의 대공간 관련 특허 건은 일본의 13.9%, 미국의 44.3% 수준으로써 그 수가 절반에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 특히 하이브리드 관련 특허 건은 단 한건도 없는 것으로 조사되었다.

각국의 특허수를 연도별로 분석해 보면, 미국의 경우 1980년대와 1990년대 대공간 구조에 관한 특허가 가장 많았고, 일본은 1970년대 특허가 전무하였으나 90년대 급증하였고 현재는 감소하고 있는 추세이다. 한국의 1970, 80년대에 특허가 거의 없으며 90년대에 소폭 증가하였고 2000년대 월드컵 등의 영향으로 특허수가 증가했으나 그 수는 일본의 80년대 수준에

그치고 있다.

현재 우리나라와 약 15년 정도의 경제 상황 및 기술격차를 보이는 일본의 특허 경향을 기준으로 하여 앞으로의 국내 대공간 관련 특허를 전망해 보면, 향후 약 15~20년 동안은 특허 수가 많이 증가할 것으로 예상되며 그 후로는 감소하는 경향을 보일 것으로 예측된다.

이와 같은 분석 결과를 볼 때, 현재의 대공간 관련 기술의 활발한 연구는 필수적이며, 미국 및 일본 등과 같은 선진국과의 기술격차를 해소, 역전하기 위해서는 연구 및 실용화에 있어서 상당한 노력이 필요할 것이다. 특히, 이미 독일 등에서 시장을 선점하고 있는 연성 막 개폐식 구조물관련 기술은 실용화 기술을 도입하여 기술력을 끌어올리는 레드오션 전략으로, 일본, 미국 등에서 기술경쟁력을 갖고 있는 강성 개폐식 구조물 관련 기술은 통합설계기법을 도입하여 기술경쟁력을 갖는 블루오션 전략으로 집중 연구되어야 할 것이다.

### 가. 국가별 분류(미국, 일본, 한국)

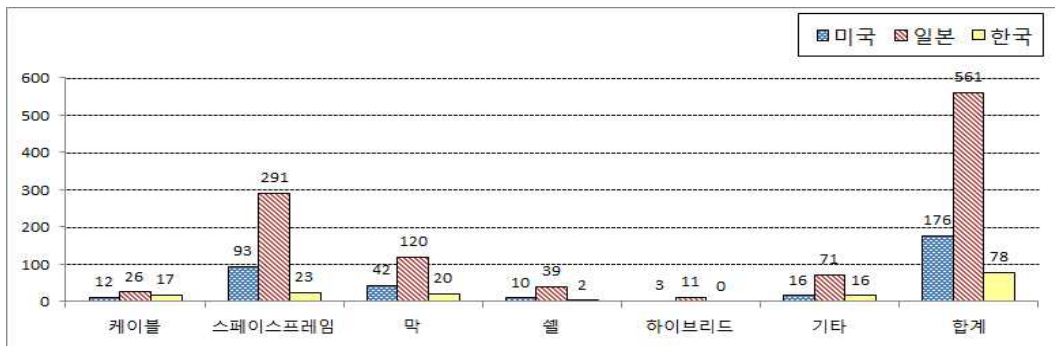


그림 2.36 구조형식에 따른 특허 비교 현황

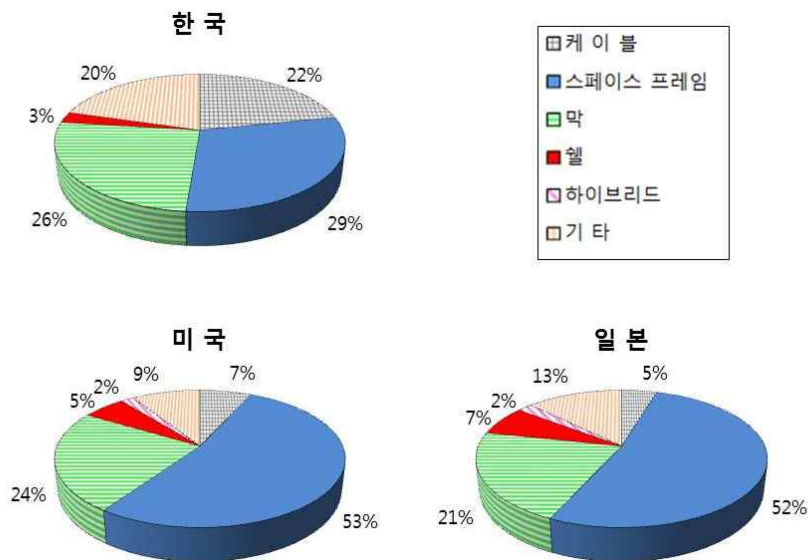


그림 2.37 대공간 구조 시스템 특허의 국가별 분포현황

나. 연대별 분류(1970 ~ 2013년)

표 2.8 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(미국)

구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케 이 블	0	4	6	2	12
스페이스 프레임	10	42	33	8	93
막	11	9	15	7	42
셸	3	4	3	0	10
하이브리드	0	1	2	0	3
기 타	4	4	6	2	16
합 계	28	64	65	19	176

※ 미국의 경우 1980년대와 1990년대 대공간 구조에 관한 특허가 가장 많음

표 2.9 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(일본)

구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케 이 블	0	1	1	24	26
스페이스 프레임	0	12	221	58	291
막	0	11	67	42	120
셸	0	5	15	19	39
하이브리드	0	0	0	11	11
기 타	0	8	44	19	71
합 계	0	37	351	173	561

※ 1970년대 대공간 구조 관련 특허가 전무하였으나 90년대 급증

표 2.10 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(한국)

구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케 이 블	0	0	0	17	17
스페이스 프레임	0	3	4	16	23
막	1	0	2	17	20
셸	0	0	0	2	2
하이브리드	0	0	0	0	0
기 타	0	0	9	7	16
합 계	1	3	15	59	78

※ 1970, 80년대에 특허가 거의 없으며 90년대에 소폭 증가. 2000년대 특허 수가 증가했으나 그 수가 일본의 80년대 수준에 그침

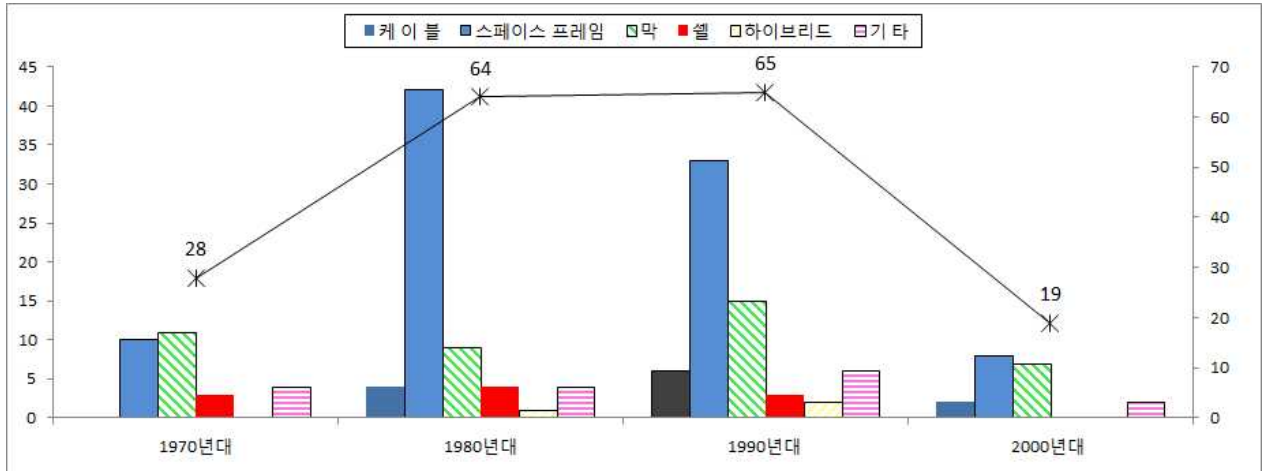


그림 2.38 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(미국)

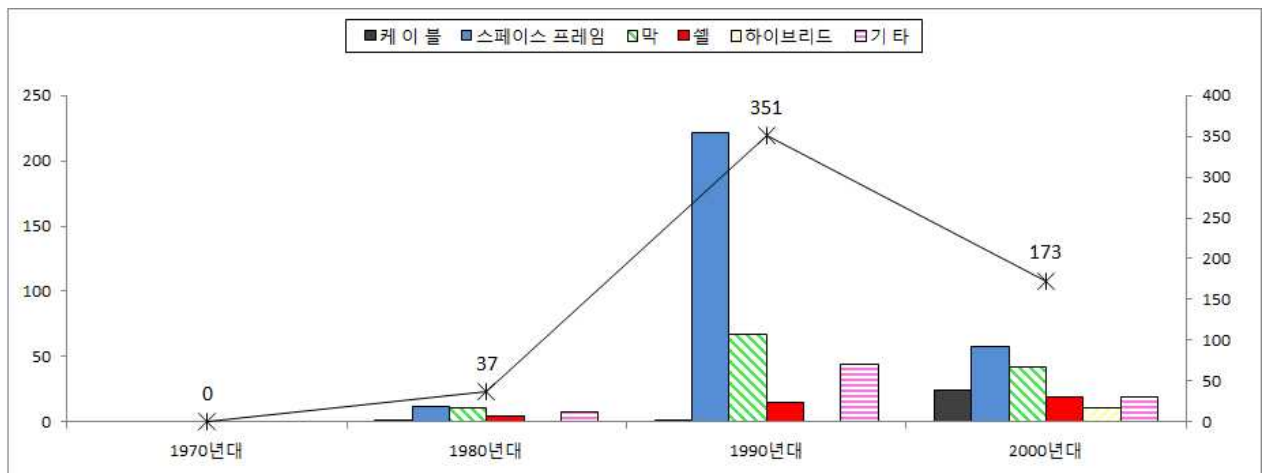


그림 2.39 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(일본)

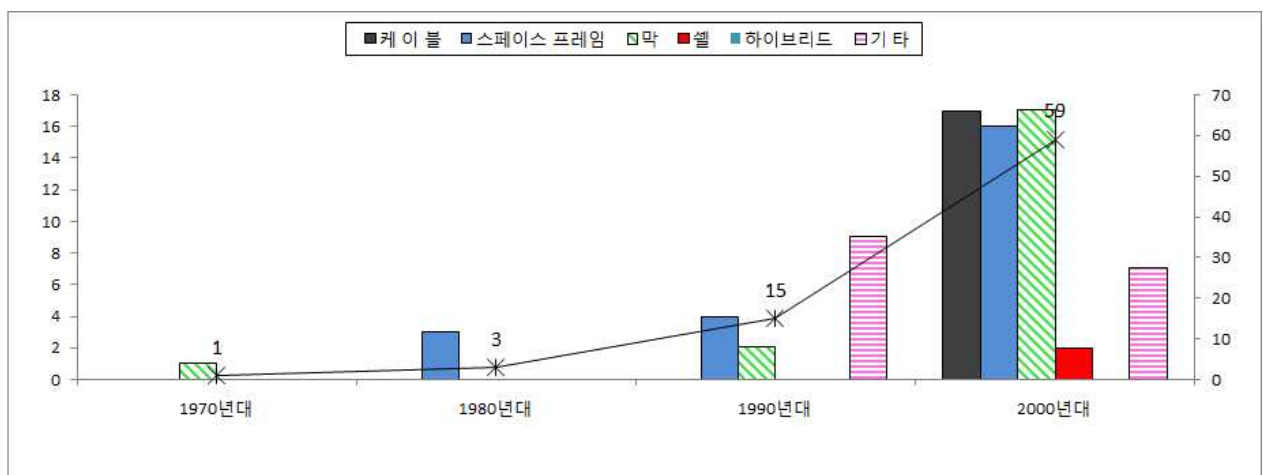
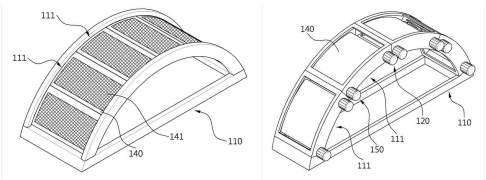
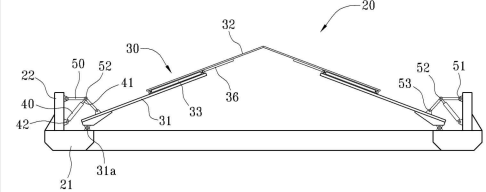
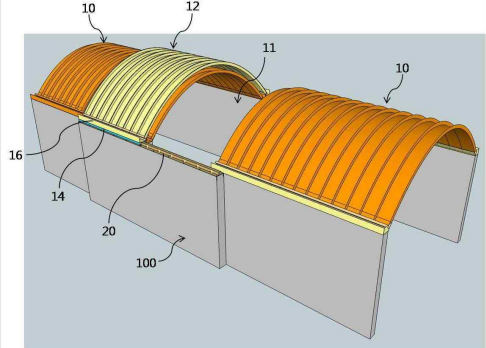
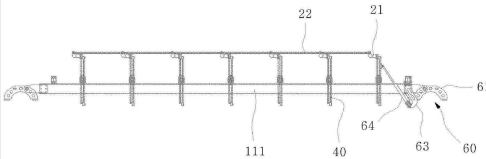


그림 2.40 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(한국)

지붕구조물의 개폐식에 관련된 최근 10년간의 주요 국내의 지식재산권을 아래 표에 나타낸다. 일반적인 형태에서 연성 또는 강성 구조물의 개폐장치에 대한 개념적인 아이디어 외에 특허된 시스템의 지식재산권은 미비한 상태이며, 국외 지식재산권의 경우 개폐식 대공간 스타디움에 대한 결과이다. 지식재산권의 경우 기계적 특성이 고려된 지붕구조물이므로 다수의 특허가 지붕구조물이나 스타디움과는 별개로 다양한 분야에서 필요한 기술의 지식재산권에 대한 사항이다. 따라서 지붕구조물에 특허된 연성 및 강성구조의 연구개발이 매우 부족한 상태이다. 국내 지식재산권에 대해서도 대공간 구조물에 특허된 경우보다 기계적 요소를 필요로 하는 건축구조물에 적용되는 경우로 한정이 되며, 이러한 구조물에서는 온실이나 비닐하우스 등과 같은 경우에 많이 적용되는 것으로 조사 되었다.

표 2.11 개폐식 특수시스템의 국내 지식재산권 현황

No.	등록일	출원인	설 명
	발명의 명칭		
1	2013.08.07	경북대학교 산학협력단	
	개폐식 루프 시스템 Opening and shutting type roof system		
2	2008.02.05	이종식	
	돔 개폐장치 Opening and shutting apparatus for a dome		
4	2014.06.03	주식회사 스파코리아	
	지붕의 슬라이드 개폐장치 The slid opening and slid shutting device for roof		
5	2014.05.14	주식회사 디유이엔지	
	돔형 지붕의 차음막 개폐장치 The domed roof sound insulation film switching gear		

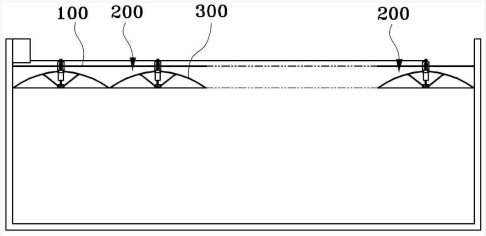
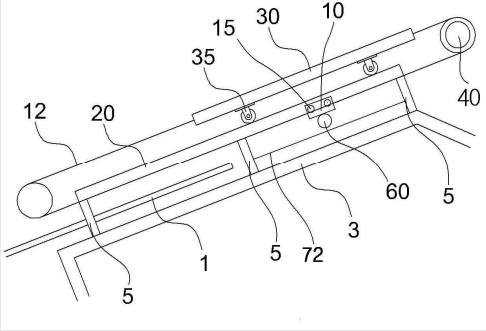
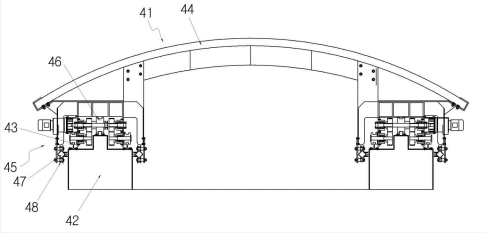
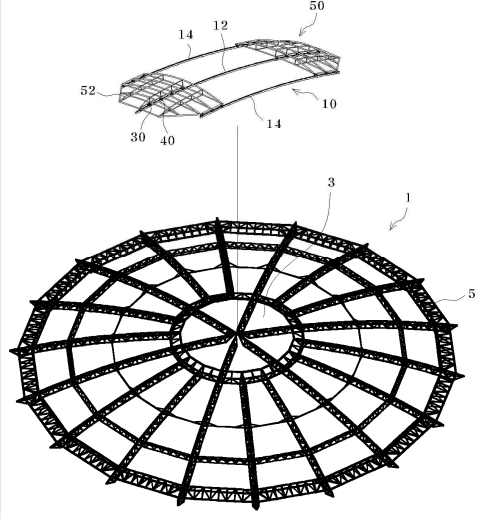
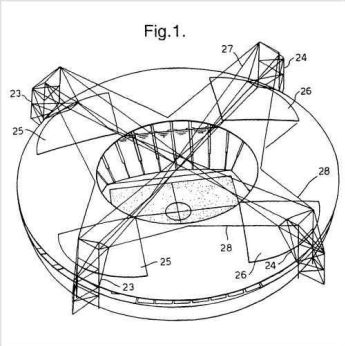
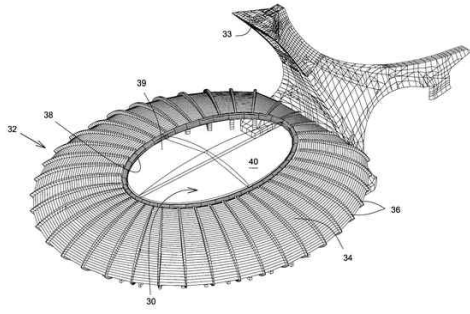
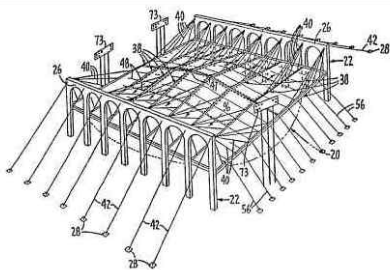
No.	등록일	출원인	설명
	발명의 명칭		
6	2013.09.03	김순교	
	<p>개폐식 지붕구조물 Opening and shutting type roof structure</p>		
7	2013.07.11	(주)용화씨아이	
	<p>지붕의 개폐장치 Apparatus for opening and shutting roof</p>		
8	2010.08.10	문금석, 장쌍권	
	<p>개폐식 지붕 Opening and shutting type roof</p>		
9	2007.01.03	주식회사 타이가	
	<p>개폐식 지붕구조물 Opening and shutting type roof structure</p>		

표 2.12 경기장 지붕구조물에 대한 국외 개폐식 구조시스템의 지식재산권 현황

No.	등록일		출원인		설 명
	국 가		발명의 명칭		
1	2005.08.24				
	유럽		RETRACTABLE ROOF		
2	2014.01.28.		François Delaney		
	미국		Deployment mechanism for a retractable roof system for a large building structure		
3	2005.05.24.				
	캐나다		A CABLE-STAY RETRACTABLE SKYLIGHT ROOF FOR STADIUM OR ARENA OR OTHER STRUCTURE AND METHOD OF CONSTRUCTION OF SAME		

### 3. 국내외 논문분석

#### 가. 대공간 구조 관련 학회별 논문현황

대공간 구조물관련 학회의 논문현황을 살펴보면, 전체 관련 논문에 대해서 살펴볼 때, 논문 편수가 가장 많은 학회는 대공간 구조물 전문학회인 한국공간구조학회가 62편으로 최고 논문편수를 기록하였으며, 학회별 전체논문 편수에 비해 대공간 구조물 기술관련 논문의 비중도 한국공간구조학회가 약 22.3%의 전문성을 보유한 것으로 나타났다.

세부분류로 살펴볼 때, 대한건축학회나 강구조학회의 경우는 스페이스 프레임이 논문의 주제로 많이 나타났으나, 공간구조학회의 경우는 대공간 구조시스템 중에서 가장 난이도가 높은 하이브리드 구조물에 관한 연구를 총 5편으로 가장 많은 논문편수를 기록하였으며, 막구조와 기타 연구에 초점이 집중되어 있는 것으로 나타났다.

이상과 같이 국내에도 대공간 구조물 전문학회인 한국공간구조학회가 논문이 타 학회에서 나타나는 연구논문의 내용과 많은 차별성을 두고 발전해 가는 실정이다.

표 2.13 대공간 구조관련 학회별 논문현황

구 분	국 내				국 외			
	건축학회 (구조계)	강구조학회	전산구조 공학회	한국공간 구조학회	ASCE	IASS	AIJ 및 기타	
전체 논문 수	1929	560	605	309	1787	228	2250	
대공간관련 논문 수	29	11	10	62	17	59	111	
(전체대비 %)	1.5%	2.0%	1.7%	20.1%	1.0%	25.9%	5.0%	
세 부 분 류	케 이 블	5	2	3	6	6	5	6
	(대공간대비%)	17.3%	18.2%	30.0%	9.7%	35.4%	8.4%	5.4%
	스페이스 프레임	6	4	4	6	3	13	11
	(대공간대비%)	20.7%	36.4%	40.0%	9.7%	17.6%	22.0%	9.9%
	막	9	1	1	14	1	9	26
	(대공간대비%)	31.0%	9.0%	10.0%	22.6%	5.9%	15.3%	23.5%
	하이브리드	3	0	1	5	3	3	52
	(대공간대비%)	10.3%	0.0%	10.0%	8.0%	17.6%	5.1%	46.8%
	기 타	6	4	1	31	4	29	16
	(대공간대비%)	20.7%	36.4%	10.0%	50%	23.5%	49.2%	14.4%

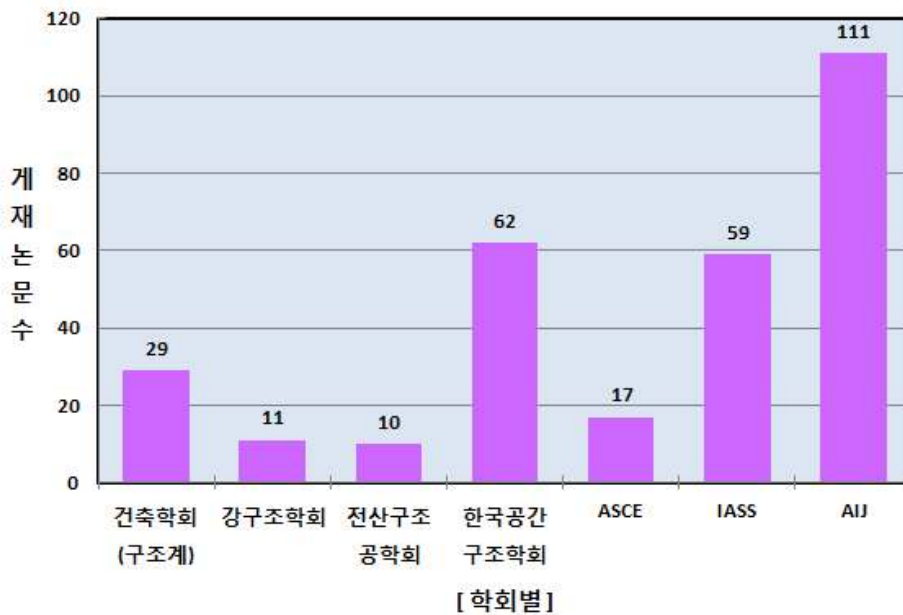


그림 2.41 대공간 관련 국내외 연구현황 비교

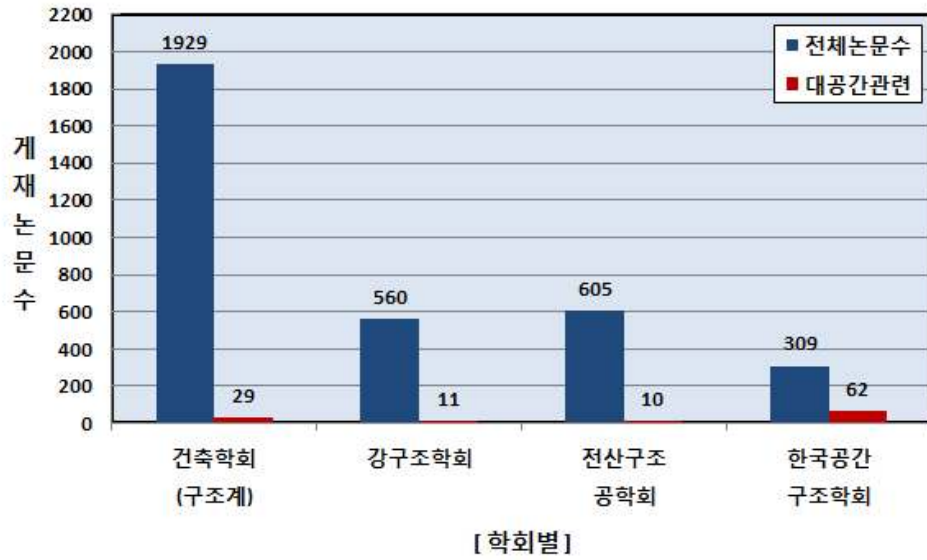
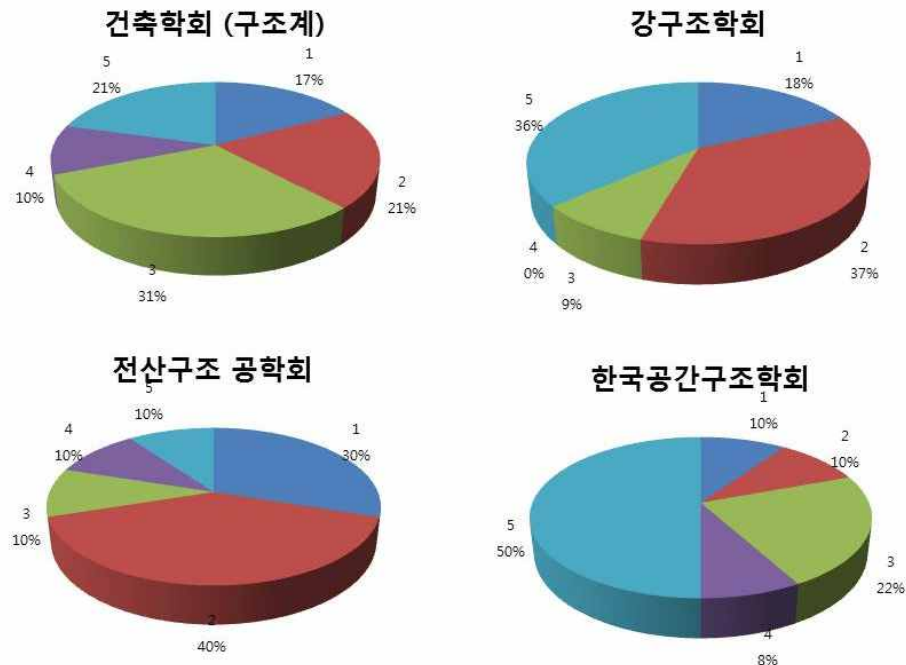


그림 2.42 국내 학회별 대공간 구조 관련 논문현황

### 나. 대공간 건축물의 시스템별 논문 비율

그림에서 보는 바와 같이 시스템에 따른 연구현황은 70-90년대에 가장 선호했던 스페이스 프레임 분야의 논문 수가 매우 많지만 2000년대에 들어 막과 케이블 등 연성구조시스템 분야가 많이 증가하고 있으며, 최근에는 하이브리드 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되어 향후 이 분야에 대한 연구결과가 증가할 것으로 예상된다.



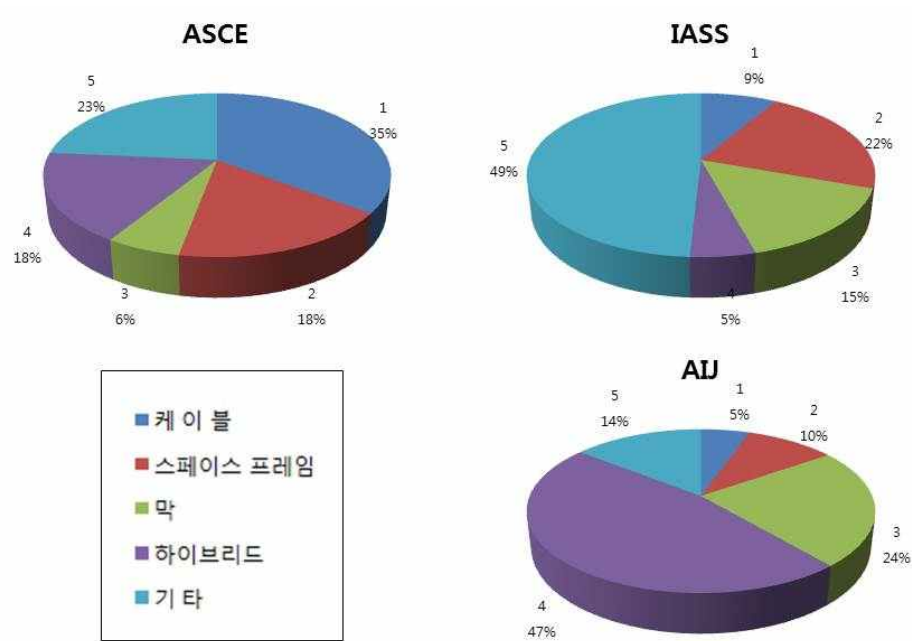


그림 2.43 시스템에 따른 논문발표 현황

#### 다. 대한건축학회-일본건축학회 논문현황 비교

대한건축학회와 일본건축학회와의 비교에서는 일본 논문 수에 대해 42%를 차지하고 있어 매우 긍정적이지만 일본의 경우 전문학회 활동이 매우 활발하여 수평적인 비교는 무리가 있다. 그림에서 볼 때, 일본의 하이브리드 구조물의 연구현황은 우리나라에 비해서 더 활발하다고 판단된다.

표 2.14 연구주제별 한·일 학회 분석현황

구분	A.대한건축학회	B.일본건축학회	비율(A/B)
구조관련 전체논문 수	1929	2250	86%
대공간관련 논문 수	29	111	26%
케이블	5	6	83%
스페이스 프레임	6	11	55%
막	9	26	35%
하이브리드	3	52	6%
기타	6	16	38%

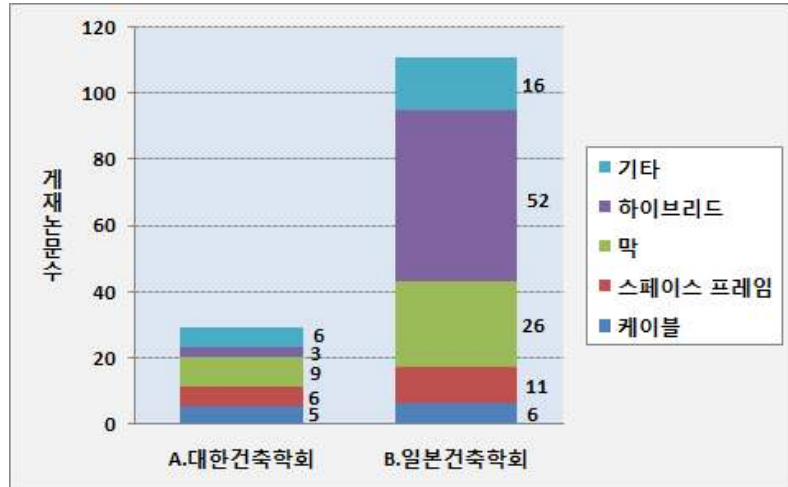


그림 2.44 대한건축학회와 일본건축학회 비교

최근 10년간 발간된 국내 논문현황 가운데서 개폐형 구조물에 대한 지붕구조물의 자료에 대한 연구는 일반 대공간 구조물에 대해서 매우 미비한 상황이며, 국외 논문에서도 그다지 많은 연구가 발표되지는 않고 있다. 국내의 관련학회지 중에서 대한건축학회의 경우 2편 정도이며, 국내 대공간 전문학술지의 경우는 25편이 발표되었다. 또한 셸 및 공간구조물의 전문위원회인 IASS 국제학술회의에서 많은 연구논문이 발표되었지만 일반 저널에서는 대공간 구조물이나 전개형 구조물의 발표 내용은 미비하다. 또한 발표되어온 논문에서도 스타디움과 관련된 개폐형 구조물의 연구는 많이 발표되지 않았으며, 관련 논문현황은 아래 표와 같다.

표 2.15 최근 10년간 국내 대공간 구조물 및 개폐형 지붕구조물 논문 현황

No	제목	학회
1	직교이방성을 고려한 BarrelVault형 지붕막 구조물의 비선형 구조해석에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
2	대스팬 지붕구조물의 등가정적 풍하중 산정에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
3	케이블 돔의 안정화 이행과 정해석 및 적용	한국공간구조학회 논문집
6	폴딩을 이용한 구조와 형태	한국공간구조학회 논문집
7	국내외 돔 경기장에 적용된 친환경요소에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
8	단층 래티스돔의 Erection 중거동 및 좌굴 특성	한국공간구조학회 논문집
9	시저스 전개형 구조의 형상변화와 구조 특성	한국공간구조학회 논문집
10	단층 라멜라돔의 시공중 서포트 위치에 따른 좌굴 특성	한국공간구조학회 논문집
11	밀도법을 이용한 스페이스 트러스 구조물의 초기형상설계	한국공간구조학회 논문집
12	사례분석에 의한 강구조스타디움 레일시스템 분류	한국공간구조학회 논문집

No	제목	학회
13	이력에너지 흡수원리를 이용한 대경간 구조물의 내진설계 1이선형탄소성 이력거동에 의한 에너지 소산원리를 이용하는 방법	한국공간구조학회 논문집
14	타원형 및 볼트 복합형 스페이스 프레임 구조물의 형상생성 및 최적화 방안	한국공간구조학회 논문집
16	개폐식 지붕구조의 움직임에 대한 공간구조물의 진동해석	한국공간구조학회 논문집
17	단층라멜라돔의 시공중 접합부 강성에 따른 좌굴 특성	한국공간구조학회 논문집
18	돔형스페이스프레임 구조물의 하중모드에 따른 분기점 특성에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
19	케이블 돔 구조물의 브레이싱 및 막재 보강 효과에 따른 비교분석	한국공간구조학회 논문집
20	STEP 하중을 받는 래티스 돔 구조물의 동적 구조불안정 특성에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
21	Step-Up 공법에 의한 단층래티스돔의 시공시 안정성 연구	한국공간구조학회 논문집
22	기하학적 비선형해석을 이용한 비정형 막 구조물의 형상탐색과 인터페이스 기법	한국공간구조학회 논문집
23	Rotation-Up 공법에 의한 킬 트러스 대공간 구조물의 Erection 실험에 관한 연구	한국공간구조학회 논문집
24	단층래티스 돔의 주부재 단면형상에 따른 좌굴특성 검토 (KS규격 기성 강재 사용을 기준으로 함)	한국공간구조학회 논문집
25	풍하중을 받는 개방형 하이브리드 돔 구조시스템의 동적 거동 특성	대한건축학회 논문집
26	대공간 구조물 지붕구조의 양중계획 실태분석에 관한 연구	대한건축학회 논문집

표 2.16 IASS 국제 학술대회 대공간관련 주요 논문 현황

No	제목	학회
1	ANALYSIS OF ELLIPSOIDAL SUSPEN-DOME	IASS
2	CONSTRUCTION ANALYSIS AND MONITORING OF THE WHOLE ERECTION PROCESSES FOR LARGE RETICULATED SHELL STRUCTURES	IASS
3	FLOATING-TRANSPORTABLE 'OLYMPIC' STADIUM AND COMPLEMENTARY FACILITIES FOR MEGA-SPORT EVENTS	IASS
4	GEOMETRY DESIGN OF RADIALLY RETRACTABLE PLATE STRUCTURES	IASS
6	Mechanical behavior of Axisymmetric Folded Plate and Shell Structures	IASS
7	A State-of-the-art of Deployable Scissor Structures for Architectural Applications	IASS
8	A Structural System for the Retractable Loop-Dome	IASS
9	Acoustic design of electro-acoustic system for large spatial structures considering architectural acoustics	IASS
10	adaptive construction of retractable roof	IASS
11	CONCEPTUAL DESIGN AND OPTIMIZATION OF STRUCTURE	IASS
12	Desugn process of free-formed dome structure southwestern dome stadium	IASS
13	Nature and kimetic Architecture The development of a New type of transformable structure for temporary applications	IASS
14	research on the stability of suspen-dome with stacked arc structure in chiping gymnasium	IASS

No	제목	학회
16	Scale model test on the suspendome of dalian gymnasium	IASS
17	state-of-the-art optimized computer techniques in design and fabrication of unique steel structures	IASS
18	structural design of the kaosiung stadium	IASS
19	structural desinn of the gymnasium roof of cluj napoca	IASS
20	Structural potential of flded air-tubes	IASS
21	Structure design of roof of the tianjin polar aquarium	IASS
22	Study of retractable membrane roofs folding to the perimeter	IASS
23	Adaptability of Smart Base Isolation System to Spacial Structures in Regions of Low-to-Moderate Seismicity	IASS
24	Current State of Large Spatial Structures in Korea	IASS
25	Design and Construction of Lens Shaped Air Inflated Membrane Roof	IASS
26	Design membrane truss structure system of Incheon Munhak Stadium	IASS
27	Process of development and present status of construction of large span spatial structure in korea	IASS
28	Space Group's Spatial Structure Projects	IASS
29	Structural Construction of Jinju Stadium Membrane Roof	IASS
30	Structural Design of Philippine Arena	IASS
31	Study on prestressing construction technology of the main stadium in Guiyang Olympic Sports Center	IASS
32	The Prestressed Construction Technology of Suspend-dome Structure In Large Gymnasium	IASS
33	The Selection and Conceptual Design of Cable-stayed Cantilever Roof of Stadium	IASS
34	Design of a new landmark for Vancouver - BC Place Stadium	IASS
35	Dynamic Progressive Collapse Analysis for Annular Crossed Cable-truss Structure	IASS
36	Estimation of Damping Characteristics for Steel Frame Membrane Structure	IASS
37	Introduction to New BC Place Stadium Roof in Vancouver, BC, Canada	IASS
38	The Renew BC Place in Vancouver, BC, Canada	IASS
39	The Structural Design of the Membrane Roof of Niigata Stadium (Big Swan) and its subsequent aging	IASS
40	Seismic Behavior of a Medium-Sized Dome Structure	IASS

#### 4. 전문가 그룹 자문회의

일시 및 장소	참석자	주요 회의 내용
<p><b>1차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 6월 13일(금) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 김대중(삼성건설), 이성민(한국건설품질연구원), 이재국(서일대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 이승재(한기대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 석근영(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기획연구내용 및 관련 일정 검토</li> <li>· 실질적인 연구조사기간이 길지 않으므로 체계적인 조사방식 구성이 중요</li> <li>- 본과제 주요내용에 검토</li> <li>· 개폐식 구조와 연성구조에 관한 내용을 위주로 주요내용 필요</li> <li>- 기획연구내용 담당기관을 구성에 대한 회의</li> <li>· 연구내용이 중복될 수 있으므로 담당연구기관을 명확히 설정</li> <li>- 정책동향 및 기술동향 조사 방향에 관한 회의</li> </ul>
<p><b>2차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 7월 11일(금) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 이상인(해안건축), 황보석(ES구조엔지니어링), 최성진(울산대), 조재훈(인하대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 석근영(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국외동향조사와 관련하여 진행방향을 논의</li> <li>- 관련 도서와 저널내용에 대한 논의</li> <li>· Structural Design of Retractable Roof Structures”</li> <li>· Space Structures(저널)</li> <li>- 대공간 건축물 지식체계 구축 방안</li> <li>· 초고층건축물 연구를 참고</li> <li>· 구조시스템외에 타 부분에 대한 조사가 필요</li> <li>- 기존 개폐식 대공간 건축물 현황에 대한 자료 수집 및 분석</li> </ul>
<p><b>3차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 7월 25일(금) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 이상인(해안건축), 황보석(ES구조엔지니어링), 정기택(현대엔지니어링), 김승덕(세명대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 석근영(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설문지 내용 검토</li> <li>· 동향분석에 부합되는 설문내용 보완 필요</li> <li>- 본과제 주요내용에 검토</li> <li>· 세부 및 세세부 내용에서 핵심기술에 대한 부각이 필요</li> <li>· 예산구성에 적절성 재검토</li> <li>- 해외 동향 조사 및 분석에서 핵심아이템 선정이 반드시 이루어야 함</li> </ul>
<p><b>4차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 8월 29일(금) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 이상인(해안건축), 황보석(ES구조엔지니어링), 김승덕(세명대), 조재훈(인하대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 윤성욱(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 추진조직 재구성</li> <li>· 테스트베드를 핵심으로 하여 각 세부별로 서로 연계되도록 세부과제의 재구성 필요</li> <li>- 성과물 로드맵 재구성</li> <li>· 세부과제의 재구성 후 성과물 연계에 관한 정리 및 검토</li> <li>- TRM 및 파일럿 프로젝트와 핵심 성과물의 연계성 검토</li> <li>- 과제개념도 관련자료 수집</li> <li>· 과제개념도 샘플 자료 기반 기획 과제 과제개념도 작성 및 검토</li> </ul>

일시 및 장소	참석자	주요 회의 내용
<p style="text-align: center;"><b>5차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 9월 12일(금) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 한상을(인하대), 이성민(한국건설품질연구원), 이재국(서일대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 이승재(한기대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 윤성욱(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단계별 대공간 구조물의 기술로드맵</li> <li>· 기존 자료를 기반으로 초기연구는 연성시스템으로, 후반연구는 강성시스템으로 재편성</li> <li>· 대공간 기획 Items 정리</li> <li>· 대공간 기획 5개년 계획에 관한 검토</li> <li>- 중장기 계획 수립</li> <li>· 1단계 연구를 기초로 2단계 연구 및 3단계 연구에 대한 중장기계획 수립 및 작성</li> <li>- As-is/To-be 작성 및 검토</li> <li>· 성과물에 대한 차별성을 일목요연하게 정리될 필요가 있음</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>6차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 9월 22일(월) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 이상인(해안건축), 황보석(ES구조엔지니어링), 강창훈(현대엔지니어링), 최성진(울산대), 조재훈(인하대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 윤성욱(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개폐식 대공간 시장조사</li> <li>· 실내체육관의 주요 대상으로 현황 조사가 필요함</li> <li>· 지자체에 속한 중소규모 대공간 건축물의 리모델링 계획 조사가 필요</li> <li>- 주요 핵심성과물 계획에 관한 논의</li> <li>· 세부별 연구내용별 주요핵심성과 검토 및 실현가능성 평가</li> <li>- 경제적, 사회적 파급효과 검토</li> <li>· 본 연구의 주요핵심성과에 따른 파급효과에 관한 논의</li> <li>· 개폐식 대공간 건축물과 관련하여 개발된 총체적 기술에 대한 기대효과 논의</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>7차 자문회의</b></p> <p>일시 : 2014년 10월 6일(월) 16:00~18:00</p> <p>장소 : (주)아이스트 회의실</p>	<p>강주원(영남대), 김대중(삼성건설), 이성민(한국건설품질연구원), 이재국(서일대), 이동우(아이스트), 이장복(동아스트), 조병욱(타이가), 김기철(서일대), 김현수(선문대), 이승재(한기대), 손수덕(한기대), 황경주(서울시립대), 석근영(영남대)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 테스트베드 실증 계획</li> <li>· 개폐식 대공간 실증 계획에 대한 당위성을 파악할 수 있도록 정리</li> <li>- 예산산정</li> <li>· 본과제 세부별 예산산정에 관한 논의</li> <li>- 평가지표 작성</li> <li>· RFP 제시와 연계된 본과제 선정 평가시 활용될 상세평가기준 제시에 관한 논의</li> </ul>

## 4절 연구개발 인프라 분석

### 1. 관련 산업 인프라 분석

국내 대공간구조에 관한 기초 연구는 실질적으로 1980년대 초부터 성균관대학교 건축공학과 권택진 교수 연구실과 경북대학교 강문명 교수 연구실을 중심으로 수행되었고, 그곳에서 배출된 약 60여명의 연구진이 현재 학계 및 실무분야에서 이 분야 기술을 선도 하고 있으나, 국내 여건상 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 이론연구와 중, 소규모의 실제 프로젝트 수행경험에 머물고 있는 실정이었다. 특히, 88 서울올림픽과 1993년 대전엑스포를 통하여 스페이스 프레임과 막구조가 국내에 최초로 소개되었고, 2002년 한일월드컵 경기를 통하여 대공간구조에 관한 시공 및 설계의 기회를 갖기는 하였으나, 기술력과 전문 인력의 준비 부족으로 만족할 만한 선진 기술력 이전 및 확보는 이루어지지 못하였다. 그러나 2장에서 보는바와 같이 건설 관련 국가지원 정책에 따라 국토교통부, 교육과학기술부, 산업통상자원부, 중소기업청 등의 지원으로 산학연 공동연구의 기회가 증가하고 있으며, 연구시설의 확충과 정보화에 많은 발전을 하고 있다. 그러나 IMF 이후 대공간 구조물의 시공 기회가 급격히 감소하여 기술이전 및 국제기술협력기반의 구축은 미흡한 실정이지만 외국에서 연구한 경험이 있는 연구자를 중심으로 일본 및 미국 등과는 연구 차원의 교류가 꾸준히 진행되고 있다. 따라서, 국제표준화 코드 작성 등 국제기술협력을 위한 기반구축은 가능하리라 판단된다.

기술구축을 위한 전문인력은 기술의 성격에 따라 다르지만 비선형해석 분야의 인력은 40%로 비교적 높은 편이나 기술의 기초가 되는 구조시스템 및 실질적인 실용화 분야에 대한 인력은 20%로 매우 낮은 실정이다. 따라서 대공간 구조물 특히 개폐식 대공간 건축물에 관한 전문 연구인력의 보유는 매우 미비한 상태이다.

표 2.17 선진국 대비 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
비선형해석 및 구조설계 기법 개발	전문인력 보유정도		○			
	인프라 구축정도	○				
	현재 기술수준		○			
	과제 완료시 국내 기술수준				○	
시공 및 친환경 설계 기법 개발	전문인력 보유정도		○			
	인프라 구축정도		○			
시공 자동화 공법 개발	기술수준		○			
	시공 자동화 공법 기술	○				
실용화 방안 연구	전문인력 보유정도		○			
	인프라 구축정도	○				
	현재 기술수준		○			
	과제 완료시 국내 기술수준				○	



그림 2.45 선진국 대비 국내 인프라 및 기술수준

## 2. R&D 인프라 분석

국내 연구개발 인프라는 여건상 이론적인 연구에 중점을 두고 있으며 실험 및 실무 중심의 연구는 비교적 저조한 상태이다.

표 2.18 선진국 대비 국내 기술 수준

세부과제 및 요소기술내용	전문인력 보유정도 (%)	인프라 구축정도 (%)	현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
			기술 수준	기술 격차	비 고	기술 수준	기술 격차	비 고
실용화 방안 연구	20%	20%	30%	8년	도입 단계	80%	2년	경쟁 단계

표 2.19 세부산업 또는 기술의 국내외 현황

기술내용	국외 기술개발 현황	국내 기술개발현황	수준 (국외 대비)
해석 알고리즘 및 설계 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 토요하시 기술과학대, 동경대, 교토대</li> <li>영국 Surrey 대, 오버애럽</li> <li>미국 SOM 등 20여 대학 및 설계사무소에서 기술 독점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인하대 한상을 교수 연구실, 세명대 김승덕 교수 연구실, (주)K-Dome에서는 수개의 특허를 보여</li> <li>(주)Tiger, 한국 Taiyokogyo 등에서 중, 소규모 대공간구조 시공능력 확보</li> </ul>	40%
구조시스템 설계 및 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 Takenaka Co.</li> <li>독일 Schleich - Bergmann Co.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(주)K-Dome에서는 수개의 특허를 보유</li> </ul>	20%
시공기법 및 친환경 설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 Takenaka Co., Kazima 건설, Daisei 건설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(주)대우건설, (주)현대건설, (주)쌍용건설</li> </ul>	30%
실용화 및 유지·보수 기법 개발 (Code, Manual 사업화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 Takenaka Co., Kazima 건설, Daisei 건설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설안전기술공단, (주)쌍용건설, (주)K-Dome</li> </ul>	30%

인적기반	전문인력 보유	전무인력 현황분석	전무 인력 육성 계획 및 제도적 지원방안 마련		전무 인력 육성	
	산업기반 확보	대공간 산업기반에 필요한 자료분석	산업기반 확보에 필요한 인프라 구축방안 마련	법 및 제도적 지원방안 마련	연구 및 설계 역량 확보	
	산학연 공동 연구기반 구축	기존 기반구축 현황 분석	산학연 공동연구에 필요한 각 분야별 대책 마련			
평가체계	정보화	대공간 건축 정보화 실태 분석	DB설계	DB구출	정보, 평가 및 표준화의 실제 운영체계 정착	
	신뢰성 평가체계	기존 평가체제 검토	신뢰성 평가개발	신뢰성 평가 체계구축		시범운영
	표준화	문헌조사 및 사례조사를 통한 문제점 분석	표준화 방안 마련	표준화 체계구축		
기술협력	기술이전	전무인력 현황분석	기술이전개발	각 분야별 기술이전 체계구축		
	국제기술협약	대공간 산업기반에 필요한 자료분석	국제 기술협약에 따른 각 분야별 대책 마련	시범운영	법규제도 정비 및 국제 협력체계 정착	
	법규제도정비	기존 기반구축 현황 분석	법적 미비점 보완	제도적 지원 방안 마련		법규제도 정비 및 거트

그림 2.46 인적기반, 평가체계, 기술협력 인프라 로드맵

## 5절 종합분석

### 1. STEEP 분석

개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발을 위한 연구개발사업의 핵심기술에 대한 전략적 목표를 수립하기 위해서 거시적 내부 환경분석을 STEEP 분석방법을 이용하여 각 범위의 트렌드를 알아보았다. 다음 표에서 보는바와 같이 사회(S), 기술(T), 경제(E), 환경(E), 정책(P)적 거시경향을 분석할 수 있었으며, 일반적인 범위(General)에서 조절가능 및 내부범위(Operating/Internal)로 세부적인 경향성을 분석 도출하여 내부적 및 외부적 강점과 약점 및 기회와 위협요인의 도출근거를 제시하였다.

표 2.20 개폐식 대공간 기획 과제 거시적 환경분석  
- STEEP을 이용(거시적 내부환경)한 개폐식 구조시스템 관련 R&D 트렌드 분석

Trend	General	Operating / Internal
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>문화수준 향상: 선진국형 문화재정 (GDP 대비 문화재정 '08년대비 '12년 0.05% 증가, 문화여가비 중 운동/오락 및 문화서비스 부분의 지출을 상승)</li> <li>선진국형 라이프 스타일: 평균수명 향상 및 국민건강 증진(암 생존률 '00년대비 '10년 20% 증가)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활체육참여자와 스포츠경기관람객수의 증가로 인한 공연장 및 스타디움의 필요성 증가 추세</li> <li>고령화인구의 생활체육참여 유도를 위한 기상조건에 가변적인 운동시설 및 SOC의 필요성 증가 추세 (중소규모 공공운동장)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평균교육수준 향상: 교육수준향상에 따른 국민의식 변화 (기초학력 미달률 '08년대비 현재 7.1% 감소 추세)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽형 문화시설의 수요증가 경향</li> <li>• 건강증진 프로그램의 활성화로 인한 운동장 시설의 변화 니즈</li> <li>• 문화활동 참여도 상승으로 인한 공연장 및 문화시설 니즈 증가</li> <li>• 기상조건 대응형 생활체육시설 및 관람시설 니즈</li> <li>• 실외형 여가 및 운동시설에 대한 가변적 활용 가능성이 니즈로 부각</li> <li>• 국제규모의 이벤트(평창 동계올림픽 등)의 개최 증가 가능성</li> </ul>
Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부 연구개발예산 대비 기초연구 투자 비중 확대 (3차 과학기술기본계획(안) 2017년 40% 예상, 국가과학기술심의회)</li> <li>• 출연연 사업비 중 융합 연구비 비중 예산 확대 (3차 과학기술기본계획(안) '13년 8% -&gt; '17년 15% 예상, 국가과학기술심의회)</li> <li>• 국내 특허출원수의 증가 추세: 특허출원 증가율은 '00년 이후 매년 꾸준히 평균 7.1%씩 증가('13 특허청 [지식재산통계연보]), '11년과 '12년 특허출원수는 OECD 주요12개국 중 3번째(World Intellectual Property Organization)</li> <li>• IT산업 생산비율의 증가 추세와 ICT기기 및 ICT융합서비스 및 기기 생산량의 증가 ('13년 IT산업 생산비율은 '06년대비 2.6% 성장하였고, ICT융합서비스 및 기기생산은 2배 가까이 성장, 한국전자정보통신산업진흥회, 한국정보통신진흥협회)</li> <li>• IT산업 세계시장점유율의 하락('06년 7.2%에서 '12년 5.7%로 하락, Reed Electronics Research, Yearbook of World Electronics Data Volume 3 2012/2013, 2012)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT 관련 사업과 ICT 융복합된 기술과 사업에 대한 관심 증가</li> <li>• 중소기업형 개폐식 시스템의 개발</li> <li>• 국내 대공간 구조물의 개폐형 구조물의 기술적 향상을 위한 필요성의 증가</li> <li>• 강성 대공간 구조에 대한 국내 기술자들의 기술력의 발전 가능성</li> <li>• ICT기반 융합기술에 대한 빠른 변화와 국가간 경쟁구도 예상</li> <li>• 개폐식 구조관련 기술 및 특허건수의 증가 경향 예상가능</li> <li>• 대공간 구조물관련 기초연구실적 보유 (대공간 건축기술 관련 대규모 R&amp;D과제 수행, 건설교통부)</li> <li>• 개폐식 구조물 특허 보유 및 실적 ((주)타이가 업체 특허 1건)</li> <li>• 킬트러스 타입 개폐형 파일럿 프로젝트 수행 (나래 돔, 한국기술교육대학교)</li> <li>• 수직적 계열화된 전문 중소기업들의 핵심 기술 필요성</li> <li>• 대공간 구조물의 경제성과 활용방안에 대한 대책의 필요성 인식</li> </ul>
Economic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스타디움 설계/시공 엔지니어링 기술 수주 증가</li> <li>• 대기업 중심 국가 경제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수출 맞춤형 대공간 구조물과 개폐형 구조물의 니즈 증가예상</li> <li>• 중소기업 개폐식 시스템의 개발가능성 및 확장성</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계경제포럼에서의 '13년 세계기술혁신 순위 17위로 '07년 8위에 비해 하락, 기술 수용성 순위도 7위에서 22위로 하락 (World Economic Forum, The Global Competitiveness Report, 2013)</li> <li>• 기업, 정부, 고등교육부문 연구개발투자비율의 지속적인 상승 ('00년대비 '12년 약 1.85% 증가, 국가과학기술위원회, [연구개발활동조사])</li> <li>• OECD 주요 12국대비 높은 연구개발투자비율 경향 ('10~'12년 투자비율에서 최고치: 3.7~4.4%, OECD, OECD Stat)</li> <li>• 대기업대비 중소기업 임금비율의 지속적인 하락과 중소기업 영업이익률이 낮아지는 경향 ('12년 영업이익률 대기업 5.4%, 중소기업 4.8%, 한국은행, [기업경영분석])</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간건설투자 유치의 필요성 증가(GDP대비 건설 투자비중 감소의 역U자형 변화, 한국경제연구원)</li> <li>• 연구개발투자비율이 계속상승세</li> <li>• 개폐식 대공간 건축물의 국내 건설 시공 경험 미비</li> <li>• GDP대비 건설산업 투자비중 감소 경향과 선진국형 기술개발 필요성 인식</li> </ul>
Ecological	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황사로 인한 공기환경문제 지속 (최근 5년간 가을·겨울철 황사일수 평균값이 1980~'10년대비 4배 가량 증가(0.8일→3.0일)('11 기상청)</li> <li>• 온실가스 배출량의 증가('00년대비 '11년 36% 증가, 온실가스종합정보센터, [2013 국가온실가스 인벤토리 보고서], 2014)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경관련 사업추진 방안 -&gt; 융복합함으로 조절 됨</li> <li>• 실외형 농축산 건축구조물의 가변성에 대한 니즈</li> <li>• 탄소저감형 건설재료 기술개발의 니즈</li> <li>• 재료 절감형 구조설계 기술의 개발</li> <li>• 환경설계가 가능한 설계 소프트웨어와 수준의 니즈</li> <li>• 환경부하 저감형 건축재료의 필요성 증가</li> <li>• 황사 및 대기오염환경 대응형 농어촌 건축시설물의 니즈 증대</li> </ul>
Political	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경에 대한 정부지출비율의 감소 경향 (2000년대비 2011년 7% 감소, 나라지표)</li> <li>• 중소기업 기술혁신 지원 확대 (창조경제 실현을 위한 과학기술)</li> <li>• 환경관련산업 정책적 지원 (생태 휴식공간의 확대와 공간조성 : 박근혜정부 국정 과제)</li> <li>• ICT기반기술의 정책적 지원 (경제혁신 3개년 계획, 기획재정부)</li> <li>• 소프트웨어 서비스업 육성정책: 창업 및 글로벌 지원, 보완산업등 활성화 (경제혁신 3개년 계획, 기획재정부)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고부가가치의 기초연구 중심 성과물 니즈</li> <li>• ICT융복합연구 중심의 특화된 기획과제 니즈</li> <li>• 국가 R&amp;D사업의 융복합형 고부가가치 기술분야의 지원 증가</li> <li>• 중소기업형 고부가가치 고급기술확보를 위한 국가 정책의 변화 경향</li> </ul>

## 2. SWOT 분석

거시적 내부환경에 대해서 STEEP 분석을 통한 내외부 환경분석을 수행한 결과를 바탕으로 아래 표2.20과 같이 강점(S), 약점(W), 기회(O), 위협(T)의 내외부 역량에 대해서 분석하여 도출할 수 있었다.

표 2.21 개폐식 대공간 기획 과제 SWOT 분석 결과

분류		분석결과
내부역량	Strengths 강점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 구조물관련 다양한 인프라 및 기초연구 확보</li> <li>• 연성 막 구조물 관련 개폐 특허 보유 중소기업 인프라</li> <li>• 킬트러스형 지붕구조의 개폐 구조물 축소모형 프로젝트 경험</li> <li>• 스타디움 설계 및 시공분야의 엔지니어링 해외수주 실적</li> <li>• ICT융합기술에 대한 생산성 성장과 국제적인 ICT기술의 위상</li> </ul>
	Weaknesses 약점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐식 대공간 건축물의 국내외 건설수주 및 설계/시공 실적 미비</li> <li>• 학제간(건설/기계/전자) 공동연구 및 산학협업체제에 관한 어려움</li> <li>• 대형 스타디움 개폐식 원천기술의 선진국과 비교된 낮은 기술수준</li> <li>• 신기술/신공법 개발에 관한 국내 건설업계의 전통적 보수성과 불신</li> <li>• 대공간 구조물 설계 및 시공 핵심기술의 높은 해외기술 의존도</li> </ul>
외부요인	Opportunities 기회요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 R&amp;D사업의 융복합형 고부가가치 기술분야의 지원 증가</li> <li>• 국민건강증진과 기상조건에 가변적인 SOC 시설의 니즈 증가</li> <li>• 대기오염(황사)에 대한 농어촌 실외시설물의 가변성이 요구</li> <li>• 국제규모의 이벤트(평창 동계올림픽 등)의 개최 증가 가능성</li> <li>• 중소기업형 고부가가치 고급기술확보를 위한 국가 정책의 변화</li> </ul>
	Treats 위협요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GDP대비 건설산업 투자비중 감소 경향과 선진국형 기술개발 필요성 인식</li> <li>• 온실가스 배출량의 증가문제와 대응책의 필요성 증가</li> <li>• 대공간 구조물의 경제성과 활용방안에 대한 대책의 필요성</li> <li>• 개폐형 구조시스템관련 해외기술의 접근 어려움과 고급기술에 대한 보호</li> <li>• 중국의 대공간 설계 및 시공기술의 발전으로 인한 국외수주 경쟁구도</li> </ul>

내외부 환경과 역량에 대한 분석 결과를 이용하여 연구방향과 핵심기술등의 전략적 목표를 설정하여 표 2.21에 나타내었으며, 우선수행과제(SO전략), 우선보완과제(WO전략), 위협포함과제(ST전략), 장기보완과제(WT전략)의 연구방향과 전략적 연구핵심요소를 파악할 수 있었다.

표 2.22 개폐식 대공간 기획 과제 연구의 전략적 목표와 방향

전략	전략내용	설명
SO 전략 (우선수행과제)	<p>전략: 단기성과형 중소규모 개폐시스템 기술력 개발과 인프라 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>중소규모형 개폐식 구조의 통합 설계 소프트웨어 개발</li> <li>연성 막 개폐를 위한 전개형/접힘형 구동시스템 개발</li> </ul>	<p>국가 R&amp;D사업의 연계를 통하여 단기성과가 가능한 아이디어형 개폐구조시스템 기술력의 확보전략으로서 기계융합요소기술의 인프라를 구축함으로써 실현 가능성을 높여 단기성과목표에 접근한다. 연성 막 개폐기술의 특화된 중소기업 기술력을 바탕으로 고급 기술축적을 시도하며, 황사문제에 따른 농어촌의 기존시설물에 대한 개폐구조 리모델링의 새로운 시장을 확보할 수 있다.</p>
WO 전략 (우선보완과제)	<p>전략: 중대규모형 공간구조의 핵심요소기술의 자립화와 연구인력 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>강성 대공간 지붕구조물의 구동장치 및 제어시스템 해석/설계기술</li> <li>진동제어에 관한 통합최적설계와 기계적 핵심요소의 특화기술 개발</li> </ul>	<p>고부가가치 창출을 위한 대형 개폐식 구조물의 학제간 기술력 교류 시스템을 형성하고, 강성구조시스템을 위한 구동방식의 핵심요소기술의 기술력을 확보한다. 대공간 구조물관련 기술을 중심으로 개폐형 기술의 자립화를 시도하기 위해서 구동장치의 핵심요소기술을 개발하여 기술자립을 시도하고 기초설계가 가능하게 연구목표를 수립하여 인프라를 구축한다.</p>
ST 전략 (Risk포함과제)	<p>전략: 선진국형 기술의 도입/개발과 내구성 향상을 위한 기술력 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>용도/규모에 대한 개폐기술 적합도 및 최적환경설계와 운영시스템 개발</li> <li>개폐형 구조물의 안전성 및 내구성 향상을 위한 ICT기반 모니터링 기술</li> </ul>	<p>대공간 구조물 기술의 성장기를 지나 고급기술과 선진국형 기술습득을 위해 최적환경설계 및 시공기술 확보를 위한 전략으로서 건축물 완공 후 운영과 유지보수에 이르기까지 설계단계에서 인지할 수 있는 기술력이 포함된 목표를 부여하여 연구개발한다. 또한 ICT융복합 기술의 특화로 경쟁국가와의 차별성을 두고 선진국형 설계법과 모니터링을 통한 유지관리 기술을 개발한다.</p>
WT 전략 (장기보완과제)	<p>전략: 고부가가치형 개폐구조 원천기술과 환경친화적 설계기술력 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ICT기술기반 Smart형 자동제어 구동시스템의 원천기술개발</li> <li>개폐방식에 따른 erection 및 시공기법과 국제설계기준 표준화</li> </ul>	<p>개폐형 스타디움의 건설실적 미비와 선진국형 기술개발의 필요성 인식으로 ICT기술기반의 제어와 구동기기에 대한 장기적 안목의 원천기술개발을 시도한다. 시공방법에 대한 기술 안정화와 개폐특성에 대한 국내형 erection기법을 개발하고 표준화하여 국제 경쟁력을 높이고, 기술수출이 가능하게 전략적 목표를 세워서 연구를 진행하는 것이 필요하다.</p>

이상과 같이 내외부 환경과 역량에 대한 분석 결과를 이용한 연구방향과 핵심기술등의 전략적 목표에 대해서 다음 표 2.22에 나타난 바와 같이 핵심전략과 연구주제에 대해서 계획하고 추진하여 개폐형 대공간 구조물의 내수 및 외수 시장의 확보와 경쟁력을 가질 수 있는 연구기획을 수립하도록 한다. 특히 국내 시장을 대상으로 중소규모의 개폐식 지붕구조시스템을 개발하여 이를 적용하고, 최근 개발도상국의 건설시장 활성화에 맞추어 경량의 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 수출 방안을 모색한다.

표 2.23 개폐식 대공간 기획 과제 핵심전략

Strengths 강점 (내부역량)		Treats 위협요인 (외부요인)
	<p style="text-align: center;"><b>핵심전략</b></p> <p><b>단기성과형 중소규모 개폐시스템 기술력 개발과 인프라 구축</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소규모형 개폐식 구조의 통합설계 소프트웨어 개발</li> <li>• 연성 막 개폐를 위한 전개형/접힘형 구동시스템 개발</li> </ul> <p><b>중대규모형 공간구조의 핵심요소기술의 자립화와 연구인력 확보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강성 대공간 지붕구조물의 구동장치 및 제어시스템 해석/설계기술</li> <li>• 진동제어에 관한 통합최적설계와 기계적 핵심요소의 특화기술 개발</li> </ul> <p><b>선진국형 기술의 도입/개발과 내구성 향상을 위한 기술력 구축</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 용도/규모에 대한 개폐기술 적합도 및 최적환경설계와 운영시스템 개발</li> <li>• 개폐형 구조물의 안전성 및 내구성 향상을 위한 ICT 기반 모니터링 기술</li> </ul> <p><b>고부가가치형 개폐구조 원천기술과 환경친화적 설계 기술력 확보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT기술기반 Smart형 자동제어 구동시스템의 원천 기술개발</li> <li>• 개폐방식에 따른 erection 및 시공기법과 국제설계기준 표준화</li> </ul>	
Opportunities 기회요인 (외부요인)		Weaknesses 약점 (내부역량)

## 3장 연구과제의 비전 및 목표

### 1절 비전 및 목표

본 연구의 비전은 ‘개폐식 대공간 건축물 건설기술개발 방안에 관한 연구’로써 궁극적으로 개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공에 관한 국내의 핵심기술을 개발하고, 이를 적용하여 국내 자체기술에 의한 개폐식 대공간 건축물의 건설을 목표로 하고 있다. 또한, 개폐식 대공간 건축물의 국제적인 기술 경쟁력을 확보하고 관련산업의 해외진출 역량강화를 달성하고자 한다.

미국, 일본, 독일 등을 비롯한 건설분야 선진국의 대다수 나라에서는 스타디움과 같은 대규모 공간건축물의 경우에 대부분이 개폐식 지붕구조를 갖는 대공간 건축물을 건설하고 있다. 그러나 국내에 건설된 완전 개폐식 대공간 건축물은 거의 전무한 실정이므로 해당 분야에 대한 기술 선진국의 시장선점(독점)으로 야기되는 국내 기술의 해외기술 의존 및 종속 그로 인하여 막대한 로열티 지급이 발생함에 따라 관련분야 핵심기술의 개발이 시급한 실정이다. 국토교통 기술수준조사 보고서를 보면 대공간 건축물분야의 기술 선진국은 미국, 일본, 독일 등은 성숙기이나 한국은 아직 성장기로서 추격형 기술이며 개폐식 대공간 건축물의 경우에는 그 격차가 더욱 크다고 할 수 있다.

대공간 건축물에 관련된 기반/핵심기술력 확보는 수많은 관련 산업들의 동반 기술향상의 효과를 낼 수 있으며, 참여 기업 특히 참여 중소기업에게는 핵심기술의 확보라는 차원에서 상당한 시너지효과를 기대할 수 있다. 또한, 이러한 기술들의 성공적인 개발은 국내 건설 산업의 활성화에 크게 기여할 것이고, 이 분야에 대한 특성화된 기술은 국제 경쟁력을 확보할 수 있는 토대를 구축할 수 있다.

- 개폐식 대공간 건축물은 계획적인 측면에서 사용 목적, 사용자의 요구사항, 환경 및 대지 조건, 규모 및 경제성 등의 고려가 요구되며, 구조적인 측면에서는 지붕구조물의 개폐에 따른 안전성, 사용성 및 유지관리의 효율성 등을 고려하여 개폐형식 및 구동형식을 선정하여야 한다.
- 개폐식 대공간 건축물은 사용되는 재료와 자원을 최소화하고, 경제성, 시공성 등을 고려하여 그 형상을 통해 효율적인 거동을 기대할 수 있도록 구조시스템을 구축하여야 하며 개폐식 대공간 건축물의 구조시스템의 설계에서 시공에 이르기까지 일관된 합리성을 추구하도록 한다.
- 개폐식 대공간 건축물은 보다 환경 친화적 공간을 추구하고 에너지 절감, 기후변화에 능동적으로 대처, 공간의 효율성 극대화, 기능의 다변화 등으로 구조시스템의 형상 및 기능이 고려되고 대상 건축물의 형태 및 특성 등을 효과적으로 검토할 수 있는 방법이 요구된다.
- 개폐식 지붕구조물을 구성하기 위해서는 전체 구조시스템 형식, 사용조건 및 환경조건, 개폐식 특이사항, 재난대책을 포함한 유지관리 대책이 요구되며 이와 같이 개폐식 대공간

- 건축물의 건설에 있어서는 대공간 건축물의 구조시스템을 물론 개폐식 지붕구조물에 대한 개폐방식 및 구동방식 등의 설계기술, 시공기술 및 유지관리 기술의 개발이 필요하다.
- 미래 사회가 요구하는 개폐식 대공간 건축물의 건설을 위한 핵심기술은 (가) 통합설계기술, (나) 구동시스템 및 시공기술, (다) 제어 및 모니터링기술, (라) 실증화기술 등으로 구분할 수 있다.
  - 본 연구에서는 ‘**개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 해외시장 진출**’을 목표로 하고 있으며 이를 실현하기 위하여 건축계획/건축구조/친환경/에너지 통합설계기술, 최적 구조시스템, 스마트 구동장치 및 최적 시공 프로세스, 첨단 유지관리기술 등 관련 분야의 요소기술을 개발하고자 하며 이를 통하여 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 국산화를 실현하여 해외 선진기술과의 기술 경쟁력 확보하고 해외 건설시장에 진출할 수 있는 교두보를 확보하고자 한다.
  - 이를 위하여 우선적으로 경간 30m~60m인 중소규모의 개폐식 대공간 건축물을 대상으로 관련 기술의 연구개발 및 실증적 연구를 수행하고, **개발된 기술을 바탕으로 "100m급 개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발"**을 최종 연구목표로 하고자 한다.

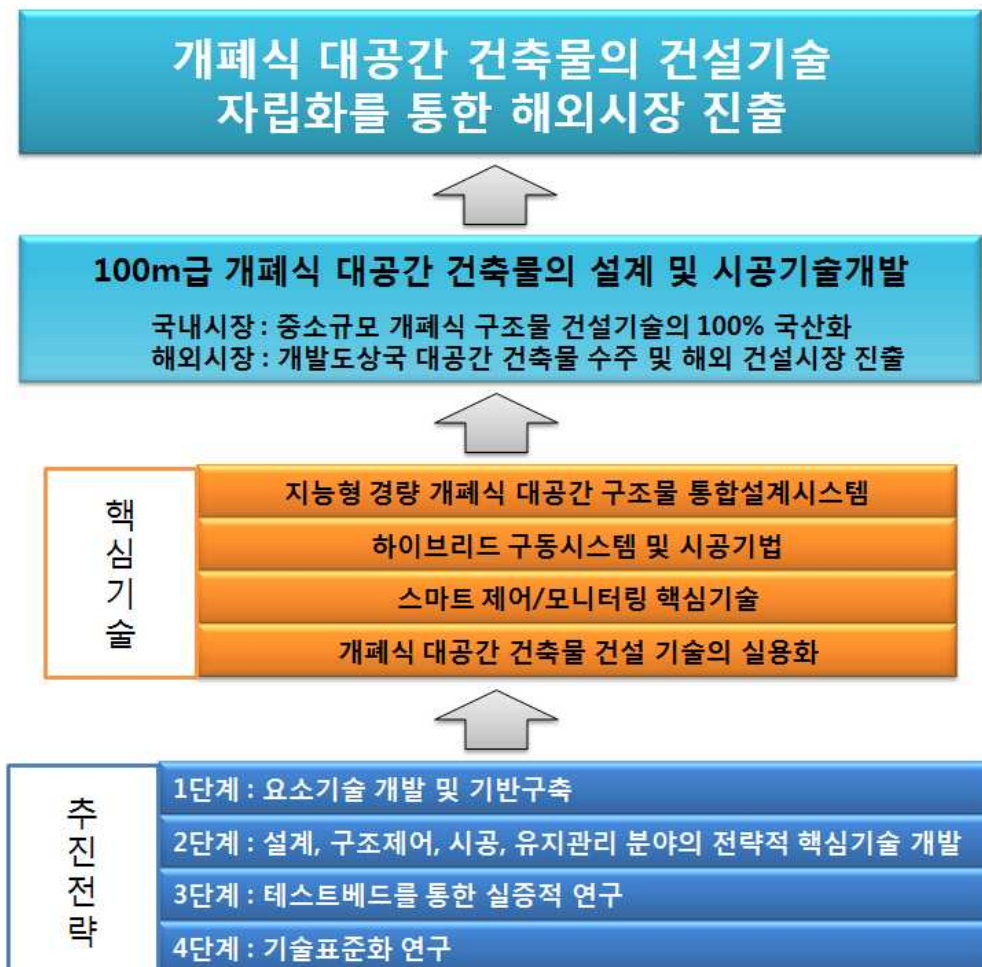


그림 3.1 개폐식 대공간 건축물 기술개발의 목표

## 2절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

### 1. 핵심기술요소(CTE) 도출

○ 핵심기술요소(CTE) 후보

No.	CTE명
후보1	연성 막재 패널 개폐식 구조물의 통합설계 소프트웨어
후보2	중소규모 연성 막 개폐 구조시스템
후보3	가변/전개가능형 개폐식 구조물의 통합설계 소프트웨어
후보4	지능형 강성 개폐 구조시스템
후보5	전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램
후보6	연성 막재 패널 개폐식 대공간 구조물 설계지침서
후보7	개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼
후보8	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램
후보9	스포크-휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템
후보10	Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템
후보11	초경량 이중 막 외피구조 시스템
후보12	개폐식 구동장치 설계/시공지침서
후보13	연성 중첩 막 개폐 시스템의 시공기법
후보14	중소규모 연성 막 개폐식 구조물 스페닝 및 제어기구
후보15	중소규모 스포크-휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템
후보16	개폐시스템 시공해석 프로세서
후보17	강성 프레임 회전형 개폐식 시스템의 구동장치 설계지침서
후보18	개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발
후보19	경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발
후보20	경량 대공간 구조물을 위한 인장저항성능을 보유한 스마트 면진시스템의 개발
후보21	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램 개발
후보22	태풍 및 지진과 같은 자연재해에 대한 개폐식 대공간 구조물의 안전성 향상기술 개발
후보23	개폐시스템 최적운영 및 유지관리 시스템 개발
후보24	적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템 개발
후보25	지붕 개폐시스템 선정 프로세스 개발
후보26	지붕 개폐 시스템별 최적 운영기술 개발
후보27	개폐식 대공간 건축물 파일럿 프로젝트
후보28	개폐식 대공간 건축물의 구조설계기준(안)
후보29	개폐식 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 지침서
후보30	대공간 건축물의 복합 비즈니스 모델 개발

○ 핵심기술요소(CTE) 선정

체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	후보6	후보7	후보8	후보9	후보10	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?									○		
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가?		○		○			○	○	○	○	하나 이상 충족
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?					○						
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○	○		○	○		○	○			
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?		○	○	○	○	○	○	○		○	
<b>핵심기술요소(CTE) 선정여부</b>		○		○	○		○	○	○	○	

체크리스트	후보11	후보12	후보13	후보14	후보15	후보16	후보17	후보18	후보19	후보20	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?	○								○		
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가?	○	○				○	○		○		하나 이상 충족
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?			○	○	○			○		○	
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?								○	○		
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?		○				○		○			
<b>핵심기술요소(CTE) 선정여부</b>	○	○				○		○	○		

체 크리스트	후보21	후보22	후보23	후보24	후보25	후보26	후보27	후보28	후보29	후보30	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?				○		○				○	
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가?	○						○	○	○	○	하나 이상 충족
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?		○		○			○				
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○	○	○				○	○	○		
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?				○						○	
<b>핵심기술요소(CTE) 선정여부</b>	○	○		○			○	○	○	○	

○ 핵심기술요소(CTE) 목록

CTE	유형*	CTE명	최종 TRL
CTE 1	시스템	중소규모 연성 막 개폐 구조시스템	5
CTE 2	시스템	지능형 강성 개폐 구조시스템	5
CTE 3	소프트웨어	전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	7
CTE 4	소프트웨어	개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼	6
CTE 5	소프트웨어	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	5
CTE 6	시스템	스포크-휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템	6
CTE 7	시스템	Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템	7
CTE 8	시스템	초경량 이중 막 외피구조 시스템	6
CTE 9	공법·기법	개폐형 구동장치 설계/시공지침서	5
CTE 10	공법·기법	개폐시스템 시공해석 프로세서	5
CTE 11	시스템	개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발	7
CTE 12	장비·장치	경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	6
CTE 13	시스템	적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템 개발	6
CTE 14	시스템	태풍 및 지진과 같은 자연재해에 대한 개폐식 대공간 구조물의 안전성 향상기술 개발	6
CTE 15	소프트웨어	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램 개발	6
CTE 16	공법·기법	개폐식 대공간 건축물 파일럿 프로젝트	7
CTE 17	공법·기법	개폐식 대공간 건축물의 구조설계기준(안)	6
CTE 18	공법·기법	개폐식 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 지침서	6
CTE 19	공법·기법	대공간 건축물 복합 비즈니스모델 개발	5

## 2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명	지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발	유형		소프트웨어, 공법·기법			
프레임워크		선행단계		시제품 제작 및 시연		현장적용	제품화/실용화
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
마일스톤 일정			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년(종료)
마일스톤 일정		'14.04	'15.04	'16.04	'17.04	'18.04	'19.04
CTE No.	기술명						
CTE 1	중소규모 연성 막 개폐 구조시스템	3	3	3	4	4	5
CTE 2	지능형 강성 개폐 구조시스템	2	2	3	4	5	5
CTE 3	전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	4	5	5	6	7	7
CTE 4	개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼	3	3	4	5	6	6
CTE 5	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	3	4	4	4	5	5





연구과제명	하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	유형		시스템, 장비·장치, 공법·기법			
프레임워크		선행단계		시제품 제작 및 시연		현장적용	제품화/실용화
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
마일스톤 일정			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년(종료)
마일스톤 일정		'14.04	'15.04	'16.04	'17.04	'18.04	'19.04
CTE No.	기술명						
CTE 6	스포크-휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템	2	3	4	5	6	6
CTE 7	Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템	2	3	4	5	6	7
CTE 8	초경량 이중 막 외피구조 시스템	2	3	4	5	6	6
CTE 9	개폐형 구동장치 설계/시공지침서	2	2	3	4	5	5
CTE 10	개폐시스템 시공해석 프로세서	2	2	3	4	5	5

연구과제명	스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발	유형		시스템, 장비·장치, 소프트웨어			
프레임워크		선행단계		시제품 제작 및 시연		현장적용	제품화/실용화
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
마일스톤 일정			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년(종료)
		'14.04	'15.04	'16.04	'17.04	'18.04	'19.04
CTE No.	기술명						
CTE 11	개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발	4	5	5	6	6	7
CTE 12	경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	3	4	5	5	6	6
CTE 13	적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템의 개발	2	3	4	4	5	6
CTE 14	태풍 및 지진과 같은 자연재해에 대한 개폐식 대공간 구조물의 안전성 향상기술 개발	3	4	4	5	5	6
CTE 15	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램 개발	3	4	5	5	6	6

연구과제명	개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화	유형		공법·기법			
프레임워크		선행단계		시제품 제작 및 시연		현장적용	제품화/실용화
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL				
마일스톤 일정			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년(종료)
		'14.04	'15.04	'16.04	'17.04	'18.04	'19.04
CTE No.	기술명						
CTE 16	개폐식 대공간 건축물 파일럿 프로젝트	2	3	4	5	7	7
CTE 17	개폐식 대공간 건축물의 구조설계기준(안)	2	2	3	4	5	6
CTE 18	개폐식 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 지침서	2	2	3	4	5	6
CTE 19	개폐식 대공간 건축물의 복합 비즈니스 모델 개발	2	2	3	3	4	5

### 3절 기술개발에 따른 미래상

대공간 건축물과 관련된 국내 건설기술의 수준은 다수의 시공사례를 경험하고 있어 비교적 시공기술은 경쟁력을 갖고 있으나 설계와 같은 고부가가치의 엔지니어링기술은 선진기술에 의존적이다. 개폐식 대공간 건축물은 기후변화 대응 및 에너지 절감 등을 적극적으로 대처할 수 있는 시스템으로 건설기술에 첨단기술을 접목시켜 기술의 융복합을 실현할 수 있으며 또한 건설 분야에서 새로운 시장 및 새로운 일거리를 창출을 통하여 정부 및 건설사가 미래 지향적으로 나아갈 방향을 제시할 수 있다. 본 연구에서는 「개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 해외시장 진출」의 목표로 관련 분야의 핵심기술 개발하고 개발된 기술 실증화를 통하여 해외 건설시장에 진출할 수 있는 교두보를 확보하는 것이다.

구분	현재(As-Is)	미래(To-Be)
개념		
개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공	 <p>용도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스타디움, 공연장</li> <li>• 폐기물 처리장</li> </ul> <p>보유 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 구조시스템 해석/설계/시공 기술</li> </ul> <p>적용 재료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 철골, 막재, 케이블 위주</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스타디움, 공연장</li> <li>• 폐기물 처리장, 축사의 가변 시스템</li> <li>• 파사드 구조물의 중정 지붕</li> <li>• 재래시장, 축사의 개폐식 지붕</li> <li>• 중규모 스펀의 일반지붕 리모델링</li> <li>• 중규모 개폐구조물 시장</li> <li>• 규모에 따른 구별된 기술 수출</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트형 통합구동시스템 기술보유</li> <li>• 강성 및 연성구조 개폐 시스템 시공기법</li> <li>• 스포크 휠 구조기반 막구조물 설계 및 시공기술</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETFE, GFRP, WOOD 등의 다양한 재료 적용</li> <li>• Bogie, smart lock-pin system 등의 기계적 특성을 개발하기에 적합한 모든 재료</li> </ul>
해외사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 엔지니어링 사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규모별 특화된 개폐형 구조 시스템 수출시장</li> <li>• 개폐 기술 엔지니어링 수출 사업</li> <li>• 케이블형 개폐시스템 기술 수출</li> </ul>

## 4절 추진전략

본 연구에서는 ‘개폐식 대공간 건축물 건설기술 개발’을 목표로 크게 4단계로 구분될 수 있다. 1단계 : [요소기술 개발 및 기반구축], 2단계 : [설계, 구조제어, 시공, 유지관리 분야의 전략적 핵심기술개발], 3단계 : [테스트베드를 통한 실증적 연구], 4단계 : [기술표준화 연구]로 구성되며 단계별 연구진행을 기본추진방안으로 하여 개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 국제경쟁력 강화하는 최종목표를 달성하고자 한다.

- 1단계 요소기술 개발 및 기반구축 : 1, 2차년도
  - 개폐식 대공간 건축물의 건설에 요소기술의 분석 및 개발을 통하여 실제 적용가능한 핵심기술 개발에 기반을 구축한다.
  - 개폐식 대공간 건축물의 요소기술을 해외 전문가를 통한 기술자문 또는 공동연구를 통해 관련 요소기술 개발에 기반을 마련한다.
  - 설계프로세스, 구조제어기술, 시공기술, 유지관리기술에 있어서 각 세부별로 개발된 요소기술들의 우선 순위를 결정하여 핵심기술로의 개발 방안을 마련한다.
  
- 2단계 설계, 구조제어, 시공, 유지관리 분야의 전략적 핵심기술개발 : 3, 4차년도
  - 1단계의 요소기술에 있어서 해외건설시장 진출 및 기술경쟁력 강화를 위한 전략적 핵심기술에 대한 연구를 추진한다.
  - 각 세부별 전략적 핵심기술에 관한 실증적 연구를 위하여 테스트베드 적용에 대한 기본계획을 수립하여 3단계의 테스트베드 연구에 기초자료를 마련한다.
  
- 3단계 테스트베드를 통한 실증적 연구 : 5차년도
  - 각 세부별 전략적 핵심기술의 검증에 위하여 통합적인 테스트베드 적용 계획을 수립하고, 실질적인 적용성에 관한 연구를 수행한다.
  - 테스트베드 연구를 통한 결과의 분석과 동시에 국제적 기술경쟁력 강화를 위하여 전략적 핵심기술의 개선 및 향상 방안에 대해 연구한다.
  
- 4단계 기술표준화 연구 : 5차년도
  - 개발된 기술의 실무적인 차원의 적용성을 높이기 위하여 기준 및 지침서와 같은 기술표준화 제안에 대한 연구를 수행한다.

개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 개발을 위하여, 세계유수의 전문기관을 자문기관 및 공동연구기관으로 두고, 건설업체, 엔지니어링업체 및 학·협회 등과 긴밀한 관계를 유지함으로써 기술의 수준을 향상시키고, 관련 연구결과의 파급효과에 따른 국제건설시장에서의 기술경쟁력을 강화하고자 한다.



그림 3.2 개폐식 대공간 건축물 개발 추진전략

## 4장 세부과제 구성 및 추진전략

### 1절 세부과제 구성

#### 1. 세부과제 정의

구분	과제명	제안 배경 및 주요내용	
1세부 과제	지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발	정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 건축물 핵심기술 중 설계기술의 자립화와 국가 경쟁력 확보를 도모하기 위한 융합 및 통합설계기술에 관한 연구개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발</li> <li>가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안</li> <li>연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트웨어 개발</li> <li>개폐상태를 고려한 친환경설계기술 개발</li> </ul>
2세부 과제	하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 건축물 핵심기술 중 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 핵심기술 확보로 국가기술경쟁력 확보를 도모하고 건축-기계 융합분야 리드형 기술성과를 도출하는 연구 과제</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 막 개폐구동기구 및 제어시스템 개발</li> <li>강성 개폐식 구동기구 및 제어시스템 개발</li> <li>강성 및 연성 개폐구동시스템의 erection 기법 개발</li> <li>개폐식 구조물의 시공기법 및 최적모듈화 개발</li> <li>경량 및 친환경 신재료 외피구조 적용기술 개발</li> </ul>
3세부	스마트 제어 /모니터링 핵심기술 개발	정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해에 의한 구조물의 안전성 및 지붕 개폐시 안정성 향상을 위한 기술을 확보</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발</li> <li>ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발</li> <li>ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술</li> <li>개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발</li> </ul>
4세부	개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화	정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물 건설기술 과제를 통하여 개발된 기술의 적용성 및 실증화</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>개발된 기술의 검증을 위한 파일럿 프로젝트 시공</li> <li>기술표준화를 위한 구조설계기준 및 시공/유지관리 지침서 제시</li> <li>대공간 구조물의 활용성을 높이기 위한 비즈니스 모델 개발</li> </ul>

개폐식 대공간 건축물의 건설기술 개발 연구에서는 각 세부별로 통합설계시스템 개발, 구동시스템 및 시공기법 개발, 원격 모니터링 및 스마트 제어장치, 유지관리기술에 관한 연구를 수행하며, 각 세부에서 개발된 핵심기술들의 실질적인 적용성 및 기술 검증을 위해 파일

릿 프로젝트를 통한 실증적 연구를 수행하게 된다. 각 세부연구과제 및 테스트베드 연구의 체계는 다음 그림과 같다.

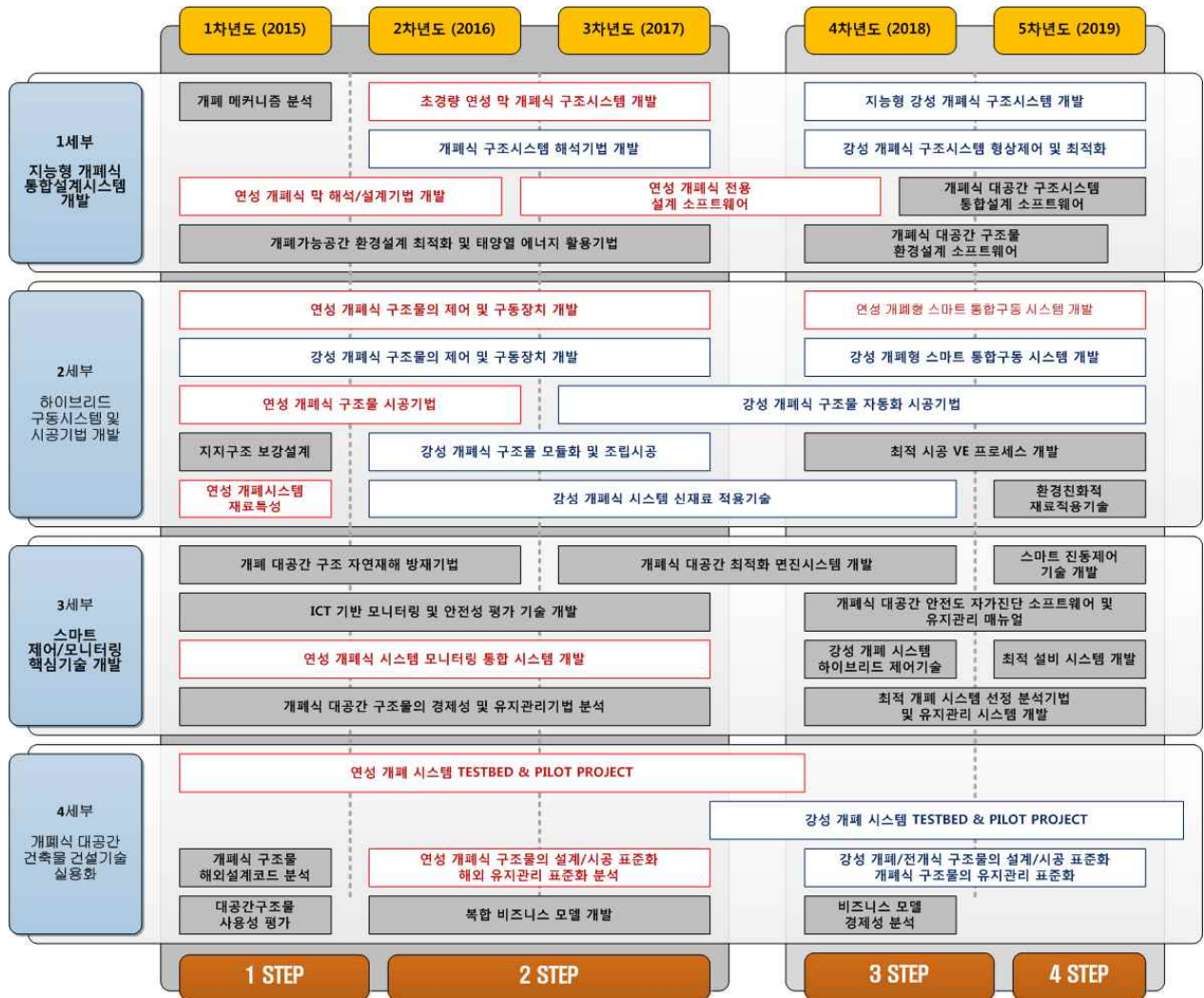


그림 4.1 연구개발과제(기술로드맵, TRM)

## 2. 세부과제의 개요

### 가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

「지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발」 과제는 개폐식 건축물 핵심 기술 중 설계기술의 자립화와 국제경쟁력 확보를 도모하기 위한 융합 및 통합설계기술에 관한 연구개발 과제로서 연성막재패널, 강성패널 및 가변/전개형 개폐식 구조물의 자동모델링 및 해석/설계가 가능한 통합프로그램을 개발하는 것이 최종연구목표이며, 열/풍/음 환경을 고려한 최적 환경계획기술을 융복합하고 ICT기반 통합설계기술의 적용으로 해당 기술을 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조시스템의 해석/설계 통합프로그램을 특화하여 단기성과형 기술과제성과를 달성하도록 한다. 또한 스포크 휠 구조기반 연성 개폐 구조물에 대해서 지지 구조물의 추가적으로 연성 막 개폐 구조 시스템이 첨가되어 리모델링할 수 있는 프로세스와 프로그램도 개발하도록 한다.

구분	과제명	제안 배경 및 주요내용	
1-1	지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>개선된 개폐/가변식 구조시스템 개발의 우선과제로 지능형 개폐구조물 구조기술 개발이 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 전개/개폐방법의 문제점을 분석하고 고급기술 주도형 구조시스템 기술을 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 및 강성방식 개폐/전개메커니즘과 전개과정특성 분석연구</li> <li>달림/들림형 케이블 지지시스템의 개선된 연성 막 개폐 시스템 개발</li> <li>초경량 막 재료를 이용한 전개/개폐식 구조시스템의 개발과 분석</li> <li>능동형 제어가능한 자기평형 전개구조의 메커니즘 분석 및 시스템 개발</li> <li>지능형 강성 개폐식 대공간 구조시스템 설계 및 해석 알고리즘 개발</li> </ul>
1-2	가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>가변/개폐식 구조물의 고급시뮬레이션기술과 최적화 기술개발을 통한 고급기술의 확보가 기술자립화에 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>가변/개폐식 구조의 해석, 구동시뮬레이션 핵심기술 제어, 안정성확보를 고려한 최적화 기술개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>스포크 휠 구조기반 개폐 막구조의 지지구조 및 추가된 막구조를 고려한 해석 프로그램</li> <li>이동식 강성개폐 시스템의 구동상태 시뮬레이션을 위한 해석프로그램</li> <li>회전형 강성개폐 시스템의 구동상태 시뮬레이션을 위한 해석프로그램</li> <li>가변/전개식 개폐구조물의 기본모듈 설계와 제어상태 안정해석 프로그램</li> <li>가변/전개형 구조시스템의 최적중량 및 최적형상 능동 제어 프로그램</li> </ul>

1-3	연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트웨어 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재까지의 기술을 통합하고 개폐식 구조물의 환경, 제어, 구조, 계획을 모두 고려한 개선된 소프트웨어와 플랫폼의 기술개발이 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 막 및 강성 개폐구조시스템의 환경, 구조, 시공해석 단위모듈 소프트웨어와 통합플랫폼 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 막 개폐구조의 접힘/뒹눴음상태 시뮬레이션과 제어 메커니즘 분석</li> <li>• 가변/개폐상태를 고려한 연성 막 재단도 및 연결부 설계 프로그램</li> <li>• 스포크 휠 구조시스템기반 개폐식 구조물 설계 프로그램</li> <li>• 개폐상태를 고려한 능동/수동형 형상 및 형태제어 설계 프로그램</li> <li>• 개폐/전개식 지붕구조의 환경, 구조 및 디자인 통합설계 플랫폼 기술</li> </ul>
1-4	개폐상태를 고려한 친환경설계기술 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경설계를 위한 최적화된 설비설계기술과 환경설계도구 개발은 향후 개발된 기술의 상품화와 차별화에 매우 필요한 기술임.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경설계를 위한 대체에너지활용기술의 접목과 개폐에 따른 최적 환경설비 설계방법 및 툴 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐상태에 따른 실내공간 열환경 및 설비 최적설계 프로그램</li> <li>• 곡면외피구조의 에너지 절감을 위한 태양열 활용 계획/설계기술</li> <li>• 곡면형상의 개폐식 외피구조 설계를 위한 파라메트릭 디자인 기술</li> <li>• 개폐상태를 고려한 최적 환경/계획 프로세스 기술개발</li> </ul>

#### 나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

「하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발」 세부과제는 개폐식 건축물 핵심기술 중 통합 제어/구동 시스템 및 시공프로세스에 대한 연구과제로서 기계적 특성을 고려한 구조물 개폐를 실현화하여 고급기술 자립과 국제경쟁력 확보를 도모한다. 본 과제는 구동시스템 및 Erection기법과 같은 시공방법에 대한 프로세스를 개발하는 것이며, Smart Lock-pin wheel 및 개폐구조의 이동 및 스페닝 시스템을 개발하는 것과, 연성 및 강성 구조시스템의 개폐특성에 따른 Erection기법 및 시공프로세스를 개발하여 설계표준화와 시공표준화를 도모하는 것이 최종연구목표이며, ICT기술을 통합한 것과 개폐 특성이 고려된 Erection의 기술개발로 기존의 연구와 차별화를 두어 해당 기술을 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조시스템의 구동 및 스페닝 시스템을 특화하여 단기전략형으로 기존 지자체 중소규모형 실내체육관 등에 적용하여 리모델링과 관련된 요소 기술을 명확하게 하도록 할 계획이다.

구분	과제명	제안 배경 및 주요내용	
2-1 공동	연성 막 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중규모 개폐공간구조물 개발을 위한 스포크-휠 구조기반 연성 막 개폐시스템 개발은 전략적으로 중요한 기술이며 연구개발이 매우 필요함.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 막 개폐형 구조물의 통합 구동시스템 및 하이브리드 구동장치 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 막 몽치 이동 트롤리 기구 메커니즘 분석 및 안정화 연구</li> <li>• 접힘/묶음 막 스패닝을 위한 트랙터 및 Locking 시스템 개발</li> <li>• 연성 재료 개폐식 구조의 제어를 위한 통합형 구동시스템 개발</li> <li>• 연성 케이블구조기반 개폐시스템의 프리스트레스 메커니즘 연구</li> <li>• 장력조절 알고리즘을 이용한 자동 프리스트레스 제어 시스템 개발</li> </ul>
2-2 공동	강성 개폐식 구동기구 및 제어시스템 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강성 개폐식 구동장치 및 통합제어 시스템 개발은 장기전략적 성과에 매우 필요함.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강성 이동/회전형 하이브리드 개폐구동기구 및 ICT기반 Smart 시스템 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강성 구동기구/장치 및 제어장치 통합설계 기술개발</li> <li>• 회전형 강성 구동기구/장치 및 제어장치</li> <li>• 강성 프레임형 개폐식 구조의 Lock-pin wheel Bogie 시스템 분석</li> <li>• 이동형 강성 구동기구/장치 및 제어장치</li> <li>• ICT기반의 Smart Lock-pin wheel Bogie 구동/제어 시스템 개발</li> </ul>
2-3 공동	강성 및 연성 개폐구조시스템의 Erection 기법 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐특성을 고려한 시공기법은 강성과 연성에 따라 다르게 나타나므로 각 개폐 시스템 Erection에 따른 기술의 개발이 매우 필요함.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초경량 외피구조를 적용한 개폐시스템의 개폐방식에 따른 Erection 기법 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 일방향 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>• 연성 중심형 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>• 강성 이동형 개폐구조 시스템 특성 분류</li> <li>• 강성 회전형 개폐구조 시스템 특성 분류</li> <li>• 개폐식 구조시스템의 자동화 Robotics Erection 기법 개발</li> </ul>

2-4 공동	개폐식 구조물의 시공기법 및 최적모듈화 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>강성 이동/회전형 개폐구조의 시공기법 개발의 최적화된 시공기법은 비교적 비용이 큰 지붕구조물의 시공에 매우 필요한 기술임.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 구조물의 지지구조 및 개폐구조물의 VE 시공기법 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>스포크 휠 구조기반 연성 막 개폐시스템의 시공기법 및 지침 개발</li> <li>연성 막 개폐시스템의 구동장치 모듈화 및 표준화 기술개발</li> <li>강성 개폐시스템의 단위모듈 조립형 시공기술 프로세스 연구</li> <li>최적시공기법 기술 및 구조형상 조절기법 개발</li> <li>시공프로세스 혁신을 통한 Value Engineering 최적 프로세스 개발</li> </ul>
2-5 공동	경량 및 친환경 신 재료 외피구조 적용기술 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐특성을 고려한 시공은 지붕구조체 자중의 문제를 포함하고 있으며, 신재료나 연성 막을 적용하는 방법 등은 Erection에 큰 요인이 됨.</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>신재료를 이용한 개폐구조물 경량화 및 에너지 절약형 외피구조시스템 개발</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>접힘/뒹음 막의 개폐상태 분석과 재료구성의 특성에 관한 분석연구</li> <li>초경량 막 재료(ETFE)의 개폐시스템 외피구조 활용방법에 관한 연구</li> <li>개폐식 구조시스템에 적용 가능한 고성능 신재료의 특성분석</li> <li>FRP/GFRP를 이용한 개폐시스템의 경량 신재료 적용기술 개발</li> <li>에너지 절감형 재료를 이용한 개폐시스템 외피구조 적용기술 개발</li> </ul>

### 다. 제3세부과제 : 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발

「스마트제어/모니터링 핵심기술 개발」은 자연재해에 의한 구조물의 안전성 및 지붕개폐시 안정성 향상을 위한 기술을 확보하는 것으로 개폐식 대공간 건축물의 기술 경쟁력 확보를 위한 핵심기술을 확보하고 이를 통하여 해외 건설시장의 수주를 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제로서 자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술, ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술, ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술, 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술을 개발한다.

구분	과제명	제안 배경 및 주요내용	
3-1 공동	안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>태풍 및 지진, 폭설, 폭우와 같은 자연재해 의해서 개폐식 대공간 건축물이 손상 및 파괴되는 사례가 빈번히 발생하고 있어서 이에 대한 구조물의 저항성능 및 안전도를 효율적으로 향상시킬 수 있는 기술이 요구되고 있음</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해에 대한 개폐식 대공간 건축물의 안전도를 향상시킬 수 있는 최적설계 프로세스, 소프트웨어, 구조시스템, 진동제어장치</li> <li>외부 하중의 특성에 따라서 최적의 구조물 특성을 발휘할 수 있는 스마트 구조제어시스템</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>태풍 및 지진 피해를 줄이기 위한 연성 및 강성 개폐식 지붕구조 최적설계 기술</li> <li>폭우 및 폭설에 의한 개폐식 구조물 손상 및 파괴 방지기술 개발</li> <li>대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램 개발</li> <li>지붕구조시스템 맞춤형 스마트 하이브리드 진동제어장치 개발</li> <li>경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진시스템 개발</li> </ul>
3-2 공동	ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>극한하중에 대한 개폐식 대공간 건축물의 안전성뿐만 아니라 다양한 외부하중 및 개폐시 구동하중에 대한 구조물의 안정성, 사용성을 향상시키기 위해서 스마트 센싱 및 안전성 자가진단기술에 대한 필요성이 증대됨</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT 기반의 개폐식 대공간 건축물 구조안전성 모니터링 기술</li> <li>구조물 안전도 모니터링 및 실시간 자가진단 &amp; 경보 시스템</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발</li> <li>ICT기반 지붕개폐 구동장치 안전도 모니터링 및 자가진단장치 개발</li> <li>지붕 개폐장치 구동시 안전도 모니터링 및 제어시스템 개발</li> <li>임베디드 마이크로 프로세서와 무선통신 기능을 포함한 경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발</li> </ul>

3-3 공동	ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소배출량 감소 및 에너지 절약을 위한 에너지 효율화를 통하여 유지관리 비용을 줄이려는 수요가 점차 증가하고 있음</li> <li>실외 환경에 따른 지붕구조물의 최적개폐 및 지붕구조물의 개폐에 따른 실내 환경의 변화 제어에 대한 통합제어기술이 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물에 적합한 BEMS를 개발하고 이를 통해 에너지원별 사용량을 실시간 모니터링, 에너지 사용정보 분석 소프트웨어를 통해 효율적으로 에너지를 관리하고 자동 제어할 수 있는 에너지관리 최적화 기술</li> <li>실내외 환경 변화에 따른 적응형 스마트 환경설비 시스템 통합제어기술</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 사용량 분석 및 에너지 저감기술</li> <li>지열/태양열 등 그린에너지의 대공간 건축물 적용 기술</li> <li>에너지 사용기기, 센서 및 통신망을 연계한 에너지 관리기술(BEMS)</li> <li>실내외 열,풍,음 환경변화 모니터링을 위한 스마트 센서 기술</li> <li>적응형 스마트 환경설비 시스템 통합제어기술</li> </ul>
3-4 공동	개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설기술(CT) 및 유지관리기술(MT)을 정보통신(IT)과 융합한 ICT기술 기반의 대공간 건축물의 운영/유지관리 기술 개발 활성화를 통해 세계시장을 선점하기 위함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물의 건설 후 소요되는 유지관리 비용의 효율화를 위하여 ICT기술을 융합한 첨단 유지관리 기술</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>대공간 건축물의 운영 및 유지관리 비용 분석</li> <li>ICT기술 기반의 최적 조명/음향/냉난방 운영 시스템 개발</li> <li>개폐식 대공간건축물의 운영 및 유지관리 점검 메뉴얼 개발</li> </ul>

## 라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화

「개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화」 연구는 개폐식 대공간 건축물에 있어서 각 세부연구과제에서 개발된 통합설계기술, 구조안전성 모니터링 및 스마트 구조제어기술, 개폐 특성을 고려한 Erection 및 시공기술, ICT기반의 첨단운영 및 유지관리 기술 등의 실질적인 적용성을 분석하고 그 결과를 통하여 개발된 기술의 개선 및 성능향상을 도모하고자 한다.

구분	과제명	제안 배경 및 주요내용	
4-1 공동	파일럿 프로젝트	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물 건설기술 과제를 통하여 개발된 기술의 검증을 위하여 대상 건축물의 시공사례가 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>파일럿 프로젝트 시공</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>경간 30M이상의 연성 개폐식 대공간 건축물의 구축</li> <li>경간 60M이상의 강성 개폐식 대공간 건축물의 구축</li> <li>경간 100M이상의 개폐식 대공간 구조시스템 적용</li> </ul>
4-2 공동	기술표준화	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>개발된 기술의 실무 적용성을 높이기 위하여 설계 및 시공관련 기술의 표준화가 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물관련 구조설계 및 시공 등의 기술 표준화</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조설계기준</li> <li>시공지침서 및 유지관리지침서</li> </ul>
4-3 공동	비즈니스모델 개발	배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물의 건설 후에 활용성을 높이기 위한 새로운 비즈니스 모델 개발이 필요함</li> </ul>
		기술정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐식 대공간 건축물의 건설 후 경제성을 고려한 비즈니스 모델</li> </ul>
		주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 대공간 건축물의 사용현황 및 법적 근거 분석</li> <li>대공간 건축물의 복합 비즈니스 모델</li> </ul>

### 3. 세부과제간 연계관계

개폐식 대공간 건축물 건설기술에 관한 연구는 크게 4개의 세부로 구성되어 각 세부별로 독립적인 연구 주제에 따라 연구를 수행하게 된다. 또한 이러한 독립적인 연구체계하에서도 각 세부별로 연구된 프로세스, 시스템, 메커니즘 등에 관한 정보 및 기술들은 타 세부와 상호 보완적인 관계를 유지할 수 있도록 연계되어 수행할 수 있다. 이러한 연계관계를 통해 최종적으로 개발된 기술들은 파일럿 프로젝트를 통한 실증적 연구에 적용되고, 그 결과를 바탕으로 개발된 기술의 개선 및 성능을 향상시킬 수 있도록 수행된다.

본 과제를 수행하는 연구기관의 연구계획에 따라 다소 상이할 수 있으나, 1세부(설계), 2세부(시공), 4세부(파일럿 프로젝트)를 수행하고 개폐식 대공간 건축물의 운영 및 관리에 있어서는 3세부(운영 및 유지관리)에서 수행하고자 한다.

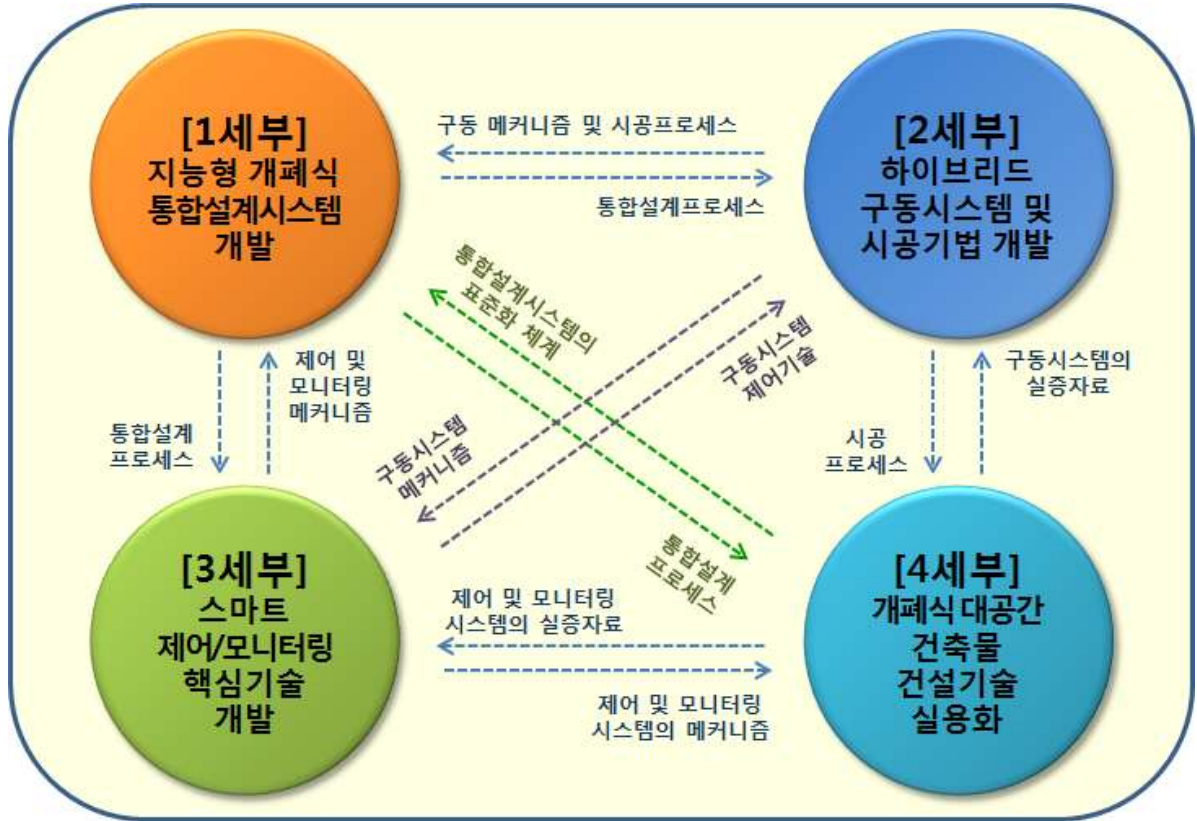


그림 4.2 세부과제간 연계관계도

#### 4. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

##### 가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

연구개발 추진과제		기존 연구과제			검토결과		
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	중복도 <sup>1)</sup>	차별성	연계방안
지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐 및 전개 메커니즘 분석</li> <li>• 개폐용 달림/들림형 케이블 시스템</li> <li>• 초경량 개폐막 구조 시스템</li> <li>• 자기평형 전개 구조 시스템</li> <li>• 지능형 강성 개폐식 구조시스템</li> </ul>	대공간 건축물 건설기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템에 관한 체계적인 분석</li> <li>• 경제적인 구조시스템 선정 방법과 유지</li> <li>• 접합부 설계 및 케이블 구조물의 설계 기술 개발</li> <li>• 관련설계기술의 설계방법 표준화</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.12)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초경량 전개구조시스템으로의 개선과 메커니즘 분석을 통한 시스템 개발</li> <li>• 지능형 강성개폐식 구조물의 개발과 기술시장 주도형 핵심 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비개폐식 시스템의 구조메커니즘의 분석결과 활용</li> <li>• 자기평형시스템의 기초모형 응용을 통한 기술개발 시도</li> </ul>
가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐식 스포크 휠 구조시스템 해석</li> <li>• 이동식 강성개폐 시스템 시뮬레이션</li> <li>• 회전형 강성개폐 시스템 시뮬레이션</li> <li>• 가변/전개식 개폐구조 안정해석</li> <li>• 가변/전개형 구조시스템 형상 최적화</li> </ul>	대공간 건축물 건설기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성구조물의 형상해석 및 비선형해석 연구</li> <li>• 쉘형 구조물의 안정상태 해석방법 연구</li> <li>• 동적응답 평가지수와 제어요소 해석 기법 개발</li> <li>• 불안정현상에 관한 비선형 해석 프로그램 개발</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.12)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성막을 이용한 스포크 휠 기반 개폐형 구조해석 기술 연구</li> <li>• 제어상태를 고려한 강성구조물의 전개시뮬레이션</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블 접합부 관련 연구기술 결과의 활용</li> <li>일반 대공간 구조물의 표준 설계지침에 연계해서 개폐식 구조 특화된 최적설계방안 개발</li> </ul>

<p>연성/강성 개폐식 구조물 설계 통합소 프트웨 어 개 발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접힘/묶음형 막 시뮬레이션</li> <li>• 개폐식 접힘/묶음형 막 재단도 해석</li> <li>• 개폐식 막구조 통합설계 소프트웨어</li> <li>• 능동/수동형 형태제어 설계</li> <li>• 개폐식 지붕 통합설계 소프트웨어</li> </ul>	<p>대공간 건축물 건설기 술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성구조물의 형상해석 및 비선형해석 연구</li> <li>• 셸형 구조물의 안정상태 해석방법 연구</li> <li>• 동적응답 평가지수와 제어요소 해석 기법 개발</li> <li>• 불안정현상에 관한 비선형 해석 프로그램 개발</li> </ul>	<p>(주)CS구조엔지니어링 (’06.9~’11.12)</p>	<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 막 패널 개폐방식에 대한 설계 표준화와 프로그램 연계</li> <li>• 개폐식 대공간 건축물 적용 가능한 통합설계 플랫폼 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비선형 해석기술 응용과 개선된 해석법 및 환경설계 프로세스를 추가한 통합형 플랫폼으로 개발</li> <li>• 개발하고자 하는 해석 및 설계 SW는 개폐식 대공간 건축물 전용 SW로써 최종적인 통합 설계 플랫폼에 필요한 모델링, 하중재하 등에 대한 단위 모듈은 기존 구조설계 SW와 연동이 가능하도록 함</li> </ul>
<p>개폐상태를 고려한 친환경 설계기 술 개 발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열환경 최적설계 프로세스</li> <li>• 음환경 최적설계 프로세스</li> <li>• 태양열 에너지 활용 설계 기술</li> <li>• 외피구조 파라메트릭 디자인</li> <li>• 최적 환경/계획설계 소프트웨어</li> </ul>	<p>대공간 건축물 건설기 술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템 시공관리기법에 관한 연구</li> <li>• 유지관리에 대한 체계적인 연구</li> <li>• 자동화 공법 및 장력측정 기술관련 연구개발</li> <li>• 열, 풍, 음환경 친화적 세부요소기술에 관한 연구</li> </ul>	<p>(주)CS구조엔지니어링 (’06.9~’11.12)</p>	<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐식 환경에 대응하는 최적친환경 설계기법 개발</li> <li>• ICT기반 지능형 환경조절기법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적인 상태의 환경분석 결과에 대한 연구기술의 연계</li> </ul>

나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

연구개발 추진과제		기존 연구과제			검토결과		
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	중복도 <sup>1)</sup>	차별성	연계방안
연성 막 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 막 몽치 이동 트롤리 기구 메커니즘 분석 및 안정화 연구</li> <li>접힘/뒹음 막 스페닝을 위한 트렉터 및 Locking 시스템 개발</li> <li>연성 재료 개폐식 구조의 제어를 위한 통합형 구동시스템 개발</li> <li>연성 케이블구조 기반 개폐시스템의 프리스트레스 메커니즘 연구</li> <li>장력조절 알고리즘을 이용한 자동 프리스트레스 제어 시스템 개발</li> </ul>				0		
강성 개폐식 구동기구 및 제어시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>강성 구동기구/장치 및 제어장치 통합설계 기술개발</li> <li>회전형 강성 구동기구/장치 및 제어장치 통합설계 기술개발</li> <li>강성 프레임형 개폐식 구조의 Lock-pin wheel Bogie 시스템 분석</li> <li>이동형 Lock-pin wheel형 Bogie의 구동 프로세스와 통합제어시스템</li> <li>ICT기반의 Smart Lock-pin wheel형 통합 구동/제어 시스템 개발</li> </ul>	대공간 건축물 건설 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성구조물의 형상해석 및 비선형해석 연구</li> <li>셸형 구조물의 안정상태 해석방법 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>동적응답 평가지수와 제어요소 해석기법 개발</li> </ul> </li> <li>불안정현상에 관한 비선형 해석 프로그램 개발</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~11.12)	1	강성 개폐 구조시스템의 스마트 Lock-pin 구동 시스템 ICT기반 하이브리드 구동기술	대공간 구조물의 안정화 해석 결과에 대한 기초자료 분석

강성 및 연성 개폐 구조 시스템의 Erection 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 일방향 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>연성 중심형 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>강성 이동형 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>강성 회전형 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발</li> <li>개폐식 구조시스템의 자동화 Robotics Erection 기법 개발</li> </ul>				0	
-----------------------------------	--	--	--	--	---	--

다. 제3세부과제 : 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발

연구개발 추진과제		기존 연구과제			검토결과		
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	중복도 <sup>1)</sup>	차별성	연계방안
자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>태풍·지진 피해를 줄이기 위한 연성 및 강성 개폐식 지붕구조 최적설계 기술 개발</li> <li>대공간 구조물과 진동제어 장치의 동시 최적설계 프로그램 개발</li> <li>경량 대공간 구조물을 위한 인장저항성능을 보유한 스마트 면진 시스템의 개발</li> <li>수동 및 준능동 제어장치의 조합을 통한 하이브리드 제어시스템 개발</li> </ul>	대공간 구조물 건설 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>대공간 구조의 비선형해석 및 구조설계 기법 개발</li> <li>대공간 구조 시스템의 구조 안정 특성 조사</li> <li>지진에너지 흡수용 구조시스템 개발</li> <li>내진설계 지침서 개발</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>대공간 구조물과 진동제어 장치의 동시 최적설계 기술</li> <li>경량 대공간 구조물을 위한 인장저항성능을 보유한 스마트 면진 시스템의 개발</li> <li>수동 및 준능동 제어 장치의 조합을 통한 하이브리드 제어 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>막구조에 대한 바람에 의한 진동 특성 자료 활용</li> <li>막구조물에 대한 고유진동수와 감쇠율 해석 기법 활용</li> <li>대공간 구조의 형태별 지진 거동 특성 조사 및 분석 자료 활용</li> </ul>

<p>ICT 기반의 스마트 센싱 및 구조 안전성 자가진단 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐식 지붕 구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발</li> <li>• ICT기반 지붕개폐 구동장치 안전도 모니터링 및 자가진단장치 개발</li> <li>• 지붕 개폐장치 구동시 안전도 모니터링 및 제어시스템 개발</li> <li>• 임베디드 마이크로 프로세서와 무선통신 기능을 포함한 경제적인 스마트 센서 장치 개발</li> </ul>	<p>대공간 구조물 건설 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구</li> <li>• 스페이스 프레임의 동적 구조불안정 특성 연구</li> <li>• 내진설계 지침서 작성</li> <li>• 장기 모니터링에 의한 유지보수 기반 기술</li> <li>• 환경조건 및 부재특성별 최적 보수·보수 방안 제안</li> <li>• 막/케이블 구조물의 효율적인 장력측정 기법</li> </ul>	<p>(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)</p>	<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경량 대공간 구조물을 위한 인장저항 성능을 보유한 스마트 면진 시스템의 개발</li> <li>• 스마트 센싱 및 스마트 최적 제어 알고리즘 개발</li> <li>• ICT기반 개폐식 지붕 구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아치 및 대공간 구조물을 위한 수동 &amp; 스마트 면진 시스템의 특성 분석 자료 활용</li> <li>• 막/케이블 구조물의 효율적인 장력 측정 기법을 활용하여 지붕 개폐장치 구동시 안전도 모니터링 및 제어 시스템 개발</li> </ul>
<p>ICT기반의 환경 및 설비 시스템 통합제어 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 사용 기기, 센서 및 통신망을 연계한 에너지 관리 기술 (BEMS)</li> <li>• 실내외 환경 변화 모니터링을 위한 스마트 센서 기술</li> <li>• 적응형 스마트 환경설비 시스템 통합제어 기술</li> </ul>	<p>대공간 구조물 건설 기술 개발</p>		<p>(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)</p>	<p>0</p>		
<p>개폐 시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 건축물의 운영 및 유지관리 비용 분석</li> <li>• ICT기술 기반의 최적 조명/음향/냉난방 운영 시스템 개발</li> <li>• 개폐식 대공간 건축물의 운영 및 유지관리 점검 매뉴얼 개발</li> </ul>	<p>대공간 구조물 건설 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 막구조 건축물의 유지관리 및 진단 지침</li> <li>• 막체의 보수 기술 지침</li> <li>• 우수차단장치 및 수밀성능 유지관리 지침 정리 및 통합</li> </ul>	<p>(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)</p>	<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 건축물의 운영 및 유지관리 기술을 ICT기반으로 개발</li> <li>• 개폐식 대공간 건축물의 유지관리 및 점검 절차 등에 대하여 매뉴얼화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 연구에서 개발된 막구조 유지관리 지침서를 분석하여 기초 기술로 활용</li> </ul>

라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화

연구개발 추진 과제		기존 연구과제			검토결과		
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	중복도 <sup>1)</sup>	차별성	연계방안
파일럿 프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 개폐식 공간구조물 파일럿 프로젝트</li> <li>강성 개폐식 공간구조물 파일럿 프로젝트</li> </ul>	대공간 구조물 건설 기술 개발	나래돔 파일럿 프로젝트	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>연성 및 강성 개폐 시스템의 특성을 반영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나래돔의 설계 및 시공에 대한 사례 기술을 본 파일럿 프로젝트 기반기술로 활용</li> </ul>
기술 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조설계기준</li> <li>시공지침서</li> <li>유지관리지침서</li> </ul>	대공간 구조물 건설 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>막구조 설계 기준(안) 및 해설</li> <li>케이블구조 설계기준(안) 및 해설</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>대공간 구조물의 지붕개폐 특성을 반영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>막구조/케이블구조 설계기준(안) 개정 및 공시</li> <li>기존 설계 기준(안)을 기반으로 개폐 특성을 반영한 대공간 건축물의 설계기술 및 시공기술 표준 제시</li> </ul>
비즈니스 모델개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>비즈니스모델</li> </ul>	대공간 구조물 건설 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>대공간 구조물의 현황 분석</li> </ul>	(주)CS구조엔지니어링 ('06.9~'11.7)	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당사항 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당사항 없음</li> </ul>

## 2절 세부과제별 추진전략

### 1. 세부과제별 최종 성과물 및 성과지표

가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

핵심성과	단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과지표 정의	성과목표 (성능수준)	최종 수 요처
지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설 계시스 템	기술 성과	1-1 개폐구간 100M급 연성 막 개폐 구조시스템	구조시스템 성능분석 건수	개발시스템의 성능분석과 공청회를 통한 시스템 검증	4건 이상	건축사사 무소 건설회사
			SCI(E) 연구논문발 표 건수	메커니즘 분석과 개발을 통한 연구결과 의 학술적 성과물	3건 이상	
			구조시스템 아이디어 특허건수	분석과 비교를 통해 개선된 개폐식 구조물의 개발에 대한 성과물	5건 이상	
			테스트베드 실험결과 의 반영실적	테스트베드 실험결과 의 기술개발 에 반영	1건 이상	
	기술 성과	1-1 개폐구간 100M급 지능형 강성 개폐 구조시스템	구조시스템 성능분석 건수	개발시스템의 성능분석과 공청회를 통한 시스템 검증	4건 이상	건축사사 무소 건설회사
			SCI(E) 연구논문발 표 건수	메커니즘 분석과 개발을 통한 연구결과 의 학술적 성과물	3건 이상	
			구조시스템 아이디어 특허건수	분석과 비교를 통해 개선된 개폐식 구조물의 개발에 대한 성과물	5건 이상	
			테스트베드 실험결과 의 반영실적	테스트베드 실험결과 의 기술개발 에 반영	1건 이상	
	기술 성과	1-2 전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	전개형 구조물의 구조해석 및 분석 건수	개발된 프로그램을 이용하여 구동상태와 제어상태 등의 고급 해석기술의 적용 건수	5건 이상	구조설계 사무소 전문엔지 니어링회 사
			SCI(E) 연구논문발 표 건수	고급해석기술을 이용한 프로그램의 해석결과 검증을 위한 연구 성과물	4건 이상	
			해석프로그 램 등록건수	개발된 알고리즘이나 개선된 해석프로그램의 등록 건수	5건 이상	

지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설 계시스 템	기술 성과	1-3	개폐식 대공간 건축물 환경구 조설계 통합 플 랫폼	전개형 구 설 계적용 건 수	개발된 통합플 랫폼을 이용한 실제 구조물 전 개구조물의 설 계건수	3건 이상	구조설계 사무소 전문엔지 니어링회 사
				통합설계 플랫폼 및 단위프로그 램 등록건 수	개발된 소프트 웨어의 등록 건 수	3건 이상	
				개발된 통 합플랫폼 설명회 및 인프라 구 축건수	개발된 특수구 조물의 설계방 법을 적용할 수 있는 기술인력 및 기술인프라 구축건수	7건 이상	
		1-4	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	개폐상태를 고려한 환경설계 알고리즘의 설계적용건 수	개발된 프로세스를 적용하여 설계된 구조물과 설계분석 적용건수	5건 이상	구조설계 사무소 전문엔지 니어링회 사
				SCI(E) 연구논문발 표 건수	고급해석기술을 이용한 프로그램의 해석결과 검증을 위한 연구 성과물	5건 이상	
				해석프로그 램 등록건수	개발된 알고리즘이나 개선된 해석프로그램의 등록 건수	5건 이상	
	정책 성과	0-1					
		0-1					

나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

핵심성과		단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과지표 정의	성과목표 (성능수준)	최종 수 요처
하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	기술 성과	2-1	스포크 휠 구조 기반 접이식 연성 막 개폐시스템	구조시스템 성능분석 건수	개발시스템의 성능분석과 공시 청회를 통한 시스템 검증	4건 이상	구조설계 사무소 전문 엔지니어링 회사 건설회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	메커니즘 분석과 개발을 통한 연구결과의 학술적 성과물	3건 이상	
				구조시스템 아이디어 특허건수	분석과 비교를 통해 개선된 개폐식 구조물의 개발에 대한 성과물	5건 이상	
				테스트베드 실험결과의 반영실적	테스트베드 실험결과를 과제 의 기술개발에 반영	1건 이상	
		2-2	Smart Lock-pin wheel 통합제어/ 구동시스템	구조시스템 성능분석 건수	개발시스템의 성능분석과 공시 청회를 통한 시스템 검증	4건 이상	건축설계 사무소 전문 엔지니어링 회사 건설회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	메커니즘 분석과 개발을 통한 연구결과의 학술적 성과물	3건 이상	
				구조시스템 아이디어 특허건수	분석과 비교를 통해 개선된 개폐식 구조물의 개발에 대한 성과물	5건 이상	
				테스트베드 실험결과의 반영실적	테스트베드 실험결과를 과제 의 기술개발에 반영	1건 이상	
		2-3	개폐형 구동장치 설계/시공지침서	설계 및 시공기준(안)	설계 및 시공기준건수	2건 이상	건축설계 사무소 건설회사
				시공지침서	지침서 건수	2건 이상	
				유지관리 지침서	지침서 건수	2건 이상	
		2-4	개폐시스템 시공해석 프로세서	설계 및 시공기준(안)	설계 및 시공기준건수	2건 이상	건축설계 사무소 건설회사
				시공지침서	지침서 건수	2건 이상	
				VE 지침서	지침서 건수	2건 이상	
		2-5	초경량 이중 막 외피구조 시스템	구조시스템 성능분석 건수	개발시스템의 성능분석과 공시 청회를 통한 시스템 검증	4건 이상	구조설계 사무소 전문 엔지니어링 회사 건설회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	메커니즘 분석과 개발을 통한 연구결과의 학술적 성과물	3건 이상	
	구조시스템 아이디어 특허건수			분석과 비교를 통해 개선된 개폐식 구조물의 개발에 대한 성과물	5건 이상		
	테스트베드 실험결과의 반영실적			테스트베드 실험결과를 과제 의 기술개발에 반영	1건 이상		
	정책 성과	0-1					
		0-1					

다. 제3세부과제 : 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발

핵심성과		단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과지표 정의	성과목표 (성능수준)	최종 수 요처
스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발	기술 성과	3-1	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적 설계 프로그램	최적화 설계기술 적용 건수	개발된 최적화 프로그램을 적용하여 설계된 구조물	2건 이상 (기존 S/W 대비 물량 10%감소)	구조설계 사무소 건설회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	동시통합 최적 설계 프로그램 개발을 통한 연구결과의 학술적 성과물	4건 이상	
				프로그램 등록건수	개발된 알고리즘이나 개선된 설계프로그램 등록	3건 이상	
				연구개발 관련 홍보	최적화 프로그램 홍보	2건 이상	
		3-1	경량 지붕구조 시스템을 위한 인장저항 면진 시스템	특허 건수	개발된 면진시스템관련 특허 출원/등록	3건 이상	구조설계 사무소 전문엔지니어링회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	개발된 면진시스템관련 연구결과의 학술적 성과물	3건 이상	
				테스트베드 실험결과의 반영실적	인장저항 면진장치 실험결과를 과제의 기술 개발에 반영	1건 이상 (인장저항 성능: 600kN, 단가: 1만 USD 이하)	
				연구개발 관련 홍보	인장저항 면진장치 홍보	2건 이상	
		3-2	개폐식 지붕구조물의 건전도 평가시스템	구조물 건전도 분석 건수	구조물의 건전도 분석	5건 이상	구조설계 사무소 전문엔지니어링회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	개폐식구조물 건전도 평가기술 개발 관련한 연구 성과물	3건 이상	
				프로그램 등록건수	개발된 알고리즘이나 개선된 프로그램 등록	2건 이상	
		3-2	경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	특허 건수	개발된 스마트 센서관련 특허 출원/등록	3건 이상	구조설계 사무소 전문엔지니어링회사
				SCI(E) 연구논문발표 건수	개발된 스마트 센서관련 연구결과의 학술적 성과물	3건 이상	
				테스트베드 실험결과의 반영실적	스마트 센서 실험결과를 과제의 기술개발에 반영	1건 이상 (무선 송신 100M 이상)	
				연구개발 관련 홍보	스마트 센서 홍보	2건 이상	

	3-3	적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템	특허 건수	개발된 환경설비 통합제어시스템 관련 특허출원/등록	3건 이상	구조설계 사무소 전문엔지 니어링회 사	
			SCI(E) 연구논문발 표 건수	개발된 환경설비 통합제어시스템 관련 연구 성과물	3건 이상		
			프로그램 등록건수	개발된 알고리즘이나 개선된 프로그램 등록	2건 이상		
			연구개발 관련 홍보	환경설비 통합제어 장치 홍보	1건 이상		
	3-4	개폐시스템 최적운영 및 유지관리 시스템	최적운영/ 유지관리 시스템 적용 건수	개발된 유지관리 시스템의 적용 구조물	2건 이상	구조설계 사무소 전문엔지 니어링회 사	
			SCI(E) 연구논문발 표 건수	개발된 유지관리시스템 관련 연구 성과물	3건 이상		
			운영 및 유지관리 관련 매뉴얼	개폐방법, 구조물 형식 등에 따른 최적운영/유지 관리 매뉴얼	2건 이상		
			연구개발 관련 홍보	개폐식 대공간 건축물의 운영 및 유지관리 기법 홍보	2건 이상		
	정책 성과	0-1					
		0-1					

라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설기술 실용화

핵심성과		단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과지표 정의	성과목표 (성능수준)	최종 수요처
파일럿 프로젝트	기술 성과	4-1	연성 개폐식 대공간구조물 파일럿 프로젝트	파일럿 프로젝트	연성 개폐식 대공간구조물 시공	1건 (개폐구간 100M 이상)	설계사 시공사
				수요자 만족도	성과물에 대한 수요자의 만족도 평가	2건 이상	
				연구개발 관련 홍보	파일럿 프로젝트 홍보	1건 이상	
기술 표준화	정책 성과	4-2	구조설계기준(안)	기준 건수	구조설계기준	1건	설계사 시공사 건축주
			시공지침서	지침서 건수	시공지침서	1건	
			유지관리지침서	지침서 건수	유지관리 지침서	1건	
			연구개발 관련 홍보	연구개발 관련 홍보	기준 및 지침서의 홍보	3건 이상	
비즈니스 모델	정책 성과	4-3	비즈니스 모델	비즈니스 모델 개발 건수	비즈니스 모델별 경제성 분석	5건 이상	설계사 건축주
				계획/설계 기법 개발	대공간 건축물의 활용 극대화를 위한 계획/설계 기법	2건 이상	
				연구개발 관련 홍보	비즈니스 모델의 홍보	1건 이상	

## 2. 연차별 성과목표

### 가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

핵심성과	단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과목표 (성능수준)	연차별 성과목표					
					1	2	3	4	5	
지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템	기술 성과	1-1	중소규모 연성막 개폐 구조시스템	구조시스템 성능분석 건수	4건 이상	1	2	1		
				SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상	1	1	1		
				구조시스템 아이디어 특허건수	5건 이상	1	2	2		
		1-1	지능형 강성 개폐 구조시스템	구조시스템 성능분석 건수	4건 이상			1	2	1
				SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상			1	1	1
				구조시스템 아이디어 특허건수	5건 이상			1	2	2
		1-2	전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	전개형 구조물의 구조해석 및 분석 건수	5건 이상	1	1	1	1	1
				SCI(E) 연구논문발표 건수	4건 이상		1	1	1	1
				해석프로그램 등록건수	5건 이상	1	1	1	1	1
		1-3	개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼	전개형 구조물의 설계적용 건수	3건 이상			1	1	1
				통합설계 플랫폼 및 단위프로그램 등록건수	3건 이상		1	1	1	
				개발된 통합플랫폼 설명회 및 인프라 구축건수	7건 이상	1	2	2	1	1

지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설 계시스 템	기술 성과	1-4	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	개폐상태를 고려한 환경설계 알고리즘의 설계적용건 수	5건 이상	1	1	1	1	1
				SCI(E) 연구논문발 표 건수	5건 이상	1	1	1	1	1
				해석프로그 램 등록건수	5건 이상	1	1	1	1	1
정책 성과	0-1									
	0-1									

나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

핵심성과	단위 성과물	성과지표 (KPI)	성과목표 (성능수준)	연차별 성과목표					
				1	2	3	4	5	
하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	기술 성과	2-1 스포크 휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템	구조시스템 성능분석 건수	4건 이상	1	2	1		
			SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상	1	1	1		
			구조시스템 아이디어 특허건수	5건 이상	1	2	2		
		2-2 Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템	구조시스템 성능분석 건수	4건 이상			1	2	1
			SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상			1	1	1
			구조시스템 아이디어 특허건수	5건 이상			1	2	2
		2-3 개폐형 구동장치 설계/시공지침서	설계 및 시공기준(안)	2건 이상			1		1
			시공지침서	2건 이상			1		1
			유지관리 지침서	2건 이상				1	1
		2-4 개폐시스템 시공해석 프로세서	설계 및 시공기준(안)	2건 이상			1		1
			시공지침서	2건 이상			1		1
			VE 지침서	2건 이상				1	1
		2-5 초경량 이중 막 외피구조 시스템	구조시스템 성능분석 건수	4건 이상		1	1	1	1
			SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상		1	1	1	
			구조시스템 아이디어 특허건수	5건 이상	1	1	1	1	1
정책 성과	0-1								
	0-1								

다. 제3세부과제 : 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발

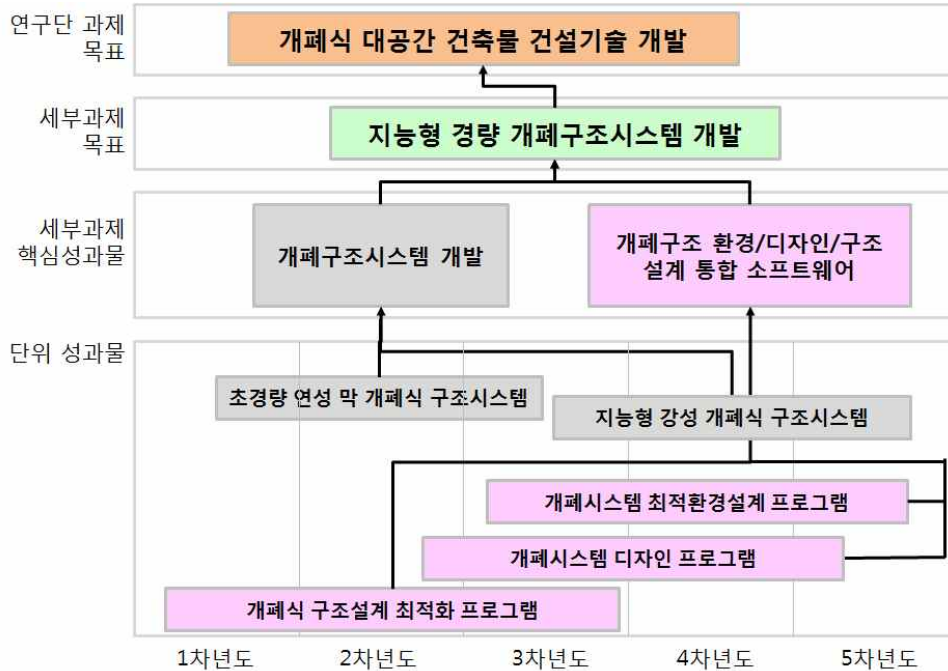
핵심성과	단위 성과물	성과지표 (KPI)	성과목표 (성능수준)	연차별 성과목표					
				1	2	3	4	5	
스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발	기술 성과	3-1 대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램	최적화 설계기술 적용 건수	2건 이상			1	1	
			SCI(E) 연구논문발표 건수	4건 이상	1	1	1	1	
			프로그램 등록건수	3건 이상		1	1	1	
			연구개발 홍보 건수	2건 이상			1		1
		3-1 경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진시스템	특허 건수	3건 이상			1	1	1
			SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상		1	1	1	
			테스트베드 실험결과 반영실적	1건 이상			1		
			연구개발 홍보 건수	2건 이상	1		1		
		3-2 개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템	구조물 건전도 분석 건수	5건 이상	1	1	1	1	1
			SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상		1	1	1	
			프로그램 등록건수	2건 이상		1		1	
		3-2 경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	특허 건수	3건 이상			1	1	1
	SCI(E) 연구논문발표 건수		3건 이상			1	1	1	
	테스트베드 실험결과 반영실적		1건 이상			1			
	연구개발 홍보 건수		2건 이상	1			1		
	3-3 적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템	특허 건수	3건 이상		1	1	1		
		SCI(E) 연구논문발표 건수	3건 이상		1	1	1		
		프로그램 등록건수	2건 이상			1	1		
		연구개발 홍보 건수	1건 이상			1			
	3-4 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 시스템	최적운영/유리관리 시스템 적용 건수	2건 이상			1	1		
SCI(E) 연구논문발표 건수		3건 이상		1	1	1			
운영 및 유지관리 관련 매뉴얼		2건 이상		1		1			
연구개발 홍보 건수		2건 이상			1		1		
정책 성과	0-1								
	0-1								

라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설기술 실용화

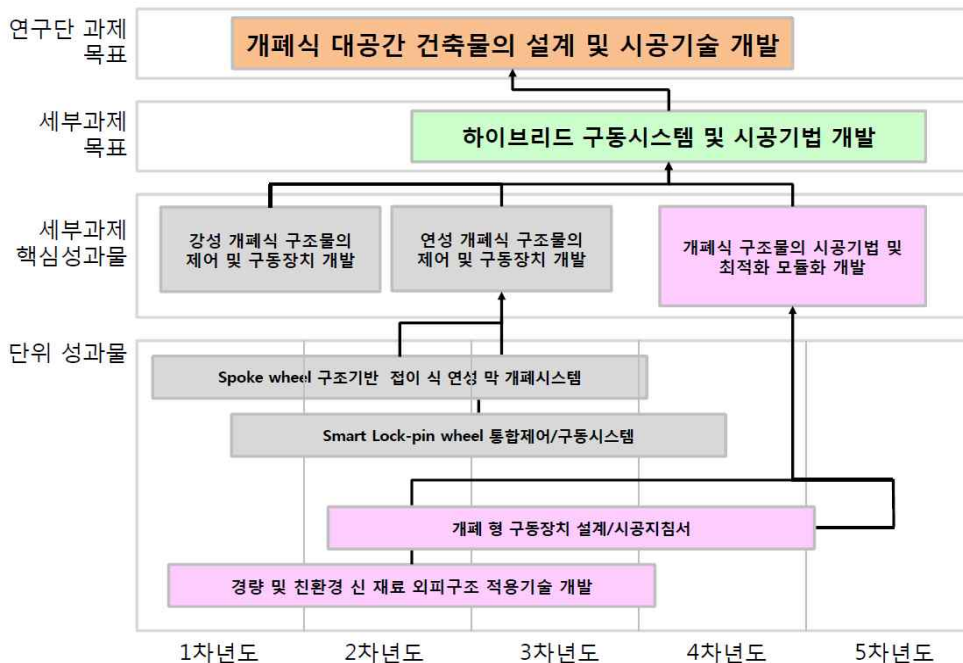
핵심성과		단위 성과물		성과지표 (KPI)	성과목표 (성능수준)	연차별 성과목표				
						1	2	3	4	5
파일럿 프로젝트	기술성과	4-1	연성 개폐식 대공간구조물 파일럿 프로젝트	파일럿 프로젝트	1건 (개폐구간 100M 이상)	대상 분석 검토	설계	시공	준공	
				수요자 만족도	2건 이상			1		1
				연구개발 홍보 건수	1건 이상					1
기술표준화	정책성과	4-2	구조설계기준(안)	기준 건수	1건			1		
				시공지침서	지침서 건수	1건				1
				유지관리지침서	지침서 건수	1건				1
				연구개발 홍보 건수	연구개발 홍보 건수	3건 이상			1	1
비즈니스 모델	정책성과	4-3	비즈니스 모델	비즈니스 모델 개발 건수	5건 이상	1	1	2	1	
				계획/설계 기법 개발 건수	2건 이상				1	1
				연구개발 홍보 건수	1건 이상					1

### 3. 성과물기반 TRM

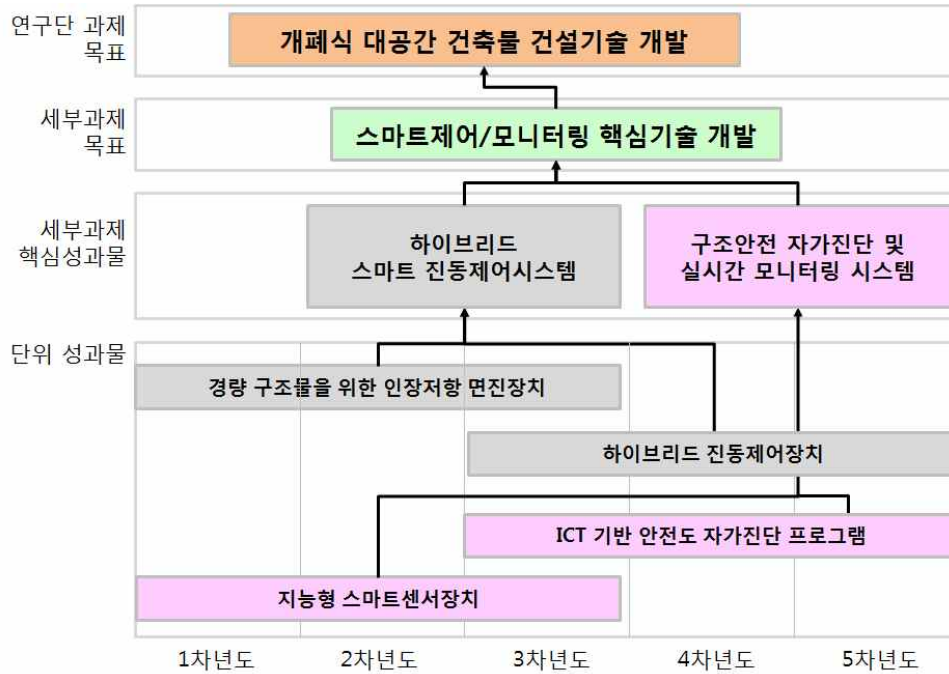
가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발



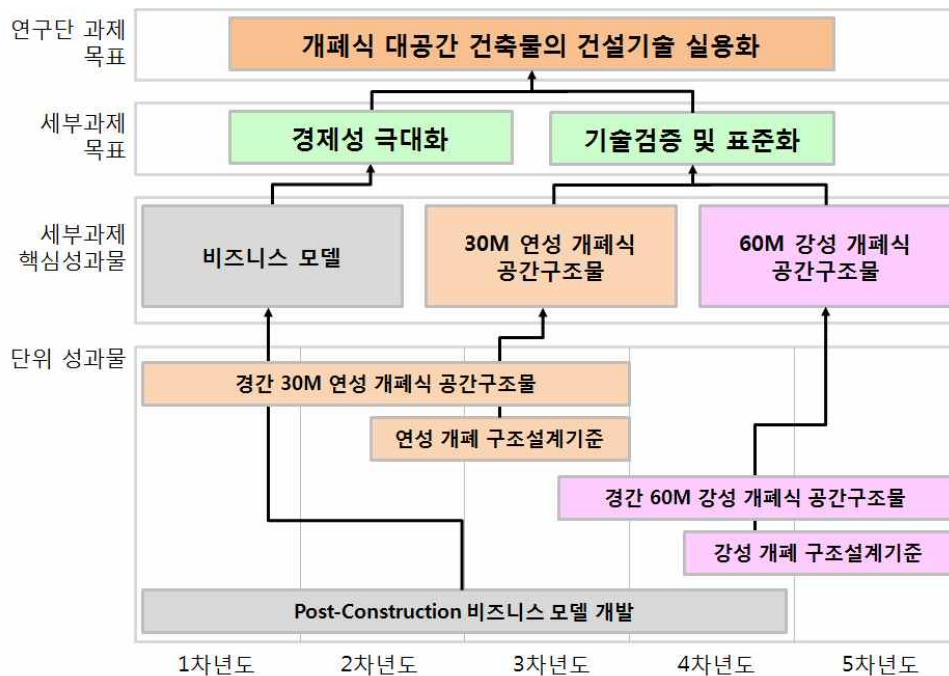
나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발



다. 제3세부과제 : 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발



라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설기술 실용화



#### 4. 연구추진체계 제안

구분	과제명	연구기관유형	필요 요건
연구단 총괄	개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발	대공간 구조물 구조해석/설계 관련연구기관 (산,학,연)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•대공간 구조물 관련 연구 수행 실적</li> <li>•연구단 규모의 연구과제 참여 및 수행 실적</li> <li>•연구단 운영을 위한 연구인프라 구축</li> </ul>
1세부과제	지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발	대공간 구조물 구조해석/설계 관련연구기관 (산,학,연)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조해석 및 설계관련 실적</li> <li>• 연성/강성 구조물 실무설계</li> <li>• 프로그램 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 환경계획 설비의 실무설계 실적</li> </ul>
1-1 (공동)	1-1 시스템: 지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발	(산,학,연) 건축구조시스템 개발관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 연성구조물 해석/설계 연구실적</li> </ul>
1-2 (공동)	1-2 해석/최적화: 가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안	(학,연) 고급구조해석/최적화 해석 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고급구조해석 연구논문실적</li> <li>• 최적화 설계기법 연구실적</li> <li>• 최적/해석 프로그램 등록실적</li> </ul>
1-3 (공동)	1-3 통합설계: 연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트웨어 개발	(산,학,연) 구조(실무)설계관련 연구소 구조엔지니어링 부설연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조해석 및 설계관련 실적</li> <li>• 연성/강성 구조물 실무설계</li> <li>• 프로그램 개발 연구실적</li> </ul>
1-4 (공동)	1-4 계획/환경: 개폐상태를 고려한 친환경설계기술 개발	(학,연) 환경설계 관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열 및 음환경 해석관련 연구실적</li> <li>• 최적환경설계 관련 연구실적</li> <li>• 환경계획 설비의 실무설계 실적</li> </ul>
2세부과제	하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	대공간 구조물 구조, 시공 및 재료 관련연구기관 (산,학,연)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조해석 및 설계관련 실적</li> <li>• 연성/강성 구조물 실무설계</li> <li>• 구동시스템 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 대공간 구조물의 시공실적</li> </ul>
2-1 (공동)	2-1 시스템: 연성 및 강성 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	(산,학,연) 건축구조시스템 개발관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 연성구조물 해석/설계 연구실적</li> </ul>
2-2 (공동)	2-2 시스템: 강성 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	(산,학,연) 건축구조시스템 개발관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 강성구조물 해석/설계 연구실적</li> </ul>
2-3 (공동)	2-3 시스템: 개폐구조시스템의 Erection 기법 개발	(산,학,연) 건축구조시스템 개발관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조시스템 개발 연구실적</li> <li>• 특수구조 기계구조관련 특허</li> <li>• 개폐구조시스템 해석/설계 연구실적</li> </ul>
2-4 (공동)	2-4 강성시공: 개폐식 구조물의 시공기법 및 최적화 모듈화 개발	(산,학,연) 고급구조해석연구소/시공회사/전문엔지니어링 회사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조해석 및 설계관련 실적</li> <li>• 연성/강성 구조물 실무설계</li> <li>• 최적화 설계기법 연구실적</li> <li>• 최적/해석 프로그램 등록실적</li> </ul>
2-5 (공동)	2-5 재료적용: 경량 및 친환경 신소재 외피 구조 적용기술 개발	(산,학,연) 환경설계 관련 연구소/전문엔지니어링 연 회사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경량의 신소재 관련 연구실적</li> <li>• 친환경 소재 외피 개발 특허 실적</li> <li>• 에너지 절감형 외피적용 실적</li> </ul>

3세부과제	스마트제어/모니터링 핵심기술 개발	대공간 구조물 구조, 설비 제어 및 유지관리 관련연구기관 (산,학,연)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조제어시스템 개발 연구실적</li> <li>• 프로그램 개발 연구실적</li> <li>• 구조제어시스템 관련 특허등록 실적</li> <li>• ICT 기반 환경설비/유지관리관련 연구실적</li> </ul>
3-1 (공동)	3-1 자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발	(산,학,연) 구조제어시스템 개발관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조제어시스템 개발 연구실적</li> <li>• 해석 및 설계 프로그램 등록실적</li> <li>• 스마트 제어시스템 해석/설계 연구실적</li> </ul>
3-2 (공동)	3-2 ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발	(산,학,연) 구조물 모니터링, 건전도평가 관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물 건전도평가관련 연구논문실적</li> <li>• 구조안전성 개선관련 특허등록 실적</li> <li>• 구조물 모니터링관련 산학연 연구실적</li> </ul>
3-3 (공동)	3-3 ICT기반의 환경 및 설비시스템 통합제어기술	(산,학,연) 환경설비관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT 기반 환경설비관련 연구실적</li> <li>• 환경설비관련 특허등록 실적</li> <li>• 프로그램 개발 연구 및 등록실적</li> </ul>
3-4 (공동)	3-4 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발	(산,학,연) 구조물 유지관리 관련 연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물 유지관리 및 점검매뉴얼 개발 실적</li> <li>• ICT기반 구조물 유지관리관련 연구실적</li> <li>• 대형구조물 운영 및 유지관리 실적</li> </ul>
4세부	개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화	(산, 학) 중소기업, 학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 구조물 및 유사 건축물의 시공실적 보유 기업</li> <li>• 대공간 구조물 관련 국가표준 및 기준 제시 경험</li> </ul>
4-1 (공동)	4-1 파일럿 프로젝트	중소기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 구조물 및 유사 건축물의 시공실적 보유 기업</li> </ul>
4-2 (공동)	4-2 기술표준화	학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대공간 구조물 관련 국가표준 및 기준 제시 경험</li> </ul>

### 3절 성과물 활용방안 및 추진방안

#### 1. 성과물 검증 방안

가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

핵심 성과	단위 성과물	성과검증 기준			
		성과목표 (성능수준)	성과목표 측정방법	검증방법	
지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계 시스템	기술 성과	1-1 중소규모 연성 막 개폐 구조시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			테스베드 실험	테스트베드 실험결과 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		1-1 지능형 강성 개폐 구조시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			테스베드 실험	테스트베드 실험결과 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		1-2 전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	최적화 설계기술 적용	기술개발 성과물의 적용 프로젝트 건수	프로젝트 적용 확인서
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			프로그램 등록	소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록증
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
	1-3 개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼	환경구조 설계 플랫폼 적용	기술개발 성과물의 적용 프로젝트 건수	프로젝트 적용 확인서	
		SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
		운영/유지관리 매뉴얼	운영/유지관리 매뉴얼 개발 건수	매뉴얼 보고서	
		연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사	
	1-4 개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	최적화 설계기술 적용	기술개발 성과물의 적용 프로젝트 건수	프로젝트 적용 확인서	
		SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
		프로그램 등록	소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록증	
		연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사	
정책 성과	1-1				
	1-N				

나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

핵심 성과	단위 성과물	성과검증 기준			
		성과목표 (성능수준)	성과목표 측정방법	검증방법	
하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	기술 성과	2-1 스포크 휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			테스베드 실험	테스트베드 실험결과의 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		2-2 Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			테스베드 실험	테스트베드 실험결과의 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		2-3 개폐형 구동장치 설계/시공지침서	구조설계기준(안)	기준(안) 개발 건수	기준(안) 보고서
			시공지침서	지침서 개발 건수	지침서 보고서
		2-4 개폐시스템 시공해석 프로세서	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			시공해석 지침서	지침서 개발 건수	지침서 메뉴얼
	2-5 초경량 이중 막 외피구조 시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증	
		SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
		테스베드 실험	테스트베드 실험결과의 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서	
		연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사	
	정책 성과	1-1			
		1-N			

다. 제3세부과제 : 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발

핵심 성과	단위 성과물	성과검증 기준			
		성과목표 (성능수준)	성과목표 측정방법	검증방법	
스마트제어/모니터링 핵심기술 개발	기술 성과	3-1 대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램	최적화 설계기술 적용	기술개발 성과물의 적용 프로젝트 건수	프로젝트 적용 확인서
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			프로그램 등록	소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록증
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		3-1 경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			테스베드 실험	테스트베드 실험결과의 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서
			연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사
		3-2 개폐식 지붕구조물의 건전도 평가시스템	구조물 건전도 분석	건전도 분석 적용 프로젝트 건수	건전도 분석서
			SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증
			프로그램 등록	소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록증
		3-2 경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증
	SCI(E) 논문 발표		총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
	스마트 센서 테스베드 실험		테스트베드 실험결과의 반영건수	테스트베드 실험결과 분석서	
	연구개발 홍보		학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사	
	3-3 적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템	특허 건수	특허 출원/등록 건수	특허출원/등록증	
		SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
		프로그램 등록	소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록증	
	3-4 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 시스템	최적 운영/유지관리 적용 건수	기술개발 성과물의 적용 프로젝트 건수	프로젝트 적용 확인서	
		SCI(E) 논문 발표	총 SCI(E) 게재 논문 건수	게재 확인증	
		운영/유지관리 매뉴얼	운영/유지관리 매뉴얼 개발 건수	매뉴얼 보고서	
		연구개발 홍보	학술대회논문발표 홍보관련 기술기사 등	학술대회발표논문 게재 기술기사	
	정책 성과	1-1			
		1-N			

라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설기술 실용화

핵심 성과		단위 성과물		성과검증 기준		
				성과목표 (성능수준)	성과목표 측정방법	검증방법
개폐식 대공간 건축물 건설 기술 실용화	기술 성과	4-1	연성 개폐식 공간구조물 파일럿 프로젝트	파일럿 프로젝트 (개폐구간 100M 이상)	시공 건수	착공 및 준공 확인서
				수요자 만족도	설문지에 의한 수요자 만족도 조사 건수	만족도 조사 분석서
				연구개발 홍보	간담회 홍보관련 기술기사 등	간담회 프로그램 기술기사
	정책 성과	4-2	구조설계기준(안)	구조설계기준(안)	기준(안) 개발 건수	기준(안) 보고서
				시공지침서	지침서 개발 건수	지침서 보고서
				유지관리지침서	지침서 개발 건수	지침서 보고서
				연구개발 관련 홍보	공청회 개최 건수	공청회 프로그램
		4-3	비즈니스 모델	비즈니스 모델	비즈니스 모델 개발 건수	경제성 평가 보고서
				계획/설계 기법	대공간 건축물 기본설계 건수	기본설계 보고서
				연구개발 홍보	공청회 개최 건수	공청회 프로그램

## 2. 실용화 및 사업화 방안

### 가. 제1세부과제 : 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

구분			실용화 또는 사업화 방안	최종수요처	
지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시 스템	1-1 (공동)	시스템: 지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발	중소규모 연성 막 개폐 구조시스템	스포크-휠 기반 운동장 개폐 시스템 적용 / 중소규모 중정의 개폐시스템 적용 / 옥외시설의 가변개폐시스템 적용	건축사사무소 건설회사
			지능형 강성 개폐 구조시스템	대공간 구조물의 구조시스템으로 적용 / 형상가변형 지붕구조시스템에 활용 / 형상제어형 시스템의 응용	건축사사무소 건설회사
	1-2 (공동)	해석/최적화: 가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안	전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램	개폐구조시스템의 개폐단계를 고려한 시뮬레이션과 설계적용 / 가변형 구조물의 해석과 연구	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사
	1-3 (공동)	통합설계: 연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트 웨어 개발	개폐식 대공간 건축물 환경구조설계 통합 플랫폼	개폐상태의 설계단계의 환경평가 및 환경설비의 설계에 적용 및 사용성 개선	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사
1-4 (공동)	계획/환경: 개폐상태를 고려한 친환경설계 기술 개발	개폐공간을 고려한 최적 열/음 환경설계 프로그램	개폐구조물의 설계단계에서의 사용성 개선 및 개폐기구의 통합설계 시뮬레이션 활용가능	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사	

나. 제2세부과제 : 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

구분			실용화 또는 사업화 방안	최종수요처	
하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발	2-1 (공동)	시스템: 연성 개폐구동기 구 및 제어시스템 개발	중소규모 연성 막 개폐 구조시스템	스포크-휠 기반 운동장 개폐 시스템 적용 / 중소규모 중정의 개폐시스템 적용 / 옥외시설의 가변개폐시스템 적용	건축사사무소 건설회사
	2-2 (공동)	시스템: 강성 개폐구동기 구 및 제어시스템 개발	지능형 강성 개폐 구조시스템	대공간 구조물의 구조시스템으로 적용 / 형상가변형 지붕구조시스템에 활용 / 형상제어형 시스템의 응용	건축사사무소 건설회사
	2-3 (공동)	Erection: 강성 및 연성 개폐구조 시스템의 erection 기법 개발	전개/개폐식 구조시스템	개폐구조시스템의 개폐단계를 고려한 시공 시뮬레이션과 설계적용	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사
	2-4 (공동)	강성시공: 개폐식 구조물의 시공기법 및 최적화 모듈화 개발	개폐식 대공간 건축물 시공기법 및 VE	개폐 방식에 따른 경제성 향상을 위한 시공기법 적용	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사 건설회사
	2-5 (공동)	재료적용: 경량 및 친환경 신소재 외피 구조 적용기술 개발	초경량 연성 막재료 및 친환경 신재료를 이용한 적용기술	실시설계에서 외피재료로 적용가능 건설회사 해외입찰시 Value Engineering을 통해 수주확보 지원	구조설계사무 소 전문엔지니어 링회사 건설회사

다. 제3세부과제 : 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발

구분			실용화 또는 사업화 방안	최종수요처	
스마트제어/모니터링 핵심기술 개발	3-1	자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램	마이더스와 같은 상용 구조해석 및 설계 프로그램에 특화된 최적설계 모듈로 탑재가능	구조설계사무소 건설회사
			경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진시스템	경량 지붕구조시스템의 내진 및 내풍 성능 개선장치로 활용, 스카이브릿지 등의 낙교방지 시스템으로 활용	구조설계사무소 전문엔지니어링회사
	3-2	ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발	개폐식 지붕구조물의 가속도 응답기반 건전도 평가시스템	인터넷 기반의 실시간 건전도 모니터링 시스템으로 대공간 구조물의 상시 안전도 평가시스템의 활용 또한 초고층 고급 주택시장에 적용 가능	구조설계사무소 전문엔지니어링회사
			경제적 지능형 스마트 센서 장치 개발	기존의 제품대비 경제성 및 효율성이 높은 임베디드 마이크로 프로세서와 무선통신 기능을 포함한 지능형 스마트 센서 장치 개발로 모니터링 시장의 확대 가능	구조설계사무소 전문엔지니어링회사
	3-3	ICT기반의 환경 및 설비 시스템 통합제어기술	적응형 스마트 환경설비 장치 통합제어 시스템	널리 연구되고 있는 BEMS 및 적응형 스마트 환경설비 시스템의 통합제어기술로 다수의 인원이 사용하는 대형구조물 환경/설비 제어에 활용	구조설계사무소 전문엔지니어링회사
	3-4	개폐시스템 최적 운영 및 유지관리 기술 개발	개폐시스템 최적운영 및 유지관리 시스템	개폐시스템 및 대형 구조물의 운영 및 유지관리 비용절감기술로 해당 시장 공략 가능	구조설계사무소 전문엔지니어링회사

라. 제4세부과제 : 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화

구분				실용화 또는 사업화 방안	최종수요처
개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화	4-1	파일럿 프로젝트	연성 개폐식 대공간구조물 파일럿 프로젝트	개발된 기술의 실무 프로젝트 적용	설계사 시공사
	4-2	기술표준화	구조설계기준(안)	공청회를 통한 설계기준(안) 공시	구조엔지니어링 업체 설계사
			시공지침서	공청회를 통한 지침서 공시	설계사 시공사
			유지관리지침서	공청회를 통한 지침서 공시	설계사 건축주
4-3	비즈니스모 델 개발	비즈니스 모델	공청회를 통한 비즈니스 모델 홍보	설계사 건축주	

## 5장 사전타당성 검토

### 1절 정부지원의 필요성

- 국제건설시장 패러다임 변화와 창조산업

세계건설시장의 빠른 성장과 확대에 더불어 시장의 급격한 변화는 고부가가치분야의 투자 개발형 사업분야에 관심을 기울이고 있으며, 세계시장의 이러한 패러다임의 변화는 국내건설 시장에 영향을 미치고 있다. 현 시점에서 국가의 기술경쟁력 확보에 대한 새로운 R&D사업의 방향은 각 분야에서 경쟁력을 얻을 수 있는 최첨단 과학, 공학, 항공, 우주, 전자전기 등의 기술과 더불어 융합의 장을 새롭게 창조해 나가는 것이며, 미래 국가발전에 원동력이 될 고급기술의 경쟁력을 확보할 수 있는 분야를 점검하고 개발하여 창의적 원천기술을 확보할 수 있는 창조산업을 육성하는 것이 필요하다.

- 국가경제발전에 따른 고급기술의 필요성

첨단산업들 중에서 초대형 구조물 분야, 특히 대공간 건축물분야의 기술개발 방향은 국가 경제의 발전과 더불어 새로운 국면을 맞고 있으며, ICT분야나 기계, 항공 더 나아가 우주산업분야와의 기술융합은 경쟁력있는 새로운 분야를 개척할 수 있는 기회가 된다. 과거 노동력 중심의 해외수출로 국가 경제성장의 많은 부분을 차지한 시기에서 현재 많은 건설기술 수출 결과들을 얻기까지 다양한 분야의 기술이 접목되어 왔으며, 앞으로도 고급기술력과 인프라를 바탕으로한 기술발전은 침체된 국가경제발전에 원동력이 될 것이다.

- 창의적 자산과 새 시장 창출을 위한 필요성

대공간 구조물의 건설기술에 대한 미래상은 극한환경을 극복하고 나아가 우주산업에서의 건축공간을 형성하는 기술로 발전해 나아가는 것이고, 대부분의 선진국에서는 이와같은 다양한 프로젝트들이 진행중이다. 3D 프린트 산업의 발전으로 건축공간에 적용될 새로운 생산시스템은 이미 달과 화성기지에 대한 건축적인 요소에 대한 비전을 제시하고 있으며, 기계, 항공, 우주산업에 새로운 분야를 개척하고 있는 실정이다. 이와 같은 맥락에서 대공간 건축분야의 창의적 기술의 자산과 미래지향적인 초대공간 및 기계적 요소를 포함하는 융합 연구개발 방향은 새로운 시장 창출에 매우 큰 영향을 미칠 것이다.

- 선진국의 차별화된 대공간기술과 개폐시스템

유럽, 미국이나 일본에서의 대공간 건설기술에서 초대공간 프로젝트들은 많은 분야에서 시도되었으며, 극한환경을 극복하기위한 시도들과 더불어 우주산업의 기술들은 일본의 경우 이미 30-40년 전부터 시도되었다. 막대한 잉여가치 창출이 가능한 다양한 기계적 요소의 핵심 기술들은 현재 선진국들의 개폐식 건축물로 표현되고 있다. 대부분의 기술선진국에서 건설된 개폐형 경기장들은 개발도상국의 국가위상을 높이기 위한 프로젝트를 통해서 막대한 경제적 이익을 얻고 있다. 국내의 대공간기술에서 개폐식 구조물 건설기술의 필요성은 국민생활공간 향상 이상의 의미를 지니고 있다.

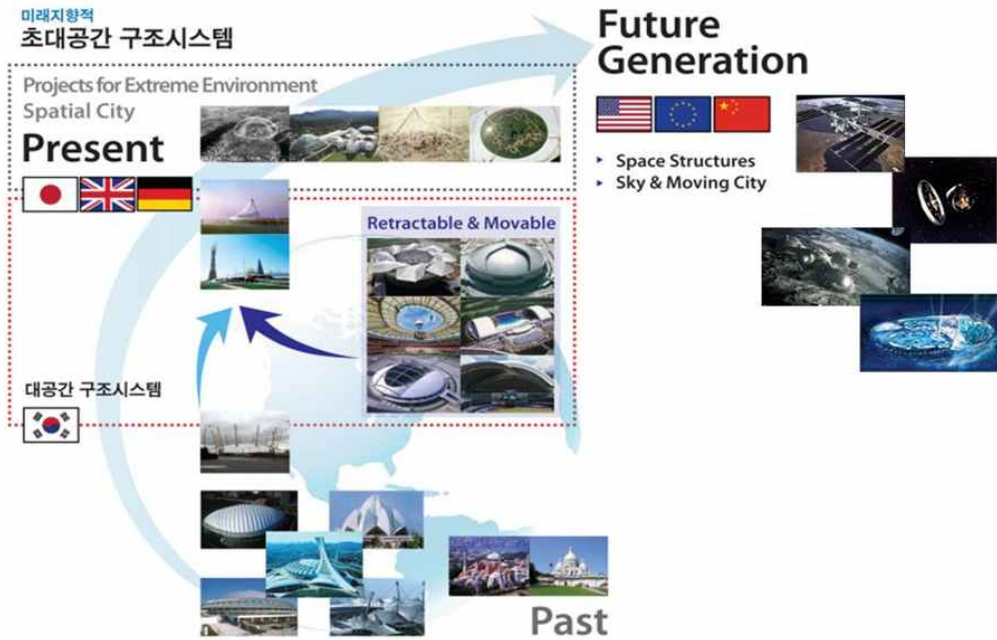


그림 5.1 개폐식 구조의 중장기 R&D로드맵의 기술적 위치

- 기계공학적 핵심요소를 포함하는 첨단기술의 개발

개폐식 대공간 건축물 건설기술에 관한 핵심기술의 확보는 개폐장치의 기계공학적 핵심요소의 기술과 정보통신분야의 기술의 접목을 통한 원천기술을 확보할 수 있는 기회가 되며, 개발되어진 요소기술들의 활용과 시장성을 확보하는 것은 앞으로 있을 건설기술의 새로운 시장의 개척과 기존의 경쟁력을 필요로하는 고부가가치 건설부문에서 새로운 아이디어 상품을 제시할 기회를 갖게되는 것이다. 가변형 다목적 공간을 형성하기 위한 건축공학적 시도는 개폐식 대공간 시스템 개발기술의 핵심기술을 확보함으로써 달성할 수 있으며, 중장기 건설기술개발에서 중요한 역할과 다양한 시장을 확보할 것이다.

- 고질적인 국내건설기술분야의 문제점과 신기술 개발

그러나 국내 건설산업 핵심기술의 대기업 중심 수직적 구조는 오랜기간 중소기업 개발육성정책에 매우 큰 영향을 미치고 있다. 또한 선진국형 핵심고급기술의 폐쇄성과 국내건설업의 고질적인 기술 보수성의 문제는 여전히 국제 경쟁력을 약화시키는 요인으로 드러나고 있다. 특히 고급기술에 대한 국내 중소기업 기술의 불신은 외국기술의 무분별한 수입을 유도하였으며, 대공간 기술의 많은 부분을 자립화하기 위해서 막대한 연구개발비가 소요되었다. 개폐시스템에 대한 국내핵심기술의 보유를 위해서는 대공간 구조 핵심기술을 바탕으로 새로운 개폐기술을 확립하여 수출형 핵심기술을 개발하는 것이 매우 중요하다.

- 국가경쟁력에 필요한 개폐시스템의 연구개발 핵심분야

개폐식 구조시스템의 기술개발을 위해서는 기존의 대공간 구조물의 핵심기술과 더불어 기계, 철도, 항공 등의 분야에서 많이 연구되어 특화된 통합설계기술을 바탕으로 건축구조물에 적용하기 위한 고급핵심시뮬레이션기술을 필요하다. 또한 대공간 구조물의 제어와 모니터링

을 통한 시스템화된 핵심기술의 확보와 개폐시스템 개발과 시공을 위한 구동체의 제작과 같은 기계시스템의 통합화된 기술들은 많은 연구진과 프로토타입의 제작에 따른 많은 연구개발비를 필요로 한다. 이와같은 맥락에서 미래지향적 건설기술의 토대를 마련하는 개폐식 대공간 건축물의 건설기술은 정부지원을 통한 연구개발사업을 수행하여 국내 중소기업을 핵심 기술수출형 기업으로 육성하고 고급기술인력을 확보하는 것이 바람직하다.

- 블루오션시장공략 - 새로운 기술의 창의적 개발

침체된 내수건설시장의 활성화를 위한 고급기술의 확보와 새로운 아이디어를 창출하여 창조형 건설산업을 육성하기 위해서는 중소기업형 핵심기술의 개발이 필요하며, 국가지원사업을 통한 개폐형 대공간 구조물의 기술의 특화된 모델을 제시하는 것이 중요하다. 이를 통한 블루오션시장의 개척과 해외기술수출을 위한 기틀을 마련함으로써 중소기업형 고부가가치 창조건설을 지향할 수 있을 것이다. 정부지원을 통한 국내 소규모 기술의 특화된 기술향상은 매우 가치있는 일이 될 것이며, 창의적 개발을 더욱 더 높일 수 있는 계기가 된다.

- 레드오션시장공략 - 고부가가치의 원천 기술개발

초대공간 구조물의 기술개발과 환경극복형 대공간 및 인공위성 대체용 부유구조체 등의 고부가가치 원천기술의 개발을 위한 대공간 개폐시스템의 개발과 ICT 및 기계기술의 특화된 고급기술의 개발로 국제적 기술경쟁력을 확보함으로써 국제적 이슈를 지닌 구조물을 설계하고 건설하는 것은 국가의 위상뿐만 아니라 타산업에 미치는 영향이 클 것이다. 고부가가치 원천기술의 정부의 지속적인 지원과 연구개발은 국제적 건설산업의 경쟁력을 얻게 될 것이다.

- 외국핵심기술의 새로운 창조와 국제적 기술인력양성

특화된 건설핵심기술들의 자립과 대공간 건축물의 개폐시스템에 대한 새로운 원천기술개발은 보다 더 고차원의 외국기술에 대한 방어능력이 향상할 것이며, 양성된 고급기술인력은 새로운 신기술을 창출하기에 매우 적합한 역할을 할 것이다. 또한 우수한 기술인프라를 바탕으로 한 창조산업분야의 개척은 현 정부의 진행되고 있는 연구개발방향과 같은 맥락을 유지하고 있으며, 국가기술의 축적을 위한 이상적인 형태의 지원이 될 것이다. 정부정책의 무게중심이 '창조'와 '과학'으로 옮겨가고 있는 현 시점에서 정부지원을 통한 국내 초대형 구조물분야의 첨단기술과 개폐구조시스템의 원형 개발, 국제적 기술인력양성을 가속화는 국가기술 개발정책의 측면에서 발전적인 결과를 얻게 될 것이다.

## 2절 정책적 타당성

### 1. 국가 전략적 중요성

세계경제포럼(WEF)의 세계경쟁력보고서에 따르면 2013년 평가대상국별 발전단계에서 한국은 2007년 이후 선진국형 모델인 3단계로 평가되고 있으며, 혁신주도단계로 평가되고 있다. 각 단계별 과도기 상태를 벗어나 1인당 GDP가 17,000\$이상의 부류에 속하며, 요소주도 경제, 효율성주도경제에서 혁신주도경제로의 발전단계에 해당한다. 혁신주도경제단계로 평가된 한국은 기업들이 새롭고 독창적인 제품들과 경쟁할 수 있어야만 고임금과 생활의 수준을 유지할 수 있는 단계로 평가되고 있다. 선진국형 모델에 대한 기술기업들의 생산은 정교한 과정을 활용할 뿐만 아니라 새롭고 색다른 제품들을 생산하고 혁신하여야만 경쟁가능한 단계로 판단하고 있다.

혁신주도단계 국가별 순위에서 한국은 2012년 19위에서 2013년에는 6단계 하락된 25위로 나타났다. 주변국들의 경쟁력을 살펴보면 2013년 일본은 9위, 홍콩 7위, 대만 12위이며, 유럽의 경우 영국 10위, 독일 4위, 미국의 경우 5위로 나타났다. 세계경제포럼의 경쟁력순위에 따르면 혁신주도단계에 있는 아시아국들에서 우리나라를 제외한 모든국가의 순위가 상승한 것으로 보고되고 있다. 혁신주도단계의 상태에서 국민들의 고임금과 생활문화수준의 유지를 위해서는 각 기술 및 기업생산부분에서 경쟁주도적역할이 가능할 선도유망한 고급기술과 인프라를 개척해야만 한다.

표 5.1 세계경제포럼의 혁신주도단계 경쟁력 순위

국가	2012년 순위	2013년 순위	국가	2012년 순위	2013년 순위
스위스	1	1	호주	20	21
싱가포르	2	2	룩셈부르크	22	22
핀란드	3	3	프랑스	21	23
독일	6	4	말레이시아	25	24
미국	7	5	<b>한국</b>	<b>19</b>	<b>25</b>
스웨덴	4	6	브루나이	28	26
홍콩	9	7	이스라엘	26	27
네덜란드	5	8	아일랜드	27	28
일본	10	9	중국	29	29
영국	8	10	푸에르토리코	31	30
노르웨이	15	11	아이슬란드	30	31
대만	13	12	에스토니아	34	32
카타르	11	13	오만	32	33
캐나다	14	14	칠레	33	34
덴마크	12	15	스페인	36	35
오스트리아	16	16	쿠웨이트	37	36
벨기에	17	17	태국	38	37
뉴질랜드	23	18	인도네시아	50	38
아랍에미리트	24	19	아제르바이잔	46	39
사우디아라비아	18	20	파나마	40	40

높은 수준의 인프라 구축은 SOC자원과 함께 서비스의 효율적인 수용을 통한 기술 및 상품공급이 원활하게 되므로 물류비용의 절감을 기대할 수 있으며, 기술의 차원을 높이며 독자적기술의 확보를 위한 정부 투자의 전략적 중요성은 선진국형 단계에 속하는 우리나라에 매우 큰 영향을 미친다. 고급기술의 사전분석과 핵심기술보유를 위한 중장기 전략적 연구개발 로드맵의 준비와 이들의 전략적 개발은 정부의 투자가치를 매우 높일 수 있는 방안이다.

국가경쟁력을 높이기 위한 기업의 성숙도를 높이고 R&D의 혁신을 가져오기 위한 대공간 구조물의 기술 로드맵의 분석에서 중장기 R&D를 위한 연구주체에 대한 필수 핵심요소기술에 대해서 개폐식 구조시스템의 전략적 개발은 기계 및 항공우주 등의 주제와 부합하여 새로운 시작품을 개발하기에 적절하다. 이것은 주변국들의 초대공간 관련 기술의 미래상에 대한 도전과 부합하여 우리나라가 미리 준비해 두어야 하는 R&D 주제중 하나이며, 앞으로 고급기술의 개발을 통한 중소기업형 경제성장의 기회를 위한 기초적인 작업으로 국가 전략적 특수성을 지닌다.

기술의 질과 양 및 생산과정에 의해 차별화되는 고급기술의 확보를 위한 정부와 민간의 노력에서 현 정부의 창조적 경제혁신에 대한 창조기술의 전략적 필요성은 기술의 질적, 양적 성장을 골고루 필요로 한다. 현재의 상황에 대한 분석에서 기업 정부 고등교육부문의 연구개발 투자비의 지속적인 증가와 함께 전략적 접근은 수출 맞춤형 대공간 구조물의 개폐시스템에 대한 니즈의 증가를 예상할 수 있으며, 중소기업 규모 개폐식 시스템의 개발가능성을 제시하고 있다. 이런 과정에서 민간투자의 유치를 유도할 수 있으며, 정부의 주도하에 개폐식 대공간 건축물의 랜드마크적 기술을 확보하고 세계시장에서 경쟁할 수 있을 것이다.

현재 국가 경쟁력을 평가하는 지표에서 기술수용성 부문에 대한 강점과 약점은 개폐식 대공간 구조물의 기술개발 전략과제를 통해 환경변화를 시도할 수 있을 것이다. 기업의 신기술 흡수적극성에 대해서 2012년도대비 10단계나 하락된 지표에서 알 수 있듯이 새로운 기술에 대한 도전의 성향이 다른 주변국들의 시도에 비해 낮아지고 있는 실정이며, 최신기술의 활용도와 기술이전등에서 매우 낮은 경쟁지표를 보이고 있다. 이를 극복하기 위한 지원은 국가 전략적 중요성을 말해주고 있다.

표 5.2 기술 수용성 부문 강, 약점 지표

	항 목	순위	
		'12	'13
강점 지표	기업의 신기술 흡수 적극성(Firm-level technology absorption)	11	21
	인터넷 사용자 비중(Internet users, %)	11	15
	인구 백명당 유선 브로드밴드 가입자수(Fixed broadband Internet subscriptions/100 pop)	5	5
	인구 백명당 모바일 브로드밴드 가입자 수(Mobile broadband subscription/100 pop)	2	4
약점 지표	최신기술 활용정도(Availability of latest technologies)	26	27
	FDI와 기술이전(FDI and technology transfer)	83	84
	인터넷 사용자 1인당 (국제) 인터넷 대역폭(Internet bandwidth, kb/s per user)	67	60

대공간 구조물의 기술연계를 통한 개폐식 구조물의 전략적인 방안으로 단기성과형 중소기업 규모 개폐시스템 기술력 개발과 인프라 구축, 중대규모형 공간구조의 핵심요소기술의 자립화와

연구인력 확보, 선진국형 기술의 도입/개발과 내구성 향상을 위한 기술력 구축, 고부가가치형 개폐구조 원천기술과 환경친화적 설계기술력 확보 등을 제안할 수 있으며, 국가 전략적 중요성에 우위를 차지할 수 있을 것이다. 황사로 인한 환경문제의 지속적인 해결방안의 제시에 대해서 큰 영향을 미칠 수 있으며, 개폐공간의 확산과 중소규모형 개발모델의 실용화는 온실가스의 환경문제에도 능동적으로 영향을 미칠 수 있는 요인이 되므로 국가환경정책에 대해서도 매우 중요한 기술개발부문이 될 것이다.

국가 SOC의 확충을 위한 개폐형 건축/토목 구조물들과 중소규모형 통합설계 및 시공개발로 인한 다양한 부산물, 개폐형 운동장의 비상시 대피시설 활용 및 재래시장의 개폐구조도입을 통한 환경문제 해소와 농축산물 저장시설 축사 등의 공간에 대한 농어촌 시설의 고급화를 통해 문화생활의 단계를 높일 수 있다. 이같은 결과물들을 통해서 국민문화생활뿐만 아니라 인구밀집도가 비교적 낮은 지방의 여러 곳에서도 양질의 건축/토목기술 적용 및 환경을 구축할 수 있다.



그림 5.2 창조경제 비타민 프로젝트(출처 : 과학기술기본계획)

개폐식 대공간의 기초연구와 핵심기술기반 특화된 기술경쟁력 확보를 위한 R&D사업은 과학기술기본계획의 창조경제 비타민 프로젝트와 부합되는 특성을 지니고 있으며, 정책적 중요성을 가지고 있다. 이것은 ICT기반의 다양한 융복합 기술상품 개발에 대한 건축분야의 결과를 예상할 수 있다. 국민생활의 질을 높이기 위한 다양한 비전과 개폐식 구조물의 제어/모니터링 기술의 ICT 융복합 연구, 기존의 건설분야의 새로운 시장창출과 창의성 바탕의 사업유도 및 인적 인프라 및 SOC의 구축등은 정부의 전략적 R&D사업의 방향과 부합되어 시너지 효과를 얻을 수 있다. 비타민 프로젝트에 대한 기본 개념과 같이 개폐식 구조시스템의 핵심 기술의 확보는 새로운 신기술의 창출로 인한 초대공간 환경극복형 과제로의 연계 및 미래지향적 대공간 사업의 초석을 다지는 결과를 얻을 수 있다.

연성 막 개폐시스템과 같은 유럽형 기술을 보급하여 국내 연성구조물의 건축기술을 확보

하는 것은 단기성과형 전략적 특수성을 만족할 수 있으며, 내수시장의 새로운 상품을 기대할 수 있고, 이를 토대로 한 대형 스타디움의 강성 개폐형 구조물의 핵심전략기술을 확보함으로써 국가 경쟁력을 함께 높일 수 있는 기획과 전략은 국가 전략적 기술개발구조에 부합한다. 단기혁신형 연구계획과 동시에 장기적 보안을 위한 핵심기술의 확보와 개발은 새로운 원천 기술을 보유할 수 있는 절호의 기회인 동시에 현재 국가 기술력의 약점을 보완할 수 있는 방법이라 사료된다.

정부지원 R&D사업의 우선순위에서 보더라도 현재 시장성을 공략할 수 있는 기획아이디어와 더불어 이들이 고급기술에서 파생될 수 있는 전략적 가치의 핵심기술의 확보는 세계시장에서의 경쟁력을 확보하기 위한 시기적절한 전략과 지적재산을 보유할 수 있다. 국내 내수시장의 소규모 아이템들의 개발 실적은 이어서 대규모 스타디움의 새로운 기술상품을 개발할 수 있는 원천을 제공하며, 개발된 상품들은 모두 기술의 실용화를 위한 문제점과 해결점의 기초를 제공해 줄 것이다. 단기경제혁신과제 내에서 장기보완에 대한 전략적 기술아이디어의 복합을 유도하는 기술개발 로드맵과 현재 보유하고 있는 기술의 연계는 정부의 정책적 전략적 지원과 더불어 국가경제를 활성화 하는 계기가 될 것이다.

## 2. 국가 상위계획과의 부합성

- 국가재정운용계획에 부합된 연계성

국가재정운용계획의 R&D부분 투자계획의 경우 창조화 혁신을 바탕으로 ICT-SW 접목을 통한 산업 소프트파워 강화에 집중하고 있다. 창업초기와 핵심기술개발, 사업화 등의 성장단계별 지원을 계획하고 있는 부분과 연계하여 개폐식 시스템의 시뮬레이션 기술의 개발은 타 산업에 많은 영향을 미칠 것이다. 또한 국민 체감형 R&D 투자는 안전확보, 선제적, 맞춤형 대응기술개발의 투자방안으로 제시하고 있다. 이것은 개폐식 대공간 건축기술 기획에서 기본 연구 및 지원연구 아이템에서 가장 기본적인 핵심연구로 제시하고 있다. 신개발 개폐 통합시스템과 같은 ICT와 첨단기계공학과 건축기술과의 융합은 해외건설프로젝트의 수주를 기대할 수 있는 분야로서 개발도상국과 국가경쟁력이 2단계 과도기에 속한 나라를 대상으로 랜드마크적 요소가 풍부한 스타디움의 설계 및 건설 기술을 수출하기에 적합하다. 정부재정의 SOC확충을 위한 투자방향에서 효율성을 높이기 위한 방안으로 해외 건설, 플랜트 시장 진출지원을 확대하고 있다. 이 같은 정책과의 부합성은 본 연구기획의 타당성을 입증하고 있다.

- 과학기술기본계획에 부합된 연계성

전략적 기술분야의 개발을 위해서 정부의 역할의 유형별 정리에서 민간연구개발역량과 초기시장창출가능성을 대상으로 본 개폐식 대공간 건설기술의 기획은 민간연구개발 역량의 부분에서 매우 폭넓은 영역으로 나타난다. 이것은 건설/토목 기술의 많은 부분이 현재와 미래뿐만 아니라 과거에서부터 필연적인 타 산업의 기술을 융화시켜야만 하였기 때문이다. 특히 모니터링 재난과 같은 부분에서의 접목은 민간연구개발을 통한 기술의 축적이 어렵지만 IT 융합관련 신산업의 창출은 민간과 정부의 자본을 협력하여 수용할 수 있는 부분이다. 정부의

과학기술기본계획의 개발방향에서 볼 때, 정부의 지원을 통한 R&D 사업이 핵심기술을 축척하기에 적합하다.

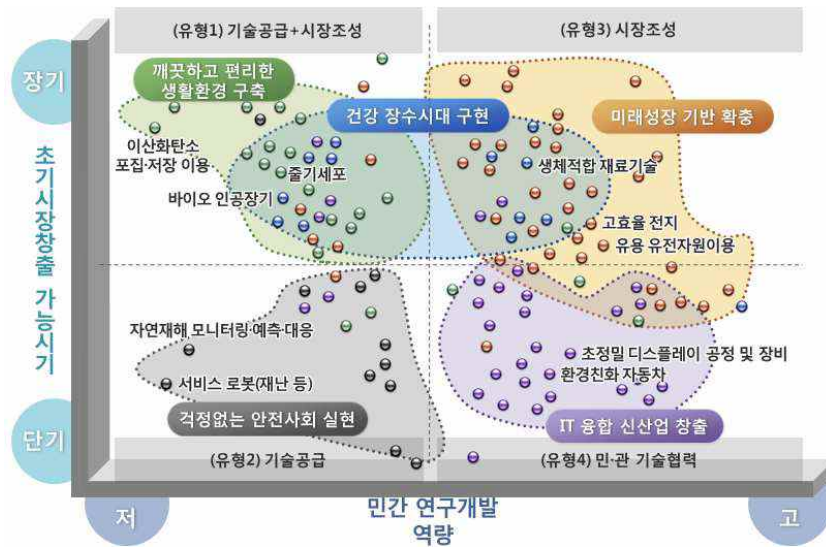


그림 5.3 과학기술기본계획의 전략기술 분야

창의, 융합형 인재활용의 현재와 미래는 인력양성중심에서 인력양성활용중심으로 변화하고 있고, 단일 분야의 전문가에서 융합형 전문가의 확대를 요구하고 있다. 사회적 수요대응이 미흡한 각 학제간의 전문가보다 사회적 수요의 부합성이 재고되기 때문이다. 건축기술의 경우 융합형 인재양성이 가능하며, 개폐식 시스템의 개발과 실용화는 전기전자, 기계, 항공, 우주, 해양 등의 기술인력의 융합된 인재를 양성할 수 있는 계기를 마련하게 될 것이다.



그림 5.4 창의, 융합형 인력 인프라 양성체계  
(출처: 과학기술기본계획)

선진과학기술의 습득과 글로벌 기술경쟁력을 높이기 위해서 기술자립화를 선언하고 핵심 기술을 보유하던 기술력의 방향이 과학기술외교정책으로 이어져야하며, 글로벌 기술경쟁력에서 기술선도형으로 탈바꿈할 시기에 도달하였다. 국내의 R&D투자방향도 이와 같은 맥락에서 과제의 기획이 이루어져야하며, 개폐식 시스템과 같은 기계적 요소를 포함하는 과제를 더 발전시켜 선도적 기술을 확보할 수 있는 아이디어가 지속적으로 발생하여야 한다. 과제의 기획에서 기계적요소와 더불어 첨단과학기술을 포함한 고급형 랜드마크 건설기술을 제안하는 것은 국가과학기술기본계획에 역할을 충실히 할 것이다.

- 국가 R&D사업 Total Roadmap에 부합된 연계성

국가 R&D사업 전체로드맵에 부합하여 ICT 융합 신산업 창출의 일환으로 개폐형 대공간 시스템의 제어 및 모니터링의 핵심기술개발 및 기술경쟁력확보는 연구진행을 통하여 전체로드맵의 결과를 활용할 수 있게 될 것이다. ICT융합의 촉매제로의 활용은 새로운 제품과 서비스 시장을 창출하면서 산업의 패러다임 변화를 주도할 수 있다. 제조업, 플랜트 분야의 강점을 바탕으로 국가 R&D사업을 활성화 하기위한 노력들은 개폐식 시스템관련 연구과제들을 통해서 미래기술 선도 및 고부가가치 시장을 주도하기 위한 한국형 성장모델을 구축할 수 있다.

- 건설기술진흥기본계획에 부합된 연계성

건설기술진흥기본계획에 따르면 국내외 시장동향의 분석에서 해외 건설수주의 비중이 늘고 있으나 신흥국과의 경쟁심화 및 정치경제적 리스크 등의 난관을 우려하고 있다. 국내 건설엔지니어링 시장의 동반정체 및 글로벌 경쟁력의 저하는 고부가가치 영역의 기술력이 선진국보다 취약하고 중국등의 신흥 경쟁대상국에 대한 경쟁력도 취약해 짐을 장애요인으로 내다보았다. 건설 교통분야의 정부투자 증가폭이 둔화되는 현재의 시점에서 민간자본의 활성화를 위한 국가 정책적 지원과 글로벌 선도형 신기술의 개발로 인한 해외수주의 상승을 유도하고 있으며, 각 분야에서 이러한 관점에서 R&D 사업을 기획하는 것이 바람직하다.

표 5.3 경쟁국과의 기술수준 비교 (미국=100)

국가	원천기술	기본설계기술	상세설계기술	기자재	시공관리
한국	72.8	73.4	85.0	81.5	80.6
EU	92.3	91.1	91.3	87.1	88.2
일본	90.3	88.4	89.1	87.2	88.2

출처 : 엔지니어링플랜트기술센터('11,9)

건설기술의 중요성이 꾸준히 강조된 반면 기술혁신과 글로벌 경쟁력을 위해서는 많은 난제가 있으며, 이것은 경쟁력 확보에서의 문제점으로 핵심기술 취약과 기술제도간의 연계부족을 들고 있다. 또한 신기술 활용 미흡에 대해서는 우리나라 건설산업의 고질적인 문제로 각 건설 세부분야에서의 이러한 문제점을 해결하기 위한 시도가 이어져야 한다. 핵심기술의 취약에서도 하드웨어적 시공기술 및 소프트웨어 기술과 핵심소재등의 기초원천기술의 취약으로 설명하고 있으며, 효율성 시공성에 집착하는 것 보다 고부가가치의 원천기술, 기술선도분야를 집중하는 것이 외국기술 의존도를 낮추고 글로벌 선도형 경쟁기술을 확보하게 될 것이다. 이러한 취지에서 개폐형 시스템의 건축적 접목을 통한 소프트웨어 통합기술은 농어촌 시설물을 포함하여 대공간 스타디움에 이르기까지 폭넓은 시장을 형성할 수 있고, 새로운 시장의 선도형 기술을 마련할 수 있을 것이다.

- 건설산업진흥기본계획에 부합된 연계성

2000년대 중반 이후, 고유가에 바탕을 둔 중동국가들의 석유화학·발전 등 플랜트 건설과 개도국들의 인프라가 지속적으로 증가하고 있으며, 국내업체들은 내수시장 위축에 대응하여 해외진출을 확대하였다. 2007년 398억불이던 해외건설 수주액이 2012년 650억불 수준에 달함으로써 인해 해외건설시장 점유율도 대폭 향상('03 1.9%(12위) → '11 5.7%(7위))하였다. 향후 세계건설시장은 연 8% 내외의 성장을 지속하여 '20년까지 약 15조불 규모로 성장할 것으로 예상(Global Insight, '12.9월)하고 있으며, 본 기획과제의 해외 수출 선도형 핵심기술의 로드맵에 부합하여 발전방향을 설정하여야 한다. 근래의 외국 건설업체에게 개방된 해외건설시장 규모는 전체의 8%~10% 규모로 추정(건설연, '12)하고 있다.

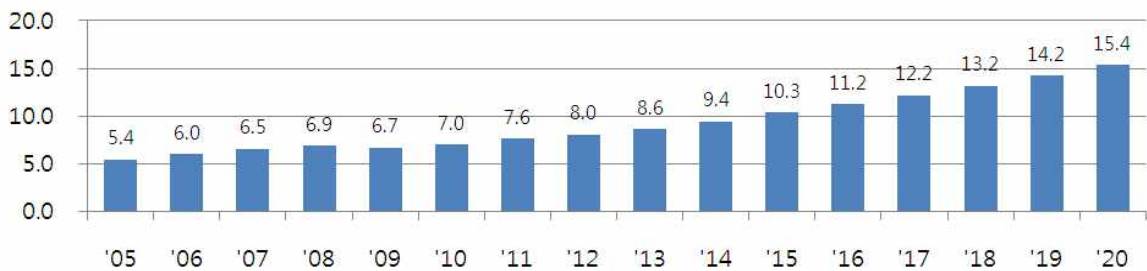
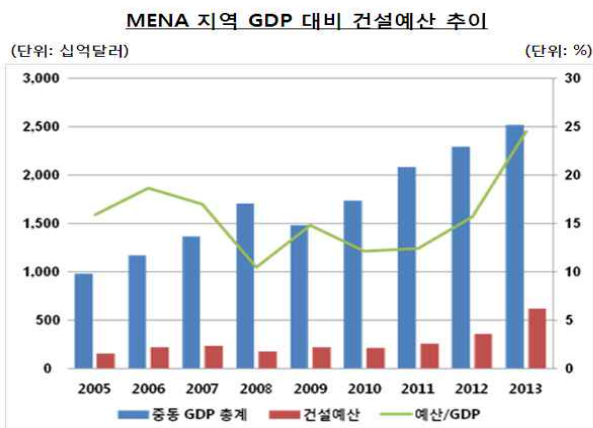
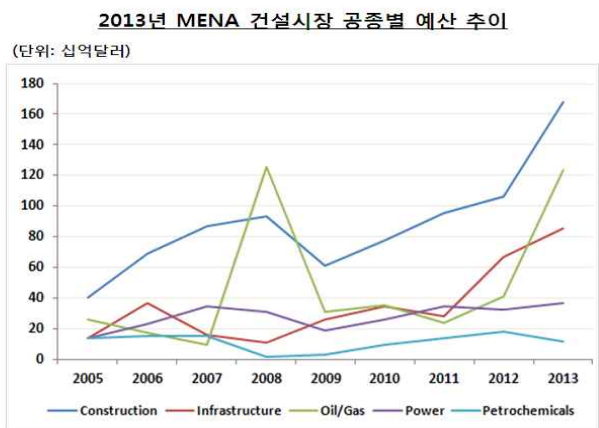


그림 5.5 세계건설시장 규모 전망(조달러)

아시아태평양 권역은 '20년 기준으로 약 4.5조불로 급성장(43.7%)하고, 남미권도 '15년전까지 평균 6.5% 수준의 시장 성장률 기대하고 있으며, 중동 및 북아프리카지역(MENA)의 경우 GDP 대비 건설예산 비중이 '10년 이후 상승세를 지속하며 '13년 24.5%로 예상된다. 이러한 시장 확대에 맞추어 우리기업의 해외건설 수주를 확대하기 위해서는, 중동·아시아 지역 및 산업설비(플랜트) 편중과 고부가가치 엔지니어링 분야의 기술력 부족 등을 보완해야 할 것으로 전망하고 있다. 따라서 해외건설 시장 진출을 지속 확대할 수 있도록 전략적인 선도형 중심 핵심기술보유와 해외수주 확대 방안을 마련하여 체계적으로 지원할 필요가 있다.



주) 중동국가는 MEED Project에 포함된 국가로 한정



주) 공종별 예산은 2012년 9월 기준 프로젝트 규모의 합

그림 5.6 경쟁국과의 기술수준 비교 (미국=100)

- 해외건설진흥기본계획에 부합된 연계성

국내기업들의 해외건설 진출 의지에 비해 금융조달, 인력확보, 기술력 향상 등에서 어려움을 호소하고 있으며, 기술력의 경우 국내업체들에 비해 해외업체들의 설계초기단계 분석능력이 매우 크고 개념 및 기본설계에서의 부가가치가 매우 높다. 이것은 고급인력 인프라의 확보와 설계/해석 통합시스템의 개발 및 ICT기반의 소프트웨어 및 모니터링 기술의 필요와 선도형 가치를 창출할 수 있는 아이디어를 발굴하는 것이 보다 더 국가경쟁력과 정책적 전략적 필요성을 담고 있게 된다. 이러한 부가가치가 높은 건설 엔지니어링 분야도 업체들의 기술력 및 해외건설 핵심인력(Keyman)을 확보하기 위한 제도권 교육 등 체계적 기반을 서둘러 마련하여야 해외건설 기술수출의 좋은 바탕을 제공할 수 있을 것이다.



그림 5.7 국내기업과 외국기업의 해외건설경쟁력 비교  
(출처 : 해외건설진흥기본계획, '10)

해외건설산업의 한국브랜드의 가치를 높이는 것은 한류의 신규브랜드의 위상을 높이기 위해 한국건설에 대한 인식조사와 홍보전략을 마련하여야 하며, 랜드마크적 건축구조물에 대한 기술경험과 선진국에서 다루어지는 건설기술의 기획들을 수행하여 홍보할 필요가 있다. 이같은 맥락에서 국내의 노후화된 대공간 건축물을 대상으로 한 리모델링과 가변능력을 보유한 구조물들의 보급은 국가 건축기술의 홍보를 가능하게 한다. 연구개발과제의 지속적인 파일럿 프로젝트의 수행과 성공여부는 기술경력을 높일 수 있는 판단의 기준이 되고, 고부가가치의 엔지니어링기업을 창출할 수 있는 건축설계기술인력 인프라를 구축하는데 매우 큰 영향을 미칠 것이다.

- 국토종합계획에 부합된 연계성

제4차 국토종합계획에서 국토의 문화적 품격 제고와 역사, 문화, 관광자원의 연계를 위한 고도 육성을 통한 국토의 문화 경쟁력을 제고방안은 국내의 고도의 훼손된 역사적 골격을 계획 복원하는 사업들로 구성된다. 역사적 자산과 자연지형등의 공간적 계획을 수립하는 것으로 부가가치가 높은 관광자원을 개발 조성하는 것으로 과거 일본에서 외국문화유산 보호를 위한 대공간 프로젝트의 극한환경 적응형 구조시스템의 설계 기술에 대한 선도적 기술 시장을 예상할 수 있다.

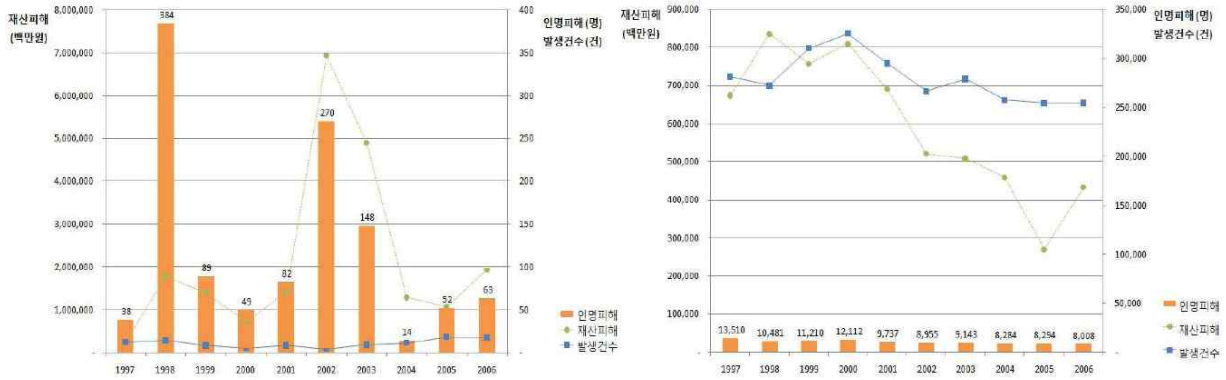


그림 5.8 자연재해(좌) 및 인적재해(우) 발생추이 (1997~2006)

(출처 : 제4차 국토종합계획)

자연재해에 대한 재해의 대형화추세와 통합적, 계획적 방재체계를 위해서 국가의 지원은 계속되고 있으며, 국토종합계획에 부합하여 재해의 분석과 방지책이 논의되고 있으며, 통합적인 관리와 환경대응형, 적응형 구조물의 건축설계 및 시공기술의 개발은 국가의 내수시장에 영향을 미칠 것이다. 황사로 인한 구조물의 개폐형 가변 시스템은 이러한 문제를 해결해 줄 방법으로 부각되며, 농어촌 시설물의 질을 보다 더 향상함으로써 인해서 국민의 건강과 문화수준을 높일 수 있는 방법으로 사료된다.

- 건설교통 R&D 중기계획에 부합된 연계성

건설교통 R&D 중기계획의 미래사회전망에 따른 메가트랜드 도출과 이를 토대로 한 R&D 사업의 기본방향에서 미래경쟁가치창출과 융복합 첨단기술의 확보를 위한 이슈와 목표는 개폐식 시스템의 연구기획의 방향성을 제시하고 있다. 이것은 기존의 건설교통 R&D사업의 과제결과로부터 연계하여 경쟁력있는 기술과 선도적 기술을 개발할 방안과 이들의 홍보 및 메가트랜드를 도출하는 구도를 중심으로 신기술 선도핵심기술을 확보하여 시장성을 넓힐 수 있는 대상분야이며, 기술의 집약정도가 일반구조물보다 월등히 높다. 또한 개폐구조시스템에 따른 기술의 특수성은 동일한 건설기술분야에서도 접근하기 쉽지 않으므로 현재 우리나라도 많은 부분 외국기술에 의존하는 것이다. 이러한 것을 볼 때, 기술의 확보와 고급기술인력의 확보는 매우 필요하고 건설교통 R&D 중기계획에 부합한다.

### 3. 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안

#### 가. 연구개발 추진상의 위험요인

개폐식 대공간 건축설계 및 시공기술의 경우 기계공학분야의 핵심전문연구를 필요로 하며, 건축분야에서 기계분야의 개발된 핵심기술을 흡수하여 건축구조물에 적용하기 위해서는 이에 적합한 전문인력을 필요로 한다. 대규모 공간의 경우 구동장치와 시스템의 적용에는 역학적인 지식뿐만 아니라 기계 구동에 대한 전문지식의 연계에 따른 전문인력 인프라가 아직 국내에는 부족한 실정이며, 정부지원 R&D를 통해서 인프라를 구축해야한다. 또한 각 전문분

야별 이러한 핵심기술에 대한 공동연구와 적용과정에서 발생하는 문제점들을 파악하는 것이 어려우므로 과제 수행중에 발생할 시행오차에 대한 완충부분이 필요할 것이다.

국내의 개폐식 대공간 건설기술에 대한 노하우가 매우 미비한 관계로 해외기술의 의존도가 높은 상태이며, 기술축척을 시도하는데 외국원천기술의 이전에 대한 어려움이 예상된다. 기계, 항공우주분야의 전개형 또는 개폐형 구조체에 관한 핵심기술의 경우 원천기술의 확보와 경쟁력 있는 창조적 분산물을 창출하는데는 많은 어려움이 있을 것이다. 많이 확산된 기술의 경우에도 원천기술이 응용되어 상용화 되는데는 축척된 기술과의 연계가 필요하며, 비교적 고가의 연구비가 소요되는 경우가 많으므로 기존의 기술을 연구개발단계이전에 철저히 분석되어야 한다.

대기업위주의 핵심기술보유의 폐쇄성으로 인해 기술의 확산과 중소기업의 기술개발 및 보유의 어려움은 대공간 구조물의 연구에서도 나타난 문제 중 하나이다. 중소기업의 개발된 핵심기술에 대한 판로와 기술유지의 어려움은 핵심기술의 적용범위가 대공간 스타디움에 국한되는 경우가 있으므로 중소기업형 기술이 필요하다. 기술의 파급효과를 늘리기 위해서는 핵심기술의 개발단계에서 중, 저가형 보급형 기술로 변환하여 적용하기 용이한 기술아이디어도 함께 연구되어야 한다.

돔 경기장의 개폐식 시스템 도입에서 기술적 문제 외에도 고가의 재료와 높은 건설비용은 많은 변수로 작용한다. 핵심기술의 보유 이후에도 국내 경기장 건설시장의 활용과 유지관리의 어려움은 연구개발과정에서 다루어져야만 실질적인 연구개발효과를 보게 되는 것이다. 과거 대공간 구조물의 건설기술이 매우 부족하던 시절에서 돔 경기장 건설계획의 시도는 새로운 시스템에 대한 도입결정에 비용적 측면이 영향을 많이 미쳤으며, 이러한 결과는 개폐식의 경우 더욱 더 큰 영향을 미치게 된다. 막대한 비용의 지불과 완공후의 유지관리 사용성 문제의 해결점은 기술을 넘어서 대응방안을 마련하지 않으면 큰 손실을 보게 될 것이다.

국내 건설기준의 많은 부분이 선진국의 건설기준을 도입하여 국산화하며, 기준을 마련한다는 것은 건축설계시공기술의 표준화와 기술자의 기술력 상승을 도모할 수 있다. 그러나 특수구조물의 경우 시방서와 설계지침등의 작업이 매우 미비한 수준이다. 일본의 연성 막구조물의 설계규준에 대한 다양성은 국내의 설계규준이 대공간 건축물 설계기술 개발사업을 통해서 발간한 규준의 시기를 볼 때 큰 차이를 보이고 있다. 자립화를 통한 설계 및 시공기술의 도입과 개발은 다양한 연성구조물의 설계방법론을 제시하여야 하며, 연성개폐구조물의 규준과 같은 실용화된 규준의 마련이 시급하다.

중국의 R&D 지출추이 및 계획에서 중국은 연구개발투자 규모, 연구인력, 기초과학기반 등 관련 지표들이 급속하게 증가하고 있다. 정부의 적극적인 대응전략으로 중국의 기술역량 잠재력은 높아지고, 자주적 혁신역량이 점차 강화될 것으로 보인다. 중국의 연구개발투자는 지속적으로 증가하여 절대규모는 2007년에는 세계 제6위이지만 지금까지의 증가추세와 향후의 계획을 감안하면 연구개발투자 규모는 기술역량의 잠재력을 높일 것이다. 중장기 과기발전계획에 의하면 향후 연구개발 지출을 크게 늘려 2010년에는 3,600억 위안, 2020년에는 9,000억 위안까지 증대시킬 계획이고, GDP 대비 R&D 지출 비율을 각각 2%, 2.5%까지 제고할 계획이다.

표 5.4 중국의 R&D 지출 추이 및 계획

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2010	2020
R&D지출(억 위안)	679	896	1,043	1,288	1,540	1,966	3,600	9,000
R&D/GDP(%)	0.76	0.90	0.95	1.07	1.13	1.23	2.0	2.5

출처 : 과거 통계는 www.sts.org.cn, 2010년과 2020년 계획치는 國家中長期科技和技術發展規劃綱要

국내 개폐식 대공간 건축물의 건설시공의 경험은 실용화하기에는 아직 미비하다. 초기의 대공간 건축물 R&D 개발사업의 결과로 인한 30m 규모의 파일럿 프로젝트외에 스타디움이나 대형 건물의 건축을 시도한 경험이 없기 때문에 R&D연구에서의 시행착오를 간과할 수 없다. 단일 규모의 연구와는 달리 기술의 집약도보다 범위가 매우 넓은 포괄적인 건축설계/시공 기술이기 때문에 연구기획단계에서의 면밀한 검토가 필요하다. 일련의 경우 개폐식 대공간관련된 특허의 출원이 1985년을 시작으로 출원이 활발해져 1990년대에 가장 많이 이루어 졌다. 이후 2002년도부터 특허성고가 줄어들긴 하여도 꾸준한 특허출원이 이어지고 있는 것을 볼 때, 현재의 위상은 그다지 높지 않음을 쉽게 짐작할 수 있다.

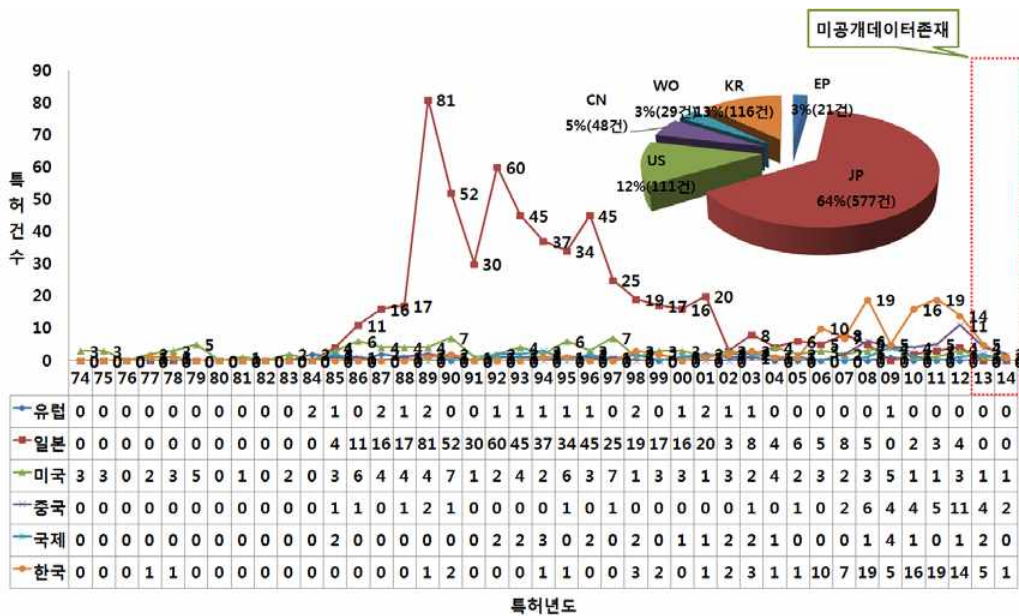


그림 5.9 출원국가별 점유율

이상과 같이 개폐식 대공간 구조시스템의 기술개발을 위해서 연구개발과제의 예상되는 어려움을 요약하면, 전문분야별 공동연구와 전문기술인력의 양성, 개폐식 핵심건설기술의 해외 기술 의존도와 기술축적, 전문기술에 대한 폐쇄성과 중소기업형 기술의 개발, 고가의 재료와 건설비용에 따른 위험요인, 국내의 설계기준이 전무한 실정에 따른 위험요인, 중국의 기술추진 속도의 증가로 인한 국제 건설수주, 개폐식 대공간 건축물의 국내 건설 시공경험 미비 등을 예로 들 수 있으며, 이상의 난제를 극복할 수 있는 대응방안을 제시하여 연구개발 로드맵을 형성하고 구성하여야 한다.

## 나. 위험요인에 대한 대응방안과 연구전략

전무분야별 공동연구를 통한 전문인력의 양과 질을 높이기 위해서 연구개발단계의 세부과제의 전략적 배치와 협업을 위한 연계성을 부여하는 것이 필요하다. 전문인력의 양성에서도 각 전문분야에서 배출되는 인력의 기술강습을 통한 기본기술의 이해도를 높일 수 있는 과정을 포함하여야 하며, 전문인력양성에 대한 체계적인 계획이 수반되어야 한다. 특히 타 분야와의 융합기술의 경우 높은 전문성에 대한 보편적인 인터페이스 경로를 연구개발단계에 계획하여 건축분야의 고급인력이 다룰 수 있도록 개발되어야 한다.

해외 공동연구의 경우 핵심기술요소를 보유한 외국대학의 원천기술을 분석하는 것이 중요하다. 그러나 원천기술을 분석 개발하는 것 보다 더 실질적인 외국엔지니어링기업의 실용적 결과물을 적용하는 것은 현재의 기술을 넘어서기 위한 문제점을 파악하기에 적합하다. 원천기술의 응용에서 새로운 경쟁상품을 개발할 수 있는 방법론을 제안하기 위해서 외국연구소 뿐만 아니라 중소기업형 기술을 보유하고 개발하는데 관련된 기업의 연구참여유도도 필요할 것으로 판단된다. 이러한 대응책은 현재보유하기 위한 핵심기술의 실용화를 연구개발단계에서 함께 생각하게 되므로 매우 효과가 있을 것으로 판단된다.

연구개발사업의 비용적 측면에서 연구성과물들의 테스트베드 적용결과에 큰 비중을 두는 것이 고가의 기술력을 습득, 개발하는데 유리하다. 건설비용에 따른 위험성을 테스트베드를 통하여 확인할 수 있는 기회를 제공함과 더불어 실질적인 성과물의 실증을 할 수 있는 방안이므로 기술행위의 경력으로도 인정받을 수 있다. 특히 민간자본뿐만 아니라 현재 낙후된 운동, 경기관람 집회시설등의 개폐형 구조물로의 탈바꿈은 좋은 사례를 남길 수 있는 기회를 제공하게 되는 것이다.

국내의 설계규준의 계획에서도 파일럿 프로젝트와 같은 세부전략적 과제를 부과함으로써 규준의 반영에 좋은 영향을 미칠 수 있으며, 전무한 개폐식 구조물의 설계방안에 대해서 실용화하는 계기를 마련하는 것이 중요하다. 전문기술에 대한 중소기업형 기술개발을 위해서 관련되는 기준의 세부항목들에서 설계의 영역과 시공의 영역에 대한 규모별 설계안을 제시하는 결과물을 유도하는 것으로 규준의 합리적인 계획방안을 마련할 수 있다. 또한 타 분야의 규준과도 비교하여 규준의 합리적인 연계도 도모할 세부계획을 세우는 것이 필요하다.

중소기업형 기술개발을 위한 전략적 방안에서 단기성과형 중소규모 개폐시스템 기술력 개발과 인프라 구축을 통한 기술선점이 필요한 대응방안 중 하나로 설명할 수 있다. 여기서 개발되는 연성 막 개폐를 위한 전개형/접힘형 구동시스템 개발과 설계기술의 확보를 통해서 핵심기술의 크기를 조율하고 이를 토대로 장기성과를 유도할 수 있는 전략적 기술개발 로드맵을 형성할 수 있다. 중대규모형 공간구조의 핵심요소기술의 자립화와 연구인력 확보 전략에서도 강성 대공간 지붕구조물의 구동장치 및 제어시스템 해석/설계기술의 개발과 진동제어에 관한 통합최적설계와 기계적 핵심요소의 특화기술 개발하여 부족한 초대형 개폐구조시스템의 영역을 확보할 방안이 형성된다.

선진국형 기술의 도입/개발과 내구성 향상을 위한 기술력 구축을 위해서는 용도/규모에 대한 개폐기술 적합도 및 최적환경설계와 운영시스템 개발하고 개폐형 구조물의 안전성 및 내구성 향상을 위한 ICT기반 모니터링 기술에 대해서 대공간 개폐시스템에 대한 업그레이드

된 연구를 전략적으로 기획한다. 또한 고부가가치형 개폐구조 원천기술과 환경친화적 설계기술력 확보하고, ICT기술기반 Smart형 자동제어 구동시스템의 원천기술개발하여 개폐방식에 따른 erection 및 시공기법과 국제설계기준 표준화하는 방안을 마련하여 연구개발단계에서 기획하도록 대응방안을 마련하는 것이 중요하다.

### 3절 기술적 타당성

#### 1. 기존 연구개발과제와의 중복성

그림 5.10에 기존 연구과제와의 연계성 및 차별성을 나타내었다. 본 연구에서는 1단계 과제의 내용을 기반으로 하여 1차년도에는 강성 지지와 강성 개폐, 강성지지 연성 개폐에 대한 연구를 진행할 계획이다. 2~3차년도에는 초경량 재료를 이용한 개폐 설계법 최적화 개발, 제어 및 구동장치 개발, 시스템의 모니터링 통합 시스템 개발, 시공 기술 매뉴얼 구축을 개발할 예정이며, 전략적 단기성으로 연성 개폐식 대공간 건축물을 파일럿 프로젝트로 제시할 계획이다. 또한 4~5차년도에는 제어 및 구동장치 개발, 모듈화 및 조립시공, 자동화 시공기법, 시공기술 매뉴얼화 구축을 계획 중이며, 전략적 장기성으로 강성 개폐식 대공간 건축물을 파일럿 프로젝트로 제시할 계획에 있다. 개 기존과제의 내용을 기반으로 하여 중복이 아닌 더욱 진보된 기술로 개발이 될 것이라 판단된다.

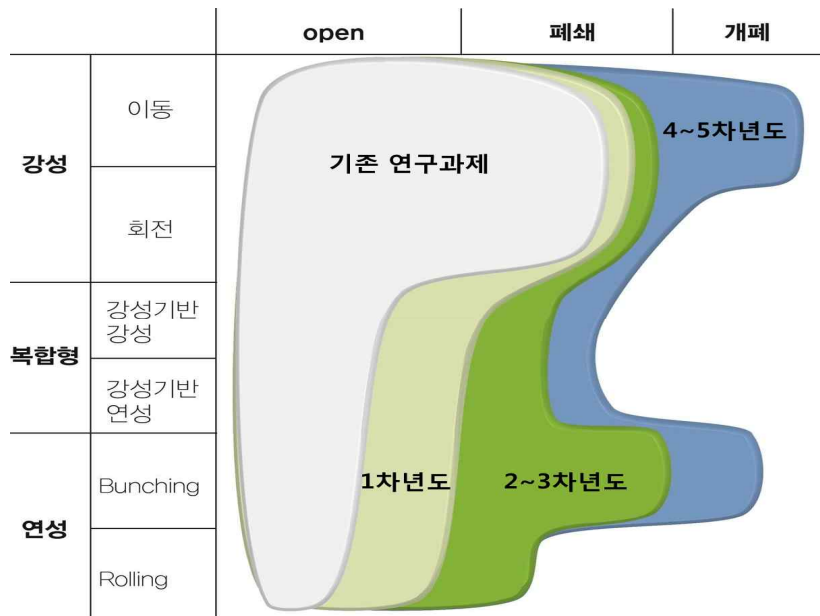


그림 5.10 기존 연구과제와의 연계성 및 차별성

기존 연구과제에서 1세부 “구조시스템 개발 및 경제성 분석”은 구조시스템과 접합부에 관한 연구를 진행하였고, 2세부 “비선형 해석 및 구조설계기법 개발”은 비선형해]석 기법, 구조적 안정, 내진설계에 관한 연구를 진행했다. 3세부 “시공 및 친환경 설계기법 개발”은 재료/

시공, 친환경설계, 열환경, 풍환경, 음환경에 관한 연구를 하였으며, 4세부 “실용화 및 유지, 보수기법 개발”는 설계지침서, 유지관리 및 Pilot Project(나래 돔)에 관한 연구를 했다.

본 과제에서는 기존 연구과제를 연계하여 1-3차년도에는 초경량 연성 개폐식 구조시스템, 연성 개폐식 구조시스템의 구동 기구, 경제적인 무선 지능형 스마트 센서장치 등을 연계하여 단기 전략적 성과로써, 30M 이상 경량 연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트를 수행할 예정이다. 4-5차년도에는 지능형 강성 개폐 구조시스템, 강성 이동형 스마트 Lock-pin wheel 구동장치와 제어기기, 안전도 자가진단/실시간 건전도 평가 프로그램 등을 연계하여 60M 이상의 강성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트를 수행할 예정이다. 이런 기술적 차별성을 두어 본 과제가 기존과제와의 중복성 없이 연계과제가 될 것이라 판단된다.



(a) 30M 이상 경량 연성 개폐식 구조물



(b) 60M 이상 강성 개폐식 구조물

그림 5.11 전략적 연구 성과물

## 2. 기술개발 계획의 우수성

“개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획”의 본 과제에서 나올 성과물 기술은 300M급 대공간에서 1,000M급 대공간으로 가기 위한 디딤돌 기술이 될 것이라 판단된다. 그림 5.12에 나타난 구동기구 외에 기계공학적인 기술 요소를 포함하기 때문이다. 본 과제는 기계공학적인 요소기술과 스마트 센서기술을 함께 적용되어 융복합 기술로써 1,000M급 대공간으로 넘어가는 시기적 중간 다리 역할을 하게 될 것으로 판단된다.



그림 5.12 연성 막 개폐 구동기구

SWOT분석 및 STEEP분석을 통하여 아래의 4가지 전략이 나오게 되고, 그에 대한 전략별 과제가 2개씩 나타난다. 이러한 전략을 세워 단기성과로는 30M급 연성 개폐식 대공간 건축물, 장기성과로는 60M급 강성 개폐식 대공간 건축물을 전략적 성과로 내놓았다. 전략분석을 통하여 체계적인 과제를 구성하였으므로, 기술개발 계획이 우수하고 타당하며, 실현 가능하다고 판단된다.

- 전략: 단기성과형 중소규모 개폐시스템 기술력 개발과 인프라 구축
  - 중소규모형 개폐식 구조의 통합설계 소프트웨어 개발
  - 연성 막 개폐를 위한 전개형/접힘형 구동시스템 개발
- 전략: 중대규모형 공간구조의 핵심요소기술의 자립화와 연구인력 확보
  - 강성 대공간 지붕구조물의 구동장치 및 제어시스템 해석/설계기술
  - 진동제어에 관한 통합최적설계와 기계적 핵심요소의 특화기술 개발
- 전략: 선진국형 기술의 도입/개발과 내구성 향상을 위한 기술력 구축
  - 용도/규모에 대한 개폐기술 적합도 및 최적환경설계와 운영시스템 개발
  - 개폐형 구조물의 안전성 및 내구성 향상을 위한 ICT기반 모니터링 기술
- 전략: 고부가가치형 개폐구조 원천기술과 환경친화적 설계기술력 확보
  - ICT기술기반 Smart형 자동제어 구동시스템의 원천기술개발
  - 개폐방식에 따른 erection 및 시공기법과 국제설계기준 표준화

국가 R&D사업의 연계를 통하여 단기성과가 가능한 아이디어형 개폐구조시스템 기술력의 확보전략으로서 기계 융합요소기술의 인프라를 구축함으로써 실현가능성을 높여 단기성과목표에 접근한다. 연성 막 개폐기술의 특화된 중소기업 기술력을 바탕으로 고급기술축적을 시도하며, 축사 및 재래시장과 같은 기존시설물에 대한 개폐구조 리모델링의 새로운 시장을 확보할 수 있다.

고부가가치 창출을 위한 대형 개폐식 구조물의 학제간 기술력 교류 시스템을 형성하고, 강성구조시스템을 위한 구동방식의 핵심요소기술의 기술력을 확보한다. 대공간 구조물관련 기술을 중심으로 개폐형 기술의 자립화를 시도하기 위해서 구동장치의 핵심요소기술을 개발하여 기술자립을 시도하고 기초설계가 가능하게 연구목표를 수립하여 인프라를 구축한다.

대공간 구조물 기술의 성장기를 지나 고급기술과 선진국형 기술습득을 위해 최적환경설계 및 시공기술 확보를 위한 전략으로서 건축물 완공 후 운영과 유지보수에 이르기까지 설계단계에서 인지할 수 있는 기술력이 포함된 목표를 부여하여 연구개발한다. 또한 ICT융복합 기술의 특화로 경쟁국가와의 차별성을 두고 선진국형 설계법과 모니터링을 통한 유지관리기술을 개발한다.

개폐형 스타디움의 건설실적 미비와 선진국형 기술개발의 필요성 인식으로 ICT기술기반의 제어와 구동기기에 대한 장기적 안목의 원천기술개발을 시도한다. 시공방법에 대한 기술 안정화와 개폐특성에 대한 국내형 erection기법을 개발하고 표준화하여 국제 경쟁력을 높이고,

기술수출이 가능하게 전략적 목표를 세워서 연구를 진행하는 것이 필요하다.

### 3. 기술수준 및 개발 성공가능성

대공간 구조물 건설기술(대공간 구조물 1단계 연구) 과제에서의 연구개발 실적은 다음과 같다.

표 5.5 1단계 대공간 과제 연구실적 - 특허

연번	특허명칭	출원 및 등록번호	출원 및 등록일	비고
1	조립용 볼트 및 이를 구비한 스페이스프레임	10-2008-0040857	2008.04.30	출원
2	케이블 인장 장치	10-2009-0041314	2009.05.12	출원
3	케이블 인장 장치	10-2009-0041315	2009.05.12	출원
4	조립용 볼트 및 이를 구비한 스페이스프레임	10-0953195	2010.02.10	등록
5	장력조절장치	10-2010-0035494	2010.04.16	출원
6	케이블 인장 장치	10-1052233	2011.07.21	등록
7	케이블 인장 장치	10-1052233	2011.07.21	등록
8	케이블의 초기인장 가이드 및 이를 포함한 케이블의 초기 인장시스템 그리고 이를 이용한 케이블의 초기인장 방법	10-2011-0082425	2011.08.18	출원
9	막 장력 측정 장치	10-2008-0052799	2008.06.04	출원
10	대공간 구조물 지붕구조 설치 자동화 공법	10-2009-0042812	2009.05	출원
11	대공간 구조물 가설장치 및 가설공법	10-2010-0035643	2010.04.19	출원
12	막구조물의 고유진동수 측정장치	10-2008-0136622/ 10-0981865	2010.09.06	등록
13	실내음향측정시스템 및 방법	10-2008-0039866/ 10-0995120	2008.04.29/ 2010.11.11	등록
14	공간구조물에 대한 음향특성의 예측방법	10-2009-0040520	2009.05.09	출원
15	실내음향측정시스템 및 방법	10-0995120	2010.11.11	등록
16	고변형 성능 고력볼트	10-2006-0040520	2006.11.24	출원
17	PC보-기둥 접합에 있어서 접합성능을 개선한 하프형PC보의 구조와 이를 제작하는 방법 및 이를 이용한 접합부의 시공방법	10-2006-0125807	2006.12.11	출원
		10-0741248	2007.07.04	등록
18	노출형 주각부 구조 및 그 시공방법	10-2007-0067082	2007.07.04	출원
		10-0869397	2008.11.12	등록
19	대공간 구조물의 상시 모니터링을 위한 광섬유 브래그 격자센서(FBG)의 부착장치 및 FBG를 부착하는 방법	10-2007-0112696	2007.11.06	출원
		10-1001104	2010.12.08	등록

20	절곡강판을 이용하여 댐 단부가 보강된 피씨 보	10-2008-0008382	2008.01.28	출원
		10-0974672	2010.08.02	등록
21	2차 브레이스를 구비한 제진용 댐퍼 및 그를 적용한 가새 골조	10-2009-0028439	2009.04.02	출원
		등록결정	2011.11.29	등록
22	베이스플레이트 고정용 앵커볼트 및 그를 이용한 강재기둥과 기초 콘크리트의 접합부구조	10-2010-0045715	2010.05.15	출원
23	보이음부 강도 및 시공성이 향상된 산형라멘	10-2010-0064133	2010.07.02	출원
24	파형 웨브가 구성된 지진하중 흡수장치를 이용한 칸막이 벽체의 시공방법	10-2011-0132203	2011.12.09	출원
25	슬릿형 웨브가 구성된 지진하중 흡수장치를 이용한 칸막이 벽체의 시공방법	10-2011-0132204	2011.12.09	출원
26	칸막이 벽체 시공용 단위 모듈러 지진하중 흡수장치	10-2011-0132205	2011.12.09	출원
27	단위 모듈러 지진하중 흡수장치를 이용한 칸막이 벽체의 시공방법	10-2011-0132206	2011.12.09	출원
28	장스팬 텐서닝 에어빔 시스템	10-2009-0033117	2009.04.16	출원
		10-1034610	2011.05.04	등록
29	텐서닝 에어빔 시스템	10-2009-0033116	2009.04.16	출원
		10-1059900	2011.08.22	등록
30	대공간 구조물 가설장치 및 가설 공법	10-2010-0035643	2010.04.19	출원
31	상하현재를 구비한 텐서닝 에어빔 시스템	10-2010-0035883	2010.04.19	출원
		10-1073470	2011.10.07	등록
32	곡선형 상하현재를 구비한 텐서닝 에어빔 시스템	10-2011-0101596	2011.10.06	출원

이러한 특허 기술들을 기반으로 나래돔 파일럿 프로젝트를 성공적으로 시공하였으며, 장관 상까지 수상하였다. 또한 다양한 연구 성과물을 기반으로 하여 필리핀 마닐라 아레나 돔구장과 아제르바이잔 바쿠 종합경기장에 대한 해외 수주를 할 수 있었다.

대공간 구조물 건설기술(대공간 구조물 1단계 연구개발)의 성과물과 개폐식 대공간 건축물 건설기술(대공간 구조물 2단계 연구개발) 연구를 통한 핵심기술 확보할 경우에 2022년 카타르 월드컵 경기장 수주의 전략적 목표 달성이 가능하리라 판단된다. 현재 진행중인 2022년 카타르 월드컵 경기장이 낮에는 뜨거운 태양을 피하고 밤에는 외기를 피하기 위해서 개폐식

지붕으로 입찰이 나오고 있으며 대부분 이에 대해서 설계 및 시공 실적이 있는 독일 회사가 수주를 하고 있는 실정이다. 이는 그 나라의 기술력을 상징하는 고 부가가치 산업으로 이어지며 개폐를 최대한 원활하게 하기 위해서 경량의 신소재, 막, 케이블 등의 제조업의 활성화에도 기여를 하게 될 것으로 판단된다.

	<p>연면적 : 74,000㎡ (51,000여석)          지붕면적 : 35,948㎡          너비 : 250m          폭 : 150m          높이 : 40m          공사비 : 1,700억원          시공사 : 한화건설          구조설계 : CS구조엔지니어링</p>
<p>그림 5.13 마닐라 아레나 돔구장</p>	

	<p>연면적 : 208,000㎡ (68,000여석)          규모 : 260m × 196m (지상 6층)          공사비 : 195억 3720만원          건축설계 : (주)희림종합건축사사무소          구조설계 : (주)아이스트</p>
<p>그림 5.14 바쿠 종합경기장</p>	

특히, 개폐식 대공간 건축물에 관한 세계적인 기술을 보유한 독일의 경우, 100m급 연성 개폐식 건축물에 적용가능한 중앙 집중형 번치타입 시스템에 대해 표 5.6와 같이 순수 시공비만 약 27억 3천만원(2,100,000 €)을 예상하는 것으로 조사되었다. 국내 개폐식 대공간 건축물 건설시에는 설계비 및 로얄티와 같은 추가적인 비용이 포함될 것으로 판단된다. 따라서 본 연구과제에서는 국내 기술의 자립화와 더불어 보다 개선된 기술개발로 10%이상의 공사비 절감을 목표로 경제성을 고려한 기술개발이 가능할 것으로 판단된다.

표 5.6 중앙 집중형 번치타입 개폐식 대공간 건축물의 건설비용(독일)

central bunched membrane roof (중앙집중형번치타입)	unity	mass	standard price	overall sum	source
primary steel structure[tons] (주요철골)	ton	130.00	3,100 €	403,000 €	offer steel manufacturer
erection steel structure (가설철골)	-		included		-
work shop drawings (철골shop드로잉)	-		included		-
ropes(케이블로프)	ton	25.00	14,764 €	369,100 €	offer rope manufacturer
erection ropes (시공에필요한로프)	package price	1.00	170,000 €	170,000 €	offer steel manufacturer
motorization (기동장치모터)	package price	1.00	535,000 €	535,000 €	offer driving system manufacturer
retractable membrane (접이가능막)	m2	1963.00	158 €	310,154 €	offer membrane manufacturer
add on steel parts maintenance (철골유지관련)	m	170.00	81 €	13,770 €	offer steel manufacturer
central hub(steel) (중앙허브-막저장공간(철))	ton	2.00	3,100 €	6,200 €	offer steel manufacturer
central hub(glascover) (중앙허브-막저장공간(유리))	m2	75.00	200 €	15,000 €	offer steel manufacturer
foundation soil analysis (soil테스트)	quantity	4.00	850 €	3,400 €	offer engineering office
foundations(기초)	quantity	10.00	5,000 €	50,000 €	offer construction company
driving Piles(기초파일)				80,000 €	estimation
building site equipment (터파피장비)	package price	1.00	30,000 €	30,000 €	offer steel manufacturer
buffer(구동기구완충장치)	package price	1.00	100,000 €	100,000 €	estimation
sub-total roof structure				2,085,624 €	

- 위의 모든 가격은 샵드로잉 포함
- 위의 가격에서 포함되지 않은 것
  - 설계비
  - 시공지역의 물가특성
  - 허가비용
  - 내화관련비용
  - 사이트 분석 및 현장답사에 드는 비용

본 과제에서는 SWOT 분석을 통한 내부 역량 강점인 대공간 구조물관련 다양한 인프라 및 기초연구 확보, 연성 막 구조물 관련 개폐 특허 보유 중소기업 인프라, 킬트러스형 지붕 구조의 개폐 구조물 축소모형 프로젝트 경험, 스타디움 설계 및 시공분야의 엔지니어링 해외 수주 실적, ICT융합기술에 대한 생산성 성장과 국제적인 ICT기술의 위상을 기초로 하여 연구를 수행해 나갈 것이다. 현재 구축된 인프라 및 인식이 늘어나고 있고, 실내 체육관, 운동장도 늘어가고 있다. 국내에서 개폐식이 실현이 되어있지 않으므로 개폐식 기술이 개발이 된다면 국내의 개폐구조는 물론 해외 수출 사업까지 될 것으로 판단된다.

## 4절 경제적 타당성

### 1. 경제성 분석

1980년대 중반까지는 건축·토목 분야의 노동력 중심의 해외 수출이 우리 경제성장의 많은 부분을 차지하였으나, 그 후 임금상승 등 여러 가지 악조건으로 인하여 점차 국제경쟁력을 잃고 있다. 이러한 국제경쟁력 약화의 타개책 및 고용창출과 국내 고급인력 인프라구축에 대한 하나의 시발점으로 건축분야의 최첨단분야인 대공간 건축물의 기술개발이 절실히 요구된다. 그러나 국내 건설 산업에서 대기업과 중소기업의 수직적 관계는 선진국의 핵심기술의 폐쇄성과 국내 건설업의 고질적인 기술 보수성의 문제와 더불어 국제 경쟁력을 약화시키는 요인이 되고 있다.

또한 한국 내 대부분의 대공간 건축물들이 국외의 설계 및 시공을 의뢰하고, 이 과정에서 국내 기술진의 검토 또는 확인이 불가능하기 때문에 외국사의 불성실함과 횡포에 대처할 수 없고, 또 사고발생 후에도 손해배상을 청구할 능력이 부족하여 일방적으로 부당한 처우를 당하는 사례가 빈번하다. 이러한 악순환이 계속됨에도 불구하고 대공간 건축물의 국내기술자립이 힘든 이유는 선진국형 고급핵심기술의 폐쇄된 장벽을 기업차원에서 극복하기 어렵기 때문이고, 전문기술력을 보유한 중소기업 중심의 기반기술이 부족하기 때문이다.

향후 대공간 구조물의 수요는 점점 증가할 것으로 예상된다. 근래의 대공간 구조물 기술은 미국을 중심으로 발전해 왔으나, 현재는 일본이 전세계의 우위를 차지하고 있다. 그러나 일본의 장기적 침체와 한국의 그간의 기술 축적 경험으로 향후 한국이 대공간 구조물을 주도할 수 있는 환경이 된 것으로 판단된다.

2002년 월드컵경기의 개최를 전후로 대공간 구조물의 건설이 증가하여 왔고, 현행(2009) 기준상에 <내진등급 I>에 해당하는 연면적이 5천 제곱미터 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매 및 영업시설 등이 대공간 구조물의 구조시스템을 이용하는 추세이다.

전 세계적으로 국민소득의 증가로 인해 문화수준의 향상, 레저 스포츠 등에 대한 관심이 증가되면서 경간 200m ~300m 전후의 대공간 구조물에 대한 관심과 수요가 한층 높아졌다. 우리나라도 올림픽, 엑스포, 월드컵 등의 각종 국제 행사를 주체하고 문화, 여가, 스포츠, 산업화 등에서 대공간 구조물에 대한 수요가 계속 증가 되고 있는 실정이다. 대공간 구조물 중 개폐식 지붕을 갖는 구조물은 건설기술의 총집약체라고도 할 수 있다.

운동장 및 경기장 시설 수요는 생활 체육 시설에 대한 요구가 증가하고 있으며, 기존 시설물의 리모델링, 레저 산업의 확대 등에 힘입어 앞으로 건설 수요가 점차 증가할 것으로 전망된다. 최근 주 5일 근무제에 따른 건전한 레저 문화를 정착시키기 위해서 기초자치단체별로 생활체육공원 등 인프라를 확충하는 것이 선결 과제로 등장, 문화관광부에서는 2003년 ‘참여정부 국민체육진흥 5개년 계획’을 마련하여 앞으로 5년 동안 국민체육센터·생활체육공원 등 다목적 생활체육시설 1,739개소를 확충하고, 마을 단위 생활체육시설 등도 6,500여 개소로 확충할 계획, 지자체에서는 주 5일제 근무제로 인한 생활 체육의 활성화를 위해 실내 체육관, 수영장, 정구장, 하키장, 사이클 경기장, 농구장 등 체육 시설의 건립을 확대해 나가고 있는 추세이다.

표 5.7과 그림 5.15에 국내 실내체육관 건립년도별 리모델링 현황을 나타내었다. 1995년도 이전에 건립된 실내체육관중 24%가 리모델링이 완료되거나 계획중에 있다. 표 5.8과 그림 5.16에 나타난 실내체육관 스펠별 리모델링 현황을 살펴보면, 60m~100m급 실내체육관이 가장 많이 리모델링이 되고 있음을 알 수 있다. 현재 국내에 노후화된 실내체육관은 여전히 많이 남아 있는 상태이다. 노후화된 실내체육관의 개폐식 지붕을 갖는 대공간 구조물로의 리모델링이 진행된다면, 현재 대공간 구조물에 대한 수요 증가에 대한 만족과 국내 기술자립화를 통한 경제적 이익도 함께 증가할 것으로 예상된다.

표 5.7 실내체육관 건립년도별 리모델링 현황

(1995년도 이전 준공된 체육관 기준, 자료출처 : 문화체육관광부)

건립년도	리모델링 완료	리모델링 중	리모델링 계획	계획없음
1960년대	0	1	0	1
1970년대	7	0	0	6
1980년대	9	0	1	31
1990~1995년	9	1	1	57
합계	25	2	2	95

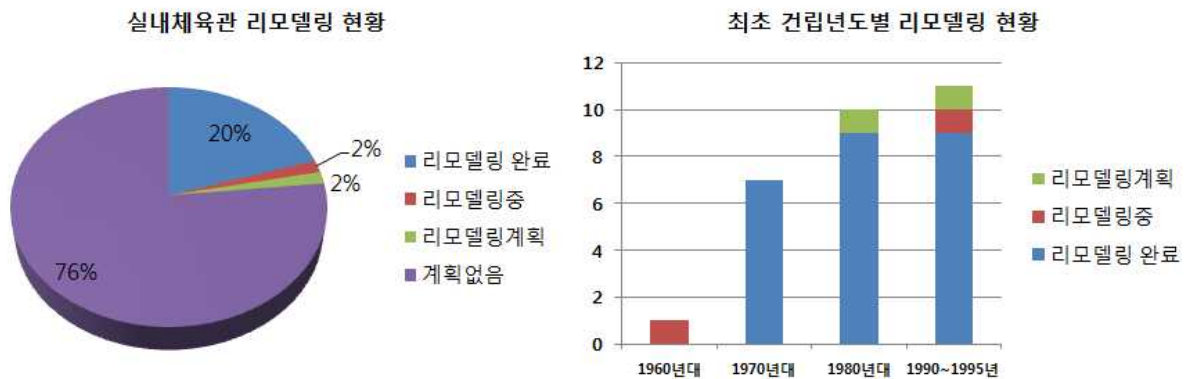


그림 5.15 실내체육관 리모델링 현황

표 5.8 실내체육관 스펠별 리모델링 현황

(1995년도 이전 준공된 체육관 기준, 자료출처 : 문화체육관광부)

스팬	리모델링 완료	리모델링 중	리모델링 계획	계획없음
30m~60m	11	0	1	44
60m~100m	13	2	1	45
100m 이상	1	0	0	6
합계	25	2	2	95

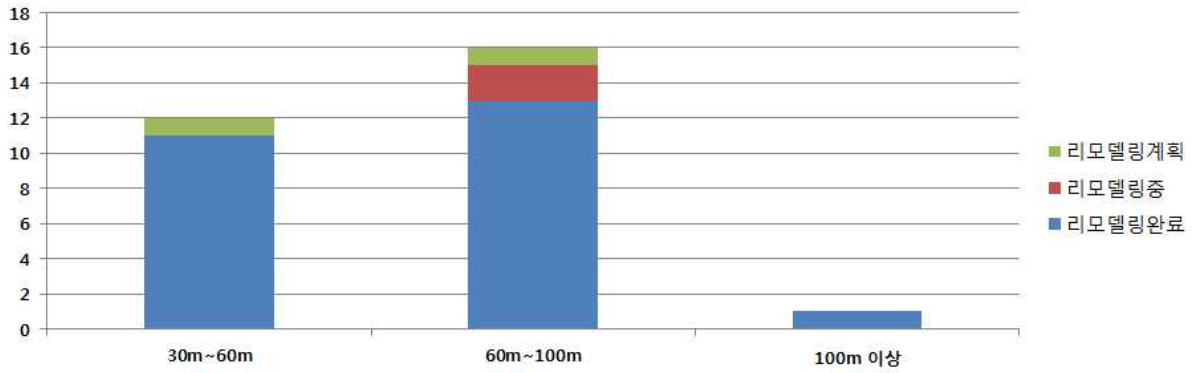


그림 5.16 실내체육관 스펠별 리모델링 현황

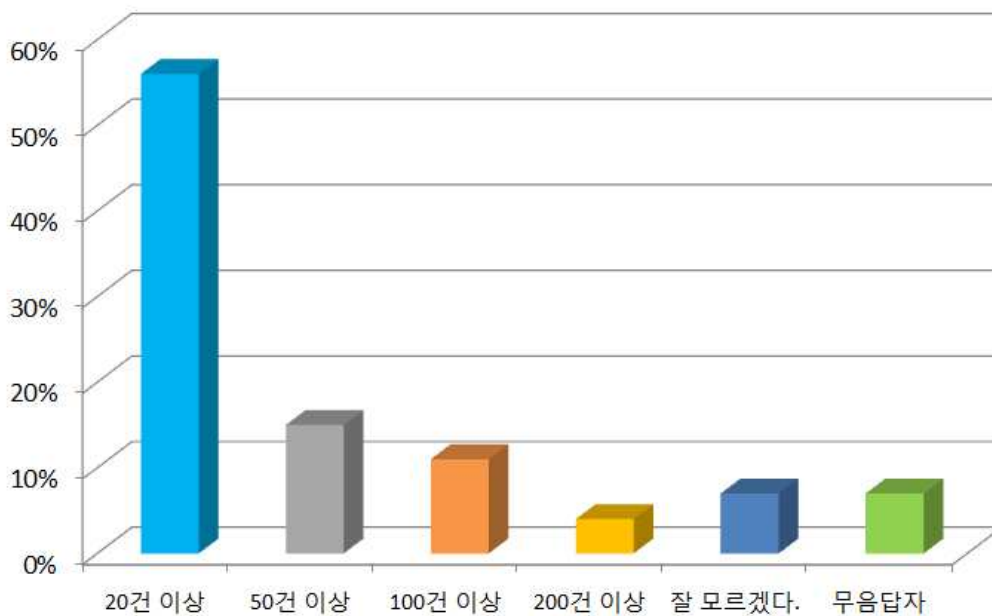


그림 5.17 스펠 100m 이상의 연간 수요량 설문

최근에는 월드컵경기장의 수익성이 악화되면서 복합 생활체육시설의 건설을 확대하려는 움직임이 증가하고 있다. 예를 들어 광주월드컵 경기장은 골프 연습장과 카트 경기장, 인라인 스케이트장을 조성하는 한편, 생활체육시설인 배구장, 길거리 농구장 등 스포츠 레저 공간을 단계적으로 조성해 나갈 예정이다. 또한 국민들의 여가에 대한 관심이 증가하고 있는 상태에서 주5일 근무제의 영향으로 인하여 경마, 경륜, 경정, 카지노 등 레저 관련 시설이 중·장기적으로 증가할 것으로 전망된다.

경마 이용객은 2003년 현재 1,628만명에 달하고 있으며, 매출액은 1990년 이후 연평균 30% 이상 증가하고 있는데, 이러한 매출 신장세가 지속되고, 경마장이 추가로 개장할 경우, 향후 연평균 10% 이상 성장가능 할 것으로 전망된다. 경륜(競輪, cycle racing)사업은 2000년 현재 연간 입장객수가 354만명이며, 매출액은 1조 2,243억원으로 급격히 증가하였는데, 앞으로도 연평균 20% 이상 성장이 가능할 것으로 전망된다.

## 2. 경제·사회적 파급효과

현재 국내 건설기술은 해외 기술의 움직임에 비하여 국내 자체 기술이 축적되지 못한 채, 경제발전 과정과 정치적 이벤트에 따른 수요에 의하여 건설산업이 이루어지고 있다. 특히 대공간과 같은 엔지니어링 및 특수전문시공 분야는 외국기술에 의존할 수밖에 없었으며, 이로부터의 기술이전은 아직 제대로 이행되지 못하고 있는 실정이다. 또, 철골, SRC구조 및 스페이스 프레임구조 등 일부 분야에서는 상당 수준의 기술력을 보유하게 되었지만, 다른 대안구조 및 공법에 대한 시도는 제한적인 양상을 보이고 있다. 이러한 한정적인 기술 수행으로는 다양한 기술능력 획득에 장애가 되어 장기적인 건설기술경쟁력이 취약해질 수밖에 없다.

대공간 건축물의 건설과 관련된 고부가가치의 엔지니어링 기술시장은 대부분이 독일과 일본에서 선점하고 있어 개폐식 대공간 건축물의 건설에 있어서 막대한 기술료를 지불해야 하는 실정이다. 따라서 대공간 개폐식 건축물 기술의 국내 자립화 및 관련 기반기술의 개발과 확보가 된다면 해외 의존적인 기술의 기술료 절감과 해외 시장에서의 기술경쟁력 확보 및 해외 건설시장 진출이 가능할 것이다.

또한 개폐식 대공간 건축물 건설기술과 ICT기술의 융복합을 통한 건설분야 신기술, 고부가가치기술 개발 그리고 건설기술에 대한 새로운 가치 창출을 통하여 건설분야에 대한 국가 경쟁력 향상 그리고 첨단 일자리 창출을 기대할 수 있다.

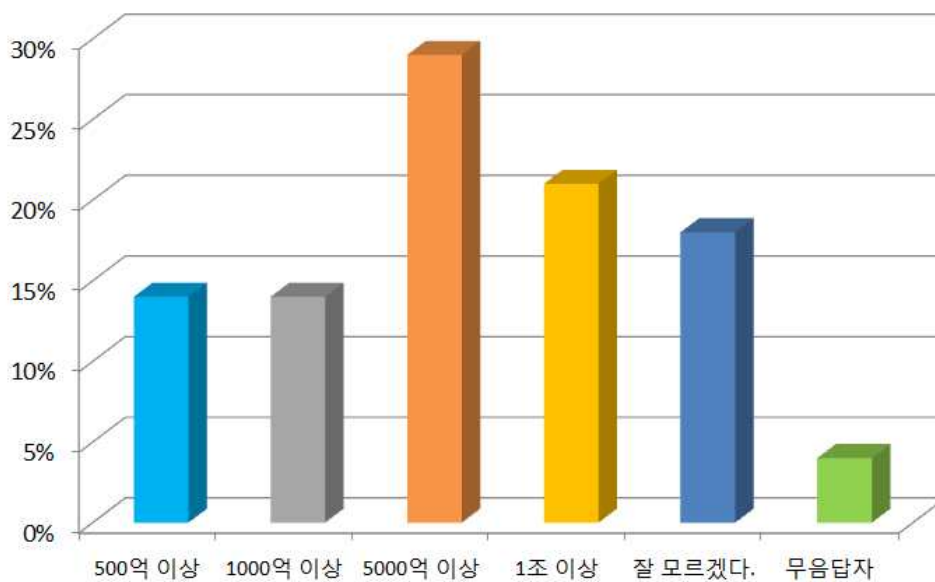


그림 5.18 개폐식 구조기술개발에 따른 경제적 파급효과

설문조사를 통한 개폐식 구조기술개발에 따른 경제적 파급효과는 그림 5.18과 같으며, 과반수가 5000억 이상 ~ 1조 이상으로 그 효과를 기대하고 있음을 알 수 있다.

“개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획” 과제의 기대효과는 다음과 같다.

- 대공간 건축물의 설계, 시공, 유지관리에 대한 통합적인 기술 확보로 개폐식 대공간 건축물 기술의 국산화 실현
- 개폐식 대공간 건축물 시장에서의 글로벌 기술 경쟁력 확보
- 대공간 구조물 지붕의 최첨단 개폐기술 개발을 통하여 건설, 환경, 기계, 전자 등 관련 분야 핵심기술 융복합을 통한 기술시너지 효과
- 국제적으로 선도적인 고부가가치의 엔지니어링 기술 개발
- 건설기술과 ICT기술 간의 상승적인 조합과 결합을 통한 경제·사회적 파급 및 미래 수요 충족을 위한 창조적 가치를 창출하는 새로운 기술개발
- 국제적으로 추격형 기술인 개폐식 대공간 건축물 건설핵심기술 확보를 통해 기술수입 대체
- 국내 산업체와 인력 활용을 통한 고부가가치의 신성장동력 및 일자리 창출

“개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발 기획” 과제의 활용방안은 다음과 같다.

- 대구 야구장(삼성라이온즈) 건설에 유지관리 및 모니터링 관련 요소기술 적용 가능
- 창원시 야구장(NC 다이노스 신축 야구장)을 돛구장으로 건설시 관련 요소기술적용 가능
- 중동, 동남아시아, 인도 등 해외 대공간 건설시장에 자체기술로 진출
- 개폐식 대공간 건축물 본연의 하이테크 기술 수요로 우수 인력의 건설업계 유입 유도
- 해외시장 진출 및 ICT 기반 기술개발로 중소·중견 건설업체 활성화 및 고용창출
- 관련 고급 기술력을 이용한 설계 및 엔지니어링 등 해외시장 고부가가치 영역의 점유율 향상
- 수원시 돛구장(KT의 신축 야구장) 건설에 핵심기술 적용 가능
- 영동국제회의전시(MICE) 복합단지 조성계획안”에서 돛구장 건설에 개폐식 지붕구조 관련기술 활용가능
- 개폐식 대공간 건축물 건설관련 기술의 국내 보유로 설계-시공-유지관리의 통합적 시스템 구축
- 프로 스포츠 경기장, 지방자치단체 단위의 공연장 등 대공간 건축물 시장 활성화 선도에 기여

위와 같은 기대효과와 활용방안이 이루어진다면, 그에 대한 경제적, 사회적 파급효과는 매우 진취적일 것으로 판단된다.

### 3. 과학기술적 파급효과

향후 대공간 구조물의 수요는 점점 증가할 것으로 예상되며, 따라서 보다 안전하고 경제적인 대공간 구조물을 설계 시공할 수 있는 국내의 독자적인 연구가 절실히 필요한 시점이다. 현재 우리나라에서 개폐식 대공간 건축물을 건설한다면 국내 기술로서는 설계·시공을 할

수 없어 외국기술력에 의존할 수밖에 없는 현실이다.

이러한 상황에서 건설 및 과학기술분야에 대한 현 정부 정책도 세계시장에서의 우위를 선점하기 위해 다양한 방향으로 추진되고 있다. 특히 개폐식 대공간 건축물 관련 기술의 개발은 고부가가치 산업의 투자확대, R&D를 통한 원천기술 확보, 신시장·신사업분야 집중지원 등에 있어서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

정부의 정책과 연계되어 개폐식 대공간 건축물의 기술 개발이 성공적으로 이루어질 경우에, 관련 기술 및 산업분야가 국가적 전략산업으로써 성장할 수 있을 뿐만 아니라, 현재 국내외적 건설시장의 상황에서 우리나라의 국제경쟁력 향상으로 선도적 위치를 차지할 수 있을 것으로 예상된다.

## 6장 인력투입 계획 및 소요예산 산정연구과제의 개요

### 1절 연구일정 계획

세부 과제명	연구내용	추진 일정 (연도별)																				
		1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도				
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	
1세부 지능형 개폐식 대공간 구조물 통합설계 소프트 웨어 개발	연성/강성 개폐식 구조물 메커니즘 분석	■	■	■	■																	
	초경량 연성 막 개폐식 구조시스템 연구					■	■	■	■	■	■	■	■	■								
	지능형 강성 개폐식 구조시스템 연구														■	■	■	■	■	■	■	■
	개폐식 구조시스템 해석기법 연구	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	강성 개폐식 구조시스템 형상제어 및 최적화														■	■	■	■	■	■	■	■
	연성 개폐식 막 해석/설계 기법 연구	■	■	■	■	■	■	■	■													
	연성 개폐식 전용 설계 소프트웨어 연구								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	개폐식 구조물 통합 설계 소프트웨어 연구																	■	■	■	■	■
	개폐환경 최적설계 및 친환경 에너지 활용 연구	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	개폐식 대공간 구조물의 환경설계 소프트웨어																	■	■	■	■	■

세부 과제명	연구내용	추진 일정 (연도별)																			
		1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
2세부 하이 브리드 구동 시스템 및 시공기법 개발	연성개폐 구조물의 제어 및 구동장치 연구	■	■	■	■																
	연성 개폐식 스마트 통합 구동시스템 연구													■	■	■	■	■	■	■	■
	강성개폐 구조물의 제어 및 구동장치 연구	■	■	■	■																
	강성 개폐식 스마트 통합구동 시스템 개발													■	■	■	■	■	■	■	■
	연성개폐식 구조물 시공기법 해석연구	■	■	■	■	■	■	■	■												
	강성 개폐식 구조물의 자동화 시공기법									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	지지구조 보강설계와 개폐시스템 연구	■	■	■	■																
	강성 개폐식 구조물 모듈화 연구개발					■	■	■	■	■	■	■	■								
	지지구조 보강설계와 개폐시스템 연구													■	■	■	■	■	■	■	■
	연성 개폐시스템 재료특성 연구	■	■	■	■																
	강성 개폐식 시스템 재료특성 연구					■	■	■	■	■	■	■	■								
	환경친화적 재료적용 기술													■	■	■	■	■	■	■	■

세부 과제명	연구내용	추진일정(연도별)																			
		1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
3세부 스마트 제어 및 모니터링 기술 개발	자연재해 저항성능 및 안전성 향상을 위한 스마트 구조제어기술																				
	경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진기술																				
	개폐식 시스템에 최적화된 스마트센서장치 개발 및 모니터링 기술																				
	개폐식 대공간 건축물의 구조안정성 실시간 자가진단기술																				
	환경 및 설비시스템 통합제어기술																				
	개폐시스템 최적운영 및 유지관리기술																				

세부 과제명	연구내용	추진일정(연도별)																			
		1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
4세부 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화	연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트																				
	강성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트																				
	연성 개폐시스템의 설계기준 및 시공지침서																				
	강성 개폐시스템의 설계기준 및 시공지침서																				
	개폐식 대공간 건축물 유지관리 지침서																				
	대공간 구조물 비즈니스 모델																				

## 2절 연구일정에 따른 인력투입계획

세부과 제명	연구내용	인력투입계획(Man/Month)				
		책임급 (미지급)	책임급	선임급	원급	보조원
1세부-지 능형개폐식 대공간통 구조물설 계소프트 웨어 개발	연성/강성 개폐식 구조물 메커니즘 분석	3		5	7	32
	초경량 연성 막 개폐식 구조시스템 연구	6		7	12	53
	지능형 강성 개폐식 구조시스템 연구	6		7	12	55
	개폐식 구조시스템 해석기법 연구	9		11	18	62
	강성 개폐식 구조시스템 형상제어 및 최적화	6		7	12	52
	연성 개폐식 막 해석/설계 기법 연구	3		5	7	39
	연성 개폐식 전용 설계 소프트웨어 연구	6		8	12	43
	개폐식 구조물 통합 설계 소프트웨어 연구	6		7	12	42
	개폐환경 최적설계 및 친환경 에너지 활용 연구	9		12	20	74
	개폐식 대공간 구조물의 환경설계 소프트웨어	6		7	14	54
	소계	60		76	126	506
2세부-하 이브리드 구동시스 템및시공 기법개발	연성개폐 구조물의 제어 및 구동장치 연구	9		10	17	58
	연성 개폐식 스마트 통합 구동시스템 연구	7		7	12	46
	강성개폐 구조물의 제어 및 구동장치 연구	9		10	17	55
	강성 개폐식 스마트 통합구동 시스템 개발	6		7	14	52
	연성개폐식 구조물 시공기법 해석연구	6		7	12	36
	강성 개폐식 구조물의 자동화 시공기법	9		9	17	55
	지지구조 보강설계와 개폐시스템 연구	3		4	8	71
	강성 개폐식 구조물 모듈화 연구개발	6		8	12	46
	지지구조 보강설계와 개폐시스템 연구	6		7	11	43
	연성 개폐시스템 재료특성 연구	3		4	8	34
	강성 개폐식 시스템 재료특성 연구	9		11	17	59
	환경친화적 재료적용 기술	3		4	7	31
	소계	76		88	152	586

3세부 -스마트제어 및모니터링 핵심 기술개발	자연재해 저항성능 및 안전성 향상 기술	12		12	20	90
	안정성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어 기술	16		16	20	100
	개폐식 시스템에 최적화된 스마트 센싱 및 모니터링 기술	14		14	20	90
	개폐식 대공간 구조물의 구조안정성 자가진단 기술	14		14	20	90
	환경 및 설비시스템 통합제어기술	8		8	16	84
	개폐시스템 최적운영 및 유지관리기술	8		8	16	84
	소계	72		72	112	538
4세부 -개폐식대 공간 건축물 건설 기술의 실용화	연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트	8		8	12	32
	연성막/케이블 개폐시스템의 설계지침서	4		4	8	22
	강성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트	8		8	12	32
	강성 프레임형 개폐시스템의 설계지침서	4		4	8	22
	대공간 구조물의 비즈니스 모델 개발	4		4	4	15
	소계	28		28	44	123
합계		236		264	434	1753

### 3절 소요예산 산정

#### 1. 연구단 연차별 소요예산

##### 가. 연차별 소요예산(정부출연금)

(단위 : 천원)

예산항목	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)
	인력	단가	인력	단가	인력	단가	인력	단가	인력	단가		
	MM	금액	MM	금액	MM	금액	MM	금액	MM	금액		
미지급 인건비	37	5,000	48	5,000	51	5,000	49	5,000	46	5,000	1,155,000	6.24
		185,000		240,000		255,000		245,000		230,000		
지급 인건비	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	0.00
		-		-		-		-		-		
선임급	16	3,000	46	3,000	54	3,000	50	3,000	37	3,000	609,000	3.29
		48,000		138,000		162,000		150,000		111,000		
원급	13	2,500	91	2,500	99	2,500	91	2,500	79	2,500	932,500	0.00
		32,500		227,500		247,500		227,500		197,500		
보조원	56	1,800	269	1,800	295	1,800	266	1,800	239	1,800	2,025,000	10.95
		100,800		484,200		531,000		478,800		430,200		
인건비소계		183,200		900,700		987,500		934,900		788,300	3,566,500	19.28
장비 재료비		-		-		1,700,000		1,400,000		-	3,100,000	
기자재/시설비												
재료/전산처리비		13,500		116,940		136,880		133,170		103,540	504,030	31.48
시작품제작비		-		490,000		615,000		630,000		485,000	2,220,000	
연구활동비		30,000		143,500		170,000		152,000		103,500	599,000	
국외여비												
수용비/수수료		4,040		31,840		37,640		38,330		30,660	142,510	7.88
기술정보활동비		9,000		171,000		204,600		193,720		137,400	715,720	
연구과제추진비		37,500		249,000		278,000		262,000		209,000	1,035,500	
국내여비												
사무용품비		5,400		94,320		109,740		108,000		89,160	406,620	11.26
회의비		8,100		104,160		113,540		104,420		85,200	415,420	
과제관련식대		5,400		51,600		60,000		56,800		51,600	225,400	
연구수당		73,260		217,940		239,100		220,260		193,740	944,300	5.10
직접비소계(인건비제외)		186,200		1,670,300		3,664,500		3,298,700		1,488,800	10,308,500	55.72
간접비		122,500		840,000		1,535,000		1,385,000		742,500	4,625,000	25.00
인건비+직접비+간접비소계		490,000		3,360,000		6,140,000		5,540,000		2,970,000	18,500,000	100.00
소계		-		-		-		-		-	-	-
위탁연구개발비		-		-		-		-		-	-	-
합계		490,000		3,360,000		6,140,000		5,540,000		2,970,000	18,500,000	

나. 과제구성에 따른 연차별 소요예산

(단위 : 천원)

과제	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1세부과제	140,000	47,000	900,000	300,000	1,100,000	370,000	1,000,000	335,000	80,000	260,000	3,920,000	1,312,000
1-1세세부	45,000	15,000	300,000	100,000	350,000	118,000	300,000	100,000	230,000	77,000	1,225,000	410,000
1-2세세부	35,000	12,000	200,000	67,000	250,000	84,000	200,000	68,000	150,000	50,000	835,000	281,000
1-3세세부	35,000	12,000	250,000	83,000	350,000	118,000	350,000	117,000	300,000	100,000	1,285,000	430,000
1-4세세부	25,000	8,000	150,000	50,000	150,000	50,000	150,000	50,000	100,000	33,000	575,000	191,000
2세부과제	140,000	47,000	1,150,000	385,000	1,350,000	450,000	1,350,000	450,000	1,080,000	360,000	5,070,000	1,692,000
2-1세세부	30,000	10,000	300,000	100,000	350,000	116,000	350,000	115,000	250,000	83,000	1,280,000	424,000
2-2세세부	30,000	10,000	300,000	100,000	400,000	133,000	300,000	100,000	250,000	83,000	1,280,000	426,000
2-3세세부	30,000	10,000	250,000	85,000	250,000	84,000	250,000	84,000	230,000	77,000	1,010,000	340,000
2-4세세부	30,000	10,000	150,000	50,000	200,000	67,000	250,000	84,000	250,000	83,000	880,000	294,000
2-5세세부	20,000	7,000	150,000	50,000	150,000	50,000	200,000	67,000	100,000	34,000	620,000	208,000
3세부과제	140,000	47,000	1,100,000	370,000	1,150,000	385,000	1,050,000	350,000	900,000	300,000	4,340,000	1,452,000
3-1세세부	45,000	15,000	350,000	118,000	400,000	135,000	400,000	135,000	300,000	100,000	1,495,000	503,000
3-2세세부	45,000	15,000	350,000	118,000	350,000	117,000	350,000	115,000	300,000	100,000	1,395,000	465,000
3-3세세부	30,000	10,000	250,000	84,000	250,000	83,000	200,000	67,000	200,000	67,000	930,000	311,000
3-4세세부	20,000	7,000	150,000	50,000	150,000	50,000	100,000	33,000	100,000	33,000	520,000	173,000

4세 부과제	70,000	24,000	210,000	70,000	2,540,000	850,000	2,140,000	715,000	210,000	70,000	5,170,000	1,729,000
4-1세세부	20,000	10,000	70,000	27,000	2,240,000	750,000	1,890,000	630,000	80,000	27,000	4,300,000	1,444,000
4-2세세부	30,000	7,000	90,000	27,000	200,000	67,000	170,000	57,000	80,000	27,000	570,000	185,000
4-3세세부	20,000	7,000	50,000	16,000	100,000	33,000	80,000	28,000	50,000	16,000	300,000	100,000
합계	490,000	65,000	3,360,000	1,125,000	6,140,000	2,055,000	5,540,000	1,850,000	2,270,000	990,000	18,500,000	6,185,000

## 2. 세부과제 연차별 소요예산

### 가. 1세부과제(정부출연금)

(단위 : 천원)

예산항목	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)	
	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가			
	금액		금액		금액		금액		금액				
미지급 인건비	책임급	12	5,000	14	5,000	14	5,000	14	5,000	14	5,000	340,000	8.67
			60,000		70,000		70,000		70,000		70,000		
지급 인건비	책임급	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	0.00
	선임급	4	3,000	12	3,000	12	3,000	12	3,000	12	3,000	156,000	3.98
	원급	4	2,500	24	2,500	28	2,500	24	2,500	20	2,500	250,000	0.00
			10,000		60,000		70,000		60,000		50,000		
	보조원	16	1,800	80	1,800	90	1,800	78	1,800	68	1,800	597,600	15.24
		28,800		144,000		162,000		140,400		122,400			
인건비소계		50,800		240,000		268,000		236,400		208,400	1,003,600	25.60	
장비 재료비	기자재/ 시설비		-		-		-		-		-		
	재료/ 전산 처리비		4,000		28,800		35,200		32,000		28,800	128,800	20.89
	시작품 제작비		-		160,000		210,000		180,000		140,000	690,000	
연구 활동비	국외 여비		7,000		22,000		36,000		36,000		18,000	119,000	8.49
	수용비/ 수수료		1,200		10,600		13,800		14,400		9,600	49,600	
	기술 정보 활동비		2,400		28,800		57,600		56,320		19,200	164,320	
연구 과제 추진비	국내 여비		12,000		48,000		60,000		60,000		40,000	220,000	13.16
	사무 용품비		1,440		28,800		28,800		28,800		22,920	110,760	
	회의비		2,400		30,000		28,800		28,800		26,400	116,400	
	과제 관련 식대		1,600		16,000		19,200		16,000		16,000	68,800	
연구수당		22,160		62,000		67,600		61,280		55,680	268,720	6.86	
직접비소계 (인건비제외)		54,200		435,000		557,000		513,600		376,600	1,936,400	49.04	
간접비		35,000		225,000		275,000		250,000		195,000	980,000	25.00	
인건비+직접비+간접비소계		140,000		900,000		1,100,000		1,000,000		780,000	3,920,000	100.00	
소계		-		-		-		-		-	-	-	
위탁연구개발비		-		-		-		-		-	-	-	
합계		140,000		900,000		1,100,000		1,000,000		780,000	3,920,000		

나. 2세부과제(정부출연금)

(단위 : 천원)

예산항목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)	
		인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가			
		금액		금액		금액		금액		금액				
미지급 인건비	책임급	10	5,000	15	5,000	15	5,000	15	5,000	15	5,000	350,000	6.90	
			50,000		75,000		75,000		75,000		75,000			
지급 인건비	책임급	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	0.00	
	선임급	5	3,000	15	3,000	20	3,000	20	3,000	10	3,000	210,000	4.14	
	원급	5	2,500	30	2,500	30	2,500	30	2,500	30	2,500	312,500	0.00	
				12,500		75,000		75,000		75,000		75,000		
	보조원	14	1,800	95	1,800	100	1,800	100	1,800	85	1,800	709,200	13.99	
			25,200		171,000		180,000		180,000		153,000			
인건비소계			52,700		291,000		315,000		315,000		258,000	1,231,700	24.29	
장비 재료비	기자재/ 시설비		-		-		-		-		-			
	재료/ 전산 처리비		4,000		36,740		46,680		46,680		33,000	167,100	20.16	
	시작품 제작비		-		165,000		240,000		240,000		210,000	855,000		
연구 활동비	국외 여비		7,000		54,000		60,000		60,000		36,000	217,000	9.74	
	수용비/ 수수료		920		9,600		12,000		12,000		9,600	44,120		
	기술 정보 활동비		2,400		57,600		62,400		62,400		48,000	232,800		
연구 과제 추진비	국내 여비		12,000		96,000		104,000		104,000		80,000	396,000	14.56	
	사무 용품비		1,440		28,800		37,440		37,440		28,800	133,920		
	회의비		2,400		34,560		39,380		39,380		24,000	139,720		
	과제 관련 식대		1,600		16,000		17,600		17,600		16,000	68,800		
연구수당			20,540		73,200		78,000		78,000		66,600	316,340	6.24	
직접비소계 (인건비제외)			52,300		571,500		697,500		697,500		552,000	2,570,800	50.71	
간접비			35,000		287,500		337,500		337,500		270,000	1,267,500	25.00	
인건비+직접비+간접비소계			140,000		1,150,000		1,350,000		1,350,000		1,080,000	5,070,000	100.00	
소계			-		-		-		-		-	-	-	
위탁연구개발비			-		-		-		-		-	-	-	
합계			140,000		1,150,000		1,350,000		1,350,000		1,080,000	5,070,000		

다. 3세부과제(정부출연금)

(단위 : 천원)

예산항목		1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)
		인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가		
		금액		금액		금액		금액		금액			
미지급 인건비	책임급	12	5,000	16	5,000	16	5,000	14	5,000	14	5,000	360,000	8.29
		60,000		80,000		80,000		70,000		70,000			
지급 인건비	책임급	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	0.00
	선임급	4	3,000	16	3,000	16	3,000	12	3,000	12	3,000	180,000	4.15
	원급	4	2,500	28	2,500	32	2,500	28	2,500	20	2,500	280,000	0.00
		10,000		70,000		80,000		70,000		50,000			
	보조원	16	1,800	82	1,800	90	1,800	76	1,800	72	1,800	604,800	13.94
		28,800		147,600		162,000		136,800		129,600			
인건비소계		50,800		265,600		290,000		242,800		215,600		1,064,800	24.53
장비 재료비	기자재/ 시설비												
	재료/ 전산 처리비	4,000		35,200		35,200		29,740		29,740		133,880	18.64
	시작품 제작비			165,000		165,000		210,000		135,000		675,000	
연구 활동비	국외 여비	7,000		54,000		54,000		36,000		36,000		187,000	10.03
	수용비/ 수수료	1,200		9,600		9,600		9,600		9,540		39,540	
	기술 정보 활동비	2,400		57,600		57,600		48,000		43,200		208,800	
연구 과제 추진비	국내 여비	12,000		96,000		96,000		80,000		80,000		364,000	15.23
	사무 용품비	1,440		28,080		30,540		28,800		28,800		117,660	
	회의비	2,400		28,800		34,560		24,000		24,000		113,760	
	과제 관련 식대	1,600		16,000		16,000		16,000		16,000		65,600	
연구수당		22,160		69,120		74,000		62,560		57,120		284,960	6.57
직접비소계 (인건비제외)		54,200		559,400		572,500		544,700		459,400		2,190,200	50.47
간접비		35,000		275,000		287,500		262,500		225,000		1,085,000	25.00
인건비+직접비+ 간접비소계		140,000		1,100,000		1,150,000		1,050,000		900,000		4,340,000	100.00
소계													
위탁연구개발비													
합계		140,000		1,100,000		1,150,000		1,050,000		900,000		4,340,000	

라. 4세부과제(정부출연금)

(단위 : 천원)

예산항목	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)	
	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가	인력 MM	단가			
	금액		금액		금액		금액		금액				
미지급 인건비	3	5,000	3	5,000	6	5,000	6	5,000	3	5,000	105,000	2.03	
책임급	15,000		15,000		30,000		30,000		15,000				
지급 인건비	책임급	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	3,500	-	0.00
	선임급	3	3,000	3	3,000	6	3,000	6	3,000	3	3,000	63,000	1.22
	원급	-	2,500	9	2,500	9	2,500	9	2,500	9	2,500	90,000	0.00
		-		22,500		22,500		2,500		22,500			
	보조원	10	1,800	12	1,800	15	1,800	12	1,800	14	1,800	113,400	2.19
	18,000		21,600		27,000		21,600		25,200				
인건비소계	27,000		53,100		67,500		62,100		56,700		266,400	5.15	
장비 재료비	기자재/ 시설비	-		-		1,700,000		1,400,000		-		3,100,000	61.40
	재료/ 전산 처리비	1,500		16,200		19,800		24,750		12,000		74,250	
	시작품 제작비	-		-		-		-		-		-	
연구 활동비	국외 여비	9,000		13,500		20,000		20,000		13,500		76,000	3.77
	수용비/ 수수료	720		2,040		2,240		2,330		1,920		9,250	
	기술 정보 활동비	1,800		27,000		27,000		27,000		27,000		109,800	
연구 과제 추진비	국내 여비	1,500		9,000		18,000		18,000		9,000		55,500	3.24
	사무 용품비	1,080		8,640		12,960		12,960		8,640		44,280	
	회의비	900		10,800		10,800		12,240		10,800		45,540	
	과제 관련 식대	600		3,600		7,200		7,200		3,600		22,200	
연구수당	8,400		13,620		19,500		18,420		14,340		74,280	1.44	
직접비소계 (인건비제외)	25,500		104,400		1,837,500		1,542,900		100,800		3,611,100	69.85	
간접비	17,500		52,500		635,000		535,000		52,500		1,292,500	25.00	
인건비+직접비+간접비소계	70,000		210,000		2,540,000		2,140,000		210,000		5,170,000	100.00	
소계	-		-		-		-		-		-	-	
위탁연구개발비	-		-		-		-		-		-	-	
합계	70,000		210,000		2,540,000		2,140,000		210,000		5,170,000		

### 3. 주요 TASK별 상세 소요예산

세부	공동과제명		주요 TASK		참여인력(명)					주요 장비 및 시작품			인건비 (참여율10 0%기준)	직접비 (연구활동 비, 연구수 당포함)	간접비 ((인건비+ 직접비) x 20%기준)	연구비 계
					책임급	선임급	원급	보조원	계	장비 및 시작품 내역	단가 (백만원 )	개수				
1세부	1-1	지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발	1	초경량 연성 막 개폐식 구조시스템 연구	6	7	12	53	78	연성개폐 모형 제작비	5	10	121	255	125	501
				전개모형 실험체 제작비	10	7										
			2	지능형 강성 개폐식 구조시스템 연구	6	7	12	55	80	능동형제어 시험체 제작비	20	2	125	230	127	482
				수동형제어 시험체 제작비	20	2										
	소계				12	14	24	108	158				246	485	252	983
	1-2	가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안	1	개폐식 구조시스템 해석기법 연구	9	11	18	62	100	소프트웨어 (Visual studio, C, C#)	30	1	173	351	175	699
				연성시스템 해석라이브러리 개발비	20	2										
			2	강성 개폐식 구조시스템 형상제어 및 최적화	6	7	12	52	77	구조해석전용프로그램	30	1	177	349	173	699
				최적화 해석 라이브러리 개발비	20	1										
	소계				15	18	30	114	177				350	700	348	1398
	1-3	연성/강성 개폐식 구조물설계 통합 소프트웨어 개발	1	연성 개폐식 전용 설계 소프트웨어 연구	6	8	12	43	69	연성시스템 상용해석프로그램	20	2	133	247	127	507
				제어상태 해석 라이브러리 개발비	20	3										
			2	개폐식 구조물 통합 설계 소프트웨어 연구	6	7	12	42	67	통합설계 데이터베이스 개발비	20	3	122	256	124	502
				통합설계 플랫폼 GUI개발비	30	2										
	소계				12	15	24	85	136				255	503	251	1009
	1-4	개폐상태를 고려한 친환경설계 기술개발	1	개폐환경 최적설계 및 친환경 에너지 활용 연구	9	12	20	74	115	에너지분석 소프트웨어	20	1	145	300	145	590
최적환경 측정모형 제작비				30	1											
2			개폐식 대공간 구조물의 환경설계 소프트웨어	6	7	14	54	81	CFD 시뮬레이션 프로그램	25	1	110	200	110	420	
			환경설계 프로그램 개발비	20	1											
소계				15	19	34	128	196				255	500	255	1010	
세부과제 연구비 계					54	66	112	435	667				1106	2188	1106	4400

세부	공동과제명		주요 TASK		참여인력(명)					주요 장비 및 시작품			인건비 (참여율10 0%기준)	직접비 (연구활동 비, 연구수 당포함)	간접비 (인건비+ 직접비) x 20%기준)	연구비 계
					책임급	선임급	원급	보조원	계	장비 및 시작품 내역	단가 (백만원 )	개수				
2세부	2-1	연성 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	1	연성개폐구조물 제어 및 구동장치 연구	9	10	17	58	94	연성 막 주행 시스템 모형	4	7	208	408	184	800
				실험체 제작비						8	4					
		2	연성 개폐식 스마트 통합 구동시스템 개발 연구	7	7	12	46	72	트롤리 제어/구동시스템 제작비	25	3	182	357	161	700	
			연성제어시스템 내장소프트웨어						7	4						
	소계				16	17	29	104	166				390	765	345	1500
	2-2	강성 개폐구동기구 및 제어시스템 개발	1	강성개폐 구조물의 제어 및 구동장치 연구	9	10	17	55	91	강성구조 주행시스템 모형	4	6	207	407	186	800
				실험체 제작비						8	4					
			2	강성 개폐식 스마트 통합구동 시스템 개발	6	7	14	52	79	제어구동 시스템 제작비	30	3	184	359	157	700
					강성제어시스템 내장소프트웨어						7	4				
	소계				15	17	31	107	170				391	766	343	1500
	2-3	강성 및 연성 개폐구조시스템 의 Erection 기법 개발	1	연성개폐식 구조물 시공기법 해석 연구	6	7	12	36	61	연성구조전용 해석 프로그램	8	2	182	357	161	700
				시공해석 인터페이스 프로그램 개 발비						6	4					
			2	강성개폐식 구조물의 자동화 시공연구	9	9	17	55	90	자동화 시스템 개발비	7	4	207	407	186	800
					시공기법용 실험체 제작비						25	3				
	소계				15	16	29	91	151				389	764	347	1500
	2-4	개폐식 구조물의 시공기법 및 최적모듈 개발	1	강성 개폐식 구조물 모듈화 시스템 연구	6	8	12	46	72	모듈화 시험체 제작비	6	8	185	360	155	700
										25	3					
	소계				6	8	12	46	72				185	360	155	700
	2-5	경량 및 친환경 신소재 외피구조 적용기술 개발	1	강성 개폐식 재료특성 연구	9	11	17	59	96	재료특성 실험체 모형 및 제작비	5	8	208	408	184	800
										경량 클래딩 시험체 제작비	8	6				
	2						0								0	
소계				9	11	17	59	96				208	408	184	800	
세부과제 연구비 계					61	69	118	407	655				1563	3063	1374	6000

세부	공동과제명		주요 TASK		참여인력(명)					주요 장비 및 시작품			인건비 (참여율10 0%기준)	직접비 (연구활동 비, 연구수 당포함)	간접비 (인건비+ 직접비) x 20%기준)	연구 비계
					책임급	선임급	원급	보조원	계	장비 및 시작품 내역	단가 (백만원 )	개수				
3세부	3-1	자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기 술 개발	1	대공간 구조물과 진동제어장치의 동시 최적설계 프로그램	1	1	1	4	7	소프트웨어 (Visual C++, Matlab)	30	2	152	127	102	441
			2	경량 대공간 구조물을 위한 인장저항성능을 보유한 스마트 면진시스템	1	1	2	5	9	실험체 제작비	30	5				
				소계	2	2	3	9	16				356	297	238	1,201
		3-2	ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기 술 개발	1	ICT기반의 모니터링장치	1	1	2	4	8	광섬유센스 계측장치	5	10	219	182	146
										GPS수신기 및 안테나 등	10	5				
									데이터 로거	10	3					
	2		ICT기반의 자가 진단장치	1	1	2	4	8	광섬유센스 계측장치	5	10	182	152	122	586	
									가속도계	5	10					
									A/D 모드	5	4					
			소계	2	2	4	8	16				401	334	268	1,263	
	3-3	환경 및 설비시스템 통합제어기 술	1	환경변화 모니터링을 위한 스마트 센싱장치	1	1	1	4	7	열, 빛 계측 센서	5	8	183	152	122	557
											GPS수신기 및 안테나 등	10				
										데이터 로거	10	2				
		2	스마트 환경설비 시스템 통합제어 장치	1	1	2	4	8	전력관리 장치	10	2	219	182	146	607	
									냉난방관리 장치	20	2					
			소계	2	2	3	8	15				402	335	268	1,164	
	3-4	개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발	1	ICT기술 기반의 최적 조명/음향 운영 시스템	1	1	1	4	7	전력관리 장치	10	2	183	152	122	517
											조명관리 장치	10				
										음향관리 장치	10	2				
				소계	1	1	1	4	7				183	152	122	517
세부과제 연구비 계					7	7	11	29	54				1,342	1,119	895	4,146

세부	공동과제명		주요 TASK		참여인력(명)					주요 장비 및 시작품			인건비 (참여율10 0%기준)	직접비 (연구활동 비, 연구수 당포함)	간접비 (인건비+ 직접비) x 20%기준)	연구비 계		
					책임급	선임급	원급	보조원	계	장비 및 시작품 내역	단가 (백만원 )	개수						
4세부	4-1	파일럿 프로젝트	1	연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트		8	12	32	52	설계비	1,500	1	112	1,500	403	2,015		
										공사비	200	1		200	50	250		
	소계					16	24	64	104				112	1,500	453	2,265		
	4-2	대공간 건축물 기술표준 개발	1	개폐식 구조물 구조설계기준		4	8	22	34	기술정보활동비	150	1	72	150	55	277		
					2	개폐식 구조물 시공지침서		2	4	11	17	기술정보활동비	100	1	36	100	34	170
							3	개폐식 구조물 유지관리 지침서		2	4	11	17	기술정보활동비	100	1	36	100
	소계					8			16	44	68				143	350	123	617
	4-3	대공간 건축물의 비즈니스 모델 개발	1	복합 비즈니스 모델		4	4	15	23	기술정보활동비	200	1	49	200	62	311		
					소계					4	4	15	23				49	200
	세부과제 연구비 계						16	24	64	104				415	5,050	1,366	6,832	
연구단 운영경비 계					122	158	265	935	1,480				4,426	11,420	4,741	21,378		
총연구비 합계					122	158	265	935	1,480				4,426	11,420	4,741	21,378		

# 7장 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

## 1절 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대공간 구조물에 최첨단 개폐 시스템을 결합한 ‘개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발’을 통하여 기술자립화 실현 및 기술경쟁력 확보로 개발도상국 건설시장에서의 국가 경쟁력 우위 차지</li> <li>○ 본 과제를 통하여 개발하고자 하는 기술의 빠른 국내외 시장진출을 위하여 우선적으로 경간 30m~60m인 중소규모의 개폐식 대공간 건축물을 대상으로 관련 기술의 연구개발 및 실증적 연구를 수행하고, 중소규모 개폐식 대공간 건축물 기술을 바탕으로 최종적으로 "100m급 개폐식 대공간 건축물의 설계 및 시공기술 개발"을 연구목표로 함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1세부과제: 개폐식 대공간 건축물의 GUI기반 통합설계 소프트웨어 개발(기존 설계 대비 M/M의 30% 절감)</li> <li>- 2세부과제: 하이브리드 개폐 구동시스템 개발 및 국산화(수입대체 효과로 제작비용의 20% 절감)</li> <li>- 3세부과제: 개폐식 대공간 건축물의 스마트 제어 및 모니터링 핵심기술 개발(기존 유지관리비용 대비 20% 절감)</li> <li>- 4세부과제: 파일럿 프로젝트 구현(개폐구간 100M 이상의 연성 개폐 구조물 시공) 및 기술표준화(구조설계기준 및 시공지침서 공시)</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="209 1599 384 1686">□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국, 일본, 독일 등의 국가에서는 관람객 3만명 이상의 대규모 대공간 건축물에 대부분이 개폐식 지붕구조를 적용하여 건설</li> <li>○ 국내에 건설된 완전 개폐식 대공간 건축물은 거의 전무하며, 기술 선진국의 관련 시장선점으로 국내기술의 해외기술 의존 및 종속과 막대한 로열티 지급</li> <li>○ 건설분야에 대한 국가경쟁력 향상, 일자리 창출을 위하여 건설</li> </ul>

기술과 ICT 기술의 융복합을 통한 건설분야 신기술, 고부가가치 기술 개발 그리고 건설기술에 대한 새로운 가치 창출이 필요

- 뛰어난 시공능력과 건설기술을 바탕으로 해외 건설시장에서 수주를 하고 있으나 고부가가치 엔지니어링 기술은 해외 선진국 기술에 의존하고 있음
- 서남아시아, 중동 지역의 개폐식 대공간 건축물의 건설 예정 (2022 카타르 도하 월드컵)
- 국내에 건설된 완전 개폐식 대공간 건축물은 거의 전무한 실정이므로 해당 분야에 대한 기술 선진국의 시장선점(독점)으로 야기되는 국내 기술의 해외기술 의존 및 종속 그로 인하여 막대한 로열티 지급이 발생함에 따라 관련분야 핵심기술의 개발이 시급한 실정임
- 대공간 건축물분야의 최고기술국은 미국(98.7%)이며 일본(89.9%) 및 독일(87.4%), 영국(85.2%)이 그 뒤를 따름. 한국(67.6%)은 중국(68.8%)에도 기술수준이 뒤져있는 상황임
- 대공간 건축물 분야의 기술 선진국인 미국, 일본 등은 성숙기이나 한국은 아직 성장기로서 추격형 기술임(국토교통 기술수준조사 보고서, 2013)

□ 기술동향

- 선행된 ‘대공간 구조물의 설계 및 시공기술(2006. 9 ~ 2011.12)’을 개폐식 대공간 건축물 건설기술의 기초자료로 활용 및 연계
- 국내 대공간 구조물 관련 전문학술단체 전문가 및 엔지니어링 실무자 집단을 이용한 설문조사결과
  - 국내에 적절한 개폐식 대공간 건축물의 경간규모로 100m 이상이 41%로 가장 많은 의견을 제시
  - 국내 전문가들의 견해에 따르면 스패이 작은 경우에 대한 구조시스템의 인식이 낮은 편
  - 개폐식 시스템에 가장 적합한 구조로서 강(래티스) 구조가 차지
  - 개폐식 구조물로서 연성구조물 형태보다 강성구조물 형태의 역할과 기능이 우수한 것으로 조사됨

- 관련 구조기술수준에 대해서 시급히 보완 및 개발해야할 사항
  - 1순위 : 구동시스템 요소기술
  - 2순위 : 전문인력 확보
  - 3순위 : 해석방법 요소기술
  - 4순위 : 부재설계 요소기술
  
- 미국, 일본 및 한국의 대공간 건축물 관련 특허를 조사한 결과, 한국의 대공간 관련 특허 건은 일본의 13.9%, 미국의 44.3% 수준으로써 절반에도 미치지 못 함
  
- 국내 대공간 건축물 관련 특허를 전망해 보면, 향후 약 15~20년 동안은 특허수가 많이 증가할 것으로 예상되며 그 후로는 감소하는 경향을 보일 것으로 예측됨
  - 분석 결과를 볼 때, 미국 및 일본 등과의 기술격차를 해소하기 위해서는 원천기술에 대한 연구 및 연구결과의 실용화에 대한 상당한 노력이 필요함
  - 이미 독일 등에서 시장을 선점하고 있는 연성 막 개폐식 구조물 관련 기술은 실용화 기술을 도입하여 기술력을 끌어올리는 레드오션 전략으로, 일본, 미국 등에서 기술경쟁력을 갖고 있는 강성 개폐식 구조물 관련 기술은 통합설계기법을 도입하여 기술경쟁력을 갖는 블루오션 전략으로 집중 연구되어야 함
  
- 연구인력 인프라의 구축과 요소기술 개발을 통한 고급기술의 확보가 선행되어야 하며, 장기적으로는 100m 이상의 대규모 개폐식 대공간 건축물을 건설할 수 있는 국내 기술력 확보 그리고 단기적으로는 중소규모 연성 막 개폐 구조물 건설할 수 있는 단기 목표지향적인 기술개발이 필요함
  
- 개폐식 대공간 건축물관련 기술 선진국과 비교하여 국내 기술력이 하위 50%에 해당한다는 설문조사 결과를 볼 때, 기술 개발 및 연구가 매우 시급한 것으로 판단됨

### 3. 연구개발내용

#### □ 세부과제별 연구내용

[1세부과제] 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발

1-1 시스템: 지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템 개발

- 연성 및 강성방식 개폐/전개메커니즘과 전개과정특성 분석연구

- 달림/들림형 케이블 지지시스템의 개선 연성 막 개폐시스템 개발
- 초경량 막 재료를 이용한 전개/개폐식 구조시스템의 개발과 분석
- 능동제어가 가능한 자기평형 전개메커니즘 분석 및 시스템 개발
- 지능형 강성 개폐식 구조시스템 설계 및 해석 알고리즘 개발

1-2 해석/최적화: 가변/개폐식 구조물 구조해석 및 최적화방안

- 스포크-휠 구조 지지기반 개폐 막구조의 지지구조 해석 프로그램
- 이동형/회전형 강성개폐 시스템의 구동 시뮬레이션 해석프로그램
- 가변/전개 개폐 구조의 기본모듈 설계 및 안정해석 프로그램
- 가변/전개 구조시스템의 최적중량 및 최적형상 능동제어 프로그램

1-3 통합설계: 연성/강성 개폐식 구조물설계 통합소프트웨어 개발

- 연성 막 개폐의 접힘/묶음상태 시뮬레이션과 제어메커니즘 분석
- 가변/개폐 상태를 고려한 막 재단도 및 연결부 설계 프로그램
- 스포크-휠 시스템기반의 개폐식 구조물 설계 프로그램
- 개폐상태를 고려한 능동/수동형 형상 및 형태제어 설계 프로그램
- 개폐/전개식 지붕구조의 환경/구조/디자인 통합설계 플랫폼 기술

1-4 계획/환경: 개폐상태를 고려한 친환경설계기술 개발

- 개폐상태에 따른 실내공간 환경 및 설비 최적설계 프로그램
- 에너지 절감을 위한 태양열 활용 계획/환경 설계기술
- 곡면형상 개폐식 외피구조 설계를 위한 파라메트릭 디자인 기술
- 개폐상태를 고려한 최적 계획/환경 프로세스 기술개발

※ 「지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발」 과제는 개폐식 건축물 핵심기술 중 설계기술의 자립화와 국제경쟁력 확보를 도모하기 위한 융합 및 통합설계기술에 관한 연구개발 과제로서 연성막재패널, 강성패널 및 가변/전개식 개폐구조물의 자동모델링 및 해석/설계가 가능한 소프트웨어를 개발하는 것이 최종연구목표이며, 열/풍/음 환경을 고려한 최적 환경설계기술을 개발하고 ICT기반 통합설계기술에 적용하여 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술 확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조시스템의 해석/설계 통합프로그램 개발로 특화하여 단기 성과형 기술과제를 달성하도록 한다.

## [2세부과제] 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

### 2-1 연성 막 개폐 구동장치 및 제어시스템 개발

- 연성 막 뭉치 이동 트롤리 기구 메커니즘 분석 및 안정화 연구
- 접힘/묶음 막 스패닝을 위한 트렉터 및 Locking 시스템 개발
- 연성 재료 개폐식 구조의 제어를 위한 통합형 구동시스템 개발
- 케이블구조기반 연성 개폐시스템의 프리스트레스 메커니즘 연구
- 장력조절 알고리즘을 이용한 자동 프리스트레스 제어 시스템 개발

### 2-2 강성 개폐식 구동장치 및 제어시스템 개발

- 강성 프레임형 개폐식 구조의 Lock-pin wheel Bogie 시스템 분석
- 이동형 강성 구동기구/장치 및 제어장치
- 회전형 강성 구동기구/장치 및 제어장치
- Lock-pin wheel Bogie의 구동 프로세스와 제어시스템
- ICT기반의 Smart Lock-pin wheel Bogie 구동/제어 시스템 개발

### 2-3 연성 및 강성 개폐구조물의 Erection 및 시공기법 개발

- 연성 일방향 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발
- 연성 중심형 개폐구조 시스템 특성 분류 및 Erection기법 개발
- 강성 이동형 개폐구조 시스템 특성 분류
- 강성 회전형 개폐구조 시스템 특성 분류
- 개폐식 구조시스템의 자동화 Robotics Erection 기법 개발

### 2-4 개폐식 구조물의 시공기법 및 최적모듈화 개발

- 스포크 휠 구조기반 연성 막 개폐시스템의 시공기법 및 지침 개발
- 연성 막 개폐시스템의 구동장치 모듈화 및 표준화 기술개발
- 강성 개폐시스템의 단위모듈 조립형 시공기술 프로세스 연구
- 최적시공기법 기술 및 구조형상 조절기법 개발
- 시공프로세스 혁신을 통한 Value Engineering 최적 프로세스 개발

### 2-5 경량 및 친환경 신재료 외피구조 적용기술 개발

- 접힘/묶음 막의 개폐상태 분석과 재료구성의 특성에 관한 분석연구
- 초경량 막 재료(ETFE)의 개폐시스템 외피구조 활용방법에 관한 연구
- 개폐식 구조시스템에 적용 가능한 고성능 신재료의 특성분석
- FRP/GFRP를 이용한 개폐시스템의 경량 신재료 적용기술 개발
- 에너지 절감형 재료를 이용한 개폐시스템 외피구조 적용기술 개발

※ 「하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발」 세부과제는 개폐식 건축물 핵심기술 중 통합제어/구동 시스템 및 시공프로세스에 대한 연구과제로서 기계적 특성을 고려한 구조물 개폐를 실현화하여 고급기술 자립과 국제경쟁력 확보를 도모한다. 본 과제는 구동시스템 및 Erection기법과 같은 시공방법에 대한 프로세스를 개발하는 것이며, Smart Lock-pin wheel 및 개폐구조의 이동 및 통합 트롤리 시스템을 개발하는 것과, 연성 및 강성 구조시스템의 개폐 특성에 따른 Erection기법 및 시공프로세스를 개발하여 설계표준화와 시공표준화를 도모하는 것이 최종연구목표이며, ICT기술을 통합한 것과 개폐 특성이 고려된 Erection의 기술개발로 기존의 연구와 차별을 두어 해당 기술을 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술 확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조 시스템의 구동 및 스페닝 시스템을 특화하여 단기 전략형 기술성과를 달성한다.

### [3세부과제] 스마트 제어/모니터링 핵심기술 개발

#### 3-1 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술 개발

- 태풍/지진 피해를 저감을 위한 개폐식 지붕구조 최적설계 기술
- 대공간 구조물과 진동제어장치의 동시/최적 구조설계 프로그램 개발
- 지붕구조시스템 맞춤형 스마트 하이브리드 진동제어장치 개발
- 경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진시스템 개발

#### 3-2 ICT기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술 개발

- 개폐식 대공간 건축물의 건전도 평가시스템 개발
- ICT기반의 안전성 모니터링 및 자가 진단장치 개발
- 지붕 개폐장치 구동시 건전도 모니터링 및 제어시스템 개발
- 임베디드 마이크로 프로세서 및 무선통신 기반의 지능형 스마트 센서 장치 개발

#### 3-3 환경 및 설비시스템 통합제어기술

- 대공간 구조물 에너지 사용량 분석 및 에너지 저감 기술개발
- 지열/태양열 등 그린에너지의 대공간 건축물 적용 기술개발
- 실내외 열,풍,음 환경변화 모니터링을 위한 스마트 센서 기술개발
- 적응형 스마트 환경설비 시스템 통합제어 기술개발

### 3-4 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술 개발

- 개폐식 대공간 건축물의 운영 및 유지관리 비용 분석
- ICT기술 기반의 최적 조명/음향/냉난방 운영 시스템 개발
- 개폐식 대공간건축물의 운영 및 유지관리 점검 매뉴얼 개발

※ 「스마트제어/모니터링 핵심기술 개발」은 자연재해에 의한 구조물의 안전성 및 지붕개폐시 안정성 향상을 위한 기술을 확보하는 것으로 개폐식 대공간 건축물의 기술 경쟁력 확보를 위한 핵심기술을 확보하고 이를 통하여 해외 건설시장의 수주를 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위한 연구개발 과제로서 자연재해에 대한 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술, ICT 기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술, 환경 및 설비시스템 통합제어기술, 개폐시스템 최적운영 및 유지관리 기술을 개발한다.

### [4세부과제] 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화

4-1 파일럿 프로젝트 : 개폐식 대공간 건축물 건설기술 과제를 통하여 개발된 기술의 검증 및 보완을 위한 대상 건축물 시공

- 개폐 구간 100M 이상의 연성 막 개폐식 구조물 시공

4-2 기술표준화: 개발된 기술의 실무 적용성을 높이기 위한 설계 및 시공관련 기술의 기준(안) 및 지침서(안) 제시

- 개폐식 대공간 건축물 구조설계 기준(안) 제시
- 개폐식 대공간 건축물 시공 및 유지관리 등 기술관련 지침서

4-3 비즈니스모델 개발: 개폐식 대공간 건축물의 건설 후에 시설물의 경제적 타당성을 높이기 위한 새로운 비즈니스 모델 개발

- 기존 대공간 구조물의 사용현황 및 법적 근거 분석
- 사용성 및 경제성을 근거한 새로운 비즈니스 모델 개발

※ 「개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화」 연구는 개폐식 대공간 건축물에 있어서 각 세부연구과제에서 개발된 통합설계기술, 구조안전성 모니터링 및 스마트 구조제어기술, 개폐 특성을 고려한 시공기술, ICT기반의 첨단운영 및 유지관리 기술 등의 실질적인 적용성을 검증하며 개발된 기술의 실무 적용성을 높이기 위하

여 기술 표준화를 도모한다.

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략 ○ 본 연구에서는 ‘개폐식 대공간 건축물 건설기술 개발’을 목표로 크게 3단계로 구성하고 기술표준화를 시도한다.
- 1단계 : [요소기술 개발 및 기반구축],
  - 2단계 : [설계, 구조제어, 시공, 유지관리 분야의 전략적 핵심기술 개발],
  - 3단계 : [테스트베드를 통한 실증적 연구]
  - 4단계: [기술표준화 제시]
- 단계별 연구진행을 기본 추진방안으로 하며 개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 국제경쟁력 강화를 최종목표로 함



- 1단계 요소기술 개발 및 기반구축 : 1차년도, 2차년도
  - 개폐식 대공간 건축물의 건설에 요소기술의 분석 및 개발을 통하여 실제 적용가능한 핵심기술 개발에 기반을 구축함
  - 개폐식 대공간 건축물의 요소기술을 해외 전문가를 통한 기술자문 또는 공동연구를 통해 관련 요소기술 개발에 기반을 마련함
  - 설계프로세스, 구조제어기술, 시공기술, 유지관리기술에 있어서 각 세부별로 개발된 요소기술들의 우선 순위를 결정하여 핵심기술로의 개발 방안을 마련함
- 2단계 설계, 구조제어, 시공, 유지관리 분야의 전략적 핵심기술개발 : 3차년도, 4차년도
  - 1단계의 요소기술에 있어서 해외건설시장 진출 및 기술경쟁력 강

화를 위한 전략적 핵심기술에 대한 연구를 추진함

- 각 세부별 전략적 핵심기술에 관한 실증적 연구를 위하여 테스트 베드에 대한 기본계획을 수립하여 3단계의 테스트베드 연구에 기초자료를 마련함

○ 3단계 테스트베드를 통한 실증적 연구 : 3차년도, 4차년도, 5차년도

- 각 세부별 전략적 핵심기술의 검증에 위하여 성과물의 테스트베드를 실시. 통합적인 기술검증을 위한 파일럿 프로젝트 계획을 수립하고 시공하여 실질적인 적용성에 관한 연구를 수행함
- 테스트베드 및 파일럿 프로젝트를 통한 연구결과의 분석과 동시에 국제적 기술경쟁력 강화를 위하여 전략적 핵심기술의 개선 및 향상 방안에 대해 연구함

○ 4단계 기술표준화 연구 : 5차년도

- 개발된 기술의 실무적인 차원의 적용성을 높이기 위하여 기준 및 지침서와 같은 기술표준화 제시함

□ 추진체계



○ 대공간 건축물에 대한 산학연 전문가를 중심으로 구성하되, 개폐식 대공간 건축물 건설기술과 관련된 기술, 정책, 경제, 프로그램 연구진 그리고 중소기업 중심의 엔지니어링업체, 설계사무소 등의 종합적인 실무진으로 구성

○ 필요시에는 연구의 전문성 확보 및 기술 자문을 위하여 국외 전문가를 포함한 공동연구 진행

- 기존 대공간 건축물 건설기술 연구성과를 기초로 하여 개폐식 대공간 건축물관련 요소기술 개발, 공통핵심기술 및 경쟁핵심기술 개발을 목표로 함

## 5. 최종성과물

- 주요 [1세부과제] **지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발 최종성과물**
- 지능형 연성 막 개폐 구조시스템
    - 정의 : 초경량 연성 막 개폐형 구조시스템
    - 성능 목표 : 변칭형 연성 막 개폐 통합시스템
  
  - 지능형 강성 개폐 구조시스템
    - 정의 : 개선된 개폐/가변식 구조시스템 개발과 지능형 개폐구조물 구조기술 개발
    - 성능목표 : 기존의 전개/개폐방법의 문제점을 분석하고 고급기술 주도형 구조시스템 기술을 개발
  
  - 전개/개폐식 구조시스템 구조해석 및 최적화 프로그램
    - 정의 : 가변/개폐식 구조물의 고급시뮬레이션기술의 확보와 최적화방안 기술개발
    - 성능목표 : 가변/개폐식 구조의 해석, 구동시뮬레이션 핵심기술 제어, 안정성확보를 고려한 최적화 기술개발
  
  - 개폐식 대공간 건축물의 설계 통합 플랫폼
    - 정의 : 개폐식 구조물의 환경, 제어, 구조, 계획을 모두 고려한 소프트웨어의 개발
    - 성능목표 : 연성 막 및 강성 개폐구조시스템의 환경, 구조, 시공 해석 단위모듈 소프트웨어와 통합플랫폼 개발
  
  - 개폐공간을 고려한 최적 환경설비 설계 프로그램
    - 정의 : 친환경설계를 위한 최적화된 환경 및 설비 설계도구 개발
    - 성능목표 : 친환경설계를 위한 대체에너지 활용기술의 접목과 개폐에 따른 최적 환경설비 설계방법 및 도구 개발

### [2세부과제] 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발

- 스포크 휠 구조기반 접이식 연성 막 개폐시스템
  - 정의 : 연성 막 개폐형 구조물의 통합 구동시스템 및 하이브리드 구동장치 개발
  - 성능목표 : 스포크 휠 구조기반 연성 막 개폐시스템 개발
  
- Smart Lock-pin wheel 통합제어/구동시스템
  - 정의 : 강성 이동/회전형 하이브리드 개폐구동기구 및 ICT기반 Smart 시스템 개발
  - 성능목표 : 강성 개폐식 구동장치 및 통합제어 시스템 개발
  
- 개폐형 구동장치 설계/시공 지침서
  - 정의 : 초경량 외피구조를 적용한 개폐시스템의 개폐방식에 따른 erection 기법 개발
  - 성능목표 : 강성 및 연성 막 개폐 시스템 erection 기법 개발
  
- 개폐식 대공간 건축물의 최적 시공 프로세스
  - 정의 : 개폐식 구조물의 지지구조 및 개폐구조물의 VE 시공기법 개발
  - 성능목표 : 강성 이동/회전형 개폐구조의 최적 시공기법 개발
  
- 초경량 이중막 외피구조 시스템
  - 정의 : 신재료를 이용한 개폐구조물 경량화 및 에너지 절약형 외피구조시스템 개발
  - 성능목표 : 초경량 신재료를 이용한 친환경 외피구조 개발

### [3세부과제] 스마트제어/모니터링 핵심기술 개발

- 하이브리드 진동제어장치
  - 정의 : 지붕구조시스템 맞춤형 하이브리드 진동제어장치
  - 성능목표 : 하이브리드 제어장치의 개폐식 대공간 건축물 적용
  
- 인장저항 면진장치
  - 정의 : 경량 지붕구조시스템을 위한 인장저항 면진장치
  - 성능목표 : 인장저항능력 600kN(EP, 미국), 제작단가 10,000 USD 이하

- 개폐 지붕구조물 구조안전 자가진단 장치 및 프로그램
  - 정의 : 연성 및 강성 개폐식 지붕구조시스템의 구조안전 자가진단 및 건전도 모니터링 프로그램
  - 성능목표 : 개폐식 지붕구조시스템의 특성을 고려한 최적화 구조 안전 모니터링 프로그램

- 지능형 스마트 센서장치
  - 정의 : 경제적인 무선 지능형 스마트 센서장치
  - 성능목표 : 경제적 지능형 스마트 센서 장치의 개발 및 개폐식 대공간 건축물에 적용

**[4세부과제] 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화**

- 개폐식 대공간 건축물 구조설계기준(안)
  - 정의 : 개폐특성을 반영한 대공간 구조물의 구조설계 표준화
  - 성능목표 : 구조설계기준(안)제시 및 공청회를 통한 공시

- 개폐식 대공간 건축물 시공 및 유지관리 지침서
  - 정의 : 개폐방식별 개폐식 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 표준화
  - 성능목표 : 시공 및 유지관리 지침서 제시 및 공청회를 통한 공시

- 연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트
  - 정의 : 연성 막 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트
  - 성능목표: 개폐구간 100M 이상 연성 개폐식 구조물

- 복합 비즈니스 모델
  - 정의 : 개폐식 대공간 건축물의 건설 후 활용성 및 경제성을 높이기 위한 새로운 비즈니스 모델 개발
  - 성능목표: 비즈니스 모델을 통한 기존 및 신축 대공간 구조물의 복합적인 활용방안 제시 및 적용

**6. 활용방안 및 기대효과**

- 활용방안
  - [1세부과제] 지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발
  - 지능형 연성 막 개폐 구조시스템

- 활용방안 : 스포크-휠 기반 운동장 개폐 시스템 적용, 중소규모 중정의 개폐시스템 적용, 옥외시설의 가변개폐시스템 적용, 운동장 및 스타디움과 같은 대공간 건축물의 지붕구조 시스템 적용

○ 지능형 강성 개폐 구조시스템

- 활용방안 : 대공간 구조물의 구조시스템으로 적용, 형상가변형 지붕구조시스템에 활용, 형상제어시스템의 응용

○ 개폐식 구조시스템 구조해석 프로그램

- 활용방안 : 개폐구조시스템의 개폐단계를 고려한 시뮬레이션 및 설계 적용, 가변/전개형 구조물의 설계 적용

○ 개폐공간 환경설계 프로그램

- 활용방안 : 개폐상태를 고려한 설계단계의 환경평가 및 환경설비의 설계에 적용, 구조물의 사용성 개선

**[2세부과제] 하이브리드 구동시스템 및 시공기법 개발**

○ 연성 막 개폐 구동기구

- 활용방안 : 연성 막 개폐시스템의 구동장치에 적용 및 폴딩/번칭형 구조의 기능개선, 대기업 및 중소 엔지니어링 회사에 기술력 확대를 대규모 및 중소 규모의 이벤트 시설에 적극 활용, 해외 프로젝트 적용

○ 강성 스마트 개폐 구동기구

- 활용방안 : 강성 개폐시스템의 이동형 구동장치에 적용 및 회전형 및 가변형 형상에 응용

○ 개폐형 구동장치 설계/시공 지침서

- 활용방안 : 구동장치의 이동성을 고려한 최적의 시공 지침서 제공을 통한 실무차원의 대공간 건축물 건설에 적용

○ 개폐시스템 최적 시공 프로세스

- 활용방안 : 강성 및 연성 개폐 구조물의 시공단계 시뮬레이션에 활용 및 VE개선을 위한 데이터 제공, 국내 건설사 및 전문 엔지니어링 회사의 해외 입찰수주 시 경쟁력 있는 시공기법 전수

- 친환경 신소재 및 초경량 외피구조 적용기술 개발
  - 활용방안 : 이산화탄소 배출을 최소화하고 초경량 외피구조의 적용을 실용화하여 전체 구조물의 중량을 최소화하여 열환경에 최적일 뿐만 아니라 경제적인 공사비의 제시

**[3세부과제] 최적 제어/모니터링 핵심기술 개발**

- 하이브리드 진동제어장치
  - 활용방안 : 연성 및 강성 개폐식 대공간 구조물의 진동제어, 동적 특성 개선, 개폐장치 사용성 개선 등
- 인장저항 면진장치
  - 활용방안 : 경량 지붕구조시스템 뿐만 아니라 스카이브릿지의 낙교방지 면진시스템으로 활용가능
- 개폐 지붕구조물 구조안전 자가진단 장치 및 프로그램
  - 활용방안 : 지진, 풍하중과 같은 자연재해 뿐만 아니라 지붕 개폐시 대형 구조물의 안전성 및 사용성 평가에 활용
- 지능형 스마트 센서장치
  - 활용방안 : 경제성이 높은 보급형 지능형 센서개발로 개폐식 지붕구조시스템 및 일반 구조물의 건전도 모니터링에 활용

**[4세부과제] 개폐식 대공간 건축물 건설 기술의 실용화**

- 개폐식 대공간 건축물 설계기준
  - 활용방안 : 제안된 설계기준의 공청회 등을 실시하고 공시하여 구조설계 기술의 표준화에 활용
- 개폐식 대공간 건축물의 시공 지침서 및 유지관리 지침서
  - 제안된 지침서의 공청회 등을 실시하고 공시하여 시공 및 유지관리 표준화에 활용
- 연성 개폐식 구조물 파일럿 프로젝트
  - 활용방안 : 공원 신설 및 리모델링, 소규모 야외 공연장, 재래시장 지붕개선 사업 등

- 복합 비즈니스 모델
  - 활용방안 : 대공간 구조물의 건설 후 활용성 및 경제성을 높이기 위하여 개발된 비즈니스 모델을 활용

- 개폐식 대공간 건축물의 설계, 시공, 유지관리에 대한 통합적인 기술 확보로 개폐식 대공간 건축물 기술의 국산화 실현

- 개폐식 대공간 건축물 시장에서의 글로벌 기술 경쟁력 확보

- 대공간 구조물 지붕의 최첨단 개폐기술 개발을 통하여 건설, 환경, 기계, 전자 등 관련분야 핵심기술 융복합을 통한 기술시너지 효과

- 국제적으로 선도적인 고부가가치의 엔지니어링 기술 개발

**□ 기대효과**

- 건설기술과 ICT기술 간의 상승적인 조합과 결합을 통한 경제·사회적 파급 및 미래 수요 충족을 위한 창조적 가치를 창출하는 새로운 기술개발

- 국제적으로 추격형 기술인 개폐식 대공간 건축물 건설핵심기술 확보를 통해 기술수입 대체

- 국내 산업체와 인력 활용을 통한 고부가가치의 신성장동력 및 일자리 창출

**7. 연구개발기간 및 소요예산**

- 총 연구개발기간 : 2015.05 ~ 2020.04(5년)
  - 1차년도 연구개발기간 : 2015.05 ~ 2016.04(12개월)
- 총 정부출연금 : 18,500백만원 이내
  - 1차년도 정부출연금 : 500백만원 이내
- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확

## 8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발 계획서를 작성하여야 함
  - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과 반드시 연계·통합하고 활용방안을 구체적으로 계획에 포함
  - 제안된 연구내용 및 연구방법이 타 유사과제와 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되 그 근거를 명확히 해야 함
  - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화 및 가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
  - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
  - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
  - 연구개발 성과물의 목표 및 수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함
  - 연구개발 성과물의 통합적인 검증이 요구되는 파일럿 프로젝트 구현을 위한 구체적인 계획을 제시해야 함
  - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
  - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

## 2절 평가기준

### 1. 평가항목 및 배점

기준항목	세부평가항목	배점
연구진의 기술개발 업적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용에 관한 국내외 논문 건수 <sup>1)</sup>	10점
	세부연구내용에 관한 국내외 특허등록 및 건설 신기술 인증 건수 <sup>2)</sup>	
연구진의 주요실적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용 관련 유사 실무프로젝트 수행실적 건수 <sup>3)</sup>	10점
	세부연구내용 관련 국가 연구개발사업 수행건수 <sup>4)</sup>	
연구컨소시엄 구성의 적정성 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성 <sup>5)</sup>	5점
	산업체 참여비율의 적정성 <sup>6)</sup>	5점
연구제안의 충실도 (25점)	기획결과의 반영 및 RFP 부합성	10점
	계획수립을 위한 조사 분석의 충실도	
	연구범위 및 목표설정의 타당성	10점
	성과목표·지표 설정의 명확성 및 적정성	
	과제평가, 관리 및 운영의 효율성	5점
추진전략의 구체성 (30점)	연구수행, 지원체계 및 인프라 구축의 합리성	15점
	산학연 네트워크 구성 및 국내외 전문가 활용의 구체성	
	목표달성을 위한 과제추진계획의 적정성 ※ 인력, 일정, 비용에 대한 계획	
	독창적인 과제제안 등 추진전략의 차별성	
	연구결과의 활용 계획의 구체성	15점
	파일럿 프로젝트 계획의 구체성	
연구책임자의 수행역량 (15점)	연구책임자의 연구수행체계 관리능력, 전문성 및 주요업적	15점
	연구책임자의 공모과제 관련 국가연구개발사업 수행실적	
<b>부합성 평가</b>	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치	
<b>중복성 평가</b>	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치	

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

※ 세부연구내용의 범위

구분	세부연구내용
1세부 과제	- 케이블구조 형상제어기술, 막 시뮬레이션 기술, 공간구조물 시스템 개발, 비선형 대공간 구조해석, 막구조물 재단도 해석, 전개구조물 해석, 형상해석기술, 강성 대공간 구조해석기술, 연성 대공간 구조해석 기술, 대공간 열/음환경 기술, 설계소프트웨어 개발기술
2세부 과제	- 장스팬 구조물의 시공 지침서, 스페이스 구조물의 접합부 시스템 개발기술, (G)FRP 신재료를 이용한 대공간 구조물의 적용기술, 대공간 시공해석 기술, 연성 막재료 기술, 연성막 신소재 기술,
3세부 과제	- 진동제어장치의 대공간구조물 적용기술, 스마트 구조제어기술, 최적설계프로그램 개발기술, 구조물 건전도 평가기술, 건물에너지관리 및 자동제어기술, 구조물 유지관리기술
4세부 과제	- 연성 및 강성 개폐식 대공간 구조물 파일럿 프로젝트, 개폐식 대공간 구조물 기술기준 표준화, 대공간 건축물 복합 비즈니스 모델

가 정량지표에 대한 등위 선정을 위한 환산식

연구진의 기술개발 업적

(1) 공모과제 관련 국내외 논문 건수

- 최근 5년간 국내 등재지 이상 및 국외 SCI 및 SCI-E 저널에 수록된 논문만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

(2) 공모과제 관련 국내외 특허 출원·등록 및 건설신기술 인증 건수

- 최근 5년간 실적만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

$$\frac{\sum \text{행당권소사업의 공모과제 관련 국내외 (논문+특허출원/등록+건설신기술인증) 건수}}{\sum \text{경쟁권소사업중 공모과제 관련 국내외 (논문+특허출원/등록+건설신기술인증) 최다건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

연구진의 주요실적

(3) 공모과제 관련 실무프로젝트 실적 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 1억원 이상의 실무프로젝트만 해당

(4) 공모과제 관련 국가 연구개발과제 수행 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 연평균 50,000천원 이상의 정부출연 연구개발과제만 해당

$$\frac{\sum \text{해당 컨소시엄의 세부연구내용 관련 (실무프로젝트 실적+국가연구개발과제수행) 건수}}{\sum \text{경쟁컨소시엄중 세부연구내용 관련 (실무프로젝트 실적+국가연구개발과제수행) 최대건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

□ 연구컨소시엄 구성의 적정성

(5) 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성

- 공모과제 관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임연구자 수: 컨소시엄의 주관, 협동, 공동연구 책임자가 공모과제와 관련된 연구에 대하여 주관, 협동 또는 공동연구의 연구책임자를 역임한 자

$$\frac{\sum \text{해당 컨소시엄의 공모과제 관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 수}}{\sum \text{경쟁컨소시엄중 공모과제 관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 최대 수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

(6) 산업체 참여비율의 적정성

- MAX(a, b)는 a, b중 큰 값을 나타냄

$$\left( \frac{\text{해당 컨소시엄의 대기업 참여비율}}{\text{MAX (30\%, 경쟁컨소시엄 중 최대 대기업 참여비율)}} \right) \times 100 \times 0.4$$

$$\left( \frac{\text{해당 컨소시엄의 중소기업 참여비율}}{\text{MAX (30\%, 경쟁컨소시엄 중 최대 중소기업 참여비율)}} \right) \times 100 \times 0.6$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

※ 연구진의 기술개발 업적(10점), 연구진의 주요실적(10점) 그리고 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성(5점), 산업체 참여비율의 적정성(5점)에 대한 취득 점수는 상대평가에 의한 등위를 점수로 환산함

$$\frac{(\text{과제 계획서 제출 컨소시엄 총수} - \text{등위}) + 1}{\text{과제 계획서 제출 컨소시엄 총수}} \times \text{배점}$$

○ 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

예)

등위	배점	취득 점수	
1	5	$\frac{(4-1)+1}{4} \times 5$	5
2		$\frac{(4-2)+1}{4} \times 5$	3.75
3		$\frac{(4-3)+1}{4} \times 5$	2.5
4		$\frac{(4-4)+1}{4} \times 5$	1.25

## 2. 가점 및 감점 기준

### 가. 연구수행 형태에 따른 가점

#### (1) 연구단 수정 기준

※ 연구단 과제의 경우

- 연구기관으로 산, 학, 연이 모두 참여하고
  - 세부 주관연구기관으로 산, 학, 연이 각각 구성된 경우 : 2점
  - 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점
- 세부과제에 중소기업이 참여하고
  - 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
  - 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 미만인 경우 : 1점

### 나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총 연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함)
  - 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
  - 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비 (현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

#### 다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토교통부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

#### 라. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기업 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30)이후 협약과제 대상) : 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」) 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

## ※ 참고문헌

1. Reissner, E., On Axisymmetric Deformations of Thin Shells of Revolution. Proc. of Symposia in Applied Mathematics. 3 27-52 (1950) McGraw-Hill, New York-Toronto London
2. Gerard, G., and Becker, H., " Colum behavior under conditions of impact," J. Aeronaut. Sci., 19, 1, 1952, 58-60
3. Stoker, J. J., "On the stability of mechanical systems," Commun. Pure Appl. Math., VIII, 1955, 133-142.
4. Henderson, J. C. de C., "Topological aspects of structural analysis", Aircraft Engineering., Vol. 32, pp. 137-141, 1960.
5. Fuller, R. B., "Tensegrity", Portfolio and Art News Annual, No.4. PP.112-127,144,148, 1961
6. Dulacska, E., Experimental Determination of the Critical Load of Shell Structures. Proc. Symposium IASS (Budapest, 1965). Epitestudományi Intezet, Budapest, 1965
7. Snelson, K. D., "Continuous tension discontinuous compression structures", US Patent Number 3,169,611, 1965.
8. 呂東珍, 沈愚甲 "스페이스 프레임의 建築的 特性에 關한 研究," 대한건축학회 학술발표회 논문, 제11권 제20호, 1991, pp.71-74.
9. R. Levy, A. Hanaor. Optimal Design Of Prestressed Truss. Computers & Structures Vol.43, No.4, 1992, pp.741-744.
10. 권영환, 정환목, 이승재, "단층 래티스 돔의 좌굴 특성에 관한 연구 - 라이즈비의 영향," 전산구조공학회 학술발표회 논문집, 1992.10, pp.127-132
11. 서삼열, 막구조물의 반복적 최적 형상탐색 해석에 관한 연구, 박사학위논문, 성균관대학교, 1992.
12. 서삼열, 권택진, "초기장력을 이용한 케이블-네트 구조물의 반복적 형상결정해석," 대한건축학회 논문집, 제8권 제2호, 1992, pp.175-183..
13. 권택진, 이병해, 한상을, 김승덕, 정환목, Space frame 구조물의 구조해석, 설계 및 시공, 전산구조공학회, 제12회 기술강습회, 1995.7.
14. 김승덕, "대공간 구조물의 연구 동향," 한국강구조학회지, 제7권, 3호, 1995.9., pp.78-81.
15. 권택진, 항가이야수히코, 최현식, 김승덕, 서삼열, "기하학적 비선형을 고려한 막형 케이블네트 구조물의 최적형상 및 응력-변형해석에 관한 연구," 대한건축학회 논문집, 11권, 1호, 통권75호, 1995, pp.153-160.
16. 李炯勳, 케이블로 補强된 膜 構造物의 形狀 探索 및 應力-變形 解析에 關한 研究, 碩士學位論文, 成均館大學校, 1995.
17. 한상을, "대공간 구조물의 구조적 특성 및 현황," 대한건축학회지, V.39, N.8, 1995.
18. 정환목, "스페이스 프레임 구조의 구조적 특성 및 현황," 한국강구조학회지, 제8권 2호, 1996, pp.49-58.
19. Gavin, H. P., Hanson, R. D., Filisko, F. E., "Electrorheological Dampers, Part I : Analysis and Design," Journal of Applied Mechanics, Vol. 63, No. 3, 1996, pp. 669-675.
20. Gavin, H. P., Hanson, R. D., Filisko, F. E., "Electrorheological Dampers, Part II : Testing and Modeling," Journal of Applied Mechanics, Vol. 63, No. 3, 1996, pp. 676-682
21. Makris, N., Burton, S.A., Hill, D. and Jordan, M., "Analysis and Design of ER Damper for Seismic Protection of Structures," Journal of Engineering Mechanics, Vol. 122, No. 10, 1996,

pp. 1003-1011.

22. Fujino, Y., Soong, T. T. and Spencer, B. F., "Structural Control: Basic Concepts and Applications," Proceedings of the ASCE Structures, 1996, pp. 1277-1287.
23. 加藤史郎, 岡田良子, 하부구조의 진동특성의 다름이 상부구조 및 지층부의 응답에 주는 영향, 토요하시(豊橋)기술과학대학 건축공학계 구조공학강좌·구조역학연구실, 1997.2.
24. 加藤史郎, 岡田良子, 하부구조의 진동특성의 다름이 상부구조 및 지층부의 응답에 미치는 영향, 토요하시(豊橋)기술과학대학 건설공학계 구조공학강좌·구조역학연구실, 1997.10.
25. 石川浩一郎, 松本秀信, 小田憲史, 加藤史郎, 강성이 다른 두 개의 기둥에 지지된 평행현(弦)트러스보의 지진응답성질과 상태, 일본건축학회 구조공학논문집, Vol.43B, 1997. pp.456-476.
26. 김승덕외 4인, 대공간 구조물의 해석 및 설계, 교재 15-2, 한국전산구조공학회, 1997.
27. Housner, G. W., Bergman, L. A., Caughey, T. K., Chassiakos, A. G., Claus, R. O., Masri, S. F., Skelton, R. E., Soong, T. T., Spencer, B. F., Yao and J. T. P., "Structural Control: Past, Present, and Future," Journal of engineering mechanics, 1997, pp. 897-971.
28. M.Yamada and B.Ishikawa,(1997), "Dynamic Response Properties of Single -Layer Latticed Spherical Domes on Grounds With Irregular Subsurface Soil Conditions.", Proceedings, Workshop DPRI-KU'97, Kyoto, Japan
29. El-Sheikh, Ahmed, "Design of space truss structures," Structural Engineering and Mechanics, Vol.6, No.2, 1998, pp.185-200.
30. 권택진, 한상을, 최현식, 김승덕, 정명채, 서삼열, 셸구조론 - 한국전산구조공학회편, 기문당, 1998.
31. 모재근, "단층 래티스 돔의 최적설계에 관한 연구," 경북대학교 대학원, 박사학위 논문, 1998.
32. Kwon, I. B., Choi, D. H., Choi, M. Y. and Moon, H., "Real-time Health Monitoring of a Scaled-Down Steel Truss Bridge by Passive-Quadrature 3x3 Fiber Optic Michelson Sensors," SPIE proceedings series, Vol. 3325, 1998. pp. 253-261.
33. 加藤史郎, 植木隆, 向山洋一, 골조계 공간구조의 정적지진하중의 가정방법에 관하여-고찰, 공간구조의 내진성능·평가를 어떻게 진척시킬까?, 平成 10年度 교토대학 방재연구소 공동연구집회, 교토대학 방재연구소, pp.101-110, 1998.10
34. Masao Saitoh, "The role of string in hybrid string structure", Engineering Structures, v.21 n.8 pp.756 ~ 769, 1999.
35. Kato, S., Yoshino, T., Minami, H. and Segawa, S., "Study on the Constructuion Process of Membrane Structures Considering Visco-Elasto-Plastic Analysis," IASS Symmposium, Madrid, Vol. 1 , 1999, pp.C1.95-102.
36. M.Yamada, C.W.Jung and B.Ishikawa (1999), "Dynamic Response Analysis of a Single-Layer Latticed Spherical Shell Subjected to Spatially Varying Seismic Motion.", Proceedings of Asia-Pacific Vibration Conference '99, Singapore
37. 셸·공간구조의 내진, 내풍, 내설, 내화를 생각한 성능설계와 해석, 平成 11 年度 교토대학 방재연구소 공동연구집회, 교토대학방재연구소, 1999.11
38. Kelly J.M., "The role of damping in seismic isolation," Earthquake Eng. Struct. Dyn. Vol.28, 1999, pp.30-20.
39. Kelly J.M., "The current state of base isolation in the Unite States," Proc. Second World Conference on Structural Control, Kyoto, Japan, Vol.1, 1999, pp.1043-1052.
40. 박선우, 지붕구조시스템, 세진사, 2000.

41. 전봉수, 공도환, "[특집기사] 제주 월드컵 경기장 구조설계." 한국 강구조 학회지, 제12권 제4호, 2000. 12, , pp.134-148.
42. Ikuo Tatemich and Mamoru Kawaguchi, A New Approach to Seismic Isolation: Possible Application in Space Structures, International Journal of Space Structure, Vol.15, No.2, 2000, pp.145-154.
43. Hassan A. Moghaddam, Seismic Behavior of Space Structures, International Journal of Space Structure, Vol.15, No.2, 2000, pp.119-135.
44. "Guideline for Numerical Analysis of Spatial Structures", 日本建築學會, 2001
45. 공간구조의 내진설계와 설계 예, 일본건축학회, 2001
46. 인하대학교, "미래 초대공간 구조물의 설계 기법 및 구조적 거동 특성에 관한 연구", 과학기술부 특정 연구개발사업 연구보고서, 2001.10.
47. 인하대학교, "미래 초대공간 구조물의 설계 기법 및 구조적 거동 특성에 관한 연구 - 대공간 구조물의 비선형 탄소성 해석에 관한 연구", 과학기술부 특정연구개발사업 연구보고서, 2001.10.
48. 전주대학교, "미래 초대공간 구조물의 설계 기법 및 구조적 거동 특성에 관한 연구 - 대공간 구조물의 동적 거동 특성에 관한 연구", 과학기술부 특정연구개발사업연구보고서, 2001.10.
49. 경성 종합건축사 사무소, "미래 초대공간 구조물의 설계 기법 및 구조적 거동 특성에 관한 연구-대공간 구조물의 시스템 및 시공 공법에 관한 연구", 과학기술부 특정연구개발사업 연구보고서, 2001.10.
50. 김기철, 이동근, "보행하중에 의한 구조물 진동의 효율적인 해석", 한국지진공학회 논문집, 제5권 제1호, pp.21 ~ 29, 2001. 2
51. 황선일, 조홍동, 한상훈, 유전알고리즘을 이용한 트러스 구조물의 이산최적설계, 한국전산구조공학회 논문집, 제14권, 제2호, 2001, pp.97-106.
52. 打越瑞昌, 면진 돔의 동적거동과 설계법에 관한 기초적 연구, 토요하시(豊橋)기술과학대학 학위 논문, 2002
53. 加藤史郎, 中澤祥二, 高鑫, 大Span 아치구조의 지진시 응답성상의 분석과 정적지진력의 추정, 구조공학 논문집 Vol.48B, 23-36, 2002.
54. 徐榮一 "幾何學的 非線型을 考慮한 橢圓形 래티스 돔의 不安定 舉動에 대한 研究," 成均館大學校 大學院, 碩士學位 論文, 2002.
55. 이호근, 민경원, 성금길, 김대곤, "구조물 진동의 반능동 제어를 위한 MR 댐퍼 설계", 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 한국지진공학회, 2004, pp.469-476
56. Connelly R. Generic global rigidity. Disc Comput Geom 2005;33(4):549-3.
57. 김현수, Roschke P.N., Lin P.Y., "MR 감쇠기와 FPS를 이용한 하이브리드 면진장치의 퍼지제어," 한국지진공학회 논문집, 한국지진공학회, 2005.
58. Architectural Institute of Japan, "Dynamic Behavior and Seismic Design of Spatial Structure", Maruzen, 2006.
59. 강주원, 정찬우, "대공간 건축물의 형태별 지진거동 특성", 한국공간구조학회지 학술기사, 제8권, 1호, 2008, pp.5-12.
60. 정찬우, 박성무, 강주원, "아치구조물의 모의지진과 입력에 따른 지진응답특성에 관한 연구" 한국공간구조학회 논문집, 제8권, 제6호, 2008년 8월, pp.59-66.
61. O. Yoshida and S.J. Dyke, Seismic control of a nonlinear benchmark building using smart dampers, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 130(4), pp. 386-392, 2004.
62. 박선우, 최취경, "세계의 대형 개폐식 지붕구조", 한국공간학회 학술발표회 , 제5권 제1호, pp.227 ~

231, 2008.

63. 김기철, 김광일, 강주원, “면진 트러스-아치 구조물의 지진거동분석”, 한국공간구조학회 논문집, 제8권, 2호, pp. 73-84, 2008.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.