

개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술개발 연구단

Research Center of Integrated Design Engineering Technology
for Retractable Large Spatial Structures



강 주 원*
Kang, Joo-Won



김 기 철**
Kim, Gee-Cheol



이 동 우***
Lee, Dong-Woo



박 금 성****
Park, Keum-Sung

1. 서론

「개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술개발」 연구단은 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 도시건축연구사업의 연구단으로 선정되어 2015년부터 2019년까지 개폐식 대공간 건축물 관련 기술에 대하여 연구개발을 수행할 예정이다. 연구단은 주관연구기관으로 영남대학교 산학협력단, 협동연구기관으로 (주)아이스트와 한국건설기술연구원이 구성되어 있다. 본 연구단은 개폐식 대공간 건축물의 건설기술 자립화를 통한 해외시장 진출을 최종 목표로 한다. 그리고 개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술 개발을 통하여 기존 기술 대비 10% 향상된 경제성과 최소 50년 개폐 성능을

확보하고자 한다.

본 기사에서는 「개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술개발」 연구단의 연구목표 및 연구개발 내용 등에 대하여 소개한다.

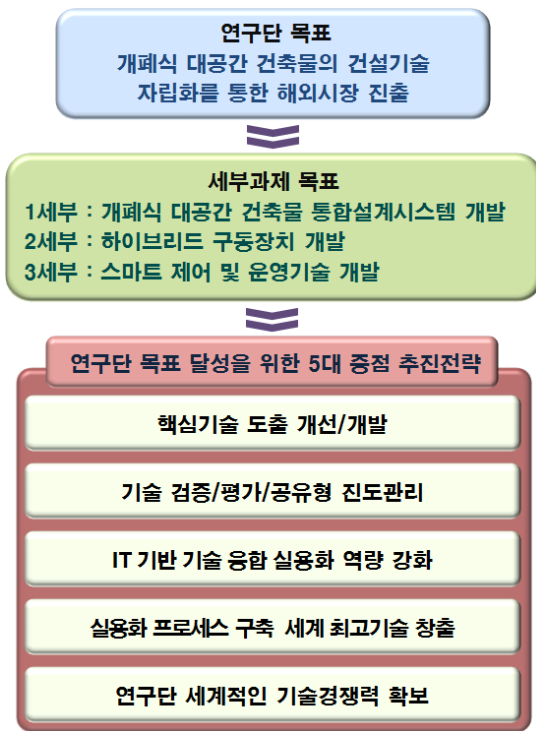
2. 연구단 목표 및 연구기관

연구단의 최종 목표를 실현하기 위하여 통합설계 기술, 하이브리드 구동 시스템 그리고 스마트 제어 및 운영기술과 관련된 분야의 핵심기술을 개발한다. 또한 테스트베드(Test Bed)를 통해 개발된 기술의 실증화를 달성하고 개폐식 대공간 건축물 건설 핵심기술의 국산화를 실현하고자 한다. 개발된 기술을 이용하여 해외 선진기술에 대한 기술 경쟁력 확보 그리고 해외 건설시장에 진출할 수 있는 기반 기술 확보를 지향한다.

본 연구단은 최종목표 달성을 위해 <Fig. 1>과 같이 5대 중점 추진전략을 세우고 있다. 개폐식 대공

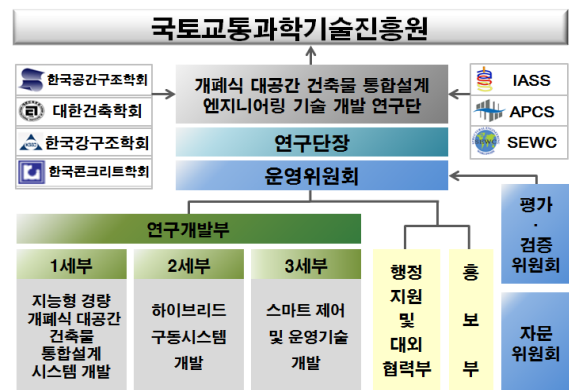
* 정회원·영남대학교 건축학부 교수
** 정회원·서일대학교 건축과 교수
*** 정회원·(주)아이스트 대표이사
**** 정회원·한국건설기술연구원 연구위원

간 건축물의 핵심기술을 개발하고, 지속적인 검증과 평가 등을 통하여 관리해 나갈 것이다. 또한 IT 기반 기술을 융합하여 실용화 역량을 강화해나감, 실용화 프로세스 구축을 통해 세계 최고의 기술을 창출하여 세계적인 기술경쟁력을 확보할 것이다.



〈Fig. 1〉 Promotion strategy

연구단의 조직체계는 〈Fig. 2〉와 같이 구축되어 있다. 연구를 수행하는 연구기관의 구성은 크게 주관연구기관인 영남대학교 산학협력단과 3개의 협동연구기관(세부 연구기관)으로 구성된다. 그리고 10개의 공동연구기관(세세부 연구기관)과 함께 협동연구기관 별로 1개의 위탁연구기관을 두고 있다. 본 연구단의 연구수행기관은 총 16개 기관으로 산업기관 4개, 대학기관 9개, 정부출연기관 2개 그리고 기타(학회 기술연구소) 1개로 구성되어 있다. 또한 20개의 참여기업이 연구를 수행하기 위해 참여하고 있으며, 총 120명의 연구원들이 개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술개발을 위한 연구진으로 참여하고 있다.



〈Fig. 2〉 Organization chart of center

3. 연구단 기술개발 내용

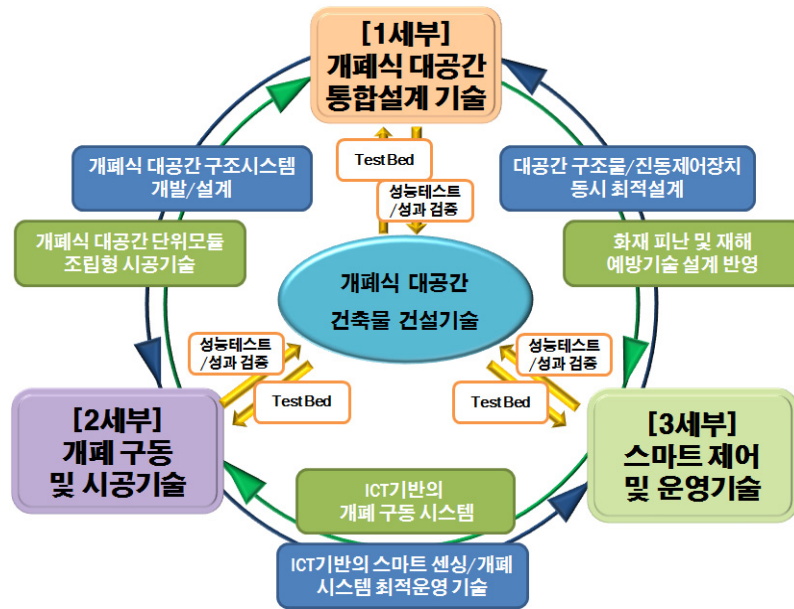
본 연구단은 효율적인 연구와 우수한 연구성과물 도출을 위하여 〈Fig. 3〉과 같이 협동연구기관별로 연계성을 가지고 있다.

개폐식 대공간 건축물 건설기술의 국산화와 자립화를 위하여 필요한 핵심기술은 “설계-시공(장치)-운영(유지관리)”이다. 이러한 3대 핵심기술별로 세부(협동)기관을 구성하고 핵심기술별 요소기술 개발을 위하여 세세부(공동)기관을 구성한다.

1세부에서는 지능형 가변/개폐식 대공간 구조시스템의 전개/개폐 메커니즘을 개발하고 이를 구현할 개폐 구동장치 및 제어시스템을 2세부에서 연계하여 개발한다. 2세부에서 개발될 개폐시스템의 단위모듈 조립형 시공기술을 1세부에서 개발할 지능형 경량 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템에 반영하여 단위모듈별 최적설계가 가능하도록 한다.

2세부에서 개발될 하이브리드 개폐구동시스템을 최적제어하기 위해서는 ICT 기반의 개폐구동 및 제어시스템의 개발이 필요하고 이는 3세부의 핵심 기술인 스마트제어 및 운영기술과 밀접한 연관관계를 가지고 있다. 3세부에서 개발할 ICT 기반의 스마트 센싱 및 개폐시스템 최적운영기술은 2세부에서 개발될 연성 및 강성 개폐구동장치 제어에 필요하므로 두 세부간의 긴밀한 협력 연구가 필수적이다.

3세부 연구과제를 통하여 개발될 개폐식 대공간 구조물/진동제어장치 동시 통합최적설계 알고리즘



〈Fig. 3〉 Connectivity of research institution

은 독립된 모듈 형태의 프로그램으로 개발되고 이 모듈은 1세부에서 개발될 가변/개폐식 구조물 구조 해석 및 최적화 프로그램에 탑재될 예정이다. 1세부 연구과제에서 개발될 지능형 경량 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템에 구조시스템 및 환경/설비 최적설계 알고리즘뿐만 아니라 3세부에서 개발될 화재피난 및 재해예방기술도 반영할 수 있도록 두 세부간의 긴밀한 협력 연구를 수행할 계획을 가지고 있다.

본 연구단은 개폐식 대공간 건축물 관련 기술의 국산화 및 자립화라는 목표 아래 세부별 그리고 세 세부별로 서로 긴밀하게 연계되어 있으므로 모든 참여 연구기관이 적극적인 협력 연구를 수행할 계획이다.

3.1 1세부 연구기관

1세부는 「지능형 경량 개폐식 대공간 구조물 통합설계시스템 개발」을 목표로 개폐식 건축물 핵심 기술 중 설계기술의 자립화와 국제경쟁력 확보를 도모하기 위한 융합 및 통합설계기술에 관한 연구 개발을 수행한다. 연성막패널, 강성패널 및 가변/전개형 개폐식 구조물의 자동모델링 및 해석/설계가

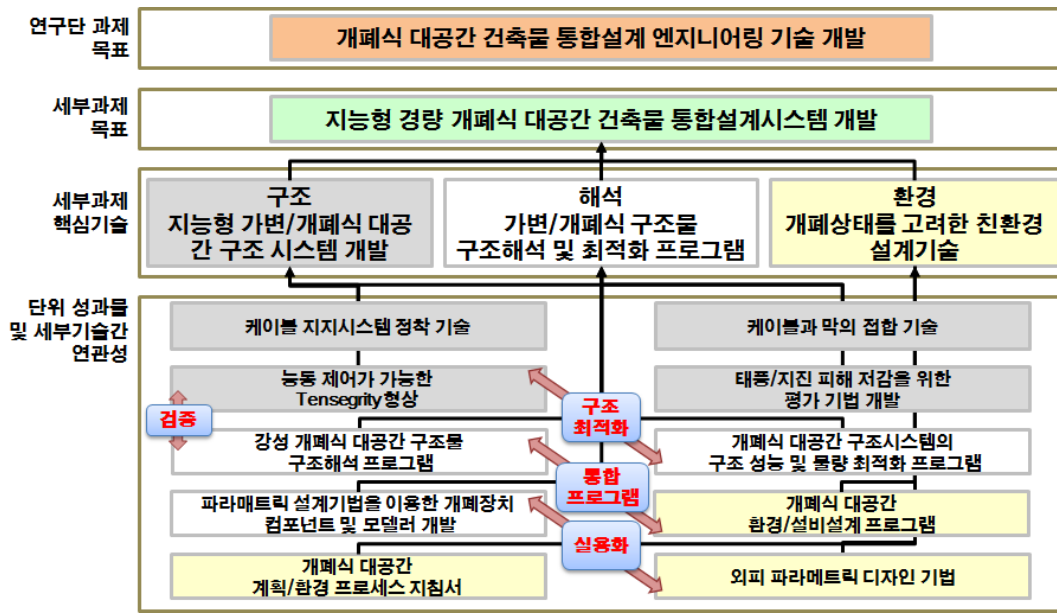
가능한 통합프로그램 개발이 최종연구목표이다. 그리고 열/풍/음 환경을 고려한 최적 환경계획기술을 융복합하고 통합설계기술의 적용으로 해당 기술을 발전시키도록 한다. 또한 연구목표를 중소기업형 기술확보에 중점을 둔 초경량 연성 막 개폐구조시스템의 해석/설계 통합프로그램을 특화하도록 한다.

1세부는 〈Fig. 4〉와 같이 구조(대공간 구조시스템 개발), 해석(구조해석 프로그램 개발) 및 환경(친환경 설계)의 분야별 요소기술을 연구하고자 한다. 또한 각 분야별 요소기술 간의 연계를 통하여 향상된 통합기술을 확보하고, 개발된 구조해석 및 환경/설비설계 소프트웨어를 통하여 연성 및 강성 개폐식 구조시스템을 최적화하고자 한다.

3.2 2세부 연구기관

2세부의 「하이브리드 구동시스템 개발」은 지붕구조의 개폐에 필수적인 개폐 구동시스템 및 구동장치 개발을 목표로 한다.

2세부에서는 기존의 대공간 시스템이 갖는 요소기술에 개폐식 지붕구조의 특성을 고려하여 지붕의 개폐 형태 및 방법을 이용한 구동장치 및 제어시스템을 개발한다. 그리고 연성 및 강성 구조시스템의



〈Fig. 4〉 Connectivity of 1st cooperation institution

개폐특성에 따른 Erection기법과 모듈화된 시공프로세스를 개발하고, 설계 및 시공표준화를 통하여 최적시공기법을 개발한다. 끝으로 개폐식 지붕 경량의 고성능 신재료를 이용한 외피구조 적용기법 개발을 목표로 한다.

2세부는 하이브리드 개폐식 구동시스템 및 최적 시공기술을 통합하는 융복합적 연구와 세부과제 내의 연구내용 및 성과물에 관하여 〈Fig. 5〉와 같은 유기적 연계성을 지니고 있다. 궁극적으로 경제성이 향상되어 최소 50년 동안 개폐 가능한 하이브리드 구동시스템을 개발하고, 최적시공 기술개발을 통해 개폐식 대공간 건설기술의 자립화를 이룰 것이다. 또한 건설산업의 기술경쟁력 확보를 목표로 개폐식 대공간 구조물 건설을 위한 핵심기술을 개발하고자 한다.

국내 실정에 적합한 개폐식 하이브리드 구동과 제어시스템의 설계 및 엔지니어링 기술을 확보하기 위한 2세부의 연구내용은 다음과 같다. 2-1세세부의 연성 막 구동 및 제어시스템, 2-2세세부의 강성 구동기구 및 프로세스와 제어시스템을 구축할 계획이다.

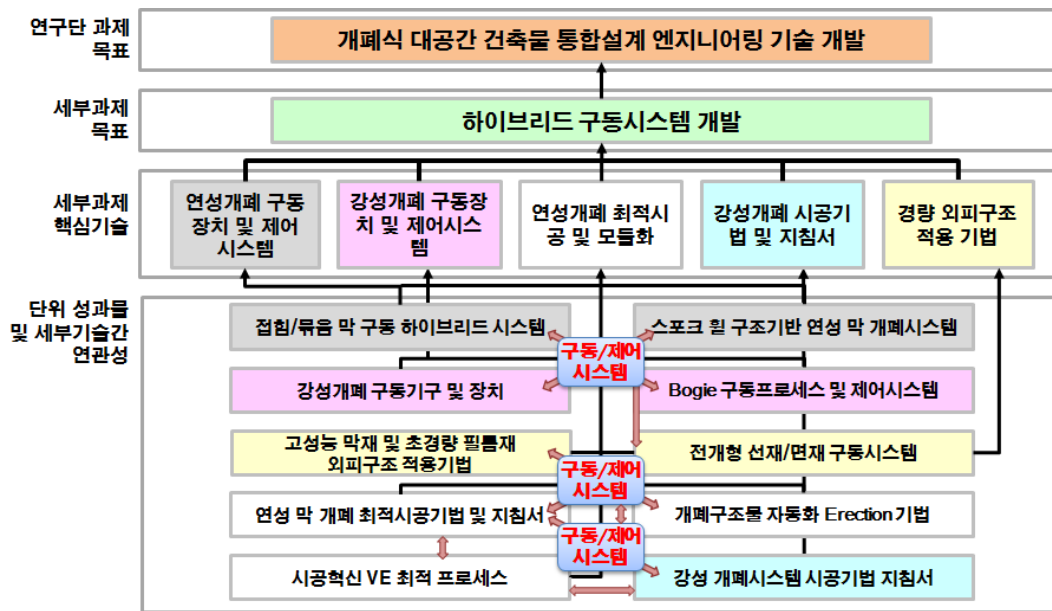
개폐식 대공간 하이브리드 시스템의 시공기법 및

모듈화 시공기술을 구축하기 위한 연구내용은 2-3세세부의 연성 막 최적시공기법과 자동화 Erection, VE 최적프로세스 개발, 2-4세세부의 강성 개폐시스템 시공지침서, 그리고 2-5세세부의 초경량 외피 적용 기법 개발로 계획하고 있다.

참여 연구기관 간의 협력을 통하여 기술개발과 제간 연계성을 확보하며 해외의 개폐식 구동시스템 및 시공 경험이 풍부한 전문가와 관련전문기관 및 구동장치 제작/시공 업체들과의 기술 협력을 구축한다. 그리고 연구 계획을 체계적으로 수립하여 기술개발 및 테스트베드의 성공가능성을 극대화할 예정이다.

3.3 3세부 연구기관

3세부의 「스마트 제어 및 운영기술 개발」은 외부 환경의 변화에 따라 개폐식 대공간 구조물의 사용성 및 안전성을 높이기 위한 첨단기술개발을 목표로 하고 있다. 3세부 연구과제는 안전성 및 사용성 향상을 위한 스마트 구조제어기술, ICT 기반의 스마트 센싱 및 구조안전성 자가진단기술, 환경 및 설비시스템 통합제어기술, 개폐시스템 최적 운영 기술 그리고 화재시 피난 및 재해 예방 기술개



〈Fig. 5〉 Connectivity of 2nd cooperation institution

발을 위한 5개의 세세부과제로 구성된다.

3세부는 세세부 과제별로 〈Fig. 6〉과 같은 연계성을 가지고 있으며 각 세세부에서 개발하고자 하는 주요기술은 구조안전 및 건전도 모니터링과 제어 기술, 최적 운영기술 그리고 재해예방 기술이다.

개폐식 대공간 건축물의 구조안전도 향상을 위하여 3-1세세부의 스마트 하이브리드 진동제어장치 및 인장저항 면진시스템 개발과 3-2세세부의 ICT 기반의 건전도 평가시스템은 상호 연계되어 시너지 효과를 기대할 수 있다.

외부의 환경에 따라서 최적의 상태로 개폐식 대공간 건축물을 제어하기 위해서는 다양한 응답의 모니터링이 필요하다. 이를 위해 3-2세세부의 스마트 센서와 3-3세세부의 다중 환경정보 센서가 융합된 통합 모니터링시스템의 개발이 필요하다.

개폐식 대공간 구조물의 최적 제어를 위해서 3-1세세부의 스마트 진동제어, 3-3세세부의 스마트 센서가 연동된 적응형 설비제어 그리고 3-4세세부의 적응형 스마트 환경설비 시스템 통합제어 기술이 상호 연동된 시스템을 구축할 계획이다.

또한 개폐식 대공간 구조물의 건설 후 효율적인 운영을 위해서는 3-4세세부의 운영 및 유지관리 점

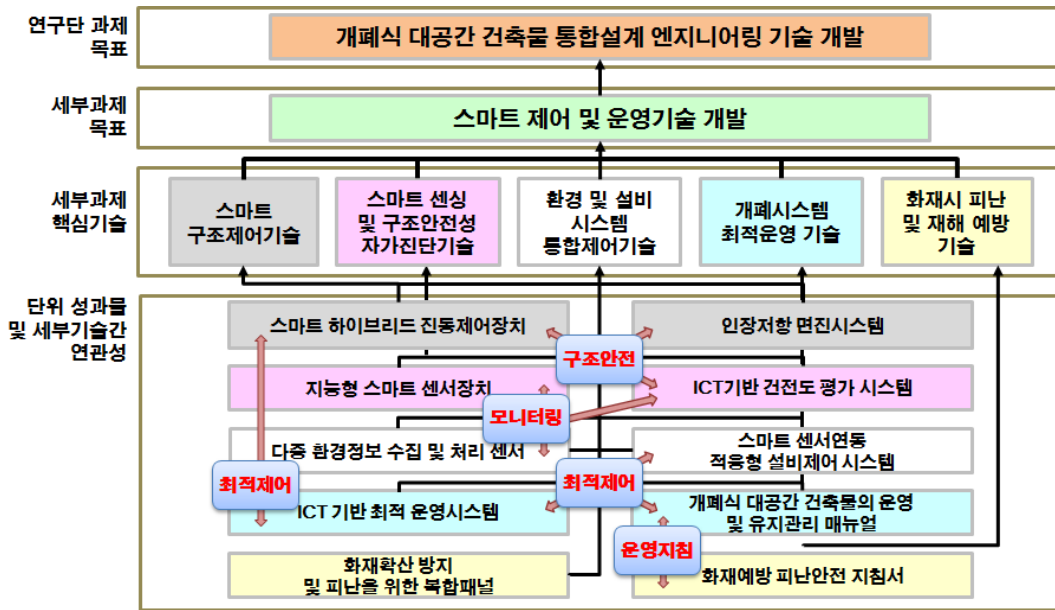
검 매뉴얼과 3-5세세부의 화재예방을 위한 매뉴얼, 피난안전지침서 및 체크리스트가 필요하다.

4. 결론

본 기사에서는 연구단 조직과 연구개발 내용에 대해서 다루어 보았다.

기존의 사례분석에 의하면 미국, 일본, 독일 등 국민소득 3만 달러 이상의 국가에서는 관람객 3만 명 이상의 대공간 건축물에 대부분이 개폐식 지붕 구조를 적용하여 건설되었다. 하지만 우리나라는 경제규모에 비해 개폐식 대공간 건축물 사례가 전무하고 관련된 기술력이 매우 미약하여 세계적으로 증가하고 있는 고부가가치 건설시장으로 진출에 어려움을 겪고 있다. 또한 국내에 개폐식 대공간 건축물을 건설할 경우에 미국, 일본, 독일 등과 같은 선진국의 기술에 의존하고 종속되어 막대한 기술료를 지급해야하는 실정이다.

이에 따라 건설분야에 대한 국가경쟁력 향상과 일자리 창출을 위하여 고부가가치의 건설 신기술이 필요하다. 그리고 건설기술과 ICT 기술의 융복합에 의한 건설분야 신기술 개발을 통한 새로운 가치 창



〈Fig. 6〉 Connectivity of 3rd cooperation institution

출이 필요하다.

국내 건설사들은 뛰어난 시공능력과 건설기술을 바탕으로 해외 건설시장에서 많은 수주를 하고 있으나 고부가가치 엔지니어링 기술은 해외 선진국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 국내 건설시장의 한계를 극복하고 세계 건설시장으로 진출하기 위해서는 개폐식 대공간 건축물과 같은 고부가가치의 건설기술이 필요하므로 관련분야 핵심기술에 대한 국가차원의 연구개발이 시급한 실정이다. 그리고 서남아시아, 중동 지역 등의 여러 나라에서 국제적인 행사가 예정되어 있어 개폐식 대공간 건축물 관련 건설시장 확대가 기대되므로 세계건설시장 진출의 기회로 삼아야 할 것이다.

따라서 본 연구단은 개폐식 대공간 건축물 통합설계 엔지니어링을 위한 핵심기술인 지능형 경량 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템, 하이브리드 개폐 구동시스템 그리고 스마트 제어 및 운영기술 개발에 역량을 집중하여 우수한 연구성과물을 도출하고자 한다. 또한 개발된 기술을 국내 관련 기업체로 기술 이전시켜 국내 건설사들이 해외 건설시장에서 기술경쟁력을 확보하는데 기여하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(15AUDP-B100343-01)에 의해 수행되었습니다.