

\* 본 기획보고서는

연구개발계획 수립의 참고 자료로  
활용하되, 제안시(신청시) 제출하는  
연구개발계획서의 연구개발 최종 목표,  
연구 내용, 연구 성과, 연구 기간, 예산 등  
상세 내용은 반드시 공고시 게재되는  
공고안내서의 과제제안요구서(RFP)를  
따라야 함을 알려드립니다.

보안 과제(○), 일반 과제( ) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호(11-161300-100033-01)

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / RS-2023-00303670

200m급 목구조  
대공간 건축물  
건설 기술 개발 기획

최종보고서

2024. 08. 12.

주관연구기관 / 한국기술교육대학교 산학협력단  
공동연구기관 / 연세대학교 산학협력단  
공동연구기관 / (사)건설기술정책연구원

국토교통부  
국토교통과학기술진흥원

최종보고서							보안등급						
							일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]						
중앙행정기관명		국토교통부			사업명		사업명		국토교통연구기획사업				
전문기관명		국토교통과학기술진흥원			내역사업명		내역사업명		국토교통연구기획				
공고번호		재공고-국-제25호			총괄연구개발 식별번호		-						
					연구개발과제번호		RS-2023-00303670						
기술분류	국가과학기술 표준분류	EI0203	50%	EI0301	30%	EI0199	20%						
	부처기술분류	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%						
총괄연구개발명		국문	-			영문	-						
연구개발과제명		국문	200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획			영문	Development Planning of 200m-scale Wooden Large Space Structure Building Technology						
주관연구개발기관		기관명	한국기술교육대학교 산학협력단			사업자등록번호	312-82-09934						
		주소	(31253) 충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600			법인등록번호	161571-0004463						
연구책임자		성명	이승재			직위	교수						
		연락처	직장전화	041-560-1334			휴대전화	*****					
			전자우편	leeseung@koreatech.ac.kr			국가연구자번호	*****					
연구개발기간		전체	2023. 10. 13 - 2024. 08. 12 (10개월)										
		단계	1단계	2023. 10. 13 - 2024. 08. 12 (10개월)									
			n단계	-									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금			
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계		60,000	0	0	0	0	0	0	60,000	-	60,000		
1단계	1년차	60,000	0	0	0	0	0	0	60,000	-	60,000		
	n년차												
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고						
		연세대학교 산학협력단 (사)건설기술 정책연구원	김태연	교수	*****	tkim@yonsei.ac.kr	공동	대학					
			하기주	원장	*****	*****	공동	기타					
연구개발담당자 실무담당자		성명	이돈우			직위	박사후연구원						
		연락처	직장전화	*****			휴대전화	*****					
			전자우편	lov1004ely@koreatech.ac.kr			국가연구자번호	*****					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 08월 12일

연구책임자: 이 승 재

주관연구개발기관의 장: 한국기술교육대학교 산학협력단 이 규 만 (직인)



공동연구개발기관의 장: 연세대학교 산학협력단

홍종일 (직인)



공동연구개발기관의 장: (사) 건설기술정책연구원

하기주 (직인)



국토교통과학기술진흥원장 귀하

# 제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획' 과제의 최종보고서를 제출합니다.  
(연구개발 기간 : 2024.10.13.~2024.08.12.)

2024.08.12.

- 주관연구기관명 : 한국기술교육대학교 산학협력단 이 규 만 (인)
  - 연구책임자: 이승재
  - 연구원: 이돈우 / 노승현 / 이경석 / 성종혁 / 소재민 / 이규민



- 공동연구기관명 : 연세대학교 산학협력단 홍 종 일 (인)
  - 연구책임자: 김태연
  - 연구원: 김동현 / 김세은 / 동현석 / 정민영



- 공동연구기관명 : (사)건설기술정책연구원 하 기 주 (인)
  - 연구책임자: 하기주
  - 연구원: 이동렬 / 양승혁 / 조효식 / 하영주 / 이창희



국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

사업명		국토교통연구기획사업		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-	
내역사업명 (해당 시 작성)		국토교통연구기획		연구개발과제번호		RS-2023-00303670	
기술 분 류	국가과학기술 표준분류	E10203	50 %	E10301	30 %	E10199	20 %
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		-					
연구개발과제명		200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획					
전체 연구개발기간		2023. 10. 13 - 2024. 08. 12 (10개월)					
총 연구개발비		총 60,000 천원 (정부지원연구개발비: 60,000 천원, 기관부담연구개발비 : 0 천원, 지방자치단체: 0 천원, 그 외 지원금: 0 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(TRL7) 종료시점 목표(TRL9)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)		지정공모 [ <input checked="" type="checkbox"/> ] 개발공모 [ ]					
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)		연구 기획					

연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목구조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증</p>
	전체 내용	<p><b>1. 연구기획 개요</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전 세계 이상기온과 탄소 배출량의 관계             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 세계적으로 기온 상승 등의 이상기후로 인해 막대한 경제적 손실이 발생하고 있으며, 2023년 UNDRR(united nations office for disaster risk reduction)의 의하면 이상기후의 약 75%가 탄소 배출로 인해 야기된다는 연구 결과 소개</li> </ul> </li> <li>○ 탄소중립(Net-Zero)을 위한 국제사회의 다양한 움직임             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제사회는 지구온난화 및 기후변화에 대응하기 위해 유엔기후변화협약(1992), 교토의정서(1997)를 수립</li> <li>- 파리협정을 통해 선진국 및 개발도상국 모두 전 세계 기후변화에 포괄적 대응을 수행 중이며, 주요 국가들의 탄소중립 선언과 로드맵 발표가 증가</li> </ul> </li> <li>○ 건설산업에서 탄소중립을 위한 노력의 필요성             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설 관련 산업은 전 세계 탄소 배출량 중 총 37%를 차지하고 있어 탄소 배출량 감축을 위한 핵심 산업</li> <li>- 친환경적이고 내재 에너지가 작은 목재가 기존 재료(철근 콘크리트 구조, 강구조)의 대체재로서 대두되고 있음</li> </ul> </li> </ul>

○ 목조 건축물 관련 기술적 체계 및 표준화 미흡

- 국내에서도 목조 건축물의 활성화와 국산 목재 활용을 장려하고 있으나 주요 목조재료는 해외에 의존하고 있으며, 기존의 전통적인 구조 시스템인 철근콘크리트조 또는 철골조에 비해 초보적 단계에 머물고 있음

○ 최초 200미터급 목조 대공간 건축물의 탄소 감소 효과의 실증

- 목조 건축물 관련 기술 선진국은 이미 180미터급 목조 대공간 건축물을 시공하여 목조 건축물의 활성화 및 탄소 감축 효과를 실증

2. 연구 대상 국내외 현황 및 전망

① 국내외 정책 동향

○ 국가적 차원에서의 목조 공공건축물 의무화

- 일본은 1990년대 중반부터 목재를 활용한 도시재생을 시도하고 있으며, 「공공건물에서 목재 이용 촉진에 관한 법률」을 제정하여 공공건축물에 목재 사용을 의무화하고 있음. 2021년 공공건축물의 목조화율은 2년 연속 90%에 달성
- 세계 최대 목재 생산국인 캐나다는 2009년 「목재 우선법」을 제정하여 공공건축물에 목조를 우선으로 고려하도록 명시하고 있으며, 이에 필요한 건축법 개정과 기술개발을 정부가 적극적으로 지원하고 있음
- 미국은 2018년 「목재혁신법안」을 제정하여 대형 목재에 대한 연구개발을 장려하고 대형 목조건축에 대한 교육을 통한 기술지원을 하고 있음. 또한, 뉴욕, 덴버 등과 같은 주요 도시에서는 건축 규정 자체를 수정하여 목조 건축물의 활성화를 촉진하고 있음
- 유럽연합(EU)은 1조 유로를 투자하여 유럽을 탄소중립 대륙으로 전환할 계획이며, 2050년까지 탄소중립 목표 달성에 목조건축의 기여도를 논의하고 있음. 또한 프랑스, 독일, 네덜란드 등은 지속 가능한 목재 사용을 확대하여 공공건축물과 주택에 적용하고 있으며, 각국은 관련 정책과 협정을 통해 탄소중립 목표를 추진 중임



○ 목조 건축물 장려를 위한 국내 정부의 노력

- 국내 정부는 2013년 「탄소흡수원법」, 「목재이용법」 제정을 통해 목조 건축물과 국산 목재 사용을 증진. 또한, 2020년 「건축물 구조기준 규칙」의 목구조 건축에 대한 규모 제한 조항을 삭제하는 등 목조 건축물을 장려하고 있음
- 2021년 「국토교통 2050 탄소중립 로드맵」을 발표하여 건물 부문에서 2018년 대비 2030년 32.8% 감축, 2050년 88.1% 감축을 목표로 하고 있음

② 국내외 시장 동향

○ 전 세계 목조건축 시장의 성장 예상

- Allied market research(2022)에 따르면 전 세계 목조건축 시장 규모는 2021년(857.1백만 달러)부터 2031년(1,542.2백만 달러)까지 연평균 6.0% 성장을 전망하고 있음
- 2021년부터 2031년까지 미국은 연평균 5.4%, 캐나다는 연평균 6.2%, 유럽은 연평균 4.5%, 일본은 연평균 2.4%의 성장률을 보일 것으로 예상

○ **국내 목조건축 시장 전망**

- 국내 목조 건축물은 2014년부터 증가하는 양상을 보였으나, COVID19 등의 영향으로 규모가 축소되고 있음. 하지만 2011년 대비, 신규건축 시장은 6.5% 감소했지만, 목조건축 시장은 오히려 15.8% 증가하여 점진적으로 성장할 것으로 전망
- 2021년 목조주택 시장 규모는 「목조주택시장 분석 보고서 (2021)」을 참고하여 평균 평당 금액을 600만 원으로 가정 하였으며, 1조 5천억 원으로 추정

③ **국내외 기술 동향**○ **기술 선진국의 대공간 목조 건축물 건설 활성화**

- 목조 대공간 건축물은 목재 산업이 활발하게 시행되고 있는 유럽, 미국, 일본, 캐나다 등을 중심으로 분포하고 있으며, 목재 및 활용 기술 관련 기술 선진국 그룹을 형성하고 있음
- 세계 최대 목조 대공간 건축물은 일본의 오다테 쥬카이 돔이며, 자국의 목재와 기술을 이용하여 건립하였음
- 기술 선진국은 1960년대 중반부터 목조 대공간 건축물 기술개발이 시작되었으며, 현재까지 대부분 50미터급, 100미터급, 180미터급 등의 중·대규모의 체육시설에 적용되고 있음

○ **국내 목조 대공간 건축물 관련 기술력 미흡**

- 국내 목조 대공간 건축물은 2022년 경주 금관총 지붕 구조물 (경간 28.6m)가 유일하며, 대부분 저층 목조 빌딩형 건축물 또는 한옥 구조물의 기술개발이 수행되고 있음
- 국내 목조 건축물 관련 기술은 미흡한 단계이므로 유럽, 미국, 일본과 같은 기술 선진국이 보유한 선진 기술을 벤치마킹하여 국내 자체의 기술개발 및 기술 고도화가 요구됨

④ **국내외 특허 및 논문 동향**○ **목조 대공간 건축물 건설 기술 관련 특허 248건**

- 1974년 첫 출원을 시작으로 2000년도 중반까지 비교적 출원이 활발하였으나, 최근에는 다소 감소하는 경향을 보이고 있음. 하지만 기존 재료에 비해 낮은 탄소 배출량으로 목조 건축물에 관한 관심과 수요가 증가할 것으로 전망
- 248건의 특허 중 미국은 47%(117건), 일본은 30%(73건)를 차지했으며, 한국은 8%(8건)를 차지하고 있음. 1980년대 중반까지는 미국이 출원을 주도하였으며, 2000년대 중반까지는 일본이 주도하고 있음

○ **목조 건축물 관련 논문 3,041건**

- 중국(689건), 미국(419건), 캐나다(334건), 이탈리아(262건) 순서로 많은 논문을 보유하고 있으며, 한국은 96건으로 15등에 순위 됨
- 2011년을 기점으로 관련 논문 및 인용 수가 점진적으로 증가하는 양상을 보여 목조 건축물 및 구조용 목재에 관한 연구자들의 관심이 증가하고 있는 것으로 판단됨
- 국내 논문은 국외 현황과 달리 오히려 감소하는 추세여서 목조 건축물 및 구조용 목재에 관해 연구자의 관심이 부족한 것으로 조사됨

3. **연구기획 필요성**○ **목조건축 관련 기술 선진국에 비해 낮은 기술성숙도**

- 목조 건축물의 높이 규정을 폐지하여 5층 이상의 목조 건축물 건축이 가능하게 되었지만, 층수별 별도의 내화 기준 및 주택법 따른 충격흡 성능 기준에 따른 바닥구조 제한 등에 대한 추가적인 검토가 필요함. 특히, 목조 대공간 건축물 건설 기술은 아직 초보적 단계로 파악됨

○ **국내 목조건축 활성화를 통한 친환경 산업시장 창출 및 확대**

- 국내 목조건축 산업은 시장 수요부족에 따른 목재 산업의 위축 및 이에 따른 가격 경쟁력 하락, 신기술의 부족 등으로 이어지는 악순환이 지속되고 있음. 따라서, 국가적 차원에서의 목조 건축물 활성화를 위한 노력이 필요함

		<p>○ <b>목조 대공간 건축물의 활성화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서 수행된 목조 건축물 관련 사업은 대부분 목조 빌딩형 건축물 또는 한옥에 초점이 맞춰져 있으므로 개발된 기술을 목조 대공간 건축물에 적용하기 어려움</li> <li>- 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 기술적 및 경제적으로 고부가가치 산업으로서, 정부와 지방자치단체가 국민을 위한 체육 및 다용도 문화시설로 목조 대공간 건축물 사용 활성화를 유도할 수 있으며, 정부와 공공의 목조건축 사용은 목조 재료 산업 및 그와 관련한 우수 인력양성 등 다양한 산업적 시너지 효과가 발생하리라 판단함</li> </ul>
	1단계	<p><b>목표</b></p> <p>2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증</p> <p><b>내용</b></p> <p>○ <b>국내·외 트렌드 분석 및 환경변화 분석을 통한 미래 이슈 도출과 사업추진 방향 및 기술 대안의 타당성 제시</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 연구 기술개발 성과 분석 및 본 과제와의 차별화 및 연계 방안 제시</li> <li>- 국내·외 기술개발 현황 및 국내 인프라 현황 분석과 개발 기술에 대한 국내 수요처의 의견수렴 및 시장 요구사항 분석</li> <li>- 기존 기술 수준 및 현황 등의 분석 결과를 기반으로 해당 기술개발 가능성에 대한 심층 검토</li> <li>- 정부 정책과의 관련성 및 연계성 분석과 미래 이슈 및 니즈와의 부합성 검토</li> </ul> <p>○ <b>기술개발사업 목표 및 연구내용 설정과 연구개발 후보 과제 우선순위 도출을 통한 과제 카드 작성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비전 및 목표 제시와 기술 예측·수요·SWOT 분석 등을 통한 중점분야 도출 및 전략 방향 정립</li> <li>- 중점 추진 분야별 연구개발 후보 과제 설정 및 우선순위 도출과 기술개발의 시급성·진보성·파급효과 및 경제적 효과를 고려한 과제 도출</li> <li>- 과제 간 연계 및 중복 여부 등 종합 검토와 후보 과제별 기술유형, 성과 유형 제시</li> </ul> <p>○ <b>연구 목표 및 범위, 세부 과제 및 연구내용 설정과 활용방안 및 실용화 추진방안 제시</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구체적인 연구 목표 및 연구 범위 설정과 세부 과제의 연차별·단계별 기술개발 로드맵 제시</li> <li>- 개발 기술의 TRL 및 핵심기술 요소 설정 및 과제 구성에 따른 인력투입계획 및 소요 예산 산정</li> <li>- 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응 방안 검토</li> <li>- 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성 검토와 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학 기술적 파급효과 검토</li> <li>- 본 과제 공모를 위한 RFP 작성 및 전략계획서 작성</li> </ul>

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과

**정책적**

- ☑ 탄소 중립 정책에 기여
- ☑ 목조건축의 제도적, 정책적 기반 강화
- ☑ 지속 가능한 도시 개발 및 환경 보호 효과
- ☑ 내재 탄소 저장 전략 검토
- ☑ 탄소제로 목조 대공간 건축물 구현

**기술적**

- ☑ 국내 기술 고도화를 통한 경쟁력 강화
- ☑ 융합 기술 및 스마트 건축
- ☑ 목조 대공간 건축 관련 기술 발전 및 연구 활성화
- ☑ 목재 구조물 안전성 및 내구성 강화
- ☑ 공업화 건축 및 미래 기술 확보

**사회적**

- ☑ 지속 가능한 발전 가능
- ☑ 국가 이미지 향상
- ☑ 목재에 대한 사회적 인식 제고
- ☑ 친환경 건축을 통한 도시 미관 향상
- ☑ 저탄소·저에너지 건축을 보급 확산

**경제적**

- ☑ 목조 시장 경제 성장 및 새로운 일자리 창출
- ☑ 국내 자원 활용 및 수입 대체
- ☑ 목조건축물의 효율성 확보 가능
- ☑ 해외시장 경쟁력 강화
- ☑ 원천기술 및 인력 수출

**[정책적 파급효과]**

○ 2050 탄소중립 실현을 위한 목조 건축물 분야 탄소 감축목표 달성

- 탄소저장고이며, 내재 에너지가 낮은 목재의 활용을 통한 목조건축의 확산과 건설 분야에서의 탄소중립 2050 목표 달성에 기여
- 국가 에너지 관련 정책 및 제로 에너지 건축 보급 및 확산에 이바지 할 수 있으며, 탄소제로 목조 대공간 건축물 구현을 통한 제도적·정책적 기반 마련

○ **대공간 목조 건축물의 제도적, 정책적 기반 강화**

- 목조 구조물의 안전성과 내구성에 대한 규제 강화 및 기준 수립의 기반을 다지고 이를 통한 건축 시장에 목조 건축물의 안전성 인식 제고
- 목조 대공간 건축물을 장려하기 위한 세제 우대, 건축규제의 수정 및 적용 등의 정책적 장치 도입 가능성

**[사회적 파급효과]**○ **지속 가능한 친환경 국가 이미지 향상**

- 자연 친화적인 목조 건축물의 도입을 통한 도시 미관 향상과 다양한 산업 및 경제 부문에서 긍정적인 영향으로 미래 세대에게 지속 가능한 발전의 모범 사례 제공
- 탄소중립 실현 할 수 있는 건축물로의 전환을 통해 국가 이미지 제고와 친환경 건축 활성화 및 자연형 산업으로 성장 가능

○ **세계 최대 목조 대공간 건축물을 통한 탄소중립 건축물에 대한 사회적 인식 제고**

- 국내 기술을 이용한 목조 대공간 건축물 실증을 통한 목조건축에 대한 부정적 인식 개선과 목조 건축물에 관한 연구 성과확산을 통한 관련 분야의 전문가 양성 및 일반인의 이해도 향상

**[기술적 파급효과]**○ **국내 관련 기술 고도화를 통한 경쟁력 강화**

- 목조 대공간 건축물 관련 분야에서의 기술 선진국과 기술 격차를 완화함으로써 국내 건축 기술 발전에 기여할 수 있으며, 국산 기술 고도화 가능
- 재생 가능 자재의 개량, 에너지 효율적 설계기술 등 탄소제로 목조 건축물을 구축하는 데 필요한 신기술개발
- 탄소중립 기반 미래 건축에 대한 국내 원천기술 확보

○ **스마트 건설 융합 기술 향상 및 관련 연구 활성화**

- 목조 대공간 건축물 관련 기술의 집대성을 통한 기술 고도화 발판 마련 및 공학목재의 다양한 제조, 구조 및 내화에 관한 다양한 연구 활성화
- 목조 건축물 공정 분야에서 자동화 및 로봇 기술 적용, 관리 측면에서 디지털화 및 스마트 건축 시스템 등 다양한 분야와의 기술 접목 가능
- 제로에너지 건축물 달성을 위한 스마트 친환경 설비 요소기술개발 및 적용을 통한 기술의 축적

**[경제적 파급효과]**○ **목조 대공간 건축물의 탄소중립 친환경 효율성 확보 가능**

- 자재 제조비, 시공비, 공기 단축 감소를 통한 목조 건축물의 효율성 확보가 가능하며, 전생애주기 관점에서 탄소 배출량 저감에 효율적인 목조 건축물의 활성화 가능
- 목조 대공간 건축물 관련 기술 선도화 및 높은 품질의 목조건축을 달성하여 해외시장에서의 경쟁력 강화

○ **국내 목조 관련 산업 창출, 확대를 통한 경제 성장 및 새로운 일자리 창출**

- 탄소제로 목조 건축물 개발로 새로운 시장 창출이 가능하며, 친환경 건축 자재와 기술의 수요 등 관련 산업의 성장 촉진
- 국산 목재의 대형 수요 창출을 통한 국내 임산 자원의 고부가가치화 및 CLT 및 GLT 공학목재 부재 건축물 사용 활성화
- 수입에 의존하는 구조용 목재를 국산재로 대체함으로써 해외시장 목재 가격 변동에 따른 내수시장 영향 감소

국문핵심어 (5개 이내)	목구조 대공간 건축물 재료	목구조 대공간 건축물 설계기술	목구조 대공간 건축물 시공 기술	목구조 대공간 건축물 친환경 기술	테스트베드
영문핵심어 (5개 이내)	Material of Wooden Large Space Structure	Design Technology of Wooden Large Space Structure	Construction Technology of Wooden Large Space Structure	Eco-Friendly Technology of Wooden Large Space Structure	Test-bed

# 목 차

200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획 최종보고서

## I . 기획연구과제의 개요

1장. 기획연구과제의 개요	1
1절. 기획연구과제의 정의 및 범위	1
1. 기획연구과제의 정의	1
2. 기획연구과제의 적용 범위	4
2절. 추진배경 및 필요성	5
1. 추진배경 및 필요성	5
2. 사업추진의 시급성	11
3절. 기획 추진체계	12
1. 수행 체계	12
2. 추진 절차	13
3. 추진 경과 및 내용	22

## II . 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

2장. 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용	32
1절. 정책적 환경분석	32
1. 국외 정책 동향	32
2. 국내 정책 동향	35
3. 결론 및 시사점	41
2절. 경제적 환경분석	42
1. 국외 시장현황 및 전망	42
2. 국내 시장현황 및 전망	49
3. 결론 및 시사점	54
3절. 기술적 환경분석	55
1. 국외 기술 동향	55
2. 국내 기술 동향	91
3. 결론 및 시사점	100

# 목 차

200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획 최종보고서

4절. 특허 및 연구 환경분석	101
1. 특허 환경분석	101
2. 연구 환경분석	114
3. 논문 환경분석	122
4. 결론 및 시사점	137
5절. 국내 인프라 환경분석	139
1. 연구기관 현황	139
2. 산업체 현황	144
3. 목조건축 교육 현황	148
4. 국내 산림자원 현황	150
5. 대공간 건축물 현황 (리모델링 관점)	156
6. 결론 및 시사점	159
6절. 종합분석	160
1. SWOT 분석	160
2. SWOT 분석을 통한 전략 도출	161

## Ⅲ. 기획연구과제의 수행 결과

3장. 신규 연구개발과제 구성 및 추진전략	162
1절. 비전 및 목표	162
2절. 연구개발과제 구성	163
1. 전문가 의견 조사	163
2. 기술수요조사	164
3. 연구개발과제 도출	197
3절. 핵심기술요소(CTE) 선정 및 기술성숙도(TRL) 목표	199
1. 핵심기술요소(CTE) 후보 기술 선정	201
2. 핵심기술요소(CTE) 선정	204
3. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표	208
4. 단위 연구개발과제 도출	209

# 목 차

200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획 최종보고서

4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진전략	210
1. 세부과제별 주요 내용	210
2. 예상 성과 및 목표 수준	218
3. 세부과제별 연계도	222
5절. 세부 및 연차별 기술로드맵	223
6절. 연구수행체계 제안	228
1. 연구수행체계 구성 개요	228
2. 연구수행 추진 절차	230
7절. 성과의 활용방안	231
4장. 인력투입계획 및 소요 예산 산정	233
1절. 연구 일정에 따른 인력투입계획	233
1. 전체사업 인력투입계획	233
2. 세부과제별 인력투입	234
2절. 소요예산 산정	236
1. 예산 산정방법	236
2. 전체사업 소요예산	237
3. 세부과제별 소요예산	238
5장. 파급효과	242
1절. 정책적 파급효과	242
2절. 사회적 파급효과	243
3절. 기술적 파급효과	243
4절. 경제적 파급효과	244

# 목 차

200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획 최종보고서

6장. 사전타당성 검토	245
1절. 정책적 타당성	245
1. 국가계획 부합성	245
2. 정부 관련부처 사업추진 의지	246
2절. 기술적 타당성	249
1. 문제 및 이슈 도출의 적절성	249
2. 기술개발 계획의 적절성	250
3. 추진전략의 적절성	260
3절. 경제적 타당성	261
1. 경제성 분석 방법	261
2. 분석 결과	263
4절. 참여의향서	264
7장. 과제 제안요구서(RFP)	267
8장. 전략계획서	279
9장. 참고문헌	308

# 1장. 기획연구과제의 개요

## 1절. 기획연구과제의 정의 및 범위

### 1. 기획연구과제의 정의

- 본 기획연구의 최종목표는 「200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 (변경 전: 200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획)」을 통해 2050 탄소중립 실현과 목재를 활용한 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술 개발 및 실증임
  - 목조 대공간 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의
  - 기술개발 및 성능 검증
  - 기술의 실증화 및 기술의 표준화 구축

건설 분야의 탄소중립 실현과 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출을 위한  
**「200m급 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발」**

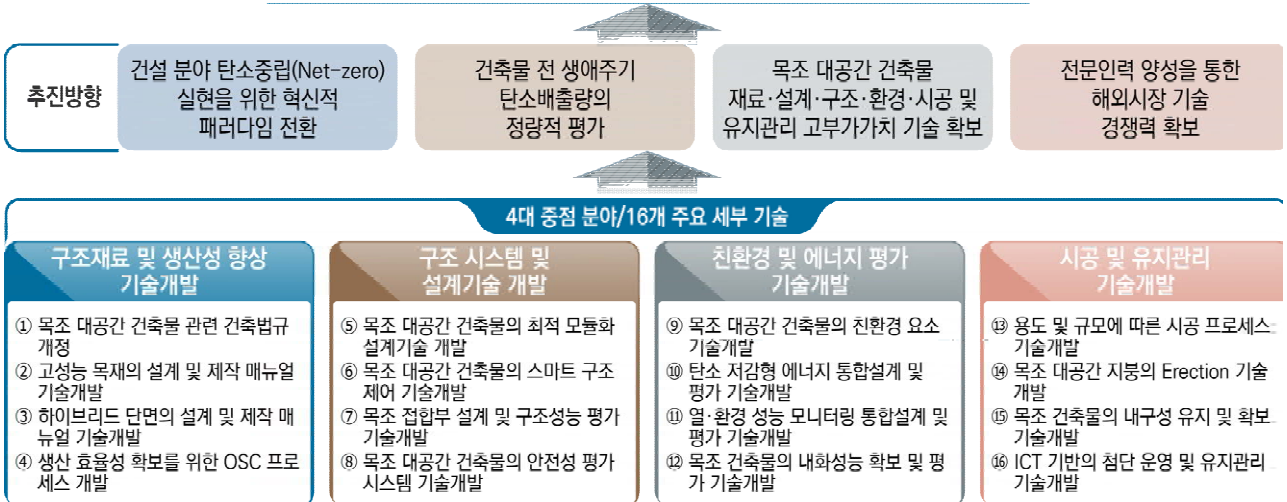


그림 1-1. 기획연구 최종목표 및 추진 방향

- 탄소제로 시대의 메가트렌드와 사회적 패러다임 변화에 대응할 수 있는 건설 기술의 혁신 주체를 목조 대공간 건축물 건설 기술로 정의하고, 미래형 목조 대공간 건축물의 관련 기술개발을 통하여 탄소제로 시대 목조 건축물 건설의 산업 기반을 구축하고 글로벌시장 선점을 목표로 함
- 현재와 미래의 건축 및 도시환경에 대응하고 첨단 ICT 기반 기술을 선택적으로 융합하여 새로운 대공간 건축물 건설 기술개발을 통한 글로벌 미래 경쟁력 주도가 가능한 연구기획
  - 목조 대공간 건축물의 생애주기 단계별 탄소 배출 원인을 파악하고 건설단계, 운영단계, 해체단계 등의 목조 대공간 건축물의 생애주기별 탄소 배출량 최소화 연구
  - 재료·설계·구조·환경·시공 및 유지관리 기술의 철저한 탄소 배출 감축 전략기술 및 핵심적 감축 방안에 관한 연구
- 목조 대공간 건축물 건설 기술개발을 통한 국내 목조건축 산업과 목재 부품소재 산업의 견인, 일자리 창출 및 경제 활성화가 가능한 연구기획

## 1 장 | 기획연구과제의 개요

- 2023년 산림청에 따르면 우리나라는 대표적 산림 국가지만 목재 수요의 84%를 수입하고 매년 7조 원의 외화를 지출하고 있으며, 미래 자원전쟁에 대비하고자 경제임업을 활성화하여 목재 자급률을 높이고 국산 목재 이용 촉진이 필요한 시점으로 진단
- 산림자원량의 축적과 산림 주기의 간별기 도래에 따라 목재 수요를 견인할 수 있는 촉진 기술로서 목조 대공간 건축물의 건설 기술개발

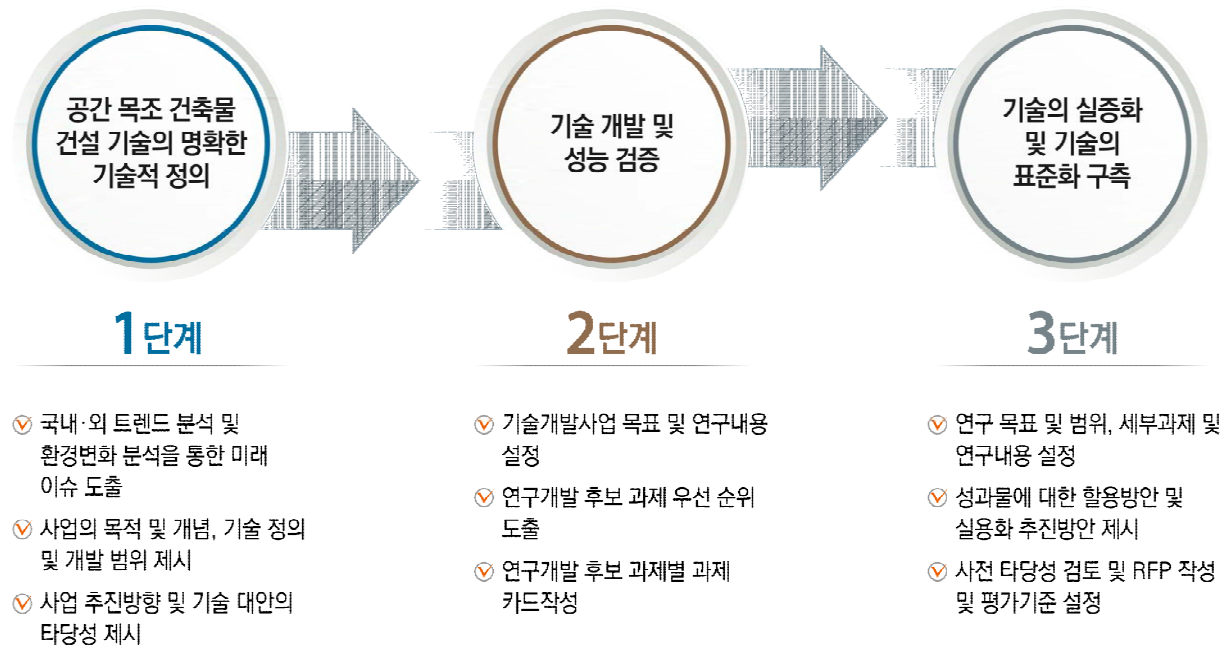


그림 1-2. 기획 초기 연구단계

- 본 연구기획 초기의 범위는 200미터급 목조 대공간 건축물 건설 기술 기반 구축을 3단계로 나누어 각 단계별 기술개발 및 성과물을 검증할 수 있는 연구기획
  - 연구단계는 1단계 대공간 목조 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의, 2단계는 기술개발 및 성능 검증, 3단계는 기술의 실증화 및 기술의 표준화 구축으로 분류됨
  - 각 연구단계와 매칭되는 연구전략을 연구 기간별로 설정하여 탄소제로, 모듈화, Off-Site-Construction, On Demand를 핵심 키워드로 설정하여 건설 환경변화 및 사회변화에 민감히 대응할 수 있는 기술개발 로드맵 구축
  - 목조 대공간 건축물 건설이 가능한 각종 제도 및 관련 법규 정비
- 연구단계 및 연구전략을 바탕으로 한 핵심 연구 목표를 설정하고, 정부의 “국토교통 탄소중립 로드맵”의 “건물 부문”과 “국토·도시 기반”의 탄소중립에 기여할 수 있는 목조 대공간 건축물 건설 기술 기획
  - 연구단계 및 연구전략을 바탕으로 한 핵심 연구 목표 및 세부 연구 목표설정
  - 연구단계, 연구전략, 핵심 연구 목표를 만족하는 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술을 위한 세부 연구내용 및 성과물 도출
  - 국내 목조 건설 기술의 소요 기술별 포지션과 현재 글로벌 목조건축 시장 포지션과의 비교 분석을 통한 전략적 분석을 바탕으로 한 기술개발 프레임-워크 구축

- 본 연구기획에서는 ICT 기술의 급격한 발전과 코로나19 위기 등으로 나타난 건설산업 환경변화에 민감히 대응하는 목조 대공간 건축물 건설 기술 기획
  - 2020년 맥킨지는 ‘제품 기반의 접근방식’, ‘전문화’, ‘가치사슬 관리와 산업 차원의 공급망 통합’, ‘통합’, ‘고객 중심 및 브랜딩’, ‘기술 및 시설에 대한 투자’, ‘인적 자원에 대한 투자’, ‘국제화’, ‘지속가능성’의 9가지를 건설 프로젝트의 생산방식을 근본적으로 변화시키는 동인으로 정의하였고, COVID-19 이후 건설 기술 관련 첨단기술의 활용과 디지털 역량 요구
  - 미래 건설생산방식의 변화에 따라 건설산업의 가치 변동과 기존의 건설업에서 모듈 제조업체와 개발자, 변화에 적극적으로 대응한 기업이 건설시장의 주도권을 가지게 될 것이므로 건설산업 생산방식을 고려한 연구기획이 필요
  - 또한, 청년층의 건설업 기피 및 건설 인력의 고령화가 심해지고 있으며 이는 노동력 감소에 대응할 수 있는 연구기획 필요

# 1 장 | 기획연구과제의 개요

## 2. 기획연구과제의 적용 범위

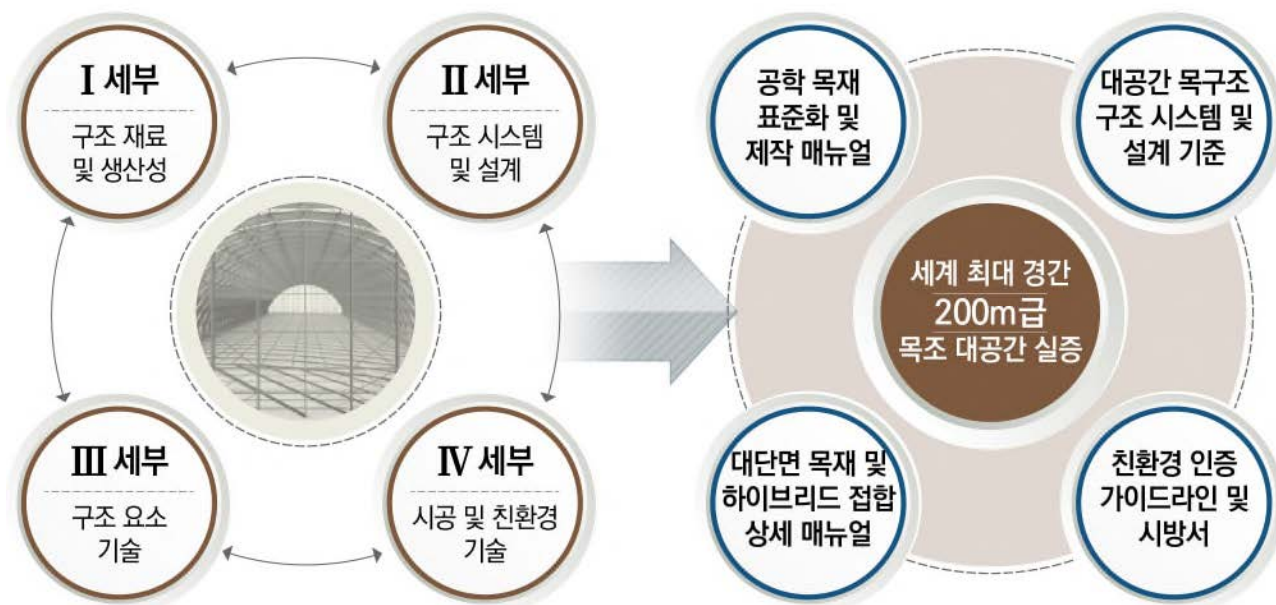


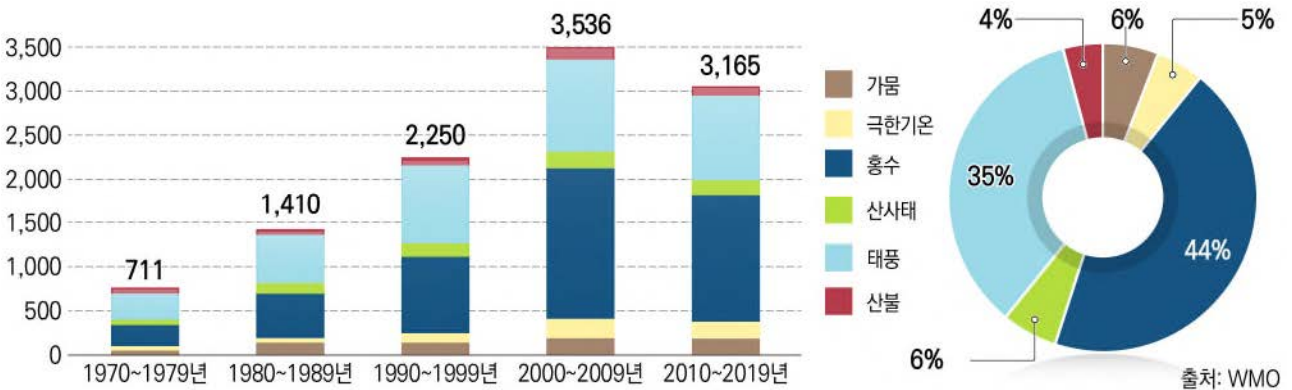
그림 1-3. 기획 초기 연구과제 및 성과

- 본 연구기획 초기에서는 목조 대공간 건축물 산업의 시장 가능성을 비롯하여, 글로벌시장 선점을 위한 목조 대공간 건축물 기술개발 및 실증화를 포함하여 총 3단계, 4세부로 기획함
- 이를 위한 포괄적 의미의 건축 형태별 목조 대공간 건축물 산업의 최근 동향과 규모에 따른 포지셔닝과 현재 시장 포지션과의 비교 분석을 통한 실무에서의 목조 대공간 건축물 기술 도입 전략 분석을 실시하고 시장 선점을 위한 프레임-웍을 구축함
- 본 연구의 기술 범위는 사회적 패러다임 변화를 선제적으로 대응하기 위해 목조 건축물 시공 기술, 건축물 평가 기술을 포함하고 기존 건설시장의 혁신적 변화를 유도하는 새로운 시장 창출 및 시장 선점이 가능한 영역발굴을 위한 설계, 프로그램 및 시스템 개발 분야를 포괄함
- First Mover(유럽, 미국, 일본 등)와 동등 레벨의 기술 수준 및 시장점유를 목표로, 1세부에서는 200m급 대공간 목조 건축물 관련 건축법규 제정, 30m, 50m, 100m급 모듈화 기술 및 모듈화 부재 DB 구축, 공학용 목재의 주요 규정 단면의 표준화 및 DB 구축, 목재와 강재의 하이브리드 단면의 설계 제작 매뉴얼 개발, 스마트 시공 및 유지관리 매뉴얼 개발 등 대공간 목조 구조물의 구조재료 기술개발
- 2세부에서는 목조 대공간 구조물의 형태 생성 기술개발, 200m급 목조 대공간 구조 시스템 구축, 목조 구조물의 설계 자동화 기술개발, 하이브리드 부재의 비선형 구조 해석과 붕괴 메커니즘을 고려한 설계 프로그램 개발, 대공간 목조 구조물의 통합 자동화설계 프로그램 제작 등 대공간 목조 구조물의 구조 시스템 및 설계기술을 개발
- 3세부에서는 접합부 상세 설계표준 및 구조설계 기준 제안, 목조 구조물의 3차원 비탄성 해석 SW 및 성능 평가 매뉴얼 개발, 대공간 목조 구조물의 동특성 평가 시스템 개발, 대공간 목조 구조물의 안전성 평가 매뉴얼 개발, 규모별 목조 및 하이브리드 접합부 상세설계 표준 매뉴얼 개발, 목조 구조물의 규모별 해석 및 설계 매뉴얼 개발 등 대공간 목조 구조물의 구조 요소기술 개발을 진행
- 4세부에서는 통합 설계기술 적용 및 모니터링 플랫폼 운영, 대공간 목조 구조물 제작, 시공 상세표준 및 시방서 제작, 친환경 인증 가이드라인 확립, 대공간 목조 구조물 적용 가능 친환경 기술 검증 보고서 작성, 통합 설계기술 설명서 및 플랫폼 운영 보고서 작성 등을 결과물로 대공간 목조 구조물의 시공 및 유지관리 기술개발을 계획함
- 본 연구의 연구개발은 단순히 기술개발만 하는 것이 아닌 목조 대공간 건축물을 실증화하여 목조건축 기술 선진국 반열에 오를 수 있는 발판을 마련할 것임

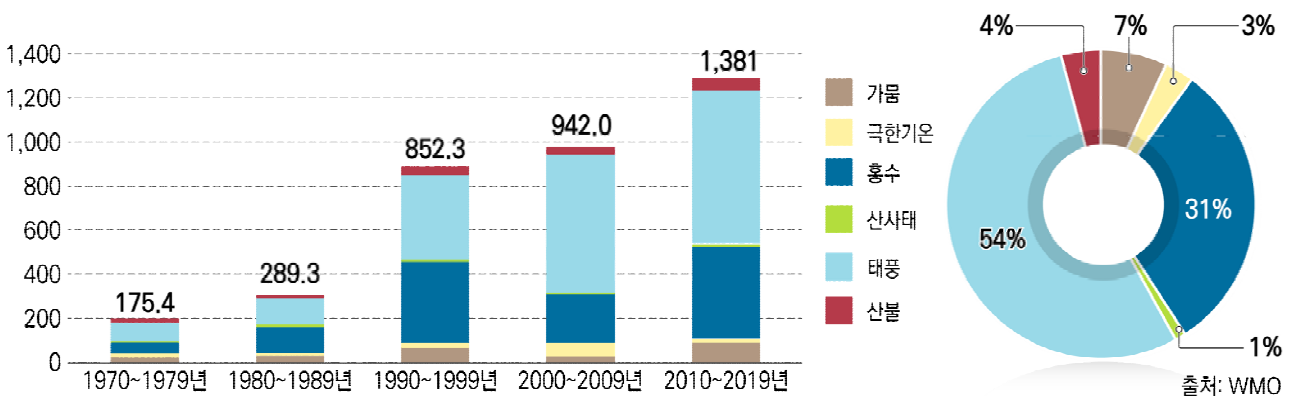
## 2절. 추진배경 및 필요성

### 1. 추진배경 및 필요성

- 이상기온 현상으로 발생하는 전 세계 기후 이상과 탄소 배출량의 관계
  - 2023년 7월 전 세계 평균 지표면 기온은 16.95°C로 관측을 시작한 1940년 이후 가장 높았으며, 폭염·국지성 호우·가뭄 등의 이상기후로 인해 막대한 경제적 손실이 발생함
  - UNDRR(United Nations Office for Disaster Risk Reduction)의 2023년 보고서에 따르면 극심한 이상기후의 약 75%가 탄소 배출로 인해 야기된다는 연구 결과를 소개하였으며, 2030년까지 기후변화와 재해로 약 3,760만 명(최악의 경우 1억 700만 명)이 추가로 극심한 피해를 볼 것으로 전망
  - 세계기상기구(WMO; World Meteorological Organization)는 이상기후, 물 부족 등 기후변화로 인해 발생하는 자연재해는 1970년대 711건이 발생하였지만, 2000년대 3,536건, 2010년대 3,165건으로 급증하여 인류가 위험함을 경고함. 이로 인한 경제적 손실 규모 또한 1970년대 175억 달러에서 2010년대 1,381억 달러로 약 8배 급증하였음
  - 따라서, 각 국가에서 배출되는 탄소 배출량 감축은 세계 기후변화의 안정을 위해 필수적으로 수행해야 하는 노력임



(a) 자연재해 발생 건수



(b) 자연재해로 인한 경제적 손실 규모

그림 1-4. 전 세계 자연재해 발생 건수 및 경제적 손실 규모<sup>1)</sup>

1) SK 에코플랜트 뉴스룸 (2023), "2023 전 세계를 무너뜨린 역대급 자연재해는 시작에 불과하다" 세계 자연재해 감소의 날

# 1 장 | 기획연구과제의 개요

- 탄소중립(Net-Zero)을 위한 국제사회의 다양한 움직임
  - 국제사회는 지구온난화 및 기후변화에 대응하기 위해 유엔기후변화협약(UNFCCC, 1992), 교토의정서(1997)를 체결하였으며, 기존 체제의 한계를 보완하기 위해 2015년 파리협정을 통해 새로운 기후 체제를 수립함
  - 파리협정은 선진국 및 개발도상국 모두 참여하여, 전 세계 기후변화에 포괄적 대응을 위해 장기적인 저탄소 발전 목표와 전략을 수립해 이행하는 상향식 체계를 구축함
  - 2016년 11월 파리협정 발효 이후 2018년 10월 IPCC 총회, 2019년 9월 UN 기후 정상회의 등을 거쳐 주요 국가들의 탄소중립 선언과 로드맵 발표가 증가하기 시작함
  - 유럽연합, 영국, 캐나다 등의 대부분 국가가 2050년을 탄소중립 원년으로 선언하였으며, 특히 유럽연합은 탄소 배출량이 많은 국가 수입품에 대해 세금을 부과하는 ‘탄소 국경세’ 제도까지 추진함

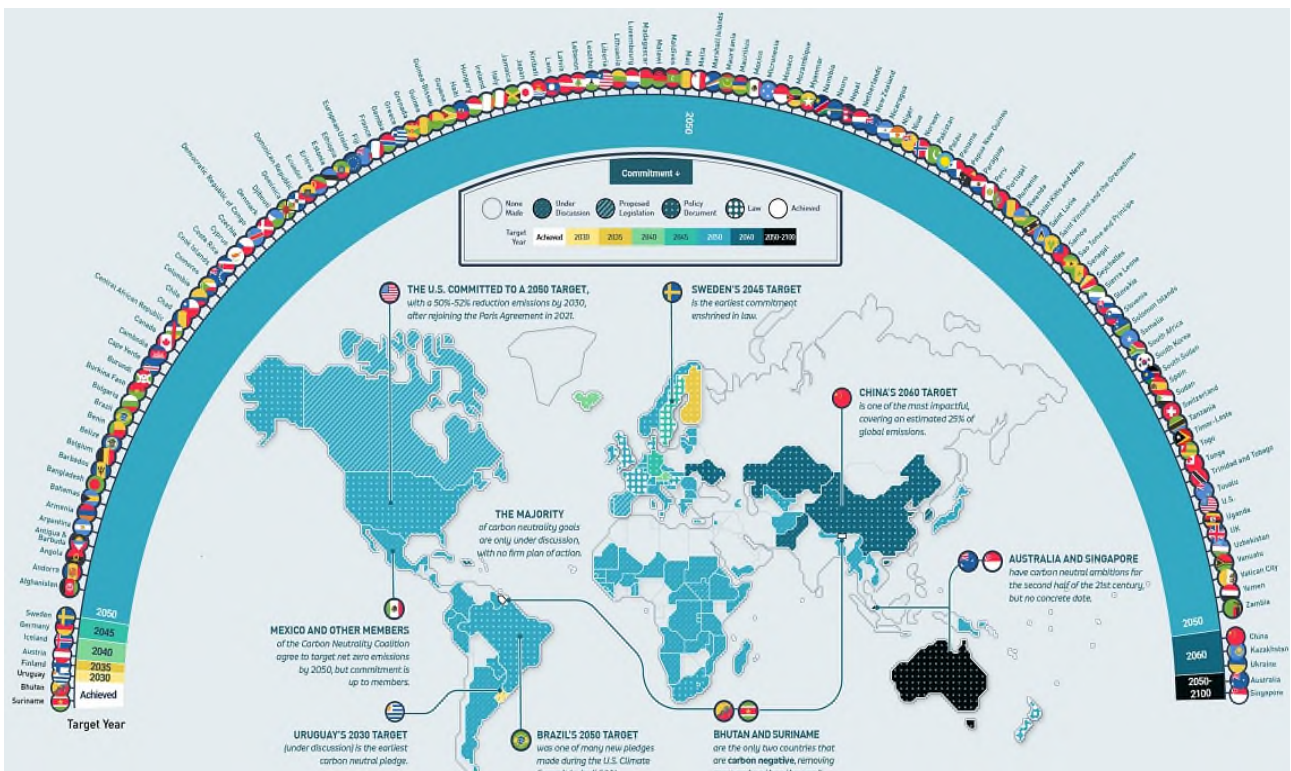


그림 1-5. 탄소중립 참여국 및 목표연도<sup>2)</sup>

표 1-1. 주요국의 탄소중립 목표

유럽연합	• 2030년 탄소 배출 1990년 대비 55% 감축, 2050년 완전 탄소중립
중국	• 2060년 탄소중립 목표, 세부 계획 없음
한국	• 2030년 온실가스 2017년 대비 24% 감축, 2050년 완전 탄소중립
일본	• 2030년 태양광발전 60% 확대, 2050년 완전 탄소중립
미국	• 2030년 풍력발전 등 2배로 확대, 2035년 발전 부문 탄소중립, 2050년 완전 중립

2) Visual capitalist (2023), Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country

● 건설산업에서 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 노력의 필요성

- 건설 관련 산업은 전 세계 에너지 소비량 중 총 36%, 탄소 배출량 중 총 37%를 차지하고 있으며, 다른 산업에 비해 탄소 배출량이 월등히 높은 편에 속함
- 따라서, 기후변화의 대응을 위한 건설산업에서의 탄소 배출량 감축은 핵심 산업이라고 할 수 있음

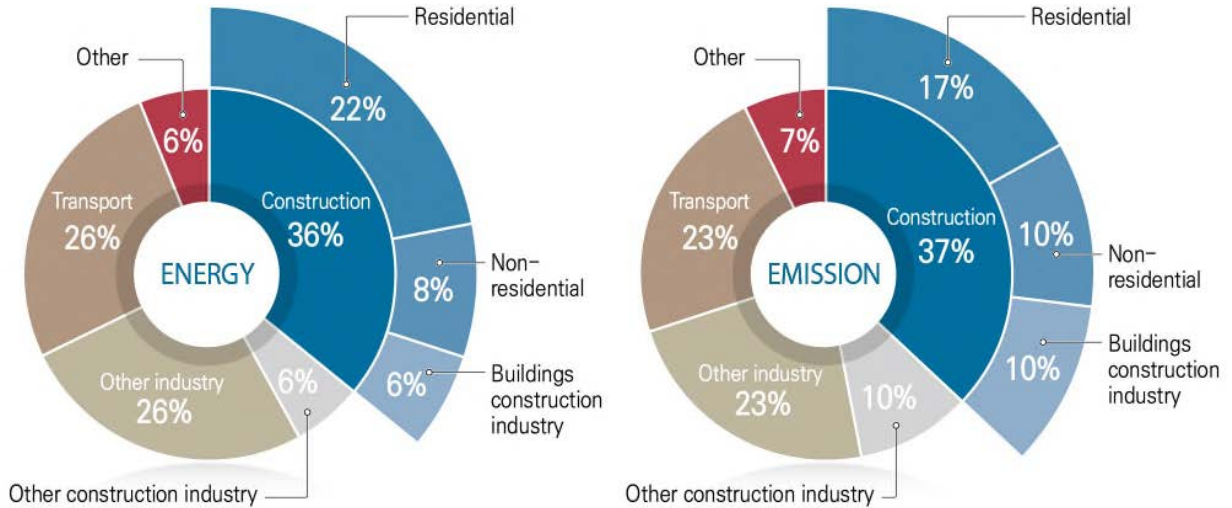


그림 1-6. 글로벌 에너지 소비 및 탄소 배출량

- 건설산업에서는 건축물의 운영단계에서 발생하는 운영에너지(operation energy)를 감축하기 위해 제로 에너지빌딩, 패시브 하우스 등의 노력을 수행하고 있지만, 자재 생산·운송·시공·재사용 등 건축물의 전 생애주기 평가에 대한 중요성이 커지고 있음
- 특히, 건설 자재로 많이 사용되는 시멘트, 철의 생산 과정에서 발생하는 탄소 배출 저감 대책은 미흡한 상황이지만, 건설용 시멘트·철강에 대한 수요는 2030년까지 지속적으로 증가할 것으로 예측하고 있음
- UNEP와 Yale CEA가 발간한 Technical report에 따르면, 탈탄소화를 위해 콘크리트 및 철과 같은 전통적 건설 재료는 꼭 필요할 때만 사용하고, 가능한 재생 가능한 저탄소 바이오 기반 건설 재료 사용으로의 전환이 촉구됨
- 따라서, 친환경적이고 내재 에너지가 작아 탄소 배출량 감축에 도움을 줄 수 있는 목조 건축물이 대안으로 대두되고 있음

● 2022년 시행 탄소중립 기본법의 실질적 탄소중립 달성을 위한 혁신적 건축 재료 및 건축구조공법의 필요

- 정부의 2021 탄소중립 시나리오에 따르면 2018년 기준으로 산업부문은 온실가스 배출량 260.5(백만 톤 CO<sub>2</sub>eq)로서 우리나라 온실가스 총배출량의 35.8%를 차지하며, 철강 101.2백만 톤, 시멘트 34.1백만 톤 등 건설 재료 관련 산업부문에서 50% 이상을 차지
- 철강 공정, 시멘트 공정 및 석유화학 공정으로부터 80.4% 온실가스 배출량 감축 예정
- 따라서, 철강과 시멘트의 전방산업과 후방산업의 흐름과 마찬가지로 목조재료의 혁신적 기술개발을 통하여 목조 건축물 활성화 및 대공간 건축물 건축을 위한 건축구법 기술개발의 확보 필요

# 1 장 | 기획연구과제의 개요

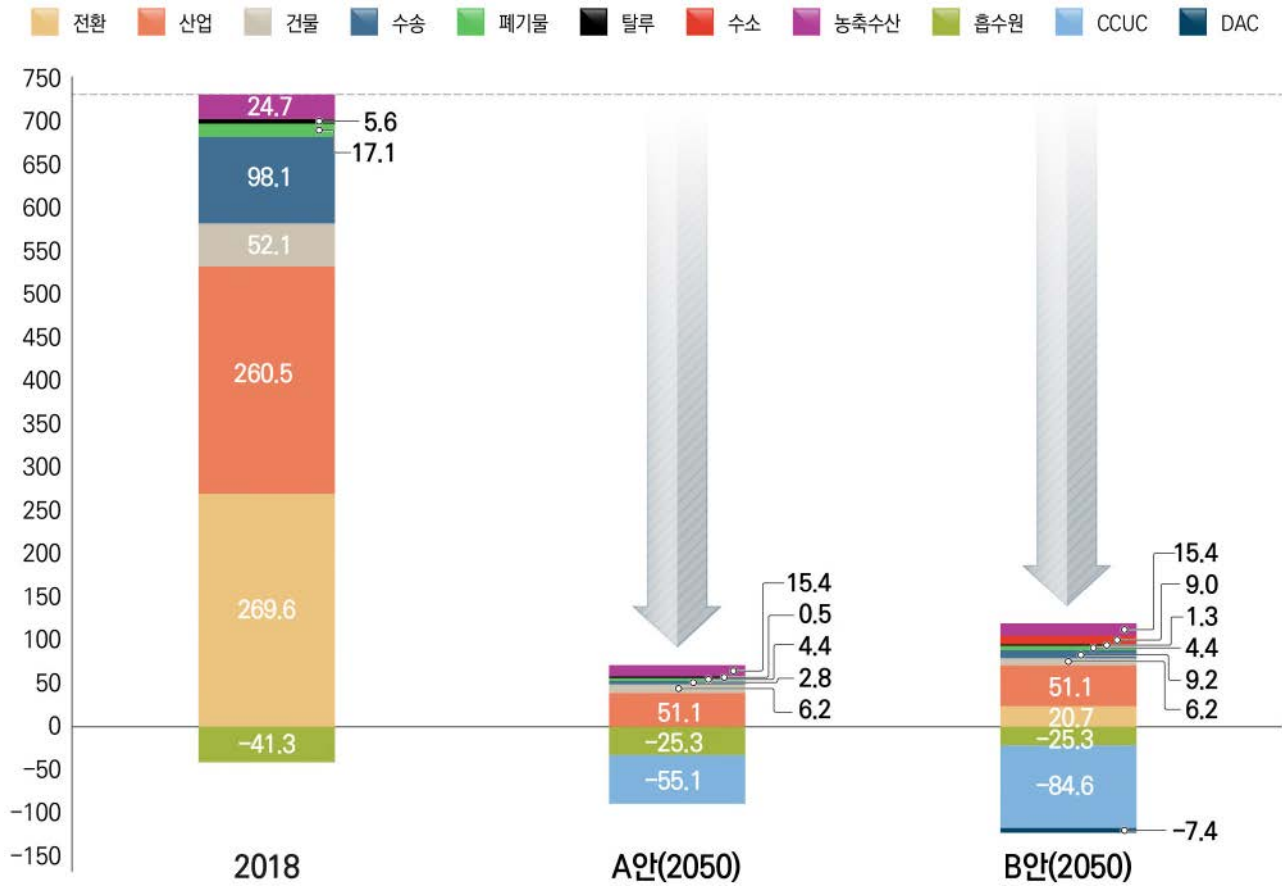


그림 1-7. 2050 탄소중립 부문별 온실가스 배출량<sup>3)</sup>

- 목조 건축물을 이용한 건설산업에서의 탄소 배출량 감축 효과의 증명
  - 목조 건축물 기술 관련 선진국(일본, 캐나다, 미국 등)은 국가 측면에서 목조 건축물 시공을 장려하고 있으며, 이로 인한 탄소 감축 효과를 증명하였음
  - 영국 런던(London)의 Stadthaus는 2009년에 9층, 연면적 2,890㎡의 규모로 준공되었으며, 주요 구조부재는 CLT(cross laminated timber)를 사용하였음. 총 목재의 사용량은 901㎡이며, 310t의 탄소 저장 효과를 보여 건설 분야에서의 탄소 감축에 이바지하였음
  - 스웨덴 베스테르보텐(Vasterbotten)의 Sara kulturhus center는 2021년에 20층, 연면적 30,000㎡의 규모로 준공되었음. 코어·슬래브는 CLT, 기둥·보는 CLT 및 GLT(glue laminated timber)를 사용하였음. 총 9,000t의 탄소저장 효과를 보임

3) 탄소 중립위원회 (2021), 2050 탄소중립 시나리오

표 1-2. 목조 건축물의 탄소 감소 효과<sup>4)</sup>

건물명	건물 사진	규모	주요 구조 부재				목재 사용량 (탄소 저장 효과)
			코어	슬래브	기둥	보	
Stadthaus (영국; 2009)		9층 2,890㎡	CLT	CLT	CLT	CLT	901㎡ (310t)
Library at the dock (오스트레일리아; 2014)		3층 3,000㎡	CLT	CLT	GLT	GLT	1,000㎡ (1,000t)
Takaso woodworking building (일본; 2021)		7층 1,131.3㎡	Solid wood	Solid wood	Solid wood	Solid wood	450㎡ (270t)
Sara kulturhus center (스웨덴; 2021)		20층 30,000㎡	CLT	CLT	CLT + GLT	CLT + GLT	- (9,000t)

- 주요 구조 부재를 모두 목재로 사용하지 않고, 기존 재료(철근콘크리트, 철골)와 혼합하여 사용한 목조 하이브리드 건축물의 경우 또한 목재의 사용으로 인해 탄소 저장 효과를 확인할 수 있음
- 미국 미네소타(Minnesota)의 T3 Minneapolis는 2016년에 7층, 연면적 20,438.67㎡의 규모로 준공되었음. 코어는 기존 재료(철근콘크리트)를 사용하였으며, 슬래브는 NLT(Nail laminated timber), 기둥·보는 GLT를 사용하였음. 총 3,200t의 탄소저장 효과를 확인하였음

4) 전영진 등 (2022), 해외 목조 건축물 사례분석을 통한 생활 SOC의 목재 적용방안 고찰

# 1 장 | 기획연구과제의 개요

표 1-3. 목조 하이브리드 건축물의 탄소 감소 효과

건물명	건물 사진	규모	주요 구조 부재				목재 사용량 (탄소 저장 효과)
			코어	슬래브	기둥	보	
T3 Minneapolis (미국, 2016)		7층 20,438.7㎡	RC	NLT	GLT	GLT	3,600㎡ (3,200t)
Brock commons tallwood house (캐나다, 2017)		18층 15,124.6㎡	Concrete	CLT	GLT	GLT	2,200㎡ (2,400t)
Hoho vienna (오스트리아, 2019)		24층 25,000㎡	RC	CLT	GLT	GLT	1,965㎡ (2,800t)
Hyperion tower (프랑스, 2021)		17층 60,000㎡	Concrete	CLT	CLT	CLT	1,400㎡ (1,000t)

- 국내 국립산림과학원 종합연구동은 4층, 연면적 4,526㎡의 규모로 준공되었으며, 총 498㎡의 목재를 사용하였음. 이로써 약 417t의 탄소를 저장하는 효과를 보임
- 국내에서 가장 높은 목재 건축물인 한그린 목조관은 5층, 연면적 1,233㎡의 규모로 준공되었으며, 총 194㎡의 목재를 사용하였음. 이로써 약 168t의 탄소를 저장하는 효과가 나타나는 것을 확인하였음
- 또한, 국립산림과학원 종합연구동과 한그린 목조관을 기존 재료(철근콘크리트) 대신 목재를 사용함으로써 각각 약 884t, 274t의 탄소 배출량이 감소하는 것으로 산정되었음. 해외 연구 결과로는 연면적 100㎡의 목조주택의 경우 약 30t의 탄소 발생 감소 효과가 나타나는 것으로 확인하였음<sup>5)</sup>



(a) 산림생명자원연구부 종합연구동



(b) 한그린 목조관

그림 1-8. 국내의 대표 목조 건축물 (30m 이상)<sup>6)7)</sup>

5) 한국목재신문 (2022), 목조건축과 탄소중립 ②

6) 한국목재신문 (2016), 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동 - 국내 다층 목조건축의 새로운 이정표가 되다

7) 매일신문 (2022), 목조건축의 재발견, 한그린목조관

## 2. 사업추진의 시급성

- 먼저 기술 선진국에는 제도를 통하여 목조 건축물의 활성화를 국가의 정책 차원에서 유도하여 왔음. 일본은 2010년 공공건축물 등에서의 목재 이용 촉진에 관한 법률을 제정하였으며, 2021년부터 탈탄소 사회 실현을 위해 공공건축물뿐 아니라 민간 건축물에도 목재 이용을 법으로 시행함으로써 공공건축물의 목조화를 90%를 달성함. 또한, 국가 단위에서 목조 건축물 장려를 위해 지역 주택 교부금 및 촉진 사업 보조금 등의 예산을 지원
- 캐나다는 지난 2009년 목재 우선법을 정하고 정부 지원 건축물 주요 자재는 목재를 사용하도록 의무화하고 있음. 법규 및 내진 설계 기준 등 목구조 설계에 대한 기준을 명확하게 제시하여 목조 건축물 활성화와 목재 수요를 촉진하고 있음
- 우리나라는 2013년 탄소흡수법, 목재이용법을 제정하여 목조건축 산업화 전략의 근거를 마련하고 목조 건축물의 활성화와 국산 목재 활용을 위해 지원하고 있음. 특히, 기존 건축법상 18미터로 제한돼 있던 목조 건축물의 높이 규정을 2020년 폐지하여 5층 이상의 목조 건축물 건축이 가능하게 되었음
- 하지만 총수별로 별도의 내화 기준(4층 1시간, 5층 이상 2시간) 및 주택법에 따른 충격음 성능 기준에 따른 바닥구조 제한 등에 대한 검토가 필요한 실정임. 또한, 아직 국내의 목조건축 기술은 기술의 성숙도에 있어서 철근콘크리트 구조 및 철골 구조에 미치지 못하고 있으며, 규모에서도 대공간 건축물 건설 기술은 아직 초보적 단계라 할 수 있음
- 재료적 측면에서도 주요 목조재료를 해외 재료에 의존하고 있으며, 해외의 재료와 기술을 활용은 하되 국내 산업을 보호 육성하는 차원에서 그 비율을 점차 개선할 필요가 있음
- 기존의 전통적인 구조 시스템인 철근콘크리트조 또는 철골조와 목조를 사용한 하이브리드형 목조 구조에 대한 기술개발이 일부 연구자에 의해 수행되었으나 기술적 체계 및 기술의 표준화가 시급한 실정임
- 현재 국내의 목조 건축물 관련 기술개발은 아직 시작 단계에 있으며 국내 목조 건축물 산업은 시장 수요부족에 따른 목재 산업의 위축 및 이에 따른 가격 경쟁력 하락, 신기술의 부족 등으로 이어지는 악순환이 지속되고 있음
- 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 기술적 및 경제적으로 고부가가치 산업으로서, 정부와 지방자치단체가 국민을 위한 체육 및 다용도 문화시설로 목조 대공간 건축물 사용 활성화를 유도할 수 있으며, 정부와 공공의 목조건축 사용은 목조 재료 산업 및 그와 관련한 우수 인력양성 등 다양한 산업적 시너지 효과가 발생하리라 판단함

2

3

4

5

6

7

8

9

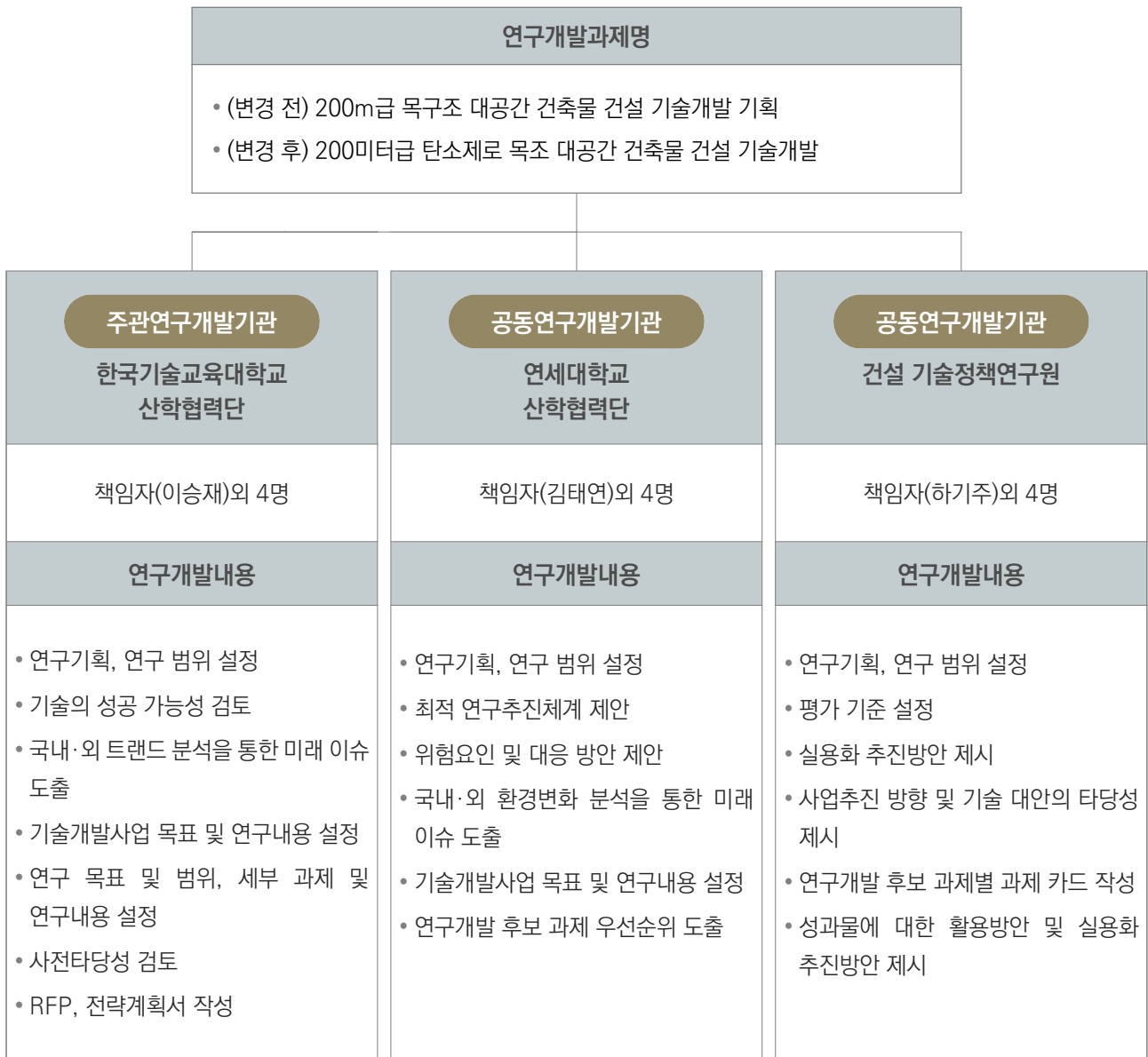
# 1 장 | 기획연구과제의 개요

## 3절. 기획 추진체계

### 1. 수행 체계

#### 연구개발기관별 참여 현황

구 분	연구개발기관 수	참여연구자 수
대학	2	10
기타	1	5



## 2. 추진 절차

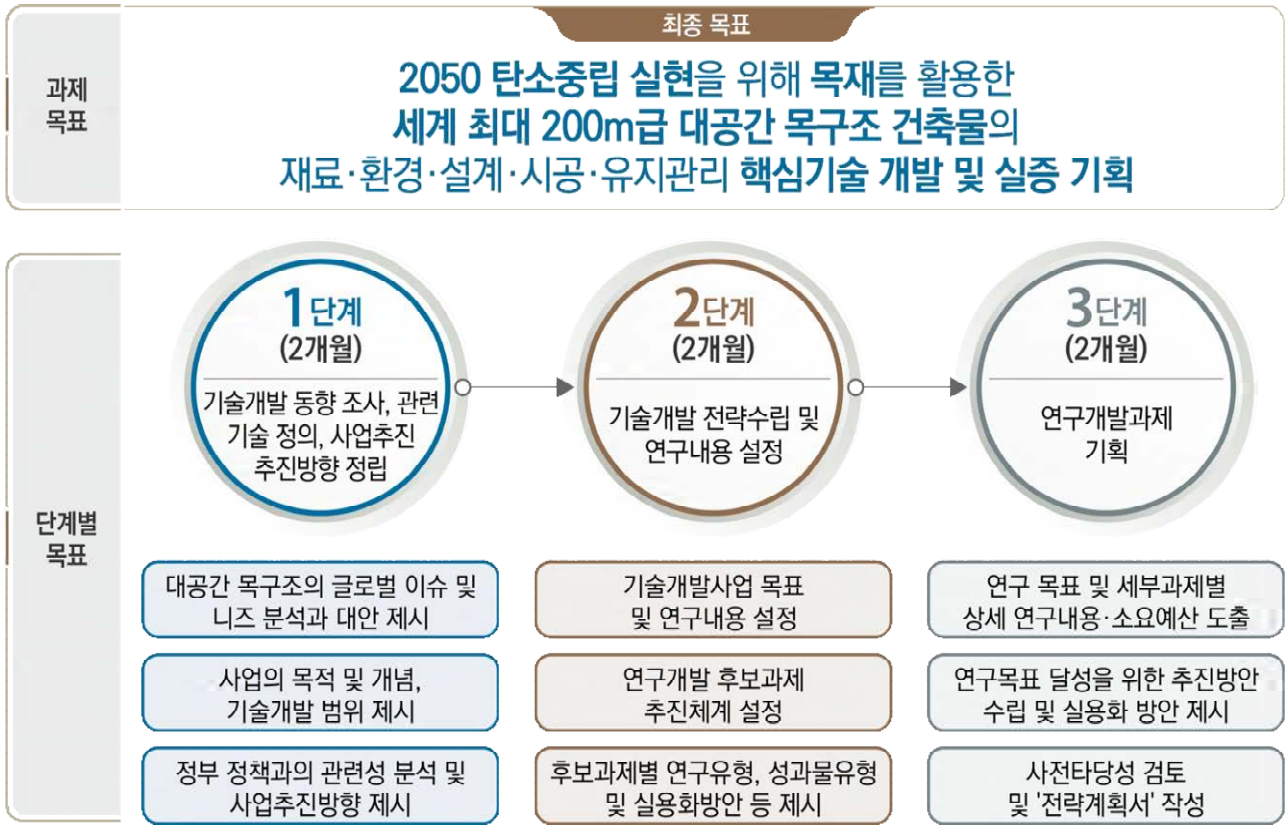


그림 1-9. 연구기획 목표

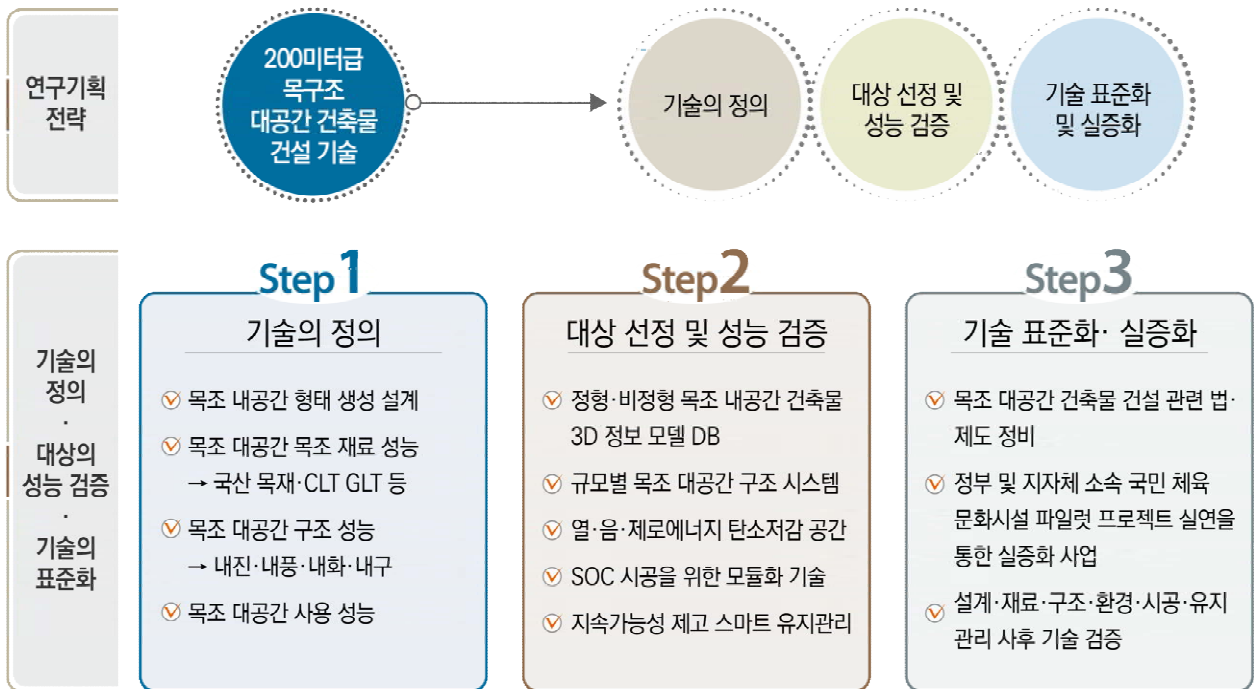


그림 1-10. 연구기획 전략

# 1 장 기획연구과제의 개요

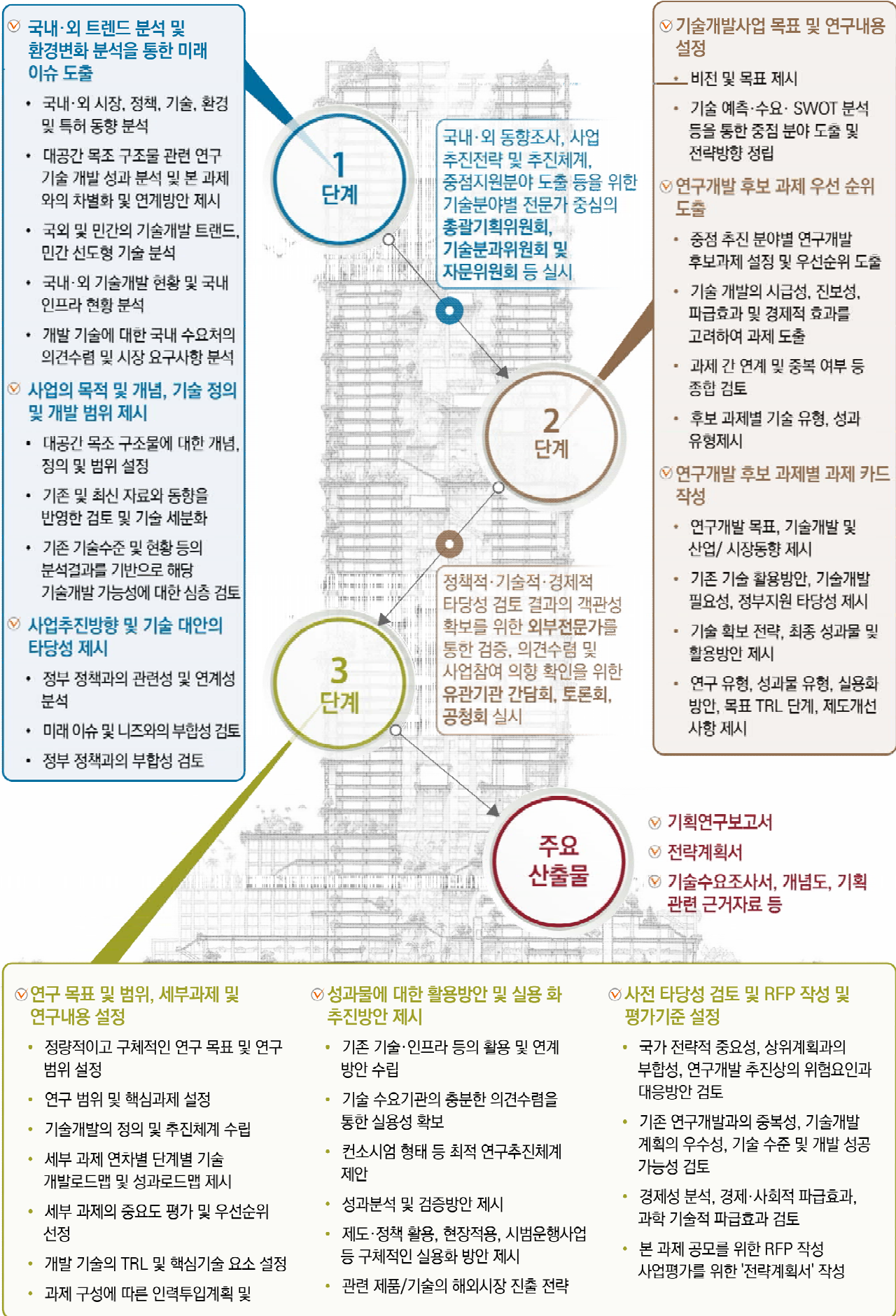


그림 1-11. 단계별 목표 (계획)

● 선정 당시의 기획과제 수행 일정 및 주요 결과물은 아래와 같음

표 1-4. 기획과제 수행 일정 (계획)

1단계		기술개발 동향 조사, 관련 기술 정의, 사업추진 추진 방향 정립										
연번	세부 연구개발내용	개월										주요 결과물
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	● 국내·외 시장, 정책, 기술, 환경 및 특허 동향 분석	■	■	■								국내·외 트렌드 분석 및 환경변화 분석을 통한 미래 이슈 도출
2	● 대공간 목조 구조물 관련 연구 기술개발 성과 분석 및 본 과제와의 차별화 및 연계 방안 제시	■	■	■								
3	● 국내 생산 구조재용 목재(CLT, GLT 등)의 기술 현황 및 활용 가능성 여부 제시		■	■	■							
4	● 국외 및 민간 기술개발 트렌드, 민간 선도형 기술 분석			■	■	■						
5	● 국내·외 기술개발 현황 및 국내 인프라 현황 분석			■	■	■	■	■	■			
6	● 개발 기술에 대한 국내 수요처의 의견수렴 및 시장 요구 사항 분석		■	■	■	■						
7	● 대공간 목조 구조물에 대한 개념, 정의 및 범위 설정		■	■	■	■					사업의 목적 및 개념, 기술 정의 및 개발 범위 제시	
8	● 기존 및 최신 자료와 동향을 반영한 검토 및 기술 세분화		■	■	■	■						
9	● 기존 국내/외 기술 수준 및 현황 등의 분석 결과를 기반으로 해당 기술개발 가능성에 대한 심층 검토				■	■	■	■			사업추진 방향 및 기술 대안의 타당성 제시	
10	● 정부 정책과의 관련성 및 연계성 분석		■	■	■	■	■					
11	● 미래 이슈 및 니즈와의 부합성 검토			■	■	■	■	■				
12	● 정부 정책과의 부합성 검토			■	■	■	■	■				

2단계		기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정										
연번	세부 연구개발내용	개월										주요 결과물
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
13	● 비전 및 목표 제시				■	■	■	■				기술개발사업 목표 및 연구내용 설정
14	● 기술 예측·수요·SWOT 분석 등을 통한 중점분야 도출 및 전략 방향 정립				■	■	■	■	■			
15	● 중점 추진 분야별 연구개발 후보 과제 설정 및 우선순위 도출					■	■	■	■			연구개발 후보 과제 우선순위 도출
16	● 기술개발의 시급성, 진보성, 파급효과 및 경제적 효과를 고려하여 과제 도출				■	■	■	■	■			
17	● 과제 간 연계 및 중복 여부 등 종합 검토				■	■	■	■	■			

1장 기획연구과제의 개요  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

# 1 장 기획연구과제의 개요

연번	세부 연구개발내용	개월										주요 결과물		
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8			
18	• 후보 과제별 기술유형, 성과 유형 제시				■	■	■	■						연구개발 후보 과제별 과제 카드 작성
19	• 연구개발 목표, 기술개발 및 산업/시장 동향 제시				■	■	■	■	■					
20	• 기존 기술 활용방안, 기술개발 필요성, 정부 지원 타당성 제시				■	■	■	■	■					
21	• 기술 확보전략, 최종 성과물 및 활용방안 제시					■	■	■	■					
22	• 연구 유형, 성과물 유형, 실용화 방안, 목표 TRL 단계, 제도개선 사항 제시					■	■	■	■					

## 3단계 연구개발과제 기획

연번	세부 연구개발내용	개월										주요 결과물	
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
23	• 정량적이고 구체적인 연구 목표 및 연구 범위 설정					■	■	■	■				연구 목표 및 범위, 세부 과제 및 연구내용 설정
24	• 연구 범위 및 핵심기술 설정					■	■	■	■				
25	• 기술개발의 정의 및 추진체계 수립					■	■	■	■	■			
26	• 세부 과제 연차별·단계별 기술개발 로드맵 및 성과 로드맵 제시				■	■	■	■	■	■			
27	• 세부 과제의 중요도 평가 및 우선순위 선정				■	■	■	■	■	■			
28	• 적용 대상 구조물의 명확화			■	■	■	■	■	■	■			성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
29	• 개발 기술의 TRL 및 핵심기술요소 설정						■	■	■	■			
30	• 과제 구성에 따른 인력투입계획 및 소요 예산 산정						■	■	■	■			
31	• 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립							■	■	■	■		
32	• 기술 수요기관의 충분한 의견수렴을 통한 실용성 확보							■	■	■	■		
33	• 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안								■	■	■	■	
34	• 성과분석 및 검증방안제시									■	■		
35	• 목조 대공간 건축물의 실증 시 생애주기별 발생하는 탄소 저감효과 분석 및 제시									■	■	■	

연번	세부 연구개발내용	개월										주요 결과물			
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8				
36	• 제도·정책 활용, 현장 적용, 시범 운영사업 등 구체적인 실용화 방안 제시														사전타당성 검토 및 RFP 작성 및 평가 기준 설정
37	• 관련 제품/기술의 해외시장 진출 전략 수립														
38	• 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인 등 검토														
39	• 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 등 검토														
40	• 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학 기술적 파급효과 검토														
41	• 건축물의 생애주기비용, 폐기 또는 재활용 시 발생하는 경제성 비교 및 분석														
42	• 본 과제 공모를 위한 RFP 작성														
43	• 사업평가를 위한 '전략계획서' 작성														

- 기획과제 초기에는 신규 연구개발과제를 총 5차년도, 3단계로 분류하였으며, 총 4세부 16개의 과제로 구성하였음
- 1단계는 대공간 목조 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의, 2단계는 기술개발 및 성능 검증, 3단계는 기술의 실증화 및 기술의 표준화 구축으로 초기 기획하였음
- 1세부는 “대공간 목조 구조물의 구조재료 및 생산성 향상 기술개발”, 2세부는 “대공간 목조 구조물의 구조 시스템 및 설계기술개발”, 3세부는 “대공간 목조 구조물의 구조 요소 기술개발”, 4세부는 “대공간 목조 구조물의 시공 및 친환경 기술개발”을 목표로 함
- 기획과제 초기의 각 세부 연차별 기술로드맵은 아래와 같음

1장 기획연구과제의 개요  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

1. 1세부: 기획과제 초기의 대공간 목조 구조물의 구조재료 기술개발 로드맵

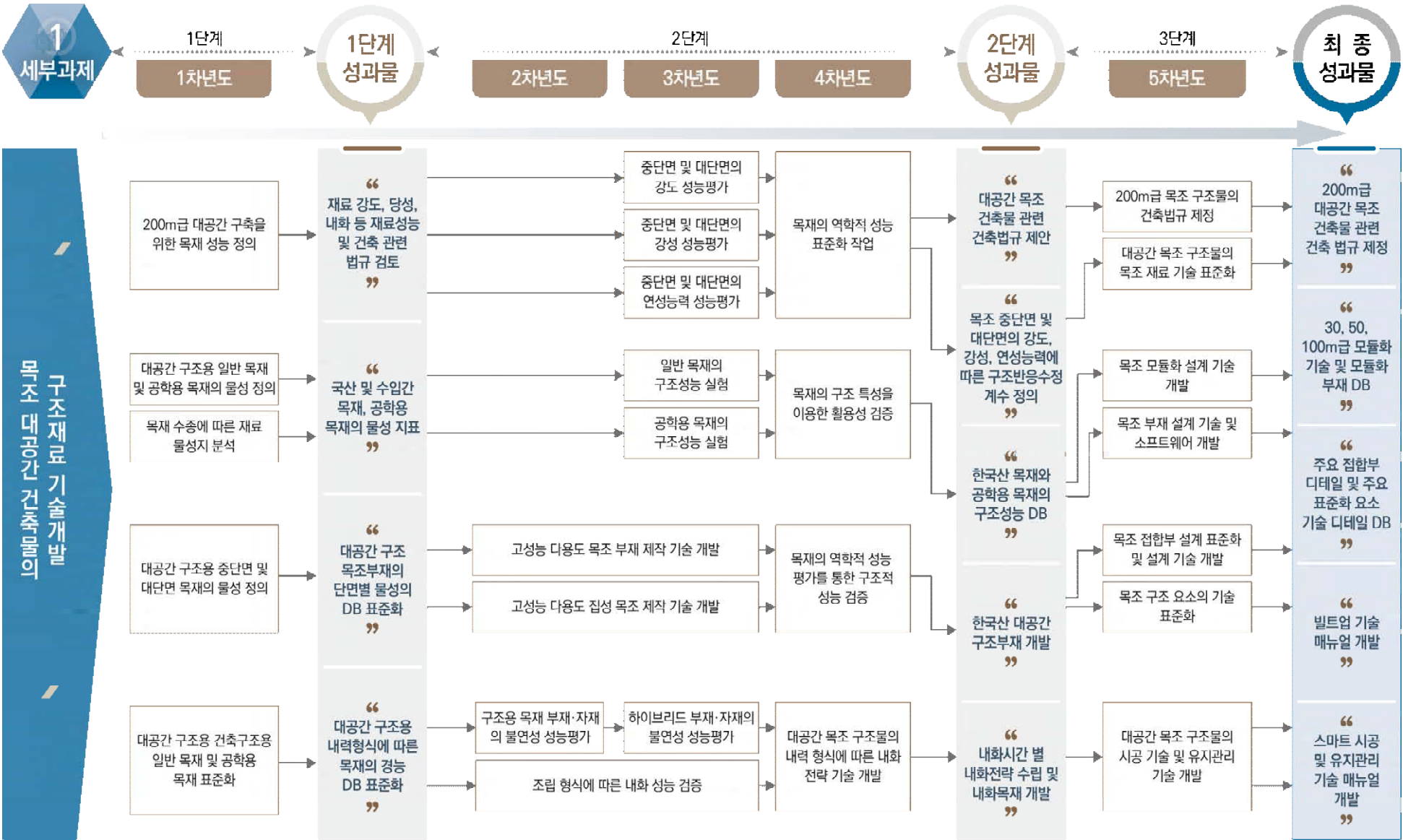


그림 1-12. 1세부 기술로드맵 (계획)

## 2 세부: 기획과제 초기의 대공간 목조 구조물의 구조 시스템 및 설계 기술개발 로드맵

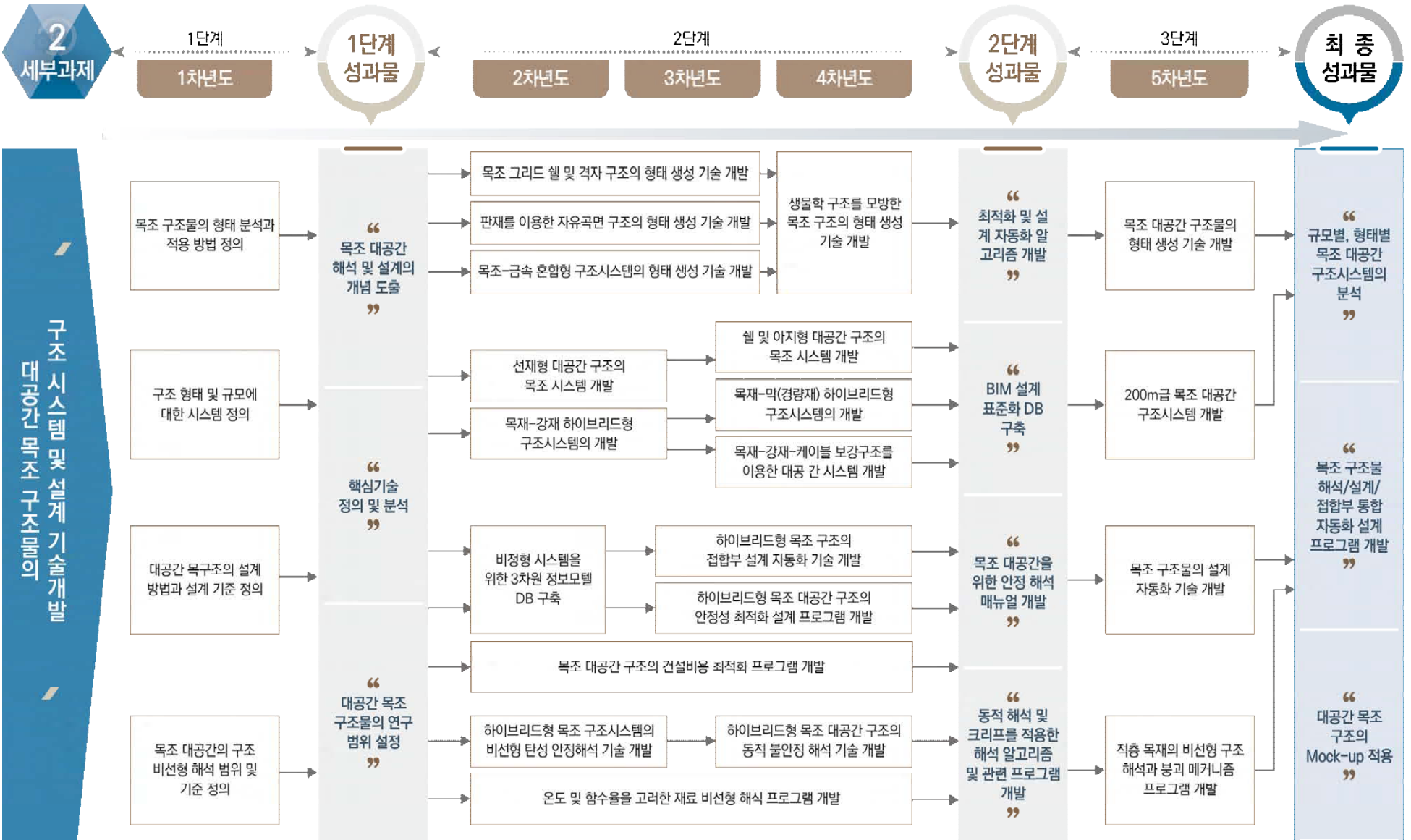


그림 1-13. 2세부 기술로드맵 (계획)

3 세부: 기획과제 초기의 대공간 목조 구조물의 구조 요소 기술개발 로드맵

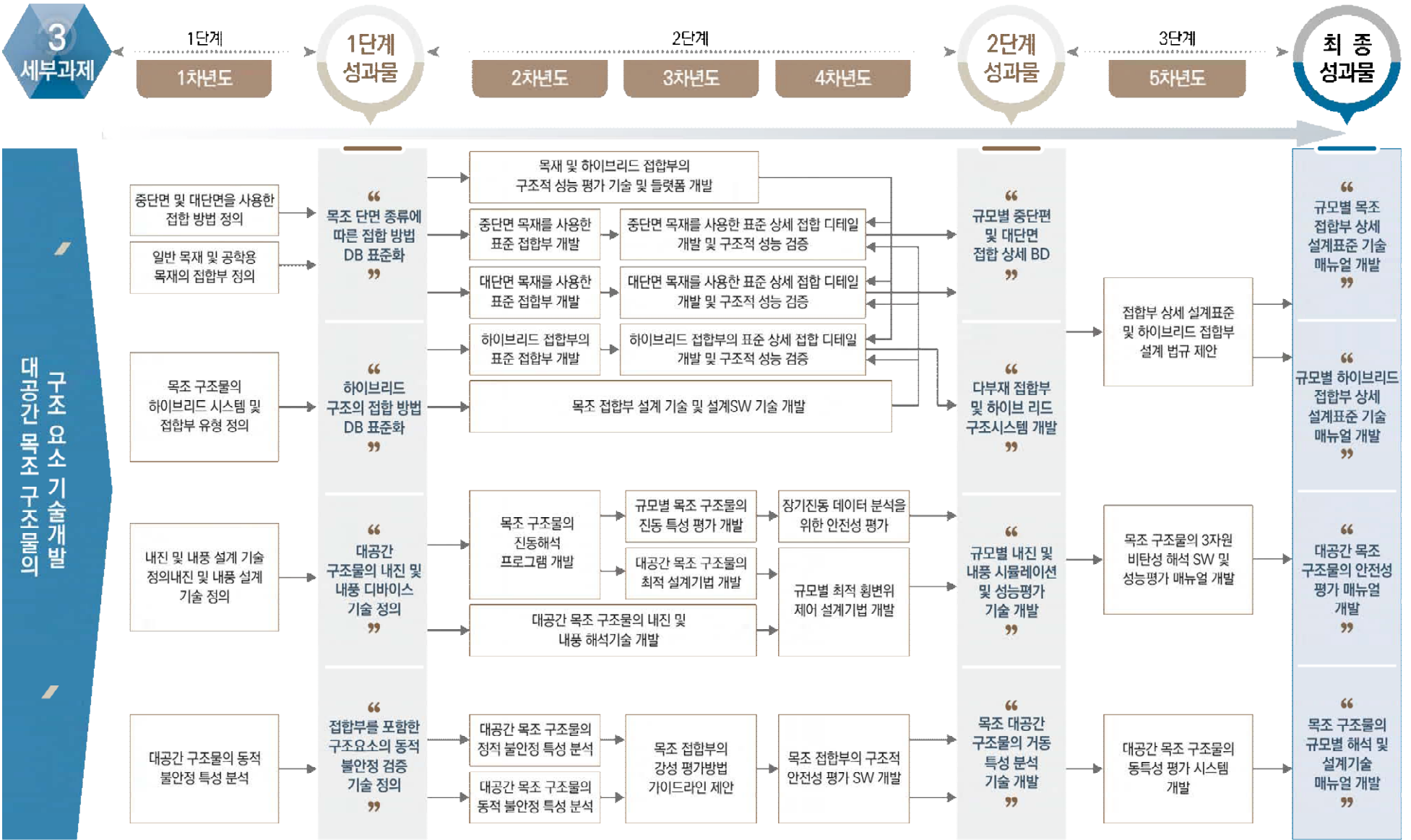


그림 1-14. 3세부 기술로드맵 (계획)

### 4 4세부: 기획과제 초기의 대공간 목조 구조물의 시공 및 유지관리 기술개발 로드맵

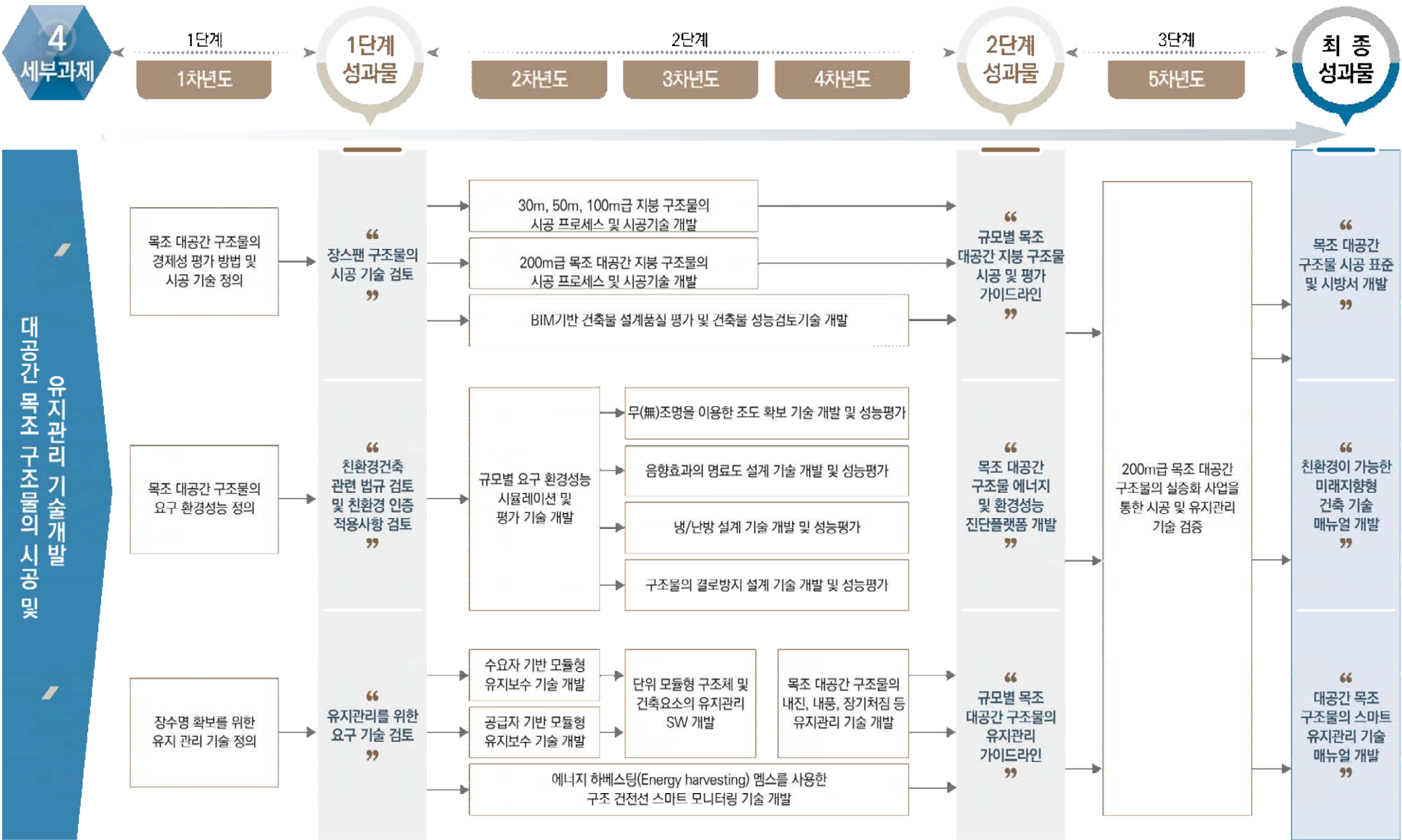


그림 1-15. 4세부 기술로드맵 (계획)

대공간 목조 구조물의 시공 및 유지관리 기술개발

## 1 장 | 기획연구과제의 개요

## 3. 추진 경과 및 내용

- 기획과제 선정평가 당시 11건의 수정·보완 요구사항이 있었으며, 모든 요구사항을 연구개발계획서에 반영하였음

표 1-5. 수정·보완 요구사항 및 반영 내용

순번	수정·보완 요구사항	수정·보완 요구사항 반영 내용 요약	관련 페이지
1	연구 목표를 200m 대경간 구조로 설정한 근거의 타당성과 실현 가능성, 과제 추진 필요성 보완 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 세계에서 150m 이상의 경간을 갖는 목조 대공간 건축물은 4개가 있으며, 일본 오다테 돔은 178m로서 세계 최대 장경간 목조 건축물임</li> <li>• 프로야구 등의 스포츠 경기 및 복합문화시설의 수요 증대 및 목조 건설 기술의 글로벌시장 경쟁력 확보, 그리고 현재 국내 건설 기술의 수준을 고려하였을 때 연구기획 목표설정의 타당성과 실현 가능성은 매우 크다고 판단됨</li> <li>• 또한, 연구 대상을 200미터급 경간만을 대상으로 하는 것이 아니라, 다양한 규모 및 용도를 고려하여 50미터, 100미터 등의 규모에도 적용이 가능한 목조 모듈화 기술개발을 기획할 예정임</li> </ul>	p.34 p.43 p.66 p.67
2	목구조 대공간 건축과 탄소 저감과의 연계성에 대한 분석과 탄소 저감효과를 제시하기 위한 방법론 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 생애주기에 발생하는 이산화탄소 배출량을 분석하고, 개발 기술의 탄소 저감효과를 연구기획에 포함하였음</li> <li>• 생애주기별 탄소 저감효과를 극대화할 수 있는 제로에너지 적용 기술 전략 구축을 연구기획에 포함하였음</li> </ul>	p.40 p.42
3	국내 생산 구조재용 목재에 대한 현황 및 활용 가능성에 관한 결과 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CLT, GLT 등을 포함한 국내 생산 구조재용 목재의 기술 현황 및 활용 가능성 여부를 제시할 수 있도록 연구기획의 내용을 추가하였음</li> </ul>	p.41
4	소재의 내구성, 수명, 에너지 절감 효과, 붕괴 가능성, 접합부 성능, 구조성능평가, 유지관리 기술 등과 관련 핵심기술 도출 및 정량 목표 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 목표 및 연구 범위를 정량적으로 설정하고, 각 연구 목표의 핵심기술(소재의 내구성, 수명, 에너지 절감 효과, 붕괴 가능성, 접합부 성능, 구조성능평가, 유지관리 기술 등)을 재설정하여 세부 과제의 중요도 및 기술개발의 우선순위를 연구기획에 포함하였음</li> </ul>	p.42
5	적용 대상 구조물을 명확히 하고 그에 따라 핵심기술과 세부 과제 도출 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용 대상 구조물을 명확화하고, 구조물의 실증화를 위해 핵심기술 및 핵심기술요소를 설정하여 사업의 성공 가능성을 높일 예정</li> <li>• 순번 1의 내용인 적용 대상 목조 대공간 건축물의 용도 및 규모를 고려하여 목조 모듈화 기술개발 기획을 추가하였음</li> </ul>	p.42 p.43 p.66 p.67
6	연구 결과 적용 실증 대상 건축물 제시 및 실증 추진계획 보완 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증화 적용 대상 구조물을 명확화하고, 지자체 및 관계 기관 등과의 간담회 및 토론회를 통해 실증 가능성을 향상할 예정. 또한, 기술 분야별 전문가 중심의 자문위원회 구성 계획을 연구기획에 반영하였음</li> </ul>	p.42 p.48

순번	수정·보완 요구사항	수정·보완 요구사항 반영 내용 요약	관련 페이지
7	초기비용 및 생애주기비용, 폐기 관점의 경제성 분석을 통해 현존 건설 기술과의 경쟁력 비교 등을 통한 경제적 타당성 확보 방안 보완 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물의 생애주기비용, 폐기 또는 재활용 시 발생하는 경제성 비교 및 분석 내용을 연구기획에 추가하였음</li> </ul>	p.42
8	목구조 건축물 활성화를 위한 실용화 방안, 수요처 확보, 제도적 기반 구축을 위한 전략 추진방안 보완 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>목구조 건축물 활성화를 위한 실용화 방안, 수요처 확보, 제도적 기반 구축을 위한 명확한 전략 추진방안을 포함할 것을 RFP 및 전략계획서에 작성을 연구기획에 추가함</li> </ul>	p.42
9	주관연구기관과 공동연구기관의 역할 분담 명확히 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>각 기관에서 연구 기간에 수행할 연구개발내용을 연구 기획서에 명확하게 제시할 수 있도록 명시하였음</li> </ul>	p.49
10	착수 보고 시 기존 유사 과제 현황과 성과, 국내외 기술 수준 분석 결과에 기반한 주요 문제점을 구체적으로 제시하고 기술개발 필요성 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>착수 보고 시 기존 수행된 유사 과제의 현황 및 성과를 분석하고, 국내/외 기술 수준을 분석 예정</li> <li>국내 목조 건축물 건설 기술 수준을 명확히 하고 문제점을 제시하여 기술개발의 필요성 및 목적을 연구기획 착수 시 보고 예정</li> </ul>	p.41
11	성과 활용과 활성화 방안 마련을 위하여 관련 국내 기업 및 유관기관에 대한 폭넓은 의견수렴(간담회, 토론회, 참여 의향 조사 등)과 실증을 위한 지자체 협조방안 제시 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구 기획서 내에 연구기획 완료 후 본 연구를 수행할 경우, 기술개발의 실증화 전략 및 연구 성과 홍보가 구체적으로 이뤄질 수 있도록 연구기획을 보완하였음</li> <li>목조 대공간 건축물과 관련한 규정 및 제도적 지원을 위한 학회 등의 유관기관과의 간담회 및 토론회 주치를 연구기획에 제시</li> <li>기술개발 참여 및 실증화를 위한 국내 기업, 유관기관, 지자체의 참여 의향 및 협조방안 등을 연구기획 보고서에 제시할 예정임</li> </ul>	p.48

## 1 장 기획연구과제의 개요

- 기획과제 수행에 있어 간담회, 착수보고회, 자문위원회, 관계 기관 협의회, 진도보고, 기획위원회를 통해 국토교통과학기술진흥원 및 연구진과 꾸준히 소통하였으며, 관련 기술 전문가의 자문을 통해 기획의 성공을 높이고자 함
- 또한, 기술수요조사에 대한 응답률이 저조하여 기간 연장이 필요, 사업 추진내용의 차별성 확보, 기획과제 완성도 제고 등을 위해 기존의 연구 기간('23.10.13. ~ '24.04.12.(6개월))에서 '23.10.13. ~ '24.08.12.(10개월)로 변경

표 1-6. 연구수행 추진

회의명	회의 내용
간담회 (‘23.10.31.)	• 추진 현황 점검 및 향후 계획 논의
착수보고회 (‘23.11.22.)	• 추진계획 검토 및 논의
자문위원회 (‘23.12.07.)	• 제로에너지 등 친환경 기술 및 탄소 저감기술 관련 자문
자문위원회 (‘24.01.09.)	• 목조 대공간 구조물의 구조성능, 목재(재료) 및 목조 건축물 현황, 목재 건축물의 환경 평가, 모듈러 공법 및 탄소 저감기술 관련 자문
관계기관 협의회 (‘24.01.29.)	• 기획 주요 내용 공유 및 실증 계획 논의
진도보고 (‘24.03.05.)	• 과제 기획 진도보고 및 일정 공유
연구 기간 변경 (‘24.03.21.)	• (변경 전) ‘23.10.13.-’24.04.12. (6개월) • (변경 후) ‘23.10.13.-’24.08.12. (10개월)
진도보고 (‘24.04.29.)	• 과제 기획 진도보고 및 일정 공유
기획위원회 (‘24.05.10.)	• 주요 수행 내용에 대한 공유 및 기획 타당성 검증
최종보고서 검토 (‘24.07.18.)	• 최종보고서(안) 내용 검토
연구비 적정성 검토위원회 (‘24.08.14.)	• 기획과제에서 도출된 연구비 구성 및 규모의 적정성 검토

간담회	
일시	2023년 10월 31일(화) 16:00~17:00
장소	국토교통과학기술진흥원 4층 소회의실
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 김윤순 실장, 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장</li> </ul>
목적 및 내용	<p><b>추진 현황 점검 및 향후 계획 논의</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구계획서 중 탄소중립의 효과성(기여도)에 대한 기획 필요</li> <li>• 강릉시(강릉관광개발공사)의 컨벤션 시설 관련 목조건축에 대한 문의</li> <li>• R&amp;D 예산 삭감 및 기존 국책연구과제의 진행 등으로 인해 목구조 대공간 연구기획 종료 후 2025년도 정부예산 반영이 어려울 것으로 예상</li> </ul>
착수보고회	
일시	2023년 11월 22일(수) 14:00~16:00
장소	국토교통과학기술진흥원 4층 소회의실
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 김윤순 실장, 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장, 이동렬 교수</li> </ul>
목적 및 내용	<p><b>추진계획 검토 및 논의</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소중립과 목구조 건축물과의 명확한 연계성이 요구되며, 기존 R&amp;D 사업(빌딩형 목구조 vs. 대공간 목구조)과의 차별화된 기술 제안이 필요. 또한, 탄소중립을 실현하는 방안에 대한 근거가 필요</li> <li>• 기술적 가치는 매우 높으며, 본 과제의 성과가 다양한 방법으로 확산될 수 있는 방안에 대한 고려가 필요</li> <li>• 탄소중립은 국가 임무와 부합하므로, OSC 및 탄소중립을 엮어서 연구의 방향성을 설정할 필요가 있음</li> <li>• 대상 구조물을 명확히 하고 대상 구조물에 대한 시장 규모 산정 필요</li> </ul>
자문위원회	
일시	2023년 12월 07일(목) 15:30~18:00
장소	건설 기술정책연구원
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원, 정민영 연구원</li> <li>• (건설 기술정책연구원) 하기주 원장, 이동렬 교수</li> </ul> <p><b>자문위원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 권영철 교수(한국그린빌딩협의회)</li> </ul>

## 1 장 | 기획연구과제의 개요

자문위원회	
목적 및 내용	<p>제로에너지 등 친환경 기술 및 탄소 저감기술 관련 자문</p> <p>▶ 권영철 교수</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 파리협정을 통해 당사국들은 온실가스 감축목표(NDC)를 설정하고 이행하기로 합의하였지만, NDC를 모두 실행하더라도 2040년 이내에 지구 표면 온도가 1.5℃ 상승할 것으로 예측</li> <li>• 대부분의 탄소 배출량을 평가를 위해 운영단계의 에너지에만 초점이 맞춰져 있지만, 자재가 내포하는 내재 에너지를 포함한 구조물의 전 과정 평가가 요구됨</li> <li>• 1㎡당 구조용 강재는 8831.2 kg, 콘크리트는 229.0 kg의 이산화탄소가 배출되지만, CLT(Cross Laminated Timber)는 664.0 kg의 이산화탄소가 고정되는 효과를 보임</li> <li>• 지금까지 건설 재료의 내재 에너지에 대한 정량적 평가 결과가 부족했으나, GWP(지구온난화지수) 등의 지속적 연구에 따라 건설 재료 내재 에너지 정량화가 이루어졌음</li> <li>• 기존 건축 분야의 탄소 배출량에서 20%(기존 건설 재료):80%(시공 후 사용 25년)의 비율이 건축 재료(목재)의 경우 80%:20%로 역전되므로 건설 재료에서 목재의 사용은 탄소 저감에 매우 중요한 포션을 차지함. 따라서 건축 분야의 탈탄소 실현을 위해 목조건축의 적극적인 도입이 필요</li> <li>• 연구단 급 과제로서 세부 구성과제 간 유기적 연계성이 매우 중요하며, 지자체 등 관련 기관의 실증화 연구 참여의향서를 미리 확보할 필요가 있음</li> </ul>
자문위원회	
일시	2024년 01월 09일(화) 14:00~18:00
장소	대한건축학회 6층 회의실
참석자	<p>연구진</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국도교통과학기술진흥원) 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사 외 4명</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원 외 2명</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장, 이동렬 교수</li> </ul> <p>자문위원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이한식 대표(경민산업), 안용한 교수(한양대)</li> </ul> <p>기술위원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강주원 교수(영남대학교), 김재열 회장(한국공간구조학회), 송두삼 교수(성균관대), 이동우 회장(아이스트), 이동윤 대표(SDG E&amp;C), 이상주 박사(아이스트), 이형훈 대표(이이지마코리아), 주영규 교수(고려대)</li> </ul>
목적 및 내용	<p>목조 대공간 구조물의 구조성능, 목재(재료) 및 목조 건축물 현황, 목재 건축물의 환경 평가, 모듈러 공법 및 탄소 저감기술 관련 자문</p> <p>▶ 이한식 대표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재는 경량이며, 자체의 단열능력이 뛰어남. 또한, 시공이 편리하고 지속적 재생산이 가능한 천연자원이라는 장점을 가지고 있음. 반대로 웅이, 갈라짐 및 수축 등과 같은 목재의 생물학적 단점이 있어 목재의 취약점을 기술적으로 보완한 구조용 공학목재(Glulam, CLT, GLT 등)의 개발이 꾸준히 진행하고 있음</li> <li>• 목조 건축물은 친환경 소재로서 탄소를 고정할 수 있는 역할을 하므로 탄소 감축을 목표로 하는 국가의 방향성과 매우 부합함. 또한, 높은 전단 및 압축 성능을 보유하고 있어 건축 구조부재의 역할도 충분히 가능하며, 공장 정밀 제작 공정을 통해 인건비 및 공사 기간을 단축 가능</li> <li>• 하지만, 국산 목재는 저등급 목재에 속하기 때문에 건축 구조부재로의 활용에 어려움이 있으며, 국내 관련 법규를 산업 현장에 적용하는 데 어려움이 있어 목재 대부분은 수입 제재목을 사용하고 있음</li> </ul>

자문위원회	
	<p>▶ <b>안용한 교수</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 기술 인력의 감소와 건설근로자의 고령화로 인해 건설산업의 생산성 감소 문제가 대두되어 현장 중심 방식에서 기술 집약적·탈현장 방식의 생산 패러다임 변화가 필요</li> <li>• 이러한 문제 해결을 위해 공사 현장이 아닌 장소에서 건축물의 부재를 계획, 설계, 제작하고 현장에서 제작된 부재를 조립하여 건축물을 완성하는 OSC(Off-site construction) 공법이 요구</li> <li>• OSC 공법은 표준화 및 자동화 생산 효율이 높아 비용 절감 및 품질향상의 효과를 도출할 수 있으며, 현장 및 공장의 동시 생산 작업이 가능하여 공기 단축의 효과를 가져올 수 있음. 또한, 재활용 가능성이 높아 기존 건설 방식에 비해 탄소 배출량을 44%까지 감축 가능</li> <li>• 2004년 UN Global Compact에서 처음 ESG(Environmental·Social·Governance) 개념이 제안되었으며, 국내 건설시장에서도 ESG 공시를 단계적으로 의무화하는 방안을 추진하고 있음. 특히, 환경적 측면(E; Environmental)에서의 우수성을 확보하기 위해 건축물 건설단계에서의 탄소 배출 저감에 대한 노력이 필요함</li> </ul>

관계기관 협의회

일시	2024년 01월 29일(화) 15:00~17:00
장소	한국기술교육대학교 직업능력심사평가원 10층 회의실
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사 외 1명</li> <li>• (연세대학교) 김동현 연구원 외 1명</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장, 이동렬 교수</li> </ul> <p><b>자문위원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이한식 대표(경민산업), 안용한 교수(한양대)</li> </ul> <p><b>관계기관</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최익순 팀장(강릉관광개발공사), 김다빈 주임(강릉관광개발공사), 이상인 대표(해안건축), 장은솔 선임(해안건축)</li> </ul>
목적 및 내용	<p>기획 주요 내용 공유 및 실증 계획 논의</p> <p>▶ <b>강릉관광개발공사</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강릉시의 오죽한옥마을은 39동 51실, 부대시설 8동으로 구성되며, 대부분 소규모의 숙박시설임. 가장 큰 규모는 회의장으로써 최대 40~50명을 수용할 수 있으며, 국내 금강송(울산)을 재료로써 사용하였음</li> <li>• 경주 한옥마을에 이어 국내에서 2번째로 “탄소중립 건축 인증”을 받았으며, 한국관광공사의 코리아 유니크 베뉴(Korea Unique Venue)에 선정되어 MICE (Meeting, Incentives, Convention, Events) 행사를 개최할 수 있는 장소로 인증받았음</li> <li>• 하지만 오죽한옥마을에 컨벤션과 같이 대규모 인원이 사용할 수 있는 기능의 건물이 없어 대규모 행사의 유치에 어려움이 있으며, 넓은 부지를 소유하고 있으나 부지의 활용률이 낮음</li> <li>• 따라서 컨벤션 등 복합적으로 사용할 수 있는 목조 대공간 건축물 시공을 논의하고 있으며, 현재 부지는 확보되어 있음(약 850만 평). 200m급 대공간 건축물보다는 100m급 대공간 건축물이 규모 면에서 적당할 것으로 판단됨</li> </ul>

## 1 장 | 기획연구과제의 개요

진도보고	
일시	2024년 03월 05일(월) 17:00~18:00
장소	국토교통과학기술진흥원 2층 제2회의실
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 김윤순 실장, 문미라 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원 외 1명</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장</li> </ul>
목적 및 내용	<p><b>과제 기획 진도보고 및 일정 공유</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술수요조사는 산/학/연 총 40개 기관을 대상으로 수행하였으며, '24.03.05.(월) 기준으로 15개(약 35%) 기관의 회신을 받았음. 추가적인 연락과 재촉을 통해 85% 이상의 회신을 받을 예정</li> <li>• 이슈 분석을 위해 국내 공공기관 복합문화시설의 현황을 분석하였으며, 건축물 규모에 따른 모듈화 기술의 필요성 검토 중(특히 기술 조사 수행 예정)</li> <li>• 기술수요조사의 응답률이 저조하여 전반적인 연구 일정이 지연되고 있으며, 현재 진행 중인 한국임업진흥원 과제의 검토 및 대응 필요</li> <li>• 따라서, 실질적인 기술수요조사의 반영, 연구기획의 시급성 및 시장성 확보, 국가 R&amp;D 사업의 검토 및 중복 방지를 위해 본 기획과제의 연구 기간 연장이 가능한지에 대해 문의</li> </ul> <p><b>▶ 국토교통과학기술진흥원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제의 연구 기간 연장 가능</li> <li>• 기획위원회는 기술수요조사의 내용뿐만 아니라 현황 분석, 이슈 분석 등과 같은 논리적 연계성이 요구되며, 시사점 분석이 보완될 필요가 있음</li> <li>• 참여의향조사 및 연구비 적정성 검토는 기술수요조사와 같이 수행하는 것이 아니며, 참여의향조사는 지자체를 포함하여 따로 수행해야 함. 연구비 적정성 검토는 진흥원에서 따로 진행할 예정이며, 연구종료 1달 전 진행 필수</li> <li>• '24.04.부터 본 과제 담당자가 변경될 예정(문미라 PD → 김윤순 실장)</li> </ul>

진도보고	
일시	2024년 04월 29일(월) 16:00~17:00
장소	국토교통과학기술진흥원
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 김윤순 실장</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사</li> </ul>
목적 및 내용	<p><b>과제 기획 진도보고 및 일정 공유</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 기수행 내용 및 일정 공유</li> </ul>

기획위원회	
일시	2024년 05월 10일(월) 16:00~18:00
장소	대한건축학회 6층 회의실
참석자	<p><b>연구진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사 외 4명</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원 외 2명</li> <li>• (건설기술정책연구원) 하기주 원장, 이동렬 교수</li> </ul> <p><b>기획위원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강주원 교수(영남대학교), 김재열 회장(한국공간구조학회), 김희균 박사((주)에코닝), 박금성 박사(건기연), 이동규 교수(세종대), 이동우 대표((주)아이스트), 이동윤 대표(SDG E&amp;C), 이명주 교수(명지대), 이상주 박사((주)아이스트), 이승환 대표(영림목재), 주영규 교수(고려대), 최경규 교수(송실대), 황경주 교수(시립대)</li> </ul>
목적 및 내용	<p>주요 수행 내용에 대한 공유 및 기획 타당성 검증</p> <p>▶ <b>이상주 박사</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최초 기획 과제명에 표현된 “200m급”이라는 표현과 “대공간”이라는 단어의 의미는 중첩되며, 과제명(안2)에 표현된 “모듈러”에 대한 부담감이 있음. 따라서 과제의 모든 내용을 포함할 수 있는 핵심적인 단어(자연모방 등)를 적절하게 수정하여 과제명을 수정할 필요가 있음</li> <li>• 규모가 큰 구조물과 모듈러를 연결하기 위해 모듈러의 범위를 명확히 할 필요가 있음</li> <li>• 현재 정의된 기술뿐만 아니라 목조 대공간 건축물의 외장재(막재, ETFE, 유리 등) 기술에 대한 언급도 필요해 보임. 따라서, 현재 도출된 핵심 연계 기술에 외장재와의 연계성에 대한 정리가 필요함</li> <li>• 현재 과제 기획은 총 6개년으로 구성되었으며, 6차년도에 200m급 목조 대공간 건축물 실증화가 기획됨. 하지만 5차년도에 200m급 목조 대공간 건축물 실증화를 수행하고, 6차년도에는 기술개발보다는 유지관리 측면에 관한 연구를 수행할 필요가 있음</li> </ul> <p>▶ <b>박금성 박사</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명이 타 과제와 비교하여 뚜렷한 차별성이 부각 되지 않음. 예를 들어 “탄소제로, 그린, 스마트” 등의 단어는 이미 많은 과제에서 언급되고 있음</li> <li>• 도출된 핵심 연계 기술, 성과 목표를 총괄할 수 있는 설계 파트가 필요해 보임. 설계 파트가 모든 기술을 아우르며, 각 기술에 대한 연계성을 확보할 필요가 있음</li> <li>• 언급된 과제 필요성에 탄소 배출량 평가 중 자재 단계에서의 탄소 배출량이 많다고 언급하고 있으므로, 목조 대공간 건축물과 탄소제로의 연계성 확보가 필요해 보임</li> </ul> <p>▶ <b>이동규 교수</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명과 성과 목표(또는 세부 과제명)에 타과제와 구분될 수 있도록 차별화된 용어의 정의가 필요해 보임(에코 등). 스마트 시공, 대공간 건축물 등의 단어는 이미 많이 사용되어 평이해 보일 수 있음</li> <li>• 목조라는 특수성을 고려하여 “조립”과 같은 차별화 될 수 있는 단어 사용을 지향 필요</li> <li>• 과제 수행을 통해 도출되는 정량적인 성과에 관한 내용과 개발된 각 기술의 사업화를 도출하는 방안에 대한 추가적인 내용이 요구됨</li> </ul> <p>▶ <b>최경규 교수</b></p>

## 1 장 | 기획연구과제의 개요

## 기획위원회

목적 및  
내용

- 기획된 총 6차년도 중 5차년도에 모든 기술의 개발이 완료될 필요가 있으며, 6차년도에는 유지관리 또는 기술 고도화 등이 적절해 보임
  - 각 기술의 프로토타입은 5차년도 200m급 목조 대공간 건축물을 실현하기 위해 준비된 이벤트이며, 3차년도에 소프트웨어의 베타버전의 개발 등을 통해 실증화 적용을 위해 꾸준히 실적과 기술을 개발하였음을 어필할 필요가 있음
  - 기술수요조사를 통해 도출된 핵심 연계 기술과 성과 목표가 도출된 과정을 명확하게 정의하여, [기술 수요-핵심연계기술-성과 목표]의 연계성을 확실할 필요가 있음. 또한, 핵심 연계 기술 및 성과 목표 타이틀의 수정이 필요함
  - “비정형”, “공장 제조”, “현장 조립”, “수송 간편”, “대공간 모듈 가능” 등의 추가적인 표현이 필요해 보임
  - 탄소중립을 수행하기 위한 사회적 가치, 목조 기술의 이점, 메가 컨스트럭션의 방향으로 변화하는 선진국 등에 대한 추가적인 언급이 요구
  - 언급된 35%의 탄소 저감이 전 생애주기 기준인지 등에 대한 명확한 계산 근거가 필요함
  - 명확한 계산에 대한 근거가 요구되며,
    1. 언급된 35%의 탄소 저감이 전 생애주기 기준인지?
    2. 국내 시공의 생산성은 14달러/시간, 미국은 35달러/시간으로 계산
    3. 국내 만인율을 50% 감소시킬 수 있음
 등의 내용을 이용할 필요가 있음
  - 기획과제는 각 기술이 도출되는 과정이 중요하며, 기술 축약형·선도형에 대해 분류하고 도출되는 과정에서 이를 설명해야 함
- ▶ 김희균 박사
- 목조 대공간 구조 시스템의 접합부에 대한 세부 기술의 내용이 크게 드러나지 않음. 실무적인 측면에서 접합부의 중요성이 크므로 접합부에 관한 기술을 추가할 필요가 있음
  - 목조 대공간 건축물의 외장재와 구조체의 접합 방법에 대한 기술개발이 필요하며, 안전 또는 유지관리 등에 관한 기술개발이 필요함
  - 6차년도에는 접합부, 원자재 등의 개발된 기술을 사업화하려는 시도를 추가하는 것이 필요해 보임
  - 과제명에 포함되는 대공간의 조건을 명확히 정의할 필요가 있음

## 최종보고서 검토

일시	2024년 07월 18일(목) 16:00~18:00
장소	비대면 ZOOM 회의
참석자	<div style="border: 1px solid gray; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">연구진</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사 외 2명</li> </ul>

최종보고서 검토

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원</li> <li>• (건설기술정책연구원) 이동렬 교수</li> </ul>
<p>목적 및 내용</p>	<p>최종보고서(안) 내용 검토</p> <p>▶ <b>이승재 교수</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종보고서(안)를 이용한 기획연구과제의 개요, 수행 과정 및 수행 내용, 연구개발과제 구성 및 추진전략, 인력투입계획 및 소요 예산산정, 파급효과, 사전타당성 검토, 과제 제안요구서(RFP), 전략계획서 등 검토</li> </ul> <p>▶ <b>김윤진 실장</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발과제는 총 3단계(1단계: 1년, 2단계: 3년, 3단계: 2년)로 구성되어 있으며, 총 6년의 사업을 단계별로 분류한 것은 좋아 보임. 하지만 각 단계에서 도출되는 성과물 또는 실증 대상(목조 대공간 건축물)의 정확한 규모를 제시할 필요가 있음</li> <li>• 기획 단계에서는 요구되지 않지만, 추후 정부의 예산 요구를 하기 위해서는 실증 대상지에 대한 참여의향서 또는 R&amp;D 참여의향서 등을 통해 실증을 위한 후보지 제안이 필요함</li> <li>• 현재 연구개발과제명에 포함되어있는 “탄소제로”라는 단어는 NDC 목표에 큰 기여를 한다거나, 목조 대공간 건축물 자체가 탄소 배출을 전혀 하지 않는다는 오해가 발생할 수 있음. 따라서, “탄소제로”에 대한 단어 사용에 대한 재고가 필요함</li> <li>• 국토교통부와 산림청은 2024년 안에 ‘탄소중립 실천을 위한 목조건축물의 활성화에 관한 법률(안)’ 도입을 예고하고 있으며, ①공공·민간 분야의 목조건축 활성화를 위한 법·제도적 기반 마련, ②목조건축 확산을 위한 ‘목조건축지원센터 지정, ③목조건축 조성 시 견폐율·용적률·조세감면 등 인센티브 부여, ④건축용 목재제품 등에 대한 관리 감독 강화 등의 내용을 포함하고 있음. 정부 또는 국토부 정책과 부합 확인을 위해 최종보고서에 추가할 필요가 있음</li> </ul>

연구비 적정성 검토위원회

<p>일시</p>	<p>2024년 08월 14일(수) 13:30~15:30</p>
<p>장소</p>	<p>국토교통과학기술진흥원</p>
<p>참석자</p>	<p>연구진</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (국토교통과학기술진흥원) 박재선 PD</li> <li>• (한국기술교육대학교) 이승재 교수, 이돈우 박사 외 2명</li> <li>• (연세대학교) 김태연 교수, 김동현 연구원 외 2명</li> </ul>
<p>목적 및 내용</p>	<p>기획과제에서 도출된 연구비 구성 및 규모의 적정성 검토</p> <p>▶ <b>검토위원회 결과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구성과 및 유형 적정성, 연구비 구성 적정성, 총 연구비 규모 적정성을 검토하였음</li> <li>• 검토의견을 반영하여 총연구비의 재산정이 요구되며, 수정된 연구비의 연구비 구성 적정성 검토 결과 확인 필요</li> <li>• 검토의견별로 반영한 사항을 요약한 수정·보완 대비표를 작성할 필요가 있음</li> </ul>

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

# 2장. 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1절. 정책적 환경분석

#### 1. 국외 정책 동향

##### 1 일본

- 1990년대 중반부터 목재를 활용하여 도시재생을 시도하였으며, 공공건물에서 목재 이용 촉진에 관한 법률을 제정하여 국가적 차원에서 모든 공공건축물에 목재 사용을 의무화하고 있음
- 2010년 『공공건축물의 목재 이용 촉진에 관한 법률』 제정 및 2021년 개정
  - 국토교통성과 농림수산부의 협조체제 하에 저층의 공공건축물에 대해 목조로 건축하도록 법률제정
  - 목조 기술 기준을 정비하여 각 지자체별로 기준을 정하되 중앙정부의 안을 참고하여 작성하도록 정함
  - 2021년 국토교통성과 농림수산부의 자료에 따르면 해당 법률 시행 이후 10년이 경과한 시점의 공공건축물 목조화율은 2년 연속 90%를 달성함
- 2014년 임야청 및 국토교통성에 의한 『CLT 보급을 위한 로드맵』이 수립되면서 상대적으로 늦었던 CLT의 보급을 가속화
- 국가 차원에서 환경공생 주택 건설 등 목조 건축물에 지역 주택 교부금 및 촉진 사업 보조금 등의 예산을 지원하고 있음
- 일본 아이치현 나고야시, 나고야 대학을 중심으로 도시 목질화 프로젝트를 진행하고 있으며, 정부·지자체·산림조합·시민단체 등에서 참여하고 있음

표 2-1. 일본 공공건축물의 목질화 실적<sup>8)</sup>

목재 이용촉진법 적용 대상 건축물		2017	2018	2019
목조화를 추진하려고 한 저층 공공건축물	동 수 (A)	104	85	80
	동 수 (B)	80	77	72
(A) 중, 목조화로 정비한 공공건축물	연면적	7,457㎡	7,051㎡	13,498㎡
	목조화율 (B/A)	76.9%	90.6%	90.0%
내장재 등을 목질화한 공공건축물	동 수	171	169	132
목재 사용량	㎥	3,139	4,206	5,372

8) 国の公共建築物の木造化率、2年連続9割！(2021), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



그림 2-1. 일본 공공건축물 목조화 및 내장재의 목질화 사례<sup>9)</sup>

## 2 캐나다

- 2009년 『목재우선법』을 제정하여 공공건축물에 목조를 우선적으로 고려하도록 명시하고, 이에 필요한 건축법 개정과 기술개발을 정부가 적극 지원
- 유럽 외 국가 중 가장 많은 CLT를 생산하고 있으며, 고층 건축물 및 교량 등의 기반 시설에 CLT를 적극적으로 활용
- 각종 기술위원회와 협업하여 목구조설계 기준 등 건축법규 및 교차 집성재 구조 내진 설계 기준 등을 개발하여 목조건축을 활성화시키고 목재의 수요를 촉진하여 산림산업의 경쟁력을 높임
- 2015년부터 캐나다 국가 건축 규정을 통해 6층까지의 목구조 건축 허용 후에도 12층, 18층 규모의 고층 목조 시범빌딩 건축을 진행하며 대형 목조빌딩에 대한 지침 및 설명 가이드를 제작

## 3 미국

- 2017년 『목재혁신법(Timber Innovation Act)』 제정 및 건축자재로 목재 채택 시 보조금 지원
- 2018년 『목재혁신법안(Timber Innovation Bill)』이 제정되면서 탄소 배출 등 환경적인 문제, 지방 경제 회복을 목적으로 하여 대형 목재에 대한 연구개발을 장려하고 대형 목조건축에 대한 교육을 통해 기술지원
- IBC, 건물에서 목재 건축 재료의 사용을 위한 조항을 발표하고 2021년에는 14개의 새로운 개정안을 도입함. 목조 건축물의 사용을 제한하는 기존의 규제를 완화하고 최대 18층까지의 목조 건축물 건설을 허용하는 등 목조 건축물 시장의 활성화를 촉진하는 조항이 포함됨
- 캘리포니아, 오리건, 워싱턴, 유타주와 같은 일부 주와 덴버, 뉴욕과 같은 도시들은 목조건축 프로젝트가 더 높은 층으로 건설될 수 있도록 자체 건축 규정을 수정함

9) 国の公共建築物の木造化率、2年連続9割！(2021), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 4 유럽

- 유럽연합(EU)은 유럽을 ‘탄소중립 대륙’으로 전환을 위해 약 1조 유로(한화 1,290억 원)의 투자 계획을 공개함
- EESC, 2050년까지 EU가 탄소중립 목표를 달성하는 데 목조건축의 기여도에 관한 토론 및 논의 주최
- 프랑스는 ‘지속가능성 법’을 통하여 신축 공공건축물의 절반 이상을 목재 등의 지속 가능한 재료를 사용하는 방침 발표
  - 2021년부터 공공건물에 목재 등 지속이 가능한 재료 50%를 의무적으로 사용하도록 권장하고 있음
- 독일, 목조주택, 시스템건축, 가구산업 및 무역 등을 중심으로 목재 산업이 순환 경제를 이루고 있음. 목조주택의 비율을 높여 목재 산업의 지속 가능한 발전을 목표로 함
- 네덜란드 암스테르담의 기업들은 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해 2025년부터 건물 5개 중 1개는 목재를 주요 자재로 사용하기로 시 당국과 협정

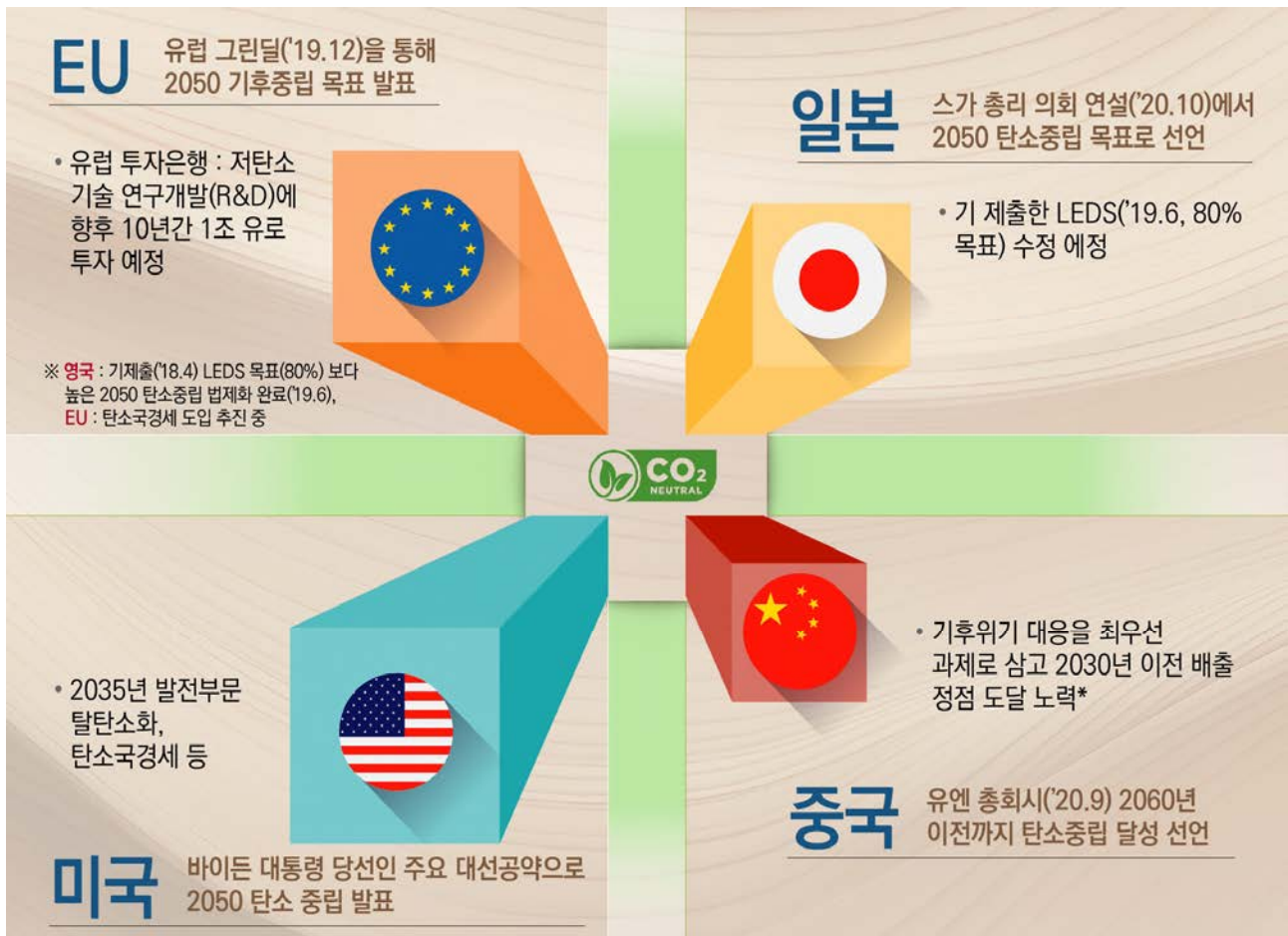


그림 2-2. 주요국의 탄소중립 정책 동향<sup>10)</sup>

10) 국회기후변화포럼 및 환경부 (2020), 대회의실2050 장기저탄소발전전략 공정회

## 2. 국내 정책 동향



그림 2-3. 국내 정책 동향 흐름도

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 3. 정부 정책 동향

- 2013년 『탄소흡수원법』의 제정으로 산림의 탄소흡수 기능을 유지하고 증진 시킴으로써 기후변화에 대응하고 저탄소사회 구현에 이바지함을 목적으로 하여 목재의 이용 증진 및 탄소흡수원 유지 및 증진 활동에 대해 행정적·재정적 지원
- 2013년 『목재이용법』의 제정으로 목재의 탄소저장 기능과 그 밖의 다양한 기능을 증진하고 목재를 지속가능하게 이용함으로써 기후변화에 대응하고 국민의 삶의 질 향상과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 하여 국산 목재 또는 국산 목재제품을 대통령령으로 정하는 일정 비율 이상으로 우선 구매하도록 함
- 2020년 『건축물구조기준규칙』의 목구조 건축에 대한 규모 제한 조항 삭제
  - 기존에는 목조 건축물의 구조안전성을 고려해 건축물의 규모를 제한하였지만, 고성능 목조 자재 개발 등 대형 목조 구조물의 설계 및 시공이 가능하여 목조 건축물의 규모 제한 폐지
  - 내화성능이 우수하고 높은 강도와 균질한 성능을 보유한 구조용 목재 및 목질 재료의 개발로 목조 건축물의 구조 안정성 확보
  - 기존 목조 건축물의 건축 규모 제한이 폐지됨에 따라 목조 건축물이 소규모 주택에만 국한되지 않고 대형 및 고층 건축물 시장으로 확대될 전망
- 2020년 『2050 탄소중립 추진전략』을 수립하여 “탄소중립·녹색성장, 글로벌 중추 국가로의 도약”이라는 전략목표를 세우고 2050년까지 탄소중립을 목표로 하여 탄소중립 사회로 이행하고, 환경과 경제의 조화로운 발전을 도모

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 2021년 『제3차 건축 정책 기본계획(2021~2025)』 발표
  - 향후 5년(2021~2025)간 국가 건축 정책의 비전과 기본방향을 설정하고 추진해야 할 정책목표 설정 및 실천 과제 도출
  - 공공건축 만족도 향상, 건물 부문 탄소 배출 25% 저감, 건축 산업 규모 240조 원까지 확대



그림 2-4. 정책목표 및 추진전략<sup>11)</sup>



그림 2-5. 메가트렌드와 건축 분야 현안에 대응한 분야별 정책 이슈<sup>12)</sup>

11) 국토교통부 (2023), 제3차 건축정책 기본계획 “일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시”

12) 국토교통부 (2023), 제3차 건축정책 기본계획 “일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시”

- 2021년 『녹색성장법』 폐지 후, 『탄소중립기본법』을 제정하여 중장기 온실가스 감축목표 설정과 이를 달성하기 위한 기후 위기 대응 체계를 정비하고, 온실가스 감축 시책과 국가·지자체·공공기관의 기후 위기 적응대책 수립·시행, 정의로운 전환시책, 녹색기술·녹색산업 육성·지원 등 녹색성장 시책을 포괄하는 정책 수단과 이를 뒷받침할 기후대응기금 신설을 규정함으로써 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 제도와 기반을 마련하고자 함
- 2021년 『국토교통 2050 탄소중립 로드맵』 발표
  - 건물 부분에서는 2018년 총 배출량(52.1백만 톤) 대비 2030년 32.8% 감축(35.0백만 톤), 2050년 88.1% 감축(6.2백만 톤)을 목표로 함
  - 제로에너지건축 의무화 대상을 확대하고 등급 상향을 추진하여, 2030년까지 대형 건물(연면적 1,000㎡ 이상)에 제로에너지건축 3등급 적용, 2050년까지 전 건물 1 등급화를 목표로 함
  - 국토·도시 수준의 탄소 흡수·배출량 데이터 기반 구축 및 이를 바탕으로 하는 탄소중립도시, 스마트 그린산단 등 탄소중립 공간을 조성
- 2022년 『대한건축학회 탄소중립 설계 지침서』 발표
  - 영국 ISE의 “How to calculate embodied carbon ” 을 기본으로 하여, 국내 실정에 맞도록 건축물의 탄소 배출량을 정량화하여 평가하는 방법을 제시
  - 건설 프로젝트의 전체 탄소 배출량에 대한 평가를 수행하고, 이에 관한 결과를 공개적으로 게시하여 공유할 수 있는 환경을 만들고자 함
  - 2050년 탄소 배출량 제로에 가깝도록 목표설정을 더 명확히 할 수 있으며, 탄소 배출량을 줄이기 위한 다양한 방법에 대해 협업이 가능

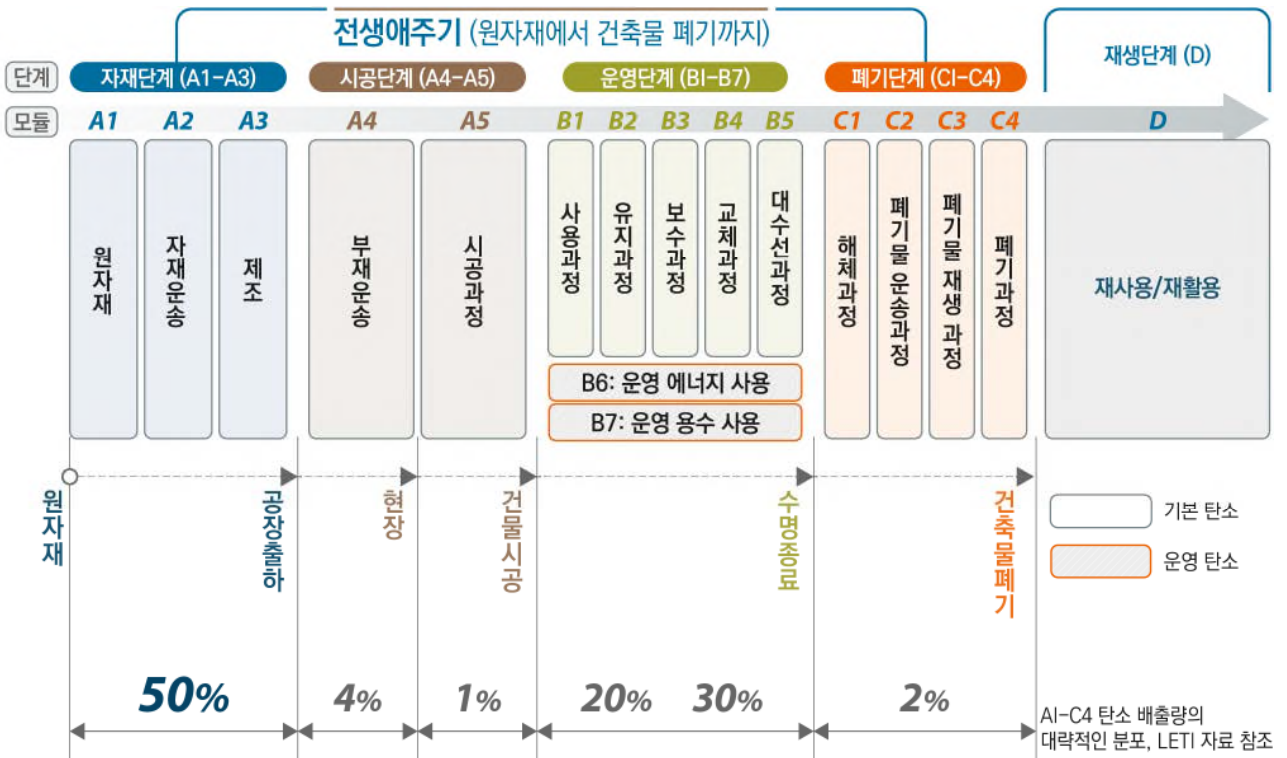


그림 2-6. 건축물의 전 생애주기 단계 (BS EN 15804 참고)

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 건축물의 전 생애주기의 자재단계(A1-A3)은 전체 탄소 배출량의 50%를 차지하고 있으며, 탄소 배출량에 있어 매우 중요한 단계임을 확인할 수 있음

- 지침서에서는 식(1)과 같이 각 자재 물량에 탄소배출계수를 곱하는 것을 탄소 배출량 계산의 기본원리라고 소개함

$$\text{자재 물량(kg)} \times \text{탄소배출계수(kgCO}_2\text{e/kg)} = \text{탄소 배출량(kgCO}_2\text{e)} \quad \text{식(1)}$$

- 또한, 계획설계 단계는 탄소 배출량 계산을 위해 가장 중요한 시기이며, 탄소 배출량을 고려하여 설계 개념 변경 및 설계 범위 수정이 중요하다고 언급하였음. 따라서 탄소 배출량 계산은 설계과정에서 빠르면 빠를수록 좋음

- 목재는 광합성을 통해 대기 중의 이산화탄소를 흡수 및 저장하며, 목재 내부에 저장되는 탄소를 '바이오탄소'라고 함. 목재를 구조체로 시공하는 과정 중 배출되는 화석탄소는 건축물의 탄소 배출량 산정 시 고려되어야 함

- 자재단계(A1-A3)는 각 자재별로 식(1)에 의해 계산하여 탄소 배출량을 산정함. 목재의 탄소배출계수 산정 시 화석 탄소와 바이오탄소를 별도로 고려하며, 목재 종류별 탄소배출계수가 제공되지 않는 경우 바이오탄소는  $-1.65\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ 로 가정

- 시공단계(A4-A5)에서 발생하는 화석탄소는 자재단계(A1-A3)의 탄소배출계수에서 식(2)에 의해 계산되는 자재 및 시공단계(A1-A5)를 빼서 산정함

$$S_{\text{CO}_2} = 44/12 \times cf \times 1/(1+w/100) \quad \text{식(2)}$$

- 식(2)에서  $S_{\text{CO}_2}$ 는 자재 kg당 대기 중 바이오탄소( $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ ),  $cf$ 는 목질 바이오매스의 탄소분율(자재별 데이터가 없을 경우 0.5 사용),  $w$ 는 수분함량(자재별 데이터가 없는 경우 12% 사용)을 의미함

- 모듈 A4(부재 운송)는 건축물에 사용되는 자재/부재의 전체 운송 경로를 고려하여 계산하며, 탄소 배출량이 거리에 비례하기 때문에 현장 또는 현장 인근에서 조달하여 재사용하는 것이 탄소 배출량 저감에 도움을 줌

- 자재/부재 운송에 대한 탄소배출계수는 식(3)과 같이 산정하며,  $ECF_{A4,i}$ 는 각 자재/부재의 운송에 대한 탄소배출계수,  $TD_{\text{mode}}$ 는 운송방법별 해당 운송 거리,  $TEF_{\text{mode}}$ 는 운송방법에 따른 탄소배출계수를 의미함

$$ECF_{A4,i} = \sum_{\text{mode}} (TD_{\text{mode}} \times TEF_{\text{mode}}) \quad \text{식(3)}$$

- 각 자재/부재에 대한 실제 운송 탄소배출계수( $ECF_{A4,i}$ )는 건설 공사가 완료된 후 운송방법과 거리가 기록되기 전까지는 알 수 없으므로 건설 공사가 진행됨에 따라 업데이트하는 것을 권고하고 있음

- 모듈 A5(시공 과정)는 현장에서 폐기되는 자재/부재와 관련된 탄소 배출량( $A5_w$ ), 장비 및 현장사무소의 에너지 사용 등의 일반적인 건설 활동으로 인한 탄소 배출량( $A5_a$ )을 구분하여 산정

-  $A5_w$ 는 식(4)와 같이 산정할 수 있으며,  $ECF_{A5w,i}$ 는  $i$ 번째 자재의 건설 폐기물 탄소배출계수,  $WF_i$ 는  $i$ 번째 자재의 폐기물 계수,  $ECF_{A13,i}$ 는  $i$ 번째 자재의 모듈 A1-A3 탄소배출계수,  $ECF_{A4,i}$ 는  $i$ 번째 자재의 운송 탄소배출계수,  $ECF_{C2,i}$ 는 현장 반출 탄소배출계수,  $ECF_{C34,i}$ 는 건설 폐기물 재생 및 처리 단계 탄소배출계수를 의미함

$$ECF_{A5w,i} = WF_i \times (ECF_{A13,i} + ECF_{A4,i} + ECF_{C2,i} + ECF_{C34,i}) \quad \text{식(4)}$$

-  $A5_a$ 는 식(5)와 같이 산정할 수 있으며,  $ECA5_a$ 는 현장 활동으로부터의 탄소 배출량( $A5_a$ ), CAEF는 현장 활동 배출 계수(construction activities emission factor), PC는 프로젝트 공사비(단위: 원)을 의미함

$$ECA5_a = CAEF \times PC/150,000,000 \quad \text{식(5)}$$

- 전생애주기 동안 모듈(B1-B5)의 탄소 배출량이 차지하는 비율은 미미하며, 실질적인 데이터를 취득하기가 어렵기 때문에 지침서에서도 다루지 않음. 하지만 모듈 B1-B5의 데이터가 있는 경우 탄소 배출량 계산에 반영하는 것을 원칙으로 함

- 모듈 B6(운영 에너지 사용) 및 B7(운영 용수 사용)은 운영 탄소 배출량에서 평가하기 때문에 『대한건축학회 탄소중립 설계 지침서』에서는 다루지 않음
- 일반 건축물의 경우 폐기단계(C1-C4)의 영향이 작지만, 목재의 경우 차지하는 비율이 커짐. 하지만, 건축물의 폐기단계에 있어 발생할 수 있는 상황에 대한 정보를 정확히 예측할 수 없기 때문에 탄소배출계수를 정확하게 평가하는 것은 상당히 어려움
- 모듈 C1(해체과정)은 시공사에서 신뢰성 있는 정보가 제공되지 않는 경우, 식(6)에 의해 산정함

$$EC_{C1} = 3.4\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 \times \text{총 내부 면적}(\text{m}^2) \quad \text{식(6)}$$

- 모듈 C2(폐기물 운송과정)은 모듈 A4(부재 운송)과 같은 방식으로 계산할 수 있으며, 아래 표를 참조함

표 2-2. 모듈 C2(폐기물 운송과정)에서의 기본 탄소배출계수<sup>13)</sup>

폐기단계 시나리오	km (도로 기준)	ECF <sub>C2,i</sub> (kgCO <sub>2</sub> e/kg)
현장 재사용/재활용	0	0.00
다른 곳에서 재사용/재활용	50	0.005 50×0.10749 gCO <sub>2</sub> e/kg/km/1000
매립/소각	가장 가까운 두 매립지 사이의 평균	0.005 (도로 50km 기준)

- 모듈 C3(폐기물 재생과정) 및 C4(폐기과정)은 상호 독립적으로 진행되며, 탄소 배출량을 최소화하기 위해 프로젝트 팀의 노력에 의해 구현되거나 기존 사례를 참조해야 함
- ECF<sub>C34,i</sub>는 사용 가능한 EPD(Environmental Product Declaration)값이 있는 경우 참조할 수 있지만, EPD를 사용할 수 없는 경우 0.013kgCO<sub>2</sub>e/kg를 사용할 수 있음
- 목재의 경우 바이오탄소의 존재로 인해 모듈 C3 및 C4의 산정이 매우 복잡하기 때문에 재사용할 수 있는 목재 부재를 설계하면 바이오탄소를 최대한 오랫동안 유지할 수 있음
- 목재의 폐기단계 시나리오 및 모듈 C3 및 C4 탄소배출계수는 아래 표를 참조함

표 2-3. 목재 vrleks계 시나리오 및 모듈 C3, C4 탄소배출계수<sup>14)</sup>

폐기단계 시나리오	설명	모듈 C3, C4 탄소배출계수 (kgCO <sub>2</sub> e/kg)	폐기단계 시나리오 비율 (%)
재사용	향후 다른 용도로 사용 바이오탄소는 다음 용도로 이동	1.64 (기존 바이오탄소와 동일)	0
재활용	바이오탄소가 다음 구조물로 이동 사전 가공으로 인한 화석 탄소	1.67	55
에너지 회수를 위한 소각	바이오 연료(국내 및 수출) 대기로 방출되는 바이오탄소	1.64 (기존 바이오탄소와 동일)	44
매립지 (가스 회수 불가)	바이오탄소 일부는 CO <sub>2</sub> 와 CH <sub>4</sub> 의 형태로 재방출되고 나머지는 자연으로 이동	2.15	1
총 ECF <sub>C34</sub>		1.66	100

- 모듈 D(재생 단계)는 건축물의 폐기단계 이후 재생 또는 재활용을 통해 재료나 부재의 탄소 배출량이 증가 또는 감소되는 정도를 평가하는 단계이며, 건설업의 탄소중립을 가능하게 하는 순환경제(Circular economy)의 유효한 평가수단이 될 수 있음
- 모듈 D는 식(7)에 의해 산정할 수 있으며, 재사용과 재활용 시 탄소 배출량의 차이를 계산함

13) 대한건축학회 (2022), 탄소중립 설계 지침서

14) 대한건축학회 (2022), 탄소중립 설계 지침서

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

$$ECF_{D,i} = ECF_{A13, \text{제2차 제품}} - ECF_{A13, \text{대체 제품}} \quad \text{식(7)}$$

- 건설 자재의 경우 폐기 후 어떤 식으로 사용될 것인가가 명확하지 않기 때문에 각 자재들의 폐기단계 시나리오들도 불확실하며, 정확하게 정의하기 어려움. 따라서, 가장 신뢰성 높은 폐기단계 시나리오를 고려하고 시나리오 선정 근거를 명확하게 제시해야 함
- 모듈 A-C에서 발생하는 탄소 배출량은 모듈 A1-A5의 탄소 배출량 산정 방법과 동일하며, 모듈 B1-B5와 모듈 C1-C4는 각 재료의 탄소배출계수에 각 자재의 물량을 곱해서 산출할 수 있음. 따라서 모듈 A-C에서 발생하는 탄소 배출량은 식(8)과 식(9)와 같이 산정할 수 있음

$$EC_{A15} = EC_{A13} + \sum_{i=1}^n [Q_i(ECF_{A4,i} + ECF_{A5w,i})] + EC_{A5a}$$

여기서,  $EC_{A15}$  = 모듈 A1-A5에서 발생하는 탄소 배출량(kgCO<sub>2</sub>e)

$EC_{A13}$  = 모듈 A1-A3에서 발생하는 탄소 배출량(kgCO<sub>2</sub>e)

$Q_i$  = i번째 자재의 물량(kg)

$ECF_{A4,i}$  = i번째 자재의 운송(모듈 A4)에 포함된 탄소배출계수

$ECF_{A5w,i}$  = i번째 자재의 현장 폐기물 탄소배출계수

$EC_{A5a,i}$  = 공사 활동 탄소 배출량(모듈 A5)

식(8)

$$EC_{AC} = EC_{A15} + \sum_{i=1}^n [Q_i(ECF_{B4,i} + ECF_{C2,i} + ECF_{C34,i})] + EC_{C1}$$

여기서,  $EC_{AC}$  = 전생애주기 A-C 단계에 대한 탄소 배출량 (kgCO<sub>2</sub>e)

$EC_{A15}$  = 모듈 A1-A5dp 대한 탄소 배출량

$ECF_{B4,i}$  = i번째 자재의 탄소배출계수

$ECF_{C2,i}$  = i번째 자재의 폐기단계(모듈 C2)에서 현장으로부터 운송에 대한 탄소배출계수

$ECF_{C34,i}$  = i번째 자재의 폐기물 처리(모듈 C3, C4)에 대한 탄소배출계수

$EC_{C1}$  = 붕괴 및 해체(모듈 C1) 활동에 대한 배출

식(9)

- 건축물의 생애주기 이후의 자재의 재사용, 재활용 과정에서 발생하는 탄소 배출량의 저감 및 증가는 생애주기 단계와 항상 분리해서 별도 보고해야 하며, 식(10)과 같이 산정할 수 있음

$$EC_D = \sum_{i=1}^n [Q_i(ECF_{D,i})]$$

여기서,  $EC_D$  = 모듈 D의 탄소 배출량 (kgCO<sub>2</sub>e)

$Q_i$  = i번째 자재의 물량(kg)

$ECF_{D,i}$  = i번째 자재의 모듈 D 탄소배출계수 (kgCO<sub>2</sub>e/kg)

식(10)

- 건축물의 탄소 배출량 계산 시 최소한 모듈 A1-A5의 탄소 배출량은 계산해야 하며, 전체 탄소 배출량과 표준화된 탄소 배출량을 계산해야 함
- 초기 계획설계 단계에서 자재의 선택뿐 아니라 재료의 물량도 가정될 가능성이 크지만, 프로젝트가 점차 진행될수록 자재의 물량 등은 점차 명확해짐. 따라서, 점차 탄소 배출량 계산 결과의 정확도도 점차 올라갈 것이며, 불확실성이 크더라도 탄소 배출량 계산을 수행할 필요가 있음

## 2 지자체 정책 동향

가. 산림청·국토교통부·서울특별시·행정중심복합도시건설청, '목조건축 활성화를 위한 업무협약' 체결(2022)

- 정부와 지자체 간 협약을 통해 산림 분야의 온실가스 감축 기여량을 높이고 목조건축 산업의 경쟁력 강화를 도모
- 산림청은 목조건축 산업 활성화를 위한 정책 및 사업추진을, 국토부는 목조건축 활성화를 위한 제도개선 지원, 행복청과 서울시는 목조건축 조성 시범 사업을 추진하고 그 성과를 확대·보급

나. 종로구, 목재 사용 장려를 통한 목재친화도시 구현 및 탄소중립 실천 (2023)

- 산림청 주관 '목재친화도시' 선정을 목표로 하여 업무용 목조건축 시범 사업, 목조건축 활성화 체계 구축, 산림청 지정 목재친화도시 공모 참여 등 추진
- 탄소 저감에 기여하는 '친환경 목조건축 활성화'를 선도하고자 10월 '중대형 목조건축 활성화를 통한 목재친화도시 종로구현 세미나'를 열고 한국목조건축협회와 업무협약 체결

다. 국가건축정책위원회와 국토교통부, 산림청 '탄소중립 사회와 목조건축' 심포지엄 개최(2023)

- 국내 목조건축 기술의 당면과제와 목조건축의 진흥을 위한 정책 방향, 관련 법·제도의 개선방안에 대해 논의

라. 국토부와 산림청 공동, 가칭 '탄소중립 실천을 위한 목조 건축물의 활성화에 관한 법률' 마련 및 법률제정 추진 진행 중 (2024)

- 공공·민간분야의 목조건축 활성화를 위한 법·제도적 기반 마련, 목조건축 확산을 위한 '목조건축 지원센터' 지정, 목조건축 조성 시 견폐율·용적률·조세감면 등 인센티브 부여, 건축용 목재제품 등에 대한 관리 감독 강화 등 내용을 포함

## 3. 결론 및 시사점

- 캐나다와 미국은 실험 및 실증을 통해 목조건축의 가능성을 확인하였으며, 이를 통해 연방정부 차원의 지침 및 가이드를 작성하여 실무에 반영하고 있음. 특히, 목조건축을 단순히 소규모 주택에만 국한하지 않고 대형 및 고층 건축물로 확대하여 목조 친화 건설시장 활성화를 주도하고 있음
- 미국의 IBC 개정안, 프랑스의 지속가능성 법, 캐나다의 목재우선법 등 각국은 목조건축 활성화를 위해 법적 및 제도적 지원을 강화하고 있으며 이러한 법적 지원은 목재 산업의 경쟁력을 높이고, 목조건축의 안전성과 신뢰성을 확보하는 데 중요한 역할을 함
- 유럽연합은 탄소중립 대륙 전환을 목표로 1조 유로를 투자할 계획을 공개하고, 미국은 다양한 주에서 목조건축 프로젝트를 통해 탄소 배출을 줄이며, 한국도 2050 탄소중립 선언과 탄소중립 사회로의 이행을 목표로 신축 건물 대상 제로에너지 건축물 1등급 100% 달성 및 기존 노후 건물 대상 그린리모델링을 통해 건물 부문에서 탄소 배출량 88.1% 감축을 목표로 하는 등, 목조건축이 이러한 목표 달성에 중요한 역할을 함
- 일본, 캐나다, 미국, 유럽 등 여러 나라에서 목재의 친환경적 특성을 활용하여 탄소 배출을 줄이고 지속가능한 건축문화를 조성하려는 노력의 일환으로 목재를 활용한 도시재생과 공공건축물에 목재 사용을 의무화함
- 목조건축은 환경 보호와 지속 가능한 발전을 위해 중요한 역할을 하며, 이를 위한 법적, 제도적 지원이 강화되고 있기에 각국의 사례를 참고하여 한국에서도 목조건축의 활성화를 위한 지속적인 노력이 요구됨

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2절. 경제적 환경분석

#### 1. 국외 시장현황 및 전망

##### 1 글로벌 시장현황

- Allied Market Research(2022)에 따르면 해외 목조건축 시장 규모는 2021년부터 2031년까지 857.1백만 달러에서 1,542.2백만 달러로 연평균 6.0% 성장 예상 (시장 규모는 목조건축 시 투입되는 순수 공학목재 사용 금액만 집계)
- CLT는 2031년 기준 584.5백만 달러로 가장 많이 활용될 것으로 예상되나 연평균 성장률은 5.5%로 목조건축 시장의 연평균 성장률을 밑돌 것으로 예상
- 2031년을 기준으로 공학목재를 활용한 목조건축 시장에서 NLT를 활용한 목조건축이 246백만 달러로 가장 적은 활용도를 보이지만, 동기간 동안 8.3%의 성장이 예상되어 다른 목재를 활용한 목조건축보다 활용도가 증가할 것으로 예상
- GLT는 2031년 304.9백만 달러로 246백만 달러 NLT보다 높은 활용성이 예상되나 연평균 성장률은 4.9%로 목조건축 시장의 연평균 성장률인 6.0%보다 낮을 것으로 예상
- 기타 공학목재를 활용한 목조건축 시장 연평균 성장률은 6.4%로 목조건축 시장 연평균 성장률 6.0%보다 높을 것으로 전망
- 건축 용도별 목조건축 시장은 상업용 목조건축 시장이 2031년 152.6백만 달러로 시장 규모는 가장 작으나 연평균 성장률은 8.1%로 주거용 5.3% 및 산업용 6.5%보다 높아 더 빠르게 성장할 것으로 예상
- 2031년에는 산업용 목조건축 시장이 596백만 달러의 규모로 형성될 것으로 예상되며, 해당 기간 동안 연평균 6.5% 성장할 것으로 전망

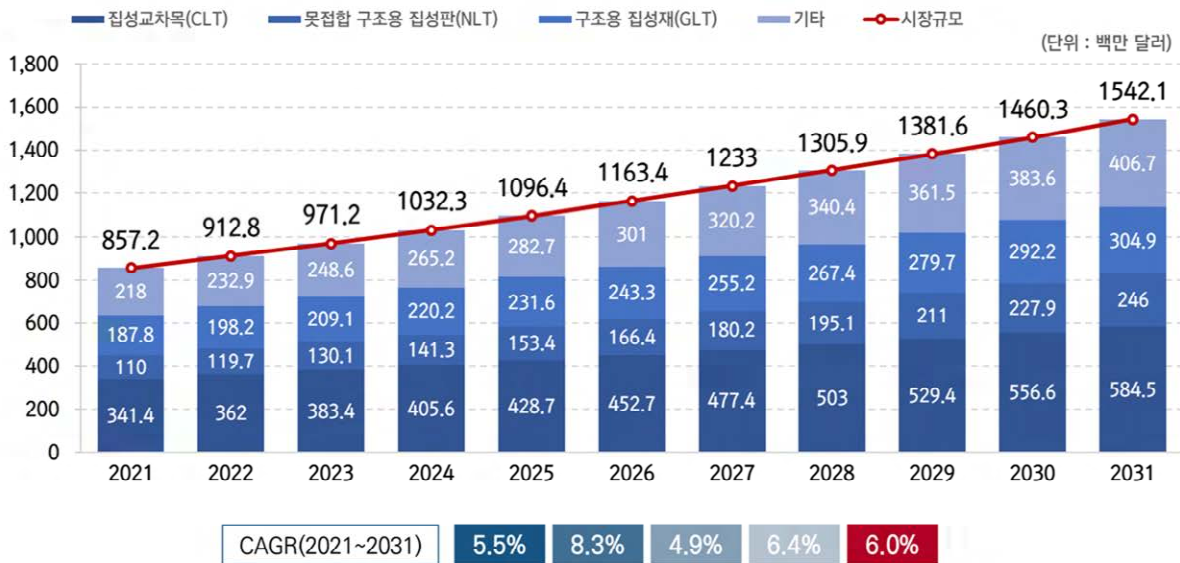


그림 2-7. 공학목재 종류별 목조건축 시장<sup>15)</sup>

15) Allied Market Research (2022)

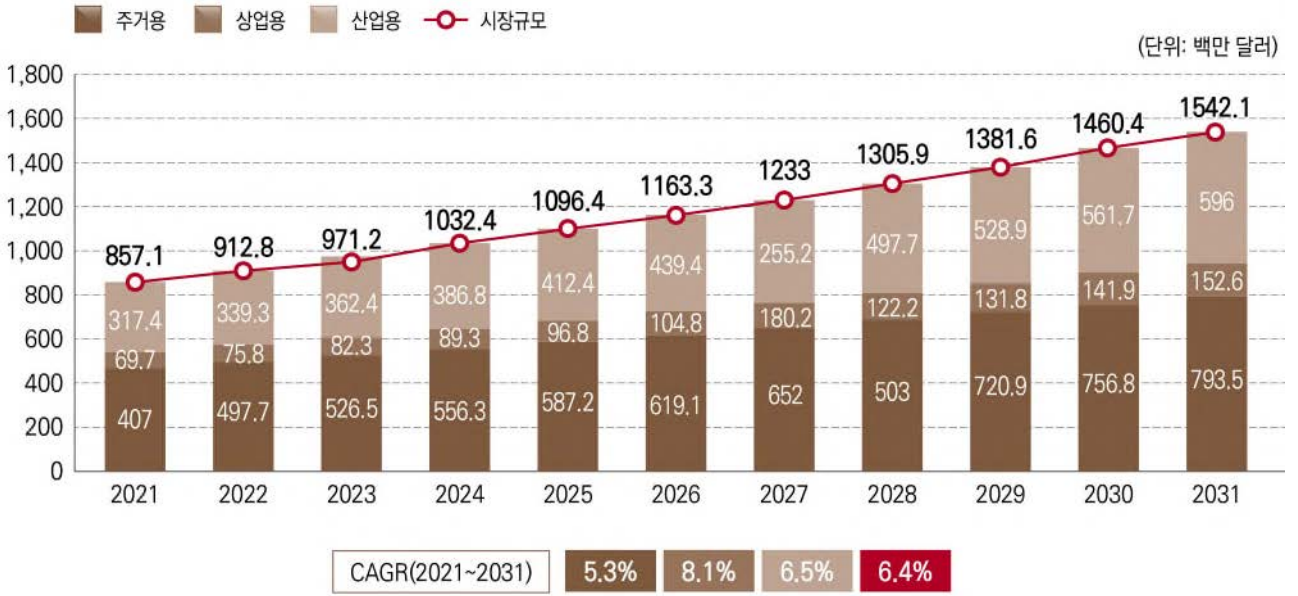


그림 2-8. 건축 용도별 목조건축 시장 전망<sup>16)</sup>

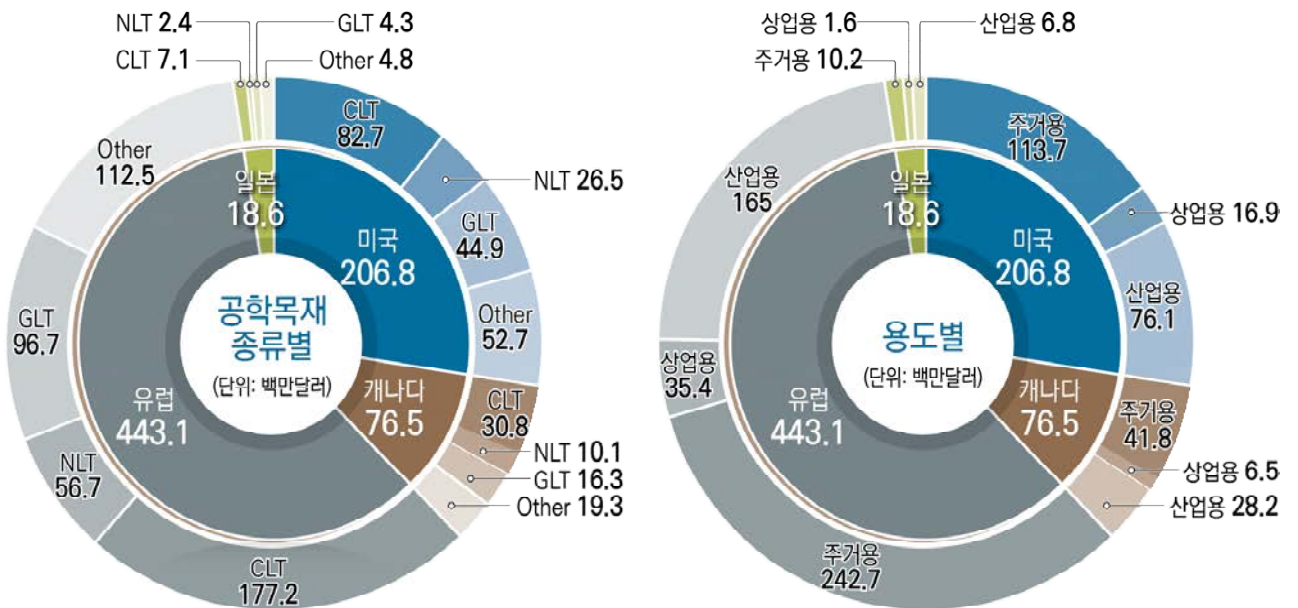


그림 2-9. 4개국 2021년 목조건축 시장 규모 공학목재 종류별 및 건축 용도별 구분<sup>17)</sup>

### 3 해외 주요국 현황

- 미국 목조건축 시장은 '21년부터 '31년까지 206.7백만 달러에서 350.9백만 달러로 연평균 5.4% 성장 전망
- 캐나다 목조건축 시장은 '21년부터 '31년까지 76.5백만 달러에서 140.3백만 달러로 연평균 6.2% 성장 전망
- 유럽 목조건축 시장에서 '21년 443.1백만 달러로 세계 최대의 시장을 형성하고 있고 '31년 694.0백만 달러로 연평균 4.5% 성장 전망

16) Allied Market Research (2022)

17) Allied Market Research (2022)

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 일본 목조건축 시장은 '21년부터 '31년까지 18.6백만 달러에서 23.7백만 달러로 연평균 2.4% 성장할 것으로 전망

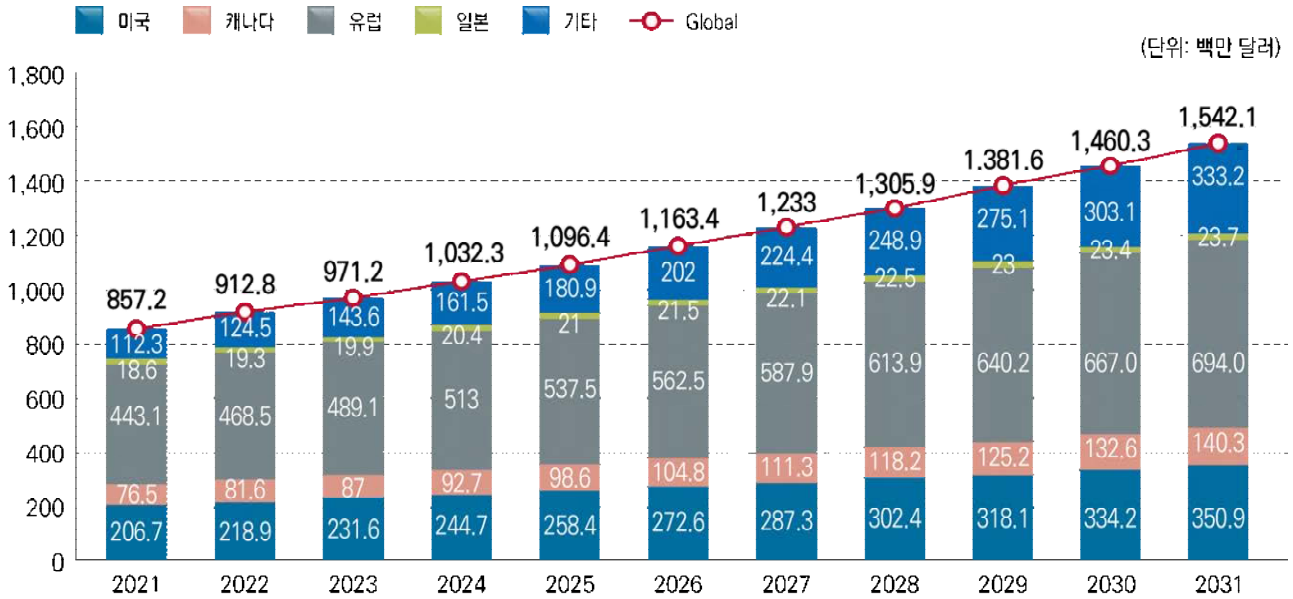


그림 2-10. 나라별 목조건축 시장 전망<sup>18)</sup>

### 가. 미국

- 공학목재 유형별 시장 규모에서 CLT의 비중이 가장 높을 것으로 예측되나, '31년까지 NLT의 활용도가 연평균 9.0% 성장할 것으로 예측
- NLT와 기타 공학목재의 활용도는 '21년부터 '31년까지 12.8%에서 18.0%, 25.5%에서 27.9%로 증가할 것으로 예측되나, CLT와 GLT의 활용도는 40.0%에서 27.0%, 21.7%에서 18.0%로 감소할 것으로 예측

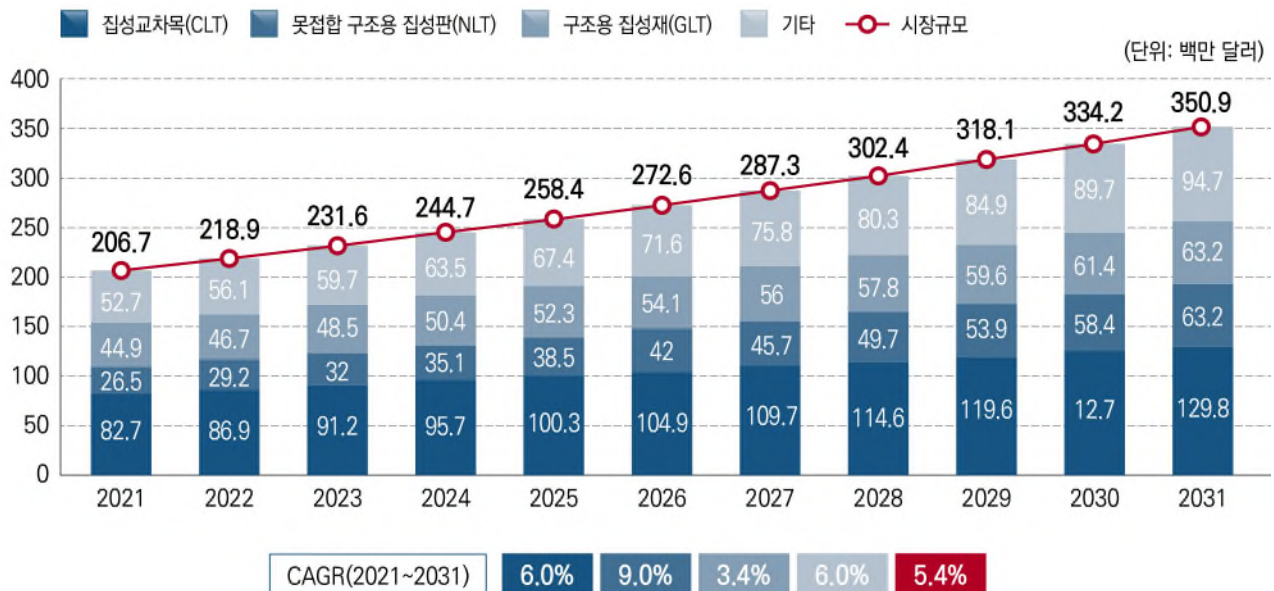


그림 2-11. 미국의 공학목재 종류별 시장 및 비중 전망<sup>19)</sup>

18) Allied Market Research (2022)

19) Allied Market Research (2022)

- 건축 용도별 시장 규모에서 주거시설이 가장 큰 비중을 차지하고 있지만, '31년까지 상업용 시설이 7.5%, 산업용 시설이 6.3%로 주거용 시설 4.4%보다 더 빠르게 성장할 것으로 전망
- 상업용과 산업용 시설이 '21년부터 '31년까지 8.2%에서 10.0%, 36.8%에서 40.0%로 비중이 확대될 전망이나 주거용은 55.0%에서 50.0%로 축소될 것으로 전망

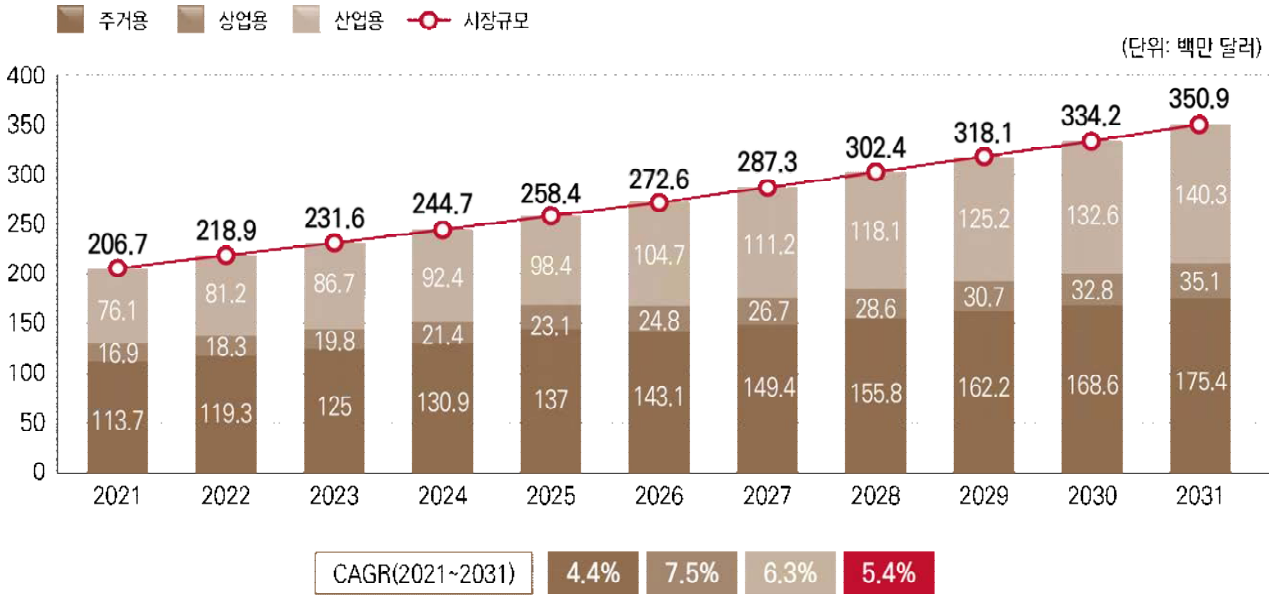


그림 2-12. 미국의 건축 용도별 시장 및 비중 전망<sup>20)</sup>

#### 나. 캐나다

- 공학목재 유형별 시장 규모에서 CLT의 비중이 가장 높을 것으로 예측되고 있으나, '31년까지 NLT의 활용도가 증가할 것으로 예측
- NLT와 기타 공학목재의 활용도는 '21년부터 '31년까지 13.2%에서 18.4%, 25.2%에서 26.7%로 증가할 것으로 예상되나, CLT와 GLT의 활용도는 40.3%에서 37.3%, 21.3%에서 17.6%로 감소할 것으로 예측

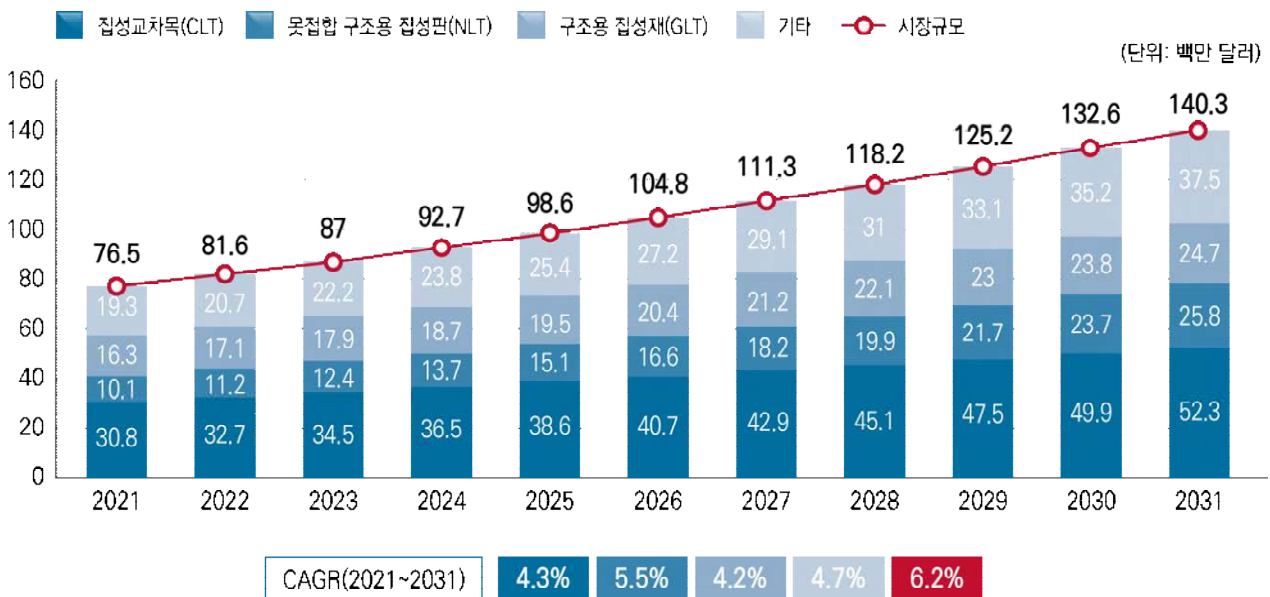


그림 2-13. 캐나다의 공학목재 종류별 시장 및 비중 전망<sup>21)</sup>

20) Allied Market Research (2022)

21) Allied Market Research (2022)

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 건축 용도별 시장 규모에서 주거시설이 가장 큰 비중을 차지하고 있지만, '31년까지 상업용 시설이 8.2%, 산업용 시설이 7.1%로 주거용 시설 5.2%보다 더 빠르게 성장할 것으로 전망
- 건축 용도별로는 '21년부터 '31년까지 상업용 시설이 8.5%에서 10.3%, 산업용 시설은 36.9%에서 40.1%로 예측되어 비중이 확대될 전망이다나 주거용 시설은 54.6%에서 49.6%로 축소될 것으로 전망

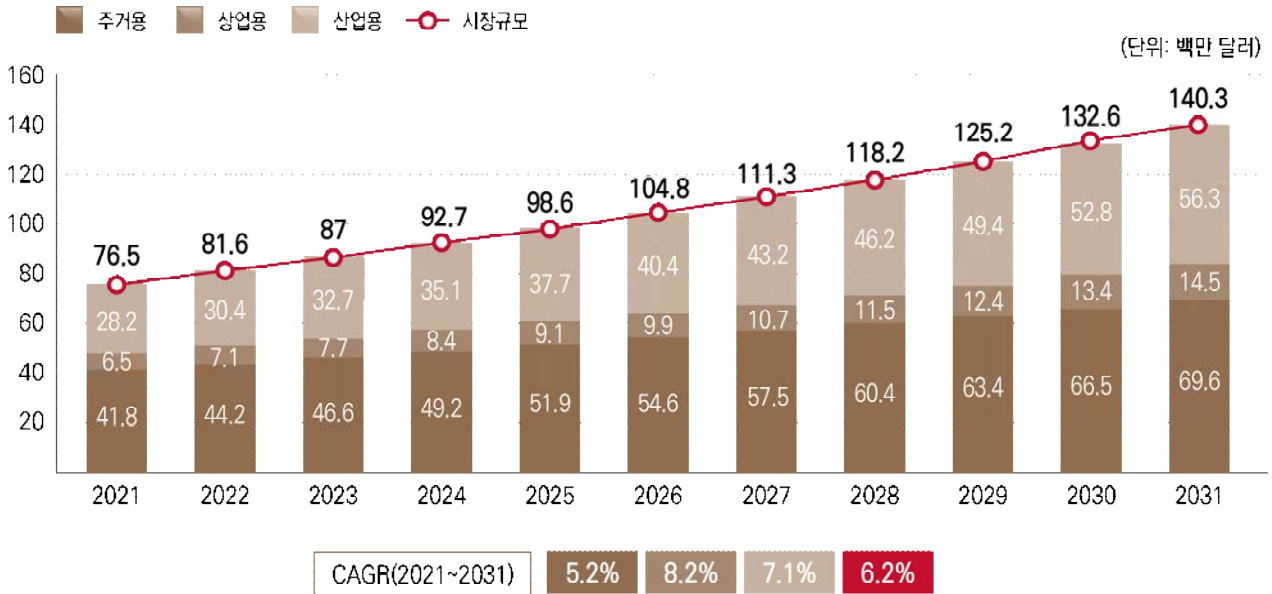


그림 2-14. 캐나다의 건축 용도별 시장 및 비중 전망<sup>22)</sup>

### 다. 유럽

- 향후에도 공학목재 중에서 CLT가 가장 많이 활용될 것으로 예상되지만, 성장률은 소폭 감소할 것으로 예측되었고, NLT 및 기타 공학목재의 연평균 성장률은 각각 5.5%와 4.7%로 활용도가 증가할 전망
- NLT와 기타 공학목재의 활용도는 '21년부터 '31년까지 12.8%에서 14.0%, 25.4%에서 25.9%로 증가할 것으로 예측되나, CLT와 GLT는 40.0%에서 39.0%, 21.8에서 21.1%로 감소할 것으로 예측

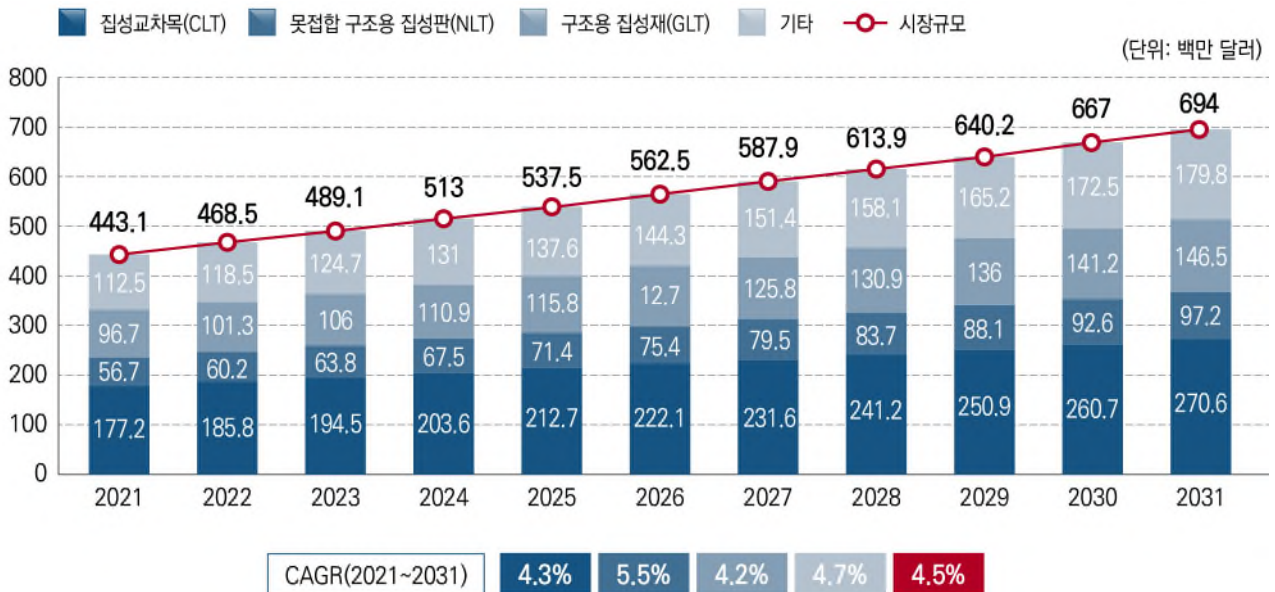


그림 2-15. 유럽의 공학목재 종류별 시장 및 비중 전망<sup>23)</sup>

22) Allied Market Research (2022)

23) Allied Market Research (2022)

- 건축 용도별 시장 규모에서 주거시설이 50% 이상을 차지할 것으로 예측되나, '31년까지 상업용 시설이 6.7%, 산업용 시설이 4.6%로 주거용 시설 4.1%보다 더 빠르게 성장할 것으로 전망
- 건축 용도별로는 상업용과 산업용 시설이 '21년부터 '31년까지 8.5%에서 10.3%, 36.9%에서 39.8%로 비중이 확대될 전망이나 주거용 시설은 54.8%에서 52.9%로 축소될 것으로 전망

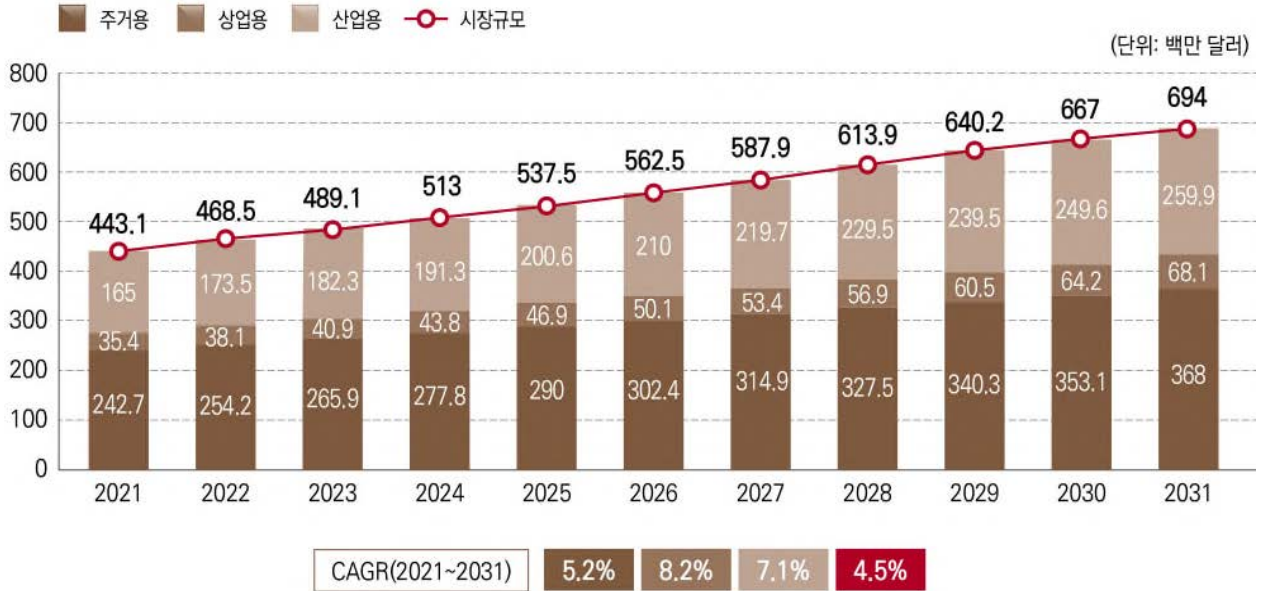


그림 2-16. 유럽의 건축 용도별 시장 및 비중 전망<sup>24)</sup>

라. 일본

- 공학목재 유형별 시장 규모에서 CLT의 비중이 가장 높을 것으로 예측되나 연평균 성장률은 2.0%로 NLT(3.3%), GLT(2.4%), 기타(2.4%) 보다 낮을 것으로 예측
- CLT와 기타 공학목재는 '21년부터 '31년까지 38.2%에서 37.1%, 25.8%에서 25.7%로 각각 1.1%와 0.1% 감소할 것으로 보이며, NLT와 GLT는 12.9%에서 13.9%, 23.1%에서 23.2%로 각각 1.0%와 0.1% 소폭 증가할 것으로 예측

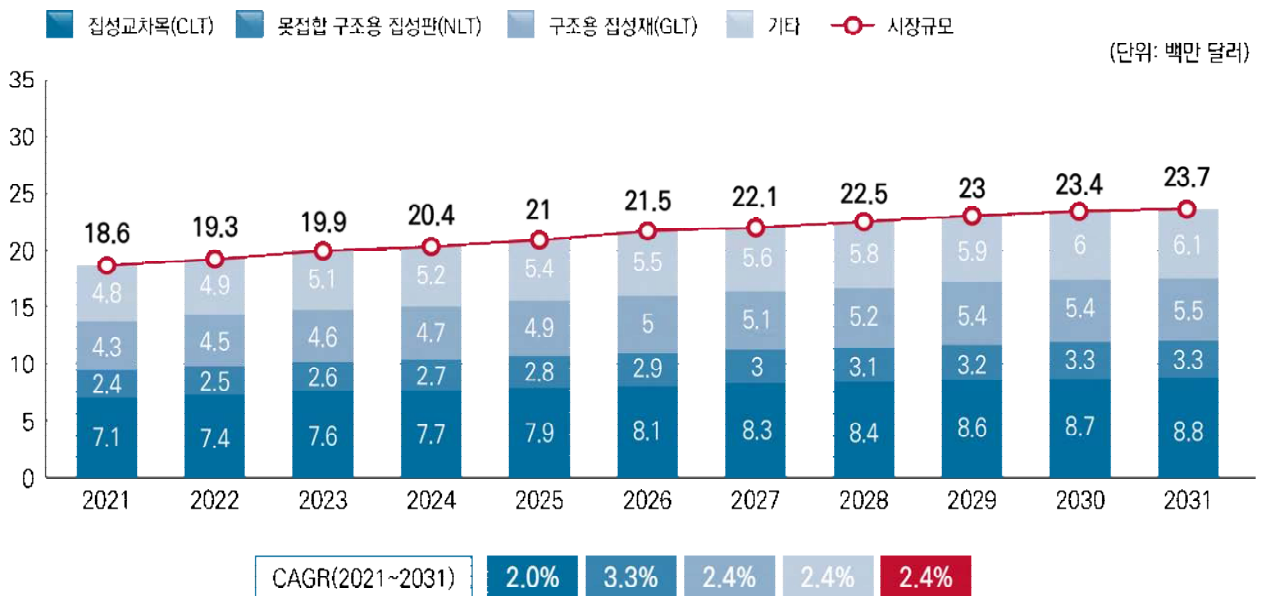


그림 2-17. 일본의 공학목재 종류별 시장 및 비중 전망<sup>25)</sup>

24) Allied Market Research (2022)

25) Allied Market Research (2022)

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 건축 용도별 시장 규모에서 주거시설이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예측되나, '31년까지 상업용 시설이 3.2%, 산업용 시설이 2.4%로 주거용 시설 2.2%보다 더 빠르게 성장할 것으로 전망
- 건축 용도별로는 상업용과 산업용 시설이 '21년부터 '31년까지 8.6%에서 9.3%, 36.6%에서 36.7%로 비중이 확대될 전망이나, 주거용 시설은 54.8%에서 54.0%로 축소될 것으로 전망

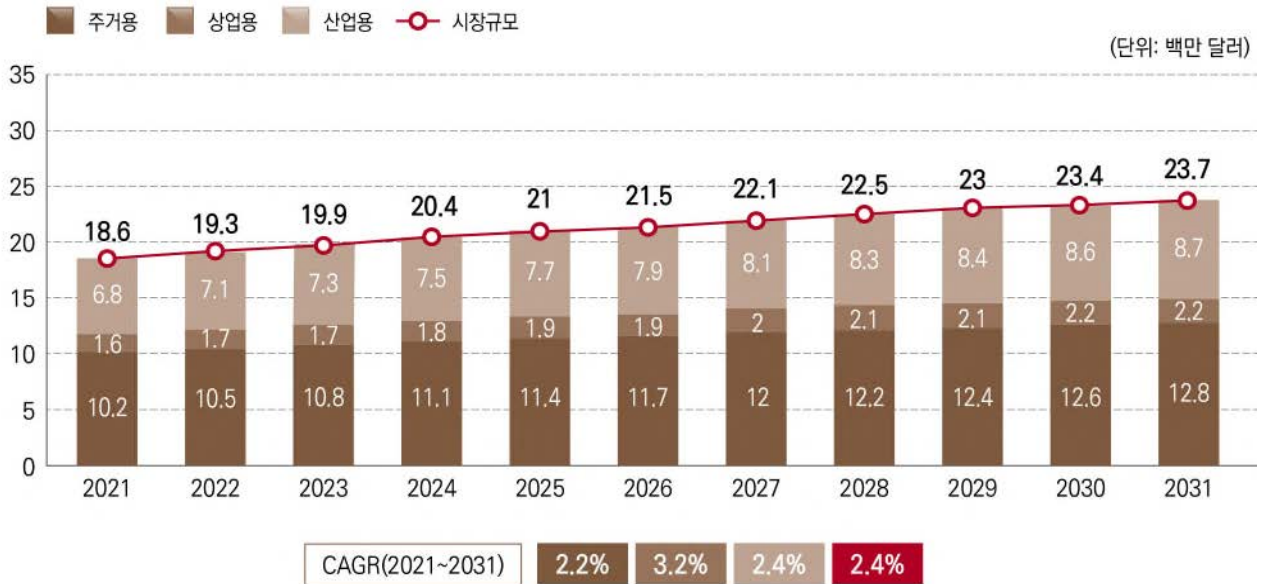


그림 2-18. 일본의 건축 용도별 시장 및 비중 전망<sup>26)</sup>

26) Allied Market Research (2022)

## 2. 국내 시장현황 및 전망

### 1 목조건축 시장현황

- 2015년 이후 성장세를 보이던 목조건축 시장은 신규건축의 감소세로 인해 규모가 축소되었으나 점진적으로 성장
- 2011년 대비, 철근 및 철골조를 포함한 신규건축 시장은 6.5% 감소했지만, 목조건축 시장은 8.6% 했으며 목조주택 시장은 15.8% 증가
- 2015년 이후 착공 동수를 기준으로 목조건축 시장에서 목조주택의 비율이 약 80%로 목조건축 시장의 대부분을 차지

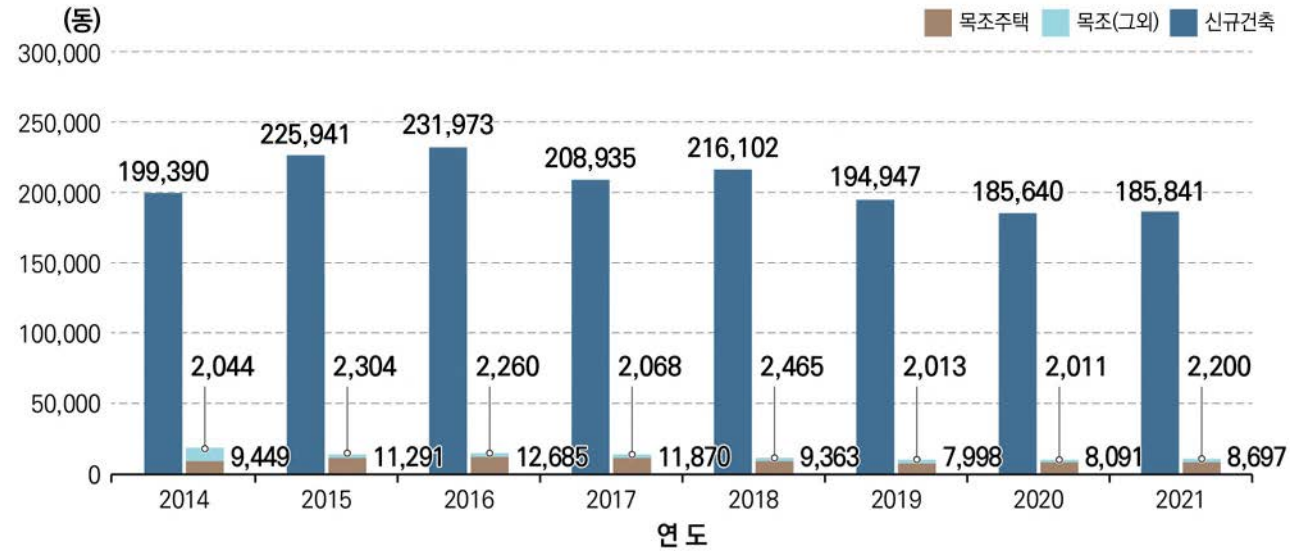


그림 2-19. 목조건축 국내시장 규모 추이<sup>27)</sup>



그림 2-20. 용도별 목조건축 시장 현황(착공기준)<sup>28)</sup>

27) 국가통계포털

28) 국토교통부 (2024), 건축물 통계 - 용도별 건축물 현황

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

2  
장  
기  
획  
연  
구  
과  
제  
의  
수  
행  
과  
정

## 2장, 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 목조주택은 2019년 이후 착공 동수를 기준으로 단독주택 시장에서 약 14.0% 내외의 비중을 차지하여 중요한 위치를 선점

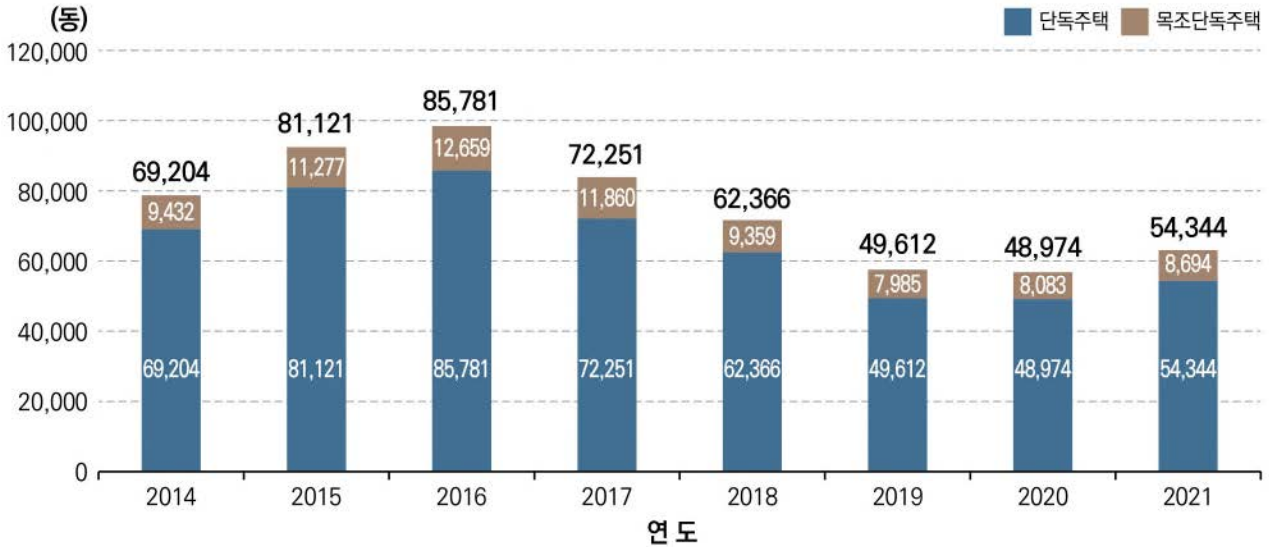


그림 2-21. 단독주택 시장에서 목조주택의 비중<sup>29)</sup>

- 2021년 목조주택 착공 건수는 리모델링 및 증축 통계도 포함하여 10,900세대이고 신축 공사만 집계한 경우 8,969세대이며 이 중 단독주택을 실질적인 목조주택으로 취급하는 경우 7,568세대로 전체 착공 건수의 69%로 조사됨
- 2021년 목조주택 시장 규모는 ‘2021년 목조주택시장 분석 보고서’를 참고하였음
  - 단독주택의 평균 평수를 37평, 평균 평당 금액을 600만 원으로 가정하였을 경우 2021년 목조주택 시장 규모는 1조 5천억 원으로 추정

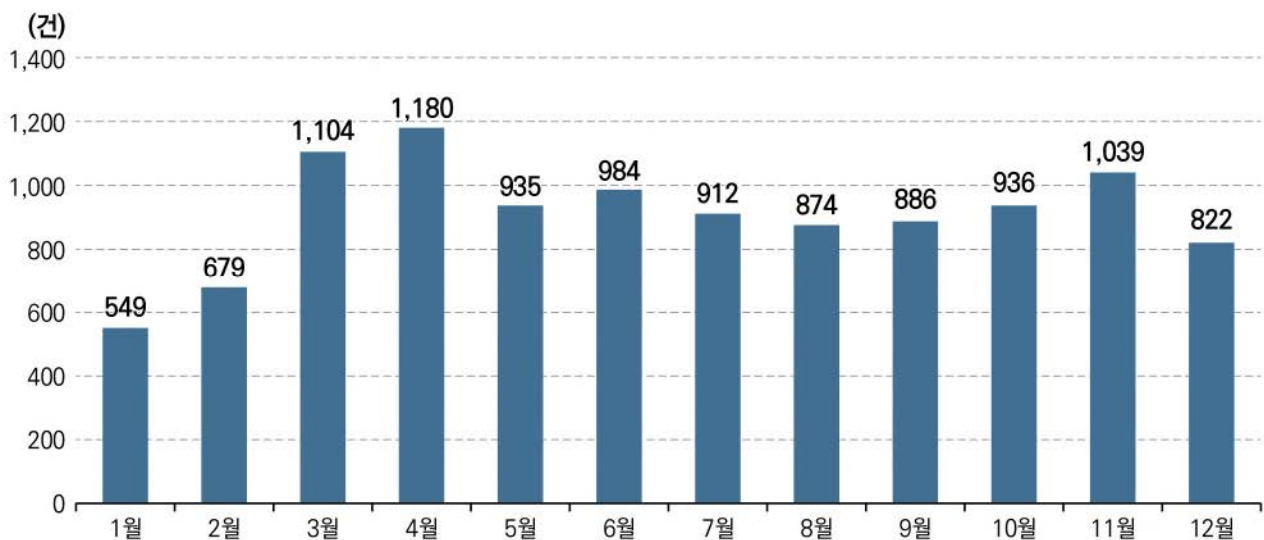


그림 2-22. 2021년 목조주택 착공 건수<sup>30)</sup>

29) 국가통계포털

30) 빌더 매거진 (2022), 2021년 목조주택 시장 분석 보고서

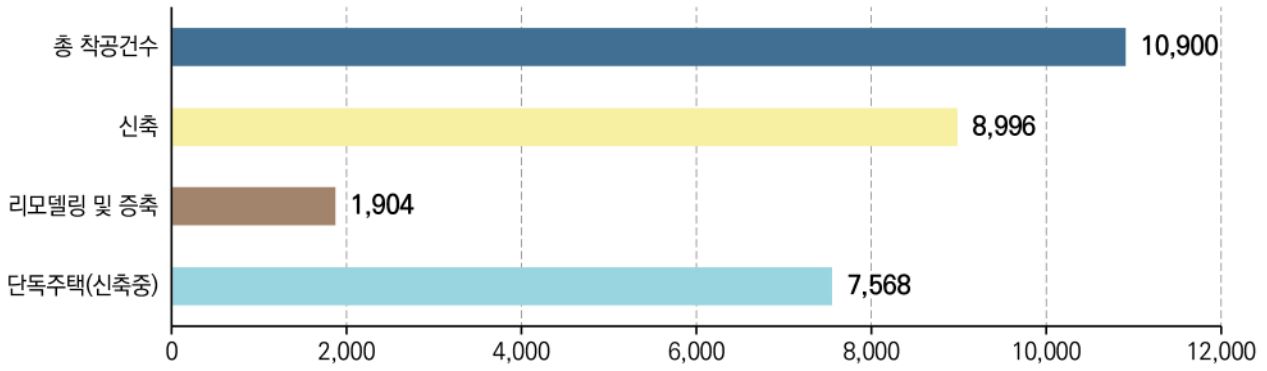


그림 2-23. 2021년 목조주택 착공 상세<sup>31)</sup>

- 국내 17개 행정자치 구역별 신축 단독주택 착공건수 및 평균 평수를 나타내었고 경기도, 강원도, 충청남도, 경상북도 순으로 신축 목조주택 착공이 많이 이루어졌고 상위 4개 지역이 전체 착공 건수의 65%를 차지함

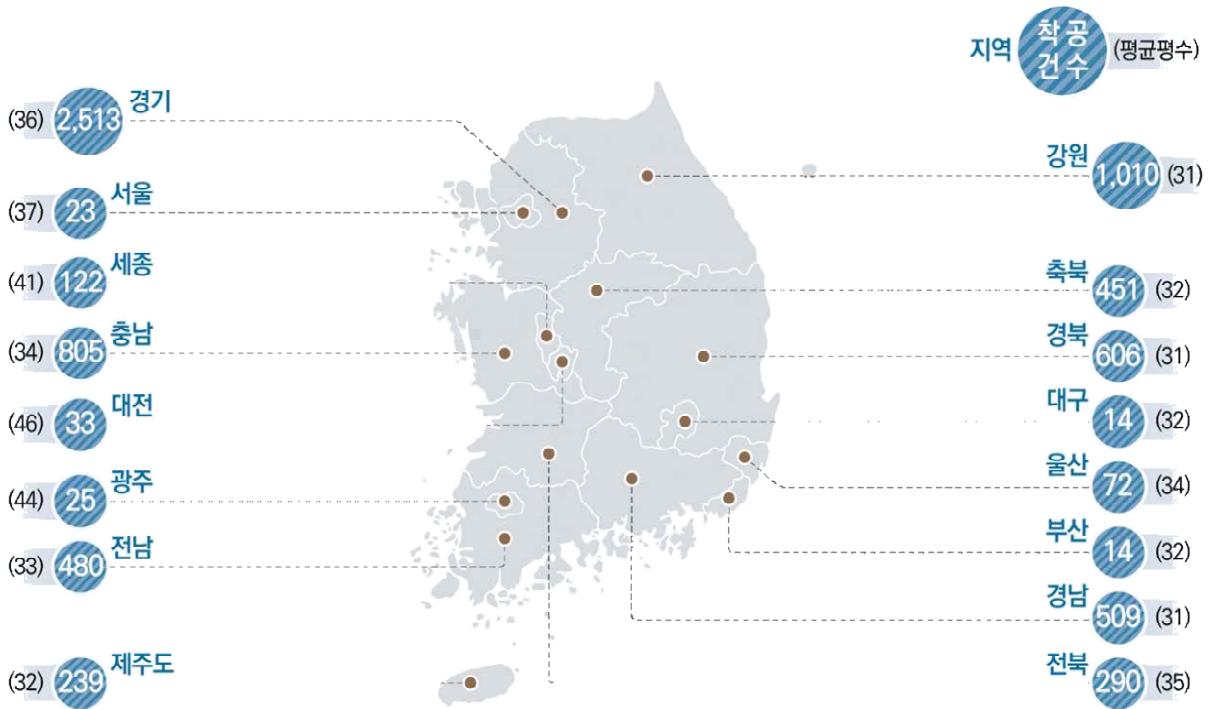


그림 2-24. 2021년 지역별 신축 단독주택 착공 건수 및 평균 평수<sup>32)</sup>

31) 빌더 매거진 (2022), 2021년 목조주택 시장 분석 보고서

32) 빌더 매거진 (2022), 2021년 목조주택 시장 분석 보고서

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3 관련 산업 현황

#### 가. 국내 생산 현황

- 2021년 기준 국내 집성재 생산업체는 4개 사로 매출액은 57.8억 원, 평균 매출액은 14.5억으로 전반적으로 규모가 영세
- 2015년 대비 매출액은 4.9%, 업체별 평균 매출액은 57.4% 증가하였으나, 제조업의 평균 매출액 31.3억 원(20년 기준) 보다 낮은 수준

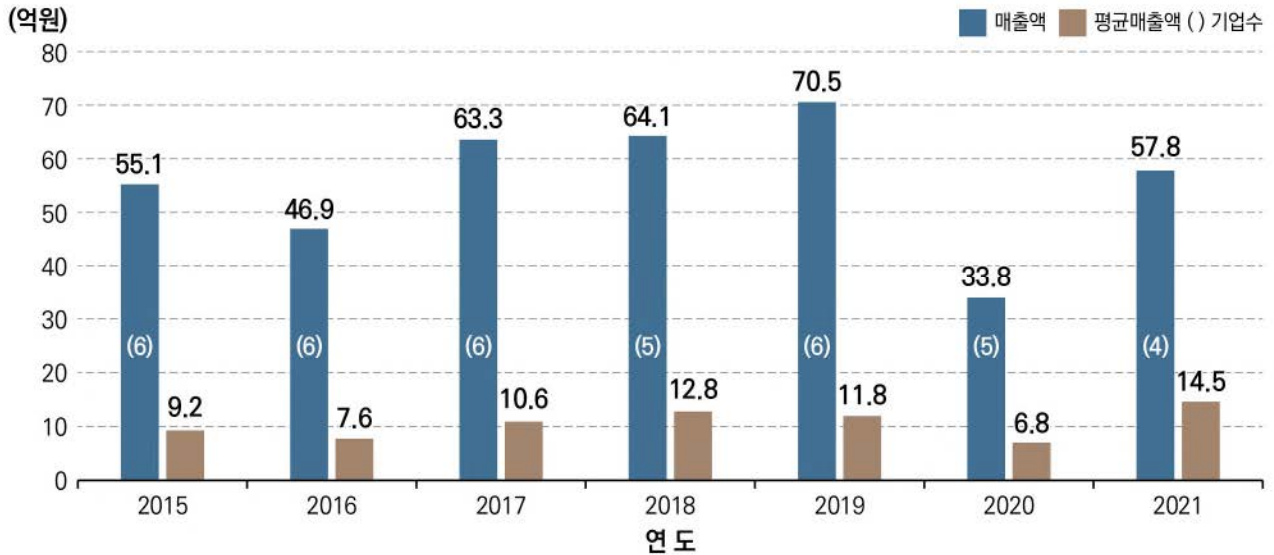


그림 2-25. 목재제품의 생산수입유통 시장조사(각 년도)<sup>33)</sup>

- 집성재 생산량은 2015년 7,419m<sup>3</sup>에서 2021년 2,143m<sup>3</sup>로 약 71.1% 감소
- 2016년 이후 구조용집성재 생산량은 전체생산량에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으나 생산량은 점차 감소
- 2016년부터 2020년까지 집성판 생산량은 50m<sup>3</sup> 내외이며 2021년에는 생산이 되지 않은 것으로 나타남

표 2-4. 집성재 생산현황<sup>34)</sup>

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
연간 최대 생산가능량	9,018	14,100	11,600	9,600	12,084	9,973	9,482	
생산량	구조용집성재	2,650	2,730	2,530	2,100	2,902	2,420	1,543
	수장용 집성재	4,766	1,265	465	465	200	127	600
	집성판	3	54	51	51	51	46	-
	소계	7,419	4,049	3,046	2,616	3,153	2,593	2,143
가동률(%)	53.2	28.7	26.3	27.3	26.1	26.0	22.6	

33) 국가통계포털

34) 산림청 (2021), 목재제품의 생산수입유통 시장조사 및 목재 이용실태조사 보고서

나. 수입 유통 현황

- 2015년 이후 집성재 수입 유통업체의 매출액은 전반적으로 감소하고 있으며, 업체별 평균 매출액 역시 점차 감소
- 2021년 매출액은 1,802억 원으로 2015년 대비 11.8% 감소하였으며, 업체별 평균 매출액은 37.5억 원으로 2015년 대비 61.4% 감소

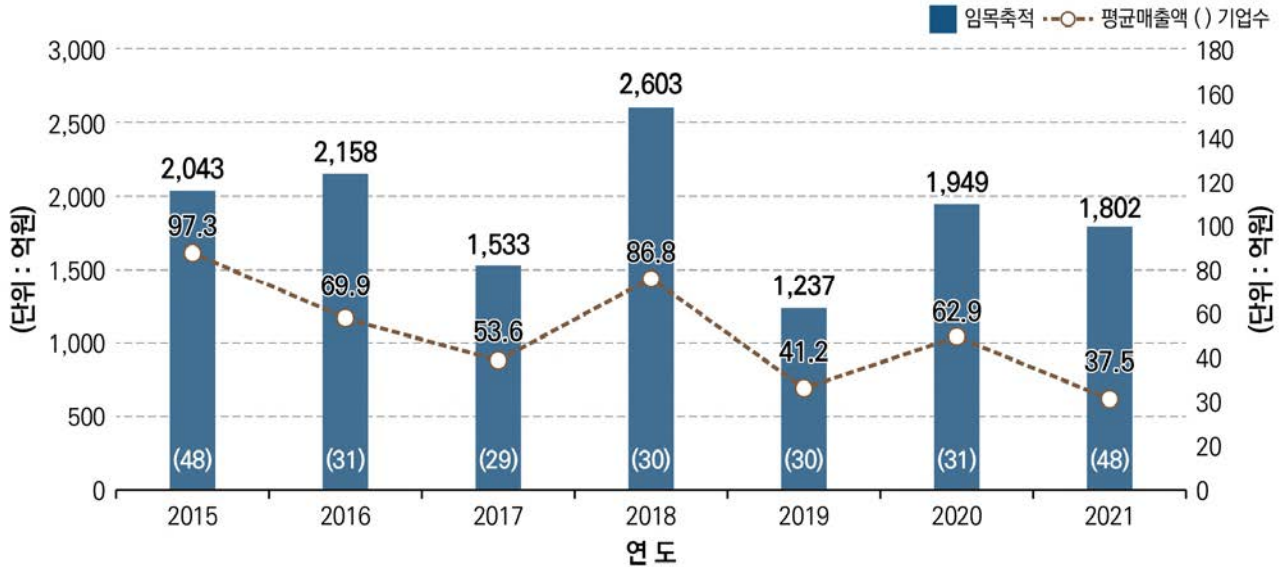


그림 2-26. 집성재 산업의 매출 규모<sup>35)</sup>

- 2021년 수입 유통량은 203,620m³로 2017년 이후부터 점차 증가하고 있으며, 2020년 이후 대폭 증가
- 구조용집성재와 집성판의 수입량이 각각 전체 수입량의 51.3%(구조용집성재 68,593m³, 집성판 35,932m³)로 나타났으며, 2020년부터 수입이 대폭 증가

표 2-5. 집성재 수입/유통량 현황<sup>36)</sup>

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
구조용집성재	6,890	8,090	4,950	12,000	19,896	111,414	68,593
수장용 집성재	62,242	134,680	51,902	39,857	85,270	113,327	96,132
집성판	1,450	81,809	9,408	19,115	9,740	76,334	35,932
기타	12,852	7,750	23,931	32,108	5,304	1,250	2,963
합계	83,434	232,329	90,191	103,080	120,210	302,325	203,620

35) 산림청 (2021), 목재제품의 생산수입유통 시장조사 및 목재 이용실태조사 보고서

36) 산림청 (2021), 목재제품의 생산수입유통 시장조사 및 목재 이용실태조사 보고서

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3. 결론 및 시사점

- 전 세계 목조건축 시장은 2021년부터 2031년까지 연평균 6.0% 성장할 것으로 예상되고 특히 CLT (Cross-Laminated Timber)와 NLT(Nail- Laminated Timber)등의 공학목재는 지속적인 수요 증가가 예상되며 이러한 글로벌 성장 추세는 목조건축 기술 발전과 친환경 건축 수요의 증가를 나타냄
- 목조건축 시장에서는 상업용 및 산업용 시설의 성장률이 주거용 시설보다 높을 것으로 예상되며, 이는 미국과 캐나다의 상업용 목조건축 시장이 각각 연평균 7.5%와 8.2% 성장할 것으로 전망되어 목재가 다양한 건축물에 널리 사용될 가능성을 시사함
- 한국의 목조건축 시장은 2015년 이후 점진적으로 성장하여 목조주택 시장이 15.8% 증가하였으며, 이는 정부와 지자체의 정책 지원과 인센티브 제공을 통해 더욱 촉진될 필요가 있음
- 목조건축은 탄소중립 목표 달성에 중요한 역할을 하며, 유럽연합, 미국, 캐나다 등 주요 국가들이 목조건축을 통해 탄소 배출을 줄이고 있는 가운데, 한국도 2050 탄소중립 선언을 통해 이에 동참하고 있으므로 목조건축 기술을 발전시키고 공공건축물에 목재 사용을 의무화하는 등의 정책을 통해 탄소중립 사회로의 이행을 촉구해야 함
- 목조건축 시장은 전 세계적으로 지속적인 성장이 예상되며, 다양한 공학목재의 활용과 친환경 건축 방식이 주목받고 있는 추세임
- 한국도 이러한 글로벌 트렌드를 반영하여 목조건축 시장의 경쟁력을 강화하고, 지속 가능한 건축문화를 조성하는 것이 필요함

1  
2장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3절. 기술적 환경분석

#### 1. 국외 기술 동향

##### 1 목조 대공간 건축물

- 목조 대공간 건축물은 목재 산업이 가장 활발하게 이루어지고 있는 유럽과 북미, 일본에서의 대공간 목조 건축물의 사례를 다수 볼 수 있음. 그중 30m 이상의 공간 규모를 가지는 사례를 건립 지역별로 조사하였음
- 목조 대공간의 활용은 주로 유럽에서 활발한 것을 알 수 있으며, 대략 1960년대 중반부터 목조 대공간 기술이 확산되어 왔음
- 각국의 목조 대공간 건축물 분류 중 사용 목적에 따르면 모든 지역에서 일반적인 대공간의 용도가 폭넓게 나타나고 있지만, 특히 유럽권에서 실내 빙상경기장에 대공간 목조 건축물을 활용한 경우가 집중적으로 다수 관찰되고 있음
- 산림자원이 풍부한 유럽은 실내 체육시설의 규격 중에 비교적 빙상경기장의 규격이 다른 실내 체육관 보다 소규모이고 고도의 기술이 필요치 않은 소형 목조 건축물로 형성하기 용이했던 것으로 판단됨



그림 2-27. 전 세계 목조 대공간 건축물 분포 현황

#### 가. 아시아

- 일본과 오스트레일리아는 아시아에서 목조 대공간 건축물을 가장 먼저 시공한 대표적인 나라이며, 일본은 9건, 오스트레일리아는 2건, 중국은 1건을 보유하고 있음
- 특히, 일본은 100m 이상의 경간을 갖는 목조 대공간 건축물 시공 실적을 3건을 보유하고 있어 아시아에서 목조 대공간 건축물의 기술개발 및 실증화에서 가장 선도적인 역할을 하고 있음
- 이즈모 돔(Izumo dome)은 143m의 경간을 가지고 있으며, 1992년에 시공되어 일본에서 100m 이상의 경간을 갖는 목조 대공간 건축물 중 가장 먼저 시공된 건축물로 알려져 있음

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 하지만, 시공 당시 일본에 경간 약 150m의 목조 대공간 건축물을 설계할 수 있는 기술과 부재로 사용할 수 있는 목재 가공 기술이 미흡하였기 때문에 미국과 캐나다의 기술 및 목재를 사용하여 설계 및 시공하였음

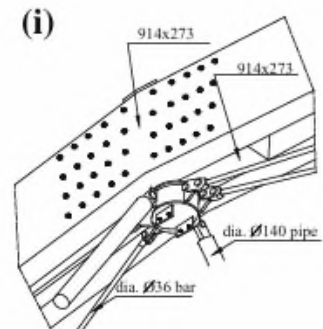
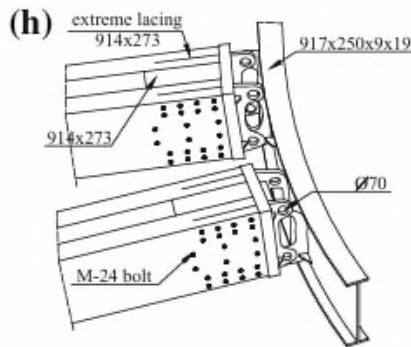
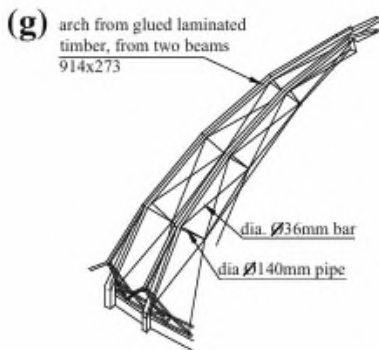
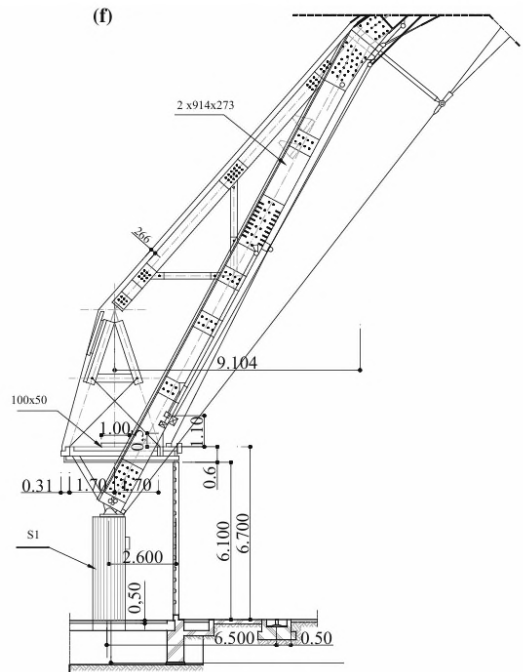
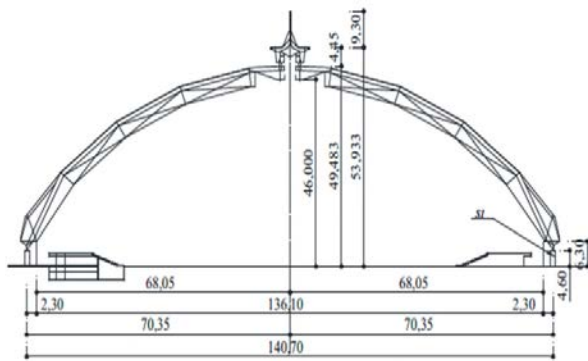


그림 2-28. 이즈모 돔(Izumo dome)의 전경 및 도면<sup>37)</sup>

- 일본에서 가장 경간이 큰 목조 대공간 건축물이며, 세계에서 가장 경간이 큰 목조 대공간 건축물은 178m의 경간을 갖는 오다테 주카이 돔(Odate jukai dome)임
- 오다테 주카이 돔은 1997년에 준공되었으며, 1992년 이즈모 돔은 시공 당시 목재와 목조 구법 기술이 전무하여 외국산 목재료와 외국 기술로 시공되었으나, 오다테 주카이 돔은 순수 일본 목재료와 순수 일본 기술로 시공된 것이 특징이며, 특히 오다테 주카이 돔에 사용된 목조 구조부재는 힘 저항 성능을 효율적으로 발휘할 수 있는 GLT와 강재를 함께 사용한 세계 최초의 하이브리드형 목조 대공간 건축물임
- 오다테 주카이 돔의 마감 재료는 PTFE이며, 채광과 조도를 컨트롤 하여 주간에는 무조명으로 야구 경기를 진행할 수 있을 정도의 친환경설계로 실내조명 시설이 최소화되어 있음. 이로써, 지붕에 가해지는 하중의 크기를 감소시킬 수 있었음

37) Japan Experience (2013), Izumo Dome Shimane Prefecture

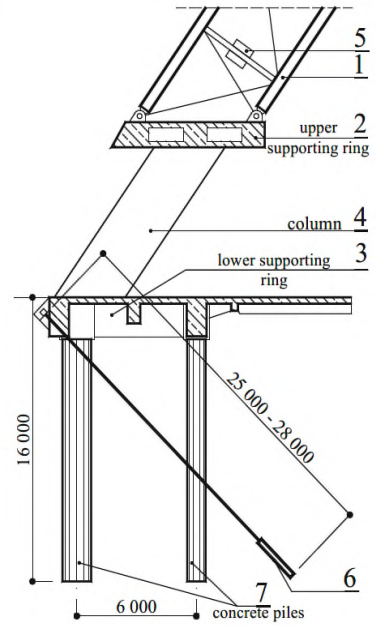
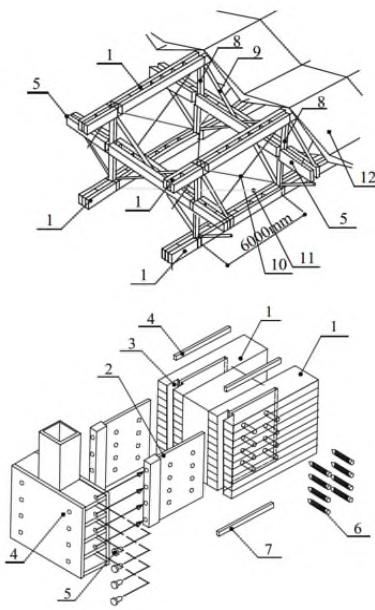
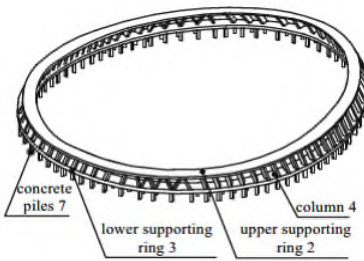
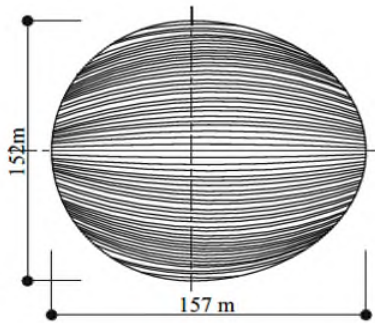
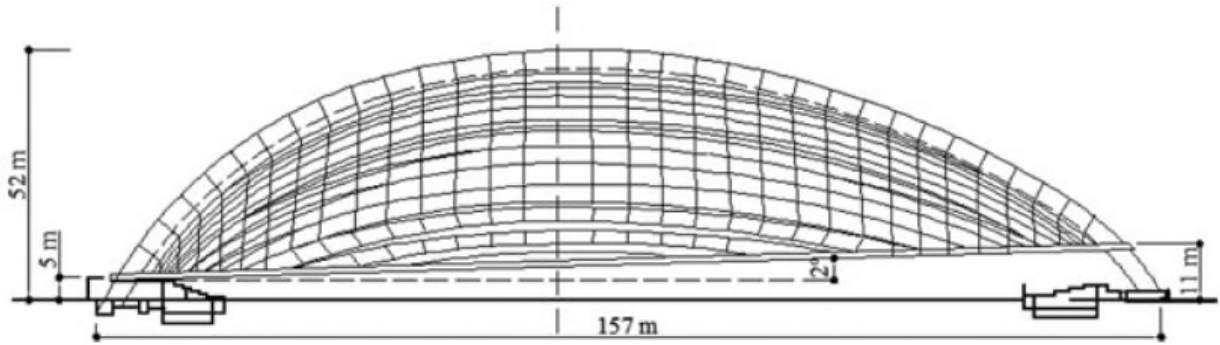
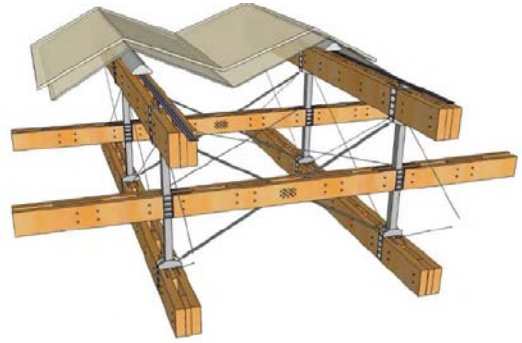


그림 2-29. 세계 최대 목조 대공간 건축물 (Odate Jukai Dome) 전경 및 도면<sup>38)</sup>

38) archdaily (2013), Odate Jukai Dome

1  
2 장  
기획연구과정의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 일본의 3대 야구 경기장 중 하나인 고노하나 돔은 장변 122m, 단변 102.5m, 높이 38m, 연면적 11,463㎡으로 7,400그루의 삼나무를 사용한 GLT를 구조재로 구조체를 형성한 후 그 위에 막을 씌운 방식
- 삼나무의 고정에는 나사를 사용하지 않고, 작은 구멍을 뚫어 그보다 약간 큰 철봉으로 목재를 고정하는 목살(木殺し, Kigoroshi)을 사용

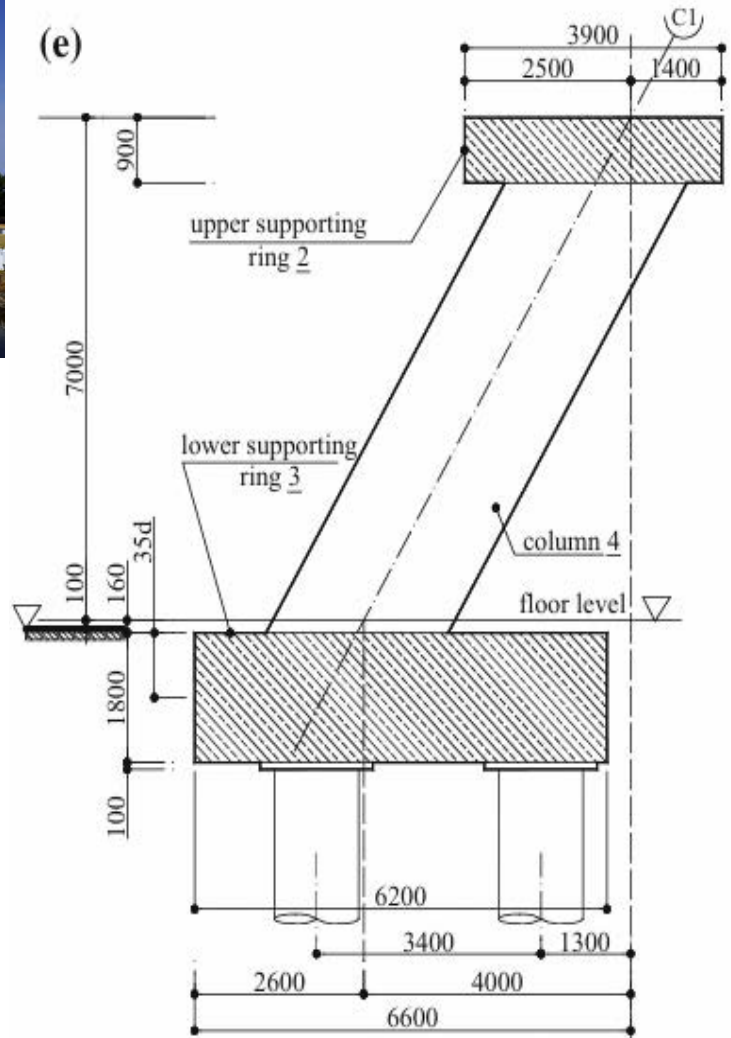
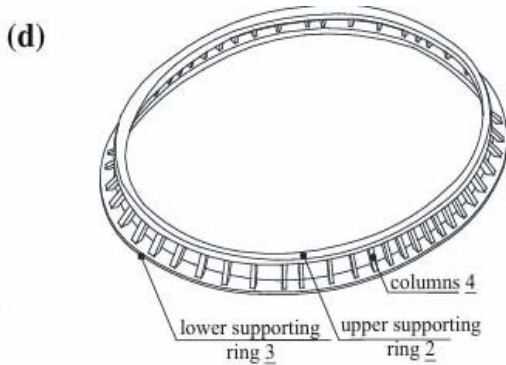
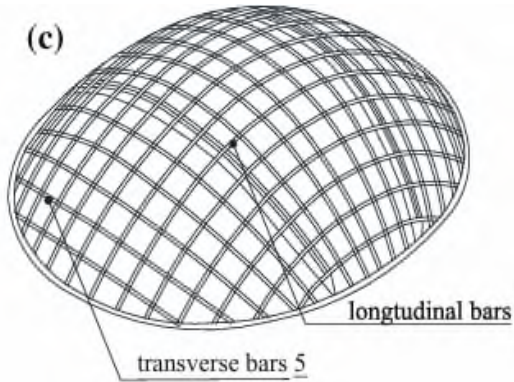


그림 2-30. 고노하나돔(Konohana Dome)의 전경 및 도면<sup>39)</sup>

39) DAIKEN SEKKEI.INC - 大建設), konohana dome

- Kusanagi General Sports Park Gymnasium은 철골 트러스를 나무 기둥으로 지지하는 구조로 나무 기둥은 건물 외주에 링 형상으로 이어지고 장변 106m, 단변 80m의 공간을 만들어 내고 있음
- 타원형으로 늘어선 256개의 집성재가 사분면의 농구코트와 2,700개의 관객석을 덮고 있으며 시즈오카현의 삼나무로 만든 집성재 1개의 길이는 14.5m, 단면 치수는 360mmx360mm이며 무게는 1t에 달함

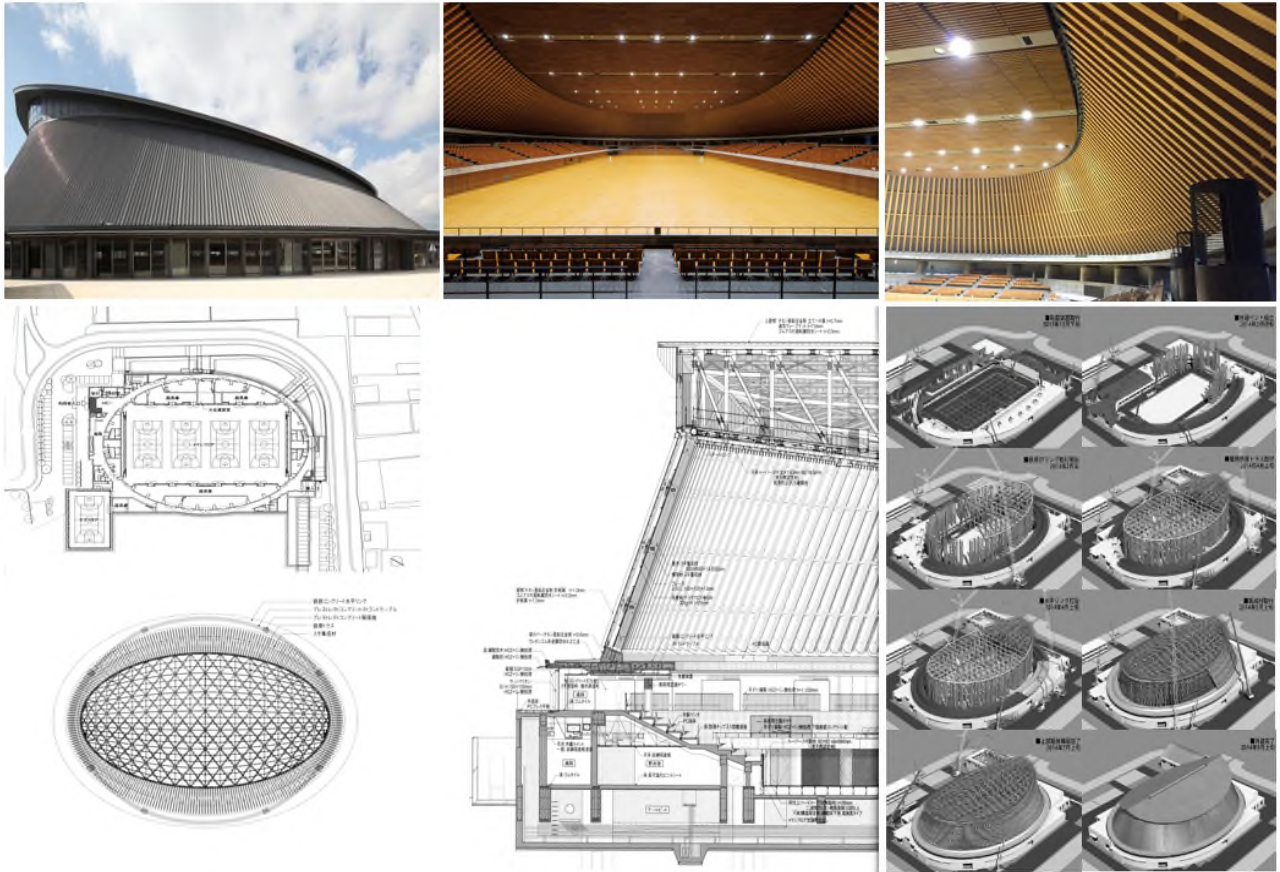
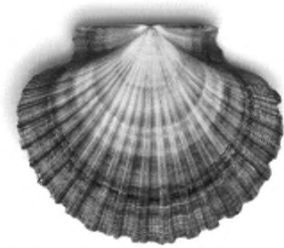
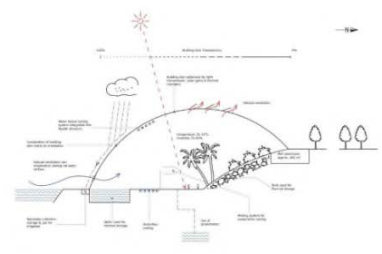


그림 2-31. Kusanagi General Sports Park Gymnasium의 전경 및 도면<sup>40)</sup>

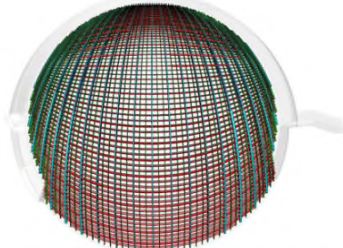
40) 東西アスファルト事業協同組合講演会 (2014), 静岡県草薙総合運動場体育館

## 2장 , 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- Taiyuan garden dome은 2021년에 완공된 타이위안 식물원 내에 있으며, 3개의 목조 돔 구조물이 있음. 그중 가장 큰 목조 돔 건축물은 직경이 약 90m이며, 조개껍데기 모양을 바탕으로 설계됨
- 특히, 에너지 설계, 열 보호, 구조 공학, 글레이징(glazing), 조립 및 물류 등 건설을 위해 통합되어야 할 많은 기술적 노하우를 사전에 계획하여 시공되었음



The timber gridshells were modelled on clam shells.



Bollinger + Grohmann were responsible for the structural engineering.



Timber lattice domes were built from double-curved laminated timber beams.



They are arranged in two or three intersecting layers.

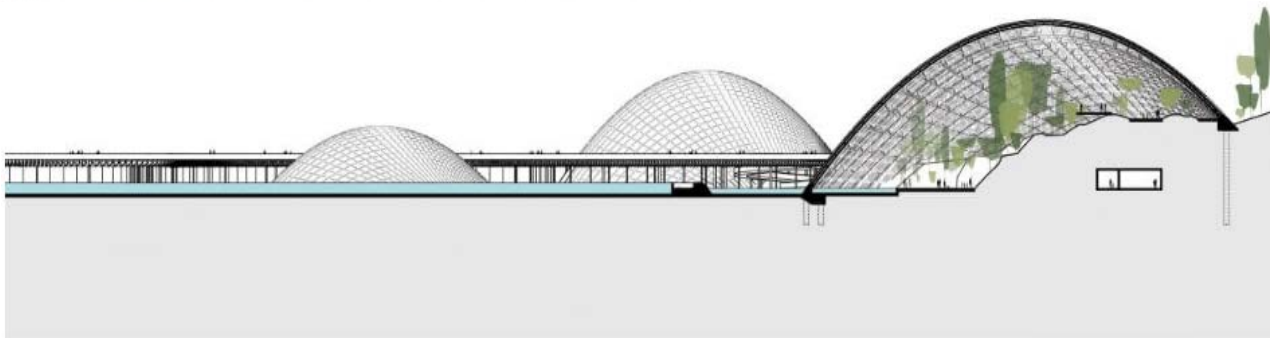
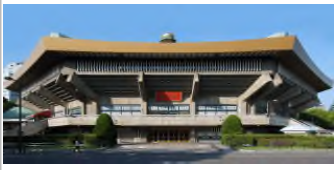




그림 2-32. 타이위안 가든 돔(Taiyuan garden dome)의 전경 및 도면



● 아시아에 시공된 목조 대공간 건축물의 연도별 현황은 아래와 같음

표 2-6. 목조 대공간 건축물(아시아)의 현황<sup>41)</sup>

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
1	Budou kan		일본 (Saitama)	1964	52.7
2	Oguni Dome		일본 (Kyushu)	1988	47.0
3	Izumo Dome		일본 (Shimane)	1992	143.0
4	M-Wave		일본 (Nagano)	1996	80.0
5	Odate Jukai Dome		일본 (Odate)	1997	157.0
6	Konohana Dome		일본 (Miyazaki)	2004	118.0
7	Uizura Elementary School		일본 (Uizura)	2005	30.0
8	Osihara Elementary School		일본 (Osihara)	2007	30.0
9	Ogata Middle School		일본 (Ogata)	2010	30.0
10	Kusanagi General Sports Park Gymnasium		일본 (Shizuoka)	2015	28

41) 이주나 등 (2022), 대공간 목구조 건축의 건립 현황과 구조 시스템 특성 분석

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
11	Sydney Olympic Exhibition-Dome		호주 (Sydney)	1999	30.0
12	Sydney Olympic Exhibition-Hall		호주 (Sydney)	1999	30.0

### 나. 아메리카

- 미국의 목조 대공간 건축물 보유 수는 14개로 이는 단일 국가 중 가장 높은 수치임
- 타코마 돔(Tacoma Dome)은 30,000여 명의 사람을 수용할 수 있는 경간 161.5m 대공간 구조물이며, 타코마 돔의 알루미늄 슈퍼 그리드는 384' x 160'으로 세계 최대 규모 중 하나임

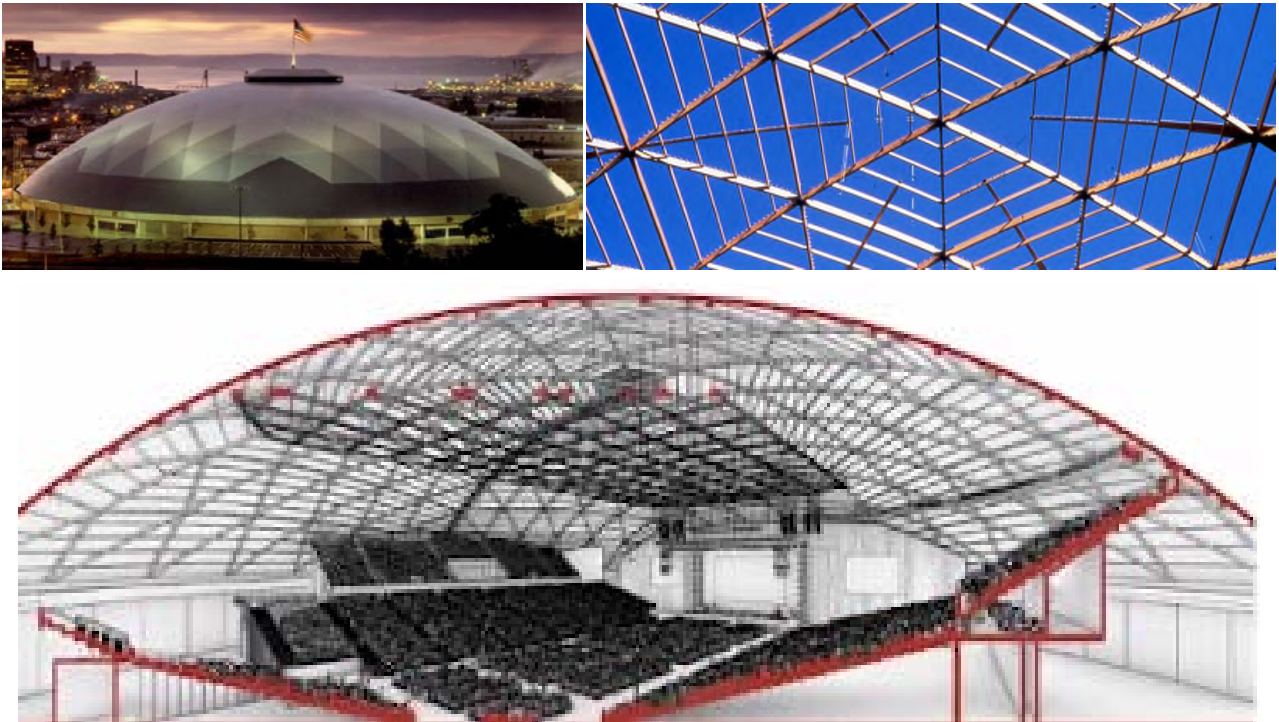


그림 2-33. Tacoma Dome<sup>42)</sup>

- 1991년에 완공된 슈페리어 돔(Superior Dome)은 완공 당시 세계에서 가장 큰 목조 돔이었으며, 현재까지도 미국 내에서 가장 큰 목조 돔임
- 슈페리어 돔은 781개의 더글러스 전나무 빔과 175km 길이의 전나무 데크로 건설함
- 또한 제곱피트당 최대 60파운드(2.9kPa)의 적설하중과 시속 80마일(130km)의 강풍을 견딜 수 있게 설계함

42) sps plus architects, Tacoma Dome



그림 2-34. Superior Dome<sup>43)</sup>

- Richmond Olympic Oval은 캐나다에서 가장 긴 경간(105.6m)을 기록한 대공간 건축물임. 목재는 305 board-kilometers의 pine beetle wood를 사용하였으며, 지붕은 15개의 GLT 빔을 사용하여 지탱함

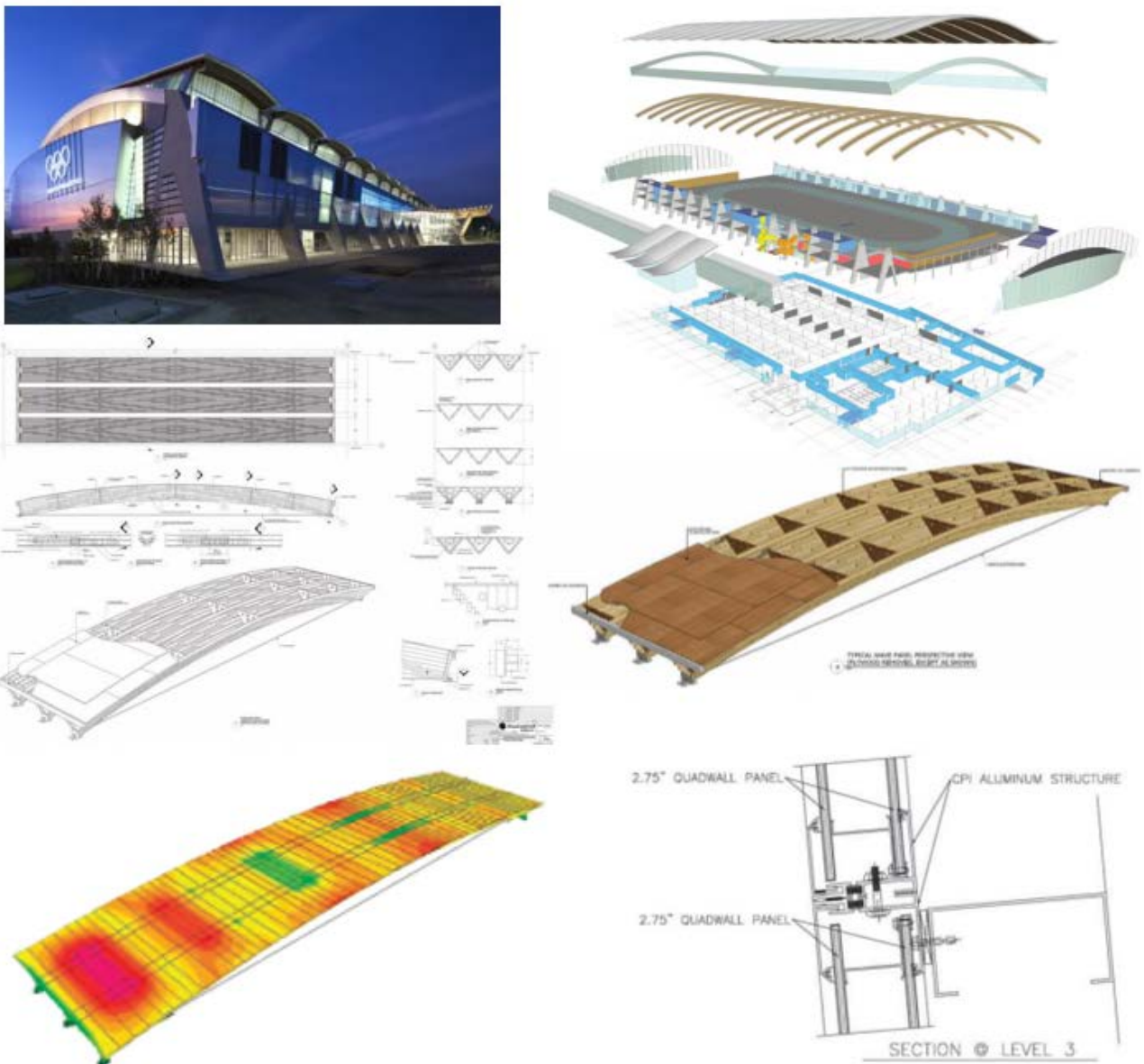


그림 2-35. Richmond Olympic Oval<sup>44)</sup>

43) tmp-architecture, NORTHERN MICHIGAN UNIVERSITY Superior Dome












44) archdaily (2010), Richmond Olympic Oval/ Cannon Design

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

표 2-7. 목조 대공간 건축물(아메리카)의 현황<sup>45)</sup>

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
1	Hershey Park Arena		미국 (Pennsylvania)	1936	67.0
2	Roseau Memorial Arena		미국 (Minnesota)	1949	35.0
3	Alfond Arena at Colby College		미국 (Waterville)	1955	36.0
4	Burnsville Ice Center		미국 (Burnsville)	1972	36.0
5	Walkup Skydome		미국 (Arizona)	1977	153.0
6	Allstate Arena		미국 (Illinois)	1980	87.8
7	Tacoma Dome		미국 (Washington)	1983	161.5
8	Superior Dome		미국 (Michigan)	1991	163.0
9	Anaheim Disney ICE		미국 (California)	1995	65.0
10	Chatham County Aquatic Center		미국 (Savannah Georgia)	1996	46.2
11	Stu Peppard Arena		미국 (Savannah)	1996	46.2

45) 이주나 등 (2022), 대공간 목구조 건축의 건립 현황과 구조 시스템 특성 분석

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
12	Portland Bulk Terminal		미국 (Portland)	1997	52.8
13	Klamath Falls Ice Arena		미국 (Oregon)	2003	40.0
14	LeMay Museum		미국 (Washington)	2012	34.7
15	Father David B. Olympic Arena		캐나다 (Calgary)	1963	36.0
16	South Surrey Arena		캐나다 (Surrey)	1991	50.0
17	Armstrong Spallumcheen Arena		캐나다 (British Columbia)	2004	30.48
18	Richmond Olympic Oval		캐나다 (British Columbia)	2008	105.6
19	Trout Lake Arena		캐나다 (Vancouver)	2009	40.0
20	Abbotsford Ice Arena		캐나다 (British Columbia)	2009	60.0
21	Fenlands Arenas		캐나다 (Alberta)	2010	36.0
22	WinSport Canada athletics		캐나다 (Alberta)	2011	45.0

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 다. 유럽

- 유럽의 목조 대공간 건축물의 수는 49건으로 대륙 기준 가장 많은 건축물을 보유함
- 그중 이탈리아가 14건, 스위스가 7건으로 가장 높은 비율을 차지함
- 핀란드에 위치한 Joensuu Multi purpose Arena는 경간이 110m이며, 스포츠 경기, 무역 박람회, 콘서트 등 다양한 용도의 공간으로 사용됨
- 아크 플랜지를 중심으로 GLT를 사용하였으며 조인트는 다월 조인트를 사용함

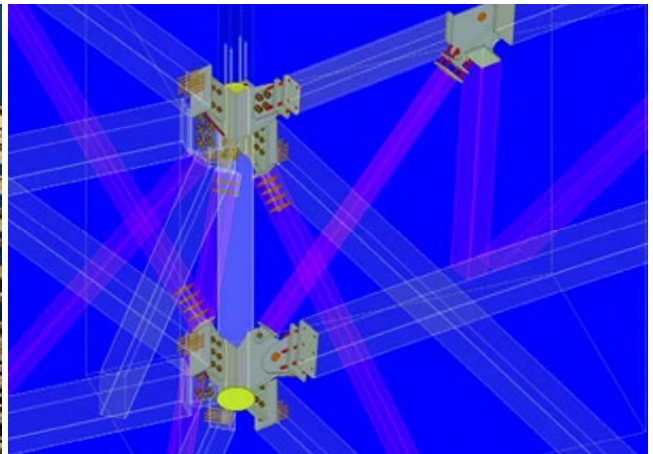
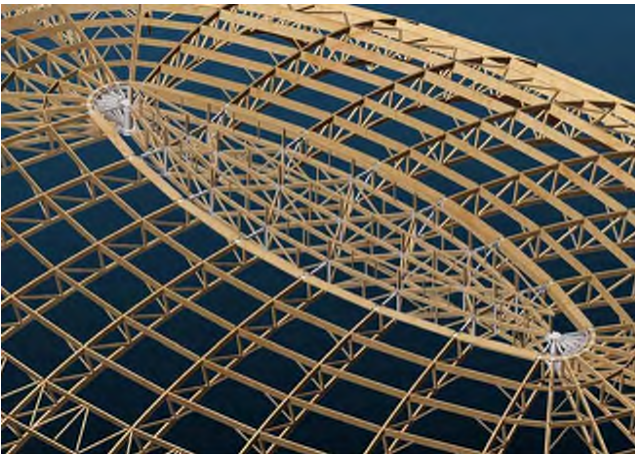
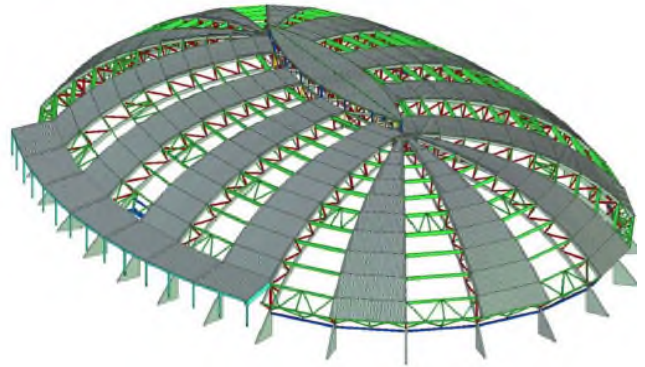


그림 2-36. Joensuu Multi Purpose Arena<sup>46)</sup>

46) Wikidata (2006), Recent large scale wooden buildings in finland

- 1986년 지어진 Oulu Dome은 핀란드의 Raksila에 위치해 있으며, 경간은 115m임
- 홀 내부의 최대 높이는 24m이고 건설비용만 약 840만 유로 정도로 대규모 공사였음

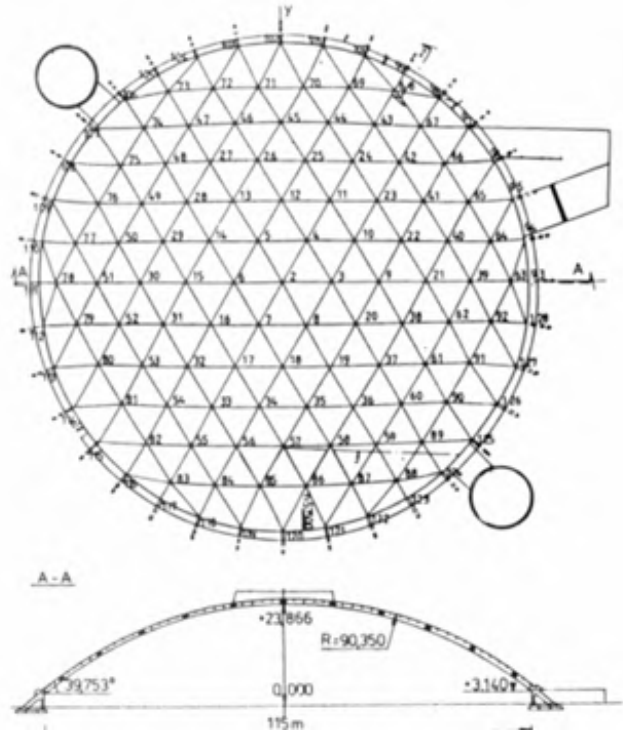
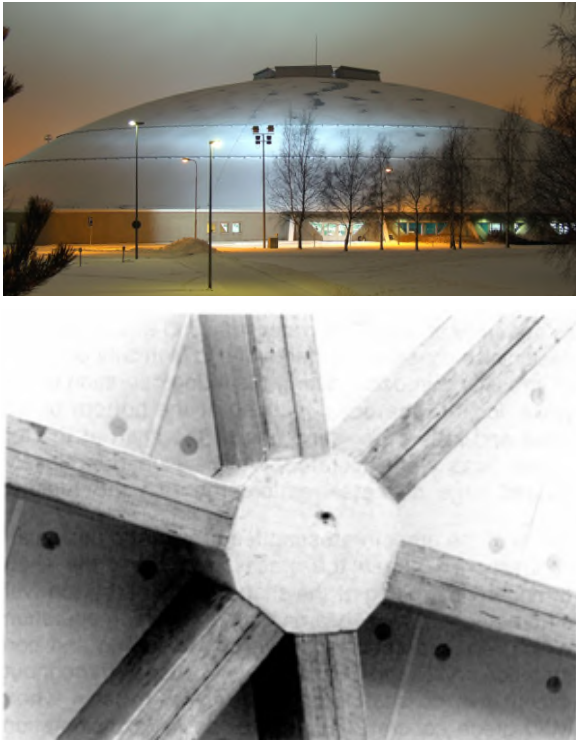


그림 2-37. Oulu Dome

- 포르투갈의 MEO Arena는 115m의 경간으로 핀란드의 Oulu Dome과 동일 경간이며 유럽 내에서 가장 큰 건축물임

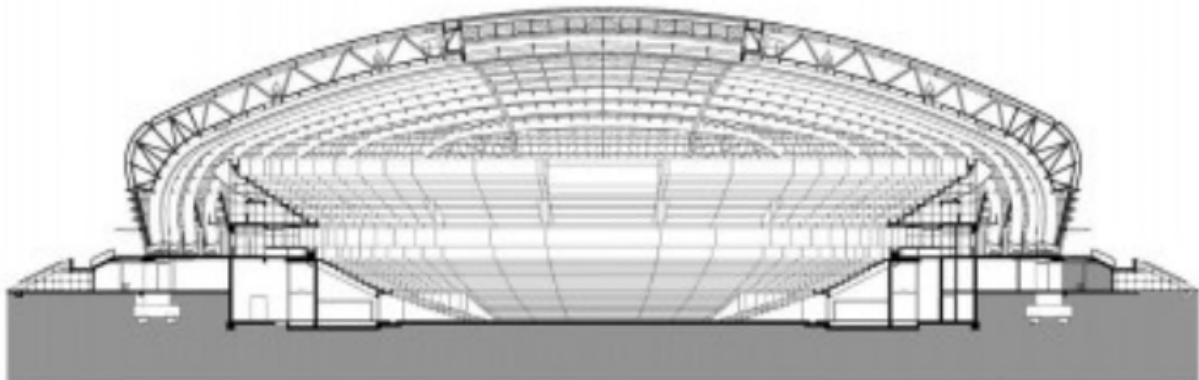
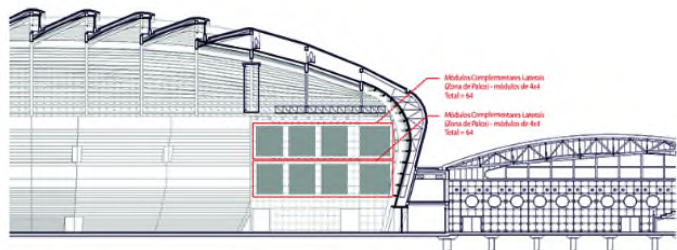


그림 2-38. MEO Arena<sup>47)</sup>

47) SOM, atlantico Pavilion

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 과거 PalaLivorno로 알려진 이탈리아의 Modigliani Forum은 적층 목재를 사용하여 만든 유럽에서 가장 큰 구조용 목조지붕으로 이루어짐

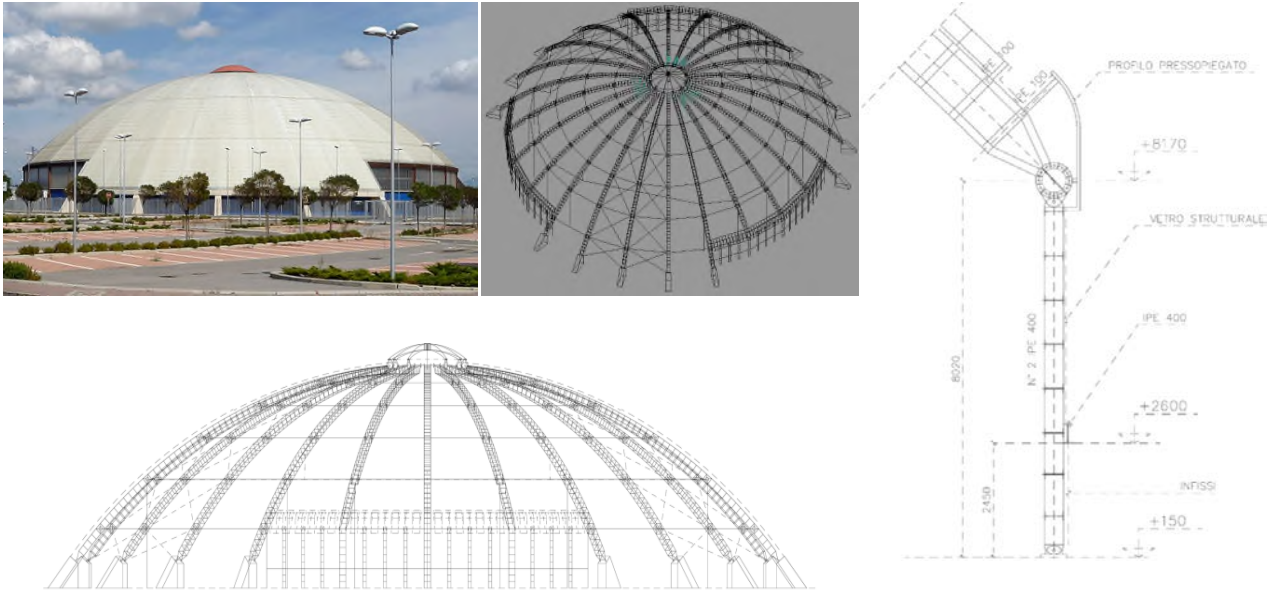


그림 2-39. Modigliani Forum<sup>48)</sup>

표 2-8. 목조 대공간 건축물(유럽)의 현황<sup>49)</sup>

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
1	Post Finance Arena		스위스 (Bern)	1967	85.0
2	Artecad Arena Tramelan		스위스 (Tramelan)	1975	36.0
3	Vallant Arena		스위스 (Davos)	1979	70.0
4	Freizeithalle Laufen		스위스 (Laugen)	1993	36.0
5	Zingel Skating Rink		스위스 (Zurich)	1998	45.0
6	Kunsteisbahn Sissach		스위스 (Sissach)	2005	36.0


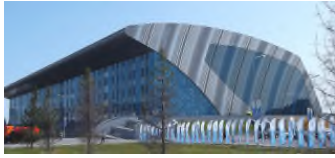


48) Wikipedia (2024), Modigliani Focum

48) 이주나 등 (2022), 대공간 목구조 건축의 건립 현황과 구조 시스템 특성 분석

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
7	Sportarena Adelboden		스위스 (Adelboden)	2010	41.0
8	Velodrome de Bordeaux		프랑스 (Bordeaux)	1985	75.0
9	Patinore Olympe de Prognan la Vanoise		프랑스 (Vanoise)	1990	45.0
10	D'coque National Sports and Cultural Centre		룩셈부르크 (Kircheg)	1990	95.0
11	Japan Pavilion at Expo 2000		독일 (Hanover)	2000	35.0
12	Speed Skating Hall in Erfurt		독일 (Erfurt)	2001	80.0
13	New Karlsruhe Exhibition Centre		독일 (Karlsruhe)	2003	80.0
14	SAP Arena		독일 (Mannheim)	2005	88.0
15	Max Aicher Arena		독일 (Reichenhaller)	2011	90.0
16	Salzburg Arena		오스트리아 (Salzburg)	2003	90.0
17	Cardiff Temporary Ice Rink		영국 (Cardiff Bay)	2006	45.0

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과정의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장, 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
18	Altrincham Ice Rink		영국 (Altrincham)	2007	45.0
19	Ice Rink of Liege		벨기에 (Liege)	2012	36.0
20	Miskolc Ice Arena		헝가리 (Miskolc)	2006	36.0
21	Pesterzsébet Jégcsarnok		헝가리 (Budapest)	2006	36.0
22	Aquaworld Budapest		헝가리 (Budapest)	2008	80.0
23	Sportcomplex Astrakhan		러시아 (Astrakhan)	2008	100.0
24	Kazan Aquatic Centre		러시아 (Kazan)	2013	80.0
25	Olympic Amphitheatre		노르웨이 (Hamar)	1992	70.8
26	Hamar Olympic Hall-Viking Ship		노르웨이 (Hamar)	1992	96.4
27	Hakons Hall		노르웨이 (Lille-hammer)	1993	85.8
28	Sorlandshallen		노르웨이 (Kristian-sand)	2002	80.0

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
29	Ballerup Super Arena		덴마크 (Ballerup)	2001	73.0
30	Vaasa Arena		핀란드 (Vaasa)	1971	45.0
31	Joensuu Multi purpose Arena		핀란드 (Joensuu)	2004	110.0
32	Oulu Dome		핀란드 (Oulu)	1986	115.0
33	MEO Arena		포르투갈 (Lisbon)	1998	115.0
34	National Velodrome at Sangalhos		포르투갈 (Anadia)	2009	79.0
35	Palaghiaccio Tazzoli		이탈리아 (Torino)	1970	45.0
36	Alvise de Toni		이탈리아 (Alleghe)	1985	45.0
37	Palaghiaccio Fanano		이탈리아 (Fanano)	1985	45.0
38	Palaghiaccio Gianmario Scola		이탈리아 (Canazei)	1987	45.0
39	Palaghiaccio G. Bolino		이탈리아 (Pescara)	1989	45.0

1

2

장  
및 수행 내용  
기획 연구 과정의 수행 과정

3

4

5

6

7

8

9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	경간 (m)
40	Palaghiaccio Di Cavalese		이탈리아 (Cavalese)	1990	50.0
41	Pala Onda		이탈리아 (Bolzano)	1994	70.0
42	Palaghiaccio Di Feltre		이탈리아 (Feltre)	1996	70.0
43	Meran Arena		이탈리아 (Merano)	1997	70.0
44	Modigliani Forum		이탈리아 (Livorno)	2004	109.0
45	Pinerolo Palaghiaccio		이탈리아 (Pinerolo)	2004	45.0
46	Palaghiaccio Olimpico Di Torre Pellice		이탈리아 (Torre Pellice)	2006	45.0
47	Impianto Massari Palaghiaccio		이탈리아 (Torino)	2010	45.0
48	Stadio-del-ghiaccio fondo		이탈리아 (Torentino)	2012	45.0

## 2 목조 빌딩형 건축물

### 가. 아시아

- 싱가포르에 있는 Gaia는 아시아에서 가장 큰 목조 건물이며 6층으로 설계되었고 연면적은 43,500㎡에 목재는 북유럽 목재로 사용함
- 기존 건물보다 연간 약 2,500t 적은 CO<sub>2</sub>를 배출함
- 건물 옥상에는 태양열 패널이 장착되어 전력을 공급하기에 516,000kWh의 청정에너지 생성

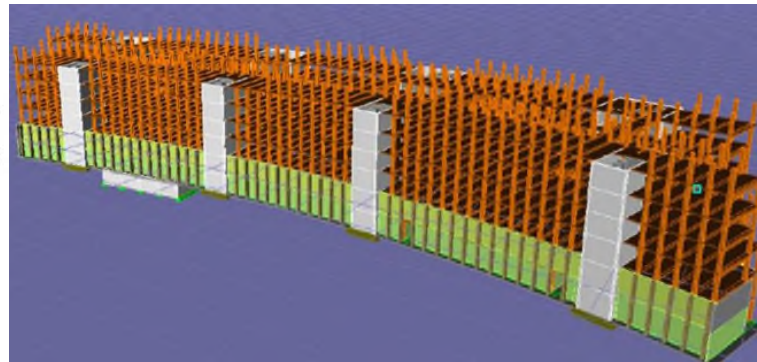
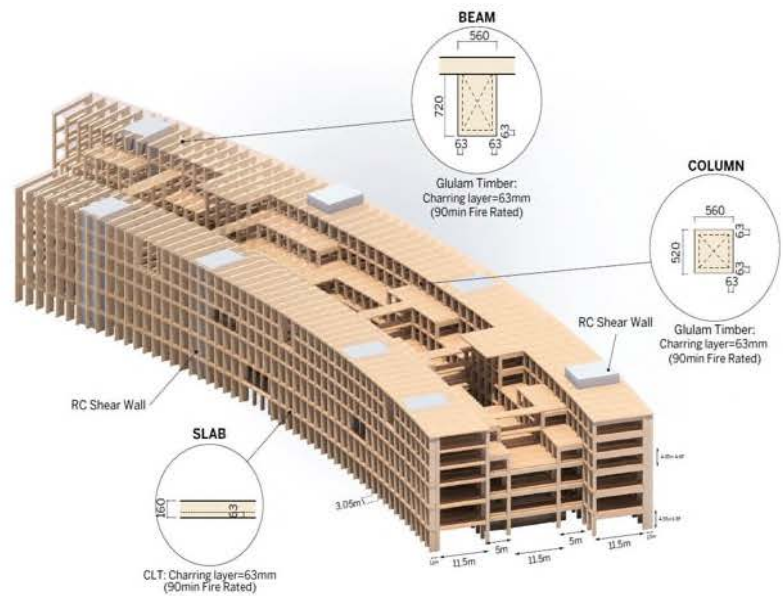


그림 2-40. Gaia<sup>50)</sup>

50) archdaily (2022), Gaia - Nanyang Technological University Singapore / Toyo Ito & Associates + Raglan Squire & Partners

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- Port Plus는 일본에서 가장 높은 목조빌딩으로 높이는 44m이며, 모든 지상 구조 부재를 목재로 한 고층 순목조 내화 건축물
- 1,990m³의 목재를 사용하여 약 1,652t의 CO<sub>2</sub>를 저장할 수 있으며, 철골조에 비해 약 1,700t의 CO<sub>2</sub> 배출량 감축 효과를 보여줌

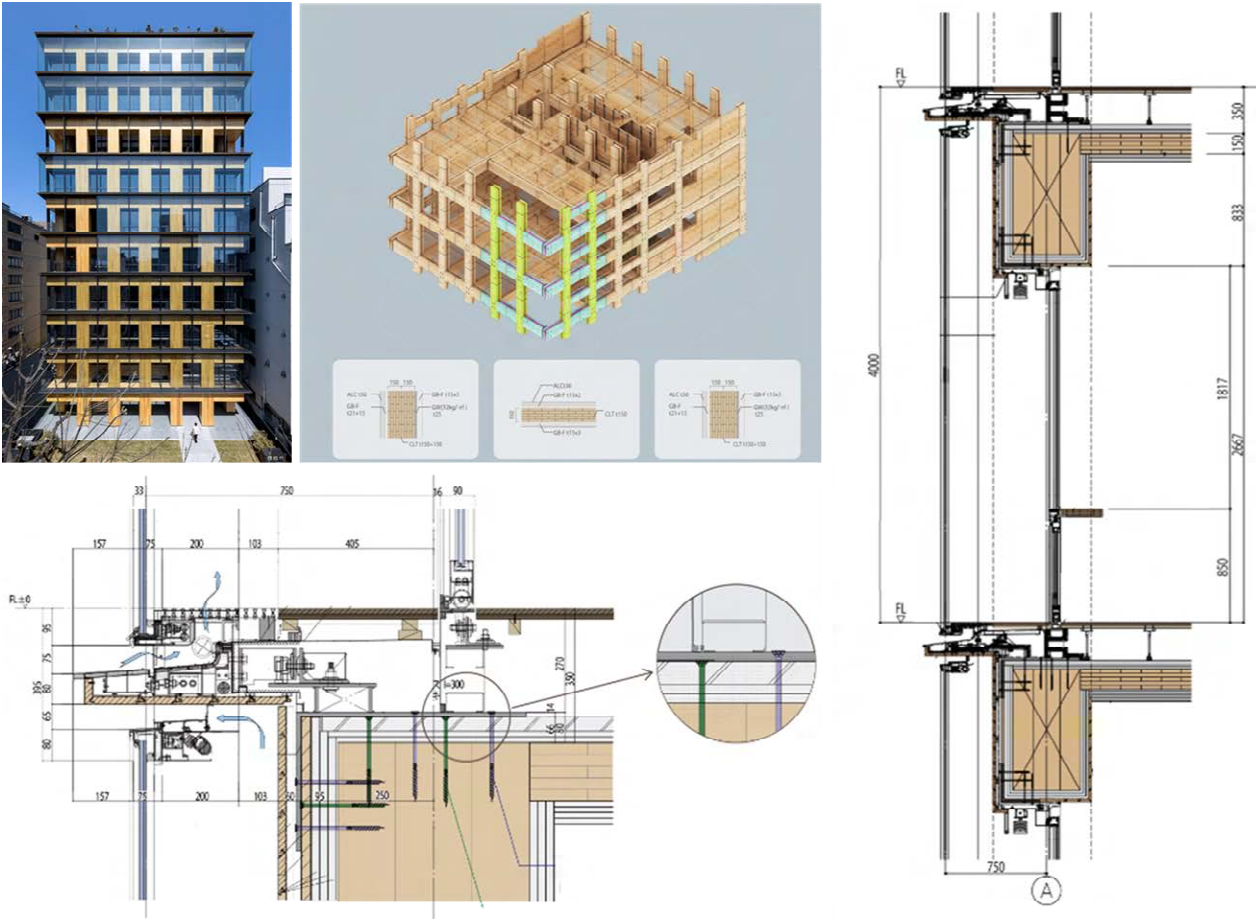


그림 2-41. Port Plus<sup>51)</sup>

51) Port Plus (2022), Completion design tour

- Kokubunji Flavor Life Headquarters Building은 7층짜리 철골 구조 건물의 최상층 4층을 목재 하이브리드 접착 목재로 지었고, 최하층 3개 층은 2시간 내화성(최상층 3층은 4시간 내화성)의 일반 코팅 사용
- 철골 접합부에는 비 브라켓 공법을 채용하여 집성재 공장에서의 제작 간이화, 운반을 효율화하여 비용 절감과 연결

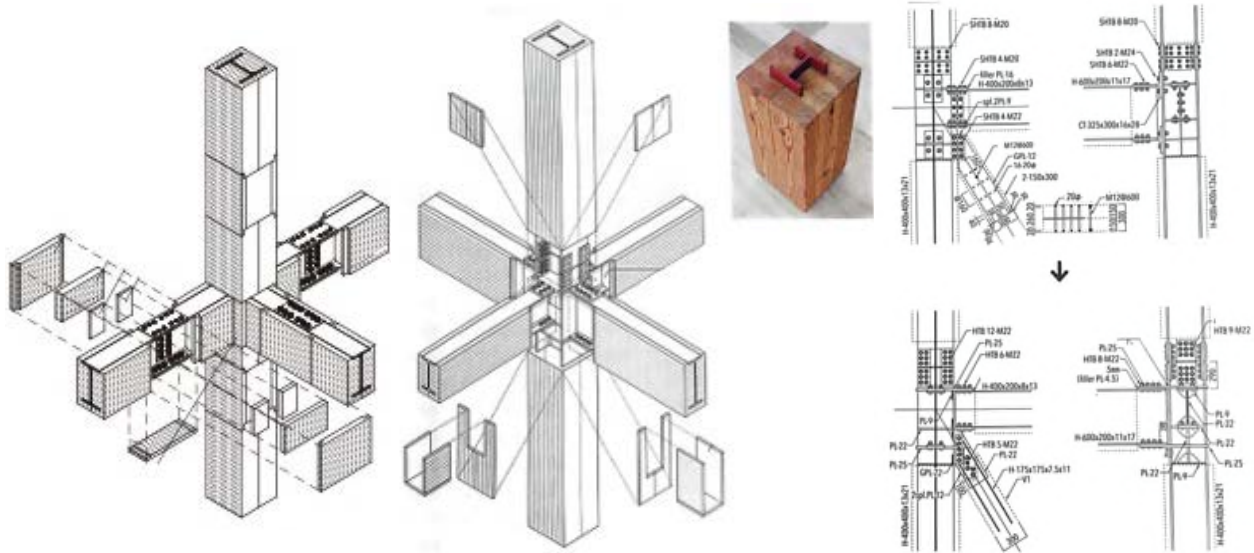


그림 2-42. Kokubunji Flavor Life Headquarters Building<sup>52)</sup>

52) 株式会社#20250:社ゆう建築設計, Kyoto Wood Hall

1  
2 장  
기 획 연 구 과 제 의 수 행 과 정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- Kyoto Wood Hall은 일본 최초의 목재 2시간 내화 부재 “COOLWOOD”를 이용해 구조재에 교토부 목재 100%를 사용한 순목조 4층의 건축물
- 삼나무의 단단한 판을 내장재뿐만 아니라 루버 등의 외장재로도 사용하여 바람과 빛을 등 조절



그림 2-43. Kyoto Wood Hall<sup>53)</sup>

표 2-9. 목조 빌딩형 건축물(아시아)의 현황

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
1	Gaia		싱가포르 (Saitama)	2023	24.0
2	Takaso Woodworking Building		일본 (Hokkaido)	2021	28.0
3	Kyoto Wood Hall		일본 (Kyoto)	2016	13.4
4	Kokubunji Flavor Life Headquarters Building		일본 (Tokyo)	2017	24.5
5	Kochiken Jichi Hall		일본 (Kochi)	2016	30.1

53) Studio-Kuhara-Yagi (2017), 国分寺フレーバーライフ社本社ビル

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
6	Port Plus		일본 (Yokohama)	2022	44.0
7	Saitama Super Arena Wooden Tower		일본 (Saitama)	2019	30.0
8	Hida Takayama University		일본 (Gifu-ken)	2021	40.0
9	Forte Building		호주 (Melbourne)	2012	32.2
10	25King Street		호주 (Brisbane)	2018	45.0
11	International House Sydney		호주 (Sydney)	2017	25.0
12	The Gardens by D'Arenberg		호주 (adelaide)	2022	30.0
13	Tallwood House		호주 (Melbourne)	2020	45.0
14	Monash Woodside Building for Technology and Design		호주 (Melbourne)	2020	40.0
15	Linary at the Dock		호주 (Melbourne)	2014	23.0

1

2

장  
및  
수행  
내용  
기획  
연구  
과정  
의  
수행  
과정

3

4

5

6

7

8

9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 나. 아메리카

- 2022년 미국 위스콘신주 밀워키에 높이 86.6m 25층 259세대의 ASCENT Tower는 세계 최고층 목조 건축물이며 엘리베이터와 계단실에 해당하는 코어는 철근콘크리트 구조를 채택하였고 그 외 부재는 CLT를 사용하였음

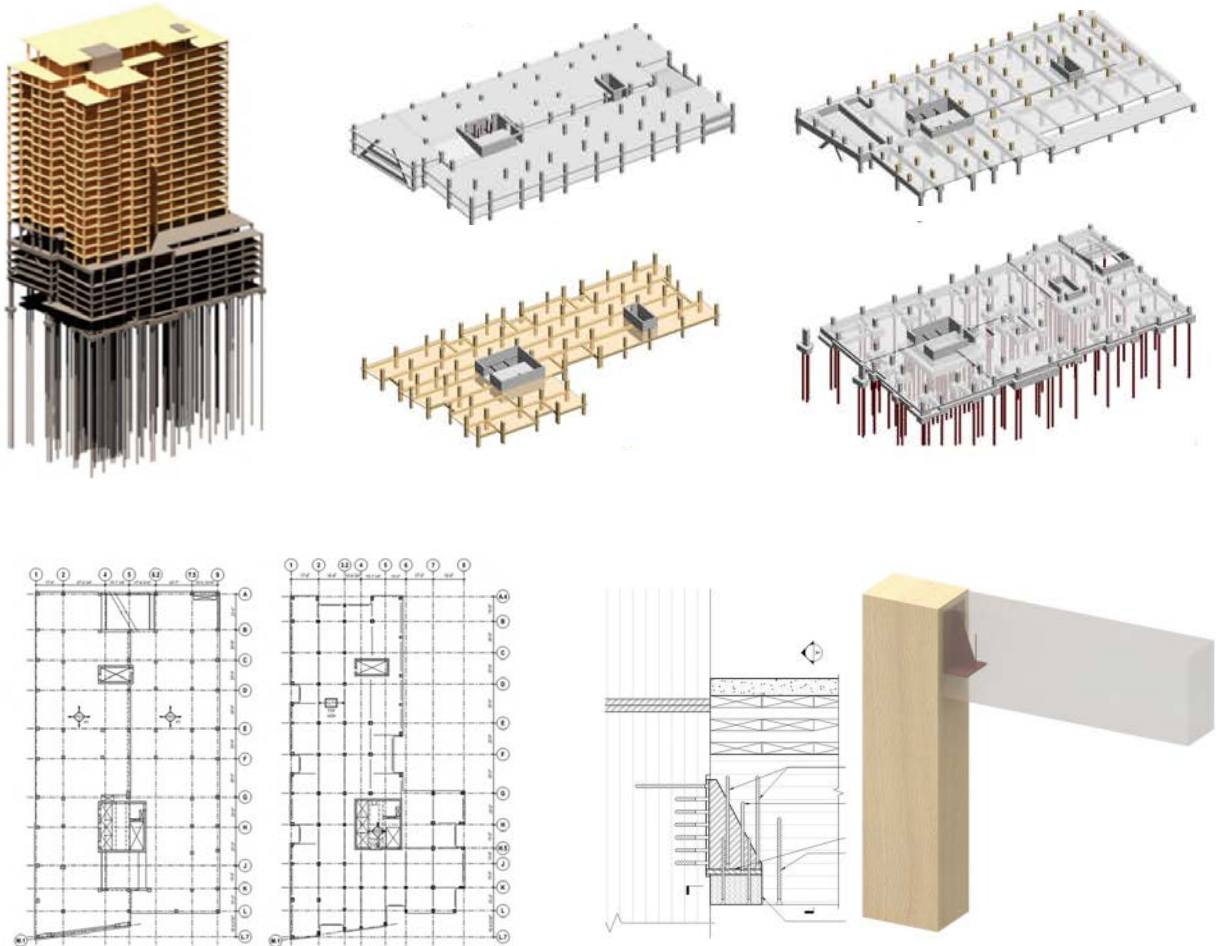


그림 2-44. ASCENT Tower<sup>54)</sup>

54) Thornton Tomasetti (2022), PROJECT ASCENT

- 2017년 캐나다 밴쿠버에 위치한 브리티시컬럼비아대의 높이 53m의 지상 18층 목조 기숙사는 시공이 10주가 채 소요되지 않는 초단기 시공

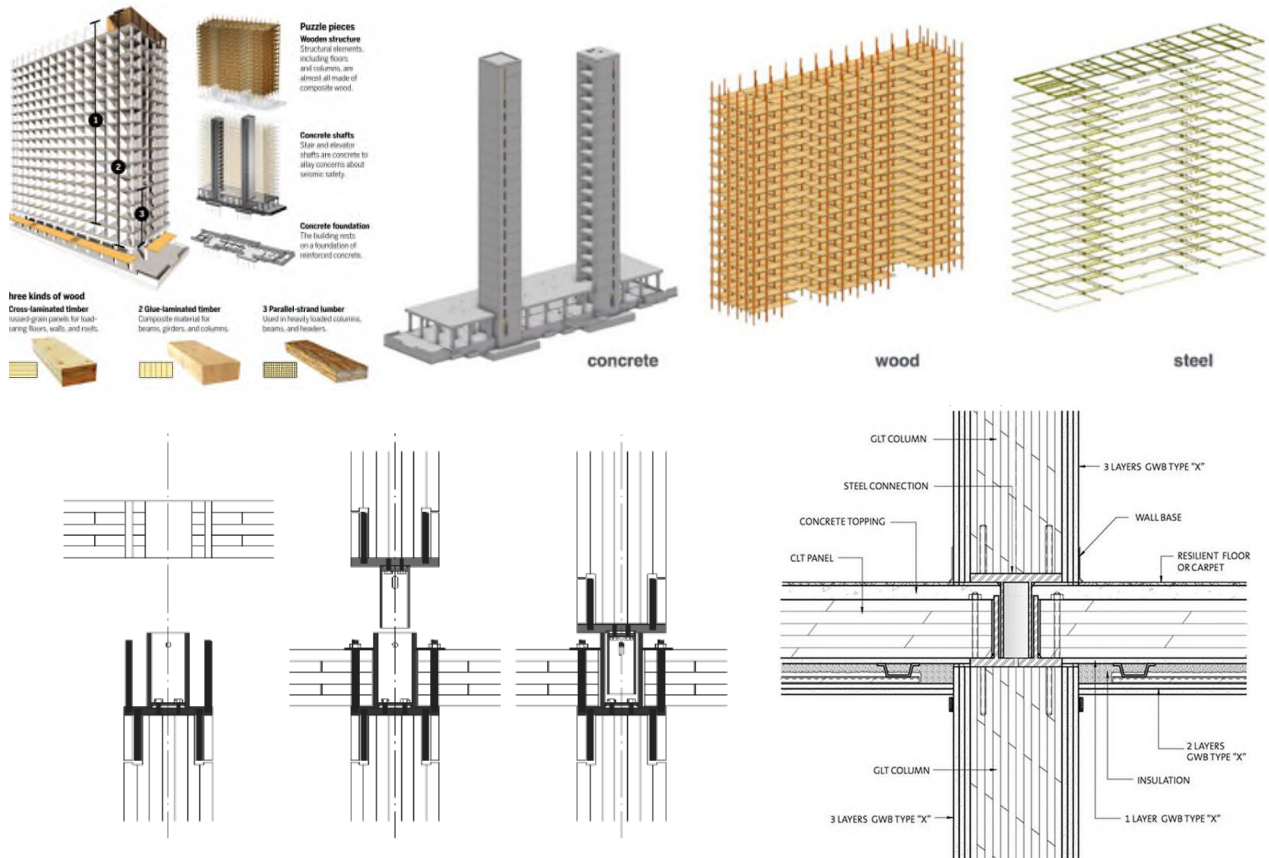


그림 2-45. Brock Commons Tallwood house<sup>55)</sup>

표 2-10. 목조 빌딩형 건축물(아메리카)의 현황

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
1	Ascent MKE		미국 (Milwaukee)	2022	86.6
2	T3 Minneapolis		미국 (Minnesota)	2016	25.9
3	Canyon House		미국 (California)	2023	34.0
4	carbon12		미국 (Oregon)	2018	26.0

55) archdaily (2017), Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building

1  
2 장  
기획연구과정의 수행 내용  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
5	The Radiator		미국 (Oregon)	2014	29.0
6	Brock Commons Tallwood house		캐나다 (Vancouver)	2016	53.0
7	Origine		캐나다 (Quebec)	2017	40.0
8	The Arbora Complex		캐나다 (Montreal)	2017	25.0

### 다. 유럽

- ASCENT Tower 이전까지 세계 최고층 목조건축이었던 노르웨이 미에스트르네는 높이 85.4m 지상 18층 주거 및 호텔의 복합 건축이며 CLT 사용



그림 2-46. Mjøstårnet<sup>56)</sup>

56) 한국목재신문 (2020), 노르웨이 '미에스트르네' 세계에서 가장 높은 목조빌딩이 되다 - 모엘벤사가 지은 18층 규모, 84.5미터의 다목적 목조타워

- 오스트리아의 HOHO 빌딩은 높이 84m 24층의 목조 건축물로 하부 7개 층은 철근콘크리트, 상부 17개 층은 목구조의 건축물

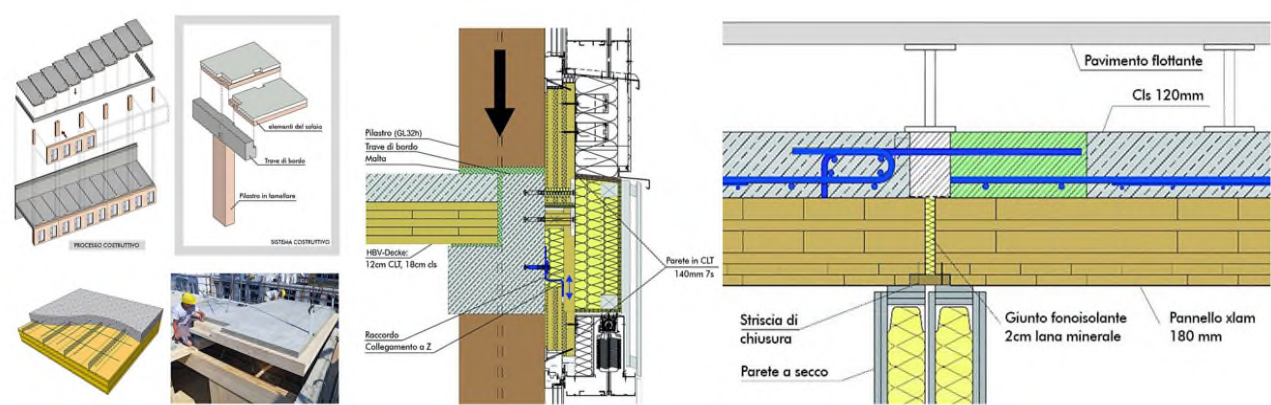


그림 2-47. HOHO WIEN<sup>57)</sup>

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

57) 건축문화 (2022), HOHO WIEN

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 2022년 네덜란드 암스테르담에 높이 73m의 21층 목조 고층 아파트가 완공되었고 목재를 2,000m³ 사용하여 기존 콘크리트 건물보다 탄소 배출량을 절반으로 감축하였음

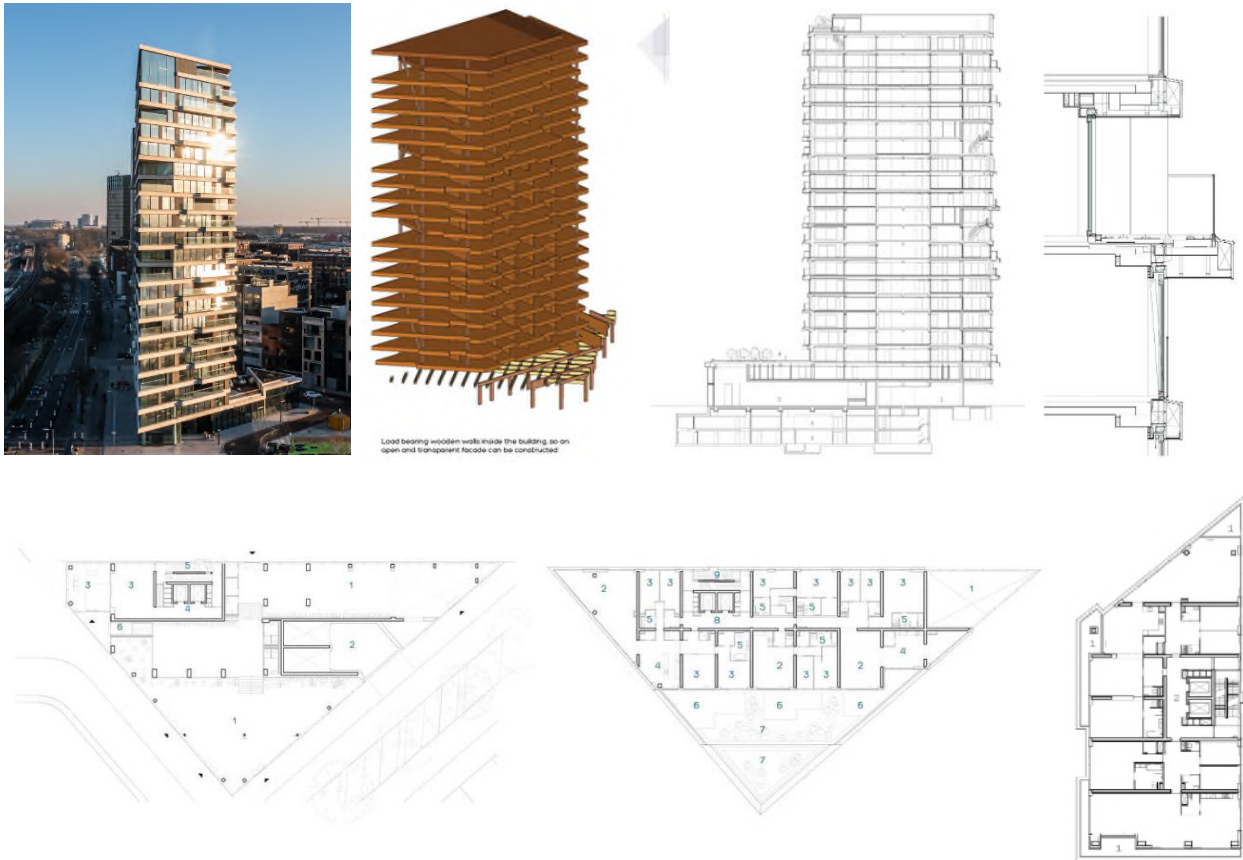


그림 2-48. HAUT 암스테르담의 21층 고층 아파트<sup>58)</sup>

표 2-11. 목조 빌딩형 건축물(유럽)의 현황

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
1	Mjøstårnet		노르웨이 (Oslo)	2019	85.4
2	Treet		노르웨이 (Bergen)	2015	49.0
3	HAUT		네덜란드 (Amsterdam)	2022	73.0
4	The Cube		독일 (Berlin)	2018	29.5

58) ARUP, Designing and engineering the Netherlands' tallest timber-hybrid residential building

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	높이 (m)
5	Sara Kulturhus Center		스웨덴 (Skellefteå)	2021	75.0
6	The Treetop Tower		스웨덴 (Stockholm)	2020	40.0
7	Skaio		스웨덴 (Helsingborg)	2019	48.0
8	HoHo Wien		오스트리아 (Wien)	2016	84.0
9	Pyramidenkogel Tower		오스트리아 (Kärnten)	2013	120.0
10	LCT ONE		오스트리아 (Dornbirn)	2012	27.0
11	Cenni di Cambiamento		이탈리아 (Milano)	2013	27.0
12	Stadthaus		영국 (London)	2009	29.0
13	The Murray Grove		영국 (London)	2009	30.0
14	Dalston Works		영국 (London)	2017	33.0
15	Tour Hypérian		프랑스 (Bordeaux)	2021	57.0
16	The Lighthouse Joensuu		핀란드 (Joensuu)	2019	48.0
17	Puukuokka Housing Block		핀란드 (Jyväskylä)	2018	28.0

1  
2 **장**  
기 및 수행 내용  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3 기타 목조 건축물

- 2011년 스페인 세비야의 Metropol Parasol은 면적 18,000㎡, 직경 150m, 높이 28m로서 세계에서 가장 큰 규모의 목조 건축물로서, 1.5m×1.5m 크기의 LVL(laminated veneer lumber)을 격자형 구조 위에 배열한 패널들이 지붕의 비정형 곡면을 형성함
- CNC 공작 로봇을 사용해 밀리미터 단위로 정밀하게 가공하여 부재들의 길이는 1.5m에서 16.5m 사이, 두께는 68mm에서 31mm 사이이며, 약 3,400개의 목재 부재중에서 가장 큰 부재는 높이 16.5m, 3.5m, 두께 140mm인 기둥을 사용하였음

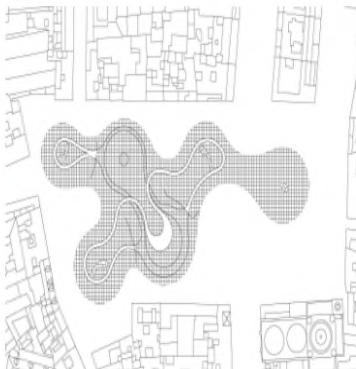
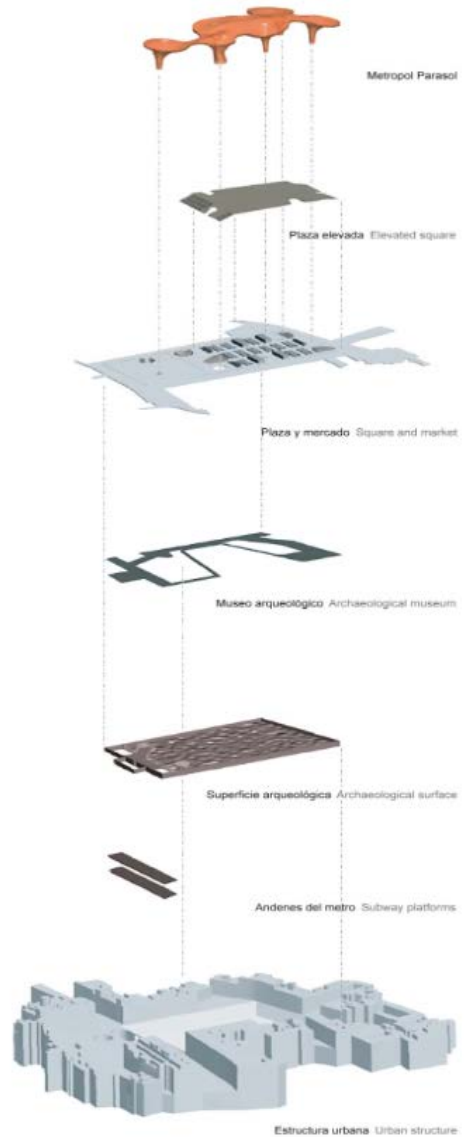


그림 2-49. 스페인 세비야의 Metropol Parasol<sup>59)</sup>

59) AV, Metropol Parasol

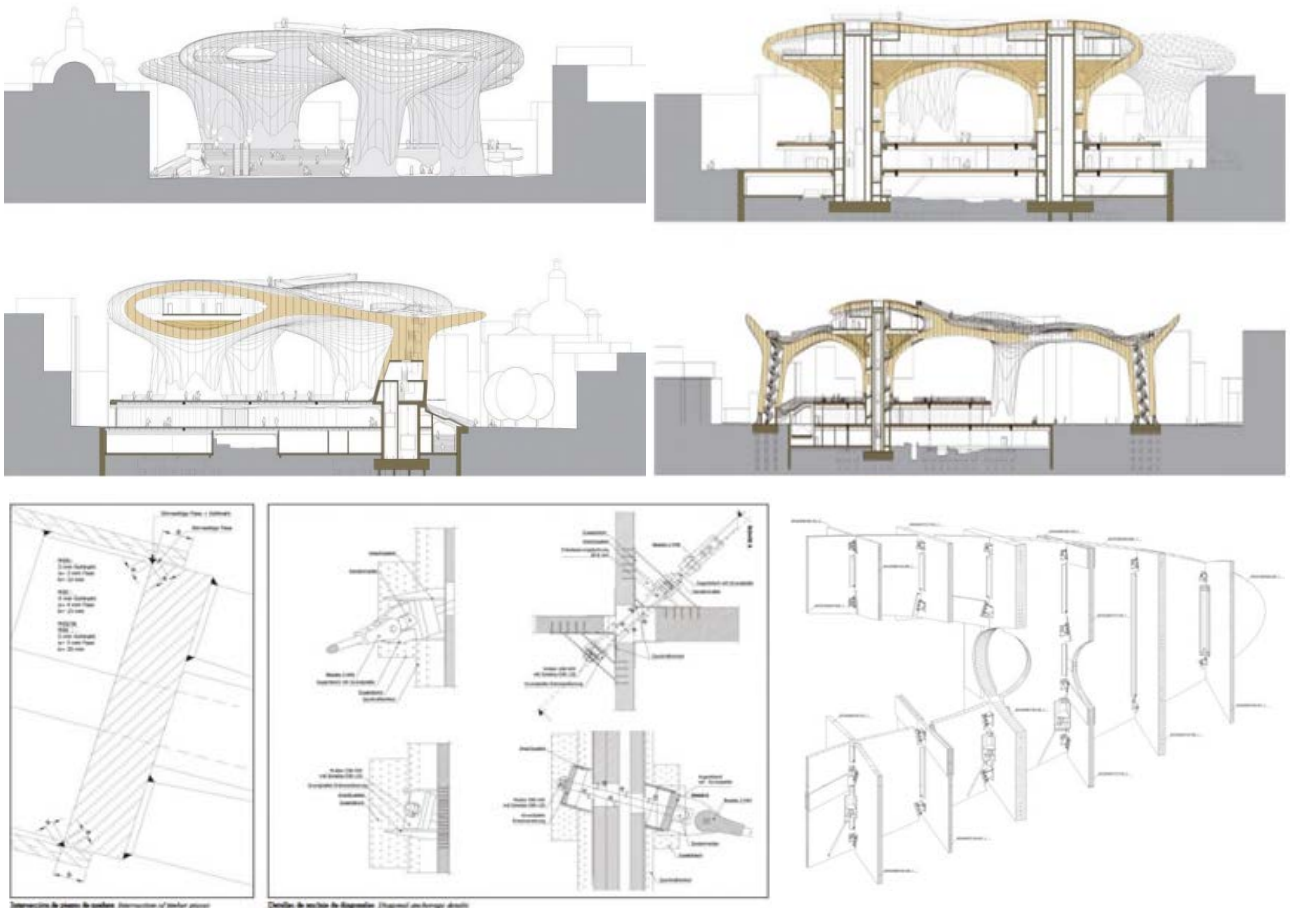


그림 2-50. Metropol Parasol drawings<sup>60)</sup>

- Yufu City Tourist Information Center의 기둥은 2방향의 Y자형으로 평면은 십자 모습에 부재 1개가 150mm, 전체 500mm를 4,500mm 간격으로 21개 배치함
- 높이 6,500mm 십자 기둥은 상단에서 분리되어 아치보가 되며 서로 직교시켜 패턴을 구성

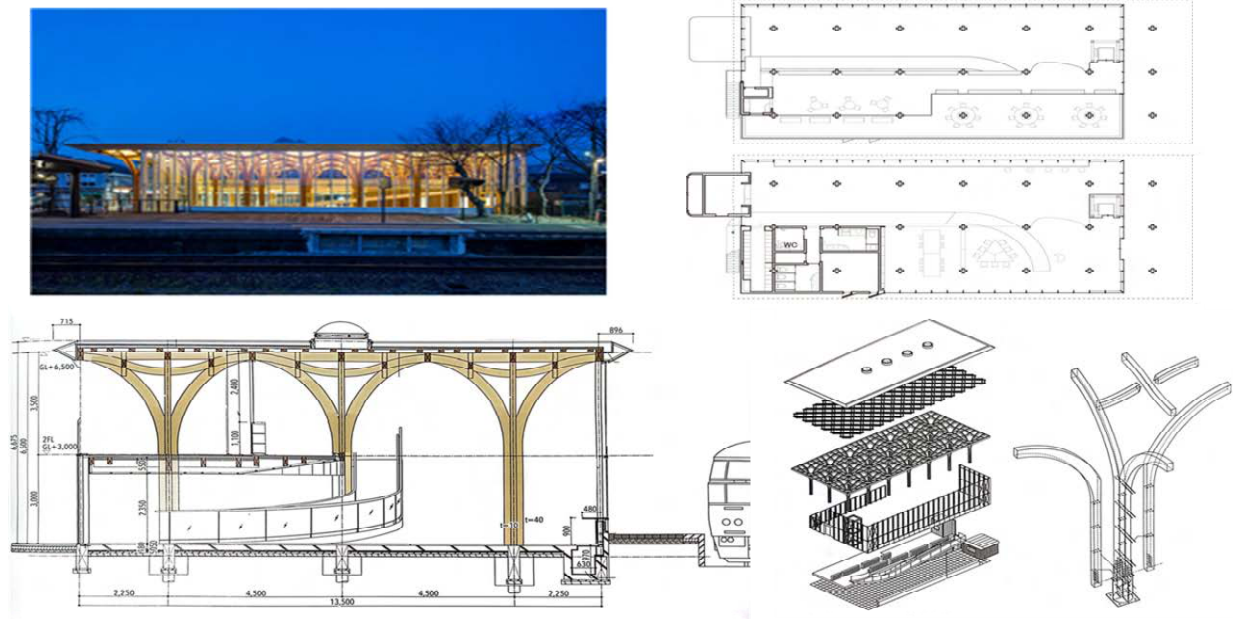


그림 2-51. Yufu City Tourist Information Center<sup>61)</sup>

60) arquitecturaviva (2011), Metropol Parasol, Seville

61) 由布岳の見えるまち, ツーリストインフォメーションセンター

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- Disaster Relief Aviation Center는 산지 목재와 콘크리트를 조합한 합리적인 구조로 건물 하부의 창고나 사무실 등은 안정된 성능의 철근콘크리트, 격납고 및 브리핑룸 상부는 기성접합금물을 사용한 목조로 되어 있음
- 헬리콥터를 격납하는 지붕은 약 20m의 스패에 910mm 간격으로 목조 트러스가 늘어서 있음

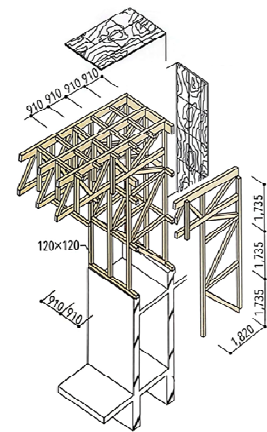
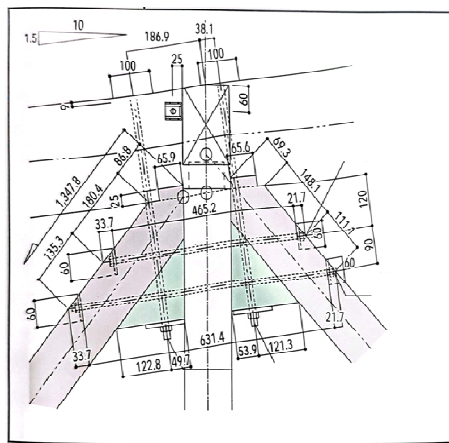
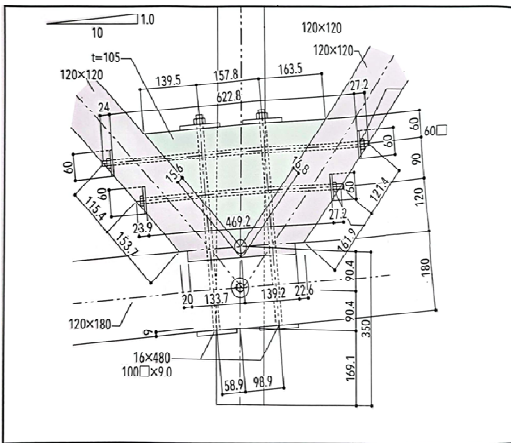
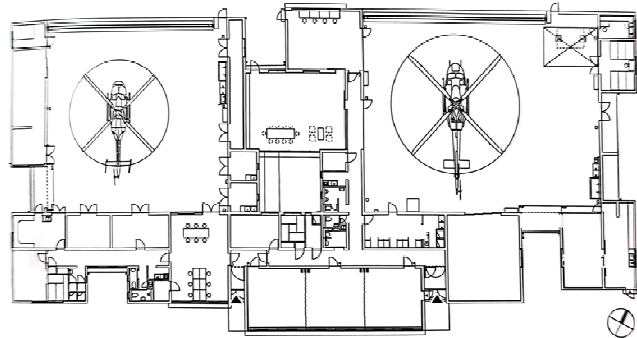


그림 2-52. Disaster Relief Aviation Center<sup>62)</sup>

62) 熊本&#30476; (2020), Disaster Relief Aviation Center

- 2011년 노르웨이 리세부르의 Steilneset Memorial은 길이 400m인 목재 통로 구조로, 목재 기둥과 격자 구조를 활용해 긴 선형 형태를 나타낸 추모 건축물임

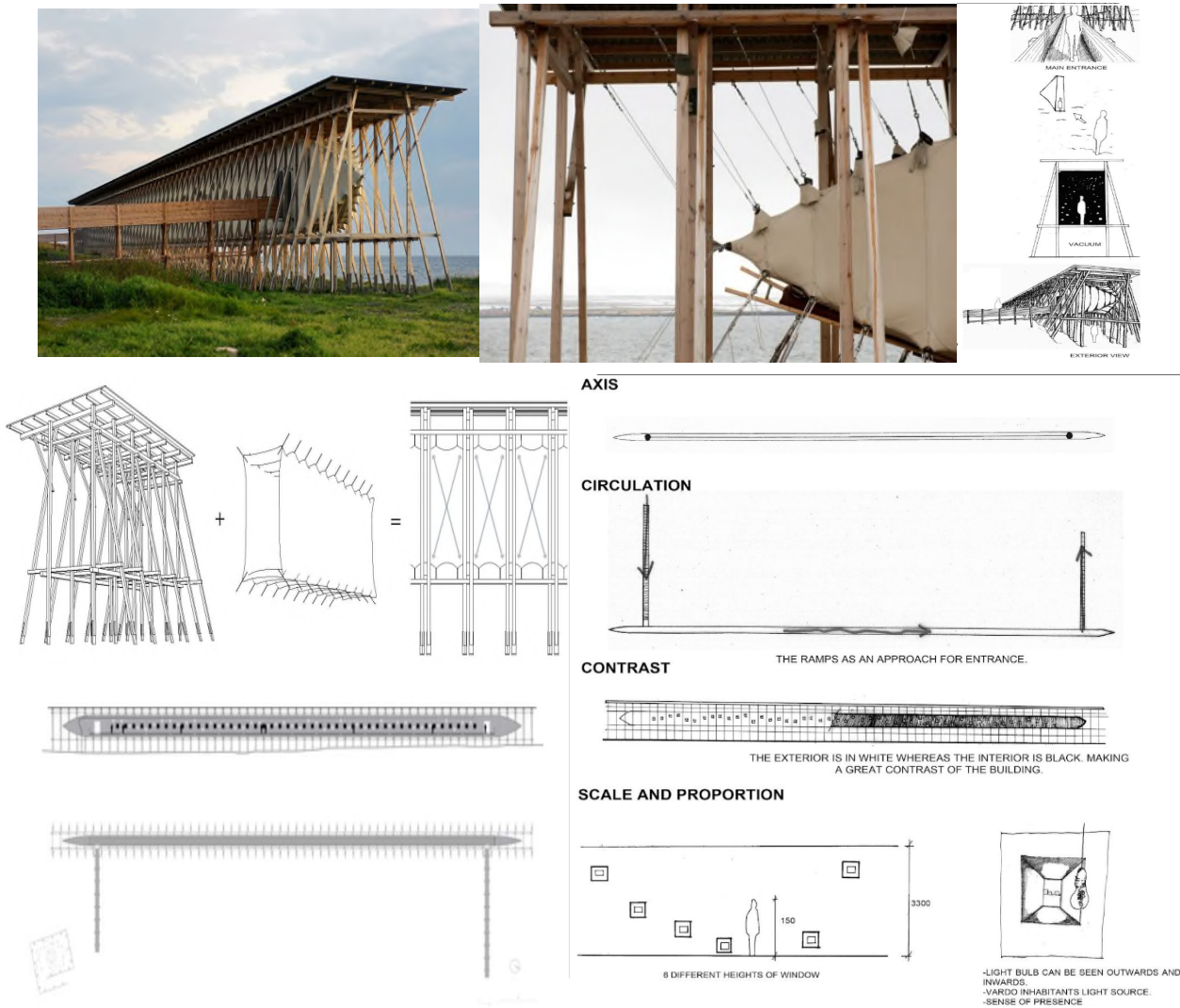


그림 2-53. Steilneset Memorial<sup>63)</sup>

- 1965년 노르웨이 트롬소의 Arctic Cathedral는 10개의 삼각형 목재 지붕 패널들이 모여 마치 빙하를 연상시키는 형태로 구축되어 있음
- 내부 공간 또한 목재 구조로 이루어져 있어 따뜻하고 아늑한 분위기를 연출하고 있음

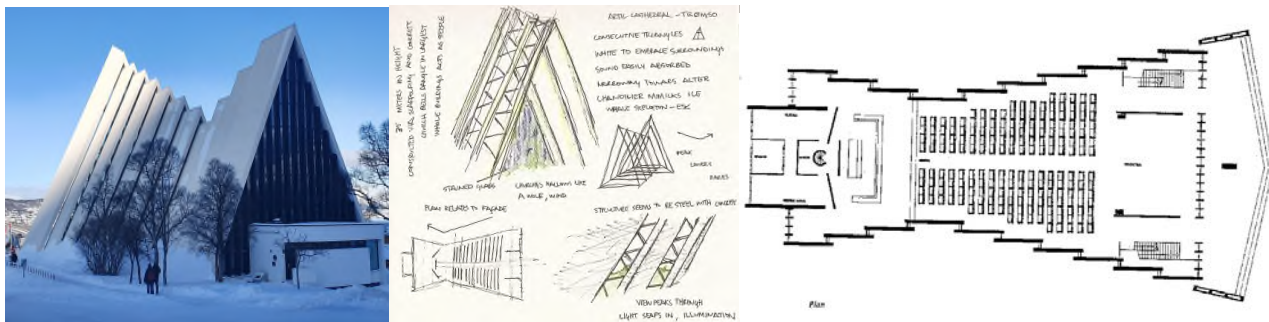










그림 2-54. Arctic Cathedral<sup>64)</sup>

63) archdaily (2012), Steilneset Memorial / Peter Zumthor and Louise Bourgeois, photographed by Andrew Meredith

1  
2 **장**  
기획연구과정의 수행 내용  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

표 2-12. 기타 목조 건축물의 현황

No.	건물명	건물 사진	지역	연도	면적 (㎡)
1	Metropol Parasol		스페인 (Sevilla)	2011	18,000
2	Chamber of Commerce and Industry Hall		일본 (Tomioka)	2018	502.3
3	Fire Station Sumita Branch		일본 (Tohoku)	2018	732.8
4	Yufu City Tourist Information Center		일본 (Kyushu)	2018	491.7
5	Disaster Relief Aviation Center		일본 (Kumamoto)	2017	1940.2
6	Michinoeki-Mashiko		일본 (Tochigi)	2016	1595.3
7	Steilneset Memorial		노르웨이 (Finnmark)	2011	4,000
8	Arctic Cathedral		노르웨이 (Troms)	1965	23

64) 매일신문 (2022), [안용모 신비의 북극을 가다] 북극으로 가는 관문 노르웨이 트롬쇠

4 에너지 저감 기술

- 2024년 스웨덴의 도시개발업체 아트리움 린베르그에서 도시 전체가 목조 건물들로 이뤄진 Stockholm Wood City를 계획함
- 자체적인 에너지 생산, 저장, 공급 시설이 갖출 예정
- 25만㎡ 부지에 30동의 목조 건물 규모로 2025년 공사 시작 예정



그림 2-55. Stockholm Wood City<sup>65)</sup>

- 2016년 미국 메릴랜드 대학교의 Liangbing Hu 연구팀에서 시스루(see-through) 목재 개발
- 태양광 흡수 능력이 매우 높아 겨울철 에너지 비용 및 조명 비용 절감 기대

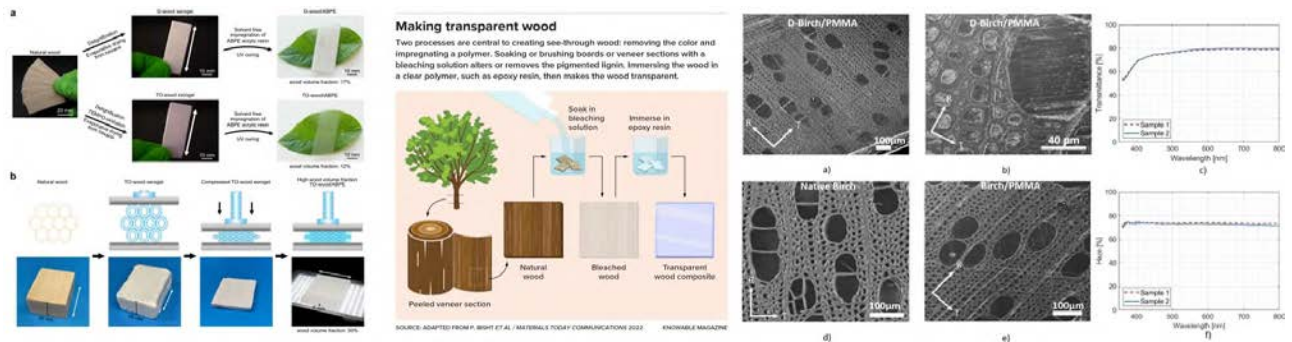


그림 2-56. Transparent wood<sup>66)</sup>

- 목재의 압밀화 기술의 발전으로 탄소 저장량의 증가에 더하여, 열전도율이 낮아 단열성을 향상시켜 냉난방 에너지 소비 절감
- 또한 방부제와 같은 화학적 처리가 필요치 않기 때문에 친환경적임

강철보다 단단한 초강력 압밀화 목재-미국

Nature volume 554, pages 224-228 (08 Feb. 2018)

LETTER

Processing bulk natural wood into a high-performance structural material

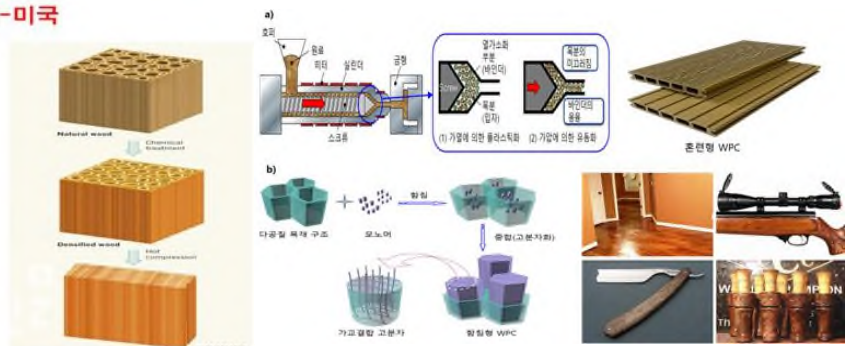


그림 2-57. 목재 압밀화 연구 사례<sup>67)</sup>

65) 한겨레신문 (2024), 세계 최초 목조도시, '미래의 콘크리트'로 만든다

66) Wang, S. et al. (2023), Wood xerogel for fabrication of high-performance transparent wood

67) 한국목재신문 (2024), [기고] 목질 신소재 최전선 10-4

## 2 장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 조립식 목구조 건물은 구조적 연결 부분에서 기밀성이 저하될 위험이 있음
- 캐나다 천연자원부에서 개발한 고성능 주택 표준인 R-2000 인증제도는 목재 건물 시공 전후로 에너지 분석 및 기밀 테스트를 거쳐 고도의 단열, 열회수 환기 기능 및 거주자 보호 대책을 포함한 최고 등급의 에너지 효율을 담보함



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

### This home meets the R-2000 Standard

For details, please refer to the R-2000 Home Certificate or contact your local R-2000 office or Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency at 1800 387-2000 (toll-free).

Please consult your *R-2000 Homeowner's Manual* and ensure that you are familiar with how to operate and maintain your R-2000 home.

## R-2000

### Cette maison rencontre la norme R-2000

Pour plus de détails, reportez-vous au « Certificat de maison R-2000 » ou communiquez avec le bureau régional R-2000 de votre localité ou avec l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada au numéro sans frais 1800 387-2000.

Assurez-vous de bien connaître les directives de fonctionnement et d'entretien de la maison R-2000 en consultant le *Guide du propriétaire d'une maison R-2000*.

Certificate No. | N° du certificat



Canada

**Directions:** Peel off the back and place label on the electrical service panel of the R-2000 home identified below.

**Instructions :** Détachez l'endos et apposez l'étiquette sur le panneau d'entrée d'électricité de la maison R-2000 désignée ci-dessous.

그림 2-58. R-2000 인증제도<sup>68)</sup>

68) Raymond de Beeld Architect Inc., R-2000 Homes

## 2. 국내 기술 동향

### 1 목조 대공간 건축물

- 2022년 경주 금관총 지붕 구조물을 구조용집성재로 시공하였음. 서울시립대학교 황경주 교수팀은 금관총의 지붕을 사각의 기본 그리드의 기하학적 특성을 가지는 목재 부재들을 원형 강관의 하부 인장 링으로 구성하여 지붕 구조물을 철골 기둥으로 지지하는 구조 시스템을 구현
- 경주 금관총의 지붕 규모는 장변 직경 28.6m이며 높이는 2.25m로 라이즈-스팬 비(Rise-span ratio)는 약 0.08로 시공되었으며 사용한 부재 단면은 500mm×180mm의 구조용집성재임

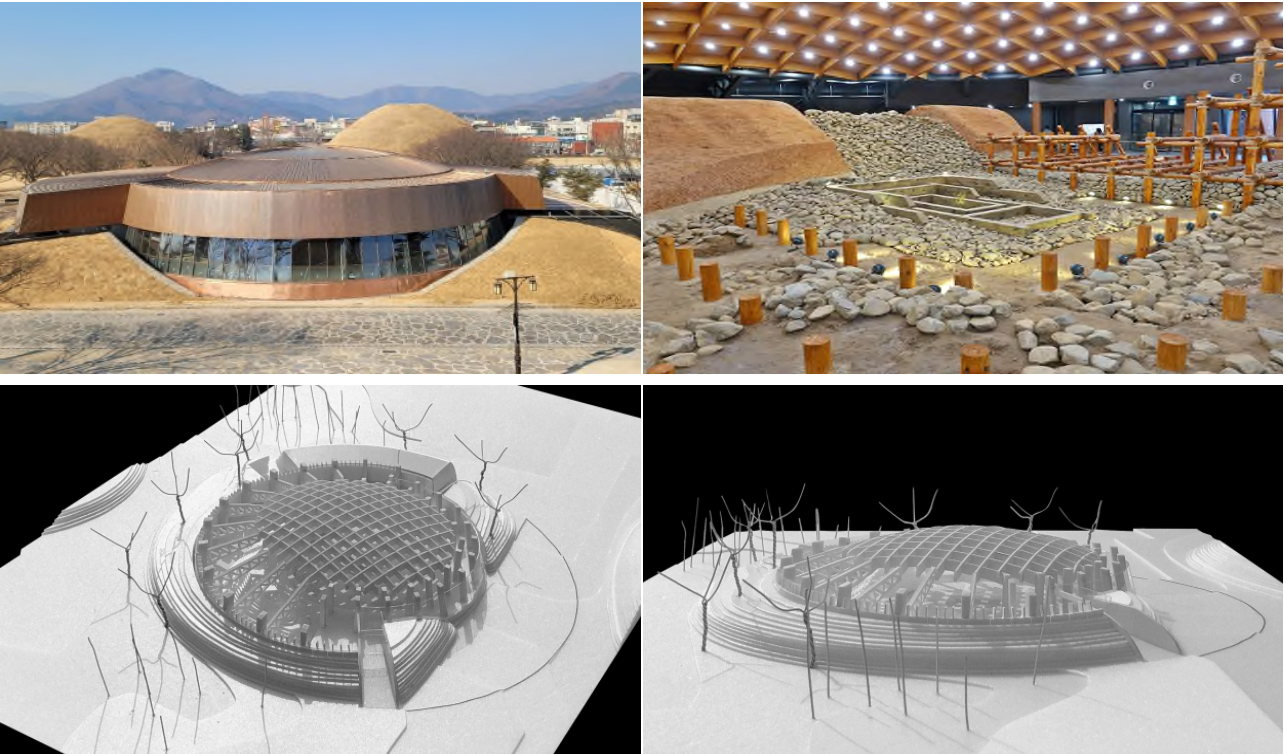


그림 2-59. 경주 금관총 실내외 전경<sup>69)</sup>

- 2016년 동양구조 정광량 대표는 2018 평창동계올림픽 피겨경기장 지붕구조를 목조 아치 트러스 구조를 이용하여 구조설계를 제안하였으며, 95m 경간 지붕구조를 6개의 목재 아치 트러스와 2개의 철골 트러스 및 케이블을 사용하여 압축력과 인장력에 저항하는 구조로 설계하였음

69) 나무위키 (2024), 금관총

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

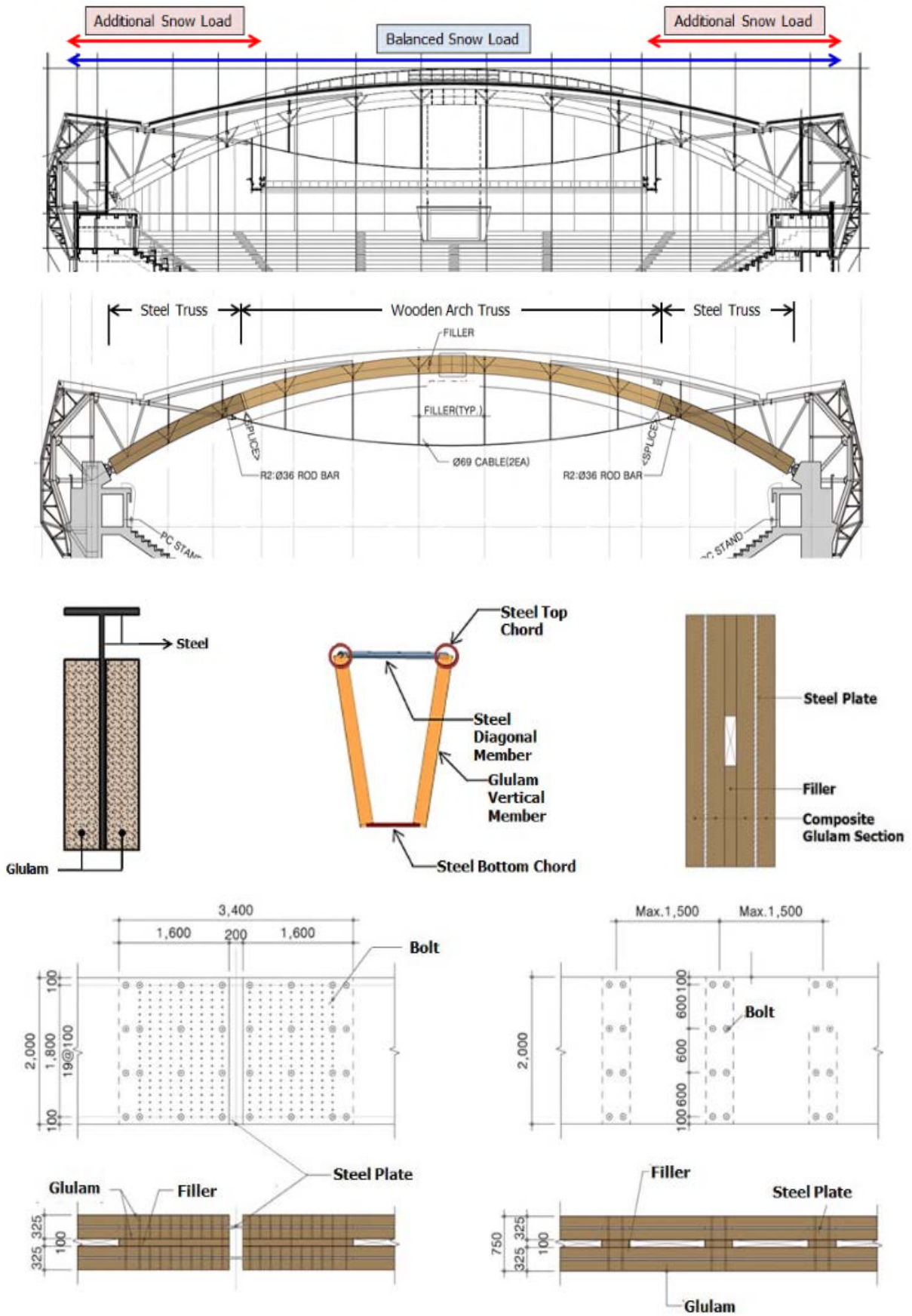


그림 2-60. 2018 평창동계올림픽 피겨경기장 부재 및 접합부<sup>70)</sup>

70) 김정현 등 (2017), 대경간 목구조를 이용한 2018 평창 동계올림픽 피겨 쇼트트랙 경기장 설계

## 2 목조 빌딩형 건축물

- 국내 최대 규모 건축물은 2024년 준공된 서울대학교 해동첨단공학관이며, 지상 7층, 연면적 9,564.17㎡의 규모를 하고 있음
- 철근 콘크리트 구조와 함께 중정 부분을 친환경 건축 소재인 목재를 구조체로 사용하는 중목구조를 적용하였음
- 중목구조를 적용하여 우수한 강도와 내구성으로 하중을 버티는 능력이 뛰어나며 철근콘크리트를 사용할 때보다 산업폐기물과 탄소 발생량이 적음
- 얇게 편 나무를 여러 겹으로 붙여 우수한 강도를 지닌 글루램 목재를 사용했고, 화재 안전성 및 내구성을 높이기 위해 목재를 두껍게 해서 2시간 내화시간을 확보함
- 한미글로벌로 설계 단계에서 3D BIM을 통해 시공비용을 줄이며, 메타버스 활용으로 설계상 오류와 시공성도 사전 검증함



그림 2-61. 서울대학교 해동첨단공학관<sup>71)</sup>

71) 연합뉴스 (2024), Gs건설 서울대'AI 연구시설' 해동첨단공학관 준공 - 친환경 중목구조...소음 최소화 위해 탈현장 건설 방식 활용

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 2016년 준공된 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동은 지상 5층, 지하 1층, 연면적 4,552.6㎡의 규모를 하고 있음
- 목재는 다른 재료와 비교해 무게 대비 강도가 크고 탄성과 충격 흡수에 우수한 성능을 보이지만, 약점도 존재하고 있음. 따라서, 무거운 기자재들이 많이 설치되는 실험동에는 철근콘크리트를 사용하였으며, 사무실과 같이 상대적으로 적은 하중이 가해지는 사무실 공간은 목재를 사용한 하이브리드 구조임
- 주요 구조부재에 사용된 공학목재는 CLT이며, 투입된 목재량은 약 200㎥이며, 국토교통부 고시 '내화구조의 인정 및 관리 기준'에 의거한 1시간 내화성능을 확보하는 데 성공하였음

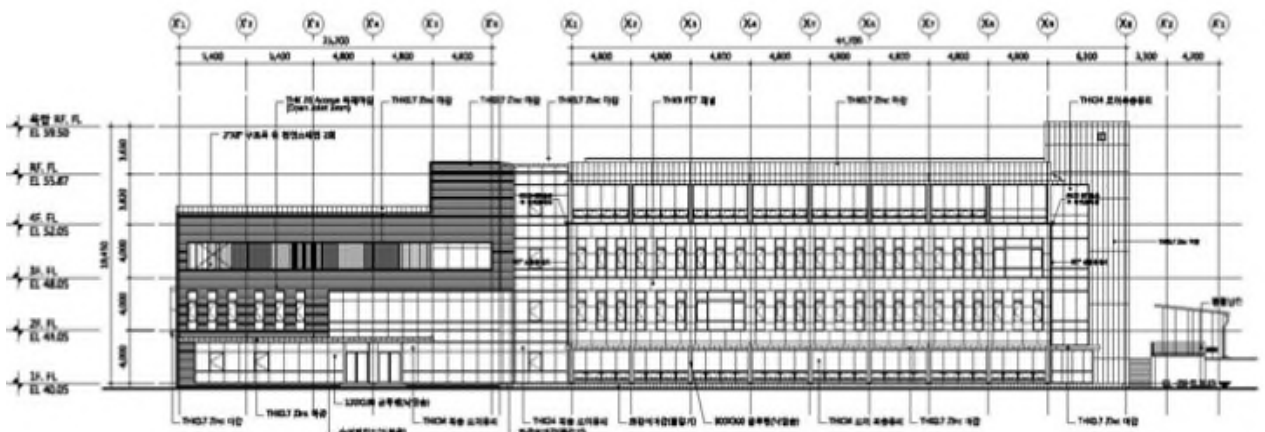
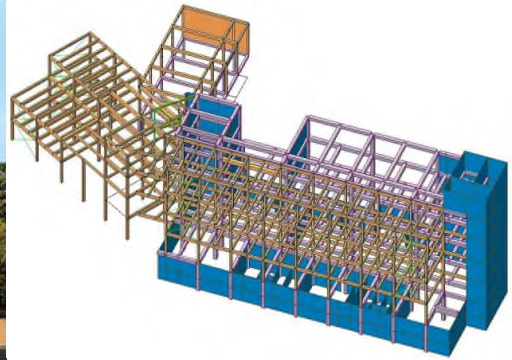
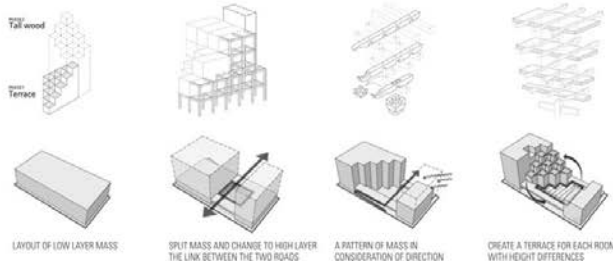
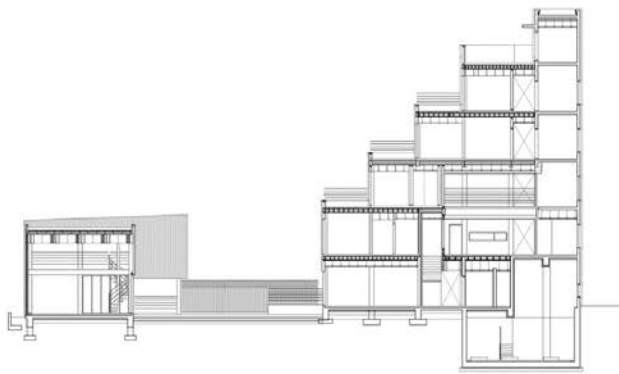


그림 2-62. 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동<sup>72)</sup>

72) 나무신문 (2016), 공공 목조건축의 초석을 놓다 - PUBLIC PLAN | 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동

- 2018년 국립산림과학원이 실증 연구를 위해 완공한 한그린 목조관(경북 영주)은 연면적 1,233㎡, 지하 1층-지상 5층 규모이며 GLT와 CLT를 주요 구조재료로 사용
- 또한, 2016년 수원에 연면적 4,552㎡에 지하 1층·지상 4층 규모의 연구시설을 GLT와 CLT를 사용하여 시공하였으며, 실증 연구를 통하여 목재의 내화성과 고층화 가능성을 입증하고자 했으며, 주요 구조부 2시간 내화성을 구현하였음
- 한그린 목조관은 강원도 일대 45~50년생 낙엽송(109㎡)을 포함하여 총 191㎡의 목재를 사용하여 동일 규모의 다른 구조 건축물보다 약 160CO<sub>2</sub>eq의 탄소 저감효과를 보임. 이는 30년생 소나무 숲 1ha가 15년간 흡수하는 이산화탄소량과 맞먹는 양으로 목조 건축물이 신기후체제 대응에 기여할 수 있음을 보여줌



- 1 ALUMINUM FINISHING
- 2 THE 200mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 3 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 4 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 5 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 6 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 7 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 8 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 9 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 10 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD
- 11 THE 100mm SELECTED COLOR AGENT GRC BOARD

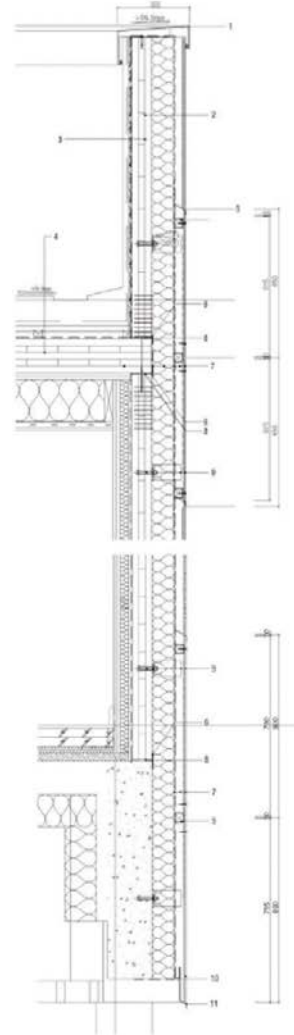


그림 2-63. 한그린 목조관<sup>73)</sup>

73) 국립산림과학원 (2021), 국립산림과학원 한그린 목조관, 세계 목재 축제에서 우수성 인정 받아

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 산림복지종합교육센터는 한국산림복지진흥원에서 조성하는 국내 7층 목조 건축물로 목재 1,363m<sup>3</sup>(국산 목재 비율 71%)를 사용하여, 연면적은 9,812m<sup>2</sup>, 2시간 내화성능, 규모 5.5 지진에 버티도록 설계되었으며 2024년 준공 예정

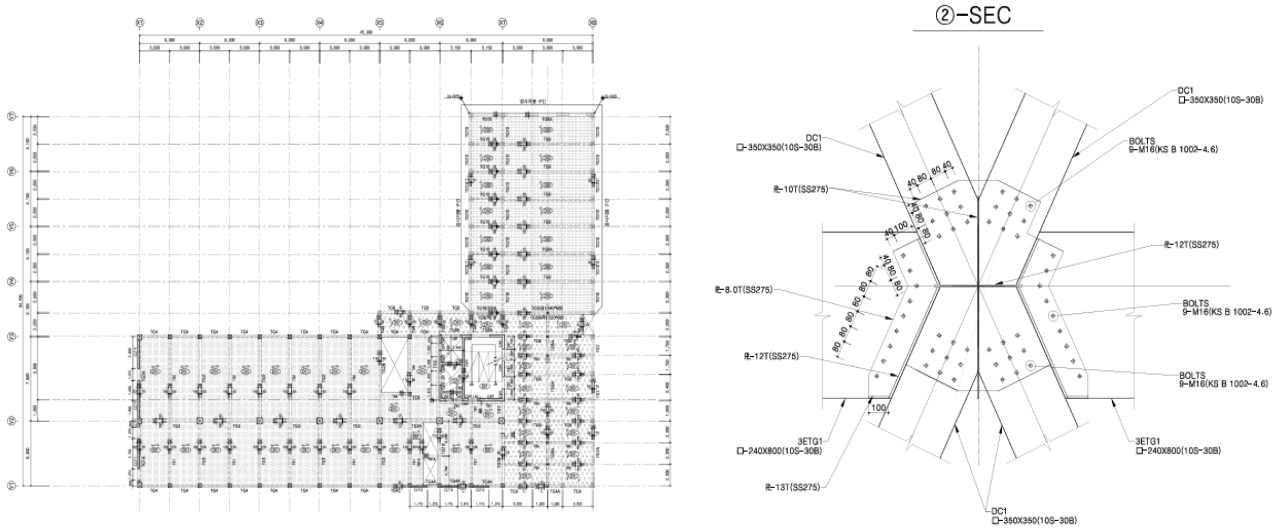
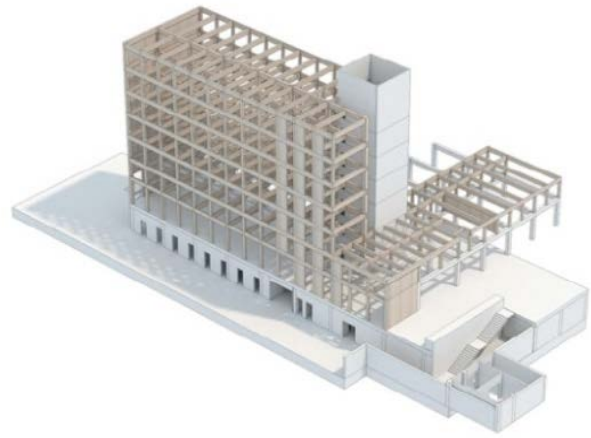


그림 2-64. 산림복지종합교육센터

### 3 건축물 탄소중립 기술

- 건축물의 운영단계에서 발생하는 에너지 부하를 줄이기 위한 기술과 제어를 통해 에너지 소비를 줄이기 위한 기술들이 존재함
- 건물 운영단계에서 재실자에 의해 발생하는 건물 에너지 저감을 위한 기술들이 존재함. 고단열, 고기밀, 고효율 창호 등의 패시브 기술과 고효율 환기 시스템, 신재생에너지 기술 등의 액티브 기술들이 있음
- 건축물의 그린리모델링(GR) 정책으로 노후된 건물의 단열과 같은 패시브 요소와 설비적인 액티브 요소를 개선하거나 신재생에너지 접목을 통하여 온실가스 감축목표와 탄소중립 이행을 위한 정책사업을 진행 중임

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

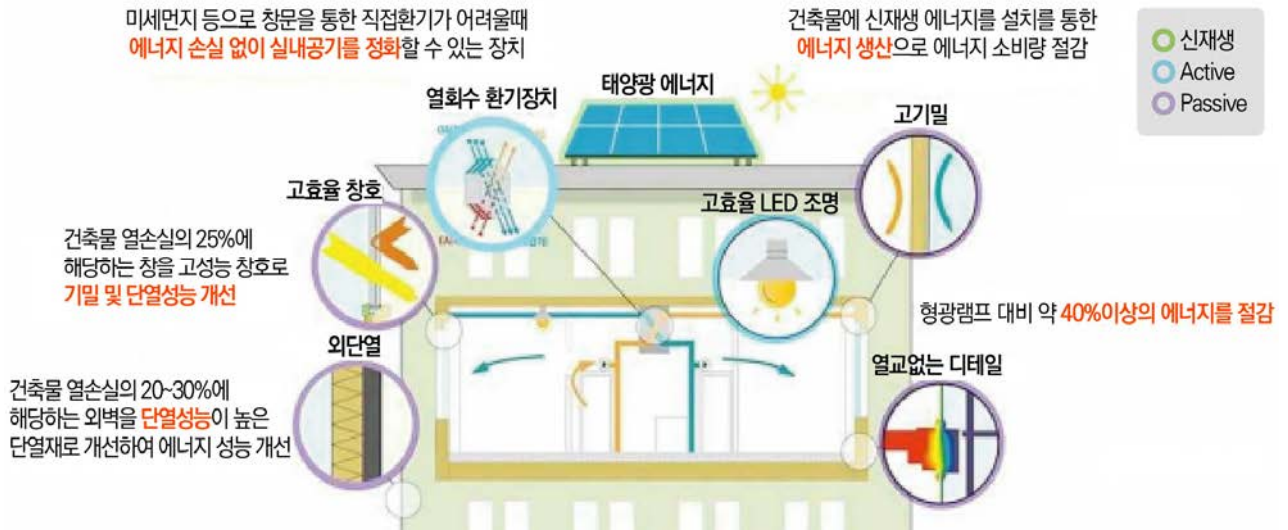


그림 2-65. 그린리모델링(GR)<sup>74</sup> 개념도

- 건축물의 에너지 사용 현황을 모니터링할 수 있는 기술들이 개발되었음. 국토교통부에서는 그린투게더라는 국가건물 에너지 통합관리시스템을 통해 총 건물 에너지 사용량, 인구 대비 주거 건물 에너지 사용량, 녹색건축 비율 등 건물 에너지 사용량 통계 자료를 시각화한 기술이 개발됨
- 한국에너지공단에서 에너지 흐름과 사용을 시각화 및 최적화 시킨 건물 에너지 서비스 통합 플랫폼인 에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)을 제작함



그림 2-66. 그린투게더<sup>75</sup>와 EMS<sup>76</sup>

- 녹색건축인증 G-SEED는 설계, 시공, 유지관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건물에 대해 친환경 인증을 부여하는 제도임
- 에너지효율등급은 건물의 에너지 소요량 및 이산화탄소 발생량을 포함한 건물의 에너지 성능을 평가하는 인증제도임. 건물의 설계도서를 기반으로 냉난방, 급탕 등 에너지 소요량과 이산화탄소 발생량 평가하여 10개의 등급으로 분류

74) 그린리모델링창조센터  
75) 그린투게더  
76) (사)한국EMS협회, EMS개요

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

구분	 녹색건축인증 최우수(그린1등급) ★★★★★	 녹색건축인증 우수(그린2등급) ★★★★	 녹색건축인증 우량(그린3등급) ★★★	 녹색건축인증 일반(그린4등급) ★
공동주택	74점 이상	66점 이상	58점 이상	50점 이상
업무용 건축물 그밖의 건축물	80점 이상	70점 이상	60점 이상	50점 이상
공동주택	1. 토지이용 및 교통 / 2. 에너지 및 환경오염방지 / 3. 재료 및 자원 / 4. 물순환관리 2. 5. 유지관리 / 6. 생태환경 / 실내환경 / 8. 주택성능분야			

등급	주거용 건축물	사용 DB
	연간단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/m <sup>2</sup> 년)	연간단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/m <sup>2</sup> 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

그림 2-67. G-SEED<sup>77)</sup>와 건축물 에너지효율등급<sup>78)</sup>

### 3 목조 건축물 탄소중립 기술

- 다운산업은 목조 건축물의 실내 환경과 에너지 절감을 목표로 열반사단열재인 프라임 셀을 활용하였음. 기존 단열재보다 두께가 얇고 가벼워 시공성이 우수하며 공기 중의 수분을 흡수하지 않아 단열재 성능 저하를 방지할 수 있음

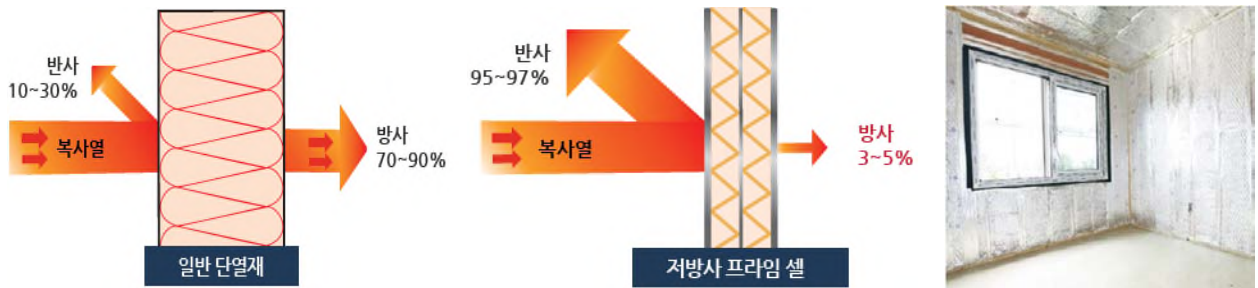


그림 2-68. 저방사 프라임 셀의 개념도와 시공 현장 모습<sup>79)</sup>

77) 녹색건축인증(G-SEED), 녹색건축 인증기준

78) 한국환경건축연구원, 건축물 에너지효율등급 인증제도 인증기준

79) 사회적경제뉴스 (2023), 다운산업, 목조주택용 열반사단열재 '프라임셀' 출시...에너지 절감 50%

- 목구조 건축물의 계획 및 시공단계에서 탄소 저감을 위한 기술이 개발됨. 플라즈마 기술 기반 친환경 기업인 파셈(Plasma Applied Clean Environment Programs, PACEP)에서 기존 화석연료를 통해 목재를 건조하는 장치를 전기를 활용하는 방식(Microwave Applied Magic Machine, MAMA)으로 대체하는 기술을 개발함
- 병충해, 산불 등 피해를 입은 대경목 목재를 빠른 시간에 살균 및 건조함으로써 자연환경 재건으로 환경과 수입목을 대체 가능함



그림 2-69. MAMA<sup>80)</sup> 운영 건조장

- 1982년 캐나다 연방정부 천연자원부의 시작으로 현재 캐나다우드 한국사무소는 국내의 단체들과 협력하여 목조 건축물의 탄소중립을 위한 인증제도를 실시함
- Super-E 인증은 에너지 효율화를 위한 에너지 소비, 습기 방지를 위한 벽체 디자인 등 목조 건축물의 에너지와 쾌적한 실내환경 조성을 위한 기술 적용 여부 확인 및 인증을 진행함



그림 2-70. Super E<sup>81)</sup> 인증마크

80) 주식회사 파셈, 건조장치소개

81) Canada Wood, Super-E/Net-zero

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3. 결론 및 시사점

- 목조 대공간 건축물 관련 기술은 주로 유럽, 미국, 일본, 캐나다에서 활발하게 개발되고 있으며, 중·소규모의 체육시설뿐만 아니라 대규모 목조 대공간 건축물 등에 목조 대공간 건축물이 활발하게 적용되고 있음
- 특히, 일본은 1964년 52.7m 경간을 갖는 목조 대공간 건축물을 시작으로 다양한 목조 건축물을 시공하였으며, 전 세계 최대의 경간(178m)을 갖는 목조 대공간 건축물 건축과 관련한 세계 최고의 설계, 구조, 시공, 환경 및 유지관리 기술을 보유하고 있음
- 미국은 14개로 단일 국가 중 가장 많은 수의 건축물을 보유하고 있으며, 중·소규모뿐만 아닌 대규모 목조 대공간 건축물 등 다양한 규모에 따른 건축 기술을 보유하고 있음
- 유럽은 총 49개의 목조 대공간 건축물을 보유하고 있으며, 다양한 국가에서 보유하고 있음. 또한, 대부분 중·소규모 단위의 목조 대공간 건축물에 적용되었음
- 빌딩형 목조 건축물은 유럽, 미국, 호주 등을 선두로 개발되고 있으며, 미국의 Ascent MKE 빌딩이 86.6m로 가장 높은 목조 빌딩형 건축물임
- 국내에서 실증된 목조 대공간 건축물은 경주 금관총 지붕 구조물이 유일하며, 목조 빌딩형 건축물 중심의 목재 강도 및 내구성 향상 기술개발 및 실증이 진행되고 있음
- 목조 대공간 건축물 관련 국내 기술의 경쟁력 확보를 위해 CLT, GLT와 같은 공학목재 또는 기존 재료(철근콘크리트, 철골)와의 하이브리드 구조 시스템에 대한 기술개발과 성능 검증이 요구됨
- 아직 국내 목조 건축물 관련 기술력은 목조 건축물 선진국에 비해 매우 부족한 단계이므로 유럽, 미국, 일본과 같은 기술 선진국이 보유한 선진 기술을 벤치마킹하여 국내 자체의 기술개발 및 기술 고도화가 필요함

## 4절. 특허 및 연구 환경분석

### 1. 특허 환경분석

#### 1 조사 대상 기술 개요

- 1990년 이후 전 세계 탄소 배출량은 연평균 3.3% 증가('90~'17)하고, 지난 133년간(1880~2012) 지구 평균기온은 0.85℃ 상승함. 기후변화에 대응하여 지구 온도 상승을 산업화 이전(~ 1900) 대비 2℃ 이하로 유지하고 나아가 1.5℃ 이하로 억제할 필요성이 제기됨
- 이에, 우리나라를 포함한 모든 당사국은 5년 주기로 국가 온실가스감축목표 NDC를 제출하고 이행하기로 합의함('15.12, 파리협정). 기후 위기 심각성 인식이 고조되면서 주요국에서는 탄소중립을 선언하며, 빠른 속도로 기후 위기 대응 체제에 돌입함
- 이와 같은 세계적인 탄소중립 정책 추진과 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중 삼림 면적 비율이 매우 높은 국가에 속하는 국내에서 국산 목재 활용이라는 경제적 동기가 어우러져 한국에서도 2010년대 이후 목조 건축물에 대한 관심이 높아지고 있음. 산림청에 따르면 목조 건물의 연면적당 온실가스 배출량은 콘크리트 건물의 절반이지만 목재는 고층 건물 자재로 쓰기엔 연약하고 화재 위험도 크다는 이유로 철근과 콘크리트에 비해 건축자재로 불리함



그림 2-71. 주택 1동 건축에 따른 이산화탄소 배출량<sup>82)</sup>

- 초고층 대공간 목조 건물이 가능한 것은 목재를 가로세로로 엇갈리게 겹겹이 쌓은 뒤 압축한 '구조용 집성판'(CLT) 제조 기술 덕분이며 미래의 콘크리트라고도 불리는 이 목재는 무게는 콘크리트보다 훨씬 가벼우면서도 강도는 콘크리트만큼 세고 화재에도 강함. 나무를 여러 겹 붙여 두껍고 단단한데다 겉면은 내열 코팅해, 불이 나도 잘 번지지 않음. 습도 조절에 콘크리트보다 유리하고 지진에도 강함. 목재 접합부들이 지진에 의한 흔들림을 상쇄해줌. 콘크리트가 굳을 때까지 기다릴 필요 없이 규격에 맞게 가공한 목재를 가져와 곧바로 조립할 수 있어 건축 비용과 기간을 줄일 수 있는 이점도 있으며 나무라는 자연의 재료가 가진 친환경성과 심리적 친밀감도 있음

82) Business Post (2023), 초대형 건축물도 나무로 짓는다, 탄소중립 시대 주목받는 목조건축

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2 특허 조사

#### 가. 검색조건

- 선행기술 조사보고서 작성을 위해 검색 DB로는 국내에서 가장 많이 사용되는 WIPS와 특허정보넷 키프리스를 이용하였고, 검색내용은 주요 특허들이 누락되지 않고 가능한 한 모두 포함되도록 요약과 대표청구항에 대해 검색을 실시함. 검색 대상은 공개특허, 등록 특허, 공개실용신안, 등록실용신안이며 검색 기간은 제한을 두지 않고 조사 시점까지 출원되어 등록, 공개된 특허와 실용신안을 조사함

표 2-13. 검색조건

국가	검색 대상	사용 DB	검색내용	검색 기간 (출원일 기준)
한국	공개특허, 등록 특허, 공개실용신안, 등록실용신안	WIPS(Internet) KIPRIS(Internet)	서지, 요약, 대표청구항	~ 2024.03
미국	공개특허, 등록 특허, 공개실용신안, 등록실용신안	WIPS(Internet) KIPRIS(Internet)	프론트페이지, 대표청구항	~ 2024.03
일본	한글 검색을 통한 특허 공개, 등록 특허, 공개실용신안, 등록실용신안	WIPS(Internet) KIPRIS(Internet)	서지, 요약, 대표청구항	~ 2024.03
유럽	영문검색을 통한 특허 공개, 등록 특허, 공개실용신안, 등록실용신안	WIPS(Internet) KIPRIS(Internet)	프론트페이지, 대표청구항	~ 2024.03

#### 나. 특허 검색 전략

- 최적의 특허 검색이란 관련 특허 건이 최대한 누락되지 않도록 함과 동시에 추출된 자료에서 Noise(검색으로 얻어진 원하지 않은 결과물)를 최대한 적게 하는 것임. 이 두 가지 조건을 모두 만족하기란 결코 쉽지 않음
- 왜냐하면, 관련 건을 최대한 누락시키지 않기 위해서는 검색범위를 확장해야만 하는데, 이때는 추출되는 건수의 증가와 더불어 Noise가 많아지게 되어 검토 소요 시간이 많아지게 되는 문제점이 발생, 반대로 Noise를 적게 하기 위해서는 검색범위를 한정해야만 하는데, 이때는 검색범위 한정으로 인하여 중요 특허가 빠질 수 있는 경우가 발생하기 때문임. 따라서 어느 한 쪽으로 치우치게 될 경우 둘 중 하나의 문제점이 드러날 수 있기 때문에 적절한 선에서 검색키워드의 범위를 결정해야 함
- 특허 검색 시 가장 일반적으로 사용되는 방법은 해당 기술 분야를 잘 나타내는 기술 용어인 기술 키워드를 선정한 후, 특허 문헌에서는 그 기술 용어가 기술의 변화나 작성자의 관점에 따라 매우 다양하게 표기될 수 있음을 고려하여 선정된 기술 키워드의 유사어 또는 동의어 선정 등을 통한 키워드 시소러스(Thesaurus)를 통해 검색키워드를 선정하고 이들을 연산자로 조합하여 검색식을 작성한 다음 검색 필드를 결정하여 검색을 실시하는 방법임
- 검색키워드 선택 시 기술 키워드를 대신하거나 또는 병행하여 IPC(International Patent Classification)와 CPC(Cooperation Patent Classification) 등의 특허 분류를 사용함. 단지 기술 용어만으로 되어 있는 키워드의 조합으로 검색하기에는 특허 문헌에서 그 기술 용어가 다양하게 표현되어 있어, 해당 기술 분야와 관련된 다수의 건이 누락되거나 또는 해당 기술 분야와 관련 없는 Noise가 발생할 확률이 높아질 수 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 IPC, CPC 등의 특허 분류를 병행해야 함

다. 특허 검색 기준

1) 1차 검색(검색식)

- 본 조사는 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’에 대한 것으로 검색식 작성을 위한 키워드를 선정하고 조사 대상 기술 용어에서 추출된 키워드를 조합하여 검색식을 작성하였으며, 검색 필드로는 ‘서지, 요약과 대표청구항’을 대상으로 검색, 검색된 특허의 유사 특허와 인용 문헌을 참조하여 선행특허를 조사함

표 2-14. 검색식

검색언어	해당 국가	키워드
한글	한국, 일본	(목조 목구조 목재 목질 집성목 집성목 집성판) and (대공간 대경간 대규모 장스팬 대스팬 트러스 아치 셸 셸 돔) and (건축 건축물 건물 구조물 지붕 구조 부재)
영어	미국, 유럽, PCT	(wood wooden timber clt) and ((large adj1 (space scale)) (long adj1 span) truss arch dome shell) and (building architecture structure construction roof member)

- 검색식에 사용된 검색 연산자는 표 2-13과 동일함

표 2-15. 검색 연산자

연산자 (기호)	의미 설명
*	절단 기호. 조사나 어미 등과 관계없이 *기호 앞의 단어가 들어간 문서를 검색
and	and 앞/뒤 단어가 동시에 들어가 있는 건 검색
not	not 앞의 단어는 포함되나 뒤의 단어는 포함하지 않는 건 검색
공백	or와 같은 기능. 앞/뒤 단어 중 어느 하나가 포함된 건 검색
()ipc	국제특허분류가 ()에 기재된 내용인 건 검색
()TI.	특허의 명칭이 ()인 건 검색

2) 검색 결과(히팅건수)

- 검색식을 이용한 검색 결과(히팅건수)는 표 2-14와 동일함

표 2-16. 히팅건수

한국	일본	미국	유럽	PCT	Total
217	461	746	179	163	1,766

라. 유효 특허 추출

- 충분한 히팅건수를 확보한 이후 Noise를 걷어내는 방식으로 유효 특허를 찾아냄. 검색식의 범위가 넓어져 히팅건수를 확보한 대신 그만큼 해당 기술과 관련 없는 기술들이 조사되어 유효 특허의 추출에 많은 노력이 필요함
- 추출된 총 유효 특허는 248건이며 분석 대상 건에 해당하는 유효 특허에 대해서 국가별 건수는 다음 표 2-15와 같이 나타났으며, 이들 건에 대해 통계분석 및 심층분석을 실행함

표 2-17. 유효 특허 건수

구분	한국	일본	미국	유럽	PCT	Total
히팅건수 (A)	217	461	746	179	163	1,766
유효 특허 (B)	20	73	117	18	20	248

1  
2 장  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2 장, 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3 유효 특허 정량분석

#### 가. 연도별 출원 현황

- 그림 2-72는 1974년부터 2024년까지의 조사기간 동안 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대한 연도별 특허출원 동향을 나타냄. 그림 2-72에서 보듯이, ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야와 관련된 특허는 1974년 첫 출원을 시작으로 2000년도 중반까지 비교적 출원이 활발하고 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보임. 그러나 전 세계적으로 온실가스인 탄소 배출량을 감소하기 위한 노력과 콘크리트에 비해 현저하게 낮은 탄소 배출량으로 목조 건축물에 대한 관심과 수요가 증가함으로써 향후에는 특허 출원이 계속 증가할 것으로 전망됨

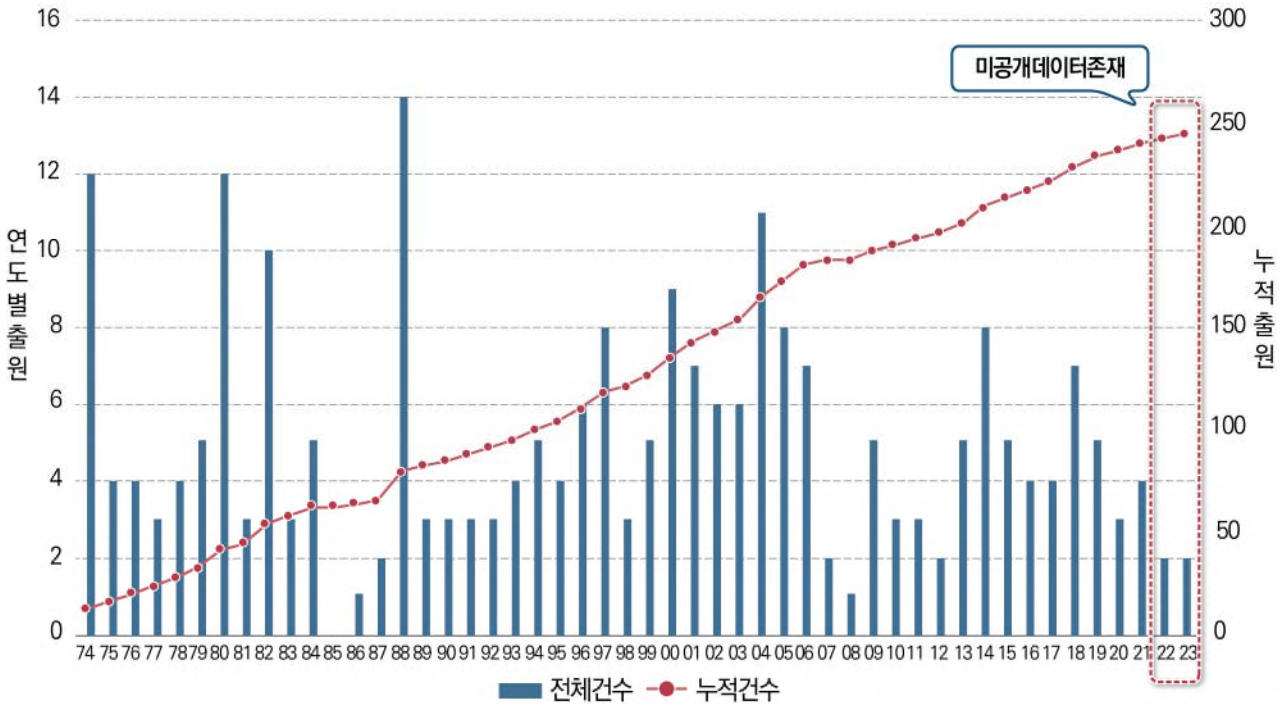


그림 2-72. 연도별 특허 동향

※ 특허 공개제도 : 특허 출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 2019년 이후 출원된 특허는 미공개 건이 다수 있어 전체 데이터가 반영되지 못함으로 인해 출원 건이 감소하고 있는 것으로 나타나고 있으나 실제로 출원이 감소한 것은 아님에 유의

#### 나. 출원 국가별 점유율 및 연도별 출원 현황

- 그림 2-73은 1974년부터 2024년까지의 조사 기간 동안 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야의 기술과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대한 출원 국가별 점유율을 나타냄. 그림 2-73에서 보듯이, ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’에 관련된 특허 총 248건을 국가별로 살펴보면 미국이 117건으로 전체 특허의 47%로 큰 비율을 차지하고 있으며, 특히 1980년대 중반까지 많은 출원이 이루어졌고 최근에도 기술개발이 비교적 활발히 이루어짐. 다음으로 일본이 73건으로 30%, 한국이 20건으로 8%를 차지함. 연도별로 살펴보면 1980년대 중반까지는 미국이 출원을 주도하였고, 2000년대 중반까지는 일본이 주도하였으며, 그 이후에는 모든 국가에서 비슷하게 출원이 이루어짐

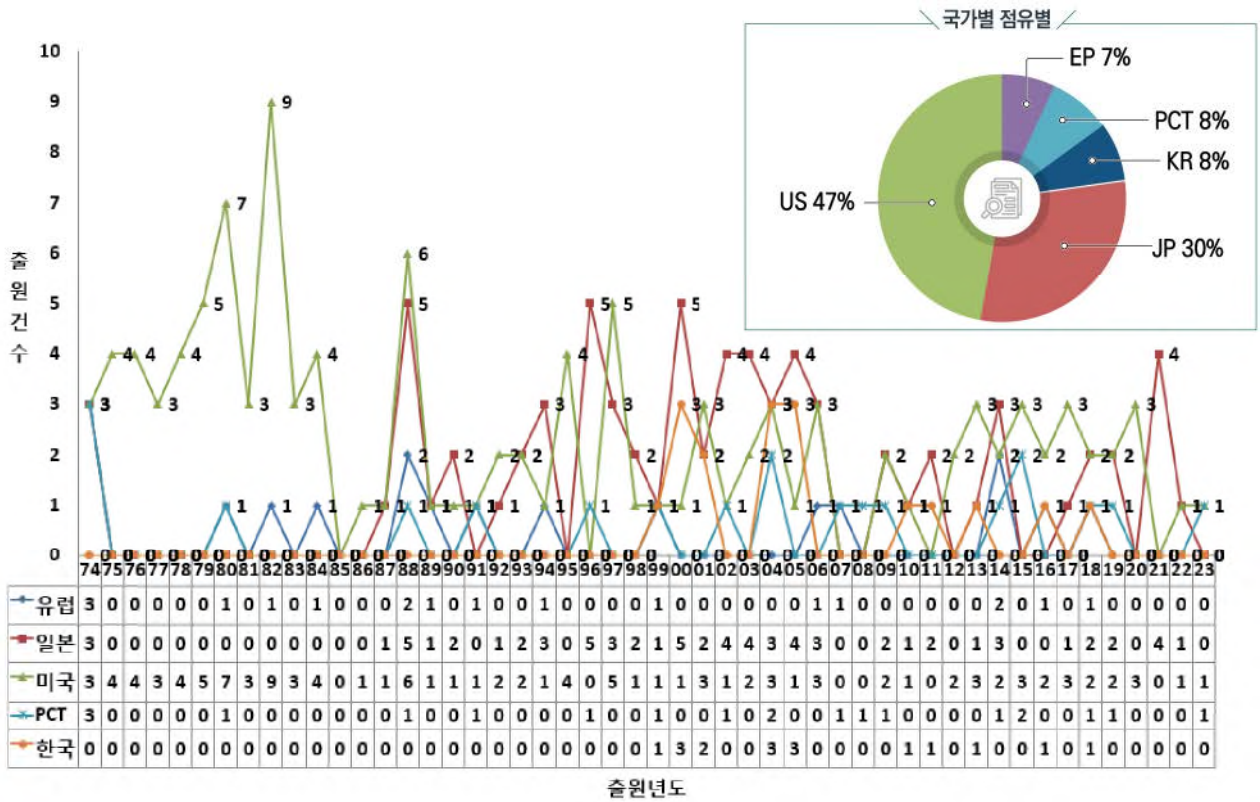


그림 2-73. 출원 국가별 점유율 및 연도별 출원 동향

다. 다출원인 특허 동향

- 그림 2-74는 1974년부터 2024년까지의 조사 기간 동안 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야의 기술과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대한 주요 출원인별 특허 출원 동향을 나타냄. 그림 2-74에서 보듯이, ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야와 관련 기술의 다출원인을 살펴보면, 전체 특허의 상위 5개 출원인은 Gang Nail Systems Inc, Turb-O-Web International Pty. Limited, Simpson Strong-Tie Company, Inc, Takenaka Corp, 국립산림과학원, Sakawa KK 등으로 기업의 출원 활동이 활발한 것으로 나타났으며, 다출원인들의 특허 동향을 보면 총 41건으로 15%에 불과하여 다출원인의 출원 점유율은 높지 않은 것으로 나타남

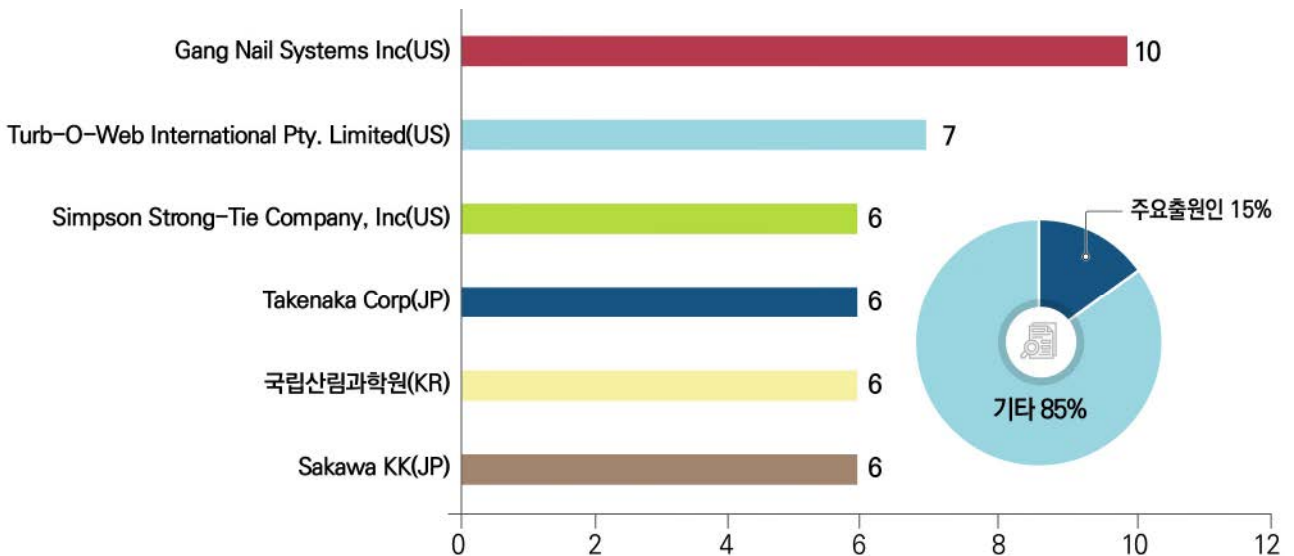


그림 2-74. 다출원인 특허 동향

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 라. IPC 분석

- ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야의 기술과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대하여 해당 IPC를 분석함. IPC란 International Patent Classification의 약자로 스트라스부르 협정(Strasbourg Agreement Concerning the International Patent Classification)에 의하여 마련된 특허나 실용신안에 대한 통일된 국제 분류 체계임
- 그림 2-75 및 표 2-16에 나타난 바와 같이 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야에 출원된 248건의 특허 중 IPC 분류 E04B(건축구조일반)에 127건, E04C(구조 요소; 건축 재료)에 74건, B27F(도브테일 (Dovetail) 가공; 장부(tenons)절단기; 목재 또는 그와 유사한 재료용 홈(Slot) 가공기; 못 박기 또는 스테플링 기계)에 8건, E04G(비계(飛階); 거푸집; 거푸집 널; 건축용 기구 또는 보조구 또는 그것들의 사용; 현장에 있어서의 건축 재료의 취급; 현존하는 건축물의 보수, 해체 또는 기타 작업)에 6건, B27M(서브클래스 B27B로부터 B27L로 분류되지 않는 목재의 가공; 특정 목제품의 제조)에 4건이 해당하는 것으로 파악됨

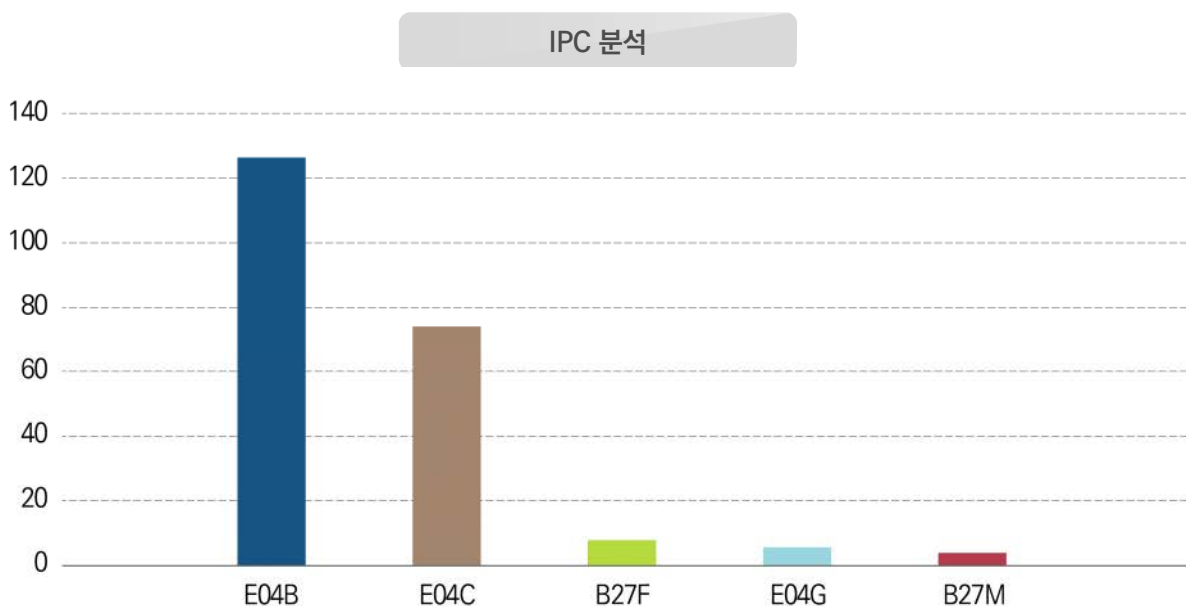


그림 2-75. IPC 분석

표 2-18. IPC 분석

IPC	의미
E04	건축물
E04B	건축구조일반; 벽, 예. 칸막이벽; 지붕; 바닥; 천정(天井); 건축물의 절연(絶緣) 또는 기타 보호(保護)(벽, 바닥 또는 천정 내 개구의 가장자리 구조)
E04C	구조 요소; 건축 재료
E04G	비계(飛階); 거푸집; 거푸집 널; 건축용 기구 또는 보조구 또는 그것들의 사용; 현장에 있어서의 건축 재료의 취급; 현존하는 건축물의 보수, 해체 또는 기타 작업
B27	목재 또는 유사 재료의 가공 또는 보존; 못 박기 기계 또는 스테이플 기계 일반
B27F	도브테일(Dovetail)가공; 장부(tenons)절단기; 목재 또는 그와 유사한 재료용 홈(Slot) 가공기; 못 박기 또는 스테플링 기계
B27M	서브클래스 B27B로부터 B27L로 분류되지 않는 목재의 가공; 특정 목제품의 제조

### 마. 다출원인 IPC 특허 동향

- 그림 2-76은 1974년부터 2024년까지의 조사기간 동안 ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야의 기술과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대한 다출원인 IPC(특허분류코드)별 특허 동향을 나타냄



그림 2-76. 다출원인IPC별 특허 동향

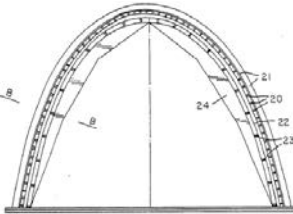
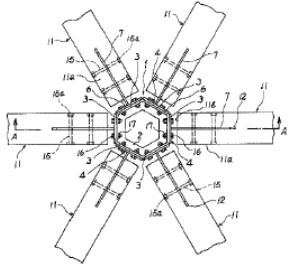
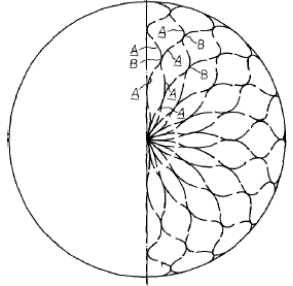
- 그림 2-76에서 보듯이, ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야와 관련 기술의 다출원인의 IPC(특허분류코드)별 동향을 살펴보면, 다출원인들은 목제의 가공 및 보존 분야보다는 건축물과 관련된 분야에 출원하고 있다는 점을 알 수 있음
- 또한 다출원인 중에서는 미국의 Gang Nail Systems를 제외하고 나머지 다출원인은 E04B 분야에 가장 많이 출원하였음을 알 수 있어, 각 다출원인별로 집중하는 있는 분야가 다소 상이함

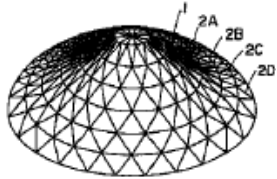
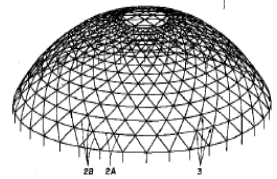
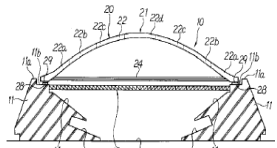
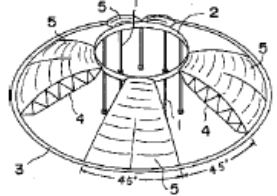
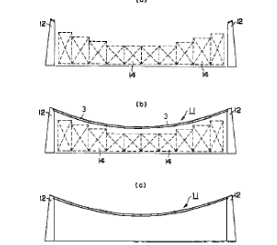
1  
2 장  
기밀연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

#### 4 주요 특허 요지리스트

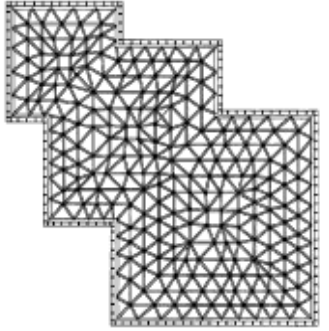
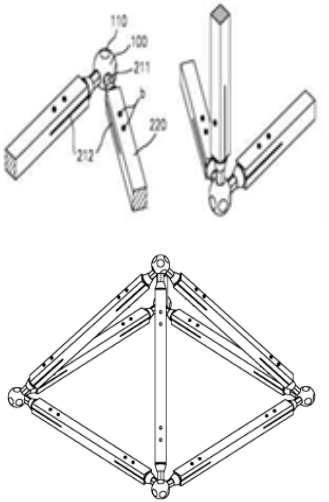
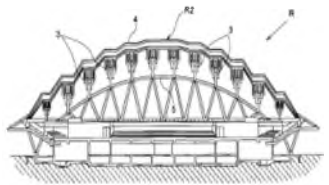
- ‘목조 대공간 건축물 건설 기술’ 분야의 기술과 관련하여 조사된 총 248건의 특허 문헌에 대하여 분석한 결과, 기술 분류별 특징을 독특하게 나타내는 20건을 주요 특허로 선정하였으며 그 요지리스트를 이하에 첨부함

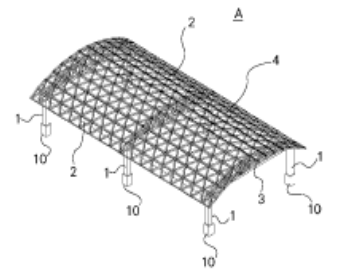
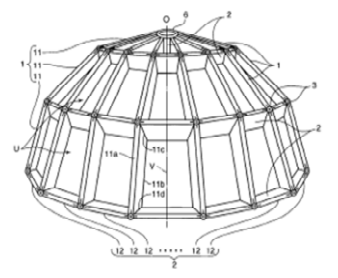
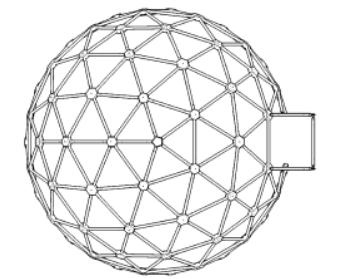
표 2-19. 주요 특허 리스트

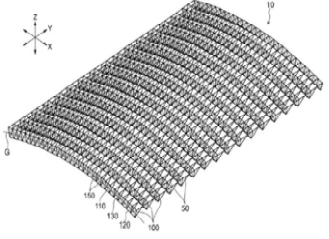
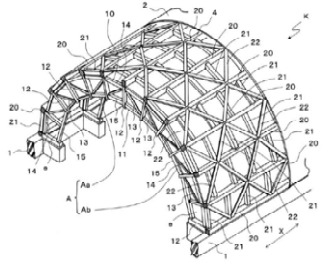
번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
1	US	Domed support structure (1990 / US 4924638 A)	In a domed support structure, especially for roof construction, a compression dome is arched in lengthwise direction in a catenary configuration. A tension dome is further arranged either side by side or below the compression dome and is also arched in lengthwise direction in a catenary configuration. The compression and the tension domes are provided with a compression sheating and a tension sheating, respectively. The compression sheating is formed to have a high buckling strength.	
2	JP	대공간 구조물의 지붕구조 (1996 / JP 1996-060742 A)	소요 복수 개의 목재 부재 11의 단부 11 a에는 그 중앙에 홈구부 12를 설치하고 이것에 T형 금구 4의 플레이트부 7을 끼워 넣어 볼트 15에서 고정한다. T형 금구 4의 헤드부 6을 금속제인 타각 통형 조인트 1의 각 외측 주변부 3에 맞닿은 상태에서 볼트 16이 멈춤으로써, 각 목재부 11을 T형 금구 4의 개재에 의해 타각통형 조인트 1에 긴결한다.	
3	JP	집성재로 구성되는 대공간 가구 (1997 / JP 2725036 B2)	필요한 곡률을 가지는 중앙 곡선재의 양단보다 동 곡선재의 접선 방향으로 직선재를 연결해서 이루어지는 목재 집성재 유닛이 가구의 일방향에 걸쳐 순 속해 배설됨과 동시에, 서로 인접하는 동 각 유닛의 단부 직선재 상호 간에 접합되어 파형 골조 부재가 형성되고 가구의 상기 일방향과 교차하는 다른 방향에 걸쳐 서로 인접하는 상기 파형 골조 부재의 상기 각 유닛의 곡선재의 중앙부 상호 간에 접합되어서 이루어지는 것을 특징으로 하는 집성재로 구성되는 대공간 가구	

번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
4	JP	돔의 구축 방법 (1997 / JP 2663961 B2)	정상부 트러스 1과 4개의 옷자락부 트러스 2 A, 2 B, 2 C, 2 D를 지면 3상에 설치한 후, 그 상측에 볼투기성 보호막 5를 피복해 긴결한다(도 1(a)). 이어서 보호막 5의 하측에서 에어 6을 공급해 정상부 트러스 1을 들어 올려 정상부 트러스 1의 하현재와 최내주의 옷자락부 트러스 2 A의 상현재를 서로 긴결한다(도 1(b)). 이하와 같이 하여 구면형 돔을 짓는다(도 1(d)).	
5	JP	목재 빔의 접합 구조 (1998 / JP 2755292 B2)	프레임의 2 대 이상의 목재 빔 2가 집중되는 접합부 3에 연결 금구 9를 배설한다. 인장력이 지배적이 되는 목재 빔 2 A, 2 A끼리를 연결 금구 9를 통해 전단 볼트 방식으로 연결한다. 압축력이 지배적이 되는 목재 빔 2 B, 2 B끼리를 연결 금구 9를 통해 빼 볼트 방식으로 연결한다. 이것에 의해 프레임의 접합부 3을 그 접합 강도를 저하시키지 않고 소형화하는 것이 가능해진다.	
6	JP	집성재 등으로 구성되는 장대 아치를 사용한 개폐 오야뿌리를 구비한 대형 건물 및 집성재 등으로 구성되는 장대 아치 (1999 / JP 2990557 B2)	건물 10의 상부에 부설한 안내 레일 상에 다수의 대차 28을 배치하고 대차상에 설치한 연결 기체 29상에 복수의 장대 아치 21을 간격을 두고 배설하고 각 장대 아치 간을 다수의 연결 부재로 연결해 개폐 오야뿌리 20을 형성한 대형 건물에 있어서 장대 아치 21로서 정면 뿔머리 상방에 많고 형상에 집성재에 의해 형성한 장대 아치체 22의 양단간에 연장시켜 직접적으로 친 타이 케이블 24를 배치해, 장대아치체 22의 단부와 타이 케이블 24의 단부를 결합하여 자기 균형계의 구조로 한 것을 사용한다.	
7	JP	돔 건설 방법 (2000 / JP 3087261 B2)	복수의 기둥 1에 의해 수평으로 지지한 링 부재 2와 동 링 부재 2와 같은 축적으로 배설한 대경의 고리형 기초 3 사이에, 지지 부재 4를 가설하고 동 지지 부재 4에 지지된 봉투 부재 5를 팽창시켜 동 봉투 부재 5의 상면에 철근 콘크리트벽 6을 타설한다. 링 부재 2의 내부 공간에 대해서도 봉투 부재 5a를 팽창시키고 상면에 철근 콘크리트벽 7을 타설한다.	
8	JP	집성재 버 (burr) 및 집성재 버 (burr) 로 된 지붕 구조 (2000 / JP 2000-017768 A)	스팬 방향으로 대향하는 기둥 12, 12 사이에 아치 형상을 이루는 집성재 11을 복수, 동일 방향으로 놓아, 또한 인접하는 집성재 11, 11 사이에 횡보강재 7을 놓아, 그 양단을 조인트 플레이트 5를 통해 아치 형상의 지붕을 구축한다. 집성재 11은 복수의 구조용 집성재 3를 그 축방향으로 조인트 철물 4를 통해 접합함과 동시에, 축방향으로 스트랜드재 10을 연속해 삽통하고 구조용 집성재 3 끼리의 접합부에 조인트 플레이트 5를 그 축 직각 방향으로 돌설해 형성한다.	

번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
9	KR	건축물의 트러스 구조용 대들보 (2004 / KR 20-0361532 Y1)	본 고안은 건축물의 트러스 구조용 대들보에 관한 것으로, 건축물의 기둥 사이에 대응하는 길이로 형성되며 대들보의 자체 하중 및 크기의 절감과 아치구조의 용이성을 위해 구조용 집성목재로 구성하되 양측단에는 결합홈을 각각 형성하고 상기 결합홈에 기둥 결합용 브래킷을 각각 삽입 체결시킨 아치형의 대집성재와, 상기 대집성재와 동일한 구조용 집성목재로 구성하되 상기 대집성재의 중간부분 상측으로 일정간격을 두고 배치되며 상기 대집성재에 대응하는 곡선 처리를 갖되 좌/우측단 및 중심부가 상기 대집성재에 일체로 연결 형성되는 아치형의 소집성재와, 상기 대집성재와 소집성재 사이를 건너질러 체결되게 하되 부하하중에 대한 분산효과의 극대화를 위한 경사배치구조를 갖는 다수의 보강프레임과, 상기 소집성재의 대집성재측 연결부분에 각각 체결 형성되어 건축물의 지붕 형성을 위한 다수의 대들보 배치시 이들 상호간의 연결을 가능하게 하는 보 연결용 브래킷으로 이루어지는 것을 특징으로 한다. 본 고안에 의하면, 지붕의 부하하중에 대한 효율적인 분산 대응이 가능하여 더욱 안전하게 지붕을 지지하여 받쳐줄 수 있게 된다.	
10	JP	지붕의 구조 (2005 / JP 3681888 B2)	트러스로 구성되는 대들보 5와 대들보의 상현재 5 a끼리를 연결하는 소 대들보 6과 소 대들보의 중앙부와 대들보의 하현재 5 b를 연결하는 경사 다발재 7에 의해 지붕 프레임 8을 구성하고, 대들보는 강재에 의해 형성하고 소 대들보 및 경사 다발재는 목재의 집성재 또는 번뇌에서 벗어나 깨끗함재에 의해 형성한다. 지붕 프레임을 거의 사다리꼴 형상으로 하고, 각 대들보를 방사형에 가설하고 각 대들보의 빔 성을 상호 간격에 대응시켜 점차 크게 한다. 지붕 프레임의 외주부에 수평 브레이스를 마련한다. 지붕 프레임을 지지하는 기둥 12,13을 복수의 주부재 12a,13 a에 의해 구성하고, 각 기둥부재 끼리를 지붕 프레임의 폭방향으로 연속시켜 브레이스로서도 기능시킨다. 대들보의 길이 방향 중간부를 중간기둥 15에 의해 지지한다. 본 발명의 지붕 구조를 옥내 풀에 적용한다.	
11	JP	뼈대 구조체와 그에 사용하는 프레임 부재 및 커버 부재 (2005 / JP 3693158 B2)	프레임 부재 1은 통나무나 각재 등의 목재로 형성한 프레임 본체 2를 가지고 있다. 프레임 본체 2의 축심부에는 금속제의 봉체 3이 길이 방향으로 마련해 있다. 프레임 본체 2는 한 쌍의 프레임 구성체 20,20을 가지며, 봉체 3을 사이에 끼운 접착시킬 수 있는 구조가 되어 있다. 봉체 3의 양단부는 프레임 본체 2에서 약간 돌출되어 있고 이 돌출 부분 31에는 거의 정삼각형형 거싯플레이트 4가 양측에 한 장씩 마련되어 있다. 각 거싯플레이트 4의 필요한 위치에는 프레임 부재 1...끼리를 접합하기 위한 볼트 구멍 41이 마련해 있다. 복수의 프레임 부재 1을 서로 접합함으로써 뼈대 구조체를 구축한다.	

번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
12	JP	목재를 사용한 단층 래티스아치 셀 구조 지붕 (2005 / JP 3730596 B2)	금구와 목재를 나무 비스에 의해 결합하여 단층 래티스 아치 셀을 구축한다. 접합부의 금구는 지점 금구와 플러그금구의 2 종류. 지점 금구는 철판의 중앙에 철 파이프의 반나누기형의 것을 용접 접합하고 그것을 2겹했다. 겹친 철판은 지붕의 곡면에 맞춘 각도를 가진다. 플러그금구는 철판에 천공 가공한 것이다. 철판에 지점 금구의 파이프를 끼워넣도록 노치를 붙인다. 플러그금구는 지점 금구의 파이프 양측에서 끼워넣는다. 플러그금구는 프레임 목재의 중앙에 리, 비스와 철판에 간극이 생기지 않도록 할 필요가 있다. 하나의 프레임 목재를 2매로 나누었다. 우선 철판에 한쪽의 목재를 나누어주어, 철판 측에서 드릴로 하 구멍을 목재에 연다. 다음에도 한 장의 목재를 나누어주어, 이번은 목재 밖에서 하 구멍으로 비스로 책 조여한다.	
13	KR	입체트러스용 목조트러스부재 (2006 / KR 10-0615436 B1)	본 발명은 입체트러스 시스템에 사용되는 목재를 사용한 목조 트러스부재에 관한 것이다. 본 발명에 따른 목조트러스부재를 사용한 목재 입체트러스는 국산재를 이용한 목조건축 시스템 개발을 통하여 국산재 이용을 활성화하기 위하여 개발된 것으로, 다수개의 삽입구(110)가 형성된 구형(球形)의 금속재의 연결구(100)와 상기 연결구(100)의 삽입구에 그 상단이 삽입 조립되는 기둥상의 목조트러스부재(200)로 구성되고, 상기 목조트러스부재(200)는 도 3에 도시된 바와 같이 금속재로 된 2개의 접합철물(210)과 접합철물(210)과 조립 고정되는 기둥상인 목재재로 된 목조부재(220)로 구성된다. 상기 접합철물(210)의 상단은 상기 연결구(100)의 삽입구(110)에 삽입되는 봉상의 삽입부재(211)가 형성되고, 삽입부재(211)의 하단에 일체로 연장된 판상의 삽입판(212)이 형성되고, 삽입판(212)의 판면을 관통하는 구멍인 볼트삽입구(213)가 형성되고, 상기 목조부재(220)는 양단부측에 각각 길이방향으로 접합철물(210)의 삽입판(212)이 삽입되는 조립용 슬릿(221)이 형성되고, 상기 조립용 슬릿(221)이 형성된 몸체를 폭 방향으로 좌우를 관통하는 조립용 볼트(b)가 삽입되는 조립용 볼트삽입구(222)가 형성된다.	
14	JP	목질 구조물 형성 방법 (2007 / JP 3948884 B2)	통나무 트러스 3 형성 방법에 있어서 이음부 10,10A,12를 구비한 연결 부재 11의 한 쌍과 목질부분재6~8를 이들 목질부분재6~8의 양단부에 각 이음부 10,10A,12를 임시 체결함으로써 연결해 삼각 트러스상 임시 체결 구조재 t1~t4를 형성하고 이들 복수의 임시 체결 구조재 t1~t4가 이들의 연결 부재 11 끼리를 연결함으로써 일체화된 임시 체결 상태의 통나무 트러스 3을 형성하고 진동기 23에 의한 진동을 작용시킨 후에 각 이음부 10,10A,12와 각 통나무6~8를 체결한다.	

번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
15	JP	목조 건축 구조체 (2008 / JP 4198697 B2)	목조 건축 구조체(A)는 지주(1) 사이에 병설된 복수의 트러스 빔 유닛(3)을 가지며, 각 트러스 들보 유닛(3)의 상부에는 상하 방향으로 본질적으로 만곡시켜 길이 방향으로 설치부가 마련해 있다. 설치부는 연설된 복수의 각도가 다른 평면부에 의해 구성되어 있다. 설치부에는 미리 나무 부재를 조합함으로써 소요 형상에 만들어진 꺾질 구성 유닛(4)이 각 트러스 들보 유닛(3) 사이에 건네주도록, 각 트러스 들보 유닛(3)의 길이 방향으로 본질적으로 만곡면을 그리도록 연결되어 있다.	
16	JP	골조 구조 (2011 / JP 4723825 B2)	돔형 또는 이것에 비슷한 형상의 구조물 골조 구조로서, 정점 O에서 방사형으로 마련되는 세로틀 1과 각 세로틀 1과 교차하도록 마련되는 횡틀 2와 세로틀 1과 횡틀 2가 교차하는 부분에 배치되는 연결 부재 3을 구비하고 상기 세로패널 1 및 횡틀 2가 연결 부재 3에서 연결되는 분할세로틀 11 및 분할 횡틀 12에서 구성되고 서로 근접하는 4개의 연결 부재 3과 이들 연결 부재 3에서 연결되는 2개의 분할세로틀 11 및 2개의 분할 횡틀 12로 구성되는 부분이 외측에서 볼 때 거의 사다리꼴 형상에 조립할 수 있다.	
17	US	Hub and strut connection for constructing a geodesic dome (2014 / US 8820006 B2)	The present invention relates generally to geodesic dome structures. More particularly, the present invention relates to a hub and strut connection for a geodesic dome structure and method for making same. The apparatus described herein provides a unique design for a geodesic dome utilizing materials that are affordable and readily available throughout much of the world for the construction and connection of hubs and struts.	
18	US	Lotus dome (2017 / US 9783983 B1)	The present invention provides a method for prefabricating, transporting, and rapidly assembling a portable, rigid, dome-shaped structure, with the structural integrity to enable the suspension of extensive hardware and supplies. Said structure would be shaped for acoustic purposes, extremely durable, and allow for extensive climate control. Said structure would be able to be fabricated in a wide range of sizes and shipped to remote locations.	

번호	국가	명칭 (연도 / 문헌 번호)	요약	대표 도면
19	JP	트러스가구 및 지붕 가구 (2022 / JP 7040721 B2)	트러스 가구 100은 간격을 두고 배치된 목질의 상부재 210 및 하부재 220이 연결재 230에서 연결된 트러스 구조의 복수 유닛 200이 축방향으로 연속함과 동시에, 축방향으로 어긋나고 폭방향으로 중첩되어서 접합되어 구성되어 있다.	
20	JP	아치형 건조물 (2023 / JP 7387125 B2)	2열의 토대 1 사이에 가설됨과 동시에 도리 간수 방향 X로 필요한 간격으로 설치되는 복수의 아치 빔 A를 구비하고, 아치 빔 A를 목재의 상현 빔 10과 목재의 하현 빔 11과 상현 빔 10과 하현 빔 11 사이에 가설되어 필요한 간격으로 설치되는 복수의 목재의 다발재 12로 비스듬하게 설치되는 목재의 보강재 13과 (을)를 구비해 구성하고. 상현 빔 10을 복수의 상현 빔 단체 14에서 구성하고. 하현 빔 11을 복수의 하현 빔 단체 15에서 구성하고. 다발재 12와 상현 빔 단체 14와의 연결, 다발재 12와 하현 빔 단체 15와의 연결, 보강재 13과 이것에 대응하는 부재와의 연결을 장부 구멍 및 이것에 끼워지는 장부의 세트로 수행하는 구성으로 했다.	

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2. 연구 환경분석

- 국내 목조 건축물과 관련된 연구 동향 조사 및 분석을 위해 중점분야 키워드를 기반으로 구조재료 및 생산성, 구조 시스템 및 설계, 친환경 및 에너지, 시공 및 유지관리 별 연구 트렌드 조사
- 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 이용하여 본 기획과제 관련 연구 동향을 조사하였으며, 조사를 위한 주요 키워드는 “목조 건축물”, “목구조”, “목구조 건축”과 같음

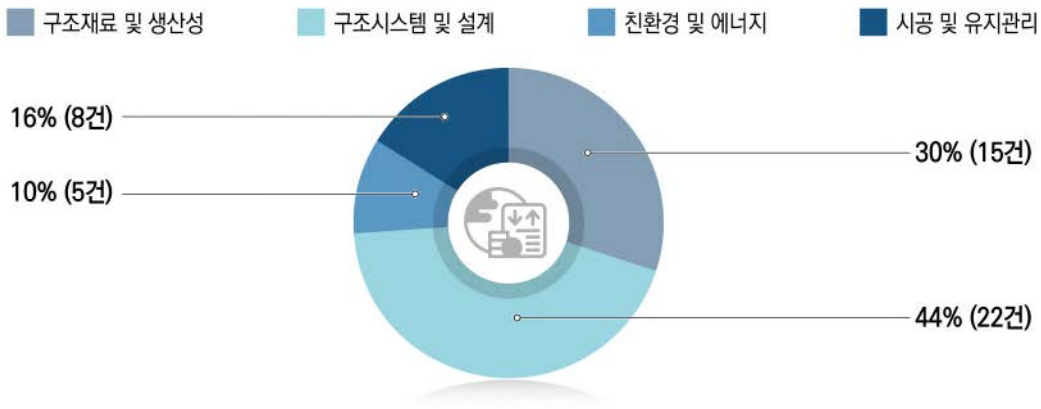


그림 2-77. 중점분야에 따른 연구 현황

- 도출된 연구 중 정부출연금 5,000만 원 이상의 연구를 대상으로 조사하였으며, 총 50개의 연구과제가 도출되었으며, “구조재료 및 생산성”, “구조 시스템 및 설계”, “친환경 및 에너지”, “시공 및 유지관리” 분야로 분류하였음
- 구조재료 및 생산성은 15건, 구조 시스템 및 설계는 22건, 친환경 및 에너지는 5건, 시공 및 유지관리는 8건으로 도출되었으며, 구조 시스템 및 설계 분야가 22건(44%)으로 가장 큰 비율을 차지하고 있음
- 각 연구의 착수 날짜를 기준으로 표현하면 그림 2-78과 같이 표현할 수 있으며, 1999년부터 2023년까지 연평균 2건의 연구가 착수되고 있음



그림 2-78. 연구 연도에 따른 연구 현황

- 또한, 추세선에 따라 연도가 2023년에 가까워질수록 연구 수가 증가하고 있어 시대의 트렌드에 맞추어 과제가 증가하고 있음을 확인할 수 있음
- 목조 건축물 관련 연구는 주로 1~3년(22건), 4~6년(23건) 단위의 기간으로 수행되었으며, 7~10년 단위의 과제는 5건 수행됨
- 50건의 연구를 정부출연금 현황 분포를 살펴보면, 100~499백만 원의 연구가 25건으로 가장 많이 수행되었음을 확인할 수 있음. 또한, 1,000백만 원 규모 이상의 연구가 11건 수행되었으며, 친환경 및 에너지 분야의 “목질 자원의 순환이용 및 환경저부담형 가공 기술”은 11,799백만 원의 정부출연금으로 가장 큰 규모로 수행되었음

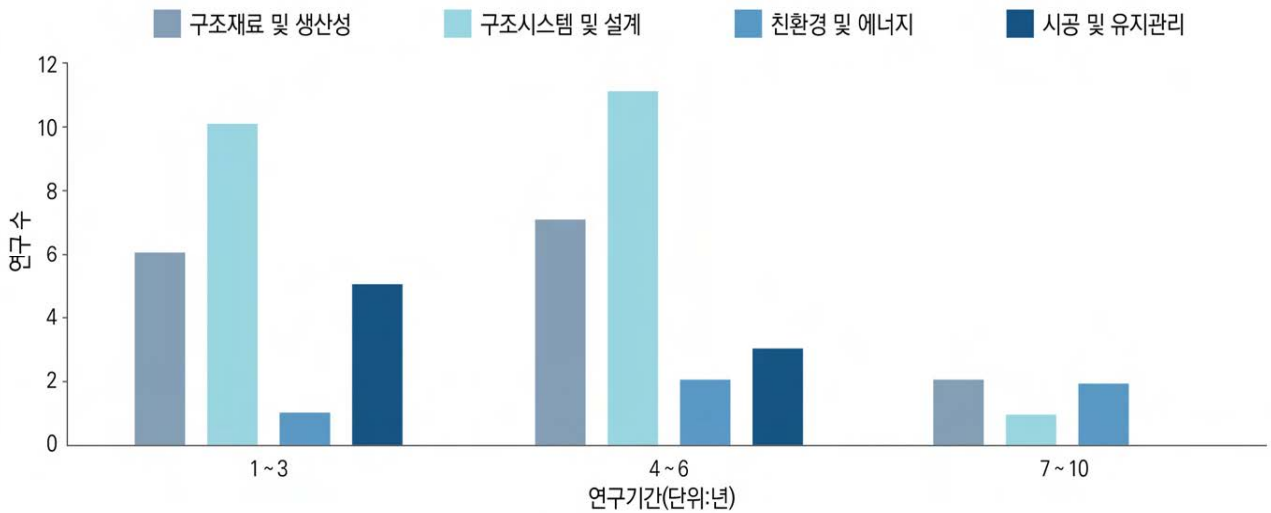


그림 2-79. 연구 기간에 따른 연구 현황

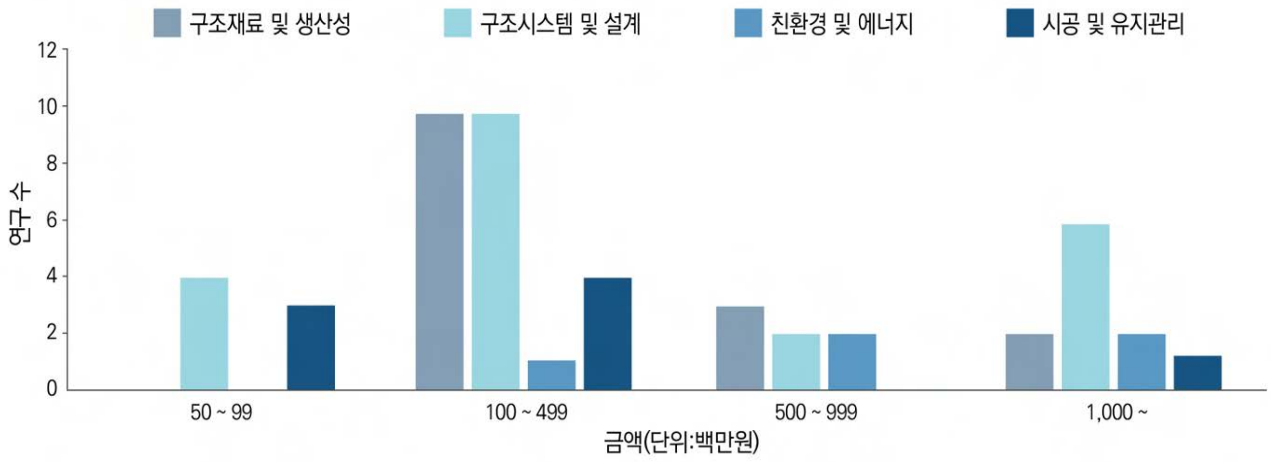
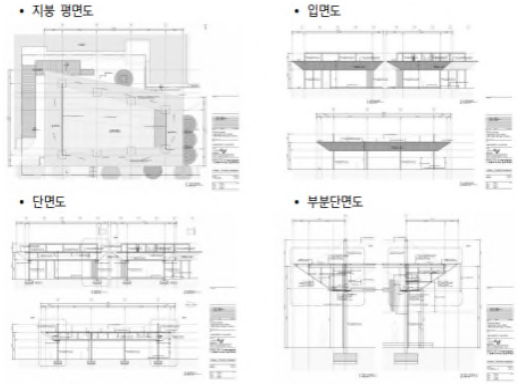


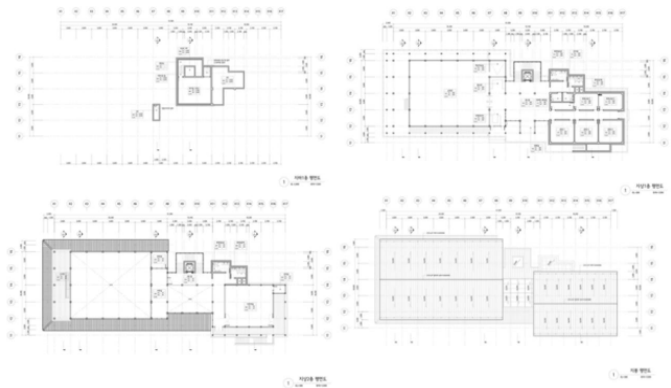
그림 2-80. 정부출연금에 따른 연구 현황

## 2장, 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 목조 건축물 관련 연구로 실증화까지 수행된 연구는 3건으로 조사되었으며, 실증화로 준공 완료된 건축물은 “서울시립대학교 개폐식 막구조”, “처인성 한옥역사교육관”, “한그린 목조관”임
- 모든 실증화 사업은 빌딩형 건축물에 해당하는 사업이 수행되었으며, 본 기획에서 제시하는 대공간 건축물에 관한 사례는 전무한 실정임. 또한, 서울시립대학교 개폐식 막구조는 주요 구조부재가 일반재료(강구조)로 되어 있으므로 목조 건축물과는 재료적 차이가 있음을 확인할 수 있음



(a) 서울시립대학교 개폐식 막구조<sup>83)</sup>



(b) 처인성 한옥역사교육관<sup>84)</sup>



(c) 한그린 목조관

그림 2-81. 실증화 사례<sup>85)</sup>

83) 국토교통과학기술진흥원(2023), 연성 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템 개발 최종보고서

84) 국토교통과학기술진흥원(2022), 10m급 대공간 한옥 설계·시공 기술개발

85) 국립산림과학원(2019), 고강도 하이브리드 부재를 이용한 대형 목조건축 구조 시스템 연구

- 2024년 산림청은 국산 목재를 활용한 환경친화적 중고층 목구조건축물 기술 실현을 위해 ‘국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발(산림청 공고 제2024-31호)’ 사업을 공고하였으며, 한국건설 기술연구원(주관) 및 충남대·연세대 등(참여)이 선정되었음
- 총 연구 기간은 33개월이며, 총 정부출연금은 7,334백만 원임
- 해당 사업은 (1) (총괄-설계) 시뮬레이션 기반 중고층 목구조물 기술개발, (2) (1세부-구조) OSC 기반 목구조건축 구조 시스템 개발, (3) (2세부-부재) 중고층 목구조물용 공학목재 기술개발, (4) (3세부-내화) 중고층 목구조물 성능 기반 화재 안전 기술개발, (5) (4세부-에너지) 에너지 모니터링 설비 기술개발로 구성됨
- 각 세부은 국산재 활용 중고층 목구조물 요소기술개발에 따른 현장 적용을 위한 성능 기반 설계기술개발 및 법·제도 등 인프라 구축(총괄), 중고층(13층 이상) 목구조물 구조 강화를 위한 연결철물 접합부 구조 기술개발(1세부), 중고층(13층 이상) 목구조물 내구성 강화 및 건축 단가 절감을 위한 부재 기술개발(2세부), 중고층(13층 이상) 목구조물의 화재 안전 확보를 위한 내화 처리 기술개발(3세부), 중고층(13층 이상) 목구조물 제로에너지 건축물(ZEB) 3등급 이상 구현 핵심 기술개발(4세부)을 연구 목표로 함

산림청 공고 제2024-31호

**‘국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발’ 사업**  
**2024년도 신규과제 선정계획 공고**

「산림과학기술 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 근거하여 국산 목재를 활용한 환경 친화적 중고층 목구조건축물 기술 실현을 위해 2024년도 ‘국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발’ 사업의 신규과제 선정계획을 공고합니다.

2024년 1월 23일  
산림청장

**1. 공모 분야**

**가. 기술지정 공모과제 (5개 과제, '24년도 2,000백만원)**

※ 연구개발과제의 목표와 내용을 지정한 제안요구서(RFP, 붙임1)를 참고하고 연구개발계획을 수립하여 제안(붙임2)

※ 과제수 및 예산 등은 정부예산 상황에 따라 변경될 수 있음

연번	공모과제명	총 연구기간 (당해 연구기간)	지원한도 (백만원)	
			당해	총
	합 계		2,000	7,334
1	[중고층 목구조물 요소기술 개발] (총괄-설계) 시뮬레이션 기반 중고층 목구조물 기술개발	24. 4.~26.12. (33개월) [24. 4.~24.12.] (9개월)	554	2,031
2	[중고층 목구조물 요소기술 개발] (세부-구조) OSC 기반 목구조건축 구조시스템 개발	24. 4.~26.12. (33개월) [24. 4.~24.12.] (9개월)	328	1,203

(a) 공고문

**1. 과제 제안요구서(RFP)**

과제명	(총괄-설계) 시뮬레이션 기반 중고층 목구조물 기술개발			
	사업명	국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발		
과제개요	내역사업명	중고층 목구조물 요소기술 개발		
	과제유형	연구기간	총 정부출연금	'24년 출연금
	응용	33개월	2,031백만 원	554백만 원

※ 제시된 과제명 및 예산은 가이드라인으로 연구자가 계획서 제출시, 연구방향에 맞춰 과제명의 구체화 및 예산조정 가능

연구목표	국산재 활용 중고층 목구조물 요소기술 개발에 따른 현장 적용을 위한 성능기반 설계기술 개발 및 법·제도 등 인프라 구축
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 본 사업에서 지원한 상호 연계된 과제에서 개발된 요소기술(구조, 부재, 내화, 에너지) 결합을 통한 중고층(13층 이상) 목구조물 설계도면 제작                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목구조물 고층화를 위한 국산 목재 기반 건축용 핵심 요소기술 종합(각 세부과제)</li> <li>○ 각 세부과제에서 개발된 요소기술을 결합하여 중고층(13층 이상) 목구조물 설계도면 제작</li> <li>○ 13층 이상 목구조물 표준모델 건축 설계 및 공사비, 공기 선정기준 정립</li> <li>· 설계기술 대상 부지 선정을 위해서는 반드시 산림청(한국임업진흥원)과 사전 논의를 해야 함</li> </ul> </li> <li>□ 중고층(13층 이상) 목구조물 BIM 기반 핵심 요소기술 시뮬레이션 검증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제작된 성능기반 설계도면 활용 BIM 기반 시뮬레이션 적용 및 구동</li> <li>○ 각 세부과제에서 개발된 요소기술을 결합하여 BIM기반 시뮬레이션 검증 실시</li> </ul> </li> <li>□ 중고층 목구조물 산업 확대를 위한 관련 지침 개정 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 성능위주 설계 기법의 국내 적용을 위하여 사용자 및 평가자를 위한 제도화 연구</li> <li>○ 목구조물 건축 관련 건축구조설계기준(KCS)과 표준시방서(KCS) 개정유망사항 및 필요사항 등 제시</li> </ul> </li> </ul>
연구팀 구성요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 중고층(13층 이상) 목구조물 설계 및 BIM기반 시뮬레이션이 가능한 연구기관 및 참여기관(건축설계사무소) 참여 필수                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 과제는 통합형으로 추진되는 과제로, 아래의 사항에 대한 숙지 및 내용 제시 필수                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제에 신청하고자 하는 주관기관은 1,2,3,4 세부과제의 주관기관과 연계하여 통합 컨소시엄 구성(자체 컨소시엄 구성 후 통합 선정평가 실시)</li> <li>- 본 과제의 연구책임기관은 각 연구 세부과제 총괄연계 운영 및 방향성 수립 역할 수행</li> <li>- 각 세부과제의 주관 및 참여기관을 포함하여 상세 연구 추진체계도 제시 필수</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
목표성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 성능기반 중고층 목구조물 설계도서 및 BIM 시뮬레이션 각 1건</li> <li>○ 중고층 목구조물 실증을 위한 건축구조설계기준(KDS)과 표준시방서(KCS) 개정</li> <li>○ 본 과제의 연구 성과물은 국가연구개발혁신법 제16조 제2항 제2호에 해당하여, 국가(산림청)에 귀속되는 것을 원칙으로 함</li> </ul>
활용계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 중고층 목구조물 실현을 위한 핵심 기반 활용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 향후 중고층 목구조물 실증 사업을 위한 기반 자료 활용</li> <li>○ 관련 법령 개정을 통한 중고층 목구조물 산업화 확산 발판 마련</li> </ul> </li> </ul>
Keyword	목구조물, 중고층 목구조물, 목구조 설계, BIM, 성능기반 설계, 표준모델 개발

(b) 과제 제안요구서(RFP)

그림 2-82. 국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발 과제 공고 및 제안요구서

## 1 구조재료 및 생산성

표 2-20. 구조재료 및 생산성 관련 연구 현황

번호	연구 기간		연구과제명	수행기관	전문기관	정부출연금 (단위: 백만 원)	실증
	시작	종료					
1	1999.05.	2003.05.	국산재를 이용한 건축 부재 개발	임업연구원	농림기술관리센터	120.0	-
2	2004.01.	2013.12.	국산재의 산업적 이용 촉진을 위한 고도 기술	국립산림과학원	산림청	6,828.0	-
3	2007.05.	2011.05.	삼나무 조림목의 이용 기술개발	서울대학교 산학협력단	산림청	365.0	-
4	2011.12.	2012.06.	한국형 목조건축 기술개발 및 산업화를 위한 기획연구	목포대학교 산학협력단	한국건설교통기술평가원	138.2	-
5	2012.06.	2016.05.	국산재를 이용한 교호집성재 개발 및 성능 평가	서울대학교 산학협력단	산림청	750.0	-
6	2013.06.	2016.05.	목조문화재 건축재료로서 황장목의 재질 특성 규명	강원대학교 산학협력단	한국연구재단	148.6	-
7	2013.06.	2016.05.	화상 연계법을 활용한 국산재의 역학적·물리적 특성 측정	전남대학교 산학협력단	한국연구재단	190.8	-
8	2015.11.	2018.10.	응력해석 기반 과열증기 이용 대단면 목재 무할렬 건조 기술개발	서울대학교 산학협력단	한국연구재단	150.8	-
9	2016.06.	2022.05.	각재적층목 하이브리드 건축 구조부재 개발	강원대학교 산학협력단	한국연구재단	270.1	-
10	2016.11.	2018.10.	단층영상합성법을 이용한 목재의 용이 정량화와 기계적 성능에 관한 연구	국립산림과학원	한국연구재단	100.0	-
11	2017.03.	2019.12.	국산재 합판을 CLT (Cross Laminated Timber)의 코어재로 사용한 Ply-lam의 개발 및 활용에 관한 연구	충남대학교 산학협력단	한국임업진흥원	588.0	-
12	2017.04.	2019.12.	한국형 목조건축 부자재산업 육성지원 사업	전북대학교 산학협력단	중소기업기술정보진흥원	1,311.5	-
13	2022.04.	2024.12.	옥외용 국산 목조건축 부재의 기능성 목재 처리 기술개발	전북대학교 산학협력단	한국임업진흥원	323.0	-
14	2022.06.	2025.05.	철근콘크리트 구조 건물(RC조) 바닥 슬라브의 복합 CLT화 연구	강원대학교 산학협력단	한국연구재단	174.1	-
15	2023.04.	2024.12.	난연약스 혼합소재 기반 화재확산지연 및 내구성이 강화된 개질처리 목재 개발	럼버원랩스(주)	한국산업기술기획평가원	500.0	-

## 2 구조 시스템 및 설계

표 2-21. 구조 시스템 및 설계 관련 연구 현황

번호	연구 기간		연구과제명	수행기관	전문기관	정부출연금 (단위: 백만 원)	실증
	시작	종료					
1	2000.09.	2003.08.	목조 고건축물의 안전성 평가에 관한 연구	서울대학교 산학협력단	한국과학재단	58.0	-
2	2008.01.	2010.12.	목조건축물의 내진성능 평가기술개발 3	방재연구소	소방방재청	720.0	-
3	2008.01.	2011.12.	국산재의 등급별 구조성능 평가 및 성능 기반 설계기준 개발	국립산림과학원	산림청	4,506.8	-
4	2011.01.	2014.12.	대형 목조건축물 구조 요소 개발	국립산림과학원	산림청	3,588.4	-
5	2011.05.	2014.12.	목조건축물의 공간구성 요소 위계와 analytic hierarchy process(AHP)에 의한 방재성능평가	경북대학교 산학협력단	한국연구재단	300.0	-
6	2013.06.	2016.05.	집성재 라멘 구조 접합 시스템의 개발	강원대학교 산학협력단	한국연구재단	148.6	-
7	2014.08.	2015.07.	목조 구조물의 접합부 보강재에 관한 기술개발	한국교통대학교 산학협력단	한국산업기술평가관리원	51.9	-
8	2015.01.	2018.12.	고강도 하이브리드 부재를 이용한 대형 목조건축물 구조 시스템 연구	국립산림과학원	국립산림과학원	2,988.6	○
9	2015.07.	2018.06.	디지털 축조 기술(digital fabrication)과 생태적 설계기법(generative design)을 이용한 전통 목조건축 지붕구조와 형태의 재구축	한양대학교	한국연구재단	150.3	-
10	2015.07.	2022.12.	연성 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템 개발	아이스트(주)	국토교통과학기술진흥원	5,511.0	○
11	2016.06.	2018.06.	350톤의 탄소 저감 확보를 위한 9층 목조건축물 공학목재-하이브리드 구조 시스템 적용 기술개발	세종대학교 산학협력단	국토교통과학기술진흥원	400.0	-
12	2017.04.	2021.12.	10m급 대공간 한옥 기술개발	명지대학교	국토교통과학기술진흥원	6,167.0	○
13	2019.01.	2019.12.	구조용집성재를 활용한 목조 모듈러 주택 개발	한국건설 기술연구원	국가과학기술 연구회	170.0	-
14	2020.04.	2022.12.	국산 판상재 기반 프리패브 전단벽 모듈 개발	경민산업(주)	한국임업진흥원	420.0	-
15	2020.04.	2022.12.	스마트 목조 슬라브 요소 구조성능평가	서울대학교 산학협력단	한국임업진흥원	314.0	-
16	2020.06.	2020.12.	목조건축물 구조설계 자동화를 위한 웹 플랫폼용 프로그램 개발	구조인디자인 연구소(주)	한국연구재단	100.0	-

번호	연구 기간		연구과제명	수행기관	전문기관	정부출연금 (단위: 백만 원)	실증
	시작	종료					
17	2020.12.	2022.12.	목구조 스마트 설계를 위한 AI 지식서비스 결합형 접합부 설계 프로그램 개발	구조인디자인 연구소(주)	중소기업기술정보진흥원	380.0	-
18	2021.05.	2023.12.	역사 문화환경 보존을 위한 H-BIM 지능형 목조건축 모델링 기술개발	한국전자통신 연구원	국립문화재연구원	6,170.1	-
19	2023.01.	2026.12.	친환경 교육시설물 축조를 위한 목구조 OSC 시스템 개발	국립산림과학원	국립산림과학원	542.4	-
20	2023.04.	2025.12.	고층 목조건축물 적용을 위한 국내산 목재의 표준 내화구조 개발	한국건설 기술 연구원	한국임업진흥원	225.0	-
21	2023.06.	2026.02.	비정형 목구조 건축을 위한 목재 접합 설계 프로세스 및 연결 금속 Joint 개발	한양대학교	한국연구재단	50.5	-
22	2023.09.	2028.02.	저탄소 장스팬·고층화 목조건축물의 성능 기반 설계를 위한 Steel-Timber 하이브리드구조의 데이터 플랫폼 구축	서울시립대학교	한국연구재단	95.0	-

### 3 친환경 및 에너지

표 2-22. 구조재료 및 생산성 관련 연구 현황

번호	연구 기간		연구과제명	수행기관	전문기관	정부출연금 (단위: 백만 원)	실증
	시작	종료					
1	2000.01.	2006.12.	친환경적 목재방부제 및 방부처리 방법 개발	임업연구원	산림청	967.0	-
2	2004.01.	2013.12.	목질 자원의 순환이용 및 환경저부담형 가공 기술	국립산림과학원	산림청	11,799.0	-
3	2009.04.	2012.04.	그린티이버울 패널의 개발	대림이앤씨(주)	농림수산식품기술기획 평가원	630.0	-
4	2022.01.	2026.12.	탄소 중립형 도시시설·건축물 목조화 확대 및 장수명화 연구	국립산림과학원	한국임업진흥원	1,000.0	-
5	2022.04.	2024.12.	목질화 리모델링 탄소중립 기여도 산출 프로세스 개발	사단법인 우디즘 목재이용연구소	한국임업진흥원	290.0	-

#### 4 시공 및 유지관리

표 2-23. 시공 및 유지관리 관련 연구 현황

번호	연구 기간		연구과제명	수행기관	전문기관	정부출연금 (단위: 백만 원)	실증
	시작	종료					
1	2006.03.	2011.11.	목조문화재의 생물피해 방제 기술개발	공주대학교	국립문화재연구소	2,170.0	-
2	2006.11.	2007.10.	패널화 목조건축공법의 현장 적용을 위한 트러스 생간 및 조립 기술개발	대림이앤씨(주)	중소기업기술정보진흥원	69.0	-
3	2010.05.	2013.04.	목재의 재료적 특성을 고려한 비파괴검사법의 적용을 통한 열화 평가	서울대학교	한국연구재단	288.0	-
4	2011.03.	2011.11.	목조건축물에 대한 저 산소처리 및 열처리 기술 효과판정 및 적용성 연구	국립문화재 연구소	국립문화재연구소	130.5	-
5	2011.08.	2011.12.	목조문화재 방염제 성능개선을 위한 기초연구	국립문화재 연구소	국립문화재연구소	95.5	-
6	2017.06.	2022.05.	목조건축 구조 안전성 및 보호 관리 시스템 개발	전남대학교	한국연구재단	250.0	-
7	2020.04.	2022.12.	스마트 목조 슬라브 생산 및 스마트 시공 기술개발	에스와이우드 (주)	한국임업진흥원	117.0	-
8	2021.10.	2022.10.	목조건축물의 곤충 피해 예방소재 개발	케이엘에스바이오(주)	중소기업기술정보진흥원	60.0	-

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3. 논문 환경분석

- 논문 동향을 분석하기 위하여 국외 논문의 경우 Web of Science 논문 검색 사이트에서 timber structure, wood structure, timber dome structure, wood dome structure, CLT, GLT, cross laminated timber, glued laminated timber, 8가지의 세부 키워드로 분류하여 조사하였음
- 논문 동향을 분석하기 위하여 국내 논문의 경우 KCI 논문 검색 사이트에서 목조건축물, 목조 돔, 목조건축, 목구조, cross laminated timber, glued laminated timber, 구조용 목재, 구조용집성재 8가지의 세부 키워드로 분류하여 조사하였음
- 국외 논문의 수와 국내 논문의 수를 해당 연도별로 나누어 각 연도(2005-2024) 별로 관련 논문의 발행 건수를 조사하였음

표 2-24. 논문 검색용 세부 키워드

구분	국외 논문	국내 논문
Key-words	1. timber structure 2. wood structure 3. timber dome structure 4. wood dome structure 5. CLT 6. GLT 7. cross laminated timber 8. glued laminated timber	1. 목조건축물 2. 목조 돔 3. 목조건축 4. 목구조 4. cross laminated timber 5. glued laminated timber 7. 구조용 목재 8. 구조용집성재

#### 1 국외 논문 동향

- 국내·외 목조 대공간 건축물과 관련된 논문 현황 조사 및 분석을 위해 중점분야 키워드를 기반으로 연도별/국가별 연구 트렌드 조사
- Document Type은 Article로 선택하였으며, 본 기획과제와 관련이 깊은 분야(categories)만 채택하였음(Engineering, Materials science, Construction building technology, Forestry, Environmental sciences ecology, Science technology other topics, Behavioral sciences)
- 1990년부터 2024년까지 총 3,122개의 논문이 발표되었으며, 이 중 2005년부터 2023년까지 총 3,041개의 논문을 분석하였고 2011년을 기점으로 관련 논문 및 인용 수가 점진적으로 증가하는 것을 확인할 수 있음
- 국가별로 중국(689건), 미국(419건), 캐나다(334건), 이탈리아(262건) 등으로 많은 논문을 보유하고 있으며, 한국(96건)은 15번째 많은 논문을 보유한 나라로 순위 되어 있음
- 이러한 추세는 전 세계적으로 목조건축물 및 구조용 목재에 관한 관심이 증가하고 있는 것으로 판단할 수 있지만, 관련 연구 선진국(중국, 미국, 캐나다 등)에 비해 학문적 실적이 매우 부족한 상황임

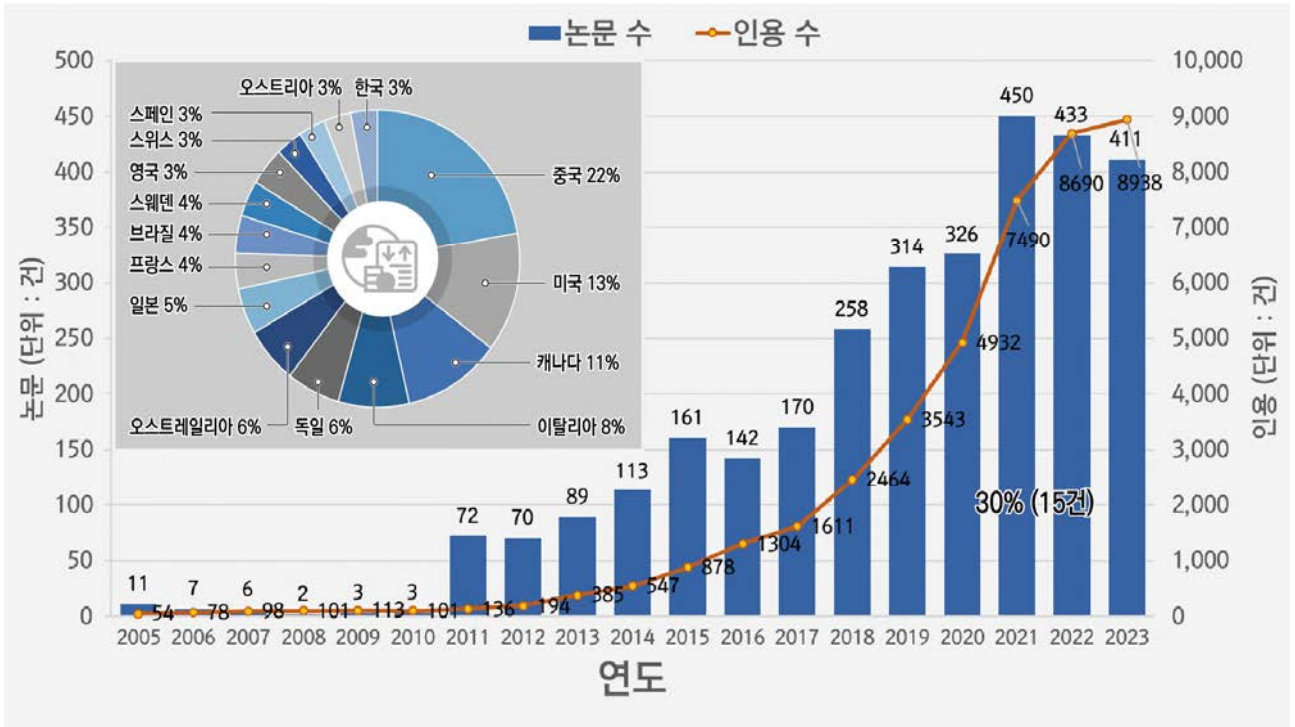


그림 2-83. 국가별 논문 투고 현황 및 연도별 논문 및 인용 현황(국외)

- 1
- 2 **장**  
기획연구과제의 수행 과정
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

- 아래 표는 목조건축물 및 구조용 목재에 관련된 국외 주요 논문 현황을 나타낸 것임

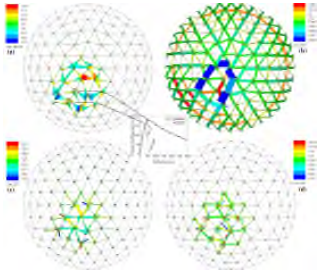
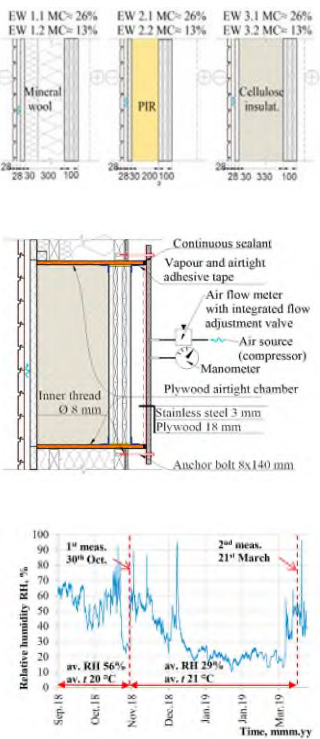
표 2-25. 국외 주요 논문 리스트


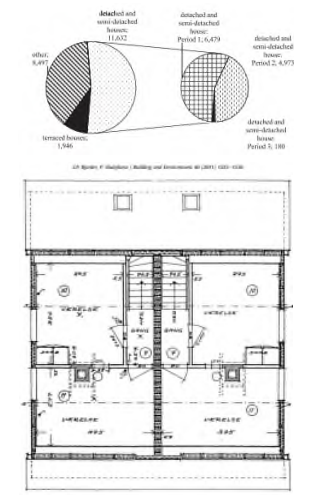
번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
1	Raftery, G. M., & Harte, A. M. (Composites Part B: Engineering /2011)	Low-grade glued laminated timber reinforced with FRP plate	Fibre-reinforced polymers (FRPs) are an accepted material by structural engineers for the strengthening of structural elements. This paper describes an experimental programme which examines the reinforcement in flexure of low-grade glued laminated timber (glulam) with a commercially attractive recyclable FRP. Unreinforced glulam beams, FRP plate reinforced glulam beams, unreinforced glulam beams incorporating an additional sacrificial lamination and FRP plate reinforced glulam beams, which had a sacrificial lamination bonded beneath the FRP plate, were fabricated and tested in flexure. The unreinforced glulam demonstrated linear elastic behaviour and exhibited brittle tensile-flexural failures in comparison to the pseudo-ductile behaviour of the reinforced beams. The addition of reasonable reinforcement percentages strategically located in the tension zone resulted in moderate enhancements in the stiffness while more significant improvements in the ultimate moment capacity were obtained.	
2	Ceccotti, A., Sandhaas, C. 외 2 (Earthquake Engineering & Structural Dynamics/2013)	SOFIE project-3D shaking table test on a seven-storey full-scale cross-laminated timber building	During the design process of these multi-storey buildings, also their earthquake behaviour has to be addressed, especially in seismic-prone areas such as Italy. However, limited knowledge on the seismic performance is available for this innovative massive timber product. On the basis of extensive testing series comprising monotonic and reversed cyclic tests on X-lam panels, a pseudodynamic test on a one-storey X-lam specimen and 1D shaking table tests on a full-scale three-storey specimen, a full-scale seven-storey building was designed according to the European seismic standard Eurocode 8 and subjected to earthquake loading on a 3D shaking table. The building was designed with a preliminary action reduction factor of three that had been derived from the experimental results on the three-storey building. The outcomes of this comprehensive research project called 'SOFIE - Sistema Costruttivo Fiemme' proved the suitability of multi-storey X-lam structures for earthquake-prone regions. The tests provided useful information for the seismic design with force-based methods as defined in Eurocode 8, that is, a preliminary experimentally based action reduction factor of three was confirmed. Valid, ductile joint assemblies were developed, and their importance for the energy dissipation in buildings with rigid X-lam panels became evident.	

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
3	Dodoo, A., Gustavsson, L. 외 1 (Energy and buildings/2014)	Lifecycle carbon implications of conventional and low-energy multi-storey timber building systems	<p>A consequential-based lifecycle approach is used here to explore the carbon implications of conventional and low-energy versions of three timber multi-storey building systems. The building systems are made of massive wood using cross laminated timber (CLT) elements; beam-and-column using glulam and laminated veneer lumber (LVL) elements; and prefabricated modules using light-frame volume elements. The analysis encompasses the entire resource chains during the lifecycle of the buildings, and tracks the flows of carbon from fossil energy, industrial process reactions, changes in carbon stocks in materials, and potential avoided fossil emissions from substitution of fossil energy by woody residues. The results show that the low-energy version of the CLT building gives the lowest lifecycle carbon emission while the conventional version of the beam-and-column building gives the highest lifecycle emission. Compared to the conventional designs, the low-energy designs reduce the total carbon emissions (excluding from tap water heating and household and facility electricity) by 9%, 8% and 9% for the CLT, beam-and-column and modular systems, respectively, for a 50-year lifespan located in Växjö. The relative significance of the construction materials to the fossil carbon emission varies for the different energy-efficiency levels of the buildings, with insulation dominating for the low-energy houses and plasterboard dominating for the conventional houses.</p>	<p>The figure consists of two parts. The top part is a flowchart titled 'Energy equity system' showing the flow from 'Full energy chain accounting, including construction / fuel cycle losses' through 'Production stage' (Logistics, processing and transport of materials; Energy intensity from industrial processes; On-site construction work), 'Operation stage' (Space heating; Electricity for ventilation; Tap water heating; Electricity for household and facility management), and 'End-of-life stage' (Construction; Energy intensity from wood; Recycling of concrete and steel; Recycling of timber; High energy use). The bottom part is a bar chart comparing 'Final energy use (kWh/m² floor area year)' for 'Conventional' and 'Low-energy' systems across three climate zones: Växjö, Östervad, and Kilsås. The chart shows that low-energy systems generally have lower energy use. Below the bar chart is a line graph showing 'Million m³ stem volume over back' from 1950 to 2110, comparing 'Emissional scenario', 'Production scenario', 'Reference scenario', and 'Historical data'.</p>
4	Gavric, I., Fragiacomo, M. 외 1 (Journal of structural engineering /2015)	Cyclic Behavior of CLT Wall Systems: Experimental Tests and Analytical Prediction Models	<p>An experimental program was performed at IVALSA Trees and Timber Institute on single and coupled cross-laminated (CLT) wall panels with different anchoring systems and different types of joints between adjacent panels. The mechanical properties of CLT walls were assessed and are critically discussed in the paper. The connector layout and the design of the screwed vertical joints were found to markedly affect the overall behavior of the structural system. The in-plane deformations of CLT panels were almost negligible, whereas concentration of forces and deformations mainly occurred in the connections. Advanced analytical models for nonlinear pushover analysis of CLT wall systems were developed and verified against test results. The models take into account all stiffness and strength components of connectors, as well as the bending and shear deformation of the panels. A parametric study of CLT wall systems with different aspect ratios and wall segmentation was performed, showing that segmentation of CLT walls decreases their stiffness and strength but significantly improves their deformation capacity.</p>	<p>The figure shows two cyclic behavior graphs. Graph (a) is labeled '(a)' and shows 'Force [kN]' vs 'Displacement [mm]' for 'Wall III.7'. The force-displacement curve shows a hysteresis loop with a peak force of approximately 100 kN and a displacement of about 80 mm. Graph (c) is labeled '(c)' and shows 'Force [kN]' vs 'Displacement [mm]' for 'Wall I.1'. The force-displacement curve shows a hysteresis loop with a peak force of approximately 80 kN and a displacement of about 80 mm.</p>

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
5	Dietsch, P. 외 1 (Construction and Building Materials/2015)	Self-tapping screws and threaded rods as reinforcement for structural timber elements – A state-of-the-art report	<p>In timber engineering, self-tapping screws, optimized primarily for axial loading, represent the state-of-the-art in fastener and reinforcement technology. Their economic advantages and comparatively easy handling make them one of the first choices for application in both domains. This paper focuses on self-tapping screws and threaded rods applied as reinforcement, illustrating the state-of-the-art in application and design approaches in Europe, in conjunction with numerous references for background information. With regard to medium to large span timber structures which are predominately erected by using linear timber members, from e.g. glued laminated timber, the focus of this paper is on their reinforcement against stresses perpendicular to grain as well as shear. However, latest findings with respect to cross laminated timber are included as well.</p>	<p>             Cross-laminated timber (CLT) diagrams showing shear flow and holding shear strength.               <math>k_{90} = 1.0 \cdot k_{90}</math>   <math>k_{90} = 0.7 \cdot k_{90}</math> </p>
6	Brandner, R. 외 4 (European Journal of Wood and Wood Products /2016)	Cross laminated timber (CLT): overview and development	<p>Making use of general information concerning the product's development and global market, the state of knowledge is briefly outlined, including the newest findings and related references for background information. In view of ongoing global activities, a significant rise in production volume within the next decade is expected. Prerequisites for the establishment of a solid timber construction system using CLT are (1) standards comprising the product, testing and design, (2) harmonized load-bearing models for calculating CLT properties based on the properties of the base material board, enabling relatively fast use of local timber species and qualities, and (3) the development of CLT adequate connection systems for economic assembling and an increasing degree of utilization regarding the load-bearing potential of CLT elements in the joints. The establishment of a worldwide harmonized package of standards is recommended as this would broaden the fields of application for timber engineering and strengthen CLT in competition with solid-mineral based building materials.</p>	<p>             MINIMUM walls, secondary constructions: e.g. 17 17 17 mm, 3 layers                           STANDARD walls, floors (span ≤ 5.5 m): e.g. 40 20 40, 180 mm, 5 layers                           MAXIMUM floors, bridge decks: e.g. 2x40 30 60 30 40, 400 mm, 11 layers                           CLT GLT rib floor, CLT UHPP/steel I-beam trapezoidal cross section, CLT GLT CLT box girder, CLT concrete comp. floor         </p>
7	Pierobon, F. 외 3 (Journal of Building Engineering /2019)	Environmental benefits of using hybrid CLT structure in midrise non-residential construction: An LCA based comparative case study in the U.S. Pacific Northwest	<p>In this study, the cradle-to-gate environmental impact of a hybrid, mid-rise, cross-laminated timber (CLT) commercial building is evaluated and compared to that of a reinforced concrete building with similar functional characteristics. This study evaluates the embodied emissions and energy associated with building materials, manufacturing, and construction. Two alternative designs are considered for fire protection in the hybrid CLT building: 1) a 'fireproofing design', where gypsum wallboard is applied to the structural wood; and 2) a 'charring design', where two extra layers of CLT are added to the panel. The life cycle environmental impacts are assessed using TRACI 2.1 and the total primary energy is evaluated using the Cumulative Energy Demand impact method.</p>	<p>             SYSTEM BOUNDARY (CRADLE-TO-GATE)                           PRODUCT STAGE: Material extraction, Manufacturing                           CONSTRUCTION STAGE: Construction                           Bar chart showing embodied energy (MJ/m²) and emissions (kg CO2e/m²) for different building designs.         </p>

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
			<p>Results show that an average of 26.5% reduction in the global warming potential is achieved in the hybrid CLT building compared to the concrete building, excluding biogenic carbon emissions. Except ozone depletion, where the difference in impact between scenarios is &lt;1%, replacing fireproofing with charring is beneficial for all impact categories. The embodied energy assessment of the building types reveals that, on average, the total primary energy in the hybrid CLT buildings and concrete building are similar. However, the non-renewable energy (fossil-based) use in the hybrid CLT building is 8% lower compared to that of the concrete building. As compared to the concrete building, additional 1,556 tCO<sub>2e</sub> and 2,567 tCO<sub>2e</sub> are stored in the wood components of the building (long-term storage of biogenic carbon) in the scenario with fireproofing and with charring, respectively.</p>	
8	Manuello, A. (Journal of Structural Stability and Dynamics /2020)	Semi-Rigid Connection in Timber Structure: Stiffness Reduction and Instability Interaction	<p>Recently, the stiffness connections were studied, numerically and experimentally, as one of the most important factors influencing significantly the structural response of space structures and domes. Very often, in the design process, the joints are assumed to be hinged or clamped. This assumption may result significantly far from the actual condition of in-service structure and components, leading to not understanding or not being able to prevent sudden catastrophic collapses (buckling, snap-through). Thus, the inclusion of joint stiffness reduction in the numerical model is necessary, more and more also due to the types of external loads, such as overloads that occur during the life of the structure or, especially, seismic solicitations. In this paper, the stability of an existent timber dome has been studied increasing the yieldingness of the connecting nodes according to an original approach. In addition, sensitivity of this kind of structure to the amplitude and the geometrical imperfections shape have been also considered. Numerical analyses have been conducted with local displacement controls, to take into account the geometric nonlinearity effects. Results evidenced that the dome is affected by instability interaction for particular slenderness and stiffness reduction of the connections.</p>	
9	Shu, Z. 외 5 (Archives of Civil and Mechanical Engineering /2020)	Bolted joints for small and medium reticulated timber domes: experimental study, numerical	<p>This paper proposes a new type of bolted glulam joint for small-span and medium-span reticulated timber dome structures. The joint fastens the timber elements and the angled slotted-in steel plates together with steel bolts. Reasonably simplified experiments were designed and conducted to understand the mechanical properties of the proposed joint. Finite element models were also developed and calibrated with the tested results. A four-line model was provided to explain the mechanical properties of the joints, which were observed from</p>	

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
		simulation, and design strength estimation	<p>the tests and simulations. To facilitate the future use of the proposed joint, theoretical derivations were provided to estimate its mechanical features. According to the estimation equations, bilinear moment-rotation curves could be easily obtained for the joints with different wood species, member sizes, joint designs, and/or bolt diameters. Finally, full-size structural models were created to investigate the static stability of K6 single-layered reticulated timber domes with the proposed joints. The influences on the ultimate structural stability capacity from the span, the rise-to-span ratio, the joint model (i.e., stiffness), the initial geometric imperfection introduced from the construction, and the load distribution were systematically investigated.</p>	
10	Villu, K. 외 3 (Journal of Building Engineering /2021)	Airtightness of cross-laminated timber envelopes: Influence of moisture content, indoor humidity, orientation, and assembly	<p>Decrease in the relative humidity (RH) of the indoor air causes cracks in the cross-laminated timber (CLT) surface resulting in air leakages in the CLT panel. The effect of construction moisture on CLT air tightness properties is not clearly defined, which is important for moisture safe construction. The aim of this study was to investigate the effect of high MC on CLT air tightness properties compared to conventional factors such as indoor RH change, insulation type and façade orientation. An air permeability test was carried out on 12 different test walls with CLT as the airtight layer exposed to indoor environmental conditions. Test walls were constructed from CLT panels with two different initial moisture content (MC) values, <math>\approx 13\%</math>, and <math>\approx 26\%</math>, and in addition, different insulation materials were used in the wall assemblies: mineral wool, cellulose wool and polyisocyanurate (PIR) plates. Air leakage measurements were carried out at two different times, first in mid-autumn and second at the end of winter. Based on the results of this research it was concluded that high initial moisture content in the CLT panels significantly weakens the airtightness of the external wall. CLT exposure to water and wetting the CLT panels during construction carries more than a risk of moisture damage, and the planning and implementation of moisture safety in the construction of CLT buildings is therefore essential if the CLT is to be considered as an airtight layer. The effect of a change in indoor RH is small on the air permeability properties of the CLT wall. Therefore the 5-layer CLT panel can be considered and used as an air-tight layer in external wall construction as long as its initial low moisture content (about 13%) is maintained during both construction and service life.</p>	

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
11	Zheng, W. 외 5 (Environmental Technology & Innovation /2022)	Effect of the envelope structure on the indoor thermal environment of low-energy residential building in humid subtropical climate: In case of brick-timber vernacular dwelling in China	The brick-timber structure plays a crucial role in creating a comfort indoor thermal environment for low-energy vernacular dwellings. Herein, the thermal environment of the dwelling was studied by DesignBuilder software and evaluated using Adaptive Predicted Mean Vote (APMV) index. These results revealed that the indoor damp and cold feelings intensified in winter, and the mountain as a natural wind barrier weakened the attack of the prevailing wind in winter. These results led that the wind speed of the tested room was lower than 0.1 m/s. The thermal comfort satisfactory days in a year accounts for 56.2%, and the overall level of indoor thermal environment was low in the rest of the year, especially in winter. The simple structure of the exterior envelope and the single material were the main reasons for the poor indoor thermal environment of naturally ventilated buildings. Therefore, optimization strategies such as increasing the insulation materials of the envelope and adopting insulating glass windows were proposed. Compared to that before the retrofitting, the overall thermal environment grade of the vernacular dwelling has been improved by 4.7% (grade I), -0.3% (grade II) and -4.3% (grade III), respectively. The poor thermal performance and airtightness of the envelope easily lead to the negative effect of outdoor cold, heat and water vapor entering the house, which affects the thermal environment grade. These conclusions provided a reference for the optimization of the thermal environment of existing low-energy vernacular dwellings in subtropical humid climate areas.	
12	S,P,Bjarlov. 외 1 (Building and Environment /2011)	The potential and need for energy saving in standard family detached and semi-detached wooden houses in arctic Greenland	The paper gives an account of the potential and need for energy saving in standard family detached and semi-detached wooden houses in Greenland. It is based on studies of house construction compared with Building Regulation requirements and the spread of buildings over time. In the climatic conditions of Greenland, there is considerable potential for energy saving in houses due to their construction, shape and condition. To estimate the total potential for energy saving and thus reducing CO <sub>2</sub> emissions, we carried out a detailed investigation of three typical standard semi-detached family houses (type 18D). Temperature, relative humidity and air tightness were measured, and thermal bridges were determined from drawings, visual inspection, and by using a thermal camera. The findings show a current energy consumption of up to 383 kWh/m <sup>2</sup> for heating, poor air tightness, a large number of thermal bridges, and high indoor temperatures. We demonstrate a potential for a reduction in CO <sub>2</sub> emission by a factor of 10. Finally, the paper describes a practical way of reducing thermal bridges significantly, increasing air tightness, upgrading insulation and adding mechanical ventilation to approximately half of the housing stock without changing the architectural expression or having to relocate the occupants during the renovation.	

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2 국내 논문 동향

- 국내 목조 대공간 건축물과 관련된 논문 현황 조사 및 분석을 위해 중점분야 키워드를 기반으로 연도별 연구 트렌드 조사
- 조사 대상은 국내 학술 논문 중 KCI에 등재된 논문으로 한정하여 조사하였음
- 2002년부터 2024년까지 총 204개의 논문이 발표되었으며, 이 중 2005년부터 2023년까지 총 193개의 논문으로 분류하였음
- 193개 논문의 주제 분류 중 연구 주제와 연관성이 떨어지는 16.7%(인문학, 사회과학, 자연과학)의 34개 논문을 제외한 83.3%(공학, 농수해양, 예술 체육, 복합학)의 170개 논문으로 분류하였음

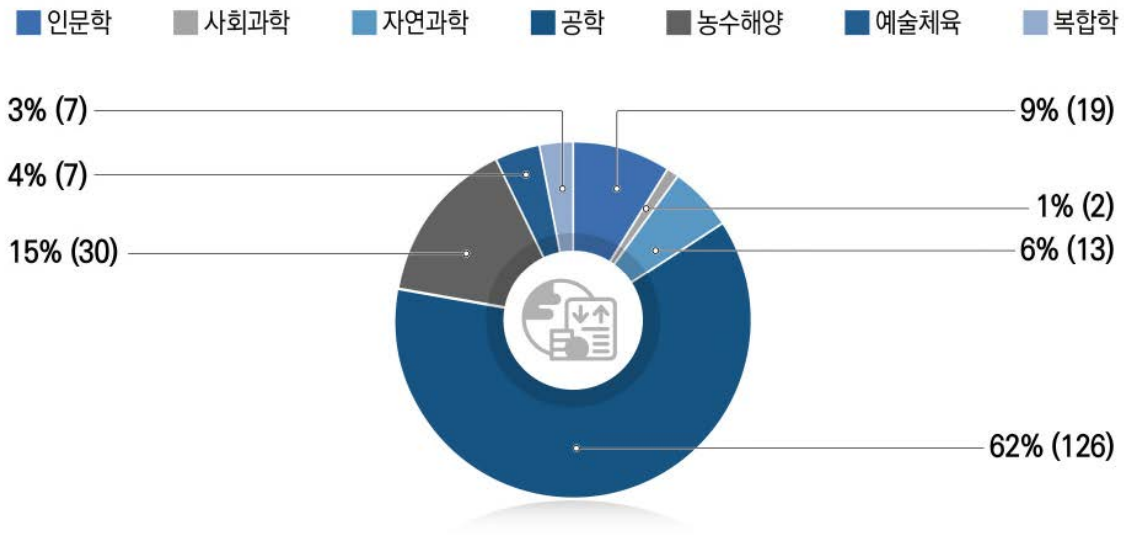


그림 2-84. 주제 분류별 논문 수

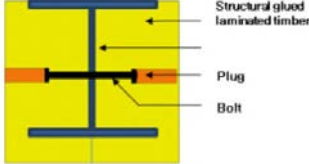
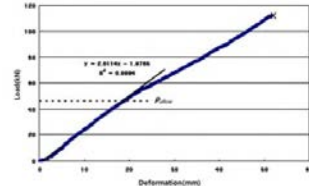

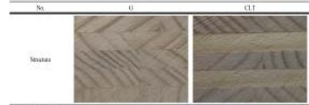
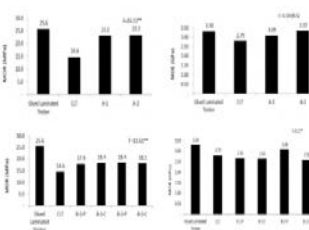
- 170개 논문의 중분류 중 연구 분야와 연관성이 떨어지는 8.24%(예술 일반, 조경학, 농학, 컴퓨터학, 기계공학, 디자인, 전자/정보통신공학)의 14개 논문을 제외한 91.76%(건축공학, 공학, 임학, 학제간 연구, 토목공학, 안전공학, 기타공학, 공학 일반)의 156개 논문을 분석하였음



그림 2-85. 연도별 논문 및 인용 현황(국내)

- 앞서 언급한 국외의 관련 논문 및 인용 수가 점진적으로 증가하는 반면 국내 논문 및 인용 수가 감소하는 추세인 것을 보았을 때, 현재 우리나라의 목조건축물 및 구조용 목재에 관한 연구는 국외 대비 현저히 부족한 것으로 조사됨
- 아래 표는 목조건축물 및 구조용 목재에 관련된 국내 주요 논문 현황을 나타낸 것임

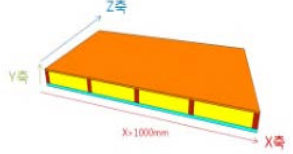
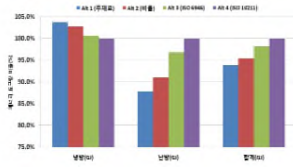

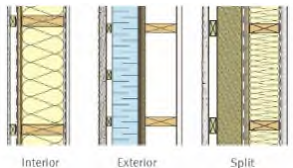
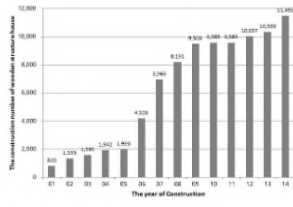
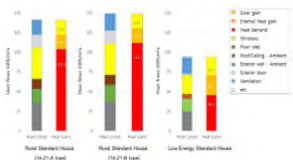
표 2-26. 국내 주요 논문 리스트

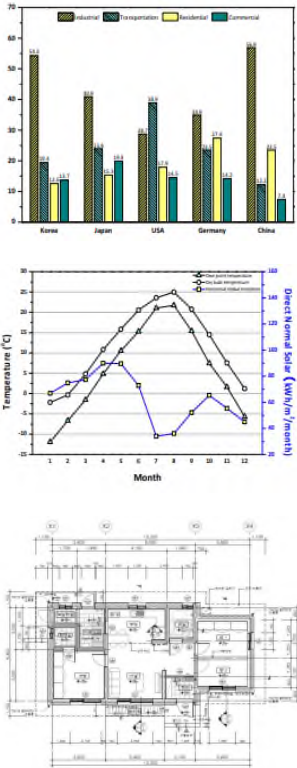
번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지																																																																			
1	장상식 외 3 (목재 공학/2009)	구조용 강철과 구조용집성재 복합재료 보의 역학적 성질	목재를 이용한 구조의 효율적인 사용은 자원의 낭비를 줄이고 세계 환경을 보호할 수 있다. 이 연구는 대단면 목조건축을 위해 강재와 구조용집성재를 이용한 내화성을 지닌 복합재료의 개발을 목적으로 한다. 내화 시험에 앞서 구조용 강재와 구조용집성재를 이용한 복합재료의 휨강도 특성을 확인하고자 한다. 구조용 강재 보(H type)와 구조용집성재 보, 구조용 강재와 구조용집성재를 이용한 복합재료 보의 휨 시험을 시행하였다. 구조용 집성재 간의 접착제로는 레졸시놀계를 사용하였으며 구조용 강재와 구조용집성재 간의 접착제로는 폴리우레탄 수지를 사용하였다. 휨 시험은 KS F 2150에 의거하여 시행하였으며 각각의 평균 최대하중은 복합재료가 137.5 kN, 구조용집성재가 106.5 kN, 구조용 강재가 48 kN을 나타내었다. 구조용집성재가 높은 휨 탄성력을 지니고 있기 때문에 복합재료를 사용할 경우 구조적 안정성을 부여할 뿐 아니라 친환경적인 재료로 이용될 수 있을 것이다.	 																																																																			
2	손동원 외 3 (한국주거학회 논문집/2014)	난연처리 제재목으로 제조한 구조용집성재의 강도 성능 평가	최근 목재 이용에 대한 소비자의 요구가 다양화되면서 목조 주택뿐만 아니라 공공건물 및 놀이시설 등에 고내구성 집성재에 대한 시장수요가 증가할 것으로 예상된다. 본 연구는 국산 낙엽송으로 제조한 구조용집성재에 적합한 난연처리 기술개발 및 기준을 정립하기 위한 목적으로 수행되었다. 난연 처리된 국산 낙엽송 제재목을 이용하여 구조용집성재를 제조하고 제조 후 집성재에 미치는 영향을 조사하였다. 낙엽송 난연처리재의 경우 구조용집성재의 강도 조건에는 만족하였으나 난연제 처리에 의한 강도적인 감소와 박리 발생 등은 개선될 필요가 있었다. 집성재의 제조 후 주입식 난연처리 혹은 도포식 난연처리 기술개발이 요구되었다.	 <table border="1" data-bbox="1753 837 2060 933"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>MOR (MPa)</th> <th>Untreated lumber</th> <th>Treated lumber</th> <th>Grade</th> <th>MOR (MPa)</th> <th>Untreated lumber</th> <th>Treated lumber</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>14.5 E</td> <td>1</td> <td>36</td> <td>1</td> <td>12.5 E</td> <td>4</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.5 E</td> <td>14</td> <td>19</td> <td>2</td> <td>10.5 E</td> <td>12</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>11.5 E</td> <td>12</td> <td>28</td> <td>4</td> <td>9.5 E</td> <td>10</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10.5 E</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>8.5 E</td> <td>9</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>E</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>E</td> <td>8</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1753 957 2060 1029"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Properties</th> <th colspan="2">Korean pine</th> <th colspan="2">Larch</th> </tr> <tr> <th>Untreated</th> <th>Treated</th> <th>Untreated</th> <th>Treated</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MOR (N/mm²)</td> <td>46.93</td> <td>49.47</td> <td>43.25</td> <td>58.33</td> </tr> <tr> <td>MOE (N/mm²)</td> <td>13,388</td> <td>15,881</td> <td>18,323</td> <td>19,672</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	MOR (MPa)	Untreated lumber	Treated lumber	Grade	MOR (MPa)	Untreated lumber	Treated lumber	1	14.5 E	1	36	1	12.5 E	4	6	2	12.5 E	14	19	2	10.5 E	12	18	3	11.5 E	12	28	4	9.5 E	10	21	4	10.5 E	11	13	0	8.5 E	9	4	5	E	10	6	0	E	8	3	Properties	Korean pine		Larch		Untreated	Treated	Untreated	Treated	MOR (N/mm²)	46.93	49.47	43.25	58.33	MOE (N/mm²)	13,388	15,881	18,323	19,672
Grade	MOR (MPa)	Untreated lumber	Treated lumber	Grade	MOR (MPa)	Untreated lumber	Treated lumber																																																																
1	14.5 E	1	36	1	12.5 E	4	6																																																																
2	12.5 E	14	19	2	10.5 E	12	18																																																																
3	11.5 E	12	28	4	9.5 E	10	21																																																																
4	10.5 E	11	13	0	8.5 E	9	4																																																																
5	E	10	6	0	E	8	3																																																																
Properties	Korean pine		Larch																																																																				
	Untreated	Treated	Untreated	Treated																																																																			
MOR (N/mm²)	46.93	49.47	43.25	58.33																																																																			
MOE (N/mm²)	13,388	15,881	18,323	19,672																																																																			
3	최철 외 5 (목재 공학/2015)	합판을 코어로 사용한 교호 집성재의 물리·기계적 성질	본 연구는 기존에 제조되었던 교호 집성재의 휨강도의 단점을 보완하고 새로운 특성을 가진 교호 집성재 즉, 합판을 코어로 이용한 집성재가 가진 기계적강도의 효과를 알아보기 위해 수행되었다. 집성재와 합판의 구성 방법, 적층 방향에 따라 그 값을 비교하였으며, 그에 따른 휨강도와 탄성계수를 측정하여 분석한 결과, 중심부를 집성판과 합판을 혼합하여 구성한 합판 코어 집성재의 휨강도(MOR) 값이 59.6% 강도가 향상되어 교호 집성재 구조 대조군보다는 우수하고, 집성재 구조 대조군과는 유사한 강도를 나타냈다. 휨 탄성계수(MOE)는 합판 코어 집성재의 구조 및 적층 방향성에 상관없이 모두 집성재 구조 대조군과 유사한 MOE 값을 나타냈다. 치수 안정성 실험에서는 합판을 코어에 사용한 합판 코어 집성재가 합판 사용으로 인하여, 수축 팽창률 모두 집성재와 교호 집성재 구조 대조군에 비해서 더 안정적인 것으로 나타났다.	 																																																																			

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지																																																																																																																																																																			
4	장윤성 외 6 (목재 공학/2016)	국산 구조용집성재의 환경부하 정량화를 위한 온실가스 배출량 분석	본 연구의 목적은 국산 구조용집성재를 대상으로, 제조과정의 탄소배출을 정량화하고 탄소배출 저감방안을 제시하는 것이다. 총 2개소의 구조용집성재 제조업체를 대상으로 원료, 수송, 제조 공정, 제조에 의한 에너지소비량 등을 현장 실사하였다. 현장에서 수집한 자료 및 구축된 전과정목록과 같은 관련 문헌을 토대로 단위부피당 탄소배출을 정량화하였다. 국산 구조용집성재의 제재 및 건조, 집성 공정별 온실가스 배출 결과는 각각 31.0, 109.0, 94.2 kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>3</sup> 으로 나타났다. 수입 구조용집성재와 비교하였을 때 약 13% 온실가스를 적게 배출하는 것으로 나타났다. 또한 기존의 건조 에너지를 바이오매스로 전환 시에는 기존 대비 37%의 온실가스를 감축하여 친환경성을 제고할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 결과는 향후 목조주택의 환경성을 규명하기 위한 전과정평가 수행 시, 투입된 목재제품의 전과정목록분석을 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.	 																																																																																																																																																																			
5	장성진 외 3 (한국생활환경 학회지/2018)	국내 기후조건을 고려한 CLT 목조주택의 건물 에너지 요구량 평가	The building energy demands of the CLT wooden houses were evaluated based on the energy-saving design standards in 14 domestic cities. Outdoor climate data of 14 cities obtained from Meteororm 7.2 climate data calculation program. In the case of Gangneung, the annual heating energy demand is 31.93 kWh/m <sup>2</sup> a, which is 18.97 kWh/m <sup>2</sup> a less than Seosan, which is divided into the same regional classification. In addition, the demand for cooling and heating energy in Gangneung (central region 2) and Busan (southern region) was lower than the demand for cooling and heating energy in the Jeju region. The difference in energy demand indicates that excessive insulation design is required for Gangneung and Busan compared to other cities. This means that it is necessary to review the energy-saving design standards based on the weather data and building energy demand in each city. In this study, the regional classification considering the thermal environment condition of each city was derived, and the insulation performance criterion for each regional classification was suggested.	<table border="1" data-bbox="1758 662 2060 805"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Regional Classification</th> <th rowspan="2">Class</th> <th colspan="5">Load (kWh/m<sup>2</sup>a)</th> </tr> <tr> <th>Heating</th> <th>Cooling</th> <th>Light</th> <th>Power</th> <th>Other</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Central 1</td> <td>Chungcheong-Myeonggi</td> <td>0.15</td> <td>0.15</td> <td>0.15</td> <td>0.07</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Gangwon-do</td> <td>0.17</td> <td>0.15</td> <td>0.17</td> <td>1.0</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Seoul</td> <td>0.22</td> <td>0.18</td> <td>0.22</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Southern</td> <td>Busan</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Jeju</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1758 821 2060 949"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Envelope</th> <th rowspan="2">TETZ</th> <th colspan="4">T1</th> <th colspan="4">T2</th> <th colspan="4">T3</th> <th colspan="4">T4</th> </tr> <tr> <th>W1</th><th>W2</th><th>W3</th><th>W4</th> <th>W1</th><th>W2</th><th>W3</th><th>W4</th> <th>W1</th><th>W2</th><th>W3</th><th>W4</th> <th>W1</th><th>W2</th><th>W3</th><th>W4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wall</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>Roof</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>Floor</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> <td>0.15</td> <td>0.18</td> <td>0.23</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>Window</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>1.5</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>1.5</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>1.5</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Door</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table> 	Regional Classification	Class	Load (kWh/m <sup>2</sup> a)					Heating	Cooling	Light	Power	Other	Central 1	Chungcheong-Myeonggi	0.15	0.15	0.15	0.07	1.4	Gangwon-do	0.17	0.15	0.17	1.0	1.4	Seoul	0.22	0.18	0.22	1.2	1.4	Southern	Busan	0.29	0.29	0.29	1.6	1.4	Jeju	0.29	0.29	0.29	1.6	1.4	Envelope	TETZ	T1				T2				T3				T4				W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	Wall	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	Roof	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	Floor	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	Window	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5	Door					1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Regional Classification	Class	Load (kWh/m <sup>2</sup> a)																																																																																																																																																																					
		Heating	Cooling	Light	Power	Other																																																																																																																																																																	
Central 1	Chungcheong-Myeonggi	0.15	0.15	0.15	0.07	1.4																																																																																																																																																																	
	Gangwon-do	0.17	0.15	0.17	1.0	1.4																																																																																																																																																																	
	Seoul	0.22	0.18	0.22	1.2	1.4																																																																																																																																																																	
Southern	Busan	0.29	0.29	0.29	1.6	1.4																																																																																																																																																																	
	Jeju	0.29	0.29	0.29	1.6	1.4																																																																																																																																																																	
Envelope	TETZ	T1				T2				T3				T4																																																																																																																																																									
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4																																																																																																																																																						
Wall	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31																																																																																																																																																							
Roof	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31																																																																																																																																																							
Floor	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31	0.15	0.18	0.23	0.31																																																																																																																																																							
Window	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5	0.9	0.9	1.2	1.5																																																																																																																																																							
Door					1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4																																																																																																																																																							
6	엄현진 외 2 (한국공간디자인 학회 논문집/2019)	구조유형 및 내화 인증유형에 기초한 고층 목조건축의 분석에 관한 연구	최근 날씨가 심해지는 환경오염 문제로 인하여, 세계적으로 친환경 건축의 필요성이 점점 부각되고 있는 실정이다. 목재는 온실가스와 탄소배출을 줄이는 능력으로 인하여 재생 가능하고 지속 가능한 친환경적 건축 재료이다. 과거 목재는 콘크리트나 스틸에 비하여 건축용 구조재료로서의 한계 때문에 주로 저층 용도의 건축물 구조재료로 사용되어 왔지만, 최근 교차 집성재 및 구조용집성재 등의 공학목재 개발 이후 고층 구조용 건축재료로 새로이 주목받고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 공학목재를 사용한 목조건축에 대한 이론적 고찰, 일반적인 고려사항의 조사와 함께, 고층 목구조 건축물의 구조유형 및 내화 인증유형을 분석해 보고자	<table border="1" data-bbox="1758 1220 2060 1412"> <thead> <tr> <th>TIMBER 구조유형</th> <th>주요 공학목재</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PANELIZED (복합 구조)</td> <td>CLT</td> </tr> <tr> <td>POST AND BEAM (기둥 보 구조)</td> <td>GLULAM</td> </tr> <tr> <td>COMBINATION (복합 구조)</td> <td>공학목재 복합</td> </tr> </tbody> </table>	TIMBER 구조유형	주요 공학목재	PANELIZED (복합 구조)	CLT	POST AND BEAM (기둥 보 구조)	GLULAM	COMBINATION (복합 구조)	공학목재 복합																																																																																																																																																											
TIMBER 구조유형	주요 공학목재																																																																																																																																																																						
PANELIZED (복합 구조)	CLT																																																																																																																																																																						
POST AND BEAM (기둥 보 구조)	GLULAM																																																																																																																																																																						
COMBINATION (복합 구조)	공학목재 복합																																																																																																																																																																						

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지								
			<p>한다. 고층 목조건축의 이론적 고찰과 일반적인 고려사항의 조사는 국내외에서 발간된 문헌조사를 통하여 진행하였으며, 해외 사례분석은 문헌조사와 함께, 웹 조사, 전문가 이메일 인터뷰를 통한 사례조사법으로 진행하였다. 사례조사에 있어 2009년부터 2018년 7월까지 공학목재를 주요 구조로 사용하여 완공되거나 완공 예정인 6층 이상의 해외사례 8개를 대상으로 하였으며, 그 구조유형 및 내화 인증유형을 비교하여 분석하였다. 첫째, 국내 목조건축물의 법규는 높이가 18m 이하로 제한되어 있으므로, 목조건축의 높이 및 층수 규정이 완화되어야 한다. 둘째, 고층 목조건축은 고층 목조를 구성하는 주요 구조재인 공학목재의 성능으로 인하여 내화, 소음제어, 수축과 팽창에 대해 고층 구조재로서의 법규와 기준을 만족할 만큼 우수하다고 분석된다. 셋째, 고층 목조건축물은 구조유형에 따라 크게 TIMBER와 HYBRID 구조로 분류 가능하다. TIMBER는 벽식 구조가 가능한 주거 및 오피스용도, 저층 용도로 주로 사용되고, 10층 이상의 고층 혹은 대공간이 필요한 경우에는 HYBRID 구조로 시공하는 것으로 분석된다. 내화 인증유형에 있어서는, 그 건물 용도가 상업 공간이나 복합용도의 건축물에서는 탄화법만을 사용하였고, 비교적 내화 기준이 엄격히 요구되는 주거용 건축물에서는 탄화법과 캡슐화 방법을 병행하는 것으로 분석된다. 고층 목구조 건축물은 용도, 층수에 따라 그 구조유형과 내화 인증 방법이 다르게 사용됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는, 향후 국내 고층 목조건축물 계획 시 용도나 층수에 따른 구조계획 및 내화 계획에 적용할 수 있을 것이다.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>HYBRID 구조유형</th> <th>복합된 구조요소</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETE + TIMBER</td> <td>CONCRETE</td> </tr> <tr> <td>STEEL + TIMBER</td> <td>STEEL</td> </tr> <tr> <td>MIXED + TIMBER</td> <td>CONCRETE + STEEL</td> </tr> </tbody> </table>	HYBRID 구조유형	복합된 구조요소	CONCRETE + TIMBER	CONCRETE	STEEL + TIMBER	STEEL	MIXED + TIMBER	CONCRETE + STEEL
HYBRID 구조유형	복합된 구조요소											
CONCRETE + TIMBER	CONCRETE											
STEEL + TIMBER	STEEL											
MIXED + TIMBER	CONCRETE + STEEL											
7	박금성 외 2 (한국공간구조학 회지/2020)	강판 보강 집성재 보의 휨 성능 평가 연구	<p>In this study, we will develop a hybrid cross-sectional shape of steel inserted type glued-laminated timber that can improve the strength of structural glued-laminated timber and maximize the ductility by using steel plate with excellent tensile and deformation ability. A total of three specimens were fabricated and the flexural performance test was carried out to evaluate the structural performance of the steel inserted type glued-laminated timber. In order to compare the effect of steel inserted glued-laminated timber, one structural glued-laminated timber test specimen composed of pure wood was manufactured. In addition, in order to evaluate the adhesion performance of the steel inserted, one each of a screw joint test specimen and a polyurethane joint test specimen was prepared. As a result, all the specimens showed the initial crack in the finger joint near the force point. This has been shown to be a cause of crack diffusion and strength degradation. The use of finger joints in the maximum moment section is considered to affect the strength and ductility of the glued-laminated timber beam. Polyurethane-adhesive steel inserted glued-laminated timber showed fully-composite behavior with little horizontal separation between the steel plate and glued-laminated timber until the maximum load was reached. This method has been shown to exhibit sufficient retention bending performance.</p>									

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
8	박진영 외 3 (한국생활환경학회지/2022)	구조용 목재의 축열 성능 향상을 위한 상변화물질/바이오차 적용 복합 교차 집성재 개발	<p>In this study, phase change materials (PCM) was applied to the core-layer of cross-laminated timber (CLT) to improve the low thermal storage performance of CLT. To solve the phase leakage of PCM, PCM/biochar composites were prepared in a vacuum state by impregnating PCM (n-heptadecane) in biochars that were pyrolyzed at 400 and 500 °C, respectively. Gypsum boards with improved thermal storage performance was prepared by mixing 10 wt% of the prepared PCM/biochar composites, and these were applied to the core-layer of the CLT to develop a hybrid CLT.</p> <p>The physical and chemical properties of PCM/biochar composite were evaluated through FT-IR, SEM, TGA, and DSC analysis, and the thermal performance of P/B board and hybrid CLT was evaluated through heat transfer experiments.</p> <p>The surface temperature reduction and heat transfer delay effect of hybrid CLT to which biochar produced at a pyrolysis temperature of 400 °C was applied was excellent.</p>	
9	강유진 외 1 (목재 공학/2016)	WUFI 시뮬레이션 프로그램을 이용한 목조주택 벽체 레이어 구성에 따른 hygrothermal 성능 평가	<p>Thermal performance of wooden houses used by building materials effectively contributing to building energy saving has been improved. However, the performance was decreased to the condensation and mould growth from exterior wall because the moisture control was difficult to high insulation and airtightness. Therefore, the hygrothermal performance of exterior wall, that selected 5 types of wooden houses, evaluated using the hygrothermal simulation program: heat and moisture behavior, condensation and mould growth risk. Wooden houses were selected Rural houses standard plans '10 and '14, 2"x6" type, EIFS and wood-based passive house. And the wall A, B, C, D and E were determined by layer component of each wall. The U-value of exterior wall are 0.171, 0.172, 0.221, 0.150, 0.079 W/m<sup>2</sup>K. The OSB absolute water content of the wall A and C was exceeds the reference value of 20%, and it was confirmed that condensation occur at insulation material inner surface through the condensation evaluation in the winter. The wall D and E showed excellent results with condensation and water content evaluation compared to others. However, mould growth risk assessment in all five types of wall had have risk. We were determined that hygrothermal performance difference of exterior wall occur the difference in the layer structure rather than in thermal performance.</p>	

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
10	장향인 외 4 (대한건축학회논문집/2015)	ISO 10211 전열 해석을 통한 경량목구조의 주요 구조부 단열성능 데이터베이스 구축	<p>This study aimed to establish a thermal performance database for various lightweight wood-frame house envelopes in order to increase the accuracy of insulation assessment and energy performance analysis for lightweight wood-frame buildings. The differences in energy and insulation performances were analyzed based on the thermal transmittance calculation method for composite walls. The linear thermal transmittance (<math>\psi</math>), equivalent thermal transmittance (<math>U_{eq}</math>), and thermal conductivity of various composite walls for lightweight wood-frame houses were calculated. PHYSIBEL Trisco V.12 was used for the heat transfer analysis, and DesignBuilder V.3.4 was used for the energy performance analysis. The thermal transmittance in the case studies was compared with the heat transfer analysis, and the results confirmed a difference of 3.8%~22.7% for the thermal transmittance and a difference of 3.2%~12.1% for the heating energy. When heat transfer analysis was conducted for various configurations of the lightweight wood-frame house such as the stud spacing, stud thickness, stud placement, and presence of an airtight layer, the results showed a linear thermal transmittance (<math>\psi</math>) difference that was approximately 4.8 times depending on the wall configuration. The thermal conductivity (<math>\lambda</math>) of the inversion stud and insulation layer was 0.0433~0.0492 W/m·K, indicating a maximum of 11.9% on the stud interval of 406 mm (16 in) and 0.0404~0.0452 W/m·K indicating a maximum of 10.6% on the interval of 610 mm(24 in). With the database established in this study, the thermal performance of the composite walls in lightweight wood-frame houses can be calculated without a complex heat transfer analysis and can be used as basic data for the construction of eco-friendly low-energy wooden structures.</p>	   
11	이정훈 외 1 (대한건축학회논문집/2016)	국내 목구조주택 표준모델의 난방에너지성능 분석	<p>Over the past decade, the demand for wood frame house has been consistently increased due to their environmental performance and comfortable indoor air quality. In this study, the annual heating energy demands of standard models for light-weight wood frame houses were analyzed to confirm the energy performance of supplied wood frame houses in Korea. The standard rural house and low-energy standard house were compared. As a result, the annual heating energy demands were most influenced by the difference of configuration of exterior envelope. The simulation results showed that annual heating energy demands of standard rural house were 103.9 kWh/m<sup>2</sup>a (A-type), 111.7 kWh/m<sup>2</sup>a (B-type) and the value of low-energy standard house was 48.3 kWh/m<sup>2</sup>a. The most significant heat loss of standard rural house was transmission heat loss of windows even it has area of 11.44m<sup>2</sup>. In addition, the annual heating demands were changed according to local weather data and air-tightness performance.</p>	 

번호	저자 (저널/연도)	제목	요약	주요 이미지
12	서정기 외 1 (목재 공학/2016)	EnergyPlus를 이용한 건물 부위별 목질 제품 적용에 따른 건축물 에너지 절감 기여도 평가	<p>최근, 전 세계적으로 온실가스 증가에 따른 기후 변화에 대한 문제가 논의되고 있다. 그중, 건축물에서의 에너지소비량은 전체 에너지소비량의 40%까지 증가할 것으로 예상된다. 따라서 건축물에서의 에너지소비량 절감에 대한 노력이 필요한 실정이다. 본 연구에서는, 건물 에너지 절감에 효과적으로 기여하는 재료 중 하나인 목재를 이용하여, 목질 제품 구성에 따른 중부지방과 남부지방의 난방에너지 요구량에 대하여 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션 도구는 미국 에너지부(Department of Energy)가 BLAST와 DOE-2의 장점을 결합해 만든 동적 에너지 해석 엔진인 Energy Plus를 이용하였다. Energy Plus는 다양한 건물 및 HVAC 시스템 구성요소(Object)에 대한 입력항목(Field)을 가지고 있으며, 특히 건물, 공조시스템, 열원기기 사이의 피드백을 통해 통합된 동시 계산을 수행하며, ASHRAE Standard 140-2007 표준에 따라 상용 프로그램 간의 비교를 통해 검증된 프로그램이다. 시뮬레이션을 위한 기상 데이터는 Energy Plus에서 제공하는 IWEC 인천 지역과 광주 지역의 epw 형식 기상 데이터를 이용하였다. 대상 모델은 한국농어촌공사에서 제시한 2012년 농 어촌주택 표준설계도면 중 '농림-12-26-가' 유형을 이용하였으며 총 10개의 실로 구성되어 있다. 시뮬레이션 분석 결과, 중부지방과 남부지방별 목질 제품의 적용 범위를 실내마감재, 실외마감재, 창호, 목구조로 단계적으로 변경해 지역에 따라 각각 16 Case의 시뮬레이션을 수행한 결과 실내외의 마감재로 목재를 사용한 것만으로도 에너지 성능이 향상된 것을 확인할 수 있었다.</p>	 <p>The '주요 이미지' (Main Images) section contains three visual elements:         <ul style="list-style-type: none"> <li>A bar chart at the top showing energy consumption (kWh/m²) for five countries: Korea, Japan, USA, Germany, and China. The legend includes Industrial, Transportation, Residential, and Commercial sectors.</li> <li>A line graph in the middle showing monthly temperature (°C) and Direct Normal Solar (kWh/m²/month) from month 1 to 12. The temperature peaks in summer (months 6-8) and is lowest in winter (months 12-2).</li> <li>A floor plan diagram at the bottom showing the layout of a house with various rooms and structural elements.</li> </ul> </p>

## 4. 결론 및 시사점

- 선진국에서는 목조건축물이 탄소배출이 적고 친환경적이라는 장점으로 인해 기후 변화와 탄소중립 정책에 부합하는 건축 솔루션으로 주목받고 있고 이에 따라 구조적 안정성, 내화성, 친환경성을 확보하기 위한 다양한 연구와 실험이 활발히 이루어지고 있음
- 1990년 이후 전 세계 탄소 배출량은 연평균 3.3% 증가('90~'17)하고, 지난 133년간(1880~2012) 지구 평균기온은 0.85℃ 상승함. 기후 변화에 대응하여 지구 온도 상승을 산업화 이전(~1900) 대비 2℃ 이하로 유지하고 나아가 1.5℃ 이하로 억제할 필요성이 제기됨. 이와 같은 세계적인 탄소중립 정책 추진과 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중 삼림 면적 비율이 매우 높은 국가에 속하는 국내에서 국산 목재 활용이라는 경제적 동기가 어우러져 한국에서도 2010년대 이후 목조건축물에 관한 관심이 높아지고 있음
- 선행기술 조사보고서 작성을 위해 검색 DB로는 국내에서 가장 많이 사용되는 WIPS와 특허 정보넷 키프리스를 이용하였고, 검색내용은 주요 특허들이 누락되지 않고 가능한 한 모두 포함되도록 요약과 대표청구항에 대해 검색을 실시함
- '목조 대공간 건축물 건설 기술' 분야와 관련된 특허는 1974년 첫 출원을 시작으로 2000년도 중반까지 비교적 출원이 활발하고 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보임. 그러나 전 세계적으로 온실가스인 탄소 배출량을 감소하기 위한 노력과 콘크리트에 비해 현저하게 낮은 탄소 배출량으로 목조건축물'에 대한 관심과 수요가 증가함으로써 향후에는 특허출원이 계속 증가할 것으로 전망됨
- '목조 대공간 건축물 건설 기술'에 관련된 특허 총 248건을 국가별로 살펴보면 미국이 117건으로 전체 특허의 47%로 큰 비율을 차지하고 있으며, 특히 1980년대 중반까지 많은 출원이 이루어졌고 최근에도 기술개발이 비교적 활발히 이루어지고 있음. 다음으로 일본이 73건으로 30%, 한국이 20건으로 8%를 차지함. 연도별로 살펴보면 1980년대 중반까지는 미국이 출원을 주도하였고, 2000년대 중반까지는 일본이 주도하였으며, 그 이후에는 모든 국가에서 비슷하게 출원이 이루어지고 있음
- '목조 대공간 건축물 건설 기술' 분야와 관련 기술의 다출원인을 살펴보면, 전체 특허의 상위 5개 출원인은 Gang Nail Systems Inc, Turb-O-Web International Pty. Limited, Simpson Strong-Tie Company, Inc, Takenaka Corp, 국립산림과학원, Sakawa KK 등으로 기업의 출원 활동이 활발한 것으로 나타났으며, 다출원인들의 특허 동향을 보면 총 41건으로 15%에 불과하여 다출원인의 출원 점유율은 높지 않은 것으로 나타남
- '목조 대공간 건축물 건설 기술' 분야에 출원된 248건의 특허 중 IPC 분류 E04B(건축구조 일반)에 127건, E04C(구조 요소; 건축재료)에 74건, B27F(도브테일(Dovetail)가공; 장부(tenons)절단기; 목재 또는 그와 유사한 재료용 홈(Slot) 가공기; 못 박기 또는 스테플링 기계)에 8건, E04G(비계(飛階); 거꾸집; 거꾸집 널; 건축용 기구 또는 보조구 또는 그것들의 사용; 현장에 있어서의 건축재료의 취급; 현존하는 건축물의 보수, 해체 또는 기타 작업)에 6건, B27M(서브클래스 B27B로부터 B27L로 분류되지 않는 목재의 가공; 특정 목제품의 제조)에 4건이 해당함
- '목조 대공간 건축물 건설 기술' 분야와 관련 기술의 다출원인의 IPC(특허분류코드)별 동향을 살펴보면, 다출원인들은 목재의 가공 및 보존 분야보다는 건축물과 관련된 분야에 출원하고 있음

1

2

 및수행내용  
 기획연구과제의 수행과정

3

4

5

6

7

8

9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 또한 다출원인 중에서는 미국의 Gang Nail Systems를 제외하고 나머지 다출원인은 E04B 분야에 가장 많이 출원하였음을 알 수 있어, 각 다출원인별로 집중하는 있는 분야가 다소 상이함
- 국외 연구 동향 분석에서 목조건축물의 구조 시스템 및 설계 분야에서 최근 연구가 활발히 진행되는 것을 보아 목조건축물의 고층화와 대형화의 가능성을 넓히고 안전성과 효율성을 크게 향상시키고 있음
- 그러나 국내 연구 동향 분석에서 목조건축물 및 구조용 목재 관련 연구가 더디게 진행되는 것을 보아 국내 기업과 정부는 목조건축물 관련 특허출원을 적극적으로 추진하여 기술 보호와 경쟁력 강화를 도모해야 하며 해외 특허 동향을 주시하여 글로벌시장 진출 전략을 마련해야 함
- 국내·외 논문 동향을 살펴본 결과, 국외에서는 중국, 미국, 캐나다, 이탈리아 등의 연구가 활발하며, 한국은 상대적으로 논문 실적이 부족한 상황임
- 또한 국내 관련 논문 및 인용 수가 감소하는 추세임
- 목조 대공간 건축물 건설 기술의 발전은 탄소중립 달성에 중요한 역할을 할 수 있기 때문에 구조용 집성판(CLT) 기술 등 혁신적인 기술개발이 지속되어야 함
- 이를 위해 국내 목조건축물 관련 연구와 투자가 더 확대되어야 할 필요가 있음
- 탄소중립과 기후 변화 대응을 위한 친환경 건축물의 수요가 증가할 것으로 예상되므로, 목조건축물의 활용을 적극적으로 고려해야 함

# 5절. 국내 인프라 환경분석

## 1. 연구기관 현황

### 1 국립산림과학원


- 지속가능한 임산자원 이용과 목재산업 활성화를 목표로 목재 산업정보, 목재 문화, 목재 공학, 목조건축, 바이오연료, 목재 성분의 신소재화 연구를 통해 목재의 선순환 이용체계 구축 및 목재 이용 기술의 개발·보급 및 정책지원을 수행

#### 가. 목재산업연구과

- 국산 목재의 이용 확대를 위하여 목재산업 정보, 목재 자원의 순환 이용체계, 도시목조화, 목재의 인문·사회적 가치 증진 연구를 수행
- 목재 자원의 효율적인 관리를 위한 자원배분 시스템과 지속가능한 목재 이용을 위한 순환이용 체계를 구축하고, 목재 이용 기술의 가치확산을 위한 이용 기술의 파급효과를 경제적 가치로의 정량화 평가 방법 개발 연구를 수행
- 탄소저장고인 목재 이용 확대를 통해 탄소중립 실현에 기여하고자 도시에 적용 가능한 목조시설 및 건축물의 수요 확대 전략을 수립하여 국산 목재의 대량 수요 창출을 위한 연구를 수행

**목재산업정보 연구**


목재산업의 국가경쟁력 제고와 국제표준 선도를 위하여 목재산업 기술과 국제표준(ISO) 동향분석을 통해 품질표시 대상 목재제품의 규격과 품질기준 개선, 목재-제지분야 한국산업표준(KS) 정비 및 표준 개발 연구를 수행하고 있습니다.



KS 표준 개발      ISO 표준 표지      품질표시 대상 목재제품

**목재가치증진 연구**

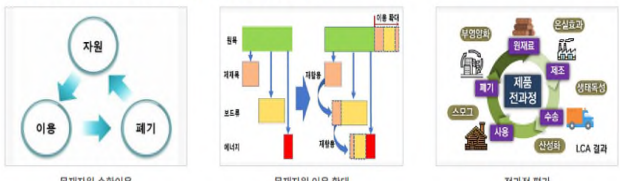
목재 및 목재제품의 사용 확대를 위한 대국민 홍보를 위하여 목재문화 활성화 전략 및 단계별 실행계획에 대한 연구를 수행하고 있습니다. 또한 목재문화 확산을 위한 기반 마련을 위하여 목재이용의 중요성을 부각시키고, 목재의 신체·정서적 영향 평가를 통한 인식제고 방안에 대한 연구를 수행하고 있습니다.



국산 낙엽송 원목      무브라칸나무 우드슬랩      국산 활엽수 원목가구

**목재순환이용 연구**


목재자원의 효율적인 관리를 위한 자원배분 시스템과 지속가능한 목재 이용을 위한 순환이용 체계를 구축하고, 목재이용 기술의 가치확산을 위한 이용기술의 파급효과를 경제적 가치로의 정량화 평가 방법 개발 연구를 수행하고 있습니다.



목재자원 순환이용      목재자원 이용 확대      전과정 평가

**도시목조화 연구**

탄소저장고인 목재이용 확대를 통해 탄소중립 실현에 기여하고자 도시에 적용 가능한 목조시설 및 건축물의 수요 확대 전략을 수립하여 국산 목재의 대량 수요 창출을 위한 연구를 수행 하고 있습니다.



목재특화거리 조경도      도시목조화 사례(미국·소방서) 출처: <https://www.archdaily.com>      도시목조화 사례(스페인·수영장) 출처: <https://www.archdaily.com>

그림 2-86. 목재산업연구과 연구 활동

#### 나. 목재공학연구과

- 국산 목재의 효율적 이용 및 내구성 향상을 위해 목재 기초물성 평가, 해부학적 식별 정보 구축, 건조 및 제재 기술 고도화, 목재의 친환경 보존처리·유지관리 및 장수명화 연구를 수행
- 친환경 목재의 건축산업 소재 이용 확대를 위해 기능성 목질 판상재 개발, 산업 생산 기반을 활용한 차세대 구조용 공학목재 개발 및 친환경 목재 중심의 복합화 기술개발 연구를 수행
- 목구조의 구조 안전 확보를 위해 목구조의 내진설계 등 건축구조기준 개발, 구조용 목재 및 공학목재의 설계 값 산출, 중·대형 목조건축 구조 시스템 개발 연구를 수행

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 목재물성 및 재질개량 연구

국산 목재의 효율적 이용 및 내구성 향상을 위해 목재 기초물성 평가, 해부학적 식별 정보 구축, 건조 및 제재기술 고도화, 목재의 친환경 보존처리·유지관리 및 장수명화 연구를 수행하고 있습니다.



해부학적 수종 식별 데이터



고주파 건조장치



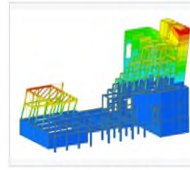
친환경 보존제 개발

### 목구조의 구조안전 확보 연구

목구조의 구조안전 확보를 위해 목구조의 내진설계 등 건축구조기준 개발, 구조용 목재 및 공학목재의 설계값 산출, 중대형 목조건축 구조시스템 개발 연구를 수행하고 있습니다.



목조벽체의 전단 시험



수행하중의 중간변위 분석



5층 한그린목조건

### 목질복합재료 및 공학목재 연구

친환경 목재의 건축산업 소재 이용 확대를 위해 기능성 목질 편상제 개발, 산업 생산기반을 활용한 차세대 구조용 공학목재 개발 및 친환경 목재 중심의 복합화 기술 개발 연구를 수행하고 있습니다.



구조용 공학목재



목질편상제 및 첨착제



바이오파브릭 및 3D 프린팅

### 목조건축 주거환경 향상 연구

친환경 고품질 주거공간으로서 목조건축 보급확산을 위해 목조주택의 세대간/층간 소음저감, 고단열 저에너지 기술요소 적용, 화재안전 확보 연구를 수행하고 있습니다.



목조주택의 층간소음 측정



저에너지 목조주택 표준설계



목구조의 내화시험

그림 2-87. 목재공학연구과 연구 활동

## 2 (사)한국목조건축기술협회

- 국토해양부 산하에 등록된 유일한 목조건축 관련 협회로서 국민의 주거환경 향상과 목조건축 기술 보급 및 발전을 목적으로 활동
- 목조건축 기술 보급, 자재개발과 정보교환을 위한 국제적 협력 교류 및 기술 보급, 한국형 목조주택의 디자인 연구와 중목구조 기술개발을 위한 연구 및 기술지원, 양질의 목조주택 내화구조 및 내진구조의 기술개발 연구와 기술자문

## 3 목재문화진흥회

- 목재법 제 16조의 규정에 의하여 목재 문화진흥, 목재 교육 활성화 및 목재 이용 촉진 등을 위한 사업에 기여함을 목적
- 목재 문화 기반 구축을 위한 목재 문화지수 측정사업, 탄소저장량 표시제도, 목재 교육 전문가제도 및 목재 문화 콘텐츠 확산, 인지도 개선을 위한 사업 추진

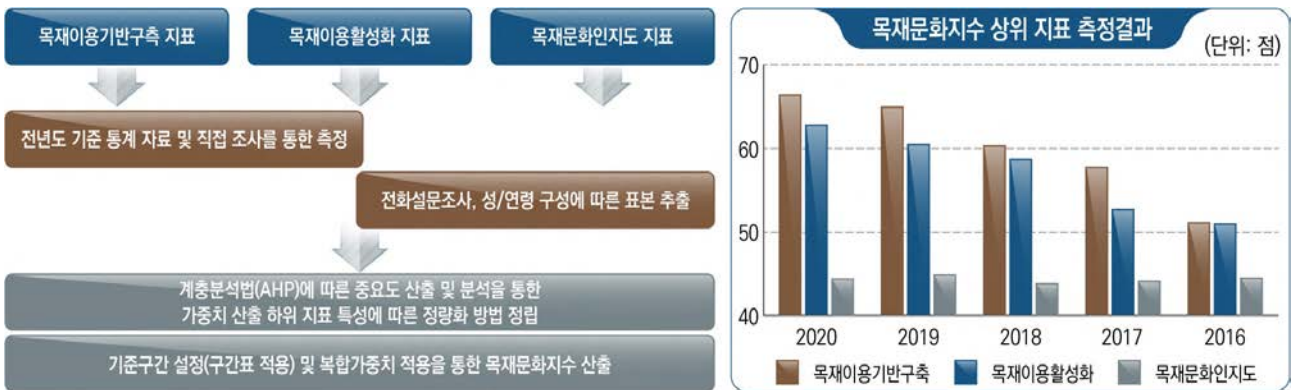


그림 2-88. 목재 문화지수 측정 방법 및 결과

## 4 한국건설 기술연구원

### 가. 건축연구본부

- 다양한 국내외 건설환경 변화 및 미래 니즈에 능동적으로 대응할 수 있도록 건설 신재료 개발 및 활용 기술, 첨단 센서와 IT, AI, 빅데이터 등 최첨단 기술을 접목한 스마트 구조물 건설 및 유지관리 기술, 기후 변화 미세먼지 탄소중립 등 지구환경 위기 대응 기술 등 미래 건설시장에 부응할 수 있는 다양한 융복합 기술도 함께 개발

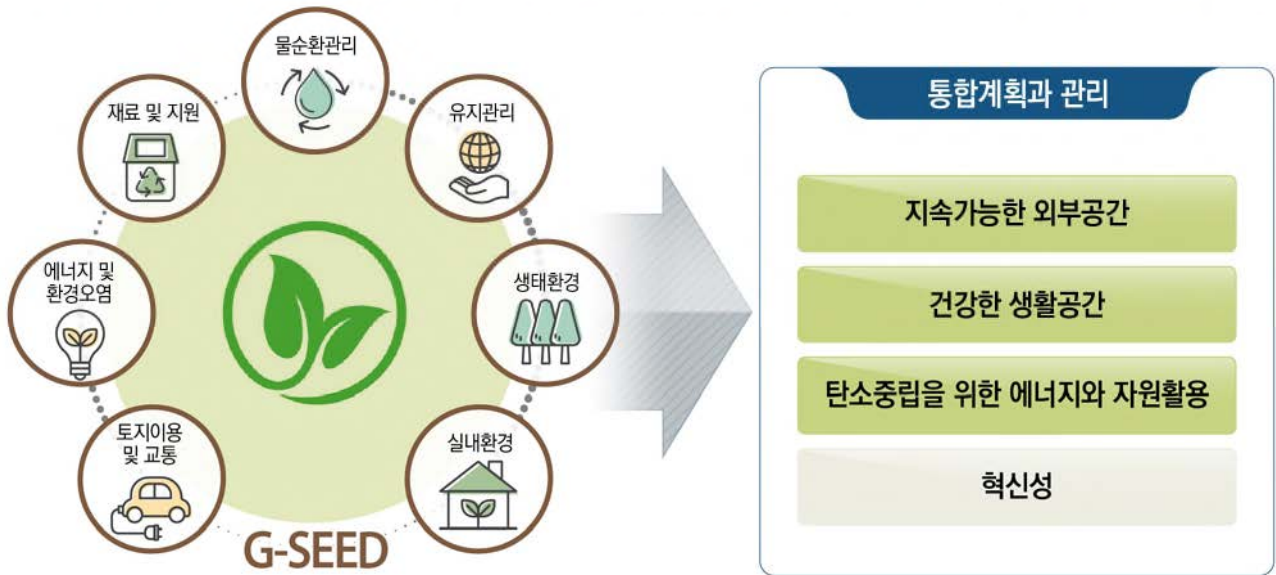
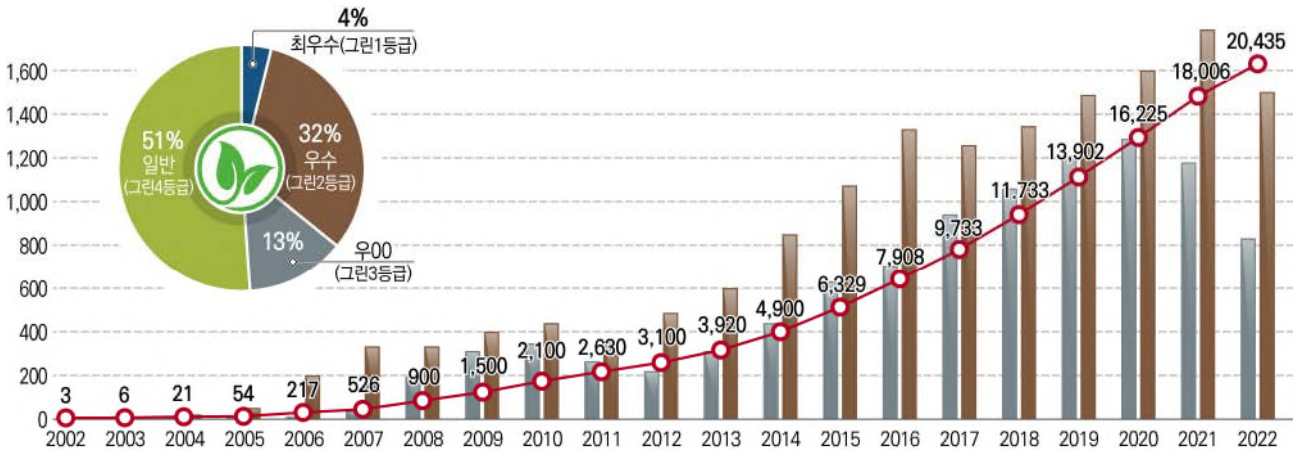


그림 2-89. 녹색건축 인증현황 및 제도 개편 방향

### 나. 건축에너지연구소

- 탄소중립 실현을 위한 정책적 기반 마련 및 이행을 위한 통합 플랫폼 구축 및 운영을 목표
- 신축 건물의 제로에너지화, 기존 건물 대상 그린 리모델링 정책과 이를 실현할 수 있는 건축 기술 연구 및 ICT 기반의 제로에너지 건축물을 운영·관리기술, 건축물 에너지 생애주기 관리 기술 연구 등을 통해 에너지 소비 개선에 기여
- 건축물 에너지 및 탄소중립 이행을 위한 기술개발과 건축물 에너지 및 탄소중립 관련 정보화 연구

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용



그림 2-90. 스마트 외장재 및 설비 융복합 모듈 시스템 테스트베드

### 5 (사)한국목조건축협회

- 목조건축의 활성화를 위한 교육, 홍보 및 건축물 품질인증제도 5-star 운영을 통한 기술과 품질의 발전을 도모
- 5-STAR 품질인증은 부실 건축으로 인한 물질적, 정신적 손해를 줄이거나 없애고, 더 우수한 목조주택 보급을 위해 국립산림과학원, 캐나다 우드 한국사무소의 지원으로 협회 회원사들이 자발적으로 만든 목조건축 감리제도임
- 품질인증 사전교육은 실질적으로 시공을 하는 팀장, 빌더 등 현장 가족이 구조에 대한 이해를 돕기 위해 시행하는 프로그램이며, 5-STAR 품질인증을 신청하는 회사에 한하여 무료로 진행하고 있음



그림 2-91. 품질인증 절차

### 6 한국목재공학회

- 국내의 목조과학 분야의 학술연구 수준 향상 및 기술개발 촉진을 위한 정기학술회의, 심포지엄, 세미나 등 개최하며 관련 단체와의 학술교류 활동 전개

### 7 한국건설생활환경시험연구원

- 건축자재, 토목 관련 제품, 녹색산업 등에 대한 시험·평가·인증과 연구 개발 등의 효율적인 수행 및 국제 산업의 기술 고도화 및 대회성과 유지향상을 도모
- 국립산림과학원으로부터 목재 제품의 규격·품질 검사기관으로 지정받아 7개 목재제품(방부목재, 목재 플라스틱 복합재, 합판, 파티클보드, 섬유판, 목질 바닥재, 목재펠릿)에 대하여 규격·품질검사 업무 수행

### 8 건축공간연구원

- '탄소중립 사회와 목조건축 심포지엄' 개최

### 9 (사)목재비파괴연구소

- 응력파검사 장비를 통해 살아있는 나무의 부패 감지, 목재 구조물의 구조적 무결성을 평가하기 위한 비파괴 검사, 다른 목재 시험 장비에 대한 교차 검정 수행
- 드릴저항검사를 통한 수목의 저항력 측정 및 동공, 웅이, 균열 등의 고해상도 그래픽 시각화 수행



그림 2-92. (사)목재비파괴연구소 목재 검사 기법

### 10 한국목조건축연구소

- 10m 이상의 대공간 한옥설계·시공 기술개발, 한옥 목구조 접합부 성능 평가 및 해석
- 신 한옥형 공공건축물 실증 구축, 기획 및 건설 가이드라인 개발

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 11 대한목재협회

- 원목 수입 및 목제품 제조에 관한 법령과 제도, 시책을 조사 연구
- 원목 수입, 제재, 목제품 가공 및 유통에 관한 강습회 개최

### 12 대한건축학회

- 2023년 『기후 변화 대응 탄소중립 건축 및 공공건축물의 그린리모델링』 세미나 개최
- 건축물의 전 생애주기에 대한 탄소 배출량을 정량화하여 체계적으로 감축할 수 있도록 「탄소중립 설계 예제집」 및 「탄소중립 설계 지침서」를 집필



그림 2-93. 대한건축학회 활동 및 성과

## 2. 산업체 현황

- 목조건축에 필요한 목재는 벌목, 운송, 제재, 건조, 선별 및 등급, 가공, 처리, 최종 검사, 포장 및 유통의 과정을 거쳐 구조용 목재로 사용
- 다음 과정 중 원목 생산, 제재, 유통에 종사하는 업체를 조사
- 본 내용은 산림청 국립산림과학원의 2023년 원목 생산업 등록현황, 2023년 제재업 등록현황, 2023년 목재수입유통업 등록현황 자료를 참고하여 작성
- 제재업과 목재수입유통업에서 하나의 업체가 여러 종류의 자재를 다루는 경우 수치가 중복될 수 있기 때문에 실제 기업 수와는 차이가 있을 수 있음

## 1 원목 생산업

- 원목 생산업은 입목(立木)·죽(竹)을 벌채하는 사업으로 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에서 사업 범위에 따라 구분
- 벌채량이 연간 5,000m<sup>3</sup> 이하의 경우 제2종 원목 생산업, 그 외의 경우 제1종 원목 생산업으로 구분
- 다음 그림은 산림청 국립과학원 자료를 참고하여 지역별 원목 생산업 기업의 수를 시각적으로 표현한 것으로 지역별 분포와 해당 지역의 목재산업 발전 수준을 이해할 수 있음
- 강원 지역의 경우 총기업의 수가 가장 많고 원목 생산업 제1종 기업이 55개, 원목 생산업 제2종 기업이 442개로 원목 생산업이 가장 활발함을 확인할 수 있음

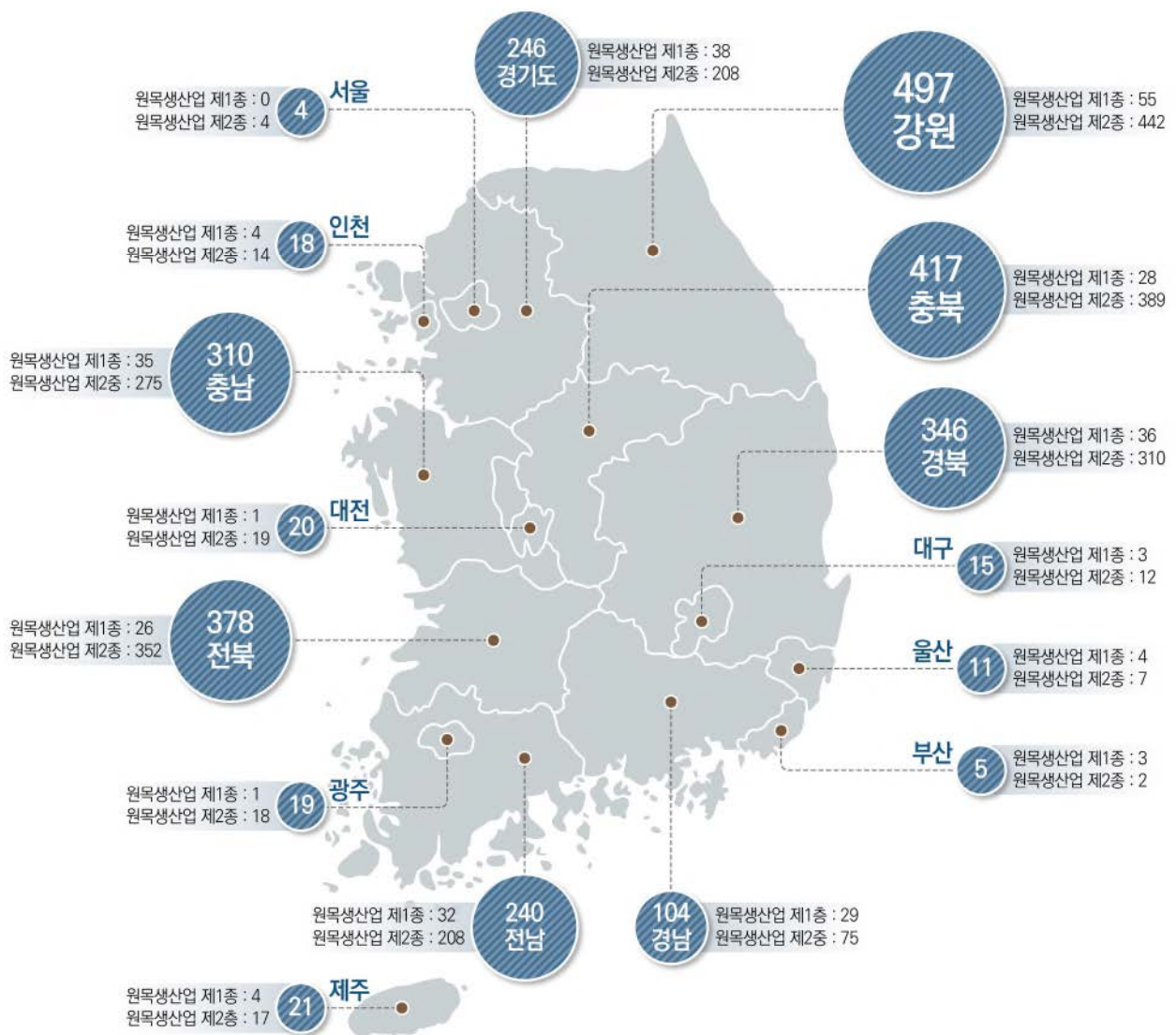


그림 2-94. 2023년 원목 생산업 등록현황<sup>86)</sup>

86) 산림청 국립산림과학원

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2 제재업

- 제재는 원목을 필요한 크기의 판재나 각재로 가공하는 것이며, 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 따르면 제재업은 사업 범위에 따라 1종, 2종, 3종, 4종으로 구분
- 다음 그림은 산림청 국립과학원 자료를 참고하여 사업 범위의 구분 없이 지역별 제재업 등록 업체 수를 나타내었으며, 그 중 목조건축에 주로 사용하는 제재목, 합판, 집성재를 다루는 업체를 별도로 표기함
- 교통 및 물류의 중심지이며 수요와 공급이 높은 경기도와 인천에 제재업체가 많이 분포하는 것을 확인할 수 있음

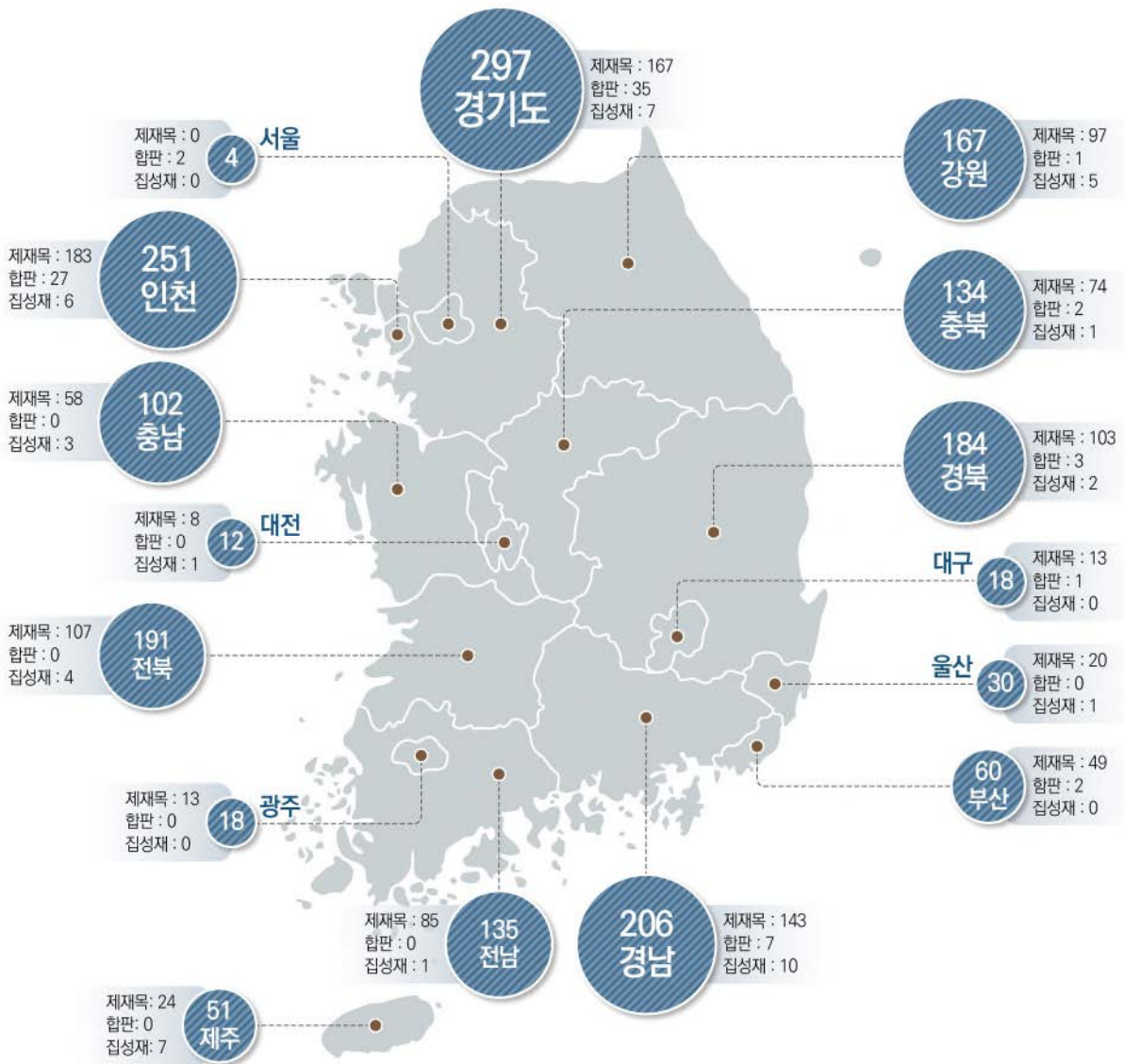


그림 2-95. 2023년 국내 제재업 등록현황<sup>87)</sup>

87) 산림청 국립산림과학원

### 3 목재수입유통업

- 목재수입유통업은 목재 또는 목재제품을 수입하여 유통하는 사업으로 해상운송을 주로 하여 항이 있는 인천, 부산 또는 산업이 발달한 경기도지역에 기업들이 주로 분포되어 있음
- 다음 그림은 산림청 국립과학원 자료를 참고하여 사업 범위의 구분 없이 지역별 목재수입유통업 등록 업체 수를 나타내었으며, 그 중 목조건축에 주로 사용하는 제재목, 합판, 집성재를 다루는 업체를 별도로 표기함

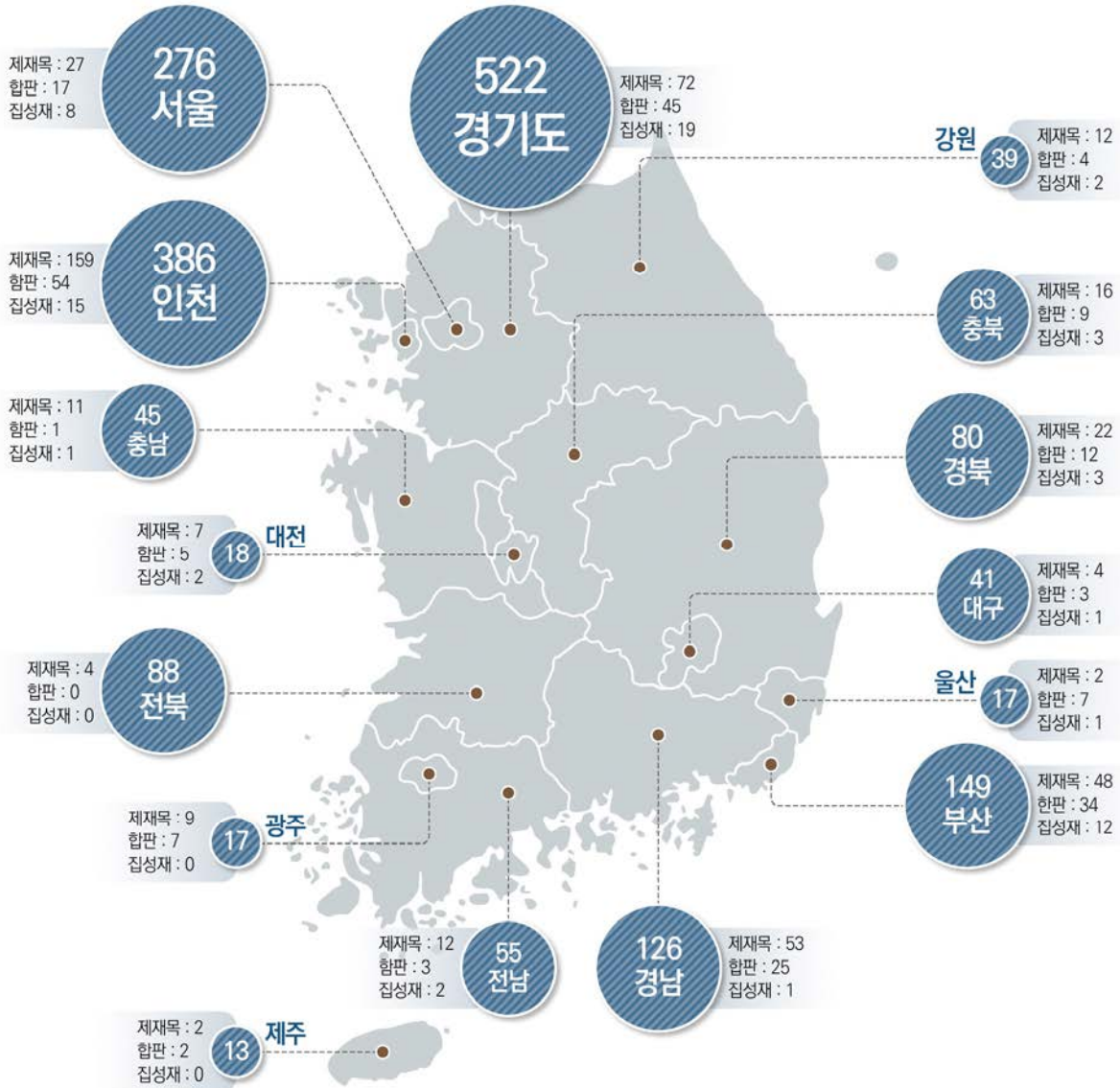


그림 2-96. 2023년 목재수입유통업 등록현황<sup>88)</sup>

88) 산림청 국립산림과학원

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 3. 목조건축 교육 현황

- 건축 분야의 탄소배출 저감이 중요해짐에 따라 탄소배출을 감소시킬 수 있는 방법 중 하나인 목조건축 관련 교육의 필요성 또한 증가하고 있음
- 다음 표는 2020년부터 2024년 목조건축 교육 현황을 조사한 것으로 산림청 국립산림과학원 홈페이지, 한국목조건축협회 홈페이지, 구조인디자인 홈페이지, 대한건축학회 홈페이지, ‘목조건축 세미나’를 키워드로 구글 검색한 결과임
- 일부 소형 세미나 및 포럼 등은 제외하였으며 이 외에도 다른 목조건축 관련 기술교육이 존재할 수 있음

표 2-27. 목조건축 교육 현황

No.	주제	주최기관	주최 일자
1	목조건축 동향 및 활성화를 위한 세미나	한국건축시공학회	2020.02.05
2	2021 찾아가는 목조건축 기술 세미나	산림청 국립산림과학원 한국목조건축협회	2021.01.29
3	공업화 목조건축 세미나	한국건축시공학회	2021.05.21
4	목조 공동주택 활성화를 위한 층간소음 전문가 세미나	산림청 국립산림과학원	2021.08.25
5	2021 일본중목구조기술세미나	한국목조건축협회	2021.11.17
6	미야자키현 중목구조 세미나	한국목조건축협회	2021.11.27
7	2022 목조건축 온라인 무료 세미나	한국목조건축협회	2022.04.29
8	비결구적결구	구조인디자인	2022.06.23
9	탄소중립 2050 & 목조건축 활성화	국토교통부 서울특별시	2022.07.07
10	국내산 낙엽송 + LVL Truss	구조인디자인	2022.08.25
11	2022 캐나다 리조트 컨스트럭션 세미나	BC Wood 한국대표부 한국목조건축협회	2022.11.21
12	건축·공간·木구조 이야기	구조인디자인	2022.11.24
13	2022 중대형 목조건축 워크숍	한국건축시공학회 대한건축학회 캐나다우드	2022.12.02
14	중·대형 규모 목조건축의 구조 디자인	(주)영림목재 한국목조건축협회	2022.12.09
15	미야자키현 목구조 세미나	한국목조건축협회	2023.02.02

No.	주제	주최기관	주최 일자
16	목조건축의 현황과 가능성	구조인디자인 서울시립대학교	2023.03.29
17	학교시설 목조화를 위한 목조건축 기술 및 사례	산림청 국립산림과학원	2023.04.12
18	탄소중립과 목조건축 : 구조와 장점	한국산림과학회	2023.04.25
19	2050 탄소중립과 목조건축의 활성화	국토교통부 산림청	2023.04.27
20	국산 공학목재와 접합철물의 설계·활용	산림청 국립산림과학원	2023.08.08
21	2023 목조건축과 기후 변화 포럼	충북대학교 산림청 국립산림과학원	2023.08.17
22	2023 중대형 목구조 하계 포럼	한국목조건축협회	2023.08.21
23	생활 속의 숲, 목재 이용, 도시목조화 포럼	산림청 국립산림과학원	2023.08.24
24	탄소중립 구현을 위한 공업화 건축 기반의 중대형 목조건축 Mass Timber 준비	대한건축학회	2023.10.11
25	종로구 목조건축 활성화를 위한 세미나	종로구 목조건축협회	2023.10.31
26	목조건축 분야 전문가 초청세미나	산림청 국립산림과학원	2024.02.21
27	목조아파트 구현을 위한 목조건축 세미나	대한건축학회 한국건축시공학회	2024.03.07
28	흰개미 생태 및 방제 연구 동향	산림청 국립산림과학원	2024.04.01
29	탄소중립 정책 및 전략에 있어서 목조건축산업 활성화 방향	한국건축정책학회	2024.04.04
30	2024 대한민국목조건축대전 사전세미나	산림청 국립산림과학원	2024.04.26
31	목재로 만드는 건축이야기	대한건축학회	2024.05.29
32	2024 중대형 목조건축 활성화를 위한 세미나	LH토지주택연구원 대한건축학회 한국건축시공학회	2024.06.05
33	탄소중립 건축포럼	(사)저탄소 사회를 지향하는 목조건축협회	2024.06.25

1

2

 및 수행 내용  
 기획연구과제의 수행 과정

3

4

5

6

7

8

9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 4. 국내 산림자원 현황

- 본 내용은 산림청 국립산림과학원의 2020 한국의 산림자원(국가산림자원조사)개정판을 바탕으로 작성함

#### 1 산림면적

##### 가. 국내 산림면적 비율

- 침엽수림(소나무 등)은 감소하는 추세이고, 활엽수림(신갈나무 등)은 증가하는 추세
- 어린나무(20년생 이하)는 크게 감소하였고, 41년생 이상의 나무는 전체 면적의 40% 차지

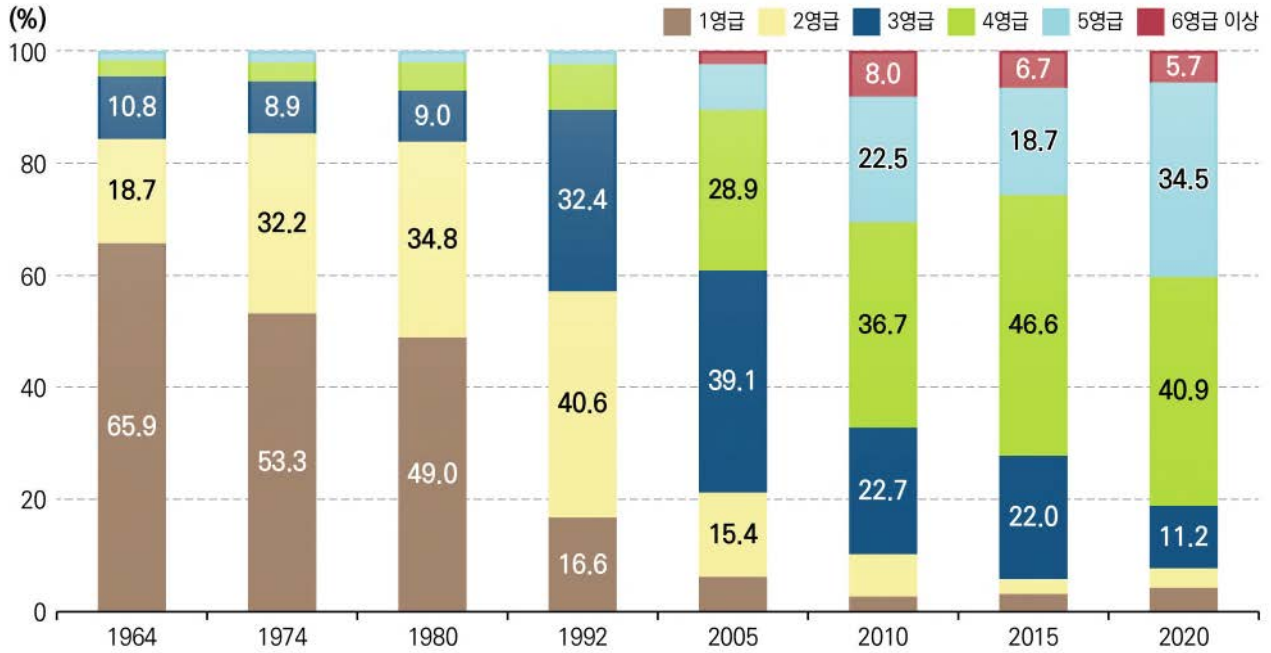


그림 2-97. 임상별 면적 비율 변화<sup>89)</sup>

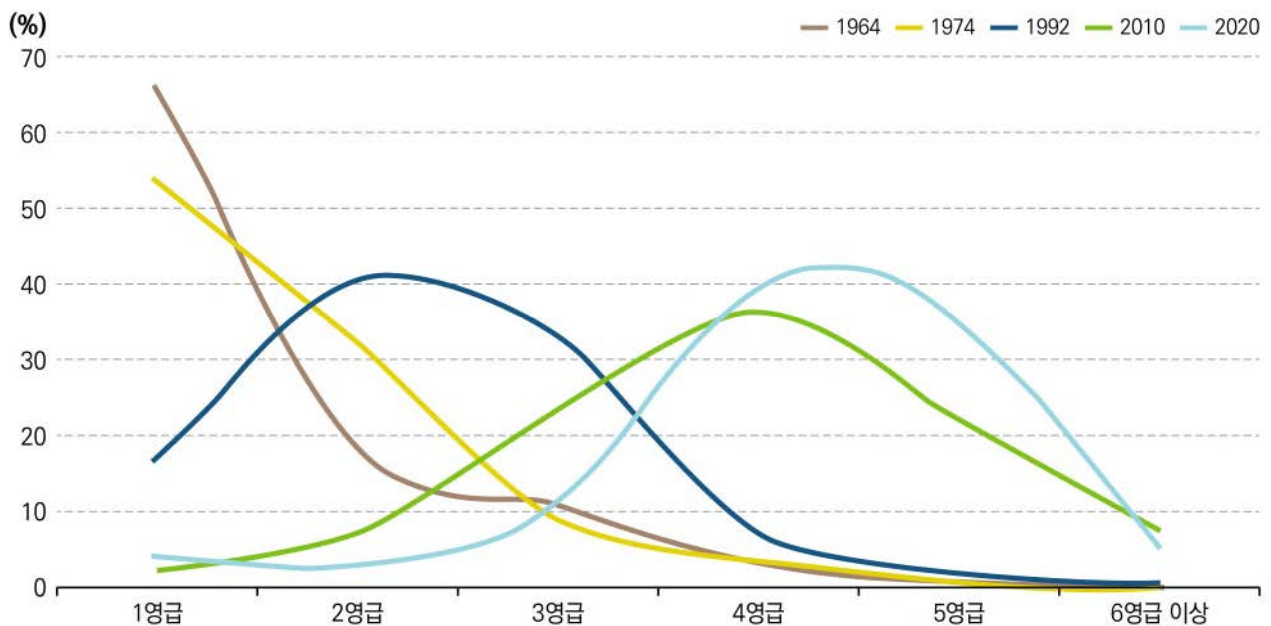


그림 2-98. 영급별 면적 비율 변화<sup>90)</sup>

89) 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원

90) 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원

나. 지역별 산림면적

- 전국 17개 기본계획구 중 전국 평균 산림률(62.7%)을 넘는 지역은 강원도를 포함한 5곳으로 강원도는 81%로 가장 높고, 경상북도(70%), 경상남도(66%), 충청북도(66%), 울산광역시(64%) 순
- 서울특별시(25%)는 가장 낮으며, 인천광역시(37%), 광주광역시(38%), 부산광역시(45%) 등 인구 밀집 지역의 산림률도 낮음

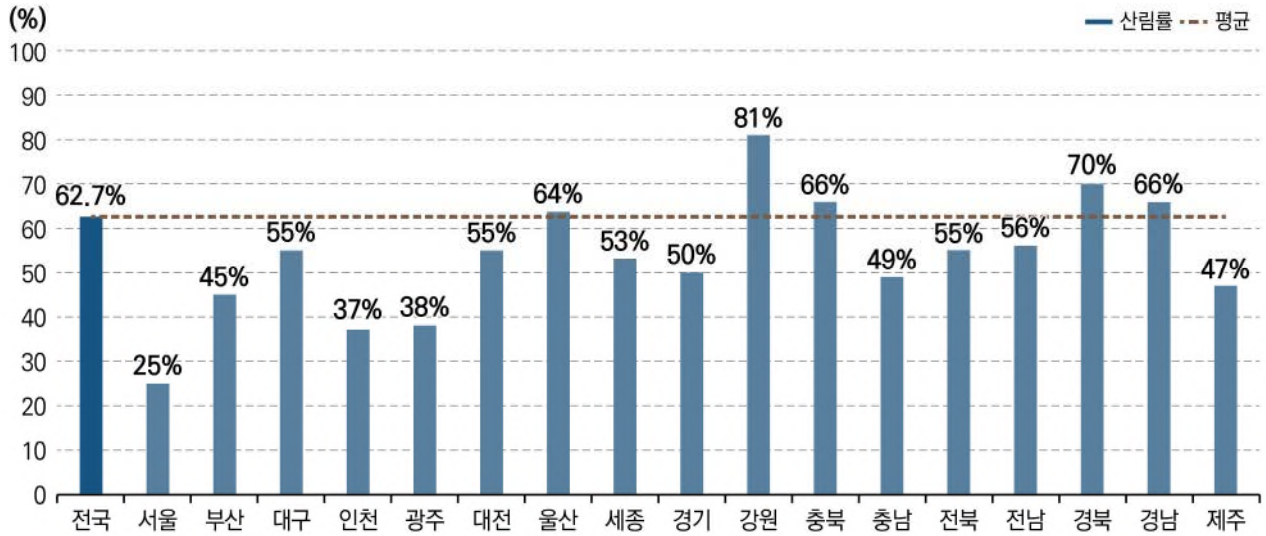


그림 2-99. 기본계획구의 산림률 (2020년 현황)<sup>91)</sup>

다. 영급별 산림면적

- 2020년 말 기준으로 IV영급(31~40년)의 산림면적이 2,452천 ha로 전체 산림면적의 약 41%를 차지하고 있으며, V영급(41~50년)은 2,069천 ha(35%)로 나타남
- IV영급 이상 임분이 전체 산림면적의 81%를 차지하고 있지만 유령림(1~20년) 면적 비율은 46천 ha로 전체의 7%에 불과
- 1980년대까지 우리나라 산림의 유령림 면적은 4,536~5,375천 ha로 전체 산림면적의 85%를 차지했으며, IV영급 이상 임분은 7% 미만에 불과

표 2-28. 국가산림자원조사 조사 차수에 따른 영급별 산림면적 변화 [단위: ha]

연도	입목지	1영급	2영급	3영급	4영급	5영급	6영급이상
1964	5,365,550	3,534,398	1,001,996	581,210	167,726	58,762	26,458
1974	5,925,782	3,158,391	1,907,220	526,656	215,344	65,960	52,205
1980	6,301,287	3,085,657	2,190,048	566,329	333,672	91,118	34,463
1992	6,289,392	1,044,013	2,552,409	2,035,475	474,427	139,393	43,675
2005	6,232,288	383,431	957,086	2,434,604	1,802,319	508,052	146,796
2010	6,164,470	160,110	466,062	1,396,294	2,261,794	1,387,726	492,484
2015	6,073,753	202,711	160,074	1,334,349	2,830,430	1,137,221	408,968
2020	5,996,219	257,507	199,215	674,014	2,452,066	2,069,279	344,138

91) 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원

1  
2 장  
및 수행 내용  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 우리나라 전체 산림의 영급 구조와 유사하게, 임상과 관계없이 IV~V영급 면적 비율이 71~78%를 차지
- 침엽수림의 경우, IV영급 면적이 992천 ha로 전체 침엽수림 면적의 43%를 차지하고 있으며, V영급은 795천 ha(34%)를 차지하지만 I영급과 II영급 면적은 각각 125천 ha(5%)와 73천 ha(3%)로 다른 영급에 비해 상당히 작은 비율을 차지
- 목재 생산림을 중심으로 영급의 불균형을 해소하기 위해 영급 구조개선을 통해 산림의 건강성과 지속가능성을 유지할 필요가 있음

표 2-29. 임상 및 영급별 산림면적 (2020년 현황)

[단위: ha]

임상	입목지	1영급	2영급	3영급	4영급	5영급	6영급 이상
전체	5,996,219	257,507	199,215	674,014	2,452,066	2,069,279	344,138
침엽수림	2,324,085	125,494	73,073	221,732	992,392	795,072	116,322
활엽수림	2,005,883	92,957	77,578	241,874	698,147	729,812	165,515
혼효림	1,666,251	39,056	48,564	210,408	761,527	544,395	62,301

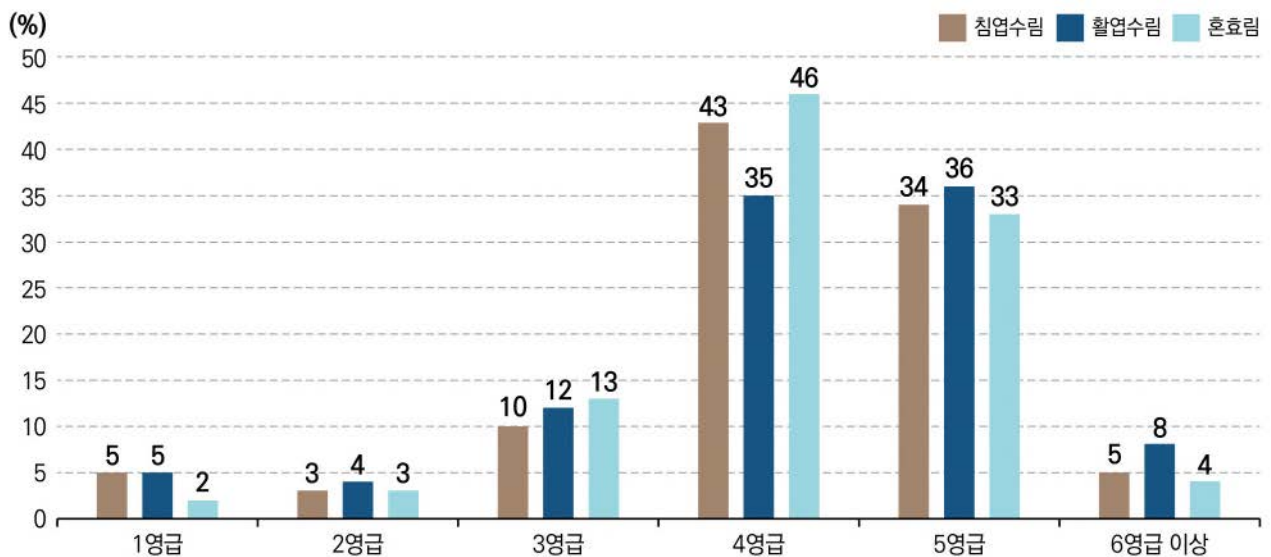


그림 2-100. 임상 및 영급별 산림면적 비율 (2020년 현황)<sup>92)</sup>

- VI영급 이상 면적 비율이 가장 높은 지역은 제주특별자치도(13%)와 강원도(13%)이며, 울산광역시(7%)로 상대적으로 낮은 면적을 차지하고 있지만 대부분 5% 미만
- V영급의 면적 비율은 울산광역시와 부산광역시가 각각 51%와 50%로 높고 세종특별자치시가 19%로 가장 낮음
- 유령림(1~20년생)의 면적 비율은 충청남도가 15%로 가장 높은 비율을 나타내고 있으며, 세종특별자치시를 비롯한 충청권과 전라권은 10~15%인 반면에 다른 지역은 10% 미만으로 지속 가능한 산림경영을 위하여 목재생산림을 대상으로 벌기령에 도달한 임분은 목재를 수확하고 재조림을 통한 지속 가능한 산림경영의 기반을 모색할 필요가 있음

92) 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원

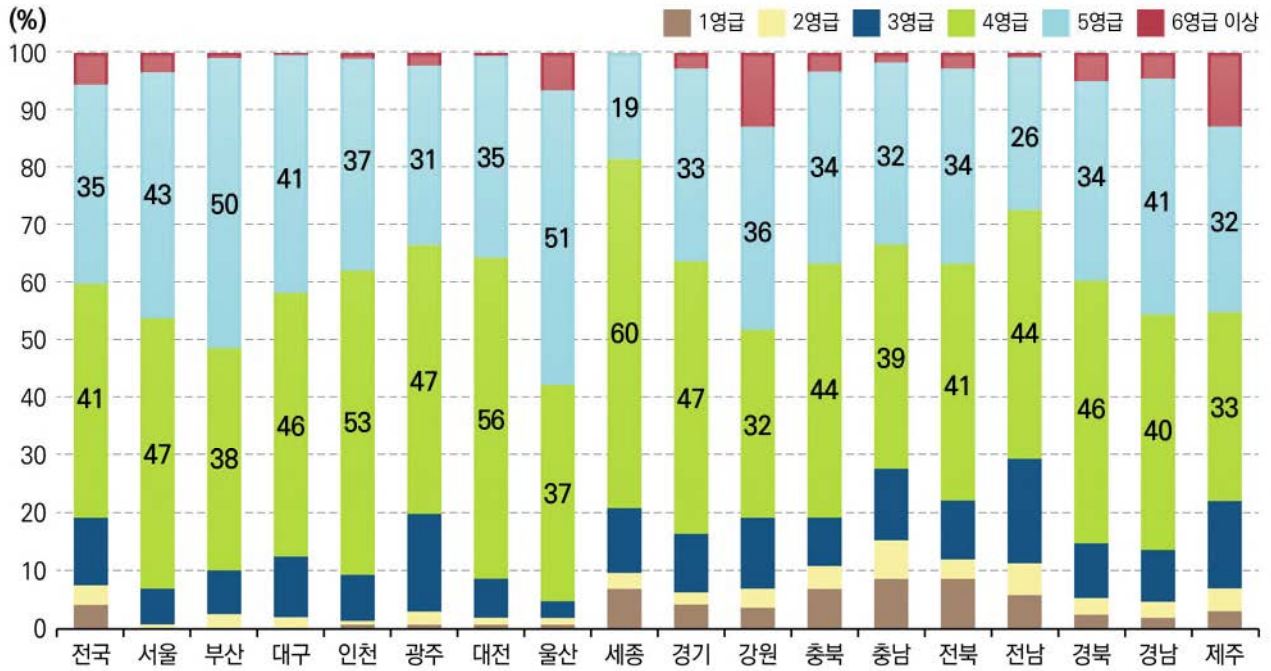


그림 2-101. 기본계획구의 영급별 산림면적 비율(2020년 현황)<sup>93)</sup>

라. 산림기능별 산림면적

- 아래 표는 최신 임상도와 산림기능 수분도를 중첩하여 산림을 기능별로 구분하였고 전체 산림 중 목재생산림은 2,310천ha(37%)로 가장 넓은 면적을 차지하고 있음

표 2-30. 산림기능에 따른 산림면적 및 비율 (2020년 현황) [단위: ha, %]

구분 (전국)	자연환경 보전	산림재해 방지	수원함양	생활환경 보전	산림휴양	목재생산	기타
면적	1,392,905	508,205	891,371	313,323	577,700	2,310,223	304,407
비율	22	8	14	5	9	37	5

- 산림기능은 산림청장과 관계 중앙행정기관장의 협의로 결정되는 사항으로 지역별 산림 특성 및 산림의 주요 활용목적에 따라 차이가 있는 것으로 나타남
- 인천광역시와 세종특별자치시를 제외한 특, 광역시는 자연 환경보전림 비율이 상대적으로 높으며 임업의 본질적인 목적인 목재생산림의 비율이 높은 지역은 인천광역시(68%), 전라남도(58%), 경상북도(52%)가 50% 이상으로 조사됨

93) 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원

1  
2 장  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

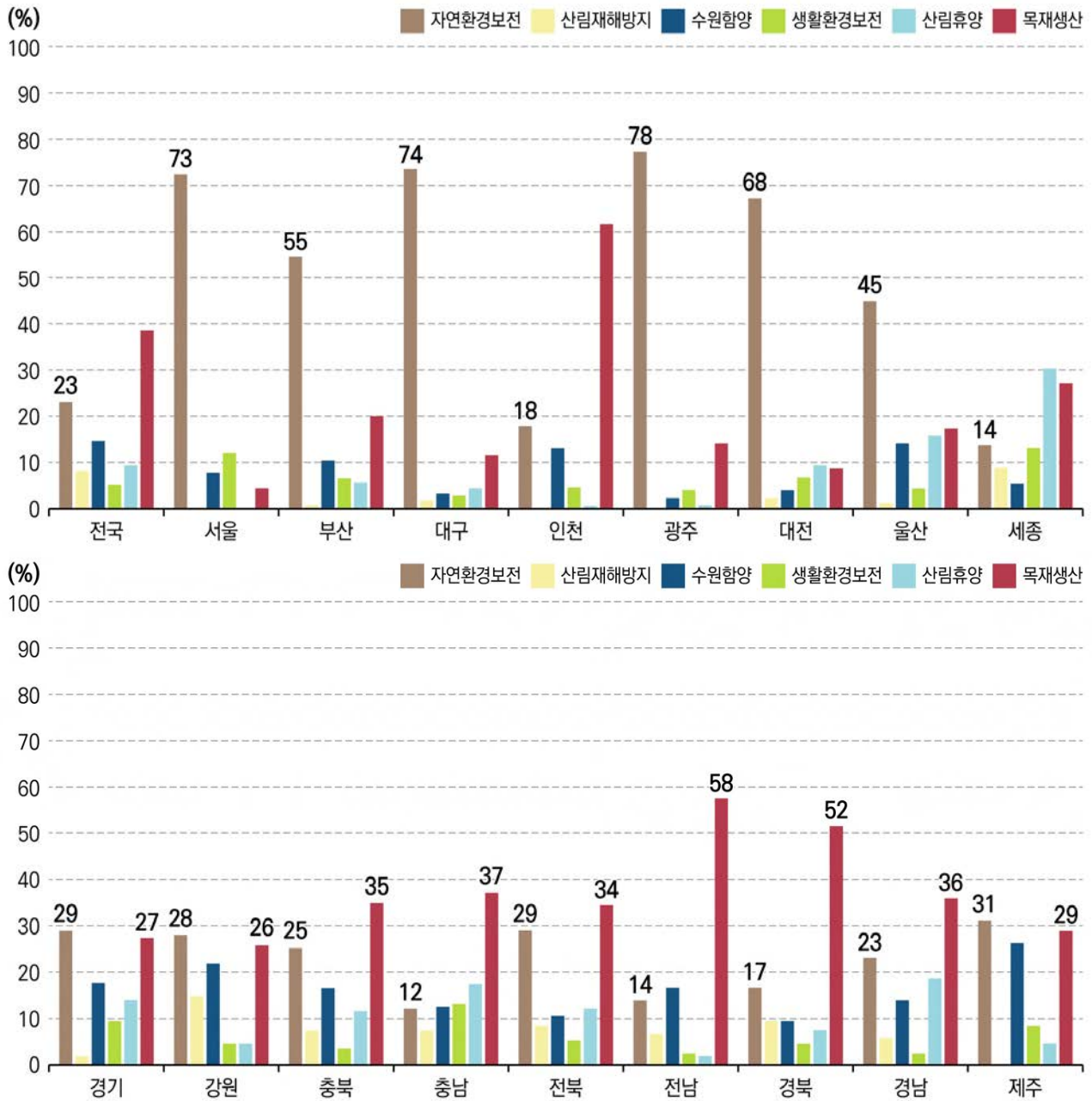


그림 2-102. 산림기능에 따른 산림면적 비율 (2020년 현황)

### 2 임목축적

#### 가. 국내 임목축적

- 2020년 기준 총 임목축적은 1,040백만 $m^3$ 로 '74년 대비 10배 이상 증가하여 울창한 산림으로 변모
- 단위 면적당 임목축적은 165 $m^3/ha$ 로 OECD 국가의 평균보다 높음
- 산림면적이 가장 넓은 강원도의 임목축적이 가장 높으며, 전라남도가 가장 낮은 것으로 나타남

1  
2 장  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

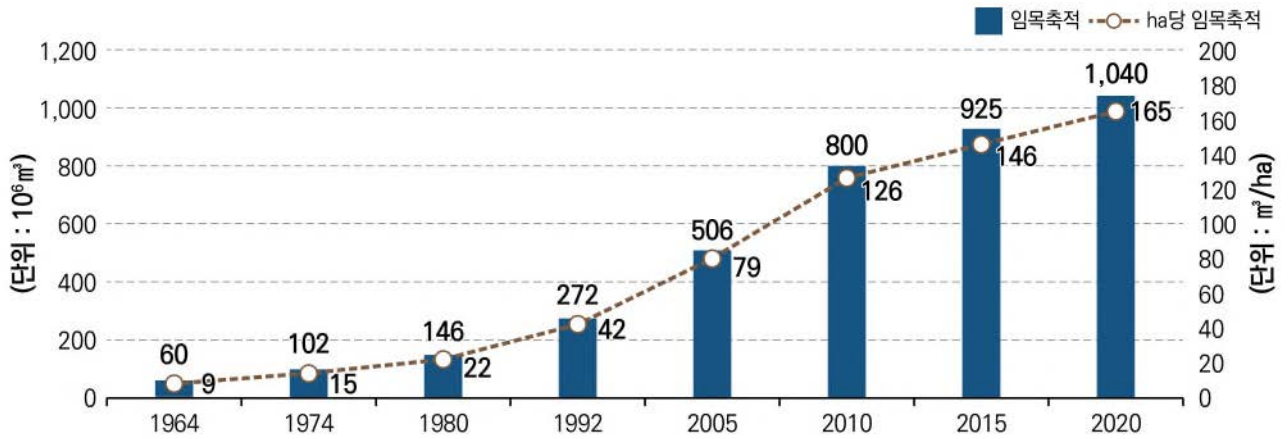


그림 2-103. 시간 경과에 따른 산림의 총 임목축적 및 ha당 임목축적 변화

나. 영급별 임목축적

- 2020년 기준 IV영급 임목축적이 438백만m<sup>3</sup>로 가장 높았으나 다른 조사 차수와 다르게 III영급 비율이 크게 줄고 V영급 임목축적이 증가한 것을 알 수 있음
- 조사 차수에 따른 전국 임목축적을 영급 구분에 따라 살펴보면, 2005~2010년까지의 임목축적은 III~IV영급에 많이 분포한 것으로 나타남

표 2-31. 기본계획구의 영급별 산림면적 비율(2020년 현황)

구분(임목지)		2영급	3영급	4영급	5영급	6영급 이상
총 임목축적	1,040,447	8,124	75,285	438,090	437,281	81,668
비율	100%	1	7	42	42	8
ha당 임목축적	173.5	40.8	111.7	178.7	211.3	237.3

- II영급 임목축적은 16.9~57.2m<sup>3</sup>/ha로 2010년도에 가장 높았으며 점차 감소하는 추세를 나타내고 있음
- IV영급 이상은 88.6m<sup>3</sup>/ha에서 2020년도에는 237m<sup>3</sup>/ha로 1964년 대비 약 3배 이상 증가하여 울창한 산림으로 변화

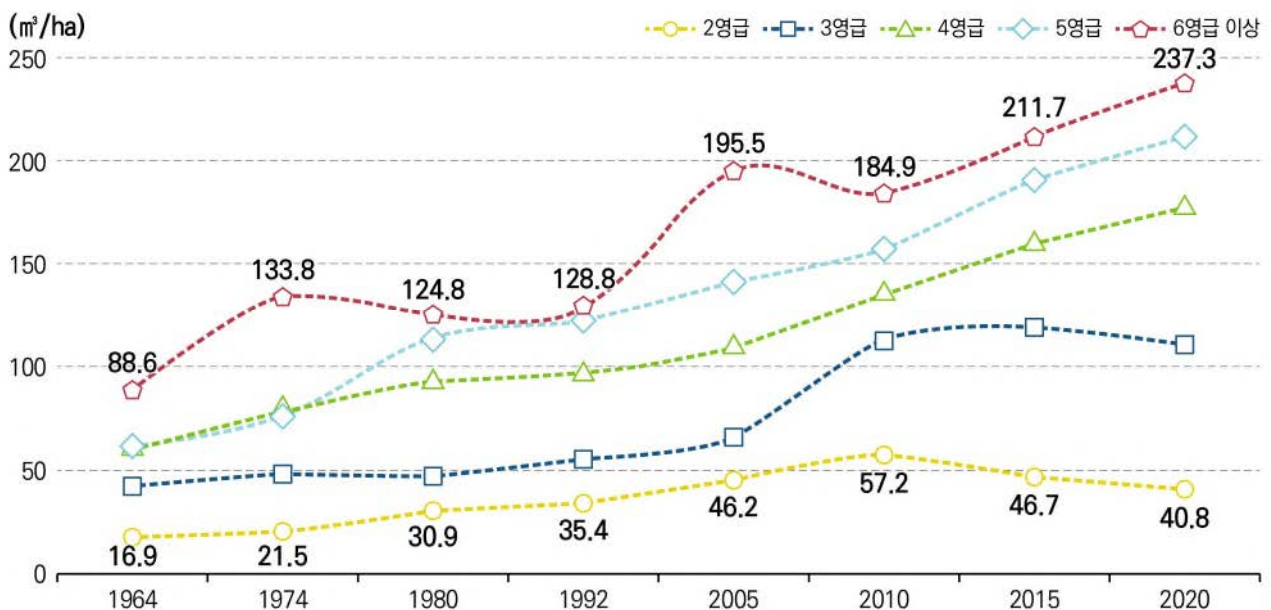


그림 2-104. 국가산림자원조사 조사 차수에 따른 영급별 ha당 임목축적

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 5. 대공간 건축물 현황 (리모델링 관점)

- 본 연구를 통해 개발하고자 하는 목조 대공간 건축물은 신축건축물의 목조 지붕 구조체뿐만 아니라 리모델링이 요구되는 공공 체육시설에 적용될 수 있음
- 따라서, 국내 공공 체육시설의 현황을 파악하고자 하였으며, 문화체육관광부에서 제시하는 “2023 전국 공공 체육시설 현황 자료 (’24.01.08. 게시)”를 참고하였음
- 공공 체육시설은 분류에 따라 총 22항목으로 분류되며, 현황 분석을 위해 10항목(육상경기장, 하키장, 야구장, 사이클 경기장, 테니스장, 씨름장, 체육관(구기·투기·생활), 게이트볼장, 수영장, 롤러스케이트장)을 선정하였음

표 2-32. 국내 공공 체육시설의 분류 기준

시설 항목	분류 기준	시설 항목	분류 기준
1. 육상경기장	• 일주 거리 400m 또는 300m, 200m의 육상트랙, 필드(축구경기장) 및 보조경기장 등을 갖춘 경기시설로서 종합운동장, 종합운동장 주 경기장, 종합경기장	12. 롤러스케이트장	• 트랙경기장 : 일주 거리 200m의 트랙, 주폭 6m 이상 • 로드 경기장: 250m~1,000m, 주폭 8m 이상 • 경기장규격이 정규수준에 미달되는 시설
2. 축구장	• 길이 100~110m, 폭 64~75m(국제 경기 규격) 또는 이와 유사한 규격	13. 사격장	• 공기총 사격(10m), 화약총사격(10m, 25m, 50m, 300m), 클레이사격 (트랩, 스킵) 시설, 러닝 타겟 시설 중 전부 또는 일부를 보유한 사격장
3. 하키장	• 길이 91.4m, 폭 55m 또는 이와 유사한 규격	14. 국궁장	• 사정거리는 관저 중심에서 사대 중심까지 145m, 과녁 사이 5m 이상
4. 야구장	• 본루로 부터 1, 3루 측 야외거리가 98m 이상, 백스크린까지 110m 이상	15. 양궁장	• 30m, 50m, 60m, 70m, 90m 거리의 경기 가능
5. 사이클 경기장	• 일주 거리 실내 250~400m(통상 333.33m가 주종), 실외 250~500m	16. 승마장	• 마장마술(길이 60m, 폭 20m), 장애물 비월(폭의 길이 최소한 60m 총 넓이 4,800㎡ 이상) 시설의 전부 또는 일부를 보유한 승마장
6. 테니스장	• 가로 10.97m, 세로 23.77m	17. 골프연습장	• 골프 연습 타석을 갖춘 시설
7. 씨름장	• 경기장 높이 30cm 이상 70cm 이하, 경기장 직경 8m 이상인 원형의 모래 시설과 경기장 밖 1.5m 이상의 보조경기장 또는 이와 유사한 규격	18. 조정카누장	• 조정 경기 가능 시설 • 카누 경기 가능 시설
8. 간이운동장	• 축구, 배구, 농구, 테니스, 배드민턴, 게이트볼, 체력단련기구 등 간이운동 시설이 설치된 거주지 인근의 마을 체육시설	19. 요트장	• 요트 경기에 필요한 시설과 요트의 수납과 정비용 부대시설을 갖춘 경기장 또는 이와 유사한 경기장
9. 체육관 (구기·투기·생활)	• 핸드볼, 농구, 배구, 배드민턴 등 구기 종목의 경기 개최가 가능한 체육관 • 유도, 레슬링, 복싱, 태권도, 펜싱, 검도, 씨름, 체조, 역도 등 투기종목의 경기 개최가 가능한 체육관 • 농구, 배구 등 구기 종목과 수영, 볼링, 에어로빅, 헬스 등 생활체육종목의 각종 체육시설이 복합 설치된 체육관	20. 빙상장	• 길이 60m, 폭 30m(일주 거리 111.12m의 트랙) 또는 이와 유사한 규격 • 일주 거리 400m 이상 333.3m 미만의 길이의 두 개의 주로
10. 게이트볼장	• 정식 규격의 게이트볼장으로 지붕, 기둥 또는 벽면으로 구성된 경기장	21. 설상경기장	• 길이 90m, 120m 또는 이와 유사한 규격 • 3.25km와 2km 지점에 컷오프를 갖춘 하나의 4km 주로로 구성
11. 수 영 장	• 폭 25m, 길이 50m 8레인으로 레인 폭은 2.5m 이상 또는 이와 유사한 규격	22. 기타 체육시설	• 상기 분류 기준에 포함되지 않은 공공 체육시설

- 선정된 10개 시설 항목 중 건축면적 또는 준공 연도가 공개되지 않은 자료는 삭제하였으며, 총 건축물의 수는 4,020개소로 파악됨
- 선정된 시설 항목 중 게이트볼장(1,565개소), 생활체육관(736개소), 구기체육관(489개소) 순으로 많이 분포하였으며, 사이클 경기장(11개소), 하키장(15개소), 롤러스케이트장(35개소) 순으로 적게 분포하고 있음

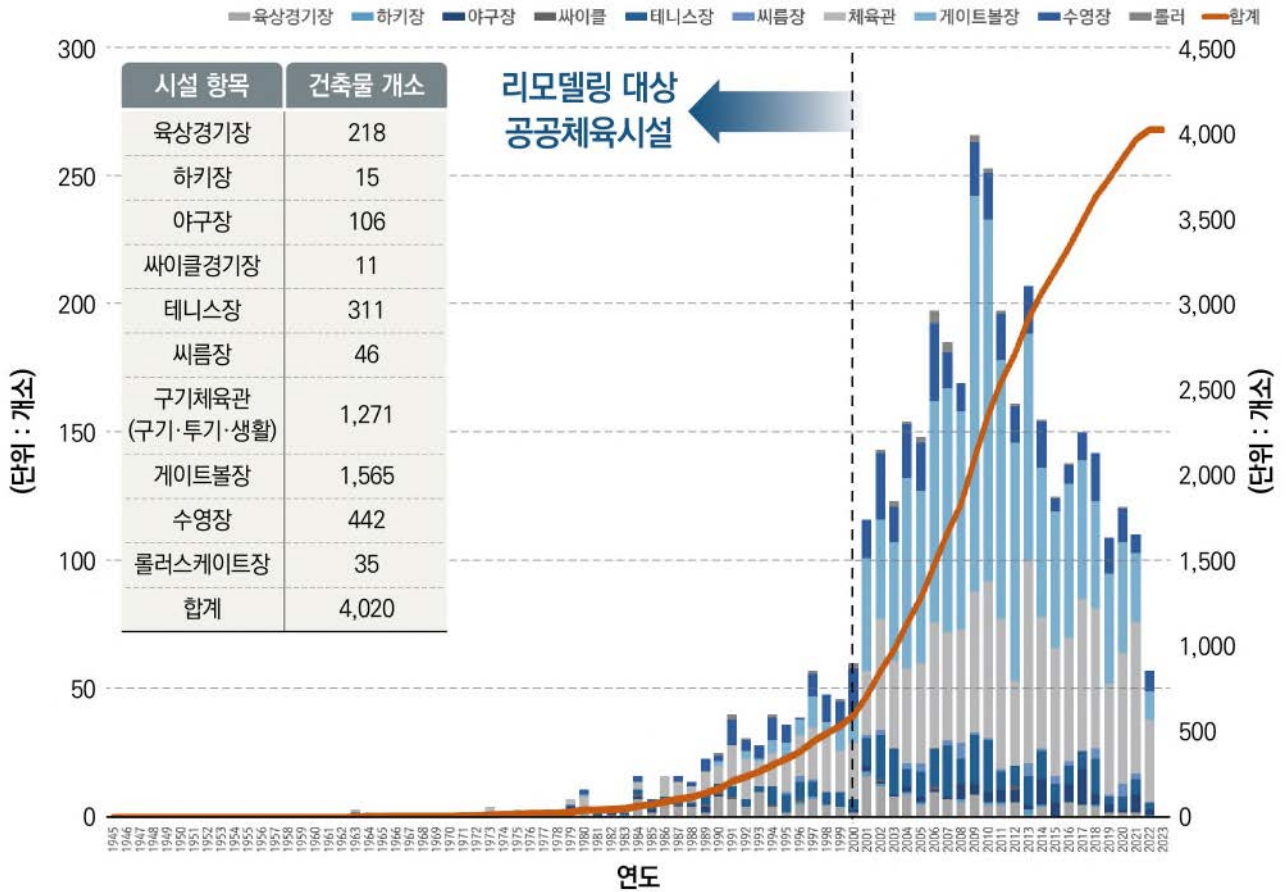


그림 2-105. 시설 항목별 건축물 개소 및 연도별 준공 현황

- 국내 공공 체육시설은 2000년 초반부터 급격히 증가하였으며, 2009년 266개소로 가장 많이 준공되었음. 이러한 영향은 경제성장으로 인해 주민들이 여가생활을 즐길 수 있는 공간으로 체육관 및 게이트볼장 등이 증가하였기 때문으로 판단됨
- 하지만 2009년 이후 공공 체육시설의 준공 수는 감소하는 추세에 있음
- 특히, 2000년 이전에 준공된 공공 체육시설은 사용기간이 20년을 넘었기 때문에 리모델링을 고려할 필요가 있으며, 1945년부터 2000년까지 준공된 공공 체육시설은 총 594개소임
- 건축 연면적으로 분류하면 5,000㎡ 이하의 공공 체육시설이 3,719개소이며, 조사 대상 공공 체육시설 중 92.5%를 차지하고 있어 가장 많은 분포를 하고 있음
- 따라서, 리모델링 관점에서는 국내에 주로 분포하고 있는 연면적 5,000㎡ 이하의 공공 체육시설에 관한 연구 내용을 고려할 필요가 있음

## 2장 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

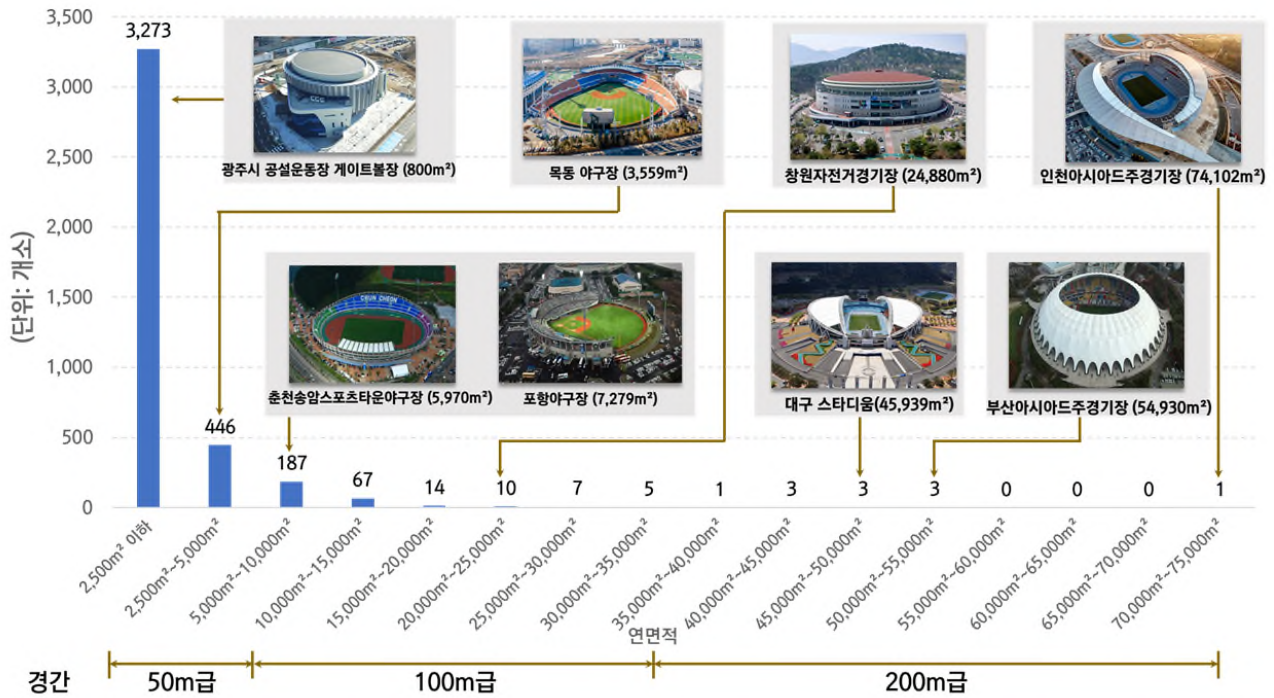


그림 2-106. 연면적별 공공 체육시설 현황

- 서울시는 잠실 야구장을 허물고 폐쇄형 구조의 돐구장을 짓는다는 계획을 발표함. 건설 기간은 프로야구 시즌이 끝난 뒤인 '26년 상반기이고, '32년 개장을 목표로 함. 잠실 돐구장이 예정대로 지어진다면 한국에서 3번째 돐구장이 되며 이와 유사한 공사들에 본 연구 과제의 기술들이 적용된다면 기술의 고도화 및 탄소중립에도 긍정적인 영향을 줄 것으로 예상됨

## 6. 결론 및 시사점

- 목조 관련 연구기관들의 다양한 연구 활동과 목조건축 교육의 활발함을 보아 목조기술의 발달 및 인재 양성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨
- 강릉 지역은 제1종 원목생산업체가 55개, 제2종 원목생산업체가 442개로 원목 생산업이 가장 활발하며, 제재업체의 경우 교통 및 물류 이동이 활발한 경기도와 인천지역에 주로 분포되어 있는 것으로 조사됨
- 따라서 목재 관련 산업을 시작하거나 확장할 때 강릉에서 생산을 진행하고, 제재 및 유통을 인천에서 수행하는 것이 전략적으로 유리하다고 판단됨
- 2020년부터 2024년까지의 목조건축 교육 현황을 보면 탄소중립 정책이 부각됨에 따라 목조건축 교육이 지속적으로 연구되고, 관련 지식과 기술이 꾸준히 공유되며 학술교류가 활발하게 이루어지는 것으로 조사됨
- 2020년도 말 기준 IV영급 이상 임분이 전체 산림면적의 81%를 차지하고 유령림(1~20년) 면적 비율은 전체 산림면적의 7%에 불과하므로 영급의 불균형을 해소하기 위해 IV영급 이상인 임분의 목재 수확과 유령림의 식목이 필요함
- 전국 17개 기본계획구 중 강원도가 평균 산림률(67.2%)보다 높은 산림률(81%)과 IV영급 이상의 임분 비율 71%를 기록하였으며 산림기능에 따라 산림면적을 측정하였을 때 목재생산림의 비율이 인천광역시가 68% 이상으로 가장 높게 측정되었기에 강원도지역에서의 목재 수확 및 인천광역시에서의 목재생산이 유리할 것으로 판단되며 이에 따른 목재 공급망 구축이 필요함
- 2000년 이전 준공되어 노후화로 인해 리모델링을 필요로 하는 오픈형 공공 체육시설은 594개소로 조사되었고, 리모델링을 실시하는 경우 목조 지붕 구조체를 신축하여 기존의 체육시설에 추가하는 공법을 적용하여 친환경 리모델링 기술로 발전시킬 수 있으며, 공공 체육시설 중 연면적이 5,000㎡ 이하인 건물은 92.5%로 높은 비율을 차지하고 있으므로 본 연구를 적용할 가능성이 크다고 판단됨

1

2

 및수행내용  
 기획연구과제의  
 수행과정

3

4

5

6

7

8

9

## 2장 | 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 6절. 종합분석

#### 1. SWOT 분석

- 국내·외 정책 동향, 국내·외 시장현황 및 전망, 국내·외 기술 동향, 연구 개발 인프라 분석 등을 바탕으로 하여 SWOT 분석 실시

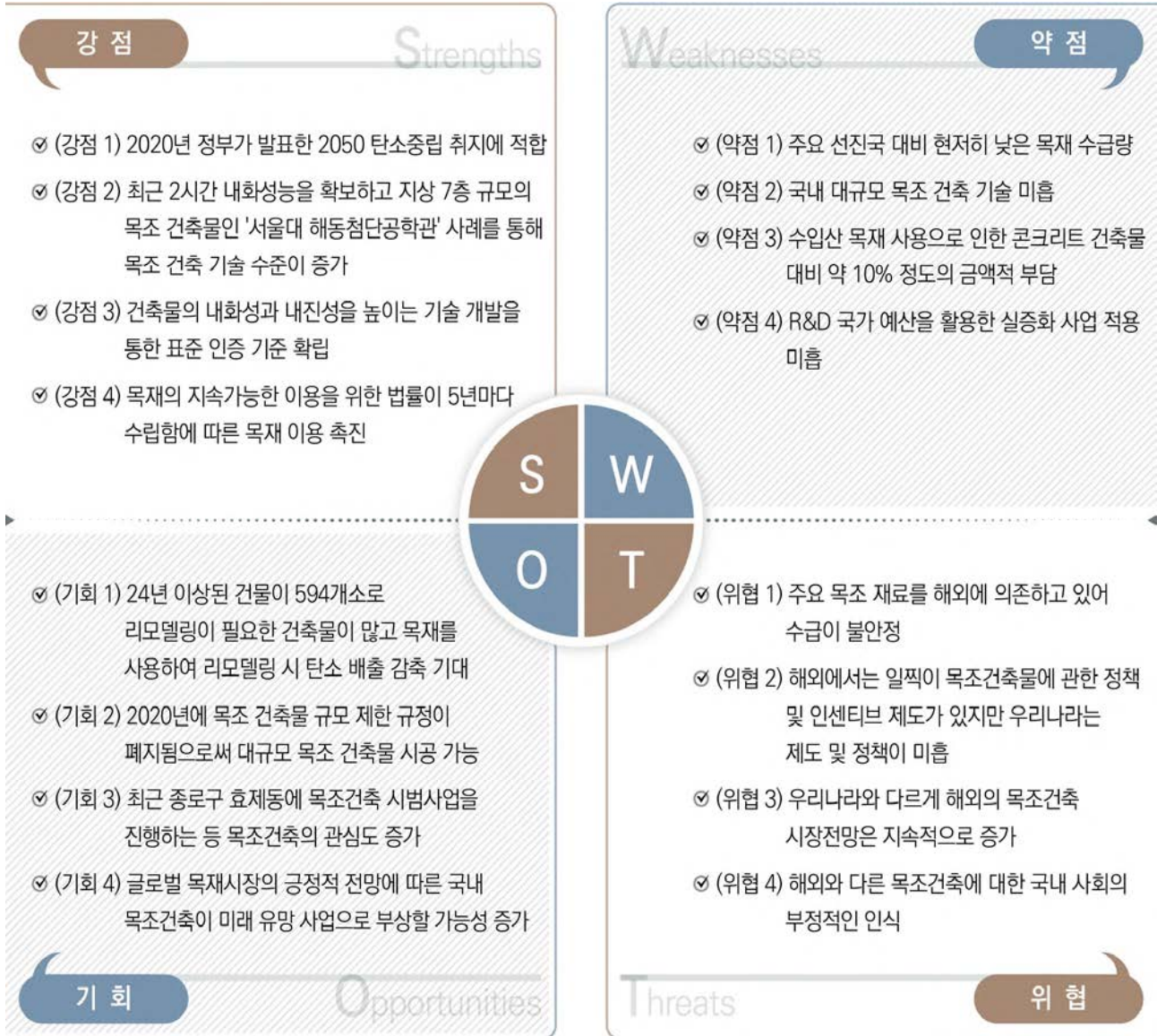


그림 2-107. SWOT 분석 결과

## 2. SWOT 분석을 통한 전략 도출

- SWOT 분석에서 외부 환경 요인과 내부 역량요인을 종합적으로 분석하여 강점을 극대화시켜 기회를 잡은 SO전략, 강점을 활용하여 위협을 최소화시키는 ST전략, 약점을 보완하여 기회를 잡는 WO전략, 약점을 보완하여 위기를 극복하는 WT전략 수립

<p style="writing-mode: vertical-rl; position: absolute; top: 20%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%);">외부 환경</p> <p style="text-align: center;">내부 역량</p>	<h3>O 기회 Opportunities</h3> <ol style="list-style-type: none"> <li>24년 이상된 건물이 594개소로 리모델링이 필요한 건축물이 많고 목재를 사용하여 리모델링 시 탄소 배출 감축 기대</li> <li>2020년에 목조 건축물 규모 제한 규정이 폐지됨으로써 대규모 목조 건축물 시공 가능</li> <li>최근 종로구 효제동에 목조건축 시범사업을 진행하는 등 목조건축의 관심도 증가</li> <li>글로벌 목재시장의 긍정적 전망에 따른 국내 목조건축이 미래 유망 사업으로 부상 할 가능성 증가</li> </ol>	<h3>T 위험 Threats</h3> <ol style="list-style-type: none"> <li>주요 목조 재료를 해외에 의존하고 있어 수급이 불안정</li> <li>해외에서는 일찍이 목조건축물에 관한 정책 및 인센티브 제도가 있지만 우리나라는 제도 및 정책이 미흡</li> <li>우리나라와 다르게 해외의 목조 건축 시장전망은 지속적으로 증가</li> <li>해외와 다른 목조건축에 대한 국내 사회의 부정적인 인식</li> </ol>
<h3>S 강점 Strengths</h3> <ol style="list-style-type: none"> <li>2020년 정부가 발표한 2050 탄소 중립 취지에 적합</li> <li>최근 2시간 내화성능을 확보하고 지상 7층 규모의 목조 건축물인 '서울대 해동첨단 공학관' 사례를 통해 목조 건축 기술수준이 증가</li> <li>건축물 안전성 기술개발을 통해 표준 인증 기준 구축</li> <li>목재의 지속가능한 이용을 위한 법률이 5년마다 수립함에 따른 목재 이용 촉진</li> </ol>	<h3>SO 전략</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>리모델링 및 돔 지붕이 필요한 건축물에 목재를 사용하여 탄소 감축</li> <li>증가된 목조 건축 기술 수준을 활용해 대규모 목조 건축 시공</li> <li>지속적인 목조 건축물 안전성 기술 개발을 통한 목조 건축물 인지도 증가</li> <li>지속 가능한 목재 이용을 촉진하기 위한 법률을 기반으로 목조 건축의 장점을 홍보하는 캠페인 진행</li> </ul>	<h3>ST 전략</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>국내 목조 건축물 정책 및 인센티브 제도 강화</li> <li>국내 목조 건축 자재 및 건축 기술에 대한 표준화 및 인증 제도 구축을 통한 목조 건축의 신뢰성 증진</li> <li>첨단 목조 건축 시술 연구 및 개발 촉진</li> <li>2050 탄소중립 목표를 달성하기 위한 국내 목조 건축 자원의 자립화 추진</li> </ul>
<h3>W 약점 Weaknesses</h3> <ol style="list-style-type: none"> <li>주요 선진국 대비 현저히 낮은 목재 수급량</li> <li>국내 대규모 목조 건축 기술 미흡</li> <li>수입산 목재 사용으로 인한 콘크리트 건축물 대비 약 10% 정도의 경제적 부담</li> <li>R&amp;D 국가 예산을 활용한 실증화 사업 적용 미흡</li> </ol>	<h3>WO 전략</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>노후 건축물 리모델링 시장 공략을 통한 목재의 수요 증가</li> <li>대규모 목조 건축물 기술 연구 및 개발 투자</li> <li>목재 수입 비용 절감 및 효율성 증대 방안 마련</li> <li>R&amp;D 투자를 강화하고 실증화 사업을 확대함으로써 목조 건축의 경쟁력 증진</li> </ul>	<h3>WT 전략</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>국내 목재 생산 및 공급망 강화 및 자립도를 높이는 정책 추진</li> <li>대규모 목조 건축 기술 혁신을 위한 연구개발 투자</li> <li>경제적 부담 완화를 위한 정책 및 인센티브 도입</li> <li>목조건축의 경제성과 안전성을 강조하는 인식 개선 홍보를 통한 부정적인 인식 개선</li> </ul>

그림 2-108. SWOT 분석을 통한 전략 도출

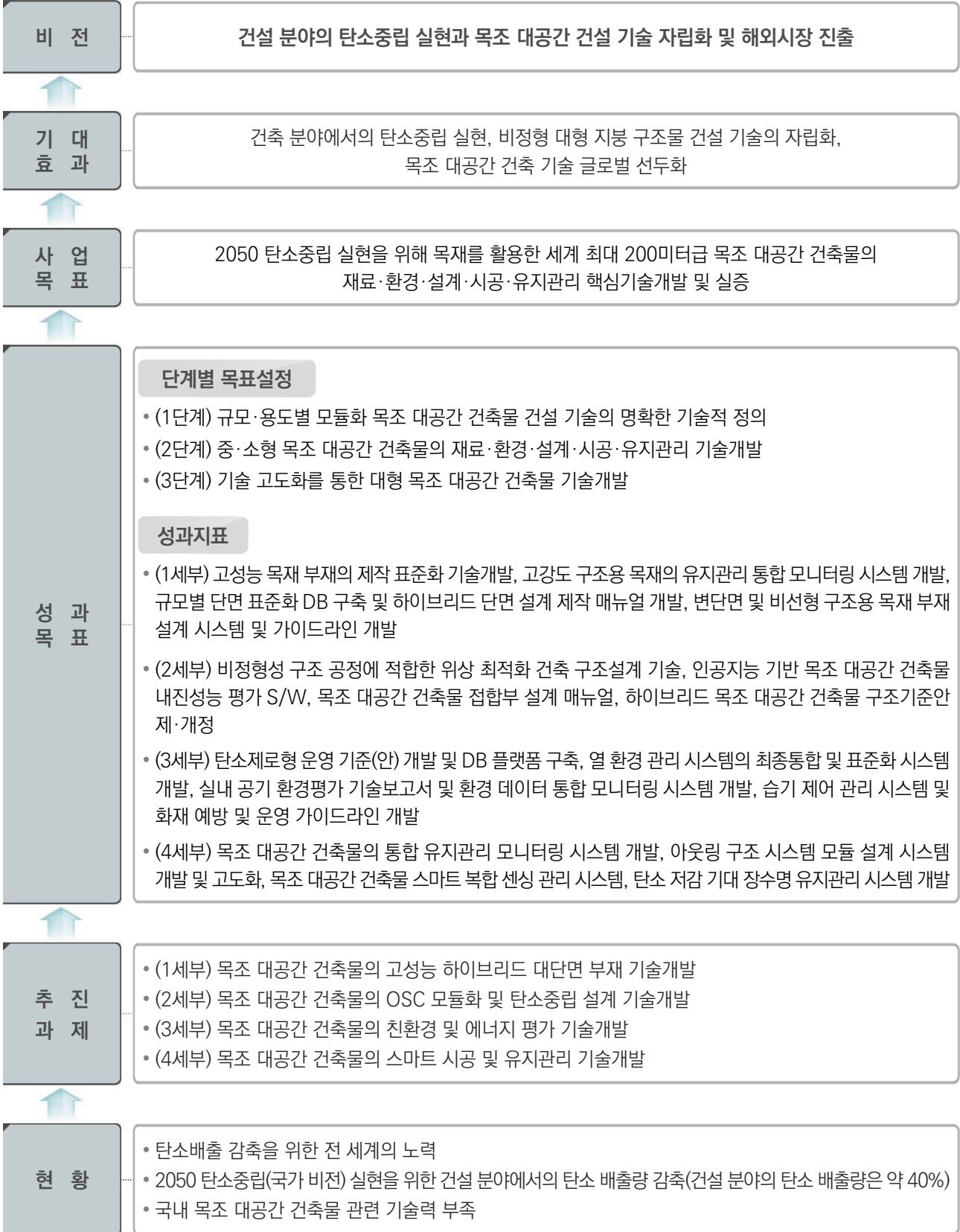
1  
2 장  
기획연구과제의 수행 과정  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

## 3장. 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

### 1절. 비전 및 목표

표 3-1. 비전 및 목표



## 2절. 연구개발과제 구성

### 1. 전문가 의견 조사

#### 1 설계 전문가 (국내 대형 설계사무소)

- 강재를 사용한 대형 스타디움 등의 설계는 가능한 수준이나 대공간 목조 구조물 설계는 경험 부족으로 한계가 있음. 국내에는 대단면 목재 구조물의 접합부 표준 디테일 등의 설계 자료가 부족
- 실무 입장에서는 앞으로는 목재가 주는 친환경성, 따뜻한 재질감, 공간의 분위기 등으로 인해 설계 요구가 많아질 것으로 예측하나, 이에 대한 스테디가 부족한 것이 현실

#### 2 구조 전문 엔지니어 (월드컵경기장 구조설계 경험 보유)

- 국내의 목조 대공간 건축물 구조설계 사례는 없으며, 강릉아이스아레나도 목조로 설계되었으나 공기와 기술력 등의 이유로 철골구조로 변경 시공
- 대단면 장스팬용 목재 시스템 구조의 구조 불안정성에 관한 검토 사례가 매우 부족
- 현재 국내 구조설계 기술로서는 목조 대공간 건축물 구조설계에 대한 경험 및 데이터 부족으로 해외 협업이 필요한 실정

#### 3 친환경 설계 전문가 (친환경 설계 전문 연구 집단)

- 목조 대공간 건축물의 열(단열 및 축열)환경 성능, 방습, 열교 및 열 손실, 소음 및 차음 설계 기술개발
- 실내 공기의 질(CLT 제작 시 HCHO, VOCs, Limonene 등) 개선 기술
- 목재 내외장재의 함습량에 따라 수축균열, 부식 방지 기술개발(수축, 균열로 인한 기밀성능과 에너지 사용량 평가 기술개발)
- 목재 대공간 건축물의 친환경 인증 및 평가(대공간 건축물 특화 저 에너지 인증 프로그램 개발 필요)
- 목재 구조물 사용에 따른 탄소중립 기여도 산출 프로세스 개발 및 탄소 모니터링 기술개발 필요

#### 4 목재 가공업 (인천 소재 대형 목가공업)

- 산림자원에서 건축용 목재 등으로 가공하는 기술은 축적하고 있으나, 대단면 집성재 등의 생산기술은 생산 경험 부족 및 소요 강도에 대한 이해 부족

#### 5 시공 전문가 (대기업 소속)

- 고층 수직 시공, 분절 시공, 모듈화 시공 등에 대한 기술은 일부 축적이 되어 있으나 대공간 특히 지붕 구조물의 경우 시공 기술개발이 필요
- 대공간 구조물의 특히 인구 밀집 지역 내 등의 시공 환경의 특수성이 있는 경우의 SOC등의 기술은 매우 고난도의 시공 기술이란 판단됨. 국내의 목조 대공간 건축물 시공 경험은 전무하다고 봐도 무방함
- 우리나라는 고층 건축물 건설 기술은 그동안 많은 기술 축적이 이루어져 왔으나, 반면에 대공간 건축물 관련 기술은 2002년 월드컵 구장 건설 이후 건설 기술은 답보 상태. 월드컵 구장 건설 당시에도 국내 기술은 주로 하부 골조 제작 기술에 국한되었으며, 목조 대공간 건설 기술은 경험이 전무한 상태

# 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

## 2. 기술수요조사

### 1 조사 개요

- (목적) 「200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획」에서 요구되는 기술 수요를 조사하고, 본 사업 추진의 당위성 확보를 위한 조사
- (조사 대상) 목재 생산 및 가공, 대공간 건축물 설계 및 시공, 건축물 전 생애주기 탄소 배출량 평가, 스마트 유지관리 등에 전문성을 보유한 산/학/연 전문가
- (조사 기간) 2024년 3월 1일(월) ~ 3월 31일(일) 약 4주간
- (조사 내용) 내재 에너지와 운영에너지를 고려한 국내 최초 목조 대공간 건축물 건설 기술개발에 있어 기술의 중점분야의 각 세부기술(세세부기술 포함)에 해당하는 기술을 조사하는 것으로서, 국가 연구 개발이 필요한 기술 도출을 위한 기술수요조사임
- (응답 현황) 산/학/연으로 구성된 46개 기관에 배포되었으며, 총 25개 기술 도출

#### 붙임 1 기획 과제 개요

##### 1. 「탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획」 추진 배경 및 필요성

###### □ 정부 정책과의 연계성

- 2020년 유엔환경계획(UNEP)은 에너지 관련 이산화탄소 배출량 중 건축물 부문이 전체의 38%를 차지하고 있으며, 이중 운영에너지와 내재 에너지가 각각 28%와 10%를 차지한다고 발표

- 국내 정부는 2050 탄소중립 추진 전략에 따라 공공건축물의 제로에너지 인증을 의무화하고 2050년까지 온실가스 순 배출량 '0'을 목표로 하고 있음. 특히 패시브하우스 등 건축물의 운용 에너지 성능이 높아짐에 따라 건축재료의 내재 에너지가 상대적으로 중요해짐

- 따라서 정부는 내재 에너지 측면에서 압도적으로 유리한 국산 목재를 활용하여 건축재료 및 건축구법 개발 등을 추진하고 있으며, 국산 목재 사용을 목표로 다양한 정책을 펼치고 있음. 또한, 탄소중립 달성을 위해 2013년 관련 법률 제정 및 2017년 지자체 또는 공공기관의 목조 건축물 건설 시 국산 목재를 우선 구매 등을 의무화하고 있음

###### □ 국내외 현황

- 미국의 「목재혁신법」, 일본의 「목재이용 촉진법」 등 글로벌 목조 건축 시장을 리드하는 국가들은 목조 건축물의 내재 에너지에 착목한 탄소 저감 정책을 펼치고 있으며, 목조 건축물 건설 기술을 기후변화 및 탄소제로 정책의 최우선 과제로 정의하고 있음. 또한, 글로벌 목조 건축 시장 선점을 위한 다양한 정책적 지원 및 기술개발을 지원하고 있음

- 하지만 국내 목조 건축 기술은 한옥을 비롯한 중저층 건축물이 중심이며, 건축물 생애 내재 에너지에 대한 평가 기술은 매우 미약함. 그러나 해외에서는 이미 180미터급 대공간 목조 건축물 건설 기술을 개발하여 상용화하였음(세계 최대 목조 대공간 건축물은 일본의 "Odate Jukai Dome"이며, 1998년 완공)

###### □ 연구개발의 필요성

- 국가의 탄소제로 정책에 기여 및 고부가가치 건설 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 목적으로 국산 목재의 내재 에너지를 적극적으로 활용한 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발이 필요함

- 직경 50m급, 100m급, 200m급 등의 모듈화 기술이 적용된 다양한 규모의 목조 대공간 건축물을 대상으로 재료-설계-구조-환경-시공 및 유지관리 등 소요 기술별 탄소배출 전략 및 감축 방안 개발과 목조 대공간 건축물의 생애주기 단계별 탄소 배출량 정량화 기술개발이 필요함

#### 붙임 4 기술수요조사

##### 1. 「탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 기획」 기술수요조사서

중점 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목조 대공간 건축물의 구조재료 및 생산성 향상 기술개발</li> <li>□ 목조 대공간 건축물의 구조 시스템 및 설계기술 개발</li> <li>□ 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</li> <li>□ 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 기술개발</li> </ul> <p><i>* 제한하는 기술이 해당되는 중점분야를 선택하여 주시기 바랍니다</i>  <i>- 다수의 중점분야에 해당되는 공통기술일 경우 관련 분야에 모두 체크해주시기 바랍니다</i></p>														
제안과제명	<i>* 해당 중점분야내 필요한 핵심과제로, 개발 목표 및 성과 등이 명확하게 드러낼 수 있도록 구체적인 과제명으로 제안하여 주시기 바랍니다.</i>														
개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> <li>○ 2차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> <li>○ 3차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> <li>○ 4차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> <li>○ 5차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> <li>○ 6차년도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 주제</li> <li>- 연구 내용: <i>* 300자 이상으로 작성 바랍니다</i></li> </ul> </li> </ul>														
소요 예산 (정부+연구비/단위 : 백만원)	<table border="1"> <tr> <th>총 예산</th> <th>1년</th> <th>2년</th> <th>3년</th> <th>4년</th> <th>5년</th> <th>6년</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	총 예산	1년	2년	3년	4년	5년	6년							
총 예산	1년	2년	3년	4년	5년	6년									

*\* 붉은 글씨는 작성법 및 예시이므로 작성 후 삭제 바랍니다*  
*\* 필요에 따라 서식을 복사하여 다수의 과제 제안이 가능합니다*

그림 3-1. 기술수요조사서

## 2 배포 기관

표 3-2. 분야별 배포 기관

분야	배포 기관			합계
	산	학	연	
구조 & 설계	(주)아이스트, CS구조엔지니어링, 단구조설계사무소, 플러스구조, 효성구조엔지니어링, (주)해안건축	선문대, 영남대, 조선대, 한기대, 시립대, 세종대, 한국공간구조학회	한국건설 기술연구원, 한국건설생활환경시험연구원	15
시공 & 유지 관리	현대건설, GS건설, 대우건설, 신동아건설, 동부건설, 대보건설, 태영건설, 계룡건설, 화성산업, 서한, 금호건설, 현대엔지니어링	송실대, 협성대	한국건설 기술연구원	15
환경 & 에너지 성능	ENA 테크놀로지, 이에스 에너지, 우인건축	한국생태환경건축학회, 한국건축친환경설비학회, 고려대, 시립대, 대진대	한국건설 기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국건설생활환경시험연구원	11
재료	경민산업	연세대, 충북대, 충남대	한국건설생활환경시험연구원	5
합계	22	17	7	46

## 3 조사 결과

- 구조&설계 9건, 시공&유지관리 5건, 환경&에너지성능 8건, 재료 3건으로 총 25개의 기술이 도출되었음

표 3-3. 분야별 도출 기술

No.	분야	도출 기술
1	구조 & 설계	인공지능기반 스마트 구조제어를 이용한 목구조 대공간 건축물의 내진성능 향상기술 개발
2		철목골(Steel-Timber) 대공간 하이브리드 목구조 시스템 구축
3		목조 대공간 건축물의 통합 구조 자동화 프로그램 기술 개발
4		목조 대공간 구조물의 접합부 표준 프로토타입 구축
5		Rhino+Grasshopper 3차원 복합재료 위상 최적화 설계를 적용한 목조 대공간 건축물의 비정형 하이브리드 구조 기술 개발
6		목조 곡면 구조물의 형태와 구조 시스템 개발
7		목조 아치 트러스 축력전달을 위한 고강도 철근콘크리트 아웃링 구조 및 시공 기술
8		탄소제로형 목조 대공간 건축물의 규모 모듈화 표준 구조 및 OSC 기술 개발
9		목조 대공간 건축물의 내풍 및 내진 시뮬레이션 기술 개발



### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

No.	분야	도출 기술
10	시공 & 유지 관리	스마트 복합센싱 기반 목조 대공간 시공 정밀성 및 구조 건전성 평가 기술 개발
11		목조 대공간 건축물의 시공계획 및 유지관리 기술 개발
12		IOT기술을 접목한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 개발과 장수명 유지관리 시스템 개발
13		목조 하이브리드 대공간 건축물의 내화성능 향상 기술 개발
14		저탄소 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 개발과 장수명 유지관리 시스템 기술개발
15	환경 & 에너지 성능	목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기술 개발
16		목조 대공간 건축물의 환경성 평가 기술 개발
17		목재 건축물의 열적 특성을 고려한 효과적인 실내온도 관리 방안 도출
18		목구조 특성을 고려한 첨단 센서 및 IoT 기술 활용에 기반한 실시간 습기 모니터링 및 제어 기술 개발
19		목구조물의 조습 성능과 우수한 단열성능을 활용하여 건물 에너지 사용량 저감 리모델링 방안 도출
20		목구조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술 개발
21		공공건물의 규모별 목조 지붕 적용기술 개발
22		목재 건축물의 지속성 향상을 위한 습기 제어 및 화재 예방 시스템 개발
23	재료	국산 목재를 이용한 구조용 목재 부재 통합설계 시스템 개발
24		고성능 목재 구조부재의 가공 기술 개발
25		목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

- 향후 본 R&D 사업 실증 시 시설의 규모(경간)를 조사하였으며, 비교적 모든 규모에서 고르게 분포됨 (중복 투표). 따라서, 50~100m급의 중·소규모의 대공간 목조 건축물부터 200m 이상의 대공간 목조 건축물을 고려할 필요가 있음

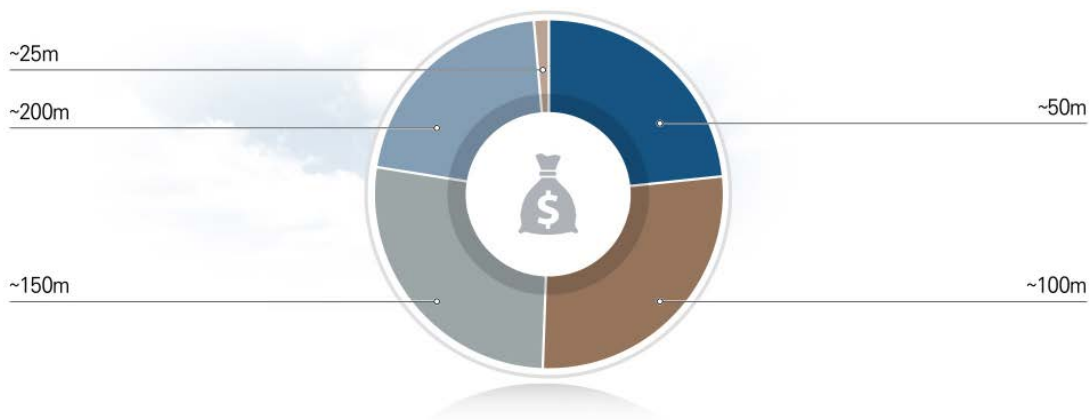


그림 3-2. 사업 상용화 및 실증 시 시설 규모

내용	규모				
	~50m	~100m	~150m	~200m	~250m
건	22	25	25	20	2

4 기초 자료

표 3-4. 기술수요조사(No. 1)

No.	1	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>인공지능기반 스마트 구조제어를 이용한 목구조 대공간 건축물의 내진성능 향상기술개발</b>		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 기계학습 기반 목구조 대공간 건축물의 지진응답 예측모델 개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 지진하중에 대한 목조 대공간 건축물의 동적응답을 정확하게 해석하기 위해서는 기하학적 비선형, 재료 비선형을 고려하고 비선형 좌굴하중을 산정하는 등 복잡한 과정을 거치게 된다. 이때 해석모델의 작성 및 해석 수행에 많은 시간이 소요된다. 1차년도에는 이러한 목조 대공간 건축물의 복잡한 지진응답을 정확하고 효과적으로 예측할 수 있는 기계학습 모델을 개발한다. 이를 위해서 모델 학습을 위한 데이터베이스를 구축한다. 구축된 목조 대공간 건축물 지진응답 DB의 입출력 관계를 정확하게 모형화 할 수 있는 기계학습 모델을 개발한다. 이때 다양한 기계학습 알고리즘을 활용하여 최적의 알고리즘을 선정하고 예측성능 평가지수를 개발하여 우수한 기계학습 모델을 선정한다.</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 기계학습 기반 목구조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가모델 개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가를 하기 위해서는 다양한 지진하중 및 지진강도에 대한 비선형해석을 매우 많이 수행해야 하므로 이에 소요되는 해석시간이 매우 크다. 따라서 기계학습 기반의 목조 대공간 건축물의 지진응답 예측모델을 활용하여 취약도 곡선을 작성한다. 이를 위해서 취약도 평가 기계학습 모델 개발에 사용할 데이터베이스를 구축한다. 취약도 곡선을 작성할 지반운동 강도지표(Intensity Measure) 선택 및 지진 취약도 해석을 위한 딥러닝 모델을 개발한다. 생성된 딥러닝 모델을 사용하여 목조 대공간 건축물의 지진 취약도 곡선 자동생성 모델을 개발하고 정확성 검증과 성능 개선작업을 수행한다.</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 강화학습을 이용한 목구조 대공간 건축물의 스마트 감쇠장치 최적설계기술개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물은 강구조 대공간 건축물에 비해서 강성이 작으므로 지진하중이 가해질 때 동적응답이 더 크게 발생한다. 따라서 지진하중에 의한 대공간 구조물의 파괴뿐만 아니라 냉난방설비용 덕트, 배관, 전력, 조명, 통신, 음향 등의 설비시설물들이나 비구조부재의 파손과 낙하로 인한 인명피해가 다수 보고되고 있다. 이러한 피해를 줄이기 위한 방법으로 목구조 대공간 건축물에 스마트 감쇠장치를 추가하여 내진성능을 향상시키기 위한 방법을 연구한다. 이때 스마트 감쇠장치의 성능에 대한 설계 및 구조물에 최적 설치 위치를 찾는 방법은 쉽지 않은 일이다. 더 나아가 스마트 감쇠장치의 성능은 제어알고리즘에 의해서 크게 좌우된다. 본 연구에서는 주어진 환경에서 최고의 보상을 받을 수 있는 선택을 수행하도록 에이전트를 학습시킬 수 있는 인공지능의 한 분야인 강화학습을 적용하여 감쇠장치의 특성, 설치 위치 및 제어알고리즘에 대한 최적의 설계를 수행할 수 있는 기계학습 모델을 생성한다.</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 강화학습을 이용한 목구조 대공간 건축물의 스마트 면진시스템 최적설계기술개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 4차년도에는 목구조 대공간 건축물의 지진응답을 저감시키기 위하여 스마트 면진시스템을 적용하고 이를 최적 설계하는 기술을 강화학습을 이용하여 개발한다. 강화학습은 기존의 기계학습에 비하여 학습을 위한 데이터베이스가 필요하지 않고 주어진 환경에서 최선의 행동을 하는 에이전트가 시행착오를 통하여 스스로 학습하기 때문에 데이터베이스 구축 노력이 없어질 뿐만 아니라 혁신적이고 새로운 해결책을 찾기에 용이하다. 목구조 대공간 건축물과 스마트 면진시스템의 특성을 강화학습 환경으로 인코딩하고 스마트 제어장치로 전달되는 제어 명령을 에이전트의 행동으로 설계한다. 이때 면진층의 변위와 목구조 대공간 건축물의 지진응답은 서로 상충되는 특성이 있기 때문에 두 응답을 동시에 만족시킬 수 있도록 강화학습의 보상을 설계한다.</li> </ul>	

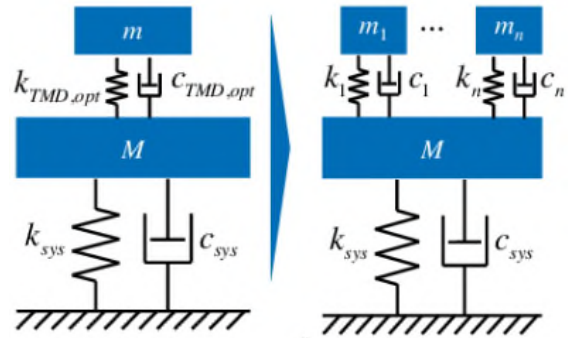
1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

또한 변위응답 제어와 가속도응답 제어 목표는 수동 제어시스템을 사용할 경우 서로 상충되는 목표이므로 동시에 달성하기 어렵다. 강화학습 기반 스마트 면진시스템의 제어목표를 상충하는 변위응답 저감과 가속도응답 저감으로 두어 에이전트가 두 목표를 동시에 만족시키는 방향으로 학습을 진행하도록 한다.

5차  
년도

- 연구주제 강화학습을 이용한 목구조 대공간 건축물의 스마트 TMD 최적설계기술개발
- 연구내용 TMD를 활용하여 대공간 구조물의 지진응답을 저감시키기 위한 연구가 국내외적으로 다수 수행되었다. 그러나 목구조 대공간 건축물에 TMD를 적용하여 내진성을 향상시킨 연구는 찾아보기 쉽지 않다. 목구조 대공간 건축물은 일반적인 강구조 대공간 건축물보다 강성 및 질량이 작기 때문에 기존에 강구조 대공간 건축물을 대상으로 개발된 TMD를 설치하면 과도한 질량으로 인하여 오히려 목구조 대공간 건축물의 지진응답을 증폭시키거나 안전성을 저하시킬 수 있다. 따라서 보다 작은 질량의 TMD를 여러 개 설치하는 방법으로 설계를 수행해야 하는데 이러면 기존의 방법보다 설계변수가 증가하고 설치 위치 선정도 어려워진다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서



강화학습을 이용하여 목구조 대공간 건축물의 스마트 TMD 최적설계기술을 개발한다. 스마트 TMD를 사용하면 기존의 수동 TMD보다 더 작은 질량으로 우수한 제어성을 발휘할 수 있기 때문에 목구조 대공간 건축물의 지진응답 제어에 매우 효율적으로 활용할 수 있다. 구조물과 TMD의 특성, 개수, 설치 위치 등을 설계변수로 강화학습의 환경을 인코딩하고 강화학습 에이전트가 최적의 스마트 제어알고리즘을 찾을 수 있도록 학습을 수행한다. 본 연구를 통하여 목구조 대공간 건축물의 지진응답 저감을 위하여 최적의 스마트 TMD 제어알고리즘을 제공할 수 있는 강화학습 모델을 개발한다.

개발  
내용

6차  
년도

- 연구주제 인공지능을 이용한 목구조 대공간 건축물의 내진성능 평가 S/W 개발
- 연구내용 6차년도에는 앞서 5년 동안 개발한 인공지능 기반 목구조 대공간 건축물의 내진성능 평가 및 향상을 위한 단위기술을 통합하고 이를 효과적으로 활용할 수 있도록 프로그램(S/W)을 개발한다. 목구조 대공간 건축물의 지진응답 예측 및 지진 취약도 평가 곡선을 효과적으로 분석하기 위한 전처리 및 후처리의 GUI를 개발한다. 기 개발한 기계학습 기반 지진응답 예측 및 지진 취약도 평가모델과 전후처리의 Interface 프로그램을 개발한다. 실무에서 수행 중인 감쇠장치, 면진장치, TMD의 구조설계 프로세스를 분석하고 현장 적용성 및 실무 사용성을 고려한 S/W 설계 요건을 작성한다. 스마트 구조제어시스템의 종류별 특성을 입력받고 기 개발된 강화학습 모델을 이용하여 제어성능 향상 정도를 효과적으로 분석할 수 있는 시스템을 개발한다. 추가적인 스마트 구조제어시스템을 적용함으로써 얻을 수 있는 내진성능 향상과 경제성 평가를 함께 분석할 수 있도록 시스템을 개발하여 실무 활용성을 증가시킨다. 개발된 통합 S/W의 실무 엔지니어 검토 및 평가를 분석하여 수정·보완 작업을 통하여 최종성과물의 완성도를 높인다.

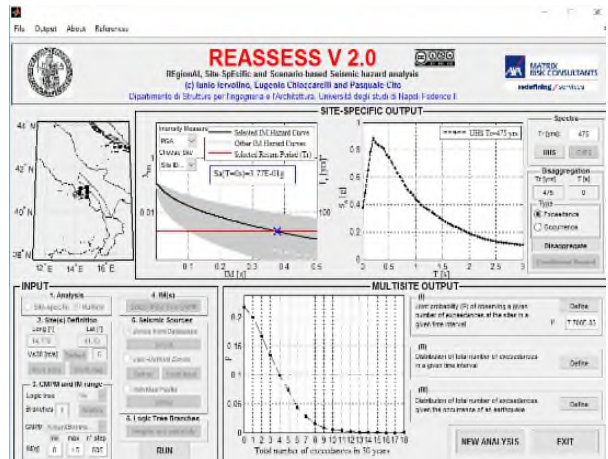
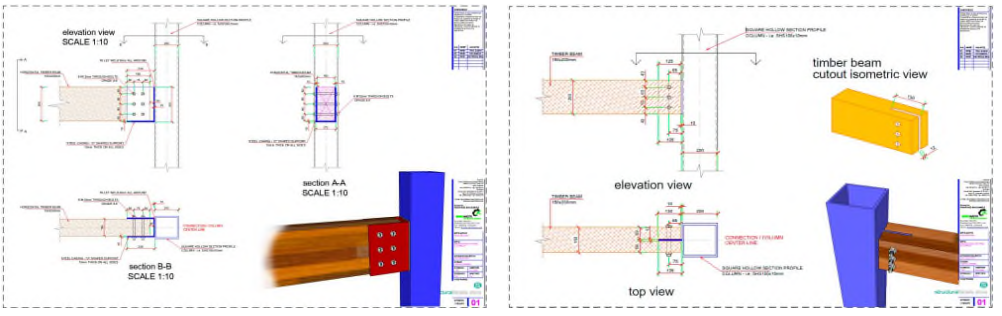



표 3-5. 기술수요조사(No. 2)

No.	2	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>철목골(Steel-Timber) 대공간 하이브리드 목구조 시스템 구축</b>		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골(Steel-Timber) 대공간 목구조 시스템 프로토타입 모델 제안</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물의 용도/규모별/설계하중 조건 등에 부합하는 한국형 철목골 프로토타입 정립, 대상 목구조물 실증 구축에 필요한 개발 핵심기술의 정의</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골 기반 부재 설계기술개발</li> <li>• 연구내용 목재-강재로 구성된 하이브리드 목구조물의 부재 형상 개발 및 설계기술, 철목골 부재의 제작가공 및 시공 효율성 확보기술, 하이브리드 부재 및 부재 간 접합이음 구조 안전성 평가, 부재 및 단면의 설계법 제안, 철목골 부재 자동화 설계 프로그램 개발, 하이브리드 대공간 목구조 시스템의 규모에 따른 부재 단면의 표준안 개발</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골 하이브리드 접합부 설계기술개발</li> <li>• 연구내용 목재-강재로 구성된 하이브리드 목구조물의 접합 형상 개발 및 설계기술, 철목골 하이브리드 접합부의 제작가공 및 생산시공 효율성 확보 기술, 하이브리드 접합부 구조 안전성 평가 및 설계법 제안, 하이브리드 접합부 해석 및 자동화 설계프로그램 개발, 대공간 하이브리드 목구조 시스템의 규모에 따른 접합부 설계 표준안 개발</li> </ul> 	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골 하이브리드 목구조물 안정화 설계기술개발</li> <li>• 연구내용 철목골 대공간 목구조물의 기하학적 비선형성 재료 비선형성을 고려한 비선형 해석모델 구축, 횡력 저항 설계를 위한 내진설계 계수 제안, 철목골 대공간 목구조 설계프로그램 개발, 목구조물 안정성 해석을 위한 설계프로그램 개발</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골 하이브리드 목구조물의 생산성 향상을 위한 매뉴얼 구축</li> <li>• 연구내용 철목골 목구조 시스템의 공장제작 생산성 향상 기술개발, 철목골 목구조 시스템의 시공성 향상을 위한 매뉴얼 구축, 철목골 목구조 시스템의 경제성 확보를 위한 구조설계 매뉴얼 개발</li> </ul> 	
	6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철목골 목구조 시스템의 구조기준안 제개정 통한 보급 확산 토대 구축</li> <li>• 연구내용 철목골 부재 단면의 구조설계기준안 마련, 철목골 접합부에 대한 구조설계기준안 마련, 철목골 목구조 시스템의 안정화를 위한 구조설계기준안 마련, 철목골 목구조 시스템의 현장 적용을 위한 시방서 구축</li> </ul>	

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-6. 기술수요조사(No. 3)

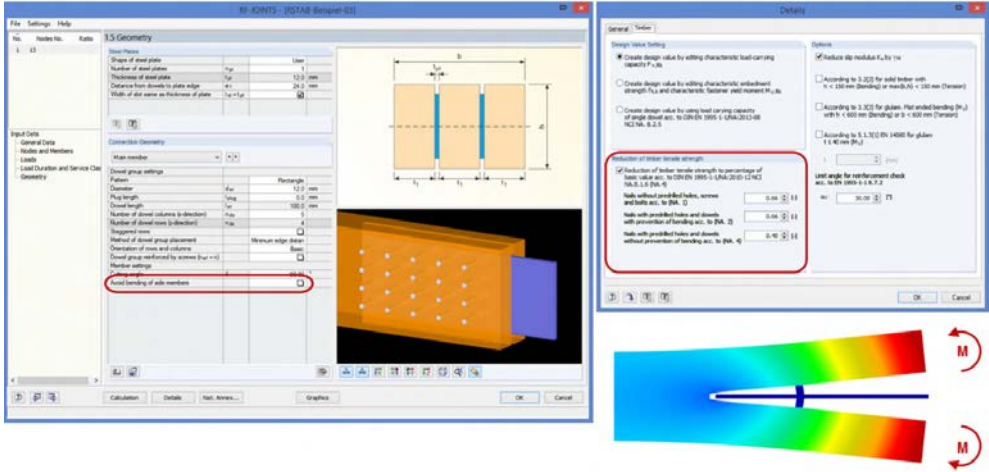
No.	3	분야	구조 & 설계
제안 과제명	목조 대공간 건축물의 통합 구조 자동화 프로그램 기술개발		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물의 설계방법과 설계기준 정의</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물의 규모별(30m, 50m, 200m 등)에 부합하는 설계 방법을 정의 및 대상 건축물에 관련된 설계기준을 정의</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 비정형 시스템을 위한 3차원 정보모델 DB 구축 및 목조 대공간 하이브리드 구조물의 설계방법 정립 및 최적 형상 설계프로그램 개발</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물에 적용할 수 있는 비정형 시스템을 정의. 또한, 목재-스틸, 목재-콘크리트로 조합되는 하이브리드 구조설계 방법을 제안 및 목조 대공간 건축물의 최적 형상을 도출할 수 있는 프로그램을 개발</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 하이브리드형 목조 대공간 구조의 부재 및 접합부 설계 자동화 기술개발</li> <li>• 연구내용 목재와 스틸, 목재와 콘크리트로 구성된 하이브리드 목조 건축물의 부재 설계기술과 목재와 스틸, 목재와 콘크리트 하이브리드 건축물의 접합부 해석 및 설계기술개발, 규모별(30m, 50m, 200m 등) 접합부 표준안 개발</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 하이브리드형 목조 대공간 구조의 안정성 최적화 설계 프로그램 개발</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물의 기하학적 비선형성, 재료 비선형성을 고려한 목조 대공간 건축물의 비선형 좌굴 하중 산정 및 초기 불완전성, 라이즈-스팬비(rise-span)가 고려된 설계 프로그램 개발, 구조적 안정성 해석이 가능한 설계 프로그램 개발</li> </ul> 	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물의 성능평가 매뉴얼 개발</li> <li>• 연구내용 규모별(30m, 50m, 200m 등) 목조 대공간 건축물의 성능평가 매뉴얼을 개발, 목재와 스틸 및 목재와 콘크리트 하이브리드 건축물의 성능평가 매뉴얼 개발</li> </ul>	
	6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 하이브리드 구조물의 설계 자동화 기술개발</li> <li>• 연구내용 1~5차년도에서 개발된 요소기술(설계기준 및 설계 방법, 최적 형상 설계, 접합부 설계기술, 안정성 설계, 성능평가 등)이 포함된 목조 대공간 하이브리드 건축물의 설계 프로그램 및 매뉴얼 개발</li> </ul>	

표 3-7. 기술수요조사(No. 4)

No.	4	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>목조 대공간 구조물의 접합부 표준 프로토타입 구축</b>		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 공학목재의 적용 단면 및 접합형태 사례 조사 및 분석</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물의 현황을 파악하기 위해, 기존 구조물의 사례를 조사하고, 규모와 시스템별로 구조부재의 적용 단면 치수를 체계적으로 조사하여 분석한다. 또한, 80m 규모의 가상 단일 아치 구조를 대상으로 라이즈-스팬비에 따른 소요 단면을 설계한다. 해당 규모의 대공간 구조물의 경우 큰 내력을 고려할 수 있는 단면 치수를 요구한다. 따라서 이에 대응할 수 있는 매스팀버(공학목재)를 효과적으로 활용할 수 있는 방안을 제시하고, 국내 생산 산업 현장을 조사하여 제작가공이 가능한 구조부재의 단면 치수 등을 분석한다.</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 접합 형태 프로토타입 생성</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물의 접합부 프로토타입을 힘의 흐름을 고려한 인장, 압축 접합, 전단 접합, 휨모멘트 접합 등으로 분류하고, 구조 부위에 따라 주각부, 기둥-보 접합부, 보 부재 길이 방향 접합부, 보-보 접합부, 보와 핀재와의 접합부 등으로 분류하여 체계적으로 접합부 종류에 따른 특성을 분석한다. 또한 해당 접합부를 갖는 가상프로젝트의 설계를 수행하여 접합 프로토타입을 생성하고, 타입별 특징, 적용방법 및 범위 등을 분석하여 프로토타입을 구체화한다. 단, 접합형태 프로토타입 생성 시 접합 연결재는 강재와 볼트를 이용한 접합에 기초하여 설계를 수행한다.</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 접합부 설계 프로세스 정립</li> <li>• <b>연구내용</b> 구조부재의 종류 및 형태에 따라 고안된 접합부 상세 및 프로토타입을 설계한다. 접합부 프로토타입 구성 시에는 접합부에 적용되는 재료, 제작 및 조립 방법을 충분히 검토하고 최종적으로 강도, 내구성, 안정성을 확보하도록 설계한다. 상세하게는 접합부에 필요한 성능 항목을 분석하여 이를 만족하는 재료 및 형태를 갖는 프로토타입을 개발하고 설계 프로세스를 정립한다.</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 고안된 접합 프로토타입의 성능검증</li> <li>• <b>연구내용</b> 고안된 다수의 접합 프로토타입에 대한 성능실험을 수행하여 각 타입의 성능을 검증하며, 수정 및 보완을 통해 소요 성능의 확보 여부를 평가한다. 또한, 고안된 접합 프로토타입에 적용되는 재료, 제작 및 조립 방법에 대한 면밀한 검토를 수행하고, 이를 통해 강도, 내구성, 안정성을 확보할 수 있는 접합 프로토타입을 설계한다. 최종적으로 성능실험 결과 및 상세 설계를 기반으로 하여 접합부에 필요한 성능 항목을 분석하고 이를 만족하는 재료 및 형태를 가진 프로토타입별 접합성능 기준표를 제시한다.</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 스펠 100m를 갖는 볼트 구조물과 돔 구조물 가상프로젝트 실시설계 수행</li> <li>• <b>연구내용</b> 스펠 100m를 갖는 볼트 구조물과 돔 구조물을 대상으로 가상프로젝트의 실시설계를 수행하여 적용된 접합부 타입에 대하여 필요한 접합성능을 파악한다. 고안된 접합부 프로토타입과 실제 성능을 비교, 분석하여 프로토타입의 적합 여부를 검증한다. 적합 여부 판정에 따라 추가적으로 고려할 사항을 분석하고, 분석된 결과를 기반으로 충분한 안정성을 갖도록 수정·보완된 접합 프로토타입의 상세 설계 및 제작방법 등을 명확히 제시한다.</li> </ul>	
	6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 접합부 설계 스프레드시트 및 매뉴얼 작성</li> <li>• <b>연구내용</b> 1~5차년도에서 수행한 연구 결과를 종합하여, 구조부재의 종류 및 형태에 따라 고안된 접합부 타입에 대하여 필요한 접합성능을 확인하고 해당 성능평가의 계산 근거를 확인할 수 있는 스프레드시트를 작성한다. 또한, 설계자나 관계자가 쉽게 이해하고 적용할 수 있도록 작성된 접합부 설계 스프레드시트를 기반으로 하여 목조 대공간 구조물 접합부 설계 매뉴얼을 작성한다.</li> </ul>	

1  
2  
3장  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-8. 기술수요조사(No. 5)

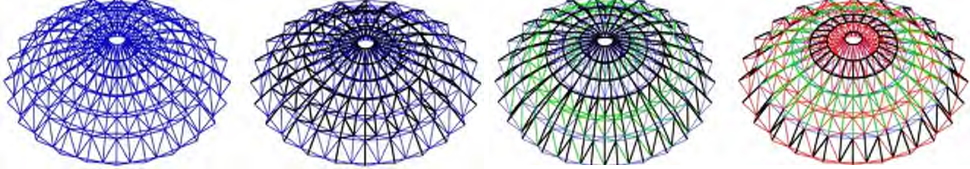
No.	5	분야	구조 & 설계	
제안 과제명	Rhino+Grasshopper 3차원 복합재료 위상 최적화 설계를 적용한 목조 대공간 건축물의 비정형 하이브리드 구조 기술개발			
개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성 구조 최적화 요소기술개발</li> <li>연구내용 목조 대공간 비정형성 구조에 적합한 자가지지 비정형 다변이 형상을 분석하고, 비정형성 건축 부재의 유형별 체계화 및 최적화 개념설계를 수행하여 형태발생과 멀티스케일에 근거한 비정형 골조 기본 유형 도출</li> </ul>		
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성 구조용 위상 최적화 부재 및 구조 시스템 개발</li> <li>연구내용 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성 구조를 위한 비정형 구조 형상 설계 및 해석을 수행하고 3D 스캐닝 활용 비정형성 건축물의 시공 정밀도 및 구조 안전성 설계 사양을 확정하며 내외부 비정형성 건축물의 위상 최적화 플랫폼 및 구조 시스템 도출</li> </ul>		
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성을 가진 위상 최적화 건축 부재 시제품 개발 및 구조성능 검증</li> <li>연구내용 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성 건축 부재(유사 기둥, 보, 슬래브, 벽체) 시제품을 제작하고, 단조(인장, 압축, 휨, 전단) 및 반복가격을 통한 정적, 내진구조 안전 성능평가(강도한계상태 기준)를 실시하며 구조해석 시뮬레이션(ABAQUS)을 통한 검증을 수행함. 시제품에 대한 내외부 비정형성 구조 형상 성능평가 알고리즘을 고도화하여 수정된 내외부 비정형성 구조 형상에 대한 사용성(사용성 한계상태 기준), 경제성을 검증</li> </ul>		
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 내외부 비정형성 건축 부재 대안 생성과 결합을 통한 위상 최적화 구조 시스템 시제품의 구조성능 검증</li> <li>연구내용 목조 대공간 건축물 내외부 비정형성 건축 부재 결합 시제품 제작, 구조 시스템의 단조(인장, 압축, 휨, 전단) 및 반복가격을 통한 정적, 내진 구조성능평가(강도한계상태) 및 사용성 한계상태를 평가하고 구조해석 시뮬레이션(ABAQUS) 검증함. 내외부 비정형성 부재 및 시스템을 위한 설계기법 제시하여 목조 대공간 건축용 내외부 비정형성 부재를 위한 대안설계 기법 확보</li> </ul>		
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 비정형성 건축 부재, 시스템 App* 메타휴리스틱 설계기술 검증 → Matlab 서버루틴, Store 업그레이드 TB</li> <li>연구내용 목조 대공간 구조 시스템의 업그레이드된 3D_TOP+Rhino+Grasshopper App. Google play, Apple store 등록 및 메타휴리스틱 대량사용자화 통합설계와 모형 및 그래픽 모델을 통한 시각화 통합 기술 검증함. 목조 대공간 비정형성 건축 제작물과 구조모형 간 유사성 및 오차 검증</li> </ul>		
	6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 비정형성 구조 공정에 적합한 위상 최적화 건축 구조설계 기술 검증 → 목재 기반 대공간용 PC 부재 구조 TB</li> <li>연구내용 목조 대공간 구조정보 딥러닝 학습기법을 사용한 비정형성 기반 구조설계기술을 도출하고 구조물 건전성 예측을 위한 알고리즘 및 통합 구조설계를 개발함. 복합재료 적용 목재 기반 대공간용 조립식 Precast 건축 부재 적용을 통한 구조 안정성 Test Bed</li> </ul>		

표 3-9. 기술수요조사(No. 6)

No.	6	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>목조 곡면 구조물의 형태와 구조 시스템 개발</b>		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조 곡면 구조를 위한 생태구조모방의 차원 분류와 사례</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 곡면 구조의 형태를 생성하기 위한 자연생태 또는 기하학적 원리와 유기적 관계를 정의한다. 연속체 셀 곡면을 복잡한 불연속 모델로 변환하는 형태 방법과 사례를 조사하여 자료를 수집하며, 테스트 데이터의 자료 분석을 통해서 구조형식변환에 대한 프로세스 분석하여 DB를 구축한다.</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 생태구조모방의 유기적 관계와 기하학적 변환 프로세스</li> <li>• <b>연구내용</b> 자연의 생태 구조 또는 생물학적 모방을 통한 목조 골격 구관 계에 대한 유기적인 특성과 기하학적 변환 프로세스가 필요하다. 모방구조로의 변환은 차원에 따라 연속된 곡선이나 곡면 또는 함수 등으로 표현한 모델과 목조골조구조를 일치시키는 것이며, 모방한 디지털화된 모델의 기하학적인 정보를 얻는 프로세스이다.</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 곡면 구조의 목조 변환 모델링을 위한 인공 신경망 구조</li> <li>• <b>연구내용</b> 생태 구조로 모방된 곡면 모델링에서 데이터 분석을 통해서 분류 연산자를 개발하고 여기에 적합한 곡면 구조를 신경망 학습을 통해서 얻도록 한다. 이러한 신경망 모델의 적용은 곡면 구조의 모방에는 일정한 답이 없으며, 적합한 곡면을 추론하는 것이 필요하기 때문이다. 따라서, 분류되고 분석된 데이터의 정량화와 모델링에 적합한 신경망 구조를 제안한다.</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조 부재의 위상과 형상 결정을 위한 연산자와 최적화 기법</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 곡면 구조의 변환 형태에 대한 부재의 위상과 이에 따른 형상의 변화는 여러 가지 대안과 특징을 제공한다. 이러한 대안과 특징에는 특정한 파라미터로 전체형상을 표현하거나 조절할 수 있다. 구조물의 형태에 대한 이런 정성적인 변화를 조절하는 연산자를 개발하고 이용하면 목조 곡면을 다양한 형태로 완성할 수 있으며, 이러한 연산자를 활용한 최적화 기법을 개발한다.</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조-강재 곡면 구조물의 구조 안정성을 고려한 해석 알고리즘</li> <li>• <b>연구내용</b> 곡률을 가진 대공간 구조물에서는 구조 안정성이 설계 단계에서 고려되어야 하며, 목재의 경우 안정성 확보를 위한 강재의 활용을 예상할 수 있다. 두 이질적인 재료의 복합된 구조형식은 단일재료로 이루어진 구조물의 구조 안정성과 임계치 차이를 예상할 수 있고, 이것은 목부재의 위상과도 밀접한 관련이 있으며, 이러한 안정성을 해석하는 방법론을 연구한다.</li> </ul>	
	6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목재-강재 곡면 구조물의 해석 및 설계 최적화 프로그램</li> <li>• <b>연구내용</b> 목재와 강재의 복합 곡면 구조물의 최적화 된 형상의 목조 변환모델에 대해서 구조해석과 각 부재의 설계프로그램을 개발하도록 한다. 형태에 의해 결정된 목조 프레임의 각 부위의 설계와 연결 부위의 설계 프로세스를 프로그램에 반영하도록 하며, 적층판 또는 보의 설계에서 거동을 분석할 수 있는 해석툴을 개발하는 것이다.</li> </ul>	

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-10. 기술수요조사(No. 7)

No.	7	분야	구조 & 설계
제안 과제명	목조 아치 트러스 축력전달을 위한 고강도 철근콘크리트 아웃링 구조 및 시공 기술		
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 철근콘크리트 아웃링 구조 시스템 및 현황 조사 및 분석</li> <li>• 연구내용 일본의 오다테 주카이 돔 구조물과 같이 철근콘크리트 아웃링 구조 시스템을 사용하면 지붕 구조물의 라이즈-스팬비(rise-span ration)를 적절하게 설계할 수 있다. 따라서, 1차년도에서는 철근콘크리트 아웃링 구조 시스템을 사용한 돔 구조물의 구조 시스템의 현황을 조사하고, 상세 도면 등을 바탕으로 구조 시스템을 분석한다.</li> </ul>		
2~30차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 아웃링 구조 시스템을 위한 고강도 철근콘크리트 개발 및 구조적 성능검증</li> <li>• 연구내용 1차년도에서 조사한 아웃링 구조 시스템의 현황을 바탕으로 아웃링 구조 시스템에 적용된 콘크리트의 강도 분석을 바탕으로 목조 아치 트러스용 고강도 콘크리트를 개발하고, 축력실험·전단 실험·휨 실험 등을 통해 구조적 성능을 분석한다. 이러한 실험의 결과를 바탕으로 단위 규모(50, 100, 200 등)를 갖는 대공간 건축물의 적용방안을 선정한다. 또한, OSC 공법을 바탕으로 탄소 배출량 저감 대책을 고안하여 국내 건설 분야에서의 탄소 배출량 저감에 기여하도록 한다.</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
개발 내용			
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 시간 의존적 변수에 따른 시공단계 해석 및 최적 시공 방안 제안</li> <li>• 연구내용 철근콘크리트 및 합성 부재는 하중 재하와 동시에 탄성변형이 발생하며, 재하시간이 지속될수록 크리프(creep)와 건조수축(shrinkage)과 같은 비탄성 효과에 의한 시간 의존적인 변형이 발생한다. 이러한 시간 의존적 변형은 구조물 수평부재의 균열 및 처짐을 야기하여 구조물의 사용성 저하를 발생하며, 인접 부재 간의 부등축소를 발생시켜 시공성 및 구조 안전성 저하를 야기한다. 따라서, 4차년도에는 크리프와 건조수축과 같은 시간 의존적 변형을 예측하고, 보정할 수 있는 기술을 제안하여 시공성능 및 구조 안전성을 향상시키고자 한다.</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="869 1265 1125 1825">  </div> <div data-bbox="1133 1288 1412 1825">  </div> </div>		
5~6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 규모별 아웃링 구조 시스템 모듈 설계기술 시스템 개발 및 테스트베드 검증</li> <li>• 연구내용 1-4차년도에 개발 및 실험된 기술을 통해 단위 규모별 쉽게 선택할 수 있는 아웃링 구조 시스템 모듈 설계 소프트웨어를 개발한다. 또한, 개발된 모듈 설계 소프트웨어는 6차년도 테스트베드를 통해 설계 시스템을 검증하는데 사용된다.</li> </ul>		

표 3-11. 기술수요조사(No. 8)

No.	8	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>탄소제로형 목조 대공간 건축물의 규모 모듈화 표준 구조 및 OSC 기술개발</b>		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 대공간 목조 건축물 및 일반 대공간 건축물의 현황 및 규모별 분포 분석</li> <li>• <b>연구내용</b> 국내·외 대공간 목조 건축물의 현황을 조사하여 규모별 분포를 확인한다. 또한, 국내에 분포된 일반 대공간 건축물의 현황을 조사하여 목조 지붕을 리모델링으로 적용할 수 있는 건축물을 파악한다. 이러한 현황 파악은 신축건축물뿐만 아닌 일반 노후 건축물이나 지붕이 요구되는 건축물의 리모델링에 적용할 수 있기 때문이다.</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 규모별 대공간 목조 건축물의 모멘트 접합을 위한 접합 상세 개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 구조물의 접합부 강성에 따라 구조설계의 방향이 달라지지만, 국내 설계기준에서는 접합 강성 체계가 미흡하여 목조 대공간 건축물의 구조설계에 어려움이 있다. 따라서, 강성 및 반강성 목조 대공간 접합부를 개발하여, 접합부의 하중 방향과 크기에 대한 성능을 평가한다. 또한, 접합에 필요한 접합 철물에 대한 상세를 개발한다.</li> </ul> <div data-bbox="502 831 1316 1377" style="text-align: center;"> <p><b>Basic timber joints</b></p> <p>© 2010 Encyclopaedia Britannica, Inc.</p> </div>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 규모별 대공간 목조 건축물의 접합 상세의 성능검증 및 설계식 제안</li> <li>• <b>연구내용</b> 2차년도에 이어 규모별(소·중·대) 대공간 목조 건축물의 접합 상세를 개발하여 적정 규모에 요구되는 접합부와 접합 철물을 제안한다. 또한, 실험적 성능검증을 통해 목조구조설계 기준에 적용할 수 있는 설계식을 개발하여 건축구조기준(안)을 제안한다.</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 중·소규모 대공간 목조 건축물의 접합부 개발 및 실험형 검증</li> <li>• <b>연구내용</b> 2-3차년도에 개발된 모멘트 저항 표준 접합부 설계식을 통해 중·소규모 대공간 목조 건축물의 접합부 및 연결철물을 제안하고, 프로토타입을 제작하며, 실험형 검증을 통해 접합부의 구조적 안전성을 실험적으로 평가한다. 또한, OSC 공법을 통해 감축할 수 있는 탄소 배출량을 평가한다.</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 대공간 목조 건축물 설계를 위한 건축구조설계기준 가이드라인 개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물 표준 접합부의 설계 사양을 작성하고, 접합부의 성능(목재 및 철물의 단성·항복·파괴)이 반영된 설계식을 개발하여 건축구조설계에 반영한다. 제안하는 설계식은 표준 접합부의 성능평가 방안, 목조 및 연결철물 접합부 설계식, 설계하중을 포함한다.</li> </ul>	

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-12. 기술수요조사(No. 9)

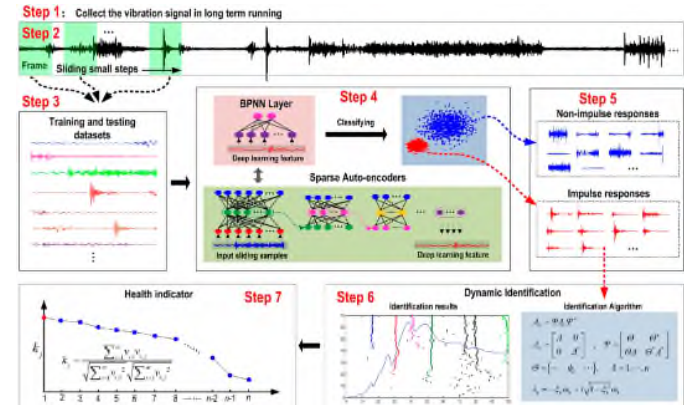
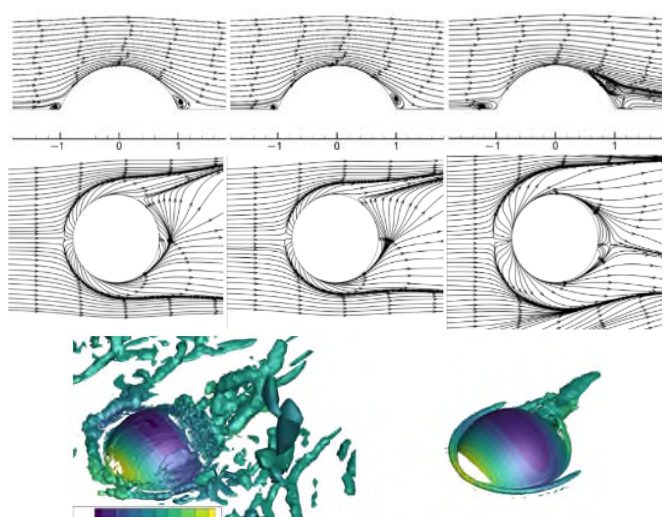
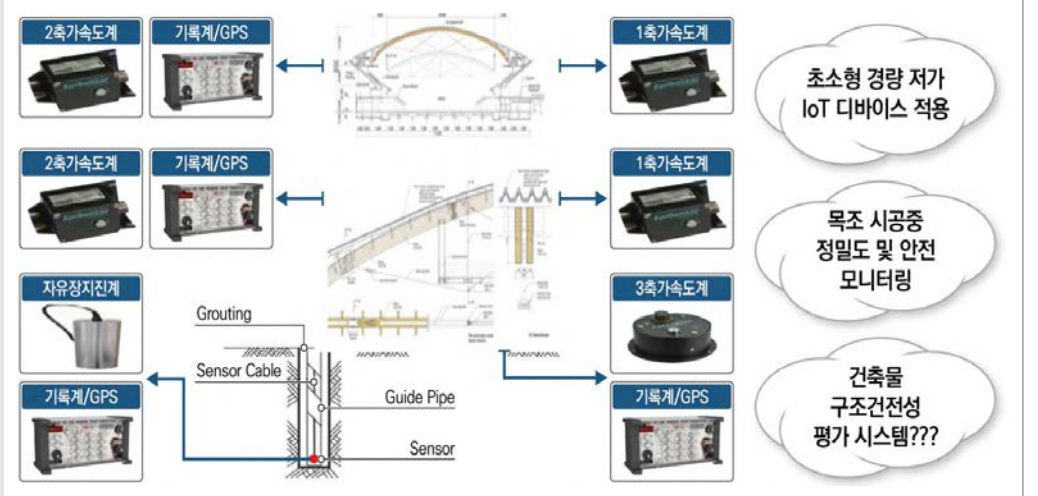
No.	9	분야	구조 & 설계
제안 과제명	<b>목조 대공간 건축물의 내풍 및 내진 시뮬레이션 기술개발</b>		
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조 대공간 건축물의 내풍 및 내진 특성 분석</li> <li>• <b>연구내용</b> 일반 RC 또는 Steel 건축물에 적용되는 내풍 및 내진 특성 분석, 목조 건축물 및 대공간 건축물의 내풍 및 내진 특성 분석</li> </ul>		
2~3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조 대공간 건축물의 진동 특성 평가 기술개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물의 진동 특성 분석, 평가 방안 마련, 구조부재의 목재 사용으로 인해 구조물 진동에 영향을 줄 수 있는 추가적인 요소 분석</li> </ul> 		
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 목조 대공간 건축물의 진동해석 방안 및 장기진동 분석을 통한 구조적 안전성 검증</li> <li>• <b>연구내용</b> 목조 대공간 건축물에 발생하는 진동 영향 요인 분석, 진동 해석을 위한 설계식 마련, 단위부재의 장기진동 실험을 통해 구조물의 건전성 평가, 평가 결과를 통한 구조적 안전성 검증 및 대책 마련, 건축구조기준에 반영을 위한 설계·평가 기준 제안</li> </ul>		
5~6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 규모별 내진 및 내풍 시뮬레이션 기술개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 지붕 구조물의 단위 규모별 진동, 내진 및 내풍 시뮬레이션 기술개발, 시뮬레이션을 통한 목조 대공간 건축물의 성능평가 기법 제안, 목조 대공간 건축물의 구조적 안전성 평가 매뉴얼 개발</li> <li>• 강풍을 대상으로 한 목조 대공간 건축물의 막재 진동 패턴 및 진동 억제 기술의 개발 및 검증</li> <li>• 축소 모형을 사용한 풍동실험 및 수치 시뮬레이션을 통한 적합성 검토 등을 구조 안전성 평가 매뉴얼에 반영함</li> </ul> 		

표 3-13. 기술수요조사(No. 10)

No.	10	분야	시공 & 유지관리
제안 과제명	스마트 복합센싱 기반 목조 대공간 시공 정밀성 및 구조 건전성 평가 기술개발		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 대공간 목조 시공 정밀도 요구 수준 정의 및 요구계측 기술 수립</li> <li>• 연구내용                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 시공 중 정밀도 확보와 안전성 평가에 적합한 계측부 도출: 200m 경간급 목조 대공간의 실현을 위해서는 스마트 복합센싱에 기반한 실시간 시공 정밀도 평가가 전제되어야 함. 대변형 FE 해석 및 실험실 규모의 풍동실험을 수행하여, 대공간 규모 및 유형에 따라서 목조 연결부, 대변형 발생부, 하중 집중부 등 주요 계측부 선정</li> <li>2) 시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 도출</li> </ol> </li> </ul> 	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 대공간 목조 스마트 복합센서 네트워크 구축기술</li> <li>• 연구내용                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 계측 요구 기반 스마트 복합센서 구성: 기울기 센서, 가속도 센서, 압력 센서를 활용한 요구 센서 선정 및 조합을 통하여 상시계측 시스템을 구축</li> <li>2) 최적 센서 네트워크 구축: 개별 센서 자체의 성능뿐 아니라 센서 네트워크(센서의 위치와 개소 등)의 성능평가 기술개발. 경제성 및 정확성 등 수요자 요구 수준에 부합하여 최적 센서 네트워크 설계기술개발. 계측 데이터의 신뢰성 평가지수 개발</li> <li>3) 계측 데이터 송수신 최적화 및 경량화: IOT 디바이스 센서 측정값 최대 전송 거리 250m, 전송속도 20~50kbps, 손실률 1% 내외 실현</li> </ol> </li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 드론을 활용한 영상정보 기반 포터블 대변형 평가기술</li> <li>• 연구내용                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 영상정보 기반 대변형 평가 기술개발: 영상정보 기술시 알리아싱 제거기술개발이 관건</li> <li>2) 드론 활용 포터블 계측 시스템 구축: 상시계측 시스템을 보조할 수 있는 포터블 계측을 위해서는 영상정보 기반 평가가 적합함. 그 실현을 위해 영상정보 기반 구조물 동특성 도출 기술, 드론 활용 기술과 기준점 인지기술이 코어기술이며 개발 성공 시 국제적 시장 경쟁력 확보가 가능</li> </ol> </li> </ul>	

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

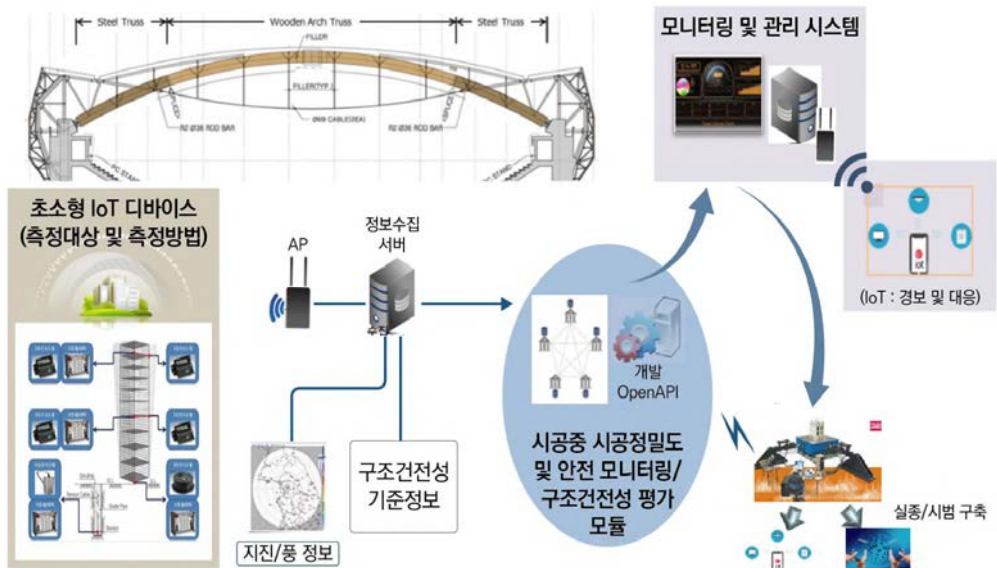
3  
장  
및  
추진  
전략  
신규  
연구  
개발  
과제  
구성

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

개발  
내용

4차  
년도

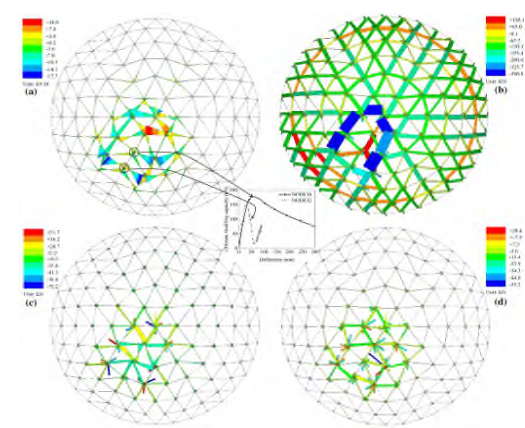
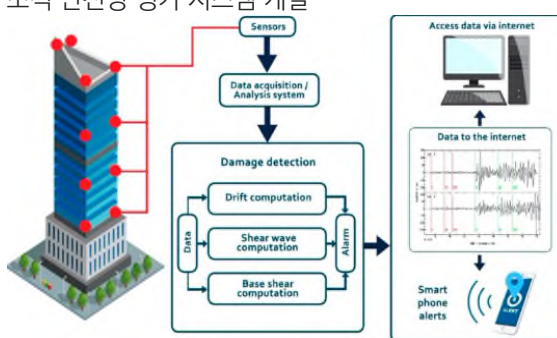
- 연구주제 대공간 목조 시공 중 및 유지관리 스마트 복합센싱 기반 관리 시스템 구축
- 연구내용
  - 1) 수요자 편의형 데시보드 타입의 관리 시스템 구축: 계측 변위 및 가속도 기반 위험경보를 실시간으로 제공
  - 2) 목조 구조물 구조 거동 및 동특성 기반 구조 건전성 평가기술: 계측값에 대한 FRP 분석 등을 통해 고유주기, 고유모드 최종적으로 역해석을 통한 강성시스템 도출 기술개발. 구조 거동 및 동특성 변화를 기반으로 구조 건전성 지표 개발 및 제공. 필요 시 퍼퓸 3d 정밀 구조해석과 연계 수행하여 구조 안전성 평가 수행
  - 3) 소규모 실증: 실험실 규모에서 센서네트워크의 구성 및 실증. 네트워크의 작동성과 함께 강건성(1-2개 센서 미작동의 경우에도 센싱의 유효성 평가) 평가 기술개발 및 적용



5~6차  
년도

- 연구주제 목조 대공간 스마트 복합센싱 관리 시스템 종합 실증
- 연구내용
  - 1) 연구단 테스트베드 및 현장 적용 시 스마트 복합센싱 적용 및 실증
  - 2) 계측 데이터 기반 구조 건전성 평가기술 실증
  - 3) 관리 시스템의 활용성 극대화: 웹 기반 및 모바일 기반
  - 4) 최종 상품화 전략 수립

표 3-14. 기술수요조사(No. 11)

No.	11	분야	시공 & 유지관리
제안 과제명	<b>목조 대공간 건축물의 시공계획 및 유지관리 기술개발</b>		
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 대공간 건축물의 형태에 따른 시공 기술 및 정의</li> <li>• 연구내용 일반 대공간 건축물의 형태에 따른 시공 기술 조사 및 현황 분석, 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 시공 기술 파악 및 분석</li> </ul>		
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 프로세스 산정</li> <li>• 연구내용 소·중·대 규모의 목조 대공간 건축물 지붕 시공 프로세스에 적용 가능한 기술 분류, 각 기술에 따른 탄소 배출량 평가 및 최적 시공 프로세스 방안 마련</li> </ul>		
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 센서 기반 목조 대공간 건축물의 유지관리 점검 및 진단 프로세스 개발</li> <li>• 연구내용 조 구조물의 유지관리 방안 및 요구조건 조사, 대공간 건축물의 점검 및 진단 프로세스 조사, 목조 대공간 건축물을 위한 유지관리 점검 및 진단 프로세스 개발</li> </ul>		
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건축물의 유지관리 센서 및 변위 제어 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 수직 및 수평 하중에 따른 점검 및 진단 센서 개발, 구조물의 변위 발생 시 변위 제어가 가능한 시스템 구축</li> </ul> 		
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건축물의 통합 유지관리 모니터링 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물 용 통합 유지관리 모니터링 시스템 구축, 점검 및 진단 센서 계측을 이용한 구조물의 구조적 안전성 평가 시스템 개발</li> </ul> 		
6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 매뉴얼 개발</li> <li>• 연구내용 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 매뉴얼 개발, 통합 유지관리 모니터링 시스템의 매뉴얼 개발, 건축구조기준에 적용방안 마련</li> </ul>		

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

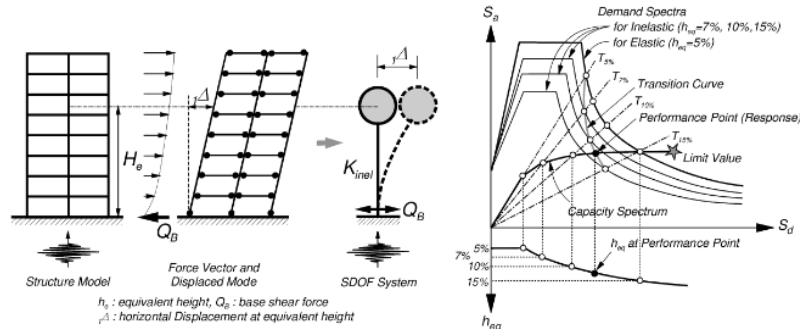
표 3-15. 기술수요조사(No. 12)

No.	12	분야	시공 & 유지관리
제안 과제명	IOT기술을 접목한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 개발과 장수명 유지관리 시스템 개발		
개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 IOT기술을 활용한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부에 자료수집 및 기초연구개발</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물의 경우, 지주가 없는 무주 공간을 구성하는 구조물 특성상 다른 건축물보다 큰 변위가 발생하게 된다. 목조의 경우는 재료의 수축과 팽창에 의한 변위가 다른 구조재료보다 큰 것으로 인식되고 있어, 이러한 큰 변위에 의해 구조물 단부와 중앙부의 정착부 및 접합부에도 변위에 대한 부담을 주게 되며, 큰 변위에 대응할 수 있는 시스템을 적용한 정착부 및 접합부가 필요하게 된다. 또한, 대공간 건축물의 경우에는 시설 관리자가 24시간 눈으로 확인하면서 관리하는 게 사실상 불가능하다. 1차년도에는 IOT기술을 활용한 대공간 건축물에 적용한 해외사례 등의 자료를 충분히 조사 및 수집하여 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 정착부 및 접합부의 디테일 구성 등의 기초적 연구개발을 실시한다.</li> </ul>	
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부에 적용 가능한 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부에 IOT 기술을 적용하여 대공간 건축물의 내외부에서 발생하는 다양한 하중에 대해 24시간 적절하게 대응할 수 있는 시스템을 개발하여 목조 대공간 건축물에 구축하여 발생하는 큰 변위에 대해 만약의 상황에 대비하여 건축물의 파손을 방지하고 건축물을 안전하게 보호할 수 있는 정착부 및 접합부에 적용 가능한 시스템을 개발한다. 1차년도에 조사 수집한 해외사례 등을 기초로 한 연구개발 자료로 바탕으로 목조 대공간 건축물에도 적용 가능한 시스템을 개발한다.</li> </ul>	
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 디테일 개발</li> <li>• 연구내용 1차년도의 조사수집을 통한 기초연구개발 성과와 2차년도의 IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부에 적용 가능한 개발 시스템을 바탕으로 목조 대공간 건축물의 구조적 특수성을 고려하여 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 정착부 및 접합부 디테일을 개발한다. 정착부 및 접합부의 디테일의 적용 가능성 여부 등을 시뮬레이션을 통하여 검토하고 검증하여 디테일의 표준안을 개발한다.</li> </ul>	
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 IOT 기술을 이용한 대공간 건축물의 노후화 예측 시스템 구축을 통한 장수명 유지관리 시스템 개발</li> </ul>	

- **연구내용** 사물인터넷 원리인 IOT 기술과 무선 데이터를 수신하고 전송하는 MEMS 센서의 활용으로 목조 대공간 건축물의 주요 부재에 대한 계측을 통한 목조 대공간 건축물의 노후화를 관측하고 진단하여 거주자 및 사용자에 대한 심리적 안전감과 건축물에 대한 관심도를 유도하여, 건전도 평가의 개발을 통해 대공간 건축물의 유지관리를 실시하여 건축물의 장수명화를 가져올 수 있는 유지관리 시스템을 개발한다. 구체적으로는, MEMS 센서를 통한 응답의 계측 범위 검증을 실시하고, 대공간 건축물의 모델화와 계측 데이터를 통한 노후화 평가 시스템을 개발하여 목조 대공간 건축물의 건전도 평가법을 개발한다.

5차  
년도

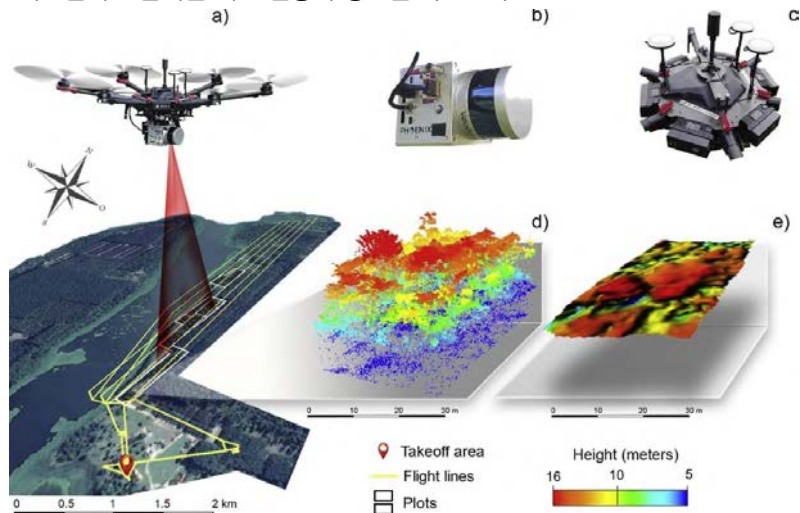
- **연구주제** IOT 기술을 이용한 대공간 건축물의 지진응답예측 시스템 구축을 통한 장수명 유지관리 시스템 개발
- **연구내용** 4차년도 연구에도 활용한 IOT 기술과 MEMS 센서의 활용으로 목조 대공간 건축물의 주요 부재에 대한 계측을 통한 목조 대공간 건축물의 지진 발생 시의 지진응답예측을 관측하여 거주자 및 사용자의 피난 및 대피를 유도하며, 건전도 평가의 개발을 통해 대공간 건축물의 유지관리를 실시하여 건축물의 장수명화를 가져올 수 있는 유지관리 시스템을 개발한다. 지진 전의 건축물의 보유성능을 확인하고 지진 발생 시, MEMS 센서를 통한 응답으로 지진 후의 건축물의 보유성능 분석 검토를 실시하여 건물의 건전성을 평가하여 목조 대공간 건축물의 장수명 유지관리 시스템을 개발한다.



개발  
내용

- **연구주제** 드론을 이용한 목조 대공간 건축물의 건전도 평가 시스템 개발과 이를 활용한 유지관리 시스템 개발
- **연구내용** 대공간 건축물의 경우, 내외부에서의 건축물 손상 여부를 확인하기는 쉽지 않다. 특히, 목조의 경우는 목조자체의 수축팽창이 큰 구조재로서 유지관리에 특히 유의해야 한다. 이에 최근 발전되고 있는 드론기술과 카메라, 센싱기술을 이용하여 대공간 건축물의 유지관리 시스템을 개발한다. 구체적으로는 카메라 계측을 통한 건물의 크랙 등과 같은 손상평가도 시스템 개발, 센싱기술과 필터를 이용한 크랙 판별 기법개발, 판별된 데이터를 이용한 건축물의 건전도 평가법 개발, 본 시스템의 보급화를 위한 실용화 방안을 마련한다.

6차  
년도



### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-16. 기술수요조사(No. 13)

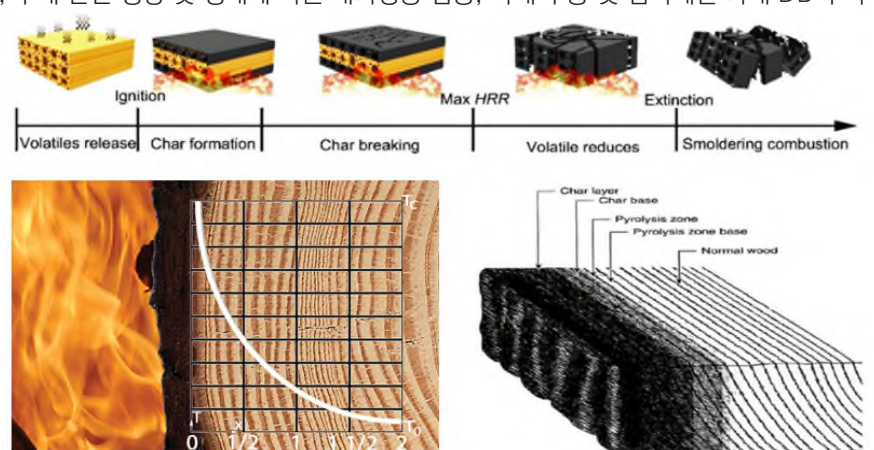

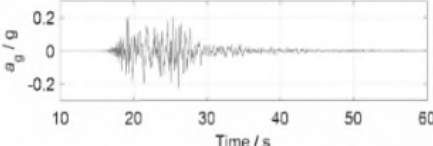
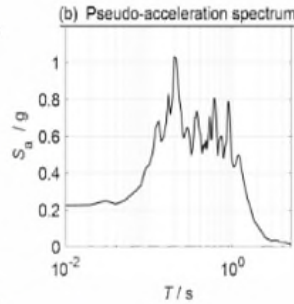
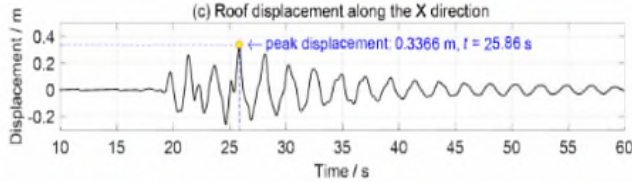
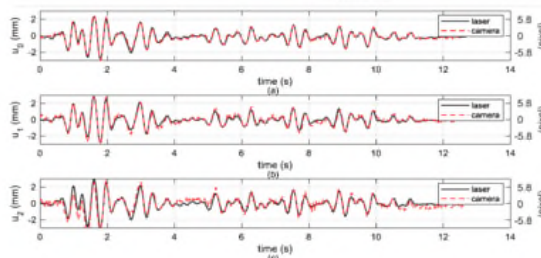
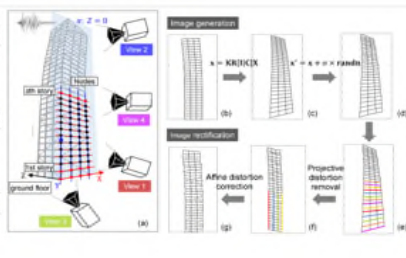
No.	13	분야	시공 & 유지관리
제안 과제명	목조 하이브리드 대공간 건축물의 내화성능 향상 기술개발		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목재의 수종별 물리적 내화성능 조사 및 접합 방법에 따른 화재 영향 분석</li> <li>연구내용 국내/외 목조 건축물의 내화 설계 현황 및 법규 조사, 목재 수종별 물리적 내화성능 조사, 접합 방법에 따른 목재, 연결철물의 화재 영향 조사, 화재 인증 방안 조사</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 영향인자에 따른 화재 안전성 평가 및 성능검증</li> <li>연구내용 단위 부재 내화 실험을 통한 영향인자의 구조적 건전성 평가, 수분함량에 따른 불연성능 평가, 부재 단면 형상 및 형태에 따른 내화성능 검증, 목재 수종 및 접착제별 화재 DB 구축</li> </ul> 	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물의 단면 손실 최소설계 기술개발</li> <li>연구내용 수종별 탄화 거동 분석 및 손실 단면 최소 산정 기술개발, 구조부재의 피복두께에 따른 내화성능 평가방법 제안</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물 구조부재의 화재 후 손상도 평가 방안 및 내화 공법 제안</li> <li>연구내용 수종, 접착제, 접합 방법에 따른 구조 부재의 손상도 분석 및 평가 방안 마련, 한국형 목조 건축물에 부합하는 내화 공법 기술개발 및 제안</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 대공간 목조 건축물의 내화 설계 기준(안) 제안</li> <li>연구내용 내화 공법을 통해 구조부재 단면 손실 대책 및 목재 수종별 내화 전략 마련, 국내 목조 건축물 및 구조기준에 부합하는 대공간 목조 건축물의 내화 설계 기준(안) 제안</li> </ul>	
	6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 대공간 목조 건축물의 피난 전략 수립</li> <li>연구내용 단위 대공간 목조 건축물의 실험을 통한 내화 특성 분석 및 피난 전략 수립</li> </ul> 	

표 3-17. 기술수요조사(No. 14)

No.	14	분야	시공 & 유지관리
제안 과제명	<b>저탄소 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 개발과 장수명 유지관리 시스템 기술개발</b>		
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 저탄소 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 데이터 구축</li> <li>• 연구내용 저탄소 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 자료조사를 통한 디테일 분석 및 검토, 저탄소 외장재를 접목한 해외 목조 대공간 건축물 사례 조사, 적용된 정착부 및 접합부 디테일 및 사용성 분석 및 검토</li> </ul>		
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 IOT 시스템 적용 가능성 분석 및 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 저탄소 외장재를 접목한 정착부 및 접합부에 대한 IOT 기술 시스템 적용 가능성 검토 및 분석, 정착부 및 접합부의 거동 크기 분석 및 시스템을 통한 거동 계측 확인, 거동 계측 조절 가능성 검토를 통한 24시간 가동 시스템 개발</li> </ul>		
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 정착부 및 접합부 디테일 개발 및 시뮬레이션</li> <li>• 연구내용 수저탄소 및 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부에 적용 가능한 시스템을 바탕으로 최적의 정착부 및 접합부 디테일 개발, 시뮬레이션을 통한 시스템 안정성 등 검증</li> </ul>		
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물 전용 노후 계측 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 저탄소 외장재를 접목한 정착부 및 접합부에 IOT 기술을 이용한 대공간 건축물의 노후화 계측 시스템 구축</li> </ul>		
개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물 전용 지진응답예측 및 건전도 평가 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 저탄소 외장재를 접목한 정착부 및 접합부에 IOT 기술을 이용한 대공간 건축물의 지진응답예측 시스템 구축 및 실시간 유지관리 시스템에 드론을 활용한 저탄소 외장재를 접목한 목조 대공간 건축물의 건전도 평가 시스템 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(a) Ground acceleration</p>  <p>Site code: KMMH14 Record time: 2016/04/14 21:26 Moment magnitude: 6.5 Epicenter distance: 13 km Hypocenter depth: 11 km</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(b) Pseudo-acceleration spectrum</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(c) Roof displacement along the X direction</p>  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 60%;">  </div> <div style="width: 35%;">  </div> </div>		
6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 장수명 유지관리 시스템 구축</li> <li>• 연구내용 목조 대공간 건축물에 대해 상기의 구축 시스템과 건전도 평가 개발 시스템을 활용한 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>		

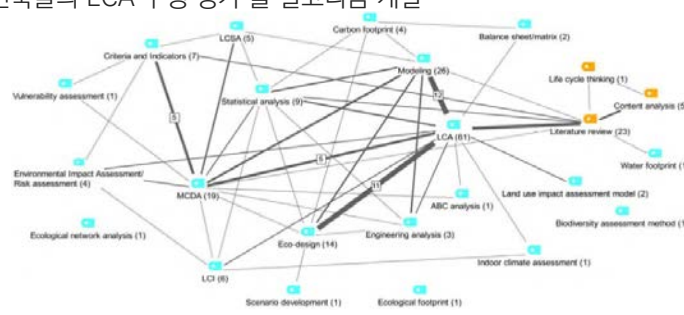
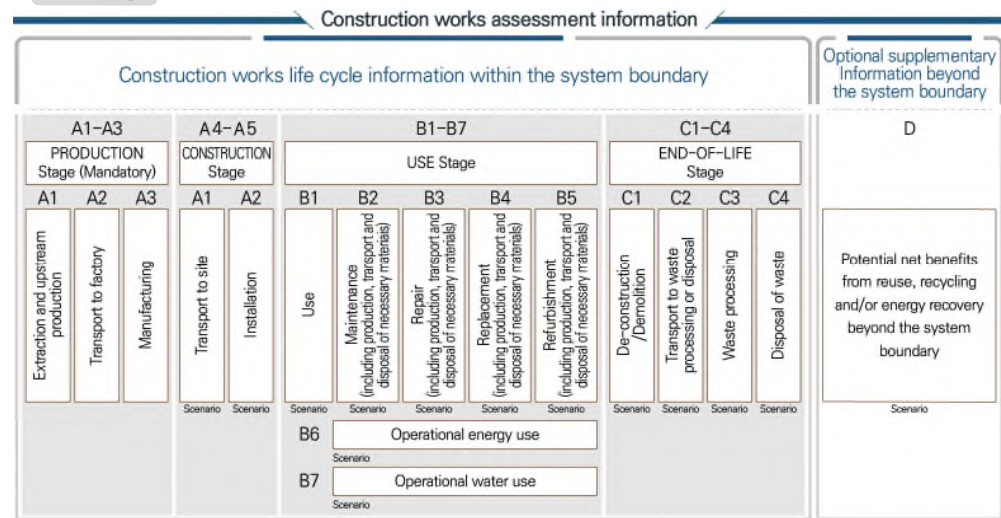
1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-18. 기술수요조사(No. 15)

No.	15	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기술개발		
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간의 탄소제로 구현을 위한 요소기술 정의</li> <li>연구내용 목구조 및 대공간에 대한 에너지·환경성능 평가 현황 분석(제도, 기술, 기준 등), 목조 대공간의 탄소제로를 위한 에너지 및 실내 환경 요소기술 항목 도출</li> </ul>		
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간의 탄소제로형 설계 부위별 에너지 성능 기준 도출(*설계사 협업)</li> <li>연구내용 목조 대공간 건축물의 단열 및 기밀성능 확보를 위한 건축 설계 디테일 개발, 디테일 개발과정에서 성능(전열, 습기 해석)확보를 위한 2D/3D 상세 시뮬레이션 병행, 성능 유지(하자 미발생)를 위한 실내 및 건축 부위별 환경기준 도출</li> </ul>		
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간의 에너지 및 실내 환경 성능 평가 방법 개발</li> <li>연구내용 목조 대공간의 에너지·환경 성능 평가 방법론 개발(e.g) 분석 공간의 가상 조닝 등), 상세 시뮬레이션을 활용한 목조 대공간 설계(안)의 에너지 요구량·실내 환경 분석</li> </ul>		
개발 내용	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간의 탄소제로를 위한 설비시스템 개발(*설비설계사 협업)</li> <li>연구내용 목조 및 대공간의 특성을 고려한 공조시스템 선정, 탄소제로를 위한 신재생에너지 설비 적용 전략 구축, 목조 및 대공간의 특성을 고려한 공조시스템 운영전략 개발, 탄소제로를 위한 건물·설비·신재생에너지 통합 운영전략 구축, 상세 시뮬레이션을 활용한 목조 대공간 설계(안)의 에너지 소요량 분석(탄소배출량 분석 시 활용)</li> </ul>	
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 실증 목조 대공간 건축물에 대한 가상센서 기반 모니터링 기술개발</li> <li>연구내용 목조 대공간의 환경적 안전성과 자재의 성능 유지를 위한 모니터링 항목 및 기술개발, 대공간의 환경분포를 고려한 가상센서 위치 선정을 통해 물리적 모니터링 센서 최소화, 실증 건축물의 가상센서 기반 모니터링 기술 적용</li> </ul>	
6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물의 보급을 위한 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기준 마련</li> <li>연구내용 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기준 마련, 국내 건축물 관련 제도에서 활용 가능하도록 적용방안 제시</li> </ul>		

표 3-19. 기술수요조사(No. 16)

No.	16	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	목조 대공간 건축물의 환경성 평가 기술개발		
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 기술 정의</li> <li>연구내용 목조 대공간에 투입된 건설 재료 및 자재에 대한 내재탄소 및 건축물의 환경성평가 방법 선정, 국내외 정량적 환경성 평가 도구 조사 및 적용 가능한 환경성 정보(LCI DB)의 목록화</li> </ul>		
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 건축물의 환경성평가 평가지침(안) 및 기존 환경성(LCI DB) 데이터베이스 검토</li> <li>연구내용 목재의 특성을 반영하여 목재제품의 환경성을 평가할 수 있는 평가지침(PCR) 개발, 목조 건축물의 환경성 평가지침(안) 작성, 기존 LCI DB 적합성 검토 및 활용 DB 선정</li> </ul>		
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 건축물 환경성 평가 툴 알고리즘 개발 및 활용 LCI/LCA DB 구축</li> <li>연구내용 주요 목재제품의 환경영향범주별 정량적 환경영향요소 결과(탄소발자국, 자원소모 등) 제시, 목조 건축물의 LCA 수행 평가 툴 알고리즘 개발</li> </ul> 		
개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 건축물 환경성 평가 툴 개발 및 활용 LCI/LCA DB 고도화</li> <li>연구내용 주요 목재제품 및 목조 건축물 LCCO<sub>2</sub> 평가를 위한 환경성 DB 고도화, 목조 건축물의 LCA 수행시 활용가능한 평가 툴 개발</li> </ul>		
5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 목조 대공간 건축물의 LCA 수행</li> <li>연구내용 신축 목조 건축물에 대한 환경성 평가 및 DB/툴 고도화</li> </ul> 		
6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구주제 실증 대공간 목조 건축물의 환경성정보 통합 정보 플랫폼 개발</li> <li>연구내용 대공간 목조 건축물의 환경성평가 통합설계에 필요한 환경성 DB 플랫폼 제공</li> </ul>		

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
및  
추진  
전략  
신규  
연구  
개발  
과제  
구성

### 3장 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-20. 기술수요조사(No. 17)

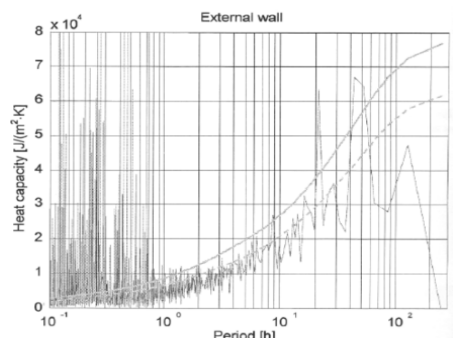
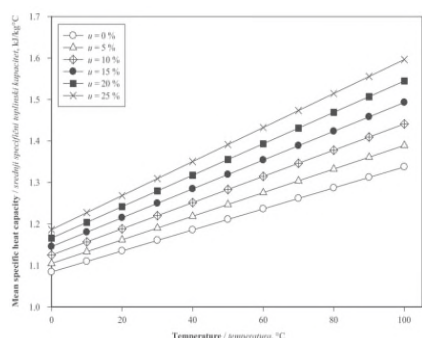
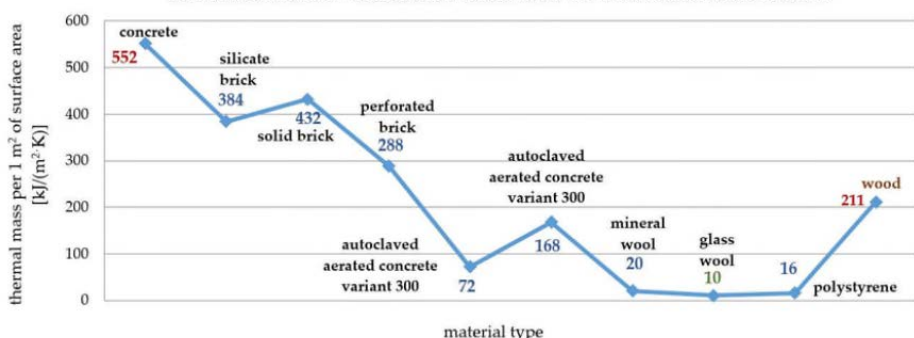
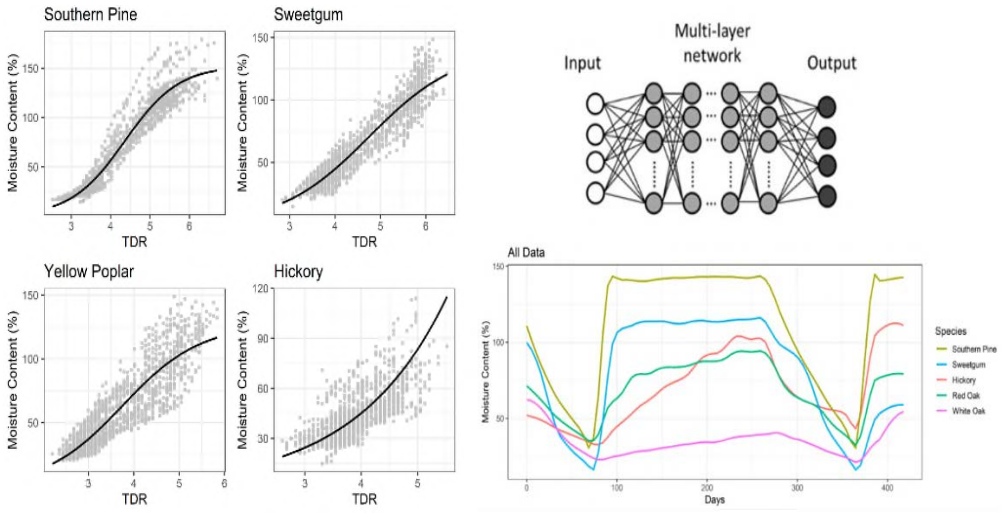
No.	17	분야	환경 & 에너지 성능																						
제안 과제명	목재 건축물의 열적 특성을 고려한 효과적인 실내온도 관리 방안 도출																								
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건물의 열적 특성 분석</li> <li>• 연구내용 목재의 일반적인 열 전도성과 열용량 정리 및 분석, 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 다양한 기후 조건 하에서의 목조 건물의 열 거동 모델링</li> </ul>																							
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건축물의 실내 열 환경 개선방안 연구</li> <li>• 연구내용 목재의 열용량 능력을 활용한 패시브 난방 및 냉방 전략 개발, 열 거동 패턴 분석을 통해 최적의 난방 및 냉방 시간을 결정 및 자동 조절 알고리즘 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>THERMAL MASS - THERMAL CAPACITY OF BUILDING MATERIALS</b></p>  <table border="1"> <caption>Thermal Mass Data from Graph</caption> <thead> <tr> <th>Material Type</th> <th>Thermal Mass [kJ/(m²·K)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>concrete</td><td>552</td></tr> <tr><td>silicate brick</td><td>384</td></tr> <tr><td>solid brick</td><td>432</td></tr> <tr><td>perforated brick</td><td>288</td></tr> <tr><td>autoclaved aerated concrete variant 300</td><td>168</td></tr> <tr><td>autoclaved aerated concrete variant 300</td><td>72</td></tr> <tr><td>mineral wool</td><td>20</td></tr> <tr><td>glass wool</td><td>10</td></tr> <tr><td>polystyrene</td><td>16</td></tr> <tr><td>wood</td><td>211</td></tr> </tbody> </table> </div>		Material Type	Thermal Mass [kJ/(m²·K)]	concrete	552	silicate brick	384	solid brick	432	perforated brick	288	autoclaved aerated concrete variant 300	168	autoclaved aerated concrete variant 300	72	mineral wool	20	glass wool	10	polystyrene	16	wood	211
	Material Type	Thermal Mass [kJ/(m²·K)]																							
	concrete	552																							
	silicate brick	384																							
solid brick	432																								
perforated brick	288																								
autoclaved aerated concrete variant 300	168																								
autoclaved aerated concrete variant 300	72																								
mineral wool	20																								
glass wool	10																								
polystyrene	16																								
wood	211																								
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건물의 실내 열 환경 최적화 시스템 개발</li> <li>• 연구내용 연구 결과를 바탕으로, 거주자의 열 쾌적성을 만족시킬 수 있는 실내 환경 제어 시스템 개발, 다양한 기후 조건과 목조 건물 유형에서 수집된 실증 데이터를 분석하여 전략의 범용성 평가, 개발된 시스템의 프로토타입을 구축하고 시험실 환경에서 초기 테스트를 수행하여 성능 검증</li> </ul>																								
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건물 실내 열 환경 관리 시스템의 실증적 평가 및 최적화</li> <li>• 연구내용 개발된 패시브 난방 전략 실제 적용 및 그 결과를 분석하여 시스템의 성능 개선, 다양한 환경 조건 및 건물 유형에 따른 해결책의 효과성 및 적용성 평가, 실제 적용 시 습도 조절 및 곰팡이 예방 기능을 포함한 다기능 환경 관리 시스템 구축</li> </ul>																								
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 건물 실내 열 환경 관리 시스템의 최종 통합 및 표준화</li> <li>• 연구내용 실증을 통한 사용자 쾌적성, 시스템 응답성 및 비용 효율성을 고려한 성능 최적화 수행, 최적화된 시스템을 통합하여, 목조 건물에 적합한 최종 환경 관리 시스템 완성, 시스템 설치, 운영 및 유지관리에 대한 가이드라인과 프로토콜 개발 및 표준화</li> </ul>																								

표 3-21. 기술수요조사(No. 18)

No.	18	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	목구조 특성을 고려한 첨단 센서 및 IoT 기술 활용에 기반한 실시간 습기 모니터링 및 제어 기술개발		
개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조 특성을 고려한 IoT 센서 네트워크의 설계 및 구축</li> <li>• 연구내용 목구조 특성에 맞는 센서 유형 선정 및 주요 습기 영향 지역에 대한 센서 배치 계획 수립, 센서 네트워크 구축 후 초기 시험 운영을 통한 데이터 수집 및 센서 성능 평가</li> </ul>	
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목재의 습기 반응 모니터링을 위한 실시간 데이터 분석 알고리즘 개발</li> <li>• 연구내용 습기 수준 모니터링 및 분석 가능한 소프트웨어 알고리즘 개발, 개발된 알고리즘 적용, 목구조 건축 현장에서의 실시간 습기 데이터 수집 및 습기 조절 시스템, 반응 속도와 정확성 향상 검증</li> </ul> 	
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조물을 위한 IoT 기반 습기 조절 시스템의 통합 및 최적화</li> <li>• 연구내용 기존 건물 관리 시스템 및 IoT 기반 습기 조절 시스템 통합 인터페이스 개발, 통합 시스템을 통한 실시간 습기 조절 알고리즘 구현 및 다양한 환경 조건에서의 성능평가</li> </ul>	
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 고급 습기 예측 모델 및 적응형 제어 전략 개발</li> <li>• 연구내용 목구조물의 습기 거동 예측 시뮬레이션 모델 개발 후 예측 데이터 기반 제어 전략 설계, 실제 건축물에 적용하여 모델의 예측 정확도 및 제어 전략 효과 실증적 검증</li> </ul>	
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 습기 제어 관리 시스템 상용화를 위한 실증 테스트</li> <li>• 연구내용 습기 제어 관리 시스템을 목구조물에 통합하여 장기간 운영 후 시스템 안정성 및 효율성 검증, 최종 사용자와의 협업을 통해 시스템 사용성 평가 후 개선사항 도출</li> </ul>	

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-22. 기술수요조사(No. 19)

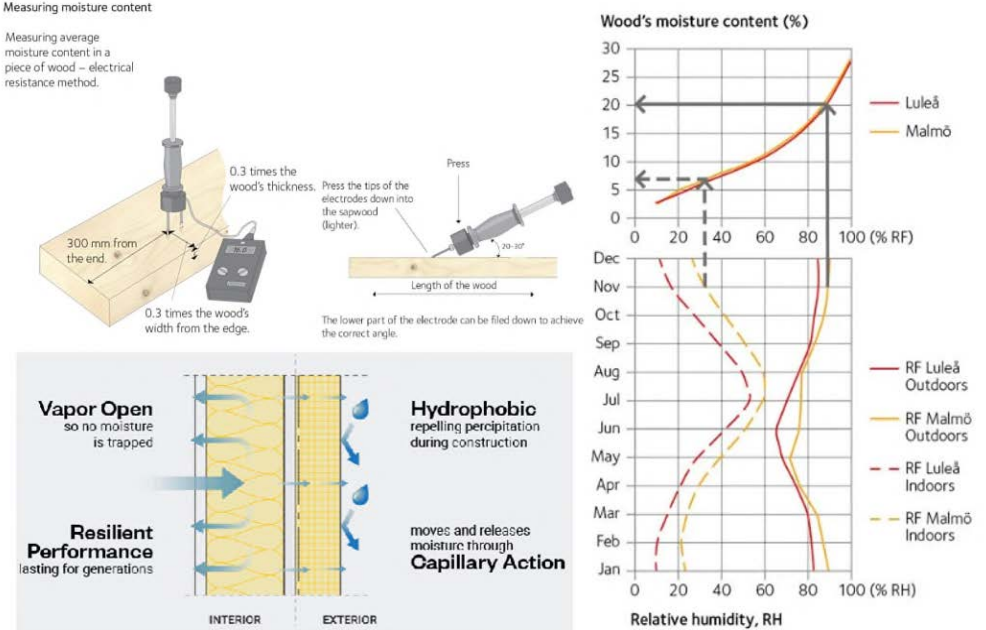
No.	19	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	목구조물의 조습 성능과 우수한 단열성능을 활용하여 건물 에너지 사용량 저감 리모델링 방안 도출		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조물의 조습과 단열 특성 분석</li> <li>• 연구내용 실측을 통한 다양한 환경 조건에서의 목재의 조습 및 단열 특성 분석, 목재의 물리적 특성 모델링을 통한 에너지 사용량 예측</li> </ul> 	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 기존 건물의 목구조화 설계 및 예측</li> <li>• 연구내용 리모델링 대상 건물 선정 및 건물 실내 환경과 에너지 사용량 데이터 수집, 기존 건물의 목구조화 과정에서의 설계 및 구조적 변화 시뮬레이션, 목구조화 과정에서의 에너지 사용량 변화 및 효과성 예측</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 기존 건물의 목구조화를 위한 기술개발</li> <li>• 연구내용 안전성, 내구성 및 환경 친화성을 고려한 기존 건물의 목구조화 기술개발, 목재의 물리적 특성을 활용한 선정된 건물의 리모델링 최적화 방안 제안</li> </ul>	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 기존 건물의 목구조화 기술 적용 및 비교</li> <li>• 연구내용 실제 적용을 위한 기존 건물의 목구조화, 실내 환경과 에너지 사용량 모니터링을 통한 리모델링 전/후 비교 분석</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조물의 특성을 활용한 건물 에너지 사용량 저감 리모델링 방안 도출</li> <li>• 연구내용 실제 리모델링 대상 건물의 전/후 비교 분석 기반 타 건물 목구조화 결과 도출, 건물 특성, 지역 등을 고려한 목구조화 리모델링 방안 개발</li> </ul>	

표 3-23. 기술수요조사(No. 20)

No.	20	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	목구조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발		
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조 대공간 건축물의 실내 공기 환경 고찰</li> <li>• 연구내용 목구조 건축물의 실내 공기 환경 조사 및 선행연구 고찰, 목구조 및 마감 재료, 자재 파악 및 적용에 따른 실내 환경 정보 조사</li> </ul>		
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 기존 국내 목구조 건축물 실내 환경 조사</li> <li>• 연구내용 국내 목구조 건축물의 실내 환경 조사 및 파악, 목구조 건축물 자재에 따른 실내 공기 환경 평가, 기존 목구조 건축물의 실내 오염물질 목록화</li> </ul>		
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조 대공간 건축물의 실내 오염물질 측정 및 평가</li> <li>• 연구내용 실내 공기 중 미세먼지, 휘발성 유기 화합물, 포름알데히드 등의 유해 물질 농도를 측정, 건축물에 사용된 자재에 따른 실내 오염물질 목록을 이용한 실내 공기 오염물질 농도, 분석 및 평가, 이용자의 특성(이용자의 수, 활동 상태, 등)에 따른 이산화탄소 발생량 측정 및 시뮬레이션</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>		
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조 대공간 건축물의 실내 오염물질 시뮬레이션 및 모니터링</li> <li>• 연구내용 목구조 건축물의 실내 공기 환경 모니터링, 목구조 대공간 건축물의 환기 성능 평가 및 시뮬레이션</li> </ul>		
5~6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조 건축물의 실내 오염물질 해결방안 도출 및 실내 환경 정보 플랫폼 구축</li> <li>• 연구내용 목구조 대공간 건축물의 오염물질 모니터링 데이터를 기반으로 한 해결방안 도출, 대공간 목구조 건축물의 실시간 실내 환경 데이터 모니터링 플랫폼 구축</li> </ul>		

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
장  
신규 연구개발과제 구성  
및 추진 전략

개발  
내용

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-24. 기술수요조사(No. 21)

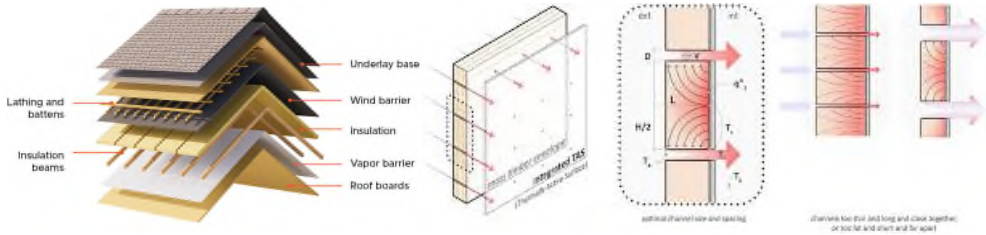
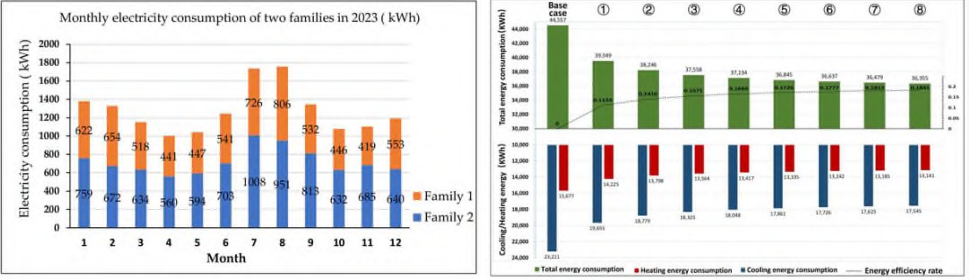
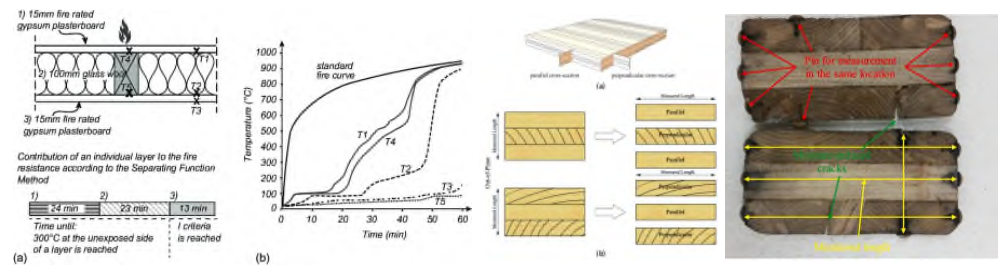
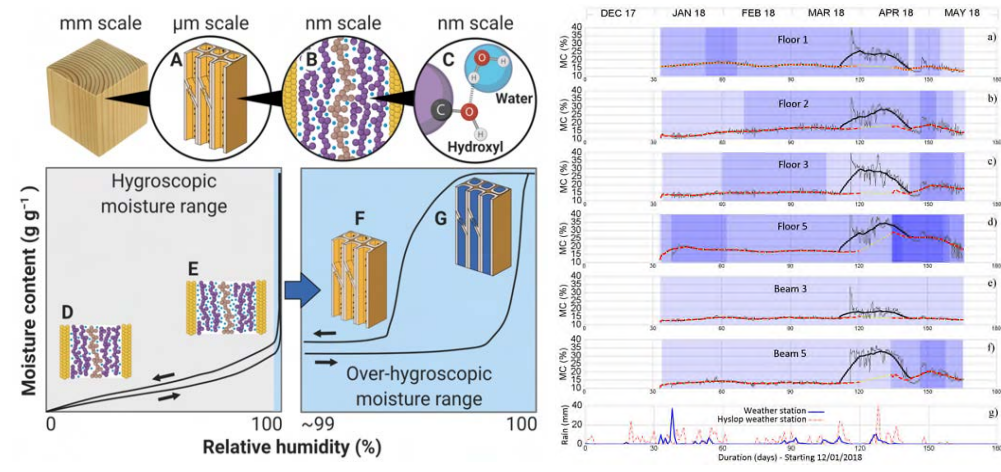
No.	21	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	공공건물의 규모별 목조 지붕 적용 기술개발		
개발 내용	1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 지붕 적용 및 실용성 확대 방안 검토</li> <li>• 연구내용 목조 지붕이 적용될 수 있는 다양한 공공건물 형태와 구조에 적합한 적용방안 검토(콘크리트, 이중외피 등 구조체와의 재료 차이로 인한 IEQ 손실 극복방안), 목조 지붕 적용으로 인한 IEQ(공기질, 열 조절, 빛 환경, 음 환경)의 변화 연구, 공공건물의 규모별 지붕 적용방안 모색(소규모: 10M, 25M / 대규모: 100M, 200M)</li> </ul>	
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 10M급, 25M급 공공건물 적용을 위한 목조 지붕의 유형화</li> <li>• 연구내용 다양한 목조 지붕 형태(개방형, 폐쇄형, 개폐형)에 의한 단열 및 기밀성능 영향 분석, 목조 지붕 적용으로 인한 건물 내부 IEQ 변화 연구 및 에너지 성능평가 방법 개발, 지붕 내부 환경에 적합한 HVAC 시스템 구축 및 성능평가 방법 개발</li> </ul>	
	3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 100M급, 200M급 공공건물의 목조 지붕 적용을 위한 유형화</li> <li>• 연구내용 다양한 목조 지붕 형태(개방형, 폐쇄형, 개폐형)에 의한 단열 및 기밀성능 영향 분석, 목조 지붕 적용으로 인한 건물 IEQ 변화 연구 및 에너지 성능평가 방법 개발, 대형 목조 지붕 건물에 적합한 HVAC 시스템 구축 및 평가 방법 개발</li> </ul> 	
	4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 공공건물 규모별 지붕 내부 환경 모니터링 시스템 및 HVAC 제어 기술개발</li> <li>• 연구내용 구조체의 구성에 의한 실내 환경 변화 평가, 실내 환경 변화 기준 HVAC 제어 기준 및 시스템 개발</li> </ul>	
	5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 공공건물 규모별 목조 지붕 실증 및 성능평가</li> <li>• 연구내용 실내 환경변화와 에너지 성능을 고려한 소규모 목조 지붕 실증, 소규모 목조 지붕에 적합한 HVAC 시스템 적용 및 제어 시스템 적용, 디지털 기반 모니터링 시스템</li> </ul> 	
6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 공공건물 규모별 목조 지붕 실증 및 성능평가II</li> <li>• 연구내용 내 환경변화와 에너지 성능을 고려한 대규모 목조 지붕 실증, 대규모 목조 지붕에 적합한 HVAC 시스템 적용 및 제어 시스템 적용, 디지털 기반 에너지 제어 플랫폼 구축</li> </ul>		

표 3-25. 기술수요조사(No. 22)

No.	22	분야	환경 & 에너지 성능
제안 과제명	<b>목재 건축물의 지속성 향상을 위한 습기 제어 및 화재 예방 시스템 개발</b>		
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목구조물의 지속성 향상을 위한 습기 제어 및 화재 예방 방법론 구축</li> <li>• 연구내용 목구조물의 조습성 및 부패 및 변형에 대한 이론 고찰 및 제습 기준 마련, 목구조물의 가연성 특성을 고려한 조기 화재 예방 이론 고찰 및 방법론 구축</li> </ul> 		
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목재의 습기 반응 및 화재 예방을 위한 IoT 모니터링 센서 구축 및 알고리즘 개발</li> <li>• 연구내용 목구조물의 습기 반응(부패 및 변형)을 예방하는 알고리즘 개발, 화재 예방을 위한 첨단 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템 구축</li> </ul>		
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 Test-bed를 통한 목구조물을 습기 반응 및 화재 예방 정확도 검증</li> <li>• 연구내용 Test-bed를 통한 장마철 상황 묘사 및 목구조물 습기 제어 실험, Test-bed를 활용한 화재 발생 시 감지 및 알림 기술 검증 및 고도화</li> </ul> 		
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 대공간 목구조물 습기 제어 및 화재 예방 현장 실증 및 매뉴얼 개발</li> <li>• 연구내용 대공간 목구조물 최적 습기 제어 시스템 실증 및 유지관리 매뉴얼 개발, 대공간 목구조물 화재 예방 및 조기 알림 장치 실증 및 매뉴얼 개발</li> </ul>		
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 실시간 관리형 플랫폼 개발 및 운영 핸드북 제작</li> <li>• 연구내용 목구조물 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼 구축, 목구조물 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 및 운영 핸드북 배포</li> </ul>		

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
창  
및  
추진  
전략  
신규  
연구  
개발  
과제  
구성

# 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-26. 기술수요조사(No. 23)

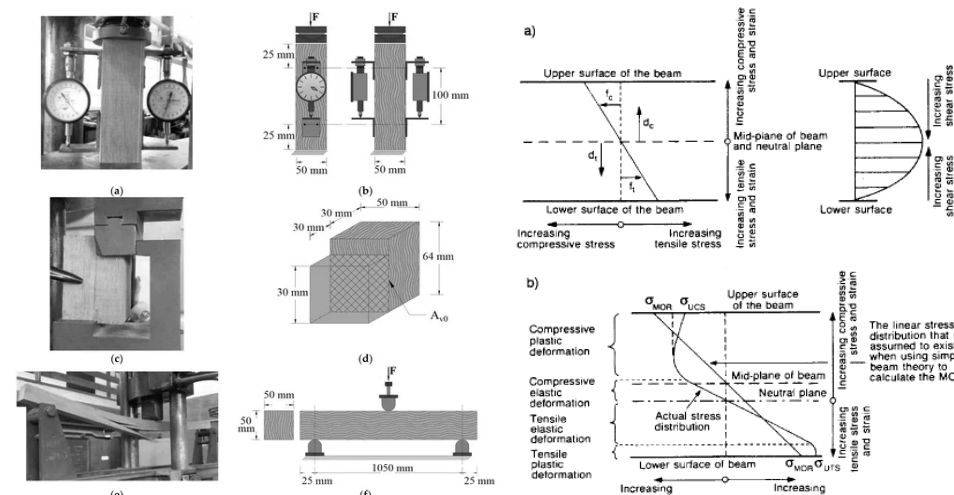
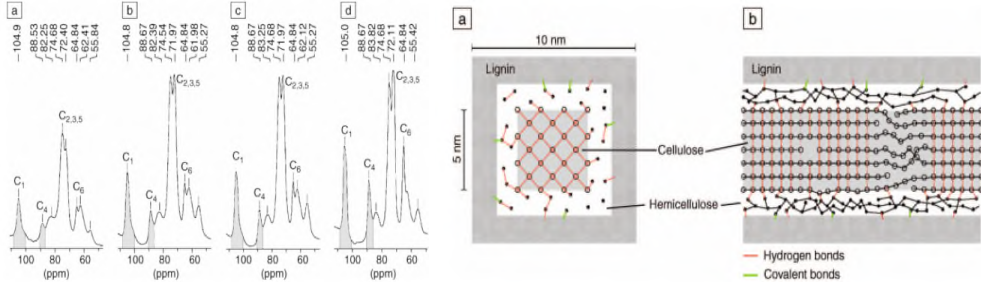
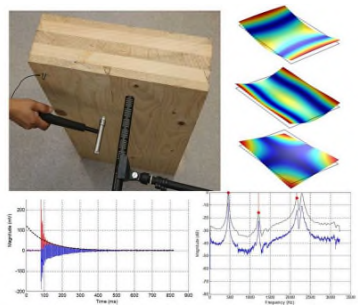
No.	23	분야	재료	
제안 과제명	<b>국산 목재를 이용한 구조용 목재 부재 통합설계 시스템 개발</b>			
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 국산 목재 수종에 따른 재료 물성치 조사 및 분석</li> <li>• <b>연구내용</b> 다양한 목재 수종에 따른 재료 물성치를 조사하고, 압축, 전단, 휨 실험 등을 통해 물성치를 정의한다. 또한, 대공간 목조 건축물 구축을 위한 목재의 요구 성능을 정의하여, 대공간 목조 건축물에 사용 가능한 목재를 선정한다.</li> </ul> 			
	2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 접착제 특성이 반영된 GLT의 실험적 검증 및 재료 LCA 평가</li> <li>• <b>연구내용</b> 접착제의 종류에 따라 적층식 구조부재의 구조적 성능을 파악하고 대공간 목조 건축물에 적절한 접착제 종류를 선정한다. 접착제 선정에는 건설 분야에서의 탄소 배출량 감축에 기여하기 위해 탄소 배출량 평가를 포함한다.</li> </ul>		
		3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 공학용 국산 목재의 재료적 특성의 DB화 및 구조기준 반영</li> <li>• <b>연구내용</b> 중·대단면을 갖는 목재 재료의 재료 강도, 강성, 변형능력 성능평가를 통해 재료적 특성을 정의한다. 정의된 재료적 특성을 이용하여 국산 공학용 목재의 구조성능을 DB화하고, 건축구조기준에 적용할 수 있는 방안을 마련하여 국산 목재의 활용을 장려한다.</li> </ul>	
	4차 년도		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 생산 프로세스 구축 및 하이브리드 구조물의 설계 방안 마련</li> <li>• <b>연구내용</b> 대공간 목조 건축물에 적용 가능한 고성능 공학용 목재 부재의 설계/제작 기술을 개발하고, 탄소 배출량 평가를 통해 최적의 생산 프로세스를 구축한다.</li> </ul>	
		5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> 하이브리드(스틸-목재) 부재의 구조적 성능 검증 및 부재 설계 소프트웨어 개발</li> <li>• <b>연구내용</b> 목재와 스틸의 접합 방식에 따른 구조적 실험을 통해 실험적 검증도를 도출한다. 또한, 도출된 결과를 바탕으로 목재, 하이브리드 부재(스틸-목재)의 부재 설계가 가능한 설계 소프트웨어를 개발한다.</li> </ul>	
	6차 년도		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구주제</b> Test bed 적용을 통한 부재 설계 통합 시스템 검증</li> <li>• <b>연구내용</b> 통합 설계 소프트웨어의 매뉴얼 제작 및 test bed 적용을 위한 부재 설계를 수행한다. 또한, Test bed 적용을 통해 개발된 통합 시스템의 건전성을 평가한다.</li> </ul>	




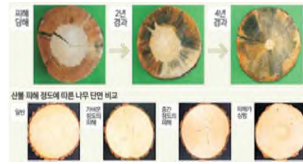
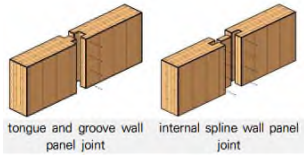
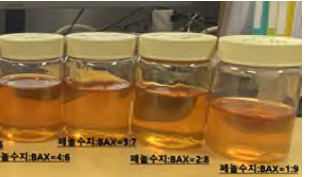
표 3-27. 기술수요조사(No. 24)

No.	24	분야	재료																																																																								
제안 과제명	고성능 목재 구조부재의 가공 기술개발																																																																										
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 국내/외 목재 가공 기술 현황 조사</li> <li>• 연구내용 형 목조 건축물을 건설하기 위해 목재의 적절한 가공이 요구된다. 하지만 국내의 목재 가공 기술은 미국, 일본, 캐나다 등에 비해 턱없이 부족한 실정이다. 따라서, 국내의 목재 기술 현황과 국외의 선진 기술을 조사하여 본 사업목표인 목조 대공간 건축물에 적용할 수 있는 목재 가공 기술을 조사한다.</li> </ul> 																																																																										
개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목재 수종별 물성치 확보 및 가공 방안 마련</li> <li>• 연구내용 목재별 보유하고 있는 밀도, 함수량이 다르기 때문에 가공하는 방안도 마찬가지로 다르다. 따라서, 구조용 목재로 사용할 수 있는 목재를 조사하여, 물성값을 확보한다. 확보된 물성값을 바탕으로 적절한 선형 가공 기술을 개발한다.</li> </ul> <table border="1" data-bbox="399 1097 933 1400"> <thead> <tr> <th>Trade name</th> <th>Scientific name</th> <th>Green moisture content (%)</th> <th>Air-dry density (kg/m<sup>3</sup>)</th> <th>Radial shrinkage (%)</th> <th>Tangential shrinkage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mulga</td> <td><i>Acacia aneura</i></td> <td>26.7</td> <td>1101</td> <td>1.6</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>Gidgee</td> <td><i>Acacia cambagei</i></td> <td>26.4</td> <td>1283</td> <td>1.5</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>Desert oak</td> <td><i>Acacia coriacea</i></td> <td>24.6</td> <td>1099</td> <td>1.6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ironwood</td> <td><i>Acacia excelsa</i></td> <td>37.5</td> <td>1122</td> <td>1.6</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>Prickly acacia</td> <td><i>Acacia nilotica</i></td> <td>55.2</td> <td>875</td> <td>1</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Lancewood</td> <td><i>Acacia shirleyii</i></td> <td>25</td> <td>1020</td> <td>1</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Red lancewood</td> <td><i>Archidendropsis basaltica</i></td> <td>31.4</td> <td>1218</td> <td>3</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>Sandalbox</td> <td><i>Eremophila mitchellii</i></td> <td>20.4</td> <td>1051</td> <td>1.3</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>Bimble box</td> <td><i>Eucalyptus populnea</i></td> <td>37.2</td> <td>1145</td> <td>2.8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Qld yellow jacket</td> <td><i>Eucalyptus similis</i></td> <td>37.5</td> <td>1034</td> <td>2.5</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>Beefwood</td> <td><i>Grevillea striata</i></td> <td>42.3</td> <td>990</td> <td>1.5</td> <td>3.5</td> </tr> </tbody> </table> 			Trade name	Scientific name	Green moisture content (%)	Air-dry density (kg/m <sup>3</sup> )	Radial shrinkage (%)	Tangential shrinkage (%)	Mulga	<i>Acacia aneura</i>	26.7	1101	1.6	2.2	Gidgee	<i>Acacia cambagei</i>	26.4	1283	1.5	2.3	Desert oak	<i>Acacia coriacea</i>	24.6	1099	1.6	2	Ironwood	<i>Acacia excelsa</i>	37.5	1122	1.6	2.6	Prickly acacia	<i>Acacia nilotica</i>	55.2	875	1	1.6	Lancewood	<i>Acacia shirleyii</i>	25	1020	1	1.8	Red lancewood	<i>Archidendropsis basaltica</i>	31.4	1218	3	4.4	Sandalbox	<i>Eremophila mitchellii</i>	20.4	1051	1.3	2.7	Bimble box	<i>Eucalyptus populnea</i>	37.2	1145	2.8	4	Qld yellow jacket	<i>Eucalyptus similis</i>	37.5	1034	2.5	3.3	Beefwood	<i>Grevillea striata</i>	42.3	990	1.5	3.5
Trade name	Scientific name	Green moisture content (%)	Air-dry density (kg/m <sup>3</sup> )	Radial shrinkage (%)	Tangential shrinkage (%)																																																																						
Mulga	<i>Acacia aneura</i>	26.7	1101	1.6	2.2																																																																						
Gidgee	<i>Acacia cambagei</i>	26.4	1283	1.5	2.3																																																																						
Desert oak	<i>Acacia coriacea</i>	24.6	1099	1.6	2																																																																						
Ironwood	<i>Acacia excelsa</i>	37.5	1122	1.6	2.6																																																																						
Prickly acacia	<i>Acacia nilotica</i>	55.2	875	1	1.6																																																																						
Lancewood	<i>Acacia shirleyii</i>	25	1020	1	1.8																																																																						
Red lancewood	<i>Archidendropsis basaltica</i>	31.4	1218	3	4.4																																																																						
Sandalbox	<i>Eremophila mitchellii</i>	20.4	1051	1.3	2.7																																																																						
Bimble box	<i>Eucalyptus populnea</i>	37.2	1145	2.8	4																																																																						
Qld yellow jacket	<i>Eucalyptus similis</i>	37.5	1034	2.5	3.3																																																																						
Beefwood	<i>Grevillea striata</i>	42.3	990	1.5	3.5																																																																						
3~4 차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 3축 설계 및 3축 가공 기술개발</li> <li>• 연구내용 현재 국내 목재 가공 기술은 대부분 선형 가공 기술에 머물러 있지만, 목재 건축물의 시공 트렌드는 비정형성을 포함하는 건축물로 넘어가고 있다. 외국에서는 비정형 가공이 가능한 기술을 보유하고 있으나, 국내에는 이런 기술이 매우 미흡하다. 따라서, 총 2차년도 동안 3축의 가공을 통해 비정형 단면을 도출할 수 있는 기술을 개발하여 선진국과의 기술 격차를 좁힐 필요가 있다.</li> </ul>																																																																										
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 프로토타입 제작을 통한 가공 기술 검증</li> <li>• 연구내용 비정형으로 설계된 목조 대공간 건축물의 단위 부재를 3-4차년도에 개발된 3축 가공 기술을 이용하여 제작하고, 프로토타입 제작을 통해 기술을 검증한다.</li> </ul>																																																																										
6차 년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술개발</li> <li>• 연구내용 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위해 제작 프로세스를 구축하고, 고성능 목조 부재의 선형 가공 기술 또는 3축 가공 기술 관련 가이드라인을 개발한다.</li> </ul>																																																																										

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발 과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-28. 기술수요조사(No. 25)

No.	25	분야	재료
제안 과제명	<b>목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b>		
개발 내용	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="300 360 395 1064" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">1차년도</div> <div data-bbox="395 360 1425 1064"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 부재 생산을 위한 기반 조사</li> <li>• 연구내용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(국내외 목재 여건조사) 국산목재를 비롯한 국내 목재자원 현황 및 목재제품의 생산·유통량 등을 조사하고, 구조용 목재제품의 생산인프라(제재기, 건조기, Pre-cut, CLT 집성장비 등) 및 가공기술(제재, 건조, 집성, 2차 가공 등)에 대한 현황조사</li> <li>(연결 접합철물) 국내외 시중에서 유통되고 있는 연결 접합철물의 종류 및 유형을 정의하고, 목조 대공간 건축물의 접합철물 적용사례를 조사·분석</li> <li>(하이브리드 부재) 수종, 재료별 하이브리드 구조용 집성재의 내력형태 성능 분석</li> <li>(프리패브 부재) 국내외 프리패브 방식의 목조건축 부재를 생산하는 프로세스 관련 기술 현황조사</li> <li>(내화 및 내구성능) 목재의 내화 및 내구성능 향상을 위한 선진기술 조사·분석(약제 적용 중심)</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="427 757 730 1025">  <p>국내 목재 여건조사 (출처: 산림청)</p> </div> <div data-bbox="762 779 1066 1025">  <p>구조용 목재제품(GLT, CLT) (출처: THINK WOOD)</p> </div> <div data-bbox="1098 761 1417 1025">  <p>연결 접합철물(스크류) 유형 (출처: Rotho Blaas)</p> </div> </div> </div> </div>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구주제 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 부재 생산을 위한 기초 성능 DB 구축</li> <li>• 연구내용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(구조용 목재의 성능 DB 구축) 「목재이용법」에 따라 구조용으로 분류되는 국내 유통 소·중단면 구조용 목재제품을 규격 및 수종별로 수급하여, 물리·기계적 강도 성능을 평가하고, ‘국내 유통 구조용 목재제품’에 대한 Data Base 구축(국산재 포함)</li> <li>(원가절감형 재료 발굴) 구조용 집성재의 코어 등 라미나의 재료를 판상제품(SPB, 구조용 합판, OSB 등) 및 미이용 목재자원(산불피해목 등)으로 대체하여, 동등 이상의 성능을 나타내는 구조용 재료 발굴</li> <li>(고성능 부재 기술개발) 기존의 구조용 목재제품 대비 향상된 물리·기계적 강도 성능 등 대공간 유형에 적합한 고성능의 부재 관련 기술개발</li> <li>(대공간 부재 정의) 목조 대공간 건축물에 필요로 하는 구조부별 부재 유형 및 규격을 조사(50m, 100m, 200m급)하여 정의</li> <li>(연결 접합철물 DB) 시중에 유통되는 각 구조부별 연결 접합철물의 기초성능 Data Base 구축하고, 중대형용 부재의 경우 접합유형 세분화를 통해 연결 접합철물의 세부성능평가 및 설계사항 도출</li> <li>(하이브리드 부재) 하이브리드 복합구조 접합시스템에 따른 반복가력 성능평가</li> <li>(프리패브 부재) 목조 대공간 건축물을 위한 구조부별 부재의 생산 효율성 확보를 위해, 목재 입고부터 운반·집성·가공 등 기초 자동화 프로세스 구축</li> <li>(내화 및 내구성 약제 개발) 목재에 적용되는 기존 약제 대비 구성성분의 신규성 및 진보성 등 성능, 품질, 효율성 등이 향상된 약제 기술을 개발하고, 단위 목재에 적용(도포, 침지, 가압, 접촉제 혼합 등 방법)하여 유효성 및 내화·내구성 평가를 통한 우수 조건 도출</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="427 1809 730 2089">  <p>산불 피해목의 시간 경과에 따른 상태변화 (출처: 산림청)</p> </div> <div data-bbox="762 1818 1066 2089">  <p>접합유형 세분화 (출처: TFEC, timber design guide)</p> </div> <div data-bbox="1098 1796 1417 2089">  <p>내화 약제(붕산, 붕사) (출처: 충남대학교)</p> </div> </div>		

개발  
내용

3차  
년도

- 연구주제 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 부재 기술개발
- 연구내용

(고강도 구조용 부재 개발) 국내 유통 소·중단면 구조용 목재, 원가절감형 재료, 고성능 부재 기술 등을 적용하여, 50, 100m급 목조 대공간 건축물을 위한 구조성능이 향상된 고강도 구조용 목재 부재 개발  
 (기계장치 성능 정의) 구조용 목재제품 가공을 위한 생산인프라 및 가공기술을 반영한 기계장치(제재기, 프리컷 등)의 가용범위 성능 정의  
 (중대형 부재 접합철물) 벽-벽, 바닥-바닥, 벽-바닥 등 면-면 구조 중대형 부재 유형의 길이 및 너비 방향에 대한 접합철물 기술개발  
 (개구부 접합 기술개발) 내력벽, 비내력벽 등의 벽구조에 대한 창호, 도어 등 개구부 형성을 위한 철물접합 기술개발  
 (하이브리드 힙 부재) 하이브리드 힙 부재의 구조성능 평가 및 규모별 소요강도·요구 단면 예측  
 (개구부 등을 고려한 프리패브 생산공정) 내력벽, 비내력벽 등의 벽구조에 대한 창호, 도어, 내외부 단열재 등을 고려한 프리패브 생산공정 개발  
 (약제 적용목재 접착기술 개발) 약제가 적용된 목재의 구조용 부재화를 위해, 접착제, 첨가제, 집성조건 등에 따른 접착 성능평가 및 접착 기술개발  
 (접합철물 용융방지 기술) 화재에 의한 온도 상승 등으로 접합철물이 용융되는 것을 방지하기 위한, 단열 기술 및 제품 적용 기술개발



합판 코어 CLT  
(출처: 충남대학교)



패널-패널 결합의  
접합부 전단시험  
(출처: 우디즘목재이용연구소)



개구부가 있는  
CLT 횡하중 파괴모드  
(출처: Isoda et al. 2023)

4차  
년도

- 연구주제 50m, 100m급 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 부재 제작 및 성능검증
- 연구내용

(구조용 부재 성능평가) 목조 대공간 건축물을 위한 고강도발 구조용 개발 부재의 성능평가를 통해, 50m, 100m급 건축물에 대한 적용성 확보  
 (선형 가공기술 개발) 목조 대공간 건축물의 구조부별 부재 유형 및 규격에 따른 선형가공 자동화 기술개발(프리컷 기술 포함)  
 (접합철물 프로토타입) 50m, 100m급 목조 대공간 건축물 적용을 위해, 면-면 구조 등 중대형 부재의 접합철물을 적용한 프로토타입을 제작하고 성능평가를 통한 실용성 확보  
 (하이브리드 프로토타입) 50m, 100m급 목조 대공간 건축물 적용을 위한, 하이브리드 부재의 프로토타입을 제작하고 성능평가를 통한 가능성 확보  
 (국내 교통여건에 따른 프리패브 부재 생산) 국내 운송 수단(화물차, 화물선 등의 규격 및 최대 적재량), 도로 현황(차로 폭, 터널 규격, 교통기반시설 등) 등을 고려한 프리패브 부재 생산 프로세스 기술개발  
 (내화·내구 성능평가) 개발 약제를 적용한 구조용 목재 부재 및 접합철물 기술 등을 적용·연계하여, 내화 및 내구 성능을 평가하고 50m, 100m급 목조 대공간 건축물의 성능검증



30톤 UTM 휨강도 시험  
(출처: 우디즘목재이용연구소)



프리패브 부재 운송(호주)  
(출처: Nelson Homes  
Corporate)



기동재 내화성능 시험  
(출처: 충남대학교)

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

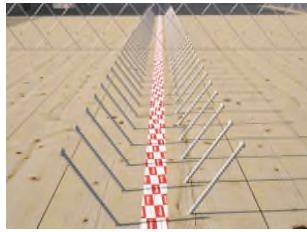
개발  
내용

5차  
년도

- 연구주제 200m급 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 부재 제작 및 성능검증
- 연구내용
  - (200m급 부재의 성능평가) 200m급 목조 대공간 건축물을 위한 고강도 구조용 부재를 추가 개발하고, 개발 부재를 활용한 성능검증 및 실용성 확보
  - (가공기술 가이드라인) 목조 대공간 건축물을 위해, 프리컷 등 자동화 기술을 적용한 구조용 부재의 가공기술 가이드라인 개발
  - (200m급 중대형 부재의 접합철물) 200m급 목조 대공간 건축물을 위한 연결 접합철물을 추가 개발하고, 개발 접합철물을 활용한 성능검증 및 실용성 확보
  - (200m급 하이브리드 부재) 200m급 목조 대공간 건축물을 위한 하이브리드 부재를 추가 개발하고, 개발 하이브리드 부재를 활용한 성능검증 및 실용성 확보
  - (프리패브 부재 시제품 생산) OSC 프리패브 건축을 위해, 개발 프로세스를 적용한 규격화 부재(1~5년차 개발 부재)의 시제품을 생산하고 시뮬레이션 연계
  - (200m급 내화·내구성 향상 부재) 200m급 목조 대공간 건축물을 위한 내화·내구성 향상 부재를 추가 개발하고, 개발 부재를 활용한 성능검증 및 실용성 확보



구조용 부재의 성능평가  
(출처: 우디빌더스)



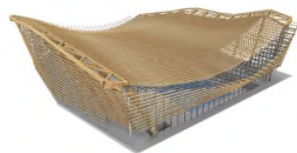
중대형 부재 접합철물(스크류)  
(출처: Rotho Blaas, VGZ EVD)



영국의 OSC 건축 시공현장

6차  
년도

- 연구주제 목조 대공간 건축물의 부재 설계기준 도출 및 시뮬레이션을 통한 기술성능 검증
- 연구내용
  - (접합철물 스펙 및 설계 기준) 구조부별 연결 접합철물에 대하여 KS수준의 스펙 및 설계 기준을 도출하고 시뮬레이션 시험에 반영
  - (하이브리드 부재 설계 기준) 하이브리드 복합 부재의 제작 및 성능·설계 기준개발
  - (경제성 및 사업화 전략) 목조 대공간 건축물 OSC를 위한 프리패브 시스템의 경제성 분석 및 사업화 전략안 제시
  - (시뮬레이션을 통한 부재 및 시스템 기술성능 검증) 구조부별 고강도, 고성능(내화, 내구 성능) 개발 부재, 개발 접합철물(제품, 설계기준), 개발 하이브리드 복합 부재 활용한, 국내 여건 고려 OSC 프리패브 시스템을 적용하여, 시뮬레이션 건축물 축조 및 화재실험 등의 성능 검증(구조, 에너지 등 타세부와 연계하여 시뮬레이션 및 성능평가)



파리 아쿠아틱센터  
(출처: <https://woodcentral.com>)



6층 목조주택 지진 실험  
(출처: 한국목조건축협회)



일본 건축 기준법 개정을 위한  
내화 시뮬레이션(실증) 시험

### 3. 연구개발과제 도출

- 기획연구제안 당시 기획연구의 목표 및 연구 내용은 아래와 같음

표 3-29. 기술별 연구내용

구조 재료 및 생산성 향상 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재의 역학적 성능 규명 및 부품화 작업</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 목조 재료성능 표준화</li> <li>• 200m급 목조 대공간 구조물 관련 법규 개정</li> <li>• 접착제 특성을 반영한 층재의 실검증 및 구조성능 실검증</li> <li>• 목조 모듈화 설계 기술 및 소프트웨어 개발</li> <li>• 고성능 공학용 목재의 설계 및 제작 기술</li> <li>• 목조 모듈화 설계 및 소프트웨어 개발</li> <li>• 고성능 공학용 목재 부재의 생산설비 구축 및 생산성 향상 기술개발</li> <li>• 생산 효율성 증대를 위한 제작 프로세스 구축</li> <li>• 부재 설계 및 제작 표준화 기술</li> <li>• 하이브리드 구성 목재의 규격화를 통한 생산성 확보</li> <li>• 하이브리드 부재의 구조 및 불연성 성능평가</li> <li>• 구조안전 및 내화성능 확보전략 구축</li> </ul>
구조 시스템 및 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물학 구조를 모방한 목조 구조의 형태 생성 기술</li> <li>• 최적화 및 설계 자동화 알고리즘 개발</li> <li>• 규모 및 형태별 목조 대공간 구조 시스템 구축</li> <li>• 하이브리드 구조 시스템 개발 및 보강구조 시스템 개발</li> <li>• BIM 설계 표준화 DB 구축</li> <li>• 비정형 시스템을 위한 3차원 정보모델 DB구축</li> <li>• 하이브리드형 목조 대공간 구조의 접합부 설계 자동화 기술</li> <li>• 목조 대공간을 위한 안정 해석 설계 매뉴얼 개발</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 통합 자동화 설계 프로그램 개발</li> <li>• 동적 거동 및 크리프 변형을 고려한 해석 알고리즘 개발</li> </ul>
구조 요소기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하이브리드 부재 및 접합부의 구조적 성능 평가 기술 및 플랫폼 구축</li> <li>• 표준 접합부 개발 및 구조 안전 성능 검증</li> <li>• 목조 접합부 설계 기술 및 설계 S/W 기술</li> <li>• 접합부 상세설계 표준안 및 구조설계 기준 제안</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 내진 및 내풍 디바이스 기술</li> <li>• 목조 구조물의 진동해석 프로그램 개발 및 특성 분석</li> <li>• 규모별 내진 및 내풍 시뮬레이션을 통한 성능평가 기법</li> <li>• 3차원 비탄성 해석 S/W 및 성능평가 매뉴얼 개발</li> <li>• 하이브리드 구조 요소의 동적 불안정 검증 기술</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 정적 및 동적 불안정 특성 분석</li> <li>• 목조 접합부의 강성 평가방법 가이드라인</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 동특성 분석 및 평가 시스템 개발</li> </ul>
시공 및 친환경 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규모별 목조 대공간 구조물의 제작, 시공 프로세스 및 시공 기술개발</li> <li>• BIM기반 목조 대공간 구조물 설계 품질 평가 및 제작, 시공 성능검토</li> <li>• 규모별 지붕 구조물의 제작, 시공성능 및 평가 가이드라인 개발</li> <li>• 목조 대공간 구조물의 환경 성능 기준 검토서</li> <li>• 목조 구조물 적용 가능한 패시브 건축 기술개발 및 성능 고도화</li> <li>• 목조 대공간 구조물 특성을 고려한 냉난방 설비, 환기설비 통합 설계 기술</li> <li>• 실간 소음 저감 기법 개발 및 성능 평가</li> <li>• 제로에너지 건물 달성을 위한 신재생 에너지 적용 전략 구축</li> <li>• 에너지 및 환경 성능 모니터링 플랫폼 구축 및 운영 매뉴얼</li> <li>• 친환경 요소기술 통합 설계 기술</li> </ul>

1  
2  
3 **3** 장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

- 2장에서 수행한 정책적·경제적·기술적·특허 및 연구·국내 인프라 환경분석, 3장 2절에서 수행한 전문가 의견 조사 및 기술수요조사, 각 분야 전문가 활용 및 기획위원회 등을 통해 최종 연구개발과제를 도출함
- 또한, 기존 연구과제명 “200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발”에서 “200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발”로 변경하고자 함
- 도출된 최종 연구개발과제는 총 4세부로 구성되며, 총 연구기간은 기존 5차 연에서 6차년도로 변경함(1세부: 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발, 2세부: 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발, 3세부: 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발, 4세부: 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발)

표 3-30. 과제명 및 연구개발과제 변경 과정



### 3절. 핵심기술요소(CTE) 선정 및 기술성숙도(TRL) 목표

- 기술성숙도(TRL: Technology Readiness Level)란 개발 기술의 성숙도 또는 이행단계를 평가하기 위한 정량화된 측정지표로서, 연구개발환경(실험실, 유사환경, 실제환경), 연구개발결과물(시제품, 완제품), 기술 수준(개념, 시현, 성능검증)에 따라 기술성숙도를 분류할 수 있음
- 연구목표 설정에 있어 표준화된 TRL을 적용하여 객관적이고 정량적인 목표설정을 유도하고 핵심기술요소의 성능 목표 달성 여부를 관리하여 연구과제 핵심성과 중심의 관리를 지향하기 위함
- 따라서, 국토교통 과학기술진흥원의 성과특성을 고려한 TRL 관리를 위해 기술유형(공법·기법, 재료·자재, 소프트웨어, 장비·장치)을 결정하고, 목표 연구개발 사업의 핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트를 이용하여 선정된 핵심기술요소의 TRL를 평가하였음
- TRL 단계별 정의는 기초연구, 실험, 시작품, 실용화, 양산의 R&D 5단계와 9개의 세부단계로 분류하며, 기술유형(시스템, 공법·기법, 재료·자재, 소프트웨어, 장비·장치)에 따라 TRL 단계 정의가 다름

표 3-31. R&D 단계별 TRL 정의

TRL 단계		단계별 정의
기초 연구	1	기초이론/실험 • 기초이론 정립 단계
	2	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념 정립 • 기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허출원 단계
실험	3	실험실 규모의 기본성능 검증 • 실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 • 개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가 • 시험 표본을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 • 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 • 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계
시작품	5	확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능평가 • 확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 • 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 • 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능평가 • 파일럿 규모(복수 개~양산 규모의 1/10정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 • 파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 불량률 등 제시 • 파일럿 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 • 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 • 성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보
실용화	7	신뢰성 평가 및 수요기업 평가 • 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 • 부품 및 소재개발의 경우 수요 업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) • 가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출
	8	시제품 인증 및 표준화 • 표준화 및 인허가 취득 단계
양산	9	사업화 • 본격적인 양산 및 사업화 단계 • 6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

### 3장 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-32. 유형별 기술성숙도(TRL) 단계 정의

TRL 단계	유형				
	공법·기법	소프트웨어	시스템	장비·장치	재료·자재
TRL 1	기본적인 과학 원리 관찰 및 파악 단계 (순수이론단계)				
TRL 2	기술적 응용개념 또는 아이디어 형성 단계				
TRL 3	해석적 연구와 실험적 연구를 통한 개별 요소의 기능과 특성 정립 단계	분석적 연구를 통해 개념/아이디어의 실현 가능성을 입증 및 연구실 환경에서 알고리즘 단계	해석적 연구와 실험적 연구를 통한 개별 요소의 기능과 특성 정립 단계	해석적 연구와 실험적 연구를 통한 개별 요소의 기능과 특성 정립 단계	해석적 연구와 실험적 연구를 통한 개별 요소의 기능과 특성 정립 단계
TRL 4	실험실 환경에서 Bench scale 규모의 성능 및 신뢰성 평가 단계	테스트 과정의 일부로 일부 데이터를 대상으로 개별적인 기능 및 모듈 실험 단계	실험실 환경에서 구성시스템의 성능평가 및 신뢰성 시험 단계	실험실 환경에서 장비/장치 모델 또는 시제품의 성능 및 신뢰성 평가 단계	실험실 환경에서 테스트용 샘플의 성능 및 신뢰성 평가 단계
TRL 5	유사환경에서 Bench scale 규모의 성능 평가 및 신뢰성 시험 단계	테스트 과정의 일부로 일부 데이터를 대상으로 개별적인 기능 및 모듈의 통합 가능성 검증 단계	유사환경에서 구성시스템의 성능평가 단계	유사환경에서 장비/장치 모델 또는 시제품의 성능평가 및 신뢰성 시험단계	유사환경에서 테스트용 샘플의 성능평가 및 신뢰성 시험단계
TRL 6	유사환경에서 공법/기법 프로토타입 모델의 신뢰성 및 안전성 평가 단계	S/W 프로토타입 모델의 성능 및 신뢰성 평가 단계	유사환경에서 시스템 프로토타입 모델의 신뢰성 및 안전성 평가 단계	유사환경에서 장비/장치 프로토타입 모델의 성능 및 신뢰성 평가 단계	유사환경에서 재료/자재 프로토타입 모델의 신뢰성 평가 단계
TRL 7	공법/기법 프로토타입이 실제 현장 사용 가능성 증명 단계	실제 환경과 조건에서 통합된 S/W 프로토타입 모델의 적용 및 사용 가능성 증명 단계	시범운명을 통해 시스템 프로토타입의 실제 환경 사용 가능성 증명 단계	장비/장치 프로토타입 모델의 실제 현장 사용 가능성 증명 단계	재료/자재 프로토타입의 실제 현장 사용 가능성 증명 단계
TRL 8	공법/기법 완제품의 제한된 실제 현장 사용 가능성 증명 단계	S/W 완제품의 제한된 실제 현장에서 사용 가능성 증명 단계	시스템 완제품의 제한된 실제 환경에서 사용 가능성 증명 단계	장비/장치 완제품의 제한된 실제 현장 사용 가능성 증명 단계	재료/자재 완제품의 제한된 실제 현장 사용 가능성 증명 단계
TRL 9	공법/기법 완제품이 실제 현장에서 사용 적합성 증명 단계	S/W 완제품의 실제 현장에서 사용 적합성 증명 단계	시스템 완제품의 실제 환경 사용 적합성 증명 단계	장비/장치 완제품의 실제 현장에서 사용 적합성 증명 단계	재료/자재 완제품의 실제 현장 사용 적합성 증명 단계

# 1. 핵심기술요소(CTE) 후보 기술 선정

- 핵심기술요소(CTE: Critical Technology Elements)란 해당 사업 완수를 위해 기술적으로 중요한 요소로 사업의 목표(성능, 비용, 일정 등)를 충족하는데 결정적인 영향을 주거나, 기존 기술에 비해 개발 내용, 개발방식, 시연 환경, 설계 조건 등이 새롭게 적용되는 기술
- 전문가 자문회의, 기술수요조사, 기획위원회 등의 운영을 통해 연구개발과제 4개 세부를 기반으로 81개의 후보 기술이 도출되었음

표 3-33. 세부과제별 후보 기술

세부과제	번호	후보 기술
1세부 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	1-1	• 목조 대공간 구조물의 목조 재료성능 표준화 기술
	1-2	• 200m급 목조 대공간 구조물 관련 법규 개정
	1-3	• 고성능 목재 구조부재의 가공 기술
	1-4	• 접착제 특성을 반영한 층재 구조성능 실검증
	1-5	• 정형 및 비정형 목조 모듈 설계 기술
	1-6	• 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축
	1-7	• 목조 모듈화 설계 자동화 소프트웨어 개발
	1-8	• 고성능 공학용 목재의 설계 및 제작 기술
	1-9	• 목조 모듈화 설계 및 소프트웨어 개발
	1-10	• 공학용 목재의 성능평가 및 설계 시스템
	1-11	• 고성능 공학용 목재 부재의 생산설비 구축 및 생산성 향상 기술
	1-12	• 생산 효율성 증대를 위한 제작 프로세스 구축
	1-13	• 고강도 공학용 목재의 유지관리 통합 모니터링 시스템
	1-14	• 하이브리드 부재 설계 시스템
	1-15	• 부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략
	1-16	• 부재 설계 및 제작 표준화 기술
	1-17	• 하이브리드 구성 목재의 규격화 기술
	1-18	• 변단면 형상의 설계 및 가공 기술
	1-19	• 하이브리드 부재의 개발 및 구조 및 불연성 성능평가
	1-20	• 구조안전 및 내화성능 확보전략 구축
	1-21	• 비선형 목재 부재의 설계 시스템
	1-22	• 국산 목재를 이용한 구조용 목재 통합설계 시스템

### 3장 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

세부과제	번호	후보 기술
2세부 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	2-1	• 목조 대공간 건축물 구조기준(안)
	2-2	• 생물학 구조를 모방한 목조 구조의 형태 생성 기술
	2-3	• 최적화 및 설계 자동화 알고리즘 개발
	2-4	• 목조 대공간 건축물 지진응답 예측 시스템
	2-5	• 스마트 면진시스템 최적 설계기술
	2-6	• 하이브리드형 목조 대공간 구조의 접합부 설계 자동화 기술
	2-7	• 목조 대공간 구조물의 내진 및 내풍 디바이스 기술
	2-8	• 목조 구조물의 진동해석 프로그램 개발
	2-9	• 목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼
	2-10	• 목조 접합부 설계 기술 및 설계 S/W 기술
	2-11	• 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어
	2-12	• 접합 종류에 따른 프로토타입 개발
	2-13	• 목조 접합부의 강성 평가방법 가이드라인
	2-14	• 동적 거동 및 크리프 변형을 고려한 해석 알고리즘
	2-15	• 하이브리드 구조 시스템 개발 및 보강구조 시스템
	2-16	• 그래픽 모델 시각화 통합 기술
	2-17	• 위상 최적화 건축 구조설계 기술
	2-18	• 규모별 내진 및 내풍 시뮬레이션을 통한 성능평가 기법
	2-19	• 3차원 비탄성 해석 소프트웨어
	2-20	• 하이브리드 구조 요소의 동적 불안정 검증 기술
	2-21	• 하이브리드 건축물 안정화 설계기술
	2-22	• 목조 대공간 구조물의 동특성 분석 및 평가 시스템
	2-23	• 비정형성 구조 최적화 요소기술개발
	2-24	• 구조 형상 성능평가 알고리즘
	2-25	• 비정형성 건축 부재 결합 시제품
	2-26	• 목조 대공간 구조물의 통합 자동화 설계 프로그램
	2-27	• 하이브리드 부재 및 접합부의 구조적 성능 평가 기술 및 플랫폼
3세부 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	3-1	• 목조 대공간 건축물의 환경성 평가기술
	3-2	• 에너지 요구량 및 실내 환경 평가 알고리즘 개발
	3-3	• 목조 대공간 구조물 특성을 고려한 냉난방 설비, 환기설비 통합 설계 기술
	3-4	• 가상센서 기반 환경성능 통합 모니터링 시스템
	3-5	• 환경성능 평가 정보 제공 플랫폼
	3-6	• 실내 환경 자동 제어 알고리즘 개발

세부과제	번호	후보 기술
	3-7	• 친환경 요소기술 통합 설계 기술
	3-8	• 비용 효율성을 고려한 성능 최적화
	3-9	• 에너지 및 환경 성능 모니터링 플랫폼
	3-10	• 오염물질 농도 분석 알고리즘
	3-11	• 실내 탄소배출량 측정 및 시뮬레이션
	3-12	• 실시간 실내 환경 데이터 평가 플랫폼
	3-13	• 소음 저감 기법 개발 및 성능 평가
	3-14	• 제로에너지 건물 달성을 위한 신재생 에너지 적용 전략
	3-15	• IOT 기반 화재 예방 모니터링 시스템
	3-16	• 목조 대공간 구조물의 환경 성능 기준 검토서
	3-17	• 습기 제어 관리 시스템
<b>4세부</b> 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	4-1	• 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 프로세스
	4-2	• 목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 시스템
	4-3	• 접합부 제어 시스템
	4-4	• 장수명 관리 시스템 개발
	4-5	• BIM기반 목조 대공간 구조물 설계 품질 평가
	4-6	• 최적 시공 프로세스 알고리즘
	4-7	• 점검 및 진단 센서 제어 시스템
	4-8	• 목재 구조부재의 노후화 관측 시스템
	4-9	• 실시간 지진응답 예측 시스템
	4-10	• 지붕 구조물의 시공 성능 평가 가이드라인
	4-11	• 크리프 및 건조수축 예측 알고리즘
	4-12	• 구조부재의 대변형 평가 기술
	4-13	• 목조 대공간 건축물의 친환경 인증 가이드라인
	4-14	• 시공 정밀도 계측 기술
	4-15	• 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 기술

1  
2  
**3** 장  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

## 2. 핵심기술요소(CTE) 선정

- 앞서 도출된 81개의 후보 기술의 평가를 위해 국가법령정보센터에서 제공하는 “핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트”를 사용함
- 핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트는 6개의 항목으로 구성됨. 1번 항목은 반드시 충족해야 하며, 2-6번 항목은 적어도 하나 이상을 충족해야 함

표 3-34. 핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트

항목	내용	비고
1	• 해당 기술이 운용 요구사항, 비용, 일정 등에 중대한 영향을 주는가?	반드시 충족
2	• 해당 기술이 개발 또는 시연 시 실패위험을 포함하는가?	적어도 하나 이상 충족
3	• 해당 기술이 새롭거나 독창적인 새로운 기술인가?	
4	• 기존에 성공적으로 적용된 기술인 경우, 금번 개발 시 변경된 사항이 있는가?	
5	• 해당 기술이 새로운 운용환경에 적용되는가?	
6	• 해당 기술이 개발과정에서 초기 설계목표 혹은 요구 성능을 초과하여 개발해야 할 것으로 예상되는가?	

- 핵심기술요소(CTE) 도출을 위한 각 후보 기술의 체크리스트 내역은 아래와 같음

표 3-35. 핵심기술요소(CTE) 선정

번호	핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트 항목						선정 여부
	1	2	3	4	5	6	
1-1	○	×	○	×	×	×	×
1-2	○	○	○	×	×	×	×
1-3	○	○	○	×	○	○	○
1-4	○	×	×	×	×	×	×
1-5	○	○	○	×	○	○	○
1-6	○	○	○	×	○	○	○
1-7	×	○	○	×	×	×	×
1-8	○	○	○	×	×	×	×
1-9	○	○	○	×	×	×	×
1-10	○	○	○	×	○	○	○
1-11	○	×	×	×	×	×	×
1-12	×	×	×	×	×	×	×
1-13	×	○	○	×	×	×	×
1-14	○	○	○	×	○	○	○
1-15	○	○	○	×	○	○	○
1-16	○	×	×	×	×	×	×

번호	핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트 항목						선정 여부
	1	2	3	4	5	6	
1-17	×	×	○	×	×	×	×
1-18	○	○	○	×	○	○	○
1-19	○	○	×	×	×	×	×
1-20	○	○	×	×	×	×	×
1-21	○	○	○	×	○	○	○
1-22	○	×	○	×	×	×	×
2-1	○	○	○	×	○	○	○
2-2	○	○	○	×	○	○	○
2-3	×	×	×	×	○	×	×
2-4	○	○	○	×	○	○	○
2-5	○	○	×	×	×	×	×
2-6	×	○	○	×	×	×	×
2-7	○	○	○	×	○	○	○
2-8	○	○	○	×	×	×	×
2-9	○	○	○	×	○	○	○
2-10	○	○	○	×	×	×	×
2-11	○	○	○	×	○	○	○
2-12	○	○	○	×	×	×	×
2-13	×	○	○	×	×	×	×
2-14	○	○	○	×	×	×	×
2-15	○	○	○	×	×	×	×
2-16	○	○	○	×	○	○	○
2-17	×	○	×	×	×	×	×
2-18	○	○	○	×	×	×	×
2-19	○	×	○	×	×	×	×
2-20	○	○	○	×	×	×	×
2-21	○	○	○	×	×	×	×
2-22	○	○	○	×	×	×	×
2-23	○	○	○	×	○	○	○
2-24	○	×	○	×	×	×	×
2-25	○	○	○	×	○	○	○
2-26	○	○	○	×	○	○	○

1

2

3

신규 연구개발과제 구성  
및 추진 전략

4

5

6

7

8

9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

번호	핵심기술요소(CTE) 표준 체크리스트 항목						선정 여부
	1	2	3	4	5	6	
2-27	○	○	○	×	○	○	○
3-1	○	○	○	×	×	×	×
3-2	○	○	○	×	○	○	○
3-3	○	○	○	×	×	×	×
3-4	○	○	○	×	○	○	○
3-5	○	○	○	×	○	○	○
3-6	○	○	○	×	○	○	○
3-7	○	○	○	×	×	×	×
3-8	○	○	○	×	○	○	○
3-9	○	○	×	×	×	×	×
3-10	○	○	×	×	×	×	×
3-11	○	○	○	×	○	○	○
3-12	○	○	×	×	×	×	×
3-13	×	×	○	×	×	×	×
3-14	○	○	○	×	×	×	×
3-15	○	○	○	×	○	○	○
3-16	○	○	○	×	×	×	×
3-17	○	×	×	×	×	×	×
4-1	○	○	○	×	×	×	×
4-2	○	○	○	×	○	○	○
4-3	○	×	○	×	×	×	×
4-4	○	○	○	×	×	×	×
4-5	○	○	○	×	×	×	×
4-6	○	○	○	×	○	○	○
4-7	○	×	○	×	×	×	×
4-8	○	○	○	×	○	○	○
4-9	○	○	○	×	×	×	×
4-10	○	○	×	×	×	×	×
4-11	○	○	○	×	○	○	○
4-12	○	○	○	×	○	○	○
4-13	×	○	○	×	×	×	×
4-14	○	○	×	×	×	×	×
4-15	○	○	○	×	×	×	×

표 3-36. 선정된 핵심기술요소(CTE) 목록

CTE	기술유형	후보 기술	TRL
1	공법·기법	• 정형 및 비정형 목조 모듈 설계 기술	TRL 9
2	공법·기법	• 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축	TRL 8
3	공법·기법	• 부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략	TRL 8
4	공법·기법	• 목조 대공간 건축물 구조기준(안)	TRL 8
5	공법·기법	• 목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼	TRL 9
6	공법·기법	• 비정형성 구조 최적화 요소기술개발	TRL 8
7	공법·기법	• 구조부재의 대변형 평가 기술	TRL 8
8	소프트웨어	• 생물학 구조를 모방한 목조 구조의 형태 생성 기술	TRL 8
9	소프트웨어	• 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어	TRL 8
10	소프트웨어	• 그래픽 모델 시각화 통합 기술	TRL 7
11	소프트웨어	• 목조 대공간 구조물의 통합 자동화 설계프로그램	TRL 9
12	소프트웨어	• 에너지 요구량 및 실내 환경 평가 알고리즘 개발	TRL 8
13	소프트웨어	• 실내 환경 자동 제어 알고리즘 개발	TRL 8
14	소프트웨어	• 비용 효율성을 고려한 성능 최적화	TRL 8
15	소프트웨어	• 실내 탄소 배출량 측정 및 시뮬레이션	TRL 9
16	소프트웨어	• 최적 시공 프로세스 알고리즘	TRL 7
17	소프트웨어	• 크리프 및 건조수축 예측 알고리즘	TRL 9
18	시스템	• 공학용 목재의 성능평가 및 설계 시스템	TRL 9
19	시스템	• 비선형 목재 부재의 설계 시스템	TRL 8
20	시스템	• 가상센서 기반 환경성능 통합 모니터링 시스템	TRL 9
21	시스템	• 목조 대공간 건축물 지진응답 예측 시스템	TRL 8
22	시스템	• IOT 기반 화재 예방 모니터링 시스템	TRL 9
23	시스템	• 목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 시스템	TRL 8
24	시스템	• 목재 구조부재의 노후화 관측 시스템	TRL 8
25	장비·장치	• 고성능 목재 구조부재의 가공 기술	TRL 9
26	장비·장치	• 변단면 형상의 설계 및 가공 기술	TRL 8
27	장비·장치	• 목조 대공간 구조물의 내진 및 내풍 디바이스 기술	TRL 9
28	장비·장치	• 하이브리드 부재 및 접합부의 구조적 성능 평가 기술 및 플랫폼	TRL 8
29	장비·장치	• 환경성능 평가 정보 제공 플랫폼	TRL 7
30	재료·자재	• 하이브리드 부재 설계 시스템	TRL 8
31	재료·자재	• 비정형성 건축 부재 결합 시제품	TRL 8

1

2

3

신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

4

5

6

7

8

9

### 3. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

표 3-37. 선정된 핵심기술요소(CTE)의 연차별 기술성숙도(TRL) 목표

CTE	후보 기술	연도					
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
CTE 1	•정형 및 비정형 목조 모듈 설계 기술	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 2	•공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 3	•부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략	TRL 1	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 4	•목조 대공간 건축물 구조기준(안)	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 5	•목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 6	•비정형성 구조 최적화 요소기술개발	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 7	•구조부재의 대변형 평가 기술	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 8	•생물학 구조를 모방한 목조 구조의 형태 생성 기술	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 9	•목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 10	•그래픽 모델 시각화 통합 기술	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 7
CTE 11	•목조 대공간 구조물의 통합 자동화 설계프로그램	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 12	•에너지 요구량 및 실내 환경 평가 알고리즘 개발	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 13	•실내 환경 자동 제어 알고리즘 개발	TRL 4	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 14	•비용 효율성을 고려한 성능 최적화	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 15	•실내 탄소 배출량 측정 및 시뮬레이션	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 16	•최적 시공 프로세스 알고리즘	TRL 4	TRL 5	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8
CTE 17	•크리프 및 건조수축 예측 알고리즘	TRL 4	TRL 5	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 18	•공학용 목재의 성능평가 및 설계 시스템	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 19	•비선형 목재 부재의 설계 시스템	TRL 1	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 20	•가상센서 기반 환경성능 통합 모니터링 시스템	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 21	•목조 대공간 건축물 지진응답 예측 시스템	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 22	•IOT 기반 화재 예방 모니터링 시스템	TRL 4	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 23	•목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 시스템	TRL 1	TRL 2	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 24	•목재 구조부재의 노후화 관측 시스템	TRL 1	TRL 2	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 25	•고성능 목재 구조부재의 가공 기술	TRL 1	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 26	•변단면 형상의 설계 및 가공 기술	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 27	•목조 대공간 구조물의 내진 및 내풍 디바이스 기술	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 9
CTE 28	•하이브리드 부재 및 접합부의 구조적 성능 평가 기술 및 플랫폼	TRL 2	TRL 3	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 29	•환경성능 평가 정보 제공 플랫폼	TRL 3	TRL 3	TRL 4	TRL 6	TRL 7	TRL 7
CTE 30	•하이브리드 부재 설계 시스템	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8
CTE 31	•비정형성 건축 부재 결합 시제품	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 7	TRL 8	TRL 8

## 4. 단위 연구개발과제 도출

- 본 연구진은 앞서 제시된 연구의 비전 및 목표와 81개의 후보 기술 및 핵심기술요소(CTE)를 바탕으로 총 16개의 단위 연구개발과제를 도출하였음



그림 3-3. 단위 연구개발과제

표 3-38. 단위 연구개발과제

연구개발과제	단위 연구개발과제
<b>1세부</b> 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	• (1-1세세부) 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발
	• (1-2세세부) 고성능 목재 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발
	• (1-3세세부) 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발
	• (1-4세세부) 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발
<b>2세부</b> 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	• (2-1세세부) 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발
	• (2-2세세부) 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발
	• (2-3세세부) 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발
	• (2-4세세부) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발
<b>3세부</b> 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	• (3-1세세부) 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발
	• (3-2세세부) 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발
	• (3-3세세부) 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발
	• (3-4세세부) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발
<b>4세부</b> 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	• (4-1세세부) 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발
	• (4-2세세부) 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발
	• (4-3세세부) 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발
	• (4-4세세부) 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발

1  
2  
3 **장** 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

#### 4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진전략

##### 1. 세부과제별 주요 내용

- 본 기획과제는 앞서 도출된 기술의 필요성 및 연계성을 고려하여 「1단계(1년): 규모·용도별 모듈화 목조 대공간 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의」, 「2단계(3년): 중·소형 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술개발」, 「3단계(2년): 기술 고도화를 통한 대형 목조 대공간 건축물 기술개발」로 구분하였음

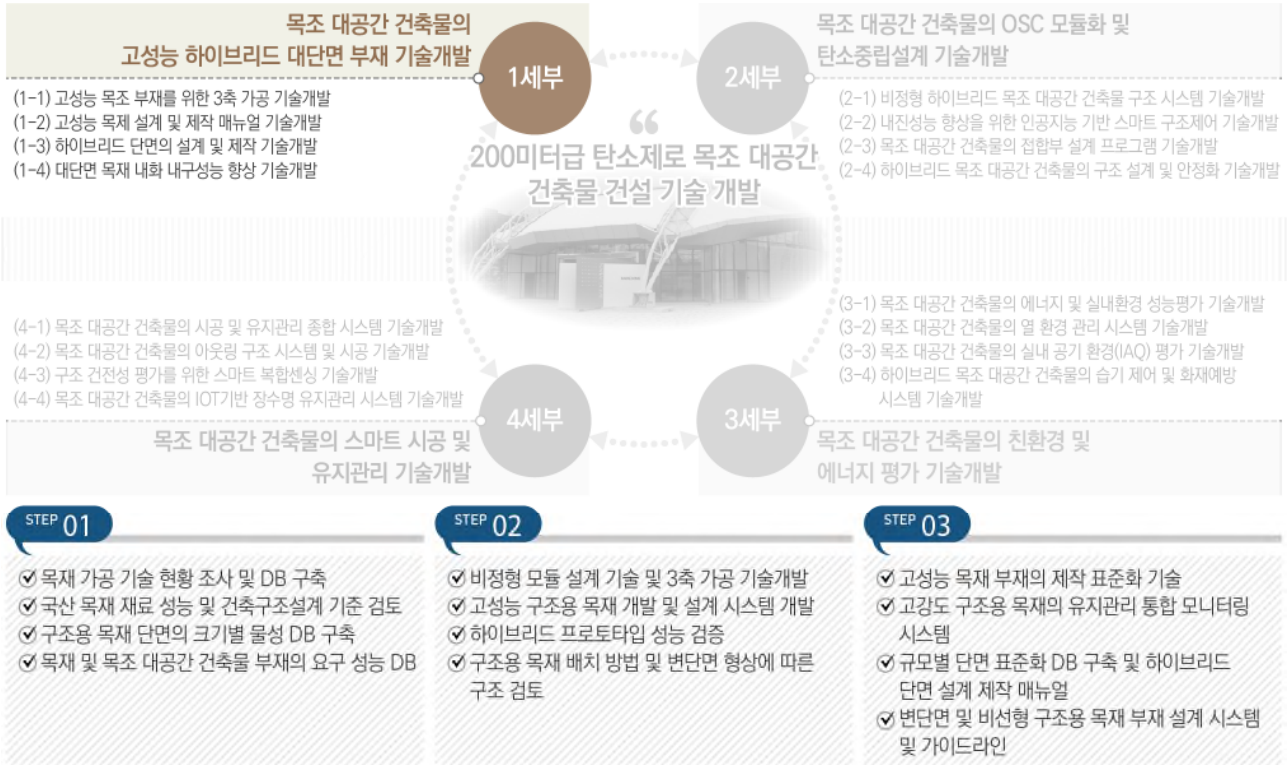


그림 3-4. 1세부 주요 내용

표 3-39. 1세부 주요 연구 내용

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
1세부 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	(1-1세세부) 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내·외 목재 가공 기술 현황 조사 및 분석</li> <li>• 해외 목재 가공 로봇 기술 조사 및 분석</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조용 목재 가공을 위한 기계적 장치의 성능 정의</li> <li>• 목조 대공간 건축물에 적합한 선형 가공 기술개발</li> <li>• 정형 및 비정형 단면 도출이 가능한 모듈 설계기술 및 3축 가공 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물 부재 제작을 위한 프로토타입 제작</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비정형 모듈 프로토타입 제작</li> <li>• 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축</li> <li>• 가공 기술 관련 가이드라인 개발</li> <li>• 고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술개발</li> </ul>

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
	(1-2세세부) 고성능 목재 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>국산 목재의 현황 분석 및 활용방안 마련</li> <li>목조 대공간 건축물을 위한 목재의 요구 성능 정의</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>소·중·대단면 국산 목재의 수종별 구조 성능평가 및 분석</li> <li>국산 목재의 재료성능 표준화 및 DB 구축</li> <li>구조적 성능이 향상된 고강도 구조용 목재(CLT, GLT 등) 개발</li> <li>고강도 구조용 목재의 성능평가 및 단면 설계 시스템 개발</li> <li>국산 목재를 활용한 고강도 구조용 목재 제작 기술개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>실증을 통한 고강도 구조용 목재의 성능검증</li> <li>고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 및 가이드라인 개발</li> </ul>
	(1-3세세부) 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물을 위한 공학용 목재의 물성 정의</li> <li>하이브리드 구조용 목재의 내력 형태 성능 분석</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 접합 시스템에 따른 반복가력 성능 평가</li> <li>대형 목조 대공간 건축물을 위한 대단면 힘재의 구조적 성능평가</li> <li>요구 성능에 따른 부재 설계 시스템 개발</li> <li>규모별 소요 강도 및 요구 단면 예측</li> <li>하이브리드 부재 설계 시스템 개발 및 프로토타입을 통한 성능검증</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 부재 설계 및 제작 표준화 기술개발</li> <li>부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략 수립</li> </ul>
	(1-4세세부) 대단면 목재 내화·내구 성능 향상 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>목재의 내화성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석</li> <li>내구(치수안정성, 방부 등)성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 대비 성능, 안정성, 지속성, 경제성 등이 향상된 약제 개발</li> <li>단위 목재의 약제 적용 방법(도포, 침지, 가압, 접착제 혼합 등)에 따른 유효성 및 내화·내구 성능 비교 및 분석</li> <li>구조용 부재의 약제 적용을 위한 접착 기술개발</li> <li>접합철물의 용융 방지를 위한 기술개발</li> <li>약제 적용 구조용 부재의 내화·내구성능 평가 및 성능 DB 구축</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>200m급 대공간 목조 건축물의 부재 유형을 고려한 구조용 내화 및 내구성 향상 부재의 성능 평가(1-1세세부 부재유형 연계)</li> <li>시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증</li> </ul>

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
장  
및  
추진  
전략  
신규  
연구  
개발  
과제  
구성

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

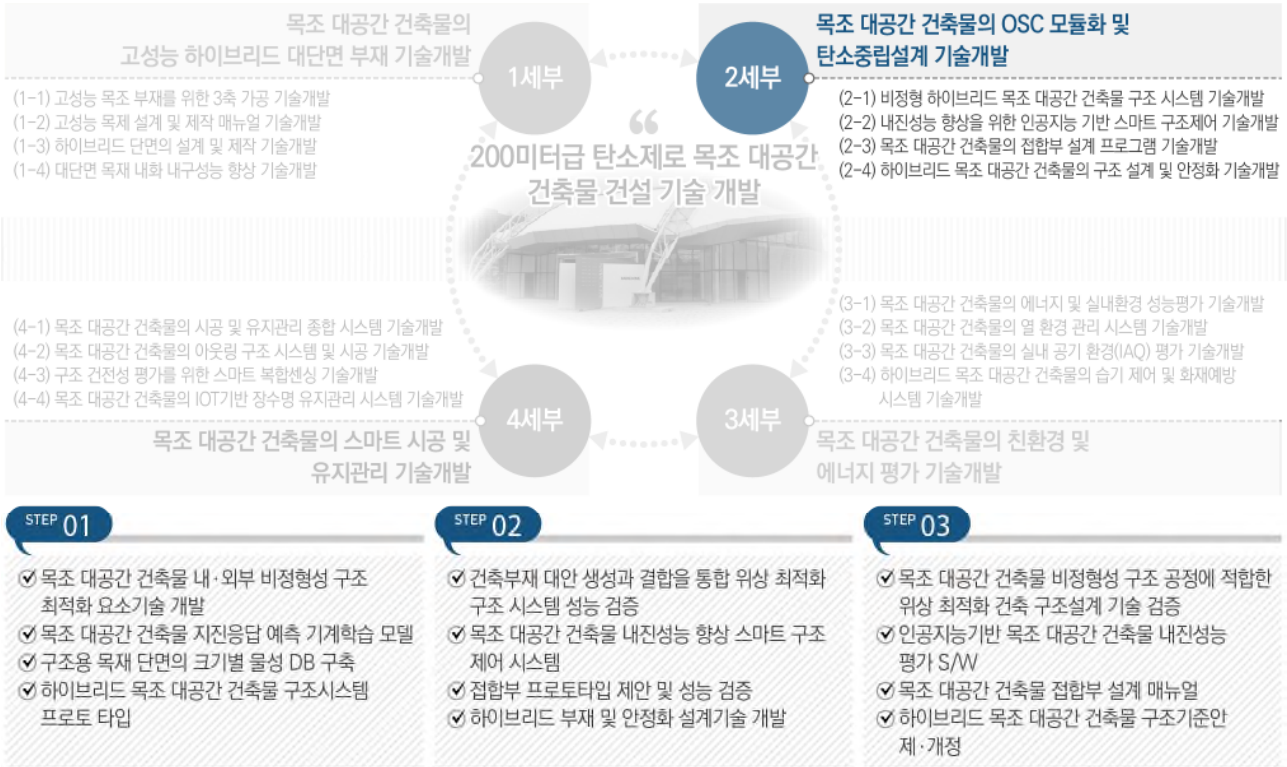


그림 3-5. 2세부 주요 내용

표 3-40. 2세부 주요 연구 내용

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
<b>2세부</b> 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	(2-1세세부) 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물 구조에 적합한 자가지지 비정형 형상 분석</li> <li>• 비정형 건축 부재의 유형별 체계화 및 최적화 개념 설계</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비정형성 구조를 위한 구조 형상 설계 및 해석</li> <li>• 비정형성 건축 부재 시제품 제작 및 구조해석 시뮬레이션</li> <li>• 비정형성 건축물의 위상 최적화 플랫폼 및 구조 시스템 도출</li> <li>• 구조 형상 성능평가 알고리즘 고도화 및 사용성, 경제성 검증</li> <li>• 비정형성 건축 부재 결합 시제품 제작</li> <li>• 구조 시스템의 구조성능평가</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rhino 및 Grasshopper를 이용한 모형 및 그래픽 모델 시각화 통합 기술 검증</li> <li>• 구조물 건전성 예측을 위한 알고리즘 및 통합 구조설계 개발</li> <li>• 조립식 Precast 건축 부재 적용을 통한 구조 안정성 검증</li> </ul>

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
	(2-2세세부) 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>기하 및 재료 비선형을 고려한 목조 대공간 건축물의 지진응답 DB 구축</li> <li>기계학습 기반 목구조 대공간 건축물의 지진응답 예측모델 개발</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 지진동 및 지반운동 강도를 고려한 지진응답 DB 구축</li> <li>기계학습 기반 목조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가모델 개발</li> <li>강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 감쇠장치 및 면진시스템 최적 설계기술개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 TMD(tuned mass damper) 최적 설계 기술개발</li> <li>인공지능을 이용한 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어 개발</li> </ul>
	(2-3세세부) 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 구조물 사례 조사 및 규모·시스템별 적용 단면 분석</li> <li>라이즈-스팬비에 따른 소요 단면 설계</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>접합부 종류에 따른 특성 분석 및 접합 프로토타입 생성</li> <li>접합부 요구 성능 항목 분석 및 프로토타입 개발</li> <li>접합부 소요 성능의 확보 여부 평가기술</li> <li>접합 프로토타입 설계 및 접합성능 기준표 제안</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>접합 프로토타입의 성능 비교 분석과 상세 설계 및 제작방법 제시</li> <li>접합부 설계 소프트웨어 개발 및 목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼 작성</li> </ul>
	(2-4세세부) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국형 하이브리드 프로토타입 정립</li> <li>실증 구축에 요구되는 핵심기술 정의</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 부재 형상 개발 및 설계기술개발</li> <li>하이브리드 부재 자동화 설계 프로그램 개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 구조 시스템의 규모에 따른 설계 표준안 개발</li> <li>기하학적 재료 비선형상을 고려한 해석모델 구축</li> <li>구조 설계프로그램 및 안정성 해석 프로그램 개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 구조 시스템의 경제성 확보를 위한 구조설계 매뉴얼 개발</li> <li>부재, 접합부, 안정화를 위한 구조설계기준(안) 마련 및 시방서 구축</li> </ul>

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3장  
신규 연구개발과제 구성

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

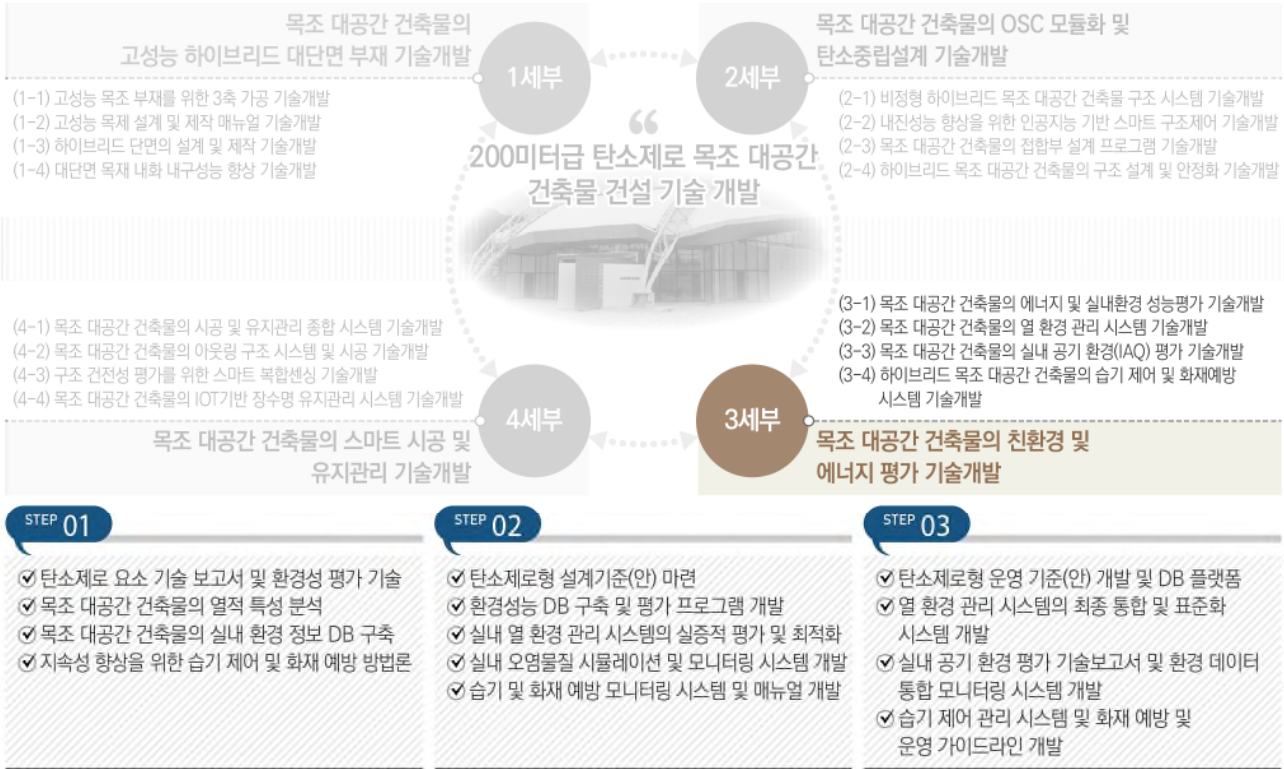


그림 3-6. 3세부 주요 내용

표 3-41. 세부과제별 주요 연구 내용

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
3세부 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	(3-1세세부) 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소제로 구현을 위한 요소 기술 정의</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 기술 정의</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 실내 및 설계 부위별 환경기준 도출</li> <li>• 설계(안)의 에너지 요구량 및 실내 환경 평가</li> <li>• 건축, 공조설비, 신재생 설비의 통합 운영전략 구축</li> <li>• 환경성 평가를 위한 평가지침 개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 알고리즘 개발</li> <li>• 환경성능 통합 평가 프로그램 개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 가상센서 기반 통합 모니터링 시스템 구축</li> <li>• 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기준(안) 마련</li> <li>• 환경성 평가 정보 제공 플랫폼 개발</li> </ul>

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
	(3-2세세부) 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재별 열 전도성 및 열용량 분석</li> <li>• 시뮬레이션을 통한 목조 건축물의 열 거동 모델링</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패시브 난방 및 냉방 전략 개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 실내 환경 제어 시스템 개발</li> <li>• 환경 제어 시스템 성능 고도화 및 효과·적용성 평가</li> <li>• 최적 난방·냉방 시간 결정 및 자동 조절 알고리즘 개발</li> <li>• 제어 시스템 프로토타입 구축 및 성능 검증</li> <li>• 다기능(습도, 곰팡이 등) 환경 관리 시스템 구축</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쾌적성, 시스템 응답성 및 비용 효율성을 고려한 성능 최적화</li> <li>• 목조 대공간 건축물용 환경 관리 시스템 개발</li> <li>• 운영 및 유지관리 가이드라인 및 프로토콜 개발</li> </ul>
	(3-3세세부) 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경 조사 및 선행연구 조사</li> <li>• 자재 및 마감 재료에 따른 실내 환경 정보 조사</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자재에 따른 실내 공기 환경평가</li> <li>• 이용자 특성에 따른 실내 이산화탄소 배출 측정 및 시뮬레이션 개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 자재에 따른 실내 오염물질 DB화</li> <li>• 실내 오염물질 농도 분석 및 평가</li> <li>• 실내 공기 환경 모니터링 및 시뮬레이션을 통한 환기 성능평가</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 실시간 실내 환경 데이터 플랫폼 구축</li> <li>• 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발 및 가이드라인 제시</li> </ul>
	(3-4세세부) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조습성 및 부패, 변형에 대한 이론 고찰과 제습 기준 마련</li> <li>• 가연성 특성을 고려한 조기 화재 예방 이론 고찰</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재의 습기 반응(부패 및 변형) 예방 알고리즘 개발</li> <li>• 목재 종류에 따른 습기 제어성능 검증</li> <li>• 화재 예방 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템 구축</li> <li>• 화재 발생 감지 및 알림 기술 검증 시스템 고도화</li> <li>• 습기 제어 시스템 및 화재 조기 알림 장치 실증 및 매뉴얼 개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼 구축</li> <li>• 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 가이드라인 개발</li> </ul>

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
장  
신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

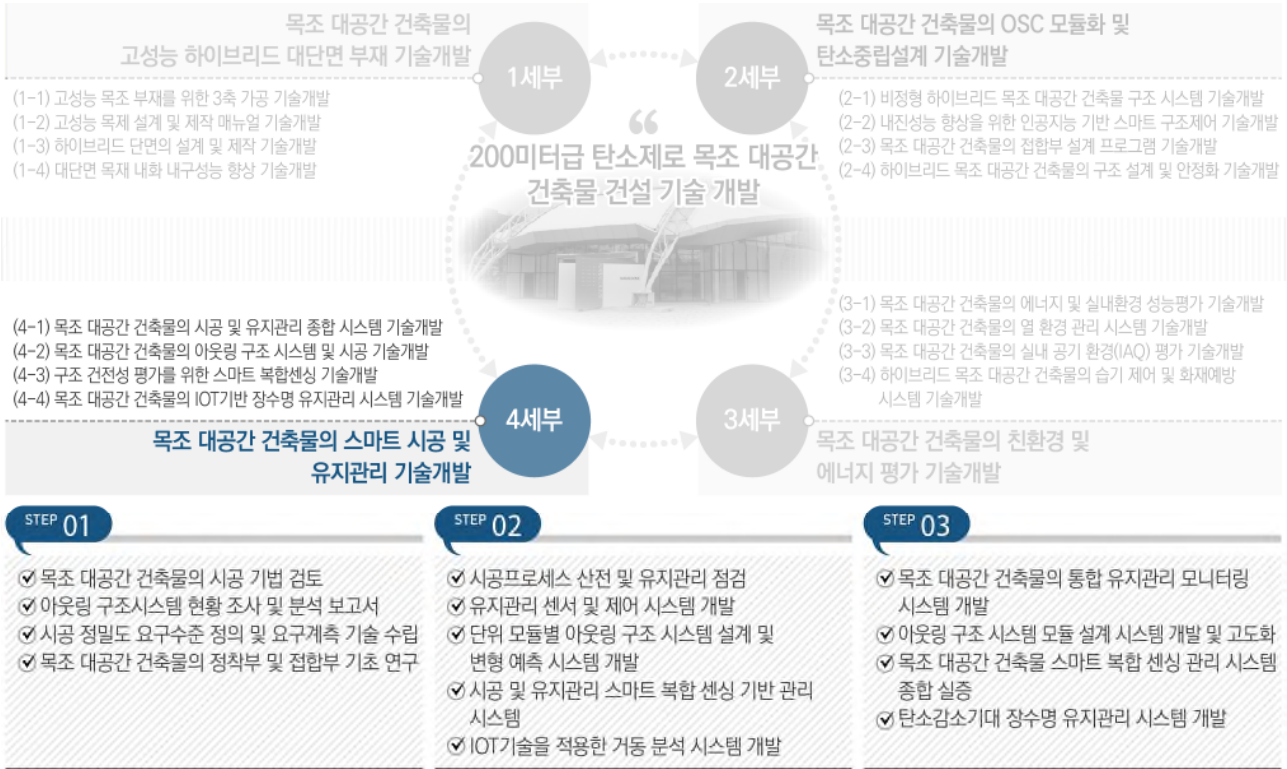


그림 3-7. 4세부 주요 내용

표 3-42. 세부과제별 주요 연구 내용

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
<b>4세부</b> 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	(4-1세세부) 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 형태에 따른 시공 기술 조사 및 현황 분석</li> <li>• 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 시공 기술 분석</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규모별 목조 대공간 건축물 지붕 시공 프로세스에 적용 가능한 기술 분류</li> <li>• 유지관리 방안 및 요구조건 조사</li> <li>• 기술에 따른 탄소 배출량 평가 및 최적 시공 프로세스 방안 마련</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 점검 및 진단 프로세스 개발</li> <li>• 수직 및 수평 하중에 따른 점검 및 진단 센서 개발 및 제어 시스템 구축</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물을 위한 통합 유지관리 모니터링 시스템 구축</li> <li>• 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 매뉴얼 개발</li> <li>• 구조적 안전성 평가 시스템 개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 건축구조기준 개정안 마련</li> </ul>

세부	세세부	단계	주요 연구 내용
	(4-2세세부) 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>철근콘크리트 아웃링 구조 시스템 현황 조사</li> <li>상세 도면 등을 이용한 구조 시스템 분석</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 아치-트러스용 구조 시스템 개발</li> <li>단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 설계 기술개발</li> <li>시뮬레이션 및 실험을 통한 구조적 성능검증</li> <li>탄소 배출량 저감을 위한 OSC 공법 개발</li> <li>시간 의존적 변형(크리프 및 건조수축) 예측 및 보정 시스템 개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 모듈 설계 시스템 개발</li> <li>실시 설계를 통한 시스템 검증 및 고도화</li> </ul>
	(4-3세세부) 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공 중 정밀도 확보와 안전성 평가에 적합한 계측부 도출</li> <li>시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 도출</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>요구 센서 선정 및 조합을 통한 상시계측 시스템 구축</li> <li>영상정보 기반 대변형 평가 기술개발</li> <li>수요자 편의형 데시보드 타입 관리 시스템 구축</li> <li>최적 센서 네트워크 구축 및 데이터 송수신 경량화</li> <li>드론 활용 포터블 계측 시스템 구축</li> <li>구조 거동 및 동특성 기반 구조 건전성 평가기술</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>테스트베드 및 현장 적용 시 스마트 복합 센싱 적용 및 실증</li> <li>계측 데이터 기반 구조 건전성 평가기술 실증</li> <li>관리 시스템의 활용성 극대화</li> </ul>
	(4-4세세부) 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물에 적용 가능 기술 조사</li> <li>목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 디테일</li> </ul>
		2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>대변위 발생 시 정착부 및 접합부 제어 시스템 개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 구조적 특수성이 고려된 정착부 및 접합부 상세 개발</li> <li>MEMS센서를 이용한 부재의 노후화 관측 시스템 개발</li> <li>시뮬레이션을 통한 구조적 안전성 검증</li> <li>목조 대공간 건축물의 건전도 평가법 개발</li> </ul>
		3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>IOT를 이용한 목조 대공간 건축물의 지진응답예측 시스템 구축</li> <li>정착부 및 접합부의 장수명 유지관리 시스템 개발</li> </ul>

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
장  
및  
추  
진  
전  
략  
신  
규  
연  
구  
개  
발  
과  
제  
구  
성

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

## 2. 예상 성과 및 목표 수준

- 앞서 선정된 세부 및 세세부의 주요 연구내용을 바탕으로 예상 성과 및 목표 수준을 예측하였음. 또한, 예상 성과는 정량적, 정성적 지표로 분류하여 기획하는 연구과제의 신뢰성 및 명확성을 향상하고자 함
- (1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

표 3-43. 1세부 세세부과제별 예상 성과 및 목표 수준

세세부	예상 성과			목표 수준		
	정량적 지표		정성적 지표			
1-1	학술적 성과	국외 학술지	4건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재 가공 기술 현황 조사보고서</li> <li>• 목재 가공 로봇 기술 조사보고서</li> <li>• 목조 부재의 3축 가공 기술개발</li> <li>• 3축 가공 기술 가이드라인</li> <li>• 단위 부재 프로토타입 제작</li> </ul>	수행 전 TRL 2	
		국내 학술지	6건			
		국내외 학술발표	10건			
	기술적 성과	특허출원/등록	5건		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 부재의 3축 가공 기술개발</li> <li>• 3축 가공 기술 가이드라인</li> <li>• 단위 부재 프로토타입 제작</li> </ul>	수행 후 TRL 8
		소프트웨어	-			
		설계기준 및 지침 등	2건			
인력양성		5건				
1-2	학술적 성과	국외 학술지	6건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국산 목재 현황 및 활용방안 보고서</li> <li>• 건축구조설계 기준 검토보고서</li> <li>• 고강도 구조용 목재(CLT, GLT 등) 시스템</li> <li>• 고강도 구조용 국산 목재 제작 기술</li> <li>• 고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 가이드라인</li> </ul>	수행 전 TRL 2	
		국내 학술지	10건			
		국내외 학술발표	12건			
	기술적 성과	특허출원/등록	4건		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고강도 구조용 목재(CLT, GLT 등) 시스템</li> <li>• 고강도 구조용 국산 목재 제작 기술</li> <li>• 고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 가이드라인</li> </ul>	수행 후 TRL 8
		소프트웨어	1건			
		설계기준 및 지침 등	3건			
인력양성		4건				
1-3	학술적 성과	국외 학술지	6건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조용 목재 단면 크기별 물성 보고서</li> <li>• 구조용 목재의 휨 성능 분석 보고서</li> <li>• 하이브리드 접합 방법에 따른 성능분석 보고서</li> <li>• 하이브리드 부재 프로토타입 제작</li> <li>• 부재 생산 OSC 전략 수립 보고서</li> <li>• 하이브리드 단면 설계 제작 매뉴얼</li> </ul>	수행 전 TRL 3	
		국내 학술지	8건			
		국내외 학술발표	15건			
	기술적 성과	특허출원/등록	2건		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하이브리드 접합 방법에 따른 성능분석 보고서</li> <li>• 하이브리드 부재 프로토타입 제작</li> <li>• 부재 생산 OSC 전략 수립 보고서</li> <li>• 하이브리드 단면 설계 제작 매뉴얼</li> </ul>	수행 후 TRL 8
		소프트웨어	1건			
		설계기준 및 지침 등	3건			
인력양성		5건				
1-4	학술적 성과	국외 학술지	10건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목재의 내화 및 내구성능 관련 선행연구 조사보고서</li> <li>• 기존 대비 상위 Tier의 약제 개발</li> <li>• 접합철물의 용융 방지를 위한 기술 보고서</li> <li>• 약제 적용 단위 목재 및 구조용 부재의 내화·내구성능 DB</li> <li>• 시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증보고서</li> </ul>	수행 전 TRL 3	
		국내 학술지	12건			
		국내외 학술발표	13건			
	기술적 성과	특허출원/등록	5건		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접합철물의 용융 방지를 위한 기술 보고서</li> <li>• 약제 적용 단위 목재 및 구조용 부재의 내화·내구성능 DB</li> <li>• 시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증보고서</li> </ul>	수행 후 TRL 8
		소프트웨어	1건			
		설계기준 및 지침 등	1건			
인력양성		8건				

● (2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발

표 3-44. 2세부 세세부과제별 예상 성과 및 목표 수준

세세부	예상 성과			목표 수준	
	정량적 지표		정성적 지표		
2-1	학술적 성과	국외 학술지	12건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자가지지 비정형 형상 분석 보고서</li> <li>• 비정형 건축물의 위상 최적화 플랫폼</li> <li>• 구조 형상에 따른 성능평가 알고리즘</li> <li>• 구조물의 건전성 예측 알고리즘</li> <li>• 구조 안정성 검증 소프트웨어</li> </ul>	수행 전 TRL 4
		국내 학술지	10건		
		국내외 학술발표	20건		
	기술적 성과	특허출원/등록	3건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	4건		
		설계기준 및 지침 등	-		
인력양성		10건			
2-2	학술적 성과	국외 학술지	10건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 지진응답 예측 알고리즘</li> <li>• 스마트 감쇠장치 최적 설계 알고리즘</li> <li>• 스마트 면진시스템 최적 설계 알고리즘</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어</li> </ul>	수행 전 TRL 3
		국내 학술지	13건		
		국내외 학술발표	17건		
	기술적 성과	특허출원/등록	4건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	4건		
		설계기준 및 지침 등	-		
인력양성		9건			
2-3	학술적 성과	국외 학술지	7건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 접합형태 분석 보고서</li> <li>• 접합 요구 성능 분석 보고서</li> <li>• 목조 대공간 건축물 접합부 프로토타입</li> <li>• 접합부 설계 소프트웨어</li> <li>• 접합부 설계 매뉴얼</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	12건		
		국내외 학술발표	11건		
	기술적 성과	특허출원/등록	3건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	1건		
		설계기준 및 지침 등	3건		
인력양성		6건			
2-4	학술적 성과	국외 학술지	9건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물 프로토타입</li> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물 부재 자동화 설계 소프트웨어</li> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물 설계 표준안</li> <li>• 안정성 해석 소프트웨어</li> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조기준(안)</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	15건		
		국내외 학술발표	23건		
	기술적 성과	특허출원/등록	6건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	2건		
		설계기준 및 지침 등	2건		
인력양성		10건			

1  
2  
3장  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

### 3장 1 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

- (3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발

표 3-45. 3세부 세세부과제별 예상 성과 및 목표 수준

세세부	예상 성과			목표 수준	
	정량적 지표		정성적 지표		
3-1	학술적 성과	국외 학술지	6건	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소제로 요소기술 보고서</li> <li>환경성 평가 기술보고서 및 지침</li> <li>목조 대공간 건축물의 환경성 평가 알고리즘</li> <li>환경성능 통합 평가 소프트웨어</li> <li>가상센서 기반 통합 모니터링 시스템</li> <li>환경성 평가 정보 제공 플랫폼</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	12건		
		국내외 학술발표	8건		
	기술적 성과	특허출원/등록	11건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	4건		
		설계기준 및 지침 등	2건		
인력양성		10건			
3-2	학술적 성과	국외 학술지	10건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 열적 특성 분석 보고서</li> <li>냉난방 자동 조절 최적화 알고리즘</li> <li>실내 환경 제어/관리 시스템</li> <li>운영 및 유지관리 가이드라인</li> </ul>	수행 전 TRL 3
		국내 학술지	13건		
		국내외 학술발표	12건		
	기술적 성과	특허출원/등록	5건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	2건		
		설계기준 및 지침 등	2건		
인력양성		7건			
3-3	학술적 성과	국외 학술지	12건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물 실내 환경 정보 보고서</li> <li>실내 탄소 발생 시뮬레이션 소프트웨어</li> <li>실내 공기 환경 모니터링 시스템</li> <li>실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템</li> <li>모니터링 시스템 가이드라인</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	10건		
		국내외 학술발표	15건		
	기술적 성과	특허출원/등록	6건		수행 후 TRL 9
		소프트웨어	3건		
		설계기준 및 지침 등	2건		
인력양성		9건			
3-4	학술적 성과	국외 학술지	7건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목재 습기 반응 예방 알고리즘</li> <li>화재 예방 모니터링 시스템</li> <li>습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼</li> <li>습기 제어 시스템 및 화재 조기 알람 시스템 매뉴얼</li> </ul>	수행 전 TRL 4
		국내 학술지	10건		
		국내외 학술발표	13건		
	기술적 성과	특허출원/등록	5건		수행 후 TRL 9
		소프트웨어	3건		
		설계기준 및 지침 등	1건		
인력양성		6건			

● (4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발

표 3-46. 4세부 세세부과제별 예상 성과 및 목표 수준

세세부	예상 성과			목표 수준	
	정량적 지표		정성적 지표		
4-1	학술적 성과	국외 학술지	6건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 시공 기법 검토보고서</li> <li>목조 대공간 건축물의 유지관리 제어 시스템</li> <li>통합 유지관리 모니터링 시스템</li> <li>통합 유지관리 모니터링 시스템 매뉴얼</li> <li>목조 대공간 건축물의 건축구조기준 개정(안)</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	11건		
		국내외 학술발표	15건		
	기술적 성과	특허출원/등록	7건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	2건		
		설계기준 및 지침 등	3건		
인력양성	5건				
4-2	학술적 성과	국외 학술지	5건	<ul style="list-style-type: none"> <li>아웃링 구조 시스템 분석 보고서</li> <li>구조 시스템별 구조적 성능검증 보고서</li> <li>단위 모듈별 시공 시방서</li> <li>단위 모듈별 변형 예측 및 보정 시스템</li> </ul>	수행 전 TRL 3
		국내 학술지	8건		
		국내외 학술발표	8건		
	기술적 성과	특허출원/등록	4건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	1건		
		설계기준 및 지침 등	3건		
인력양성	3건				
4-3	학술적 성과	국외 학술지	6건	<ul style="list-style-type: none"> <li>최적 센서 네트워크 시스템</li> <li>영상정보 기반 대변형 평가 보고서</li> <li>시공 및 유지관리 스마트 복합 센싱 기반 관리 시스템</li> <li>드론 활용 포터블 계측 시스템</li> <li>계측 데이터 기반 구조 건전성 평가 보고서</li> </ul>	수행 전 TRL 3
		국내 학술지	10건		
		국내외 학술발표	15건		
	기술적 성과	특허출원/등록	5건		수행 후 TRL 9
		소프트웨어	3건		
		설계기준 및 지침 등	2건		
인력양성	6건				
4-4	학술적 성과	국외 학술지	5건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 부재의 노후화 관측 시스템</li> <li>정착부 및 접합부 제어 시스템</li> <li>IOT기반 거동 분석 시스템</li> <li>지진응답 예측 시스템</li> <li>접합부의 장수명 유지관리 시방서</li> </ul>	수행 전 TRL 2
		국내 학술지	9건		
		국내외 학술발표	10건		
	기술적 성과	특허출원/등록	4건		수행 후 TRL 8
		소프트웨어	4건		
		설계기준 및 지침 등	1건		
인력양성	6건				

1  
2  
3장 및 추진 전략  
신규 연구개발과제 구성  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3. 세부과제별 연계도

200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발

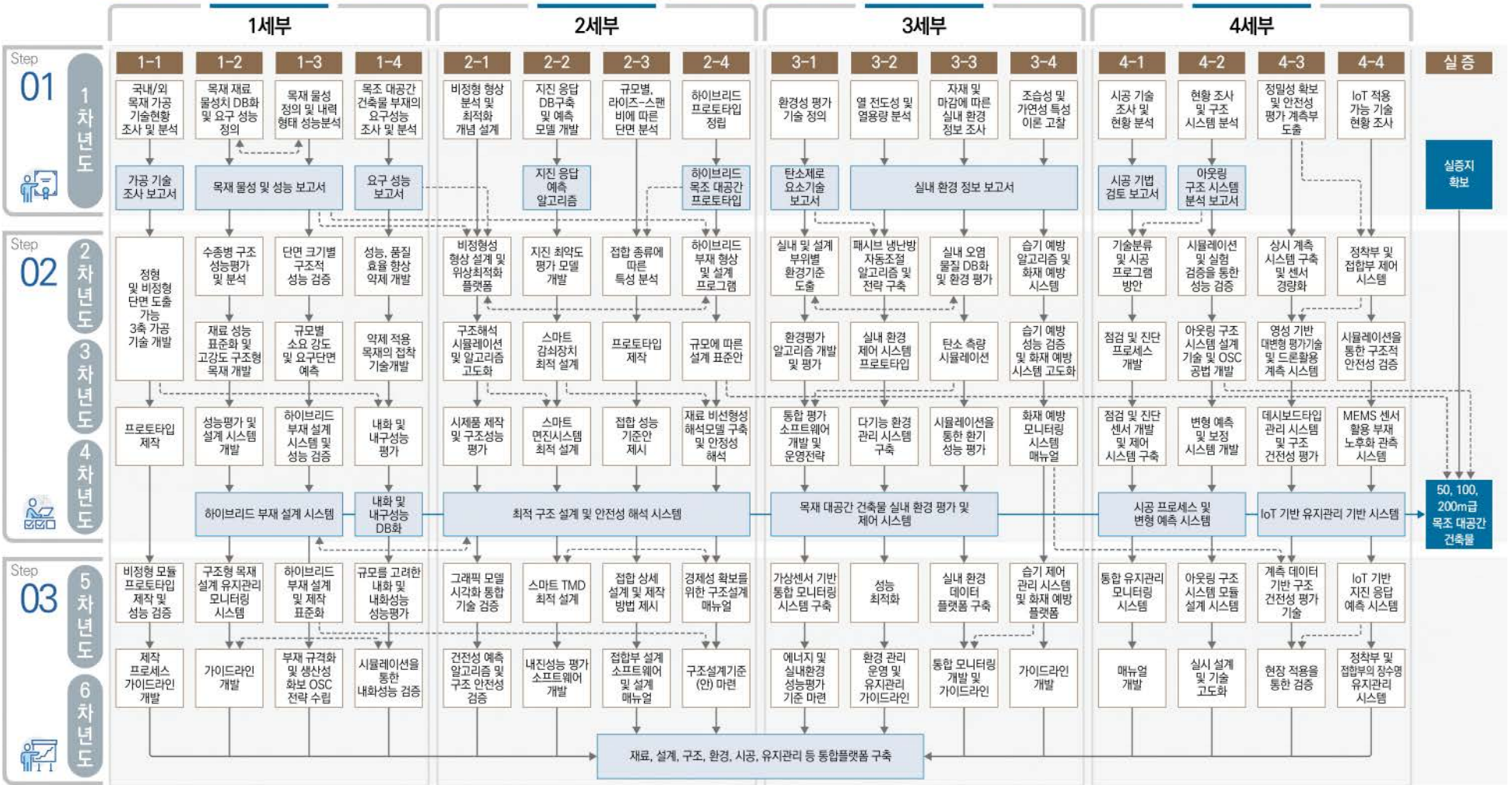


그림 3-8. 세부과제 간 연계성

## 5절. 세부 및 연차별 기술로드맵

- SWOT 분석, 전문가 의견 조사, 기술수요조사, 기술성숙도 평가 등을 통해 총 6차년도로 변경되었으며, 3단계 총 4세부 16개 과제로 구성하였음
- 1단계는 목조 대공간 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의, 2단계는 중·소형 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술개발, 3단계는 기술 고도화를 통한 대형 목조 대공간 건축물 기술개발로 분류하였음
- 1세부는 “목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발”, 2세부는 “목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발”, 3세부는 “목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발”, 4세부는 “목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발”을 목표로 함
- 기획 후 각 세부 및 연차별 기술로드맵은 아래와 같음

1

2

3

및 추진 전략  
신규 연구개발 과제 구성

4

5

6

7

8

9

1 세부: 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발



그림 3-9. 1세부 기술로드맵

## 2 세부: 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발

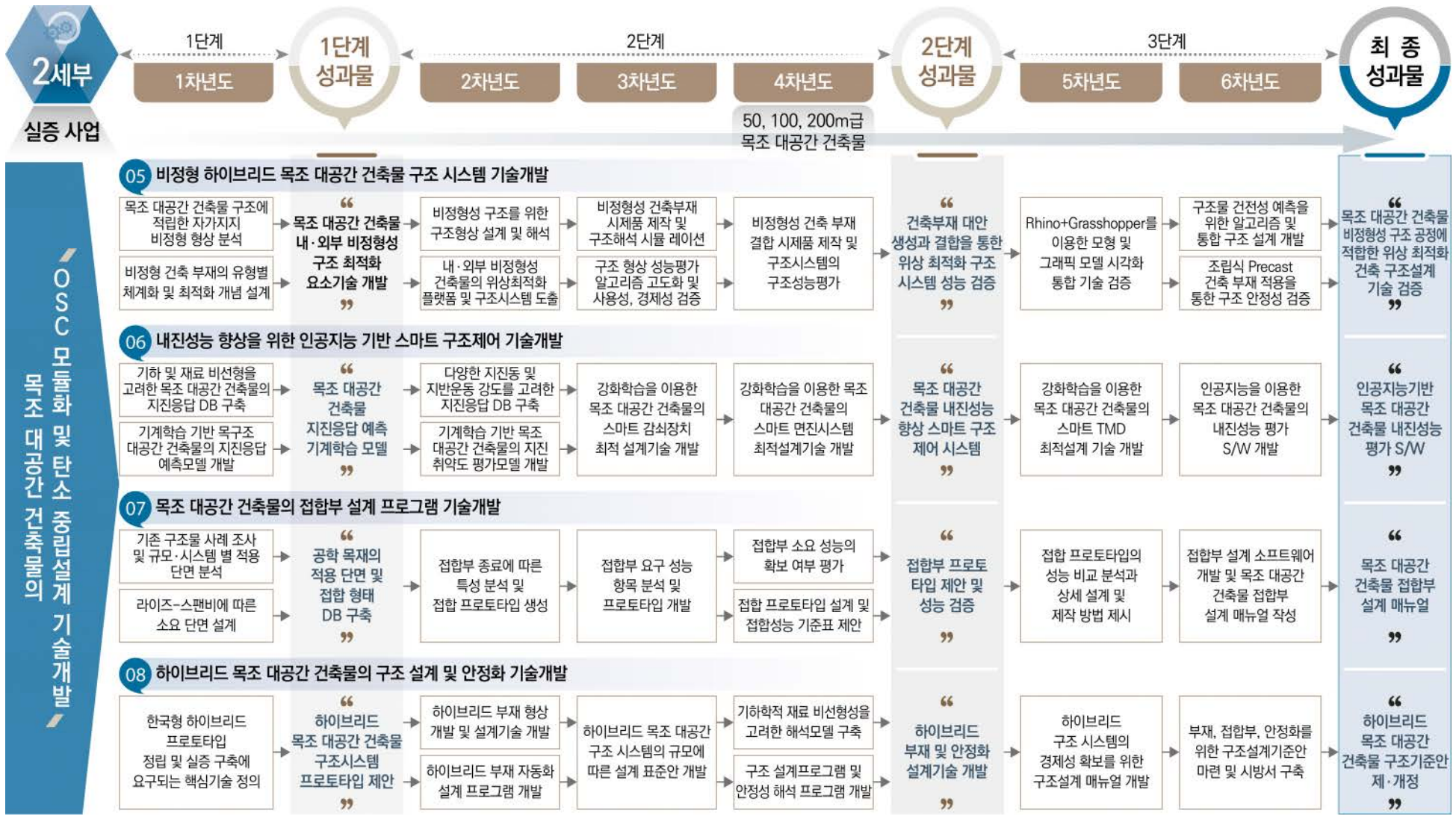


그림 3-10. 2세부 기술로드맵

3 세부: 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발



그림 3-11. 3세부 기술로드맵

### 4 4세부: 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발



그림 3-12. 4세부 기술로드맵

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

#### 6절. 연구수행체계 제안

##### 1. 연구수행체계 구성 개요

- 본 연구과제는 「건설 분야의 탄소중립 실현과 목조 대공간 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출」의 비전을 가지고 있으며, 2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증을 목표로 함
- 목조 대공간 건설산업의 기반이 되는 핵심요소기술개발 및 각 세부 간의 유기적 연계를 통해 수행되는 기술의 성격을 가지고 있으며, 다양한 성격의 연구를 총괄할 수 있는 유연하고 객관적 관리가 가능한 총괄 연구기관 및 연구책임자가 요구됨
- 본 연구과제의 사업총괄은 국토교통부가 담당하며, 전문기관은 국토교통과학기술진흥원이 담당하여 과제의 공고 및 선정, 사업관리, 사업점검 및 평가 등을 수행
  - (사업총괄) 국토교통부: 사업총괄 및 주요 의사결정 등 수행
  - (전문기관) 국토교통과학기술진흥원: 과제 공고 및 선정, 관리, 점검 및 평가 등 수행
  - (연구기관) 실질적 연구 및 성과를 창출하는 주체이며, 진도 점검, 과제조정, 성과 활용 등 수행
  - (협력기관) 과제 수행 과정에서의 기술적 자문 및 지원

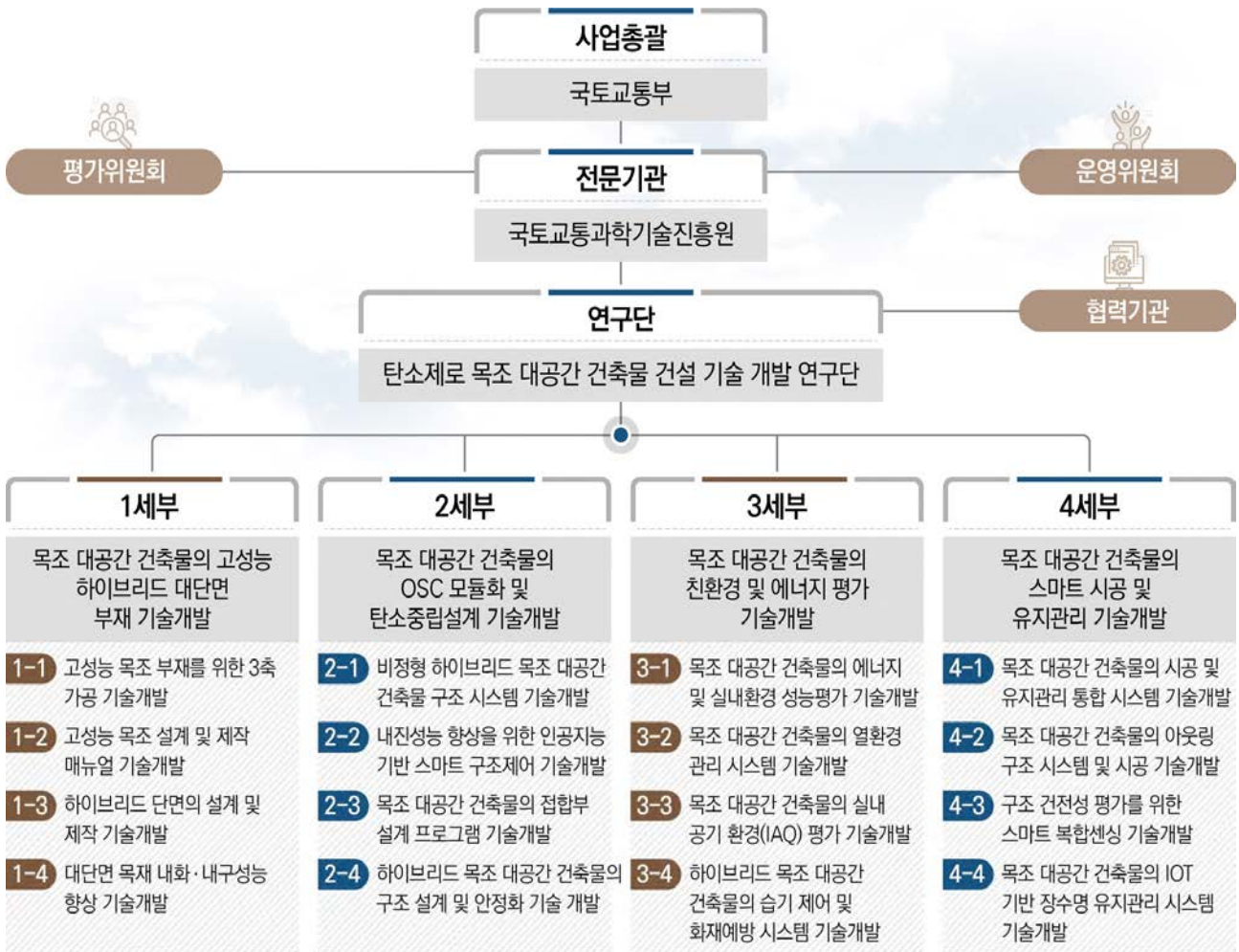


그림 3-13. 연구수행 체계도

표 3-47. 연구수행 관련 기관 및 역할

구분		역할	담당기관
사업총괄		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업총괄</li> <li>• 주요 의사결정</li> <li>• 사업예산 확보 및 배분</li> <li>• 타 부처와의 협의</li> </ul>	국토교통부
전문기관		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제 공고 및 선정, 협약 및 사업비 지급, 진도 점검, 중간 및 최종 평가, 사업관리, 사업비 정산 관리 등</li> <li>• 평가위원회 및 운영위원회 구성 및 운영</li> <li>• 성과분석 및 연계·확산 지원 등</li> </ul>	국토교통과학기술진흥원
평가위원회		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 제안서 평가</li> <li>• 현장실태 점검, 중간 및 최종 평가</li> <li>• 최종 성과 평가</li> </ul>	
운영위원회		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운영위원회 위원장 및 위원 구성</li> <li>• 사업 세부시행계획, 주요 변경 내용 등 검토·심의·조정</li> </ul>	
협력기관		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적 자문 및 지원</li> <li>• 학문적 자문 및 지원</li> </ul>	
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발	연구단	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실질적 연구 및 성과 창출</li> <li>• 사업 기획·운영·성과관리</li> <li>• 진도점검, 과제조정, 성과 활용 등</li> </ul>	기술개발 및 실증 구축 관련 산·학·연 전문가
	<b>1세부</b> 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>• 고성능 목조 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발</li> <li>• 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>• 대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발</li> </ul>	
	<b>2세부</b> 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>• 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조설계 및 안정화 기술개발</li> </ul>	
	<b>3세부</b> 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발</li> <li>• 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발</li> </ul>	
	<b>4세부</b> 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발</li> <li>• 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>	

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

3  
장  
및  
추진  
전략  
신규  
연구  
개발  
과제  
구성

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

## 2. 연구수행 추진 절차

표 3-48. 연구수행 추진 절차

단계	수행 내용	담당 기관
과제 공고	<ul style="list-style-type: none"> <li>홈페이지를 통한 공고</li> </ul>	사업 총괄 및 전문기관
과제 제안	<ul style="list-style-type: none"> <li>참여 기관별 RFP 제안</li> <li>온라인 입력정보 작성 및 연구계획서 등 등록</li> </ul>	연구단
선정평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>내역사업별 참여기관의 계획서 평가</li> <li>연구개발목표, 연구개발내용, 추진전략 및 계획, 활용방안 등 평가</li> </ul>	전문기관 (평가위원회)
최종 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>내역사업별 참여기관 선정</li> </ul>	전문기관
협약 체결	<ul style="list-style-type: none"> <li>전문기관-연구단 간 협약 체결</li> </ul>	전문기관
사업비 지급	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업비(정부 출연금) 지급</li> </ul>	전문기관
사업수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술개발 및 성과 창출</li> <li>중·소형 및 대형 목조 대공간 건축물 실증화</li> </ul>	연구단
중간평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>연차별 진도 점검</li> <li>사업비 사용 내역 점검</li> </ul>	전문기관 (운영위원회)
평가 보고	<ul style="list-style-type: none"> <li>최종보고서 제출</li> </ul>	연구단
성과평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제 종료 후 사업화 현황 및 성과 검토</li> <li>연차별 성과 활용보고서 검토</li> </ul>	사업총괄 및 전문기관

## 7절. 성과의 활용방안

- 본 기획에서 제안하는 「탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발」은 목재를 활용한 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증을 통해 건설 분야의 탄소중립 실현과 목조 대공간 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출을 비전으로 함
- 특히, 목조 대공간 건축물을 활용하여 국민의 여가 및 문화산업을 활성화할 수 있으며, 세계 시장에서의 세계 최대 목조 대공간 건축물의 랜드마크 건축물이 되어 국내 자체 기술력을 세계에 발휘할 수 있는 역량 확보 가능
- 스포츠 경기장, 지방자치단체 단위의 공연장 등 단위별 목조 대공간 건축물을 활용할 수 있으므로 목조 대공간 건축물 시장의 활성화 선도에 기여할 수 있으며, 구조물의 특수성으로 인해 중소 전문 건설업체의 활성화 가능
- 국내 체육시설의 리모델링 시점이 다가왔기 때문에 체육시설 지붕 구조물의 리모델링을 위해 목조 대공간의 적용이 가능하며, 국내 목조 관련 시장의 활성화 가능
- 다양한 기술이 융복합된 하이테크 기술 수요로 우수 인력 배양이 가능하고, 본 연구 관련 고급 기술력을 이용한 설계 및 엔지니어링 등 해외시장 고부가가치 영역의 점유율 향상에 기여 가능
- 목조 대공간 건축물 건설 관련 기술을 국내에서 보유함으로써 설계·시공·에너지 및 환경·유지관리의 통합적 시스템을 구축할 수 있으며, 각종 특수 공법 및 특수재료 전문화로 중소건설업체의 활성화와 고용 창출이 가능함
- 각 세부에서 발생하는 정량적 성과는 대학, 연구소, 기업체 등의 연구기관에서 수요가 있을 것으로 판단되며, 부재 단위 실험 또는 해석, 중·소규모 및 대규모 목조 대공간 건축물 실증화로 인해 각 기술들의 성능을 기검증하였기 때문에 목조 대공간 건축물 관련 기술의 기초 자료로써의 활용과 기술 고도화 발판 마련 가능
- 국내 산림자원은 OECD 국가 중 많은 편에 속하지만 미흡한 관리로 인해 41년생 이상의 목재가 증가하고 있기 때문에 국내 산림자원의 사용이 권고되고 있음. 따라서 국내 산림의 건강성과 지속가능성을 유지하기 위해 주기적인 벌목이 요구되며, 본 연구를 통해 목조 건축물에 대한 이미지 제고 및 목조 건축물 산업의 활성화에 이바지 가능
- 현재 명확하게 정의되지 않은 목조건축 기술 관련 구조기준안을 제·개정을 제안함으로써 국토교통부와 같은 국가 기관에서 기준 마련을 위해 참고 자료로써 사용 가능
- 또한, 건축설계사무소, 구조엔지니어링 사무소, 시공사, 유지관리 업체 등의 산업체에서 목조 대공간 건축물의 비즈니스 모델로 활용 가능
- 「탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발」이 종료되면, 각 세부에서 발생하는 정량적·정성적 성과는 아래와 같음

### 3장 | 신규 연구개발과제 구성 및 추진 전략

표 3-49. 세부과제별 정량적·정성적 예상 성과

세부	예상 성과			
	정량적 성과			정성적 성과
1세부	학술적 성과	국외 학술지	26건	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술개발</li> <li>고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 및 가이드라인</li> <li>규모별 단면 표준화 DB구축 및 하이브리드 단면 설계 제작 매뉴얼 개발</li> <li>시뮬레이션 화재 실험을 통한 실물 내화성능 검증보고서</li> </ul>
		국내 학술지	36건	
		국내외 학술발표	50건	
	기술적 성과	특허출원/등록	16건	
		소프트웨어	3건	
		설계기준 및 지침 등	12건	
인력양성		22건		
2세부	학술적 성과	국외 학술지	38건	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형성 구조 공정에 적합한 위상 최적화 건축 구조설계 기술</li> <li>인공지능기반 목조 대공간 건축물 내진성능 평가 S/W</li> <li>목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물 구조기준안 제·개정</li> </ul>
		국내 학술지	50건	
		국내외 학술발표	71건	
	기술적 성과	특허출원/등록	16건	
		소프트웨어	11건	
		설계기준 및 지침 등	5건	
인력양성		35건		
3세부	학술적 성과	국외 학술지	35건	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소제로형 운영 기준(안) 개발 및 DB 플랫폼 구축</li> <li>열 환경 관리 시스템의 최종 통합 및 표준화 시스템 개발</li> <li>실내 공기 환경평가 기술보고서 및 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발</li> <li>습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 및 운영 가이드라인 개발</li> </ul>
		국내 학술지	45건	
		국내외 학술발표	48건	
	기술적 성과	특허출원/등록	27건	
		소프트웨어	12건	
		설계기준 및 지침 등	7건	
인력양성		32건		
4세부	학술적 성과	국외 학술지	22건	<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 통합 유지관리 모니터링 시스템 개발</li> <li>아웃링 구조 시스템 모듈 설계 시스템 개발 및 고도화</li> <li>목조 대공간 건축물 스마트 복합 센싱 관리 시스템</li> <li>탄소저감기대 장수명 유지관리 시스템 개발</li> </ul>
		국내 학술지	38건	
		국내외 학술발표	48건	
	기술적 성과	특허출원/등록	20건	
		소프트웨어	10건	
		설계기준 및 지침 등	9건	
인력양성		20건		

## 4장. 인력투입계획 및 소요 예산 산정

### 1절. 연구 일정에 따른 인력투입계획

#### 1. 전체사업 인력투입계획

##### 1 세부별 인력투입계획

표 4-1. 세부별 인력투입계획

(단위: 명)

세부	개발단계 및 기간						합계
	1단계	2단계			3단계		
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도	
1세부	18	19	21	22	22	21	123
2세부	21	24	26	28	28	23	150
3세부	21	21	24	27	26	22	141
4세부	21	21	24	25	25	23	139
합계	81	85	95	102	101	89	553

##### 2 등급별 인력투입계획

표 4-2. 등급별 인력투입계획

(단위: 명)

등급	개발단계 및 기간						합계
	1단계	2단계			3단계		
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도	
책임연구원	16	16	16	16	16	16	96
연구원	17	19	20	21	21	18	116
연구보조원	21	22	24	30	27	24	148
보조원	27	28	35	35	37	31	193
합계	81	85	95	102	101	89	553

## 4장 | 인력투입계획 및 소요예산 산정

### 2. 세부과제별 인력투입

#### 1 1세부: 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

표 4-3. 1세부 인력투입계획

(단위: 명)

분류		개발단계 및 연도						합계
		1단계	2단계		3단계			
		1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도	
1-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	1	1	1	6
	보조원	2	2	2	2	3	2	13
1-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	1	1	7
	보조원	1	2	2	2	2	2	11
1-3 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	2	2	2	2	10
	보조원	2	2	2	2	2	2	12
1-4 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	1	1	7
	보조원	1	1	2	1	2	2	9
합계	책임연구원	4	4	4	4	4	4	24
	연구원	4	4	4	4	4	4	24
	연구보조원	4	4	5	7	5	5	30
	보조원	6	7	8	7	9	8	45

#### 2 2세부: 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발

표 4-4. 2세부 인력투입계획

(단위: 명)

분류		개발단계 및 연도						합계
		1단계	2단계		3단계			
		1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도	
2-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	2	2	2	1	9
	보조원	1	1	1	2	2	2	9
2-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	2	2	2	2	2	11
	연구보조원	2	2	2	2	2	2	12
	보조원	2	3	3	3	3	2	16
2-3 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	2	1	1	2	1	8
	보조원	2	1	2	3	2	2	12
2-4 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	2	2	2	2	1	10
	연구보조원	2	2	2	2	2	2	12
	보조원	2	2	3	3	3	2	15
합계	책임연구원	4	4	4	4	4	4	24
	연구원	4	6	6	6	6	5	33
	연구보조원	6	7	7	7	8	6	41
	보조원	7	7	9	11	10	8	52

### 3 3세부: 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발

표 4-5. 3세부 인력투입계획

(단위: 명)

분류	개발단계 및 연도						합계	
	1단계	2단계		3단계				
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도		
3-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	2	2	1	8
	연구보조원	2	2	2	2	2	2	12
	보조원	2	2	2	2	2	2	12
3-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	2	1	8
	보조원	2	2	2	2	2	2	12
3-3 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	1	2	8
	보조원	1	1	2	2	2	1	9
3-4 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	2	2	2	1	9
	연구보조원	2	2	2	2	2	2	12
	보조원	2	2	3	3	3	2	15
합 계	책임연구원	4	4	4	4	4	4	24
	연구원	4	4	5	6	6	4	29
	연구보조원	6	6	6	8	7	7	40
	보조원	7	7	9	9	9	7	48

### 4 4세부: 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발

표 4-6. 4세부 인력투입계획

(단위: 명)

분류	개발단계 및 연도						합계	
	1단계	2단계		3단계				
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도		
4-1 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	2	2	2	2	10
	보조원	2	2	2	2	2	2	12
4-2 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	2	2	2	2	2	2	12
	연구보조원	2	2	2	2	2	2	12
	보조원	2	2	3	3	3	2	15
4-3 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	2	1	8
	보조원	2	2	2	2	2	2	12
4-4 세세부	책임연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구원	1	1	1	1	1	1	6
	연구보조원	1	1	1	2	1	1	7
	보조원	1	1	2	1	2	2	9
합 계	책임연구원	4	4	4	4	4	4	24
	연구원	5	5	5	5	5	5	30
	연구보조원	5	5	6	8	7	6	37
	보조원	7	7	9	8	9	8	48

1  
2  
3  
4장  
소요예산 산정  
인력투입 계획 및  
5  
6  
7  
8  
9

## 4장 | 인력투입계획 및 소요예산 산정

### 2절. 소요예산 산정

#### 1. 예산 산정방법

- 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하여 총 사업예산 규모를 결정함
- 인건비의 경우 “2024년 학술연구용역 인건비 기준 단가”를 기준으로 작성하였으며, 1개월을 22일로 하여 산정함
- 또한, 연구내용 및 성과물 특성을 반영하여 참여 인력의 참여율을 단계별(1단계: 30%, 2단계: 40%, 3단계: 50%)로 적용하였음
- 1차년도 연구기간은 9개월로 산정하였음

표 4-7. 등급별 월 임금

(단위: 천 원)

등급	월 임금	참여율
책임연구원	7,245	100 %
연구원	5,555	100 %
연구보조원	3,713	100 %
보조원	2,785	100 %

- 연구수당의 경우 인건비의 20% 이내로 산정함
- 정부 출연금 및 민간부담금의 비율은 75% : 25%로 산정함
- 결과적으로 연구 성과물에 따른 표준연구비 범위에 따라 적정 여부를 판단하였으며, 각 세세부의 연구비는 4-2세세부를 제외하고 모두 적정으로 판단되었음
- 4-2세세부는 Test Bed(50-100m급, 200m급 목구조 건축물) 실증 비용(약 62억 원)이 장비비로 산정되어 있어 연구 성과물에 따른 표준연구비 범위에 적정하지 않음



### 3. 세부과제별 소요예산

#### 1 1세부: 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

표 4-9. 1세부 소요예산

(단위: 천 원)

분류	개발단계 및 연도						합계	비율 (%)		
	1단계	2단계		3단계						
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도				
1-1	인건비	59,624	105,998	105,998	105,998	149,208	132,498	659,324	45.3	
	연구장비재료비	5,000	20,000	70,000	120,000	190,000	5,000	410,000	28.2	
	기타경비	연구활동비	13,500	18,000	18,000	21,600	21,600	18,000	110,700	16.7
		연구수당	11,924	21,199	21,199	21,199	29,841	26,499	131,861	
	간접비	9,905	18,171	23,671	29,567	42,971	20,019	144,304	9.9	
	소계	99,953	183,368	238,868	298,364	433,620	202,016	1,456,189	100.0	
1-2	인건비	52,105	105,998	105,998	123,821	132,498	132,498	652,918	43.0	
	연구장비재료비	10,000	85,000	80,000	70,000	120,000	55,000	420,000	27.7	
	기타경비	연구활동비	16,200	25,200	25,200	39,600	32,400	25,200	163,800	19.4
		연구수당	10,420	21,199	21,199	24,764	26,499	26,499	130,580	
	간접비	9,759	26,113	25,563	28,400	34,253	26,311	150,399	9.9	
	소계	98,484	263,510	257,960	286,585	345,650	265,508	1,517,697	100.0	
1-3	인건비	59,624	105,998	123,821	123,821	154,776	154,776	722,816	41.8	
	연구장비재료비	10,000	100,000	80,000	145,000	165,000	10,000	510,000	29.5	
	기타경비	연구활동비	16,200	25,200	25,200	32,400	43,200	39,600	181,800	18.9
		연구수당	11,924	21,199	24,764	24,764	30,955	30,955	144,561	
	간접비	10,752	27,763	27,916	35,858	43,332	25,886	171,507	9.9	
	소계	108,500	280,160	281,701	361,843	437,263	261,217	1,730,684	100.0	
1-4	인건비	52,105	92,630	105,998	110,453	132,498	132,498	626,182	43.6	
	연구장비재료비	10,000	90,000	170,000	50,000	60,000	5,000	385,000	26.8	
	기타경비	연구활동비	10,800	25,200	25,200	32,400	39,600	25,200	158,400	19.7
		연구수당	10,420	18,526	21,199	22,090	26,499	26,499	125,233	
	간접비	9,165	24,899	35,463	23,643	28,445	20,811	142,426	9.9	
	소계	92,490	251,255	357,860	238,586	287,042	210,008	1,437,241	100.0	

## 2 2세부: 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발

표 4-10. 2세부 소요예산

(단위: 천 원)

분류	개발단계 및 연도						합계	비율 (%)		
	1단계	2단계		3단계						
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도				
2-1	인건비	52,105	92,630	110,453	123,821	154,776	132,498	666,283	53.9	
	연구장비재료비	5,000	20,000	20,000	30,000	70,000	5,000	150,000	12.1	
	기타경비	연구활동비	16,200	21,600	28,800	28,800	36,000	32,400	163,800	24.0
		연구수당	10,420	18,526	22,090	24,764	30,955	26,499	133,254	
	간접비	9,209	16,803	19,947	22,812	32,090	21,603	122,464	9.9	
	소계	92,934	169,559	201,290	230,197	323,821	218,000	1,235,801	100.0	
2-2	인건비	69,649	163,853	163,853	163,853	204,816	188,106	954,130	61.8	
	연구장비재료비	5,000	30,000	10,000	50,000	20,000	15,000	130,000	8.4	
	기타경비	연구활동비	10,800	18,000	18,000	25,200	18,000	25,200	115,200	19.8
		연구수당	13,929	32,770	32,770	32,770	40,963	37,621	190,823	
	간접비	10,931	26,908	24,708	29,900	31,215	29,251	152,913	9.9	
	소계	110,309	271,531	249,331	301,723	314,994	295,178	1,543,066	100.0	
2-3	인건비	59,624	110,453	105,998	119,366	154,776	132,498	682,715	55.5	
	연구장비재료비	5,000	60,000	30,000	5,000	30,000	20,000	150,000	12.2	
	기타경비	연구활동비	16,200	21,600	25,200	28,800	25,200	21,600	138,600	22.4
		연구수당	11,924	22,090	21,199	23,873	30,955	26,499	136,540	
	간접비	10,202	23,555	20,063	19,474	26,502	22,065	121,861	9.9	
	소계	102,950	237,698	202,460	196,513	267,433	222,662	1,229,716	100.0	
2-4	인건비	69,649	150,485	163,853	163,853	204,816	154,776	907,432	59.1	
	연구장비재료비	5,000	50,000	20,000	30,000	65,000	10,000	180,000	11.7	
	기타경비	연구활동비	13,500	18,000	18,000	21,600	21,600	21,600	114,300	19.3
		연구수당	13,929	30,096	32,770	32,770	40,963	30,955	181,483	
	간접비	11,228	27,343	25,808	27,304	36,561	23,906	152,150	9.9	
	소계	113,306	275,924	260,431	275,527	368,940	241,237	1,535,365	100.0	

### 3 세부: 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발

표 4-11. 3세부 소요예산

(단위: 천 원)

분류	개발단계 및 연도						합계	비율 (%)		
	1단계	2단계		3단계						
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도				
3-1	인건비	69,649	123,821	123,821	150,485	188,106	154,776	810,658	55.7	
	연구장비재료비	5,000	10,000	10,000	30,000	60,000	105,000	220,000	15.1	
	기타경비	연구활동비	13,500	18,000	18,000	25,200	21,600	21,600	117,900	19.2
		연구수당	13,929	24,764	24,764	30,096	37,621	30,955	162,129	
	간접비	11,228	19,424	19,424	25,935	33,805	34,356	144,172	9.9	
	소계	113,306	196,009	196,009	261,716	341,132	346,687	1,454,859	100.0	
3-2	인건비	59,624	105,998	105,998	123,821	154,776	132,498	682,715	53.6	
	연구장비재료비	10,000	20,000	50,000	40,000	30,000	25,000	175,000	13.7	
	기타경비	연구활동비	16,200	21,600	25,200	28,800	39,600	21,600	153,000	22.7
		연구수당	11,924	21,199	21,199	24,764	30,955	26,499	136,540	
	간접비	10,752	18,567	22,263	23,912	28,086	22,615	126,195	9.9	
	소계	108,500	187,364	224,660	241,297	283,417	228,212	1,273,450	100.0	
3-3	인건비	52,105	92,630	105,998	123,821	132,498	138,066	645,118	53.3	
	연구장비재료비	20,000	40,000	30,000	20,000	65,000	30,000	205,000	16.9	
	기타경비	연구활동비	10,800	14,400	18,000	25,200	21,600	21,600	111,600	19.9
		연구수당	10,420	18,526	21,199	24,764	26,499	27,613	129,021	
	간접비	10,265	18,211	19,271	21,316	27,015	23,900	119,978	9.9	
	소계	103,590	183,767	194,468	215,101	272,612	241,179	1,210,717	100.0	
3-4	인건비	69,649	123,821	163,853	163,853	204,816	154,776	880,768	55.4	
	연구장비재료비	5,000	60,000	40,000	50,000	100,000	5,000	260,000	16.4	
	기타경비	연구활동비	10,800	14,400	18,000	28,800	21,600	21,600	115,200	18.3
		연구수당	13,929	24,764	32,770	32,770	40,963	30,955	176,151	
	간접비	10,931	24,528	28,008	30,296	40,411	23,356	157,530	9.9	
	소계	110,309	247,513	282,631	305,719	407,790	235,687	1,589,649	100.0	

#### 4 4세부: 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발

표 4-12. 4세부 소요예산

(단위: 천 원)

분류	개발단계 및 연도						합계	비율 (%)		
	1단계	2단계		3단계						
	1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	5차 연도	6차 연도				
4-1	인건비	59,624	105,998	123,821	123,821	154,776	154,776	722,816	49.1	
	연구장비재료비	25,000	50,000	50,000	60,000	70,000	5,000	260,000	17.7	
	기타경비	연구활동비	18,900	25,200	32,400	39,600	43,200	39,600	198,900	23.3
		연구수당	11,924	21,199	24,764	24,764	30,955	30,955	144,561	
	간접비	12,699	22,263	25,408	27,300	32,882	25,336	145,888	9.9	
	소계	128,147	224,660	256,393	275,485	331,813	255,667	1,472,165	100.0	
4-2	인건비	84,648	150,485	163,853	163,853	204,816	188,106	955,761	25.5	
	연구장비재료비	5,000	405,000	545,000	1,035,000	35,000	15,000	2,040,000	54.4	
	기타경비	연구활동비	18,900	25,200	32,400	36,000	43,200	36,000	191,700	10.2
		연구수당	16,929	30,096	32,770	32,770	40,963	37,621	191,149	
	간접비	13,802	67,185	85,142	139,438	35,637	30,439	371,643	9.9	
	소계	139,279	677,966	859,165	1,407,061	359,616	307,166	3,750,253	100.0	
4-3	인건비	59,624	105,998	105,998	123,821	154,776	132,498	682,715	53.0	
	연구장비재료비	5,000	20,000	80,000	30,000	85,000	10,000	230,000	17.9	
	기타경비	연구활동비	13,500	18,000	18,000	21,600	21,600	18,000	110,700	19.2
		연구수당	11,924	21,199	21,199	24,764	30,955	26,499	136,540	
	간접비	9,905	18,171	24,771	22,020	32,156	20,569	127,592	9.9	
	소계	99,953	183,368	249,968	222,205	324,487	207,566	1,287,547	100.0	
4-4	인건비	52,105	92,630	105,998	110,453	132,498	132,498	626,182	53.8	
	연구장비재료비	5,000	30,000	30,000	30,000	40,000	5,000	140,000	12.0	
	기타경비	연구활동비	16,200	21,600	28,800	32,400	36,000	21,600	156,600	24.2
		연구수당	10,420	18,526	21,199	22,090	26,499	26,499	125,233	
	간접비	9,209	17,903	20,459	21,443	25,849	20,415	115,278	9.9	
	소계	92,934	180,659	206,456	216,386	260,846	206,012	1,163,293	100.0	

# 5장 | 파급효과

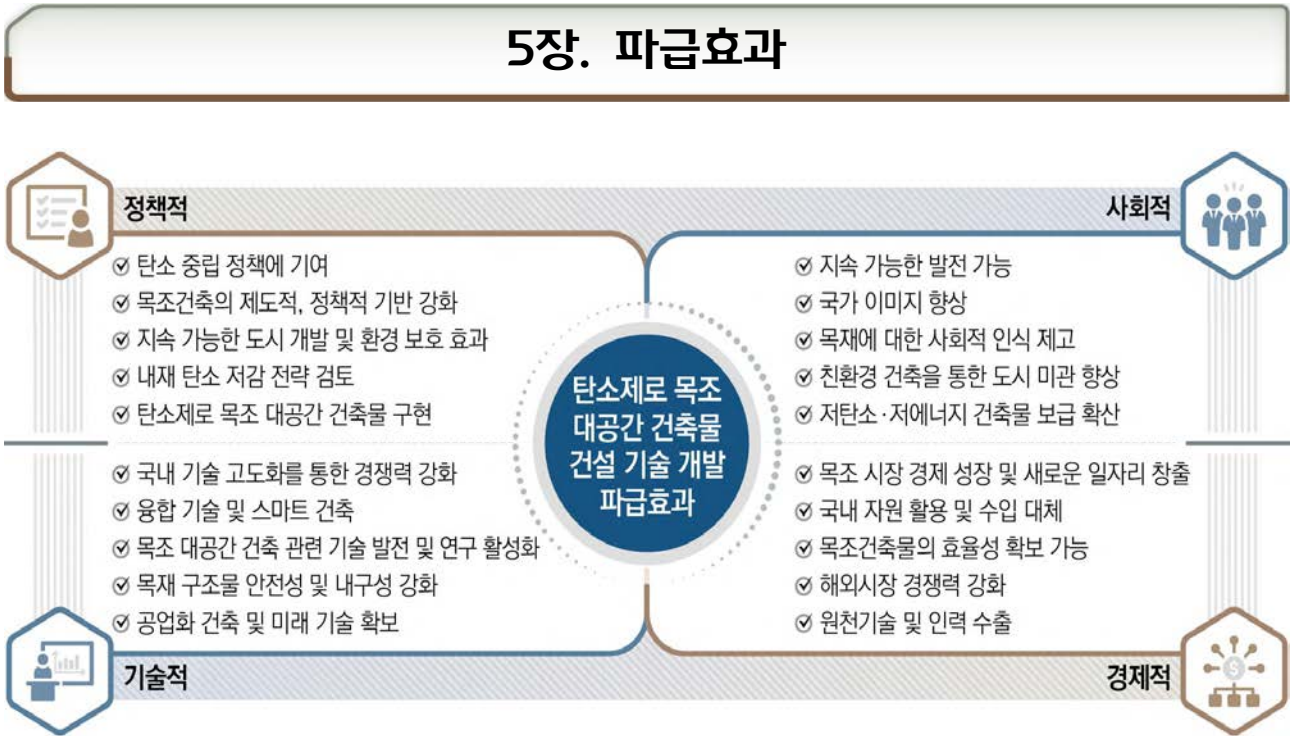


그림 5-1. 파급효과

## 1절. 정책적 파급효과

- 국가 에너지 관련 정책 및 제로에너지 건축 보급 및 확산에 이바지
- 탄소제로 목조 대공간 건축물 구현을 통해 제도적·정책적 기반 마련 및 홍보
- 탄소 저장고인 목재의 장수명 활용을 통한 목조건축의 확산으로 탄소중립 2050 목표 달성에 기여
- 목재 구조물의 안전성과 내구성에 대한 규제 강화 및 기준 수립의 기반을 다지고 이를 통한 건축 시장에 목조 건축물의 안전성 인식 제고
- 탄소제로 건축물 건설을 장려하기 위한 세제 우대, 건축 규제의 수정 및 적용 등의 정책적 장치 도입 가능성
- 목조 대공간 건축물 건설 기술 관련 인증제도 개선 및 관련 규제개선 마련
- 탄소제로 건축물은 온실가스 배출을 줄이는 데 중요한 역할을 하기 때문에 기후 변화 대응을 강화하고 온실가스 감축 목표달성 기술의 개발과 채택을 촉진
- 도시 개발에서 지속 가능한 접근 촉진 및 자연 자원 보호와 생태계 유지를 목표로 하는 정책과 연계 가능
- 탄소제로 건축물에 대한 정부의 인식 증진 캠페인이나 교육 프로그램 등 환경친화적인 건축물의 중요성을 알리고 촉진할 수 있는 정책적 지원 강화 가능
- 건물 부문 탄소중립을 위한 기존 에너지 효율 전략 외에도 내재탄소 저감을 위한 목구조 건축물 전략을 검토함으로써 향후 탄소 저감형 목구조 건축물 관련 정책 수립의 과학적 근거 제공

## 2절. 사회적 파급효과

- 목재 활용을 통해 2030년 국가 온실가스 감축 목표를 달성하는 것은 단순히 목조건축 분야에 그치지 않고, 다양한 산업 및 경제 부문에도 긍정적인 영향을 주며 미래 세대들에게도 지속 가능한 발전의 모범 사례를 제공
- 자연 친화적인 목조 건축물의 도입을 통한 도시 미관 향상
- 국내 생산 재료를 활용한 대공간 목조건축 부재의 적용은 건축물의 탄소저장량을 증가시키고 탄소 배출권 확보를 통해 전 세계적으로 탄소중립 목표 달성에 기여
- 탄소 중립 건축물로의 전환을 선도하여 국가 이미지를 제고
- 목재라는 친환경 소재를 사용함으로써 친환경 건축 활성화 및 자연형 산업으로 성장 가능
- 이산화탄소 흡수 능력이 부족한 노화된 목재를 건설용 구조재로 활용함에 따른 새로운 목재를 활용한 이산화탄소 흡수 능력 향상 및 자원의 순환에 기여
- 대공간 목조 건축물의 실증을 통한 목조건축에 대한 부정적 인식 개선
- 목조 건축물에 대한 연구성과 확산과 다양한 분야의 전문가, 일반인의 이해도 향상
- 설계, 시공 가이드라인을 통한 신축건축물의 목구조 건축물 채택률 향상
- 탄소 저감형 목구조 건축물 건축, 검인증, 제도 마련을 위한 인재 양성 기여
- 표준모델 개발을 통해 국민 누구나 쉽게 적용 가능한 건축모델을 제안하여 국내 대공간 목조건축 시장의 발전
- 국내 제로에너지 연구개발 확대에 따른 저탄소·저에너지 건축물로서 목조 건축물 보급과 확산에 기여
- 대공간 목조 건축물 실증을 통한 정량적 성능확보와 인증에 대한 표준 프로세스 구축 가능

## 3절. 기술적 파급효과

- 대공간 목조 건축물 분야에서의 건설 선진국과 기술 격차를 완화함으로써 국내 건축기술 발전에 기여
- 공학목재 개발 기술의 가속화와 목재 활용에 대한 연구 관심 증대
- 대공간 목조건축기술의 집대성을 통해 기술 고도화의 발판 마련
- 콘크리트, 강재로 이루어진 획일화된 건축물에 대한 연구 방향을 목조 건축물에 분배
- 공학목재의 다양한 제조, 구조 및 내화에 관한 다양한 연구 활성화
- 국내 건설시장에서 국외 대형 집성재 및 집성판 기업에 대응하기 위한 국산 기술 고도화 가능
- 재생 가능 자재의 개량, 에너지 효율적 설계기술 등 탄소제로 목조 건축물을 구축하기 위해 필요한 새로운 기술개발 가능성
- 목조건축 시공공정에서 자동화 및 로봇 기술을 적용, 관리공정에서 디지털화와 스마트 건축 시스템 등을 사용하여 첨단 스마트 목조 대공간 건축물 건설 기술 구현 가능

## 5장 | 파급효과

- 공업화 건축에 관한 기술개발을 통한 미래 건축에 대한 원천기술 확보
- 제로에너지 건축물 달성을 위한 요소기술 중 건축물의 전 생애주기 중 운영단계에서 벗어나 자재 단계의 탄소 배출량 감축이 가능
- 목재 건축 부재의 가격 경쟁력 및 생산효율 향상을 통한 건설업계의 다양한 건축자재 선택지 제공

### 4절. 경제적 파급효과

- 대공간 목조 건축물 재료로 국산 CLT 및 GLT 부재 사용을 활성화하여 관련 산업 활성화 기여
- 새로운 기술개발과 적용에 따라 건설산업과 이와 관련된 산업에서의 일자리 창출
- 탄소제로 건축물 개발은 새로운 시장을 창출하고, 친환경 건축 자재와 기술의 수요 등 관련 산업의 성장 촉진
- 대공간 목조건축기술의 개발에 국산 목재 자원을 사용하여 국산 목재의 생산 및 가공 기술 확보로 목조건축 신규 수요 발생
- 국산 목재의 대형수요 창출을 통한 국내 임산자원의 고부가가치화
- 기술적 선도와 높은 품질의 목조건축을 달성으로 해외시장에서의 경쟁력 강화
- 수입에 의존하는 구조용 목재 국산재로 대체함에 따라 해외시장 목재 가격 변동에 따른 내수시장 영향 감소
- 건축 분야의 탄소중립 달성 지원에 따른 경제적 효과
- 자재 제조비, 시공비, 공기 단축 감소를 통한 목조 건축물의 효율성 확보 가능
- 대공간 목조 건축물에 대한 원천기술수출 및 ZEB 전문인력 수출 가능
- 기술별 경제성, 에너지 등 효과에 대한 개략적인 사전검토를 가능
- 전 생애주기 관점에서 탄소 배출량 저감에 효율적인 목조 건축물의 활성화를 통해, 국가적인 탄소 저감 비용을 효율적으로 절감하는 개선기회 확보

## 6장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

#### 1. 국가계획 부합성

- 탄소중립·녹색성장의 3대 정책 방향은 경제·사회구조 모든 영역에서 책임 있는 탄소중립 실천, 소통·공감·협력을 통해 질서 있는 탄소중립 사회로의 전환, 저탄소 산업생태계 육성으로 녹색성장을 이끌어가는 혁신주도 탄소중립임
- 3대 정책 중 경제·사회구조 모든 영역에서 책임 있는 탄소중립 실천에 부합하며 4대 전략 및 12대 과제에서는 구체적·효율적 방식으로 온실가스를 감축하는 책임감 있는 탄소중립과 산업구조 전환에 부합하는 것으로 판단됨

표 6-1. 탄소중립·녹색성장 4대 전략 및 12대 과제(출처: 탄소중립 정책포털)

전략	과제	내용
구체적·효율적 방식으로 온실가스를 감축하는 책임감 있는 탄소중립	원전+재생e조화	• 원전 확대 및 재생e와의 조화로운 활용, 석탄발전 감축 및 무탄소 新전원 도입, 미래형 전력망 구축 등 전원믹스 합리화
	산업구조 전환	• 세액공제·금융 등 총력지원을 통해 공정전환 및 순환경제 활성화로 연·원료→공정→제품→재활용 전 과정에서 탄소중립 실현
	국토의 저탄소화	• 건물 에너지 자립 강화, 무공해 모빌리티 확산, 환경 친화적 농축수산 전환, 산림·습지의 탄소흡수원 확충
민간이 이끌어가는 혁신적인 탄소중립·녹색성장	기술혁신·규제개선	• 기후기술 기획부터 상용화까지 전과정 관리, 전문인력 양성, 불합리한 규제개선 등으로 탄소중립 가속화
	핵심산업 육성	• 원전 생태계 복원 및 수출 산업화, 무공해차·재생e·수소 산업·CCUS 육성 등 미래시장 선도
	재정지원·투자확대	• 기후대응기금 등 재정지원 및 K-텍소노미에 따른 민간 투자 활성화, 배출권거래제 고도화 등으로 탄소중립 정책 뒷받침
모든 사회구성원의 공감과 협력을 통해 함께하는 탄소중립	에너지 소비 절감	• 에너지 수요 효율화 및 제도 개혁, 에너지 절약을 추진하고, 국민 인식 제고 및 소통 확대 등으로 탄소중립 실현
	지방 중심	• 지역 맞춤형 탄소중립·녹색성장 전략을 수립하고, 지역 단위 탄소중립 추진체계 구축으로 탄소중립·녹색성장 정책 수립·추진 내실화
	산업·일자리 전환	• 입·이직 분석 등을 활용한 위기업종 발굴·진단 및 직무훈련 제공, 기후창업 등 근로자·기업·지역의 원활한 전환을 지원
기후위기 적응과 국제사회를 주도하는 능동적인 탄소중립	기후적응기반 구축	• 적응 주체별 협력 및 기후위험 예측력을 강화하고, 재난대응 인프라 확대와 기술개발 등 사회 전반의 적응능력 제고
	국제사회 선도	• 미국, EU 등 주요국과의 기후대응 연대를 강화하고, 그린 ODA 및 국제감축 사업 등으로 글로벌 탄소중립 실현
	이행관리	• 과제별 정량지표 선정 등 객관적인 성과관리시스템을 마련하고, 상시 이행관리 및 범부처 협력체계를 구축하여 철저히 실천

## 6장 | 사전타당성검토

### 2. 정부 관련부처 사업추진 의지

- 정부가 탄소 감축을 위한 국산 목재 활용을 통한 친환경 목조건축 활성화를 위한 제도 개선 및 시범 사업에 본격적으로 참여함
  - 2022년 10월 13일 국토부, 행복청, 산림청, 서울시가 목조건축 활성화를 위한 업무협약(MOU)을 체결하는 등 목조건축에 대한 관심이 증가하고 있다는 것을 보여줌
  - 협약의 주요 내용으로는 목조건축 활성화를 위한 제도 개선사항 발굴 및 시범 사업 지원, 목조건축 조성을 위한 목재 수급 지원 및 국내 선도사업 추진, 목조건축 기술 및 정보 교류, 목조건축 사업 추진 및 경험 공유와 성과 홍보가 있음
  - 정부의 제도 개선과 주요 기관들의 MOU 체결을 통해 목재산업의 발전 및 신시장 창출, 목재에 대한 부정적 인식 개선이 가능할 것으로 보임

 <b>국토교통부</b>				<b>보도자료</b>		다시 도약하는 대한민국 함께 걸자는 국민의 약속	
배포 일시	2022. 10. 12.(수)						
담당 부서	건축정책관	책임자	과장	김태오 (044-201-3768)			
	녹색건축과	담당자	사무관	정우갑 (044-201-3772)			
보도일시	2022년 10월 13일(목) 석간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신·방송인터넷은 10. 13.(목) 06:00 이후 보도 가능						

#### 친환경 국산목재 활용한 목조건축 활성화한다

- 국토부·행복청·산림청·서울시, 목조건축 활성화 업무협약 -

- 정부가 친환경 목조건축 활성화를 위하여 탄소 감축 효과가 큰 국산 목재의 활용도를 높이기 위한 제도개선 및 시범사업에 본격 나선다.
- 국토교통부(장관 원희룡)와 행정중심복합도시건설청(청장 이상래), 산림청(청장 남성현), 서울특별시(시장 오세훈)는 10월 13일 오전 11시 코엑스에서 「목조건축 활성화를 위한 업무협약(MOU)」을 체결한다고 밝혔다.

#### < 업무협약 주요내용 >

- ① 목조건축 활성화를 위한 제도 개선사항 발굴 및 시범사업 지원
- ② 목조건축 조성을 위한 목재수급 지원 및 국내 선도사업 추진, 목조건축 기술 및 정보 교류
- ③ 목조건축 사업추진 및 경험 공유, 성과 홍보

- 이번 협약을 토대로 앞으로 목재산업 발전 및 신시장 창출, 건축자재의 다변화, 건축물의 탄소흡수 기능강화 및 이를 통한 건물부문 온실가스 배출량 감소, 자연친화적 건축공간 형성에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

□ 행복청은 세종시 신도시 지역에 설치되는 공공청사 등 공공시설물에 목재 적용을 확대하기 위한 사업을 적극 추진한다.

- 이미 설계중인 공공청사에는 민원실 등 대민공간에 목재 마감을 확대 적용하고 있으며, 향후 건립예정인 공공건축물에도 목재 마감과 더불어 목구조를 갖춘 건축물을 단계적으로 조성해 나갈 계획이다.
- 또한, 일부 공원 내 관리시설은 물론 가로등 및 벤치 등을 목재로 설치하는 목재친화구역 조성도 병행해 나갈 예정이다.

□ 산림청은 국산목재를 활용한 목조건축 수요를 견인하기 위하여 공공부문 목조건축 조성사업을 추진하고, 목조건축 품질 향상 및 비용 절감을 위해 관련 표준품셈 마련을 위한 연구를 진행해나갈 계획이다.

○ 도시 내 건축물과 거리를 목재로 전환하는 ‘목재친화도시’, 국산목재에 적합한 건축사례 확산을 위한 ‘목조건축 실연사업’, ‘국산목재 활용 촉진사업’ 등 공공 목조건축 조성을 적극 추진해나갈 계획이다.

○ 아울러, 목조건축 대상 탄소저장량 표시제도 도입방안을 마련하여 목조건축의 탄소감축 효과를 정량화하여 표시할 수 있도록 함으로써 친환경 건축으로서의 인식을 확대해나갈 예정이다.

□ 한편, 서울시는 목조건축에 대한 관심 제고와 활성화를 위해 공공건축물 신축사업을 목조건축 시범사업으로 추진하여 청소년부터 중장년층까지 다양한 계층의 시민에게 저탄소 친환경 도시공간을 제공할 계획이다.

○ 아울러 시는 시범사업의 원활한 추진, 목조건축 관련 법규 정비 필요 사항 발굴 및 개선을 위한 제도적·기술적 지도·자문을 위해 한국목조건축협회, 한국목재공학회 등의 전문기관 전문가로 구성된 “(가칭)서울시 목조건축전문 자문단”을 운영할 예정이다.

그림 6-1. 국토교통부 보도자료

- 환경부는 “2030 온실가스 감축 로드맵”을 통해 저탄소 건축기술개발과 적용을 장려하며 목조 건축물의 친환경성을 강조하고, 탄소 중립을 목표로 다양한 환경 정책을 수립 중임
  - 2030년 온실가스 배출량을 5억 3,600만 톤으로 낮추기 위한 BAU 대비 37% 감축 목표 중 국내 감축량을 25.7%에서 32.5%로 상향 조정함

- '2030 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵'의 기본방향은 우리가 국제사회에 약속한 국가 온실가스 감축 목표의 이행 가능성을 높이는 데 초점을 둠
- 건물부문에서는 신축건축물 에너지 기준 강화, 기존 건축물 그린 리모델링 활성화 등을 통해 약 6,500만 톤을 줄일 예정임

보도자료		
보도일시	2018년 7월 24일 10:00 이후부터 보도하여 주시기 바랍니다.	
담당부서	환경부 기후전략과	서흥원 과장 / 강부영 사무관 044-201-6640 / 6647
	환경부 기후경제과	김정환 과장 / 박재원 사무관 044-201-6580 / 6585
	배포일시 2018. 7. 24. / 총 13매	

### 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2018~2020년 배출권 할당계획 확정

- ◇ 2030년 배출량을 5억 3,600만 톤으로 낮추기 위한 BAU 대비 37% 감축목표 중 국내 감축량을 25.7%에서 32.5%로 상향 조정
- ◇ 배출권거래제 적용 업체들의 2018~2020년 배출허용총량을 17억 7,713만 톤으로 확정

- 환경부(장관 김은경)는 미세먼지 관리강화와 에너지전환 등 정부의 국정과제를 반영하고, 국제사회에 약속한 국가 온실가스 감축목표 이행력을 높이기 위한 '2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본로드맵 수정안'과 '제2차 계획기간 국가배출권 할당계획 2단계 계획'이 7월 24일 국무회의에서 최종 확정됐다고 밝혔다.
  - 2030년 목표배출량 5억 3,600만 톤 달성 (BAU 대비 37% 감축)
  - ※ 온실가스배출 전망치(BAU) : 현행 정책 이외에 추가적인 온실가스 감축 조치를 취하지 않은 경우를 가정한 미래 배출량 전망치
- 정부는 로드맵 수정을 위해 지난해 9월부터 민·관·연으로 공동 작업단을 구성하여 올해 6월 정부의 수정초안을 마련했다.
- 그간 3차례 공개토론회를 비롯하여 이해관계자 의견 수렴, 전용 누리집(www.2030ghg.or.kr)를 통한 의견수렴 등 온/오프라인을 활용하여 국민의견을 반영했다.

### < 2030 국가 온실가스 감축 기본 로드맵 >

- '2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안'의 기본방향은 우리가 국제사회에 약속한 국가 온실가스 감축목표의 이행가능성을 높이는 데 초점을 두었다.
- 먼저, 국내 각 부문별로 에너지 수요관리 강화, 에너지 효율화 추진, 저탄소 산업 육성 등을 통해 온실가스 감축량을 이전 로드맵보다 약 5,800만 톤을 더 줄여 약 2억 7,700만 톤을 줄이는 것(기존: BAU 대비 25.7% → 수정: BAU 대비 32.5% 감축)으로 보완했다.
- 전환(발전, 집단에너지) 부문에서는 미세먼지 저감과 친환경에너지로 전환정책을 반영하여 약 2,400만 톤 감축을 확정하고, 약 3,400만 톤은 제3차 에너지 기본계획 수립 및 에너지세계 개편, 환경급전 강화 등과 연계하여 2020년 유엔에 수정된 국가감축기여(NDC, Nationally Determined Contribution)를 제출하기 전까지 구체화하기로 했다.
- 산업부문에서는 산업공정 개선과, 에너지 절감, 우수감축기술 확산 등으로 약 9,900만 톤을 감축한다.
- 건물부문에서는 신축 건축물 에너지기준 강화, 기존 건축물 그린 리모델링 활성화 등을 통해 약 6,500만 톤을 줄인다.
- 수송부문에서는 2030년까지 전기차 300만 대를 보급하고 친환경 대중교통 확충 등의 방법으로 약 3,100만 톤을 줄인다.
- 그 외 폐기물 감량화와 재활용 활성화, 공공부문 온실가스-에너지 목표관리제 강화 등의 조치로 약 1,100만 톤을, 이산화탄소 포집·저장·활용기술(CCUS)을 활용하여 약 1,000만 톤을 줄일 계획이다.

그림 6-2. 환경부 보도자료

- 국토교통부는 “건축정책 기본계획”을 통해 친환경 건축물 인증제도와 지원 정책을 시행하며 목재 사용 확대를 통한 에너지 효율성과 탄소배출 저감을 목표로 탄소제로 건축기술을 확산시킴
  - 녹색건축물 조성지원법을 재정하고 기본계획을 수립하여 친환경 및 녹색 건축 조성 기반을 확대함
  - 지역 건축 안전 및 에너지성능 향상으로 지속 가능한 탄소중립 도시 조성을 정책목표로 하며 이를 위한 실천 과제를 그린 리모델링과 재원확보로 녹색 건축 보급 확대로 정하는 등 환경을 생각하는 정책을 발표함

# 6장 | 사전타당성검토

발간등록번호  
11-1613000-002945-13



“일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시”

2021-2025



○ **민간전문가 도입체계 정착**

- 민간전문가 시범사업(13~14), 민간전문가 지원사업(15~18), 총괄건축가와 공공건축가 제도 도입(18-), 공간환경전략 계획 지원(19-) 등 민간전문가가 사업에 적극적으로 참여하여 건축·도시 디자인을 개선하기 위한 여건 형성

○ **공공건축 범정부협약체 발족**

- 국가건축정책위원회와 국토교통부가 ‘공공건축 디자인 개선 범정부협약체 발족(19), 공공건축 절차 혁신을 통한 디자인 제고 생활 SOC사업의 현장 실행력 제공

□ **친환경 및 녹색건축 조성 기반 확대**

○ **녹색건축물 조성지원법 제정 및 기본계획 수립**

- 「녹색건축물 조성지원법」 제정(13) 및 국가 및 지자체에서 녹색건축물 기본계획 수립

○ **녹색건축물 조성 및 보급 확산**

- 그린리모델링 시범사업(13), 선도형 제로에너지빌딩 시범사업(14), 공공건축물 그린리모델링 지원사업(17), 취약계층 이용 공공건축물 그린리모델링 사업(20) 등 추진

○ **건축물 단열성능 기준 강화에 따른 에너지 소비 감소**

- 단열성능 기준 강화에 따라 주거용 건물에너지 사용량이 지속 감소(아파트 43%, 단독주택 31% 감소)

□ **건축·도시 분야 전문인력 양성**

○ **지역건축가 활용 및 신진건축사 설계시장 진출 확대**

- ‘건축 설계공모 운영지침(17)’을 개정하여 제한공모 또는 지명공모를 시행으로 신진건축사들의 설계시장 진출을 독려하고, ‘총괄건축가’, ‘공공건축가’ 제도 시행

○ **건축·도시 부문별 전문인력 양성 확대**

- ‘한옥 전문인력 양성사업’, ‘제로에너지건축 전문인력 양성사업’, ‘스마트시티 인력 양성사업’, ‘도시재생 전문인력 양성’ 등 분야별로 전문가 육성 정책 시행

그림 6-3. 국토교통부 보고서

- 산업통상자원부는 “그린 뉴딜” 정책의 일환으로 친환경 기술개발을 촉진하며 목재산업 발전을 통해 경제적 및 환경적 이익을 동시에 추구하고 다양한 지원 프로그램을 운영함
- 산림청은 “목재 이용 활성화 계획”을 통해 목조건축 기술개발과 관련 연구 및 시범 사업을 추진하여 지속 가능한 산림경영과 목재 이용 촉진, 산림자원의 효율적 이용과 탄소흡수원 기능 강화를 적극적으로 지원함
- 따라서 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 국가계획과 정부의 정책적 추진 의지를 비추어 볼 때 타당하다고 판단되며 이러한 기술개발은 다양한 측면에서 국가의 탄소중립 목표와 녹색성장을 달성하는 데 크게 기여할 수 있음

## 2절. 기술적 타당성

### 1. 문제 및 이슈 도출의 적절성

#### 1 문제 및 이슈 식별 과정

표 6-2. 문제 및 이슈 식별 과정

단계	내용	
	정의	수행 내용
1단계: 문제감지	문제에 대한 초기징후 감지	• 건축 분야에서의 탄소 배출량 감축 필요성 파악, 2013 탄소흡수원법 및 목재이용법, 2020 2050 탄소중립 추진전략 등 정부 정책에 따른 초기 문제 인식
2단계: 문제탐색	문제를 탐색하여 문제 도출	• 목조 건축물 확산에 따른 국내 기술력 및 대공간 건축물 적용 가능성 분석 및 문제 도출
3단계: 문제정의	다양한 문제로부터 실질적 문제 정의	• 2단계에서 도출된 다양한 문제들을 통해 구체적이며 실질적인 문제정의
4단계: 문제 구체화	문제의 본질을 정의하는 과정	• 수요조사 및 설문조사, 전문가 검토 의견 등을 종합하여 문제 해결 가능성 검토 • 다양한 문제들을 해결하기 위한 추진체계 및 해결 방안 구성 • 문제의 구체화를 통해 상세 과제 체계 구성

#### 2 문제 및 이슈 식별

- 우리나라는 2013년 “목재의 지속가능한 이용에 관한 법률”, “녹색건축물 조성 지원법”, “탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률”을 제정하여 목조건축 산업화 전략의 근거를 마련하였음
- 특히 기존 건축법상 18m로 제한돼 있던 목조 건축물의 높이 규정을 2020년 폐지하여 5층 이상의 목조 건축물 건축이 가능하게 되었음. 그러나 층수별로 별도의 내화 기준(4층 1시간, 5층 이상 2시간) 및 주택법에 따른 충격음 성능 기준에 따른 바닥구조 제한 등에 대한 검토가 필요한 실정임
- 그러나 아직 국내의 목조건축 기술은 기술의 성숙도에 있어서 철근콘크리트 구조 및 철골구조에 미치지 못하고 있으며, 규모에서도 대공간 건축물 건설 기술은 아직 초보적 단계라 할 수 있음
- 재료적 측면에서도 주요 목조재료를 해외 재료에 의존하고 있으며, 해외의 재료와 기술을 활용은 하되 국내 산업을 보호 육성하는 차원에서 그 비율을 점차적으로 개선할 필요가 있음
- 기존의 전통적인 구조 시스템인 철근콘크리트조와 철골조와의 하이브리드형 목조 구조에 대한 기술개발이 일부 연구자에 의해 수행되었으나 기술적 체계 및 기술의 표준화가 시급한 실정임
- 현재 국내의 목조 건축물 관련 기술개발은 아직 시작 단계에 있으며 국내 목조건축 산업은 시장 수요부족에 따른 목재산업의 위축 및 이에 따른 가격 경쟁력 하락, 신기술의 부족 등으로 이어지는 악순환이 지속되고 있음
- 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 기술적 및 경제적으로 고부가가치 산업으로서, 정부와 지방자치단체가 국민을 위한 체육 및 다용도 문화시설로 목조 대공간 건축물 사용 활성화를 유도할 수 있으며, 정부와 공공의 목조건축 사용은 목조 재료 산업 및 그와 관련한 우수 인력양성 등 다양한 산업적 시너지 효과가 발생하리라 판단함

## 6장 | 사전타당성검토

### 2. 기술개발 계획의 적절성

#### 1 사업목표와 내용의 구체성

표 6-3. 사업 비전 및 목표

비 전	건설 분야의 탄소중립 실현과 목조 대공간 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출
기 대 효 과	건축 분야에서의 탄소 중립 실현, 비정형 대형 지붕 구조물 건설 기술의 자립화, 목조 대공간 건축 기술 글로벌 선두화
사 업 목 표	2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증

#### 가. 사업목표와 구체성

- “200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발”의 총괄목표를 단계적으로 정략
  - 본 연구단의 비전은 “건설 분야의 탄소중립 실현과 목조 대공간 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출”이며 이를 달성하기 위한 목표로 “목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발”, “OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발”, “친환경 및 에너지 평가 기술개발”, “스마트 시공 및 유지관리 기술개발”을 추진
  - 연구단을 4개의 세부로 세분화하고 관련 요소기술개발을 위해 총 6년으로 기획하였으며 1단계는 규모·용도별 모듈화 목조 대공간 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의, 2단계는 중·소형 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술개발, 3단계는 대형 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술개발로 구분
  - 각각의 총괄목표를 달성하기 위하여 세부목표와 최종성과물을 제시함. 또한 연구단 총괄목표를 단계별로 구분하여 구체적으로 제시하였으며, 단계별 목표를 달성하기 위해 핵심과제와 핵심과제별로 도출되는 성과물에 대해 파악이 가능하도록 타당하게 제시된 것으로 분석

#### 나. 사업 내용의 적절성

- 연구개발 후보 기술 도출을 위해 정책/기출동향분석, 논문/특허 분석, 인프라 분석 및 기획운영회 운영 결과 연구개발 후보 기술 81개를 도출하였으며 도출된 후보 기술의 속성에 따라 5개의 소구분으로 나누었음. 비전 및 최종목표를 달성하기 위해 공법·기법, 소프트웨어, 시스템, 장비·장치, 재료·자재 등 소구분이 적절하게 도출된 것으로 판단
- 4개의 세부과제의 연구내용은 본 연구단의 총괄목표 달성을 위해 적절하게 구성
  - 1세부는 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술을 개발하기 위한 3축 가공기술, 제작 매뉴얼, 단면의 설계 및 제작, 목재 내화·내구성능 향상 기술을 개발하는 것으로 구성
  - 2세부는 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발을 위한 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템, 인공지능 기반 스마트 구조제어, 접합부 설계 프로그램, 구조설계 안정화를 위한 기술을 개발하는 것으로 구성
  - 3세부는 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발을 위한 건축물 에너지 및 실내 환경 성능평가, 열 환경 관리 시스템, 실내 공기 환경(IAQ) 평가기술, 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발로 구성

- 4세부는 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발을 위해 시공 및 유지관리 통합 시스템, 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공, 스마트 복합센싱 기술, IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발로 구성
- 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술하였으며 특히 중·소형 목조 대공간 건축물 기술개발부터 기술의 고도화를 통해 대형 목조 대공간 건축물의 건설까지 탄소제로시대 목조 건축물 산업 기반 구축에 주안점을 둔 것으로 판단
- 전문가 자문, 기술수요조사, 기획위원회의 등의 결과를 바탕으로 세부사업 내용을 확정하였으므로, 사업 내용 선정 절차가 적절하다고 판단
  - 국내외 기술 수요조사, 경제 및 기술 동향, 인프라, 특허환경을 분석하여 후보 과제를 선정하고, 기획위원회를 통해 후보 과제를 검토 및 선별한 후, 국토교통과학기술진흥원 기획타당성위원회를 통해 기획 대상 과제를 확정

표 6-4. 기획위원회 및 전문가 명단

분야	성명	소속
산업체	강*훈	현대엔지니어링(주)
	공*민	한다움건설
	김*균	(주)에코닝
	김*순	(주)우인건축
	송*원	ES에너지
	이*우	(주)아이스트
	이*윤	SDG E&C
	이*인	(주)해안종합건축사사무소
	이*식	경민산업(주)
	이*주	(주)아이스트
	이*환	영림목재(주)
	이*훈	(주)이지마코리아
	장*솔	(주)해안종합건축사사무소
	최*웅	휴인 주식회사
하*호	현대건설(주)	
대학	가와구치 케니치	동경대학교
	강*모	대진대학교
	강*원	영남대학교
	강*구	충남대학교
	김*수	선문대학교
	문*혜	서울시립대학교
	송*삼	성균관대학교
	심*보	충북대학교
	안*한	한양대학교
	유*규	한양대학교

## 6장 | 사전타당성검토

분야	성명	소속
	이*규	세종대학교
	이*나	서울시립대학교
	이*주	명지대학교
	조*근	조선대학교
	최*규	송실대학교
	황*주	서울시립대학교
연구소	강*구	우디즘목재이용연구소
	권*철	한국그린빌딩협의회
	김*헌	목조건축협회
	김*열	한국공간구조학회
	김*욱	생태환경건축학회
	김*우	한국건설생활환경시험연구원
	박*성	한국건설 기술연구원
	윤*환	친환경설비학회
	이*수	한국건설생활환경시험연구원
	주*규	대한건축학회
	최*규	목재공학회
	최*늘	한국에너지기술연구원
	기관	김*빈
최*순		강릉관광개발공사

### 2 기술 수준 및 역량분석

#### 가. 보유 기술 수준 및 기술개발의 기대 수준

- 연구단 관련 분야의 보유기술 및 기술 수준을 파악하기 위하여 논문 및 특허 분석을 수행함
- 국외 논문 동향 분석을 위해 Web of Science 논문 검색 사이트를 활용하였으며, 1990~2024년까지 목조 대공간 건축물 관련 논문은 총 3,122개로 조사되었음
- 2011년을 기준으로 하여 관련 논문 및 인용 수가 점진적으로 증가하고 있으며, 이러한 추세를 바탕으로 전 세계적으로 목조 건축물 및 구조용 목재에 관한 관심이 증가하고 있는 것으로 판단됨
- 국내 논문 동향 분석을 위해 국내 학술 논문 중 KCI에 등재된 논문으로 한정하여 조사하였으며, 2005년~2023년까지 총 170개의 논문으로 조사됨
- 국내 논문 및 인용 수는 국외 논문 동향과 달리 점차 감소하는 추세인 것으로 판단됨
- 목조 대공간 건축물은 전 세계적으로 관심이 증가하고 있으며, 실증화 사례가 증가하고 있음. 또한, 기술 선진국(중국, 미국, 캐나다 등)에 비해 학문적 실적이 턱없이 부족한 상황이라고 판단됨
- 특허 동향 분석 결과 목조 대공간 건축물 건설 기술 분야와 관련한 특허는 1974년 첫 출원 하였으며, 2000년도 중반까지 비교적 출원이 활발하고 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보임
- 하지만 전 세계적으로 탄소 배출량 감축을 위한 노력과 기존 재료(콘크리트 및 강철)에 비해 현저하게 낮은 탄소 배출량으로 목조 건축물에 관한 관심과 수요가 증가함으로써 향후 특허출원이 계속 증가할 것으로 전망
- 국가별 특허를 분류하면 총 248건의 특허 중 미국이 47%(117건)로 가장 큰 비율을 차지하고 있었으며, 일본이

30%(73건)으로 많은 특허출원이 이루어져 최근에도 기술개발이 비교적 활발히 진행되고 있음

- 한국은 8%(20건)로 조사되었으며, 목조 대공간 건축물 건설 기술 분야와 관련한 특허가 현저하게 부족한 실정으로 판단됨
- 종합하면, 전 세계적으로 목조 대공간 건축물 관련 논문 및 특허는 증가하고 있어 많은 연구자의 관심이 증가하고 있다고 판단됨. 하지만, 국내 논문 및 특허는 매우 부족한 실정으므로 기술 선진국과의 기술 격차를 줄이기 위한 노력이 필요함
- 또한, 지구의 기후 안정을 위한 전 세계의 탄소 배출량 감축은 필수적이며, 전체 탄소 배출량 중 약 40%를 차지하고 있는 건설 분야는 탄소 배출량 감축을 위해 선진적인 노력이 필요함
- 건설 분야의 탄소 배출량 감축을 위해 목조를 재료로 사용하기 위한 노력은 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있으나, 국내의 관련 기술은 현저히 부족한 실정이기 때문에 건설 기술 격차를 줄이기 위해 목조 대공간 건축물 관련 기술의 개발이 필요할 것으로 판단됨

#### 나. 기술개발 역량 및 잠재력

- 기술 선진국과 비교하여 특허 및 연구 사례, 국내 연구인프라 수준 및 실증 사례는 다소 부족한 상황으로 사료됨
- 따라서, 목조 대공간 건축물 기술개발을 위해 향후 본 과제는 단일 과제가 아닌 다양한 산·학·연 전문가가 협업하는 공동 연구로써 진행될 필요가 있음
- 다양한 기술이 접목된 목조 대공간 건축물 실증을 통해 목조 건축물 관련 기술력을 세계에 알릴 필요가 있으며, 기술 선진국 반열에 올라 세계 목조 건축물 시장에 국내 기술을 전파할 필요가 있음

### 3 기존사업과의 중복성

- 기존사업과의 중복성을 검토하기 위해 NTIS를 통해 관련 연구 동향을 조사 및 분석하였으며, 기획위원회, 자문위원회 등을 통해 기존사업과의 차별성을 면밀히 조사함
- NTIS를 통해 조사된 기존사업은 총 50개이며, 대표적인 사업으로 6개를 추려 기존과제와의 차별성 확보와 연계 활용방안을 검토하였음
- 국산 목재의 사용과 건설 분야에서의 탄소중립 실현을 위해 목조 건축물과 관련 기술개발 및 실증화는 꾸준히 진행되었으며, 대부분 목조빌딩형 건축물 또는 한옥을 대상으로 하여 재료·설계 및 해석·시공 및 유지관리 등의 기술을 개발하였음
- 기존사업에서 대상으로 하는 목조빌딩형 건축물 또는 한옥은 목조 대공간 건축물과 구조 시스템 및 해석 방법이 매우 다르며, 목조 대공간 건축물은 장경간으로 구성되기 때문에 GLT를 사용해야 하지만 대부분 기존사업은 건설 재료로써 CLT를 이용한 연구 및 개발 사례가 많음
- 또한, 구조 시스템 및 사용 재료가 기존사업과 다르므로 목조 대공간 건축물을 위한 새로운 시공 및 유지관리 기술의 도입이 필요함
- 따라서, 본 기획과제를 통해 제안하는 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 국내에서 수행된 기존사업과 차별됨

1

2

3

4

5

6장

사전타당성 검토

7

8

9

# 6장 사전타당성검토

표 6-5. 기존 사업과의 차별성

번호	과제명	연계활용방안
1	개폐식 대공간 건축물의 통합설계 엔지니어링 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본사업은 대공간 건축물이라는 목표지향은 동일하지만, 구조물의 재료적 측면에서 해석 및 시공 등의 접근 방법이 상이함</li> <li>• 목조 대공간 건축물의 설계·해석·에너지 평가·시공 및 유지관리와 관련하여 기술 표준화 및 고도화 기술 보급에 대한 연계 가능</li> <li>• 실증지: 서울시립대학교 내</li> </ul>
2	10m급 대공간 한옥 설계, 시공 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당 사업은 10m의 경간을 보유한 한옥을 대상으로 하고 있지만, 목조 대공간 건축물을 대상으로 하는 본 기획과제와는 목표하는 건축물에 대한 차이가 있음</li> <li>• 한옥 건축물과 대공간 건축물은 규모 및 사용 목적 등이 다르므로 해석 및 설계, 시공, 유지관리 등의 기술이 차별됨</li> <li>• 실증지: 경기도 용인시</li> </ul>
3	고강도 하이브리드 부재를 이용한 대형 목조건축 구조 시스템 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표하는 건축물이 다르며, CLT를 주로 활용함</li> <li>• 기존사업은 CLT를 이용한 고층 목조 건축물을 실현하는 것이기 때문에 50m 이상의 장경간을 갖는 대공간 건축물에 기술 접목이 어려움</li> <li>• 실증지: 강원도 영주시</li> </ul>
4	350t의 탄소저감 확보를 위한 9층 목조 건축물 공학목재-하이브리드 구조 시스템 적용기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표하는 건축물이 다르며, 주로 CLT를 사용한 요소 설계 프로그램 및 내진성능 향상을 위한 내진접합 프레임 개발</li> <li>• 하이브리드 재료에 대한 기초 자료로서 활용 가능</li> </ul>
5	대형 목조 건축물 구조요소 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표하는 건축물이 다르며, 4층 규모의 교육 시설에 대한 설계안만 제시</li> <li>• 대경간 목구조 설계 최적화 및 구조요소 기술개발에 대한 기초 자료로서 활용 가능</li> </ul>
6	한국형 목조건축 기술개발 및 산업화를 위한 기획연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 명확한 목표 건축물이 없으므로 설계·유지관리 기술의 범위가 포괄적임</li> <li>• 돔, 그리드셀 건축물 등으로 확장하여 설계 및 시공 기술의 기초 자료로서 활용 가능</li> </ul>

- 특히, 최근 산림청(한국임업진흥원)에서 시행 중인 “중고층 목구조물 요소기술 개발(사업명: 국산재 활용 한국형 목구조물 혁신 기술개발)”과의 차별성을 자세하게 살펴보고자 함
- 산림청의 과제는 (총괄-설계) 시뮬레이션 기반 중고층 목구조물 기술개발, (1세부-구조) OSC 기반 목조건축 구조시스템 개발, (2세부-부재) 중고층 목구조물용 공학목재 기술개발, (3세부-내화) 중고층 목구조물 성능기반 화재 안전기술 개발, (4세부-에너지) 에너지 모니터링 설비 기술개발로 분류되어 있음
- 산림청 과제의 각 세부 연구목표 및 주요 연구내용은 아래의 표와 같음

표 6-6. 산림청(한국임업진흥원) 시행 과제의 세부별 연구목표 및 주요 연구내용

(총괄-설계)	연구목표	국산재 활용 중고층 목구조물 요소기술 개발에 따른 현장 적용을 위한 성능 기반 설계 기술 개발 및 법·제도 등 인프라 구축
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 사업에서 지원한 상호 연계된 과제에서 개발된 요소기술(구조, 부재, 내화, 에너지) 결합을 통한 중고층(13층 이상) 목구조물 설계도면 제작</li> <li>• 중고층(13층 이상) 목구조물 BIM 기반 핵심 요소기술 시뮬레이션 검증</li> <li>• 중고층 목구조물 산업 확대를 위한 관련 지침 개정 연구</li> </ul>
(1세부-구조)	연구목표	중고층(13층 이상) 목구조물 구조 강화를 위한 연결철물 접합부 구조 기술개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중고층 목구조물 접합부의 접합 강성 분류 체계 개발 및 성능 평가</li> <li>• 중고층 목구조물 연결철물형 접합부 구조(전단, 휨 등) 안정성 평가 및 설계식 개발</li> <li>• 중고층 목구조물 연결철물형 접합부의 구조설계기준안 개발</li> </ul>
(2세부-부재)	연구목표	중고층(13층 이상) 목구조물 내구성 강화 및 건축 단가 절감을 위한 부재 기술개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중고층 목구조물에 적용할 수 있는 수직 및 수평용 공학 부재 개발 및 탄소배출 저감효과 분석</li> <li>• 중고층 목구조물에 적용할 수 있는 OSC 기준 프리패브 연결철물 개발</li> </ul>
(3세부-내화)	연구목표	중고층(13층 이상) 목구조물의 화재안전 확보를 위한 내화처리 기술개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목구조물 형식·요건과 구조에 따른 맞춤형 내화설계기술 개발</li> <li>• 목구조물 화재 시 구조부재 및 구획부재의 유효단면 손실 최소화를 위한 기술개발</li> <li>• 내화 물리·화학적 처리·보강 기술 개발 및 관련 DB구축</li> </ul>
(4세부-에너지)	연구목표	중고층(13층 이상) 목구조물 제로에너지 건축물(ZEB) 3등급 이상 구현 핵심 기술개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중고층 목구조물 제로에너지 건축물(ZEB) 3등급 이상 구현 에너지효율 설계 기술개발</li> <li>• 중고층 목구조물 LCA(전과정평가) 인벤토리 구축 및 탄소량 평가</li> </ul>

# 6 장 | 사전타당성검토

- 먼저, 본 과제와 산림청 과제는 연구 대상에 대해 가장 차별성을 가지고 있으며, 그림 6-4와 같이 본 과제는 돔 구조물을 산림청 과제는 라멘 또는 벽식 구조물을 연구 대상으로 하고 있음. 표 6-7은 본 과제 및 산림청 과제의 연구 대상에 대한 차별성임
- 본 과제에서 목표로 하는 대공간 건축물은 곡면의 형태를 가지며, 기둥 없이 넓은 공간을 만들 수 있음. 또한, 휨모멘트의 영향을 가능한 저감시켜 면내력만을 이용하여 외부하중에 저항하는 돔(dome) 구조물로 분류할 수 있음. 산림청 과제에서 목표로 하는 중고층 구조물은 오피스 건축물 또는 아파트 등과 같이 박스 형태를 가지며, 기둥·보·벽을 이용하여 외부하중에 저항하는 라멘(rahmen) 또는 벽식 구조물임

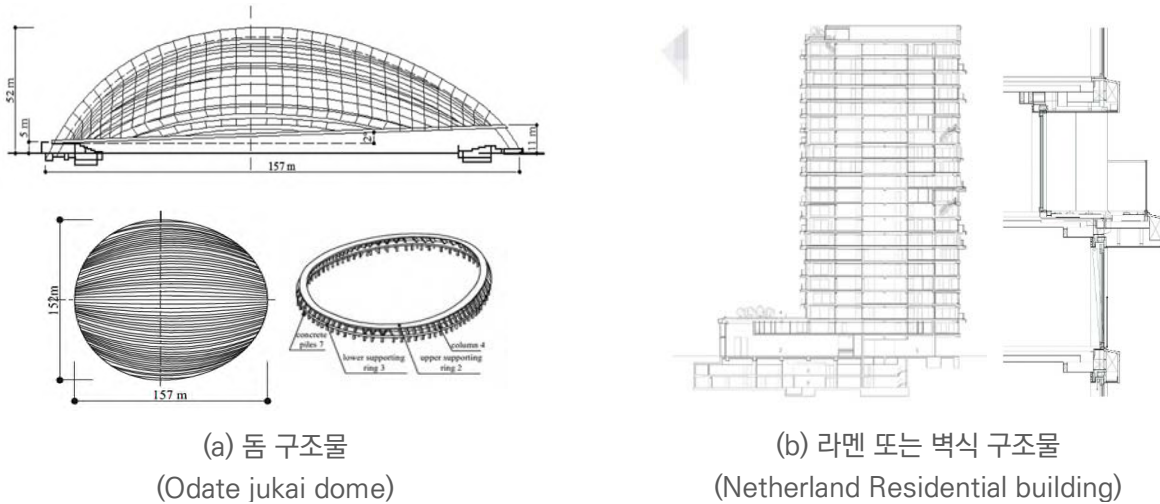


그림 6-4. 돔 구조물과 라멘 또는 벽식 구조물 형상

표 6-7. 본 과제 및 산림청(한국임업진흥원) 과제의 연구 대상에 대한 차별성

본 과제	산림청 과제 유사 세부	차별성
(1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	2세부 3세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공학목재는 섬유방향에 따라 CLT(cross laminated timber), GLT(glued laminated timber) 등으로 분류할 수 있으며, 외부 하중에 저항하는 방법에 따라 사용하는 공학목재에 차이가 있음</li> <li>• CLT는 섬유방향을 교차하는 교차 적층 방식으로 제작하며, 압축강도가 우수하여 벽식 구조물에 주로 적용됨. GLT는 섬유방향을 장변방향으로 일치시키는 평행 적층 방식으로 제작하며, 휨강도가 우수하여 구조용 빔이나 기둥에 주로 적용됨</li> <li>• 돔 구조물은 곡면의 하중 분산 효과로 인해 일부 부재가 손상되어도 구조물 전체가 붕괴하기까지 많은 시간이 소요될 수 있음. 하지만 열에 의한 목재의 강도 저하가 진행되면 구조가 비대칭적으로 변형될 위험이 있기 때문에 <b>돔 구조물의 적절한 내화시간 확보가 중요함</b></li> <li>• 또한, 돔 구조물의 공간적 특성으로 인해 연기 및 열기가 천장에 빠르게 모일 수 있으며, 이를 해결하기 위한 <b>배연 시스템 또는 환기 기술이 중요하게 작용함</b></li> <li>• 라멘·벽식 구조물은 주요 기둥 또는 보가 손상되면 전체 구조의 붕괴 위험이 커지기 때문에 <b>주요 구조 부재의 물리적 내화성능 향상 기술개발이 핵심임</b>. 또한, 구조체 자체가 수평-수직 부재로 이루어져있어 벽체 내의 단열 및 방화 성능이 화재 확산 방지를 위해 노력해야 함</li> </ul>
(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화	총괄 1세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 돔 구조물과 라멘·벽식 구조물은 하중에 저항하는 구조 메커니즘이 다르기 때문에 설계 및 구조설계 단계에서 고려해야 하는 사항에 있어 큰 차이가 있음</li> <li>• 먼저, <b>라멘구조는 기둥, 보, 슬래브로 구성된 건축구조 형태</b>로써, 외부 하중은 슬래브와 보를 거쳐</li> </ul>

<p>및 탄소중립설계 기술개발</p>		<p>기둥을 따라 기초로 전달됨. 보는 <b>힘모멘트와 전단응력</b>으로 저항하며, 기둥은 <b>압축응력</b>으로 저항하며 하중을 전달함. 벽식구조는 벽체와 슬래브로 구성된 건축구조 형태로서, 외부 하중은 슬래브에서 벽체로 전달됨. 벽체는 압축응력으로 외부 하중에 저항하며 하중을 기초로 전달함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 돔 형태로 경간이 긴 구조물은 <b>뒹-좌굴 및 분기좌굴 등과 같은 불안정 현상에 대한 추가적인 고려가 요구</b>되며, 라이즈-스팬비(raise-span ratio)에 따라 힘응력의 크기가 결정되기 때문에 <b>적절한 라이즈-스팬비에 대해 고려도 추가적으로 필요</b>함</li> </ul>
<p>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</p>	<p>4세부</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제 및 산림청 과제가 목표로 하는 건축물의 공간적 차이가 있으므로 환경 및 에너지 측면에서 고려하는 부분이 상이함. 본 과제에서 목표로 하는 <b>돔 구조물과 일반적인 라멘 구조물의 공간에 재실하는 인원</b>에 큰 차이를 가지며, <b>설비 부하에서 큰 차이를 가짐</b>. 특히, 인원이 많이 모이는 대공간의 경우 <b>호흡으로 인한 습기 배출량이 많아 목재의 변형에 영향을 미칠 수 있음</b></li> <li>• 또한, 일반 라멘 구조물과 달리, 돔 구조물은 구조물 대부분의 면이 <b>외기와 접하므로 실내외 온도 차이가 큼</b>. 따라서, 돔 구조물 내 재실자의 열적 쾌적과 실재공기질 유지를 위해 <b>목재의 조습성능, 단열 성능, 구조적 성능을 고려하여 실내 설비를 가동할 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요</b>함</li> <li>• 돔 구조물은 설계 단계에서 에너지를 고려하는 혁신적인 설계기술의 적용이 요구됨. 예로써, 파리의 아쿠아틱 센터(2024)는 설계 단계에서 에너지의 사용을 최소화하기 위해 난방이 필요한 부피를 최소로 설계하였으며, 냉난방 풍량을 50%를 줄여 에너지를 최소화하였음</li> </ul>
<p>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</p>	<p>X (없음)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>돔 구조물에 작용하는 외부하중은 돔 전체를 통해 대칭적으로 전달</b>되며, 기저부에서 벽이나 기초로 전달됨. 구조물의 하단부분에는 <b>추력이 크게 작용하고 돔 구조물의 하부에는 인장응력이 크게 발생</b>함. 따라서 돔 구조물의 하단부에 볼트(vault)구조물과 같이 벽체를 두껍게 하거나 인장링(아웃링)을 설치해 보강할 필요가 있음</li> <li>• 돔 구조물은 곡면 형태로 인해 부재의 제작 및 시공이 복잡하여 고도의 이렉شن(erection) 기술과 <b>정밀한 계산이 요구</b>되지만, 라멘·벽식 구조물은 주로 직선 부재를 사용하므로 제작 및 시공이 비교적 간단함</li> <li>• 국내 환경은 4계절로 기온 변화가 심하기 때문에 <b>목조 건축물에 습기 또는 부패 등으로 인한 목조 부재의 손상이 가해</b>질 수 있음</li> </ul>

● 표 6-8 ~ 표 6-11은 본 과제와 산림청(한국임업진흥원) 과제의 각 세부별 연구 내용 및 기술개발에 대한 차별성임

표 6-8. 본 과제 및 산림청(한국임업진흥원) 과제의 부재 및 내화 관련 연구 내용 및 기술개발 차별성

본 과제	산림청 과제
<p><b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>- 고성능 목조 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발</li> <li>- 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>- 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발</li> </ul>	<p><b>(2세부) 한국의 산림환경에 적합한 공학목재 적용 OSC 생산기술 최적화를 통한 중고층 목구조물 OSC 부재 생산기술 확보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공학목재 및 OSC 부재 생산·품질관리를 위한 Infra 조사</li> <li>- 중고층 목구조물 적용 수직·수평용 공학목재 및 생산비용 절감기술 개발</li> <li>- 국산목재 이용 및 OSC 부재 생산에 따른 탄소저감 효과 분석</li> <li>- 중고층 목구조물 적용 연결철물 개발 및 성능평가</li> <li>- OSC 부재 생산 최적화 및 시제품 생산을 통한 사업화 전략 수립</li> </ul> <p><b>(3세부) 중고층 목구조물의 화재안전 확보를 위한 내화설계·요소기술 개발</b></p>

1  
2  
3  
4  
5  
6장  
사전타당성 검토  
7  
8  
9

# 6 장 | 사전타당성검토

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조/구획부재의 내화성능 확보 기술 개발</li> <li>- 화재시 중고층 목조 건축물의 거동특성 분석 및 내화설계 기술 개발</li> <li>- 화학적 내화 처리를 위한 내화용 약제 기술 개발</li> </ul>
<p>연구 내용 및 기술개발 차별성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제는 기둥이 없는 대공간 건축물을 연구 대상으로 하기 때문에 <b>GLT(glued laminated timber)에 대한 연구가 요구되며, 장경간으로 사용할 수 있는 공학목재 개발에 초점을 두고 있음.</b> 국외에 시공된 목조 대공간 건축물은 모두 GLT를 사용하고 있어, 본 과제에서도 GLT를 활용하여 목조 대공간 건축물의 재료로 사용할 예정임. 따라서, 본 과제는 GLT에 대한 가공 기술, 대단면 설계 및 제작 기술, 하이브리드 단면 설계 및 제작 기술개발을 목표로 하고 있음</li> <li>• 산림청 과제에서는 라멘 또는 벽식 구조물을 대상으로 하며 대부분의 목조 빌딩형 건축물은 CLT(cross laminated timber)를 주로 활용하고 있음. 따라서, 산림청 과제는 CLT에 대한 탄소배출저감 성능 분석, 생산 비용 절감에 관한 연구를 주로 수행하고 있음</li> <li>• <b>돔 구조물은 곡면 형상과 구조적 특성으로 인해 유연한 피복재, 배연 설계 등에 초점을 두는 반면, 라멘·벽식 구조물은 직선형 부재와 연결부의 내화 성능확보가 더 중요함.</b> 따라서, 각 구조물의 특성에 맞춘 내화 설계가 요구되며, 화재 시 구조 붕괴를 방지하기 위한 부재별 내화 시간 확보 방안에 차이가 있음</li> <li>• 본 과제의 연구 대상(대공간 건축물)은 산림청 과제의 연구 대상(라멘·벽식 구조물)보다 화재에 대한 위험성이 적기 때문에 내화성능 향상 기술개발은 세세부 과제로 편성하였음</li> </ul>

표 6-9. 본 과제 및 산림청(한국임업진흥원) 과제의 설계 및 구조설계 관련 연구 내용 및 기술개발 차별성

본 과제	산림청 과제
<p>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>- 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>- 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술 개발</li> </ul>	<p>(총괄) 국산재 활용 중고층 목구조물 요소기술 개발에 따른 현장 적용을 위한 성능기반 설계기술 개발 및 법·제도 등 인프라 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 구현 중고층(13층 이상) 목구조물 설계도면 제작</li> <li>- 중고층 목구조물 BIM 기반 핵심 요소기술 시뮬레이션 검증</li> <li>- 중고층 목구조물 산업 확대를 위한 관련 지침 개정</li> <li>- 중고층 목구조물 실시기술 개발</li> </ul> <p>(1세부) 중고층(13층 이상) 목구조물 구조 강화를 위한 연결철물 접합부 구조 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중고층 목구조물 접합부의 접합 강성 분류체계 개발 및 성능평가</li> <li>- 중고층 목구조물 연결철물형 접합부 구조(전단, 휨 등) 안정성 평가 및 설계식 개발</li> <li>- 중고층 목구조물 연결철물형 접합부의 구조설계기준안 개발</li> </ul>
<p>연구 내용 및 기술개발 차별성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 과제는 돔 구조물에 적합한 구조시스템 개발, 스마트 TMD 최적 설계 기술개발, 라이즈-스팬비에 따른 소요 단면 및 접합부 설계기술개발, 뒀-좌굴을 고려한 구조 안정성 해석 프로그램 개발을 목표로 하고 있음. 두 연구대상 구조물은 구조적 메커니즘이 다르기 때문에 두 과제의 개발 기술을 서로 직접적으로 적용하기 어려움</li> <li>• 산림청 과제에서 수행하는 중고층 목구조물 연결철물형 접합부 개발은 기둥-보 접합부를 의미함. 하지만 돔 구조물은 넓은 공간 확보를 위해 기둥을 설치하지 않기 때문에 산림청 과제에서 개발되는 접합부의 직접적인 적용이 어려움</li> </ul>

표 6-10. 본 과제 및 산림청(한국임업진흥원) 과제의 환경 및 에너지 관련 연구 내용 및 기술개발 차별성

본 과제	산림청 과제
<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> - 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 - 목조 대공간 건축물의 열환경 관리 시스템 기술개발 - 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 - 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발	<b>(4세부) 중고층 목조건축물 맞춤형 저탄소·에너지설계기술 개발</b> - 중고층 목조건축물의 ZEB 등급화 및 LCA평가 기반 마련 - 맞춤형 패시브 외피구성안 및 LCA 인벤토리 구축 - ZEB 수준 에너지설계 가이드라인 및 LCA평가기술 개발
연구 내용 및 기술개발 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>산림청 과제는 제로에너지건축물(ZEB) 3등급 이상 구현과 중고층 목구조물의 LCA 인벤토리 구축 및 탄소량 평가를 주요 연구내용으로 함</li> <li>제로에너지건축물(ZEB)는 대한건축학회의 「탄소중립 설계 지침서」에서 제시하는 건축물의 전생애주기 단계 중 운영단계만 고려함. 하지만 본 사업은 자재단계, 시공단계, 운영단계, 폐기단계, 재생단계를 모두 포함하는 탄소배출량을 산정하여 국내 건설산업에서의 탄소배출량 저감에 기여하고자 함</li> </ul>

표 6-11. 본 과제 및 산림청(한국임업진흥원) 과제의 시공 및 유지관리 관련 연구 내용 및 기술개발 차별성

본 과제	산림청 과제
<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> - 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 - 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발 - 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 - 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발	X (없음)
연구 내용 및 기술개발 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>본 과제는 <b>프로토타입 실증을 위한 시공 및 유지관리 기술개발이 포함되어 있음</b>. 특히, 돔 구조물의 하중 저항 특성으로 인해 하부에 크게 발생하는 인장응력에 대응할 수 있는 아웃링 구조시스템 및 시공 기술개발을 목표로 하고 있음</li> <li>또한, 4계절이 강한 국내 기후에 의한 목조 부재의 손상을 방지하기 위해 본 과제에서는 <b>점검(드론 활용) 및 진단 센서(MEMS) 개발, 제어 시스템 구축 등의 유지관리 기술개발을 목표로 하고 있음</b></li> <li>돔 구조물의 크기(50, 100, 150, 200m)에 따른 모듈 설계 기술개발도 포함되어 있음</li> </ul>

● 결과적으로 두 과제 모두 건축물의 재료로써 목재를 사용하는 점은 유사함. 하지만 연구 대상의 차이로 인해 구조 메커니즘, 구조용 목재, 환경성 평가 방법 등이 크게 상이하며, 관련된 세부적 기술인 공간설계기술, 구조설계기술, 환경 성능평가 기술, 시공기술, 구조기준의 개정 방향 등에서 큰 차이점이 있음. 따라서, 본 과제는 산림청 과제와 차별성이 있다고 판단됨

## 6 장 | 사전타당성검토

### 3. 추진전략의 적절성

#### 1 운영절차의 적절성

- 사업 총괄기관(국토교통부), 전문기관(국토교통과학기술진흥원)과 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 연구단 간의 상호협력, 조정 및 연계를 바탕으로 공정성과 전문성이 확보된 사업 추진
- 사업 총괄기관은 사업 총괄 및 주요 의사결정 등을 수행하며, 전문기관은 과제 공고 및 선정, 관리, 점검 및 평가 등 전반적인 사업의 운영과 관리 수행
- 연구기관은 사업 기획·운영·성과관리, 진도 점검, 과제조정, 성과 활용 등을 통해 실질적 연구 및 성과를 창출
- 협력 기관은 산·학·연 전문가로 구성되며, 연구 진행에 있어 기술 및 학문적 자문과 지원

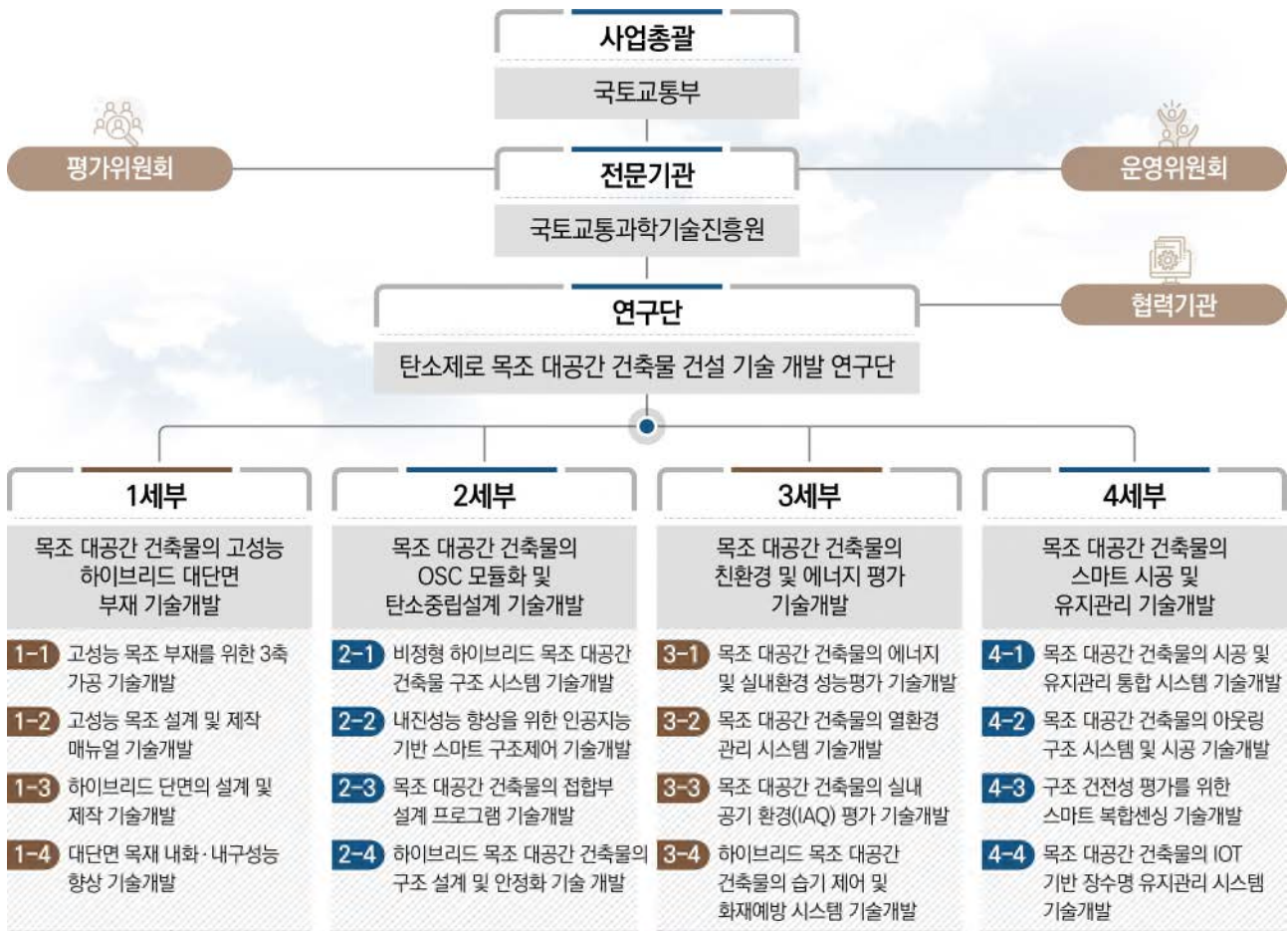


그림 6-5. 연구수행 구성 체계

#### 2 사업 관리계획의 적절성

- 사업관리는 “과제 공고-과제 제안-선정평가-최종 선정-협약 체결-사업비 지급-사업수행-중간평가-평가 보고-성과평가” 순서로 진행되며, 사업 종료 후 해당 기술의 활용과 확산이 요구됨
- 사업공고는 전문기관이 주도하여 진행하며, 과제제안서(RFP)는 200m급 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획과정에서 도출된 과제제안서(RFP)를 활용하여 과제성과 및 기술 목표를 구체화
- 선정평가는 “국가혁신법”을 준수하며, 연구개발과제 수행을 신청한 기관·단체·연구자에 대한 참여 제한 대상 여부 등을 사전에 검토

### 3절. 경제적 타당성

#### 1. 경제성 분석 방법

- 비용/편익 분석(Benefit/Cost Analysis)
  - B/C ratio는 분석 대상에 비용 규모 대비 혜택 규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단 가능
- 분석 대상
  - “탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발”의 목조건축 시장에 대해 분석하였으며, 총괄적인 비용/혜택 분석 결과를 도출
- 편익범위
  - 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장 규모 추정이 가능한 시장 재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용
  - 2019년 말부터 2020년 초까지 코로나 팬데믹으로 인해 정확한 시장 규모의 예측이 매우 어려워 ‘2021년 목조주택시장 분석 보고서’를 참고하여 2021년 국내 목조주택 시장 규모를 1조 5천억 원으로 계산하였으며 연평균 성장률은 7~8%로 예측함
  - 국외 시장 규모의 경우 경제적 환경분석에서 언급한 Allied Market Research(2022)에 국외 2021년 목조건축 시장규모(목조 건축 시 투입되는 순수 공학목재 사용 금액만 집계)인 857.1백만달러에 환율 1380.4원 (2024.07.05.기준)를 적용하여 1조 1천8백억 원으로 계산하였으며 연평균 성장률은 6.0%를 적용함
  - 본 연구단의 연구 기간은 2025년~2030년(6년)으로 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2031년 이후라 볼 수 있어 연평균 성장률 7~8%를 고려하여 연구종료 시점 이후의 2031년~2040년(10년간) 목조건축 시장 규모를 예측하여 반영함
  - 목조건축의 시장 규모는 정확하게 조사된 자료가 없어 본 연구에서는 목조주택 건축 시장만을 목조건축 시장의 규모로 가정하였으며, 중·소형, 대형 목조 대공간 건축물을 고려할 경우 시장 규모는 더욱 증가할 것으로 예측됨
  - 국내시장 점유율은 10%에 매년 1%씩 증가, 국외 시장 점유율은 1.2%에 매년 0.2%씩 증가하는 것으로 가정함
- 비용의 설정
  - 각 세부과제의 향후 6년간 예산(안)으로 정부 출연금과 민간 참여금의 합한 금액으로 산정함
- Benefit 산출을 위한 요소
  - R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위하여, 추가 창출 시장 규모, 부가가치 비중, 시장점유율, 기술기여도, 기술개발 성공률, R&D기여도, 할인율 고려함
  - Benefit = (국내외 시장 규모(억 원)×시장점유율×기술 성공률×기술기여도)×(부가가치 비중×R&D기여도)
  - 시장점유율 : 해당 산업의 관련 국내시장에서의 점유 비율
  - 기술개발 성공률 : 2021년 한국산업기술평가관리원 국정감사 결과에 의하면 정부 연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 42.9% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함

## 6장 사전타당성검토

표 6-12. 2017-2021.9 R&D 과제 성공률·사업화 성공률

[단위: 개]

(출처: 한국산업기술평가관리원 국정감사(2021)제출자료, 김경만 의원실 재가공)

구분	2017	2018	2019	2020	2021.9	합계
지원과제 수	2,336	2,147	2,466	2,945	3,104	12,998
완료과제 수	485	643	571	982	357	3,038
성공과제 수	479	638	564	979	354	3,104
과제 성공률	98.8%	99.2%	98.8%	99.7%	99.2%	99.1%
사업화 대상 과제 수(A)	507	636	769	374	집계중	2,286
사업화 성공 과제(B)	248	256	337	144	집계중	985
사업화 성공률(B/A)	48.9%	40.3%	43.8%	38.5%	집계중	42.9%

- 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2020년 실측 산업연관표의 투입산출표를 기준으로 건설산업의 최종 수요계 125,499,042백만 원, 총투입액 261,695,365백만 원으로 나눈 비율인 47.9% 값을 적용
- R&D 기여도 : 해당 사업의 경제적 가치를 합리적으로 추정하기 위해 적용하는 값이며 ‘국가연구개발사업 예비타당성 조사 수행 세부지침(23년 3월)’에서는 ‘제3차 과학기술기본계획’에서 발표한 공신력 있는 수치인 35.4%를 활용하는 것을 권고하여 35.4%를 적용함
- 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중으로 기술가치 평가과정에서 기술기여도를 적용하는 방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있는데 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업 가치 구성 요소를 기술 자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이 중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한 바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법으로는 일반적으로 33%나 25%를 사용. 본 분석에서는 25%를 적용
- 할인율 : 5년 만기 국고채금리인 3.2%(2024.6.28 기준)를 적용함

## 2. 분석 결과

- 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장 재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 산정하고, 이를 통해 연구단 전체 B/C ratio를 산정함
- 시장 재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 8.24로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨
- 연도별 시장 재화에 대한 추가 창출 부가가치 및 R&D 예산을 고려한 금액 및 B/C ratio 산출식의 산정 결과는 아래와 같음
  - 편익 = 시장 규모의 현재가치(국내+국외NPV = 48,636억 원)×기술개발 성공률(42.9%)×부가가치 비중(47.8%)×R&D기여도(35.4%)×기술기여도(25%)
  - 비용(395.5억 원) = 연도별 소요 예산의 현재가치(연구비 NPV)
  - 편익/비용 = 882.6억 원/331.8억 원 = 2.66

표 6-13. 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 B/C 분석 결과

(단위: 억 원)

구분	국내			국외			Cost
	Benefit			Benefit			연구비
연도	시장전망	시장점유율	Market Penetration	시장전망	시장점유율	Market Penetration	
2025	-	-	-	-	-	-	22.9
2026	-	-	-	-	-	-	53.5
2027	-	-	-	-	-	-	60.2
2028	-	-	-	-	-	-	71.1
2029	-	-	-	-	-	-	71.5
2030	-	-	-	-	-	-	52.6
2031	30,915	10%	3,092	21,188	1.2%	254	-
2032	33,234	11%	3,656	22,460	1.4%	314	-
2033	35,727	12%	4,287	23,807	1.6%	381	-
2034	38,406	13%	4,993	25,236	1.8%	454	-
2035	41,287	14%	5,780	26,750	2.0%	535	-
2036	44,383	15%	6,657	28,355	2.2%	624	-
2037	47,712	16%	7,634	30,056	2.4%	721	-
2038	51,290	17%	8,719	31,859	2.6%	828	-
2039	55,137	18%	9,925	33,771	2.8%	946	-
2040	59,272	19%	11,262	35,797	3.0%	1,074	-
NPV	-	-	44,513	-	-	4,123	331.8
B/C	-	-	-	-	-	-	2.66


# 6 장 | 사전타당성 검토

## 4 절. 참여의향서

### 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	한국공간구조학회		사업자등록번호	220-82-05380			
대표자	김지연		업종/업태	서비스업			
주소	서울특별시 송파구 범원로 11길 7, 씨동 1204호(문정동)						
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )	
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )				
중점분야 명	중점분야 명					※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화-내구성능 향상 기술개발						V
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발						
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발						
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 정수명 유지관리 시스템 기술개발						
<b>탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야</b>							

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 8월 9일

성명	김지연		
직위/직책	교수/학회장		
연락처	TEL. 02-2057-8878	H.P *****	

### 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	대한건축학회		사업자등록번호	108-82-32137			
대표자	박진철		업종/업태	비영리			
주소	서울시 서초구 효령로 87(방배동,건축센터)						
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )	
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )				
중점분야 명	중점분야 명					※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화-내구성능 향상 기술개발						V
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발						
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발						
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 정수명 유지관리 시스템 기술개발						
<b>탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야</b>							

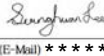
수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 02일

성명	김대연		
직위/직책	부회장		
연락처	(TEL) 02-525-1841	(H.P) *****	

### 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	영림목재주식회사		사업자등록번호	139-81-01984			
대표자	이정호, 이승환		업종/업태	제조업			
주소	인천광역시 남동구 논현로2로 63 영림목재주식회사						
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )	
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )				
중점분야 명	중점분야 명					※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화-내구성능 향상 기술개발						V
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발						
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발						
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 정수명 유지관리 시스템 기술개발						
<b>탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야</b>							

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 08일

성명	이승환		
직위/직책	대표/부사장		
연락처	(TEL) 032-811-9051	(H.P) *****	

### 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	한국건축환경정설비학회		사업자등록번호	120-82-08447			
대표자	윤성환		업종/업태	비영리			
주소	서울시 서초구 효령로 87(방배동,건축센터) 201호						
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )	
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )				
중점분야 명	중점분야 명					※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화-내구성능 향상 기술개발						V
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발						
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발						
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 정수명 유지관리 시스템 기술개발						
<b>탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야</b>							

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 02일


성명	윤성환		
직위/직책	회장		
연락처	(TEL) 02-552-0412	(H.P) *****	

그림 6-6. 참여의향서(계속)

붙임 2		탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식				
기관명	사단법인 한국목재공학회	사업자등록번호	108-82-07638			
대표자	최인규	업종/업태	서비스/연구및개발			
주소	서울시 동대문구 의기로 57, 나무병원동 2층					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 (√)
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>고성능 목조 설계 및 제작 대뉴얼 기술개발</li> <li>하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발</li> </ul>					
	(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발</li> </ul>					
(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발				√		
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</li> </ul>						
(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발						
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 아웃리프 구조 시스템 및 시공 기술개발</li> <li>구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>						

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 8월 8일

성명	최인규		
직위/직책	회장		
연락처	(TEL) 02-880-4785	(H.P) *****	(E-Mail) cingyu@snu.ac.kr

- 1 -

붙임 2		탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식				
기관명	한국생태환경건축학회	사업자등록번호	110-82-08853			
대표자	김진옥	업종/업태	비영리			
주소	서울시 서초구 효령로 87(방배동,건축센터) 201호					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 (O)	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>고성능 목조 설계 및 제작 대뉴얼 기술개발</li> <li>하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발</li> </ul>					
	(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발</li> </ul>					
(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발				√		
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</li> </ul>						
(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발						
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 아웃리프 구조 시스템 및 시공 기술개발</li> <li>구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>						

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 02일

성명	김진옥		
직위/직책	회장		
연락처	(TEL) 02-501-4053	(H.P) *****	(E-Mail) jinwook@seoultech.ac.kr

- 1 -

붙임 2		탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식				
기관명	한국건설기술연구원	사업자등록번호	229-82-01135			
대표자	김병식	업종/업태	서비스			
주소	경기도 고양시 고양대로 283					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 (O)	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>고성능 목조 설계 및 제작 대뉴얼 기술개발</li> <li>하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발</li> </ul>					
	(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발</li> </ul>					
(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발				√		
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</li> </ul>						
(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발						
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 아웃리프 구조 시스템 및 시공 기술개발</li> <li>구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>						

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 07월 11일

성명	박금성		
직위/직책	선임연구원/팀장		
연락처	(TEL) 031-910-0370	(H.P) *****	(E-Mail) kspark1@kict.re.kr

- 1 -

붙임 2		탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식				
기관명	한국그린빌딩협의회	사업자등록번호	314-82-07077			
대표자	최창호	업종/업태	비영리			
주소	서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술관 2관 1102호					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 (O)	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</li> <li>고성능 목조 설계 및 제작 대뉴얼 기술개발</li> <li>하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</li> <li>대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발</li> </ul>					
	(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</li> <li>내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발</li> </ul>					
(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발				√		
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발</li> <li>하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</li> </ul>						
(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발						
<ul style="list-style-type: none"> <li>목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 아웃리프 구조 시스템 및 시공 기술개발</li> <li>구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</li> <li>목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</li> </ul>						

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 02일

성명	최창호		
직위/직책	회장		
연락처	(TEL) 02-558-3013	(H.P) *****	(E-Mail) choi1967@kw.ac.kr

- 1 -

그림 6-6. 참여의향서(계속)

1  
2  
3  
4  
5  
6장  
사전타당성 검토

# 6 장 | 사전타당성 검토

## 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	(사)우디즘목재이용연구소		사업자등록번호	230-82-00626		
대표자	이화영		업종/업태	전문, 과학 및 기술서비스업 등		
주소	대전광역시 유성구 대학로 99, 8층 805호					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)		
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)	
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모놀라 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발				√	
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발				√	
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃팅 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발				√	

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 8월 12일

성명	강석구		
직위/직책	이사/연구소장		
연락처	(TEL) 042-821-8775	(H.P) *****	(E-Mail) lachesis@woodism.co.kr

## 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	유인우석회사		사업자등록번호	415-81-36599		
대표자	최규홍		업종/업태	제조업		
주소	전라남도 신안군 암태읍 천서로 809 2동 301호					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)		
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발				√	
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모놀라 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발				√	
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발				√	
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃팅 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발				√	

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 8월 12일

성명	최규홍		
직위/직책	대표이사		
연락처	(TEL) 061-271-5777	(H.P) *****	(E-Mail) *****

## 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	한다송건설(주)		사업자등록번호	493-86-00341		
대표자	공장민		업종/업태	건설업/건축		
주소	서울시 송파구 중대로 304-1 도원빌딩, 1-3F					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 ( )
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)		
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발				√	
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모놀라 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발				√	
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발				√	
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃팅 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발				√	

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 8월 7일

성명	공장민		
직위/직책	대표이사		
연락처	(TEL) 02 477 2187	(H.P) *****	*****

## 붙임 2 | 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 참여의향서 양식

기관명	(사)저탄소사회복지향하는 목조건축협회		사업자등록번호	836-82-00439		
대표자	김종현		업종/업태	교육서비스업		
주소	서울특별시 동대문구 서울시립대로 28길26, 2층(건능동)					
기업형태 (해당부분 √표시)	산업체			연구기관 ( )	대학 ( )	기타 (O)
	중소기업 ( )	중견기업 ( )	대기업 ( )			
중점분야 명				※ 참여가능 분야에 √표시 (다중선택가능)		
탄소제로목조 대공간건축물 건설기술개발 중점분야별 참여희망분야	<b>(1세부) 목조 대공간 건축물의 하이브리드 대단면 부재 기술개발</b> • 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발 • 고성능 목조 설계 및 제작 대응형 기술개발 • 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발 • 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발				√	
	<b>(2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모놀라 및 탄소중립설계 기술개발</b> • 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발 • 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 집합부 설계 프로그램 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술개발				√	
	<b>(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발 • 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발				√	
	<b>(4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</b> • 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 아웃팅 구조 시스템 및 시공 기술개발 • 구조 안전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발 • 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발				√	

수신 : 국토교통과학기술진흥원귀하  
탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술 개발 사업 참여의향서를 위와 같이 제출합니다.  
2024년 08월 09일

성명	김종현		
직위/직책	회장		
연락처	(TEL) 02-2212-1119	(H.P) *****	(E-Mail) *****

그림 6-6. 참여의향서(계속)

## 7장. 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발
1. 연구개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 규모·용도별 모듈화 목조 대공간 건축물 건설 기술의 명확한 기술적 정의</li> <li>- 중·소형 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 기술개발</li> <li>- 기술 고도화를 통한 대형 목조 대공간 건축물 기술개발</li> </ul> </li> <li>○ 건설 분야의 탄소중립 실현, 비정형 대형 지붕 구조물 건설 기술의 자립화, 목조 대공간 건축 기술 글로벌 선두화를 통한 목조 대공간 건설 기술 자립화 및 해외시장 진출</li> </ul>
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 연구개발 필요성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탄소중립(Net-Zero)을 위한 국제사회의 다양한 움직임                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제사회는 지구온난화 및 기후 변화에 대응하기 위해 유엔기후변화협약(UNFCCC, 1992), 교토의정서(1997)를 체결하였으며, 기존 체제의 한계를 보완하기 위해 2015년 파리협정을 통해 새로운 기후 체제를 수립함</li> <li>- 유럽연합, 영국, 캐나다 등의 대부분 국가가 2050년을 탄소중립 원년으로 선언하였으며, 특히 유럽연합은 탄소 배출량이 많은 국가 수입품에 대해 세금을 부과하는 '탄소국경세' 제도까지 추진함</li> </ul> </li> <li>○ 건설산업에서 국가 탄소중립 목표달성을 위한 노력의 필요성                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설 관련 산업은 전 세계 에너지소비량 중 총 36%, 탄소 배출량 중 총 37%를 차지하고 있으며, 다른 산업에 비해 탄소 배출량이 월등히 높은 편에 속함</li> <li>- 따라서, 기후 변화의 대응과 탄소 배출량 감축을 위해 건설산업에서의 탄소 배출량 감축은 핵심 산업 중 하나임</li> </ul> </li> <li>○ 목조 건축물을 이용한 탄소 감소 효과의 증명                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 건축물 기술 관련 선진국(일본, 캐나다, 미국 등)은 국가 측면에서 목조 건축물 시공을 장려하고 있으며, 이로 인한 탄소 감소 효과를 증명하였음</li> <li>- 주요 구조 부재를 모두 목재로 사용하지 않고, 기존 재료(철근콘크리트, 철골)와 혼합하여 사용한 목조 하이브리드 건축물의 경우 또한 목재의 사용으로 인해 탄소저장 효과를 확인할 수 있음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>□ 기술 동향                             <ul style="list-style-type: none"> <li>① 국외 기술 동향                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 목조건축 시장 규모는 2021년부터 2031년까지 857.1백만 달러에서 1,542.2백만 달러로 연평균 6.0% 성장할 것으로 예상</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7 장  
과제 제안요구서(RFP)  
8  
9

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

- 목조건축 선진국을 중심으로 목조 대공간 건축물 구현
  - 일본: 1997년 완공된 오다테 주카이 돔은 178m의 경간으로 세계에서 가장 경간이 크며 휨 저항 성능을 효율적으로 발휘할 수 있는 GLT를 사용함
  - 미국: 슈페리어 돔은 완공 당시 세계에서 가장 큰 목조 돔이었으며 현재까지도 미국 내에서 가장 큰 목조 돔이며 평방피트 당 최대 60파운드의 적설하중과 시속 80마일의 강풍을 견딜 수 있게 설계함 또한 밀워키에 위치한 세계 최고층 목조 건축물인 ASCENT Tower은 높이가 86.6m, 25층 규모이며 CLT를 사용하여 시공함
  - 이탈리아: 과거 PalaLivorno로 알려진 이탈리아의 Modigliani Forum은 적층목재를 사용하여 만든 유럽에서 가장 큰 구조용 목조 지붕으로 이루어졌으며 109m의 경간임

### ② 국내 기술 동향

- 2013년 탄소흡수원법, 목재이용법을 제정하고 2020년 목구조 건축에 대한 규모 제한 조항을 삭제했으며 제로 에너지 의무화 대상을 확대하는 등 목조 건축물을 통해 탄소중립을 실현하기 위한 정책을 실시함
- 국내 목조건축 시장은 2015년 이후 성장세를 보였지만 신규건축의 감소세로 인해 규모가 축소되었으나 점진적으로 성장하였으며 2011년 대비, 철근 및 철골조를 포함한 신규건축 시장은 6.5% 감소했지만, 목조건축 시장은 8.6% 증가했으며 목조주택 시장은 15.8% 증가함
- 2020년 목구조 건축에 대한 규모 제한 조항을 삭제하면서 2024년 지상 7층 규모의 서울대학교 해동첨단공학관을 준공했으며 같은 규모의 산림복지종합교육센터도 준공을 앞두는 등 목조 빌딩형 건물 부분에서는 활발한 움직임을 보임
- 반면 목조 대공간 건축물에서는 장변 직경 28.6m인 경주 금관총 지붕 구조물과 2018 평창동계올림픽 피겨경기장 지붕설계 제안 정도의 사례만 있는 것을 보아 목조 건축물 선진국에 비해 미흡한 실정임

### 3. 연구개발내용

#### (1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

- (1-1) 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발
  - 국내·외 목재 가공 기술 현황 조사 및 분석
  - 국외 목재 가공 로봇 기술 조사 및 분석
  - 구조용 목재 가공을 위한 기계적 장치의 성능 정의
  - 목조 대공간 건축물에 적합한 선형 가공 기술개발
  - 정형 및 비정형 단면 도출이 가능한 모듈 설계기술 및 3축 가공 기술개발
  - 목조 대공간 건축물 부재 제작을 위한 프로토타입 제작
  - 비정형 모듈 프로토타입 제작
  - 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축
  - 가공 기술 관련 가이드라인 개발
  - 고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술개발

## ○ (1-2) 고성능 목재 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발

- 국산 목재 현황 분석 및 활용방안 마련
- 목조 대공간 건축물을 위한 목재의 요구 성능 정의
- 소·중·대단면 국산 목재의 수종별 구조 성능평가 및 분석
- 국산 목재의 재료성능 표준화 및 DB 구축
- 구조적 성능이 향상된 고강도 구조용 목재(CLT, GLT 등) 개발
- 고강도 구조용 목재의 성능평가 및 단면 설계 시스템 개발
- 국산 목재를 활용한 고강도 구조용 목재 제작 기술개발
- 실증을 통한 고강도 구조용 목재의 성능검증
- 고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 및 가이드라인 개발

## ○ (1-3) 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발

- 목조 대공간 건축물을 위한 공학용 목재의 물성 정의
- 하이브리드 구조용 목재의 내력 형태 성능분석
- 하이브리드 접합 시스템에 따른 반복가력 성능평가
- 대형 목조 대공간 건축물을 위한 대단면 휨재의 구조적 성능평가
- 요구 성능에 따른 부재 설계 시스템 개발
- 규모별 소요강도 및 요구 단면 예측
- 하이브리드 부재 설계 시스템 개발 및 프로토타입을 통한 성능검증
- 하이브리드 부재 설계 및 제작 표준화 기술개발
- 부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략 수립

## ○ (1-4) 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발

- 목재의 내화성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석
- 내구(치수안정성, 방부 등) 성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석
- 기존 대비 성능, 안정성, 지속성, 경제성 등이 향상된 약제 개발
- 단위 목재의 약제 적용 방법(도포, 침지, 가압, 접착제 혼합 등)에 따른 유효성 및 내화·내구 성능 비교 및 분석
- 구조용 부재의 약제 적용을 위한 접착 기술개발
- 접합철물의 용융 방지를 위한 기술개발
- 약제 적용 구조용 부재의 내화·내구성 평가 및 성능 DB 구축
- 200m급 대공간 목조 건축물의 부재 유형을 고려한 구조용 내화 및 내구성 향상 부재의 성능 평가
- 시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증

## (2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립 설계 기술개발

## ○ (2-1) 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발

- 목조 대공간 건축물 구조에 적합한 자가지지 비정형 형상 분석
- 비정형 건축 부재의 유형별 체계화 및 최적화 개념설계
- 비정형성 구조를 위한 구조 형상 설계 및 해석
- 비정형성 건축 부재 시제품 제작 및 구조해석 시뮬레이션
- 비정형성 건축물의 위상 최적화 플랫폼 및 구조 시스템 도출
- 구조 형상 성능평가 알고리즘 고도화 및 사용성, 경제성 검증
- 비정형성 건축 부재 결합 시제품 제작

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

- 구조 시스템의 구조성능평가
- Rhino 및 Grasshopper를 이용한 모형 및 그래픽 모델 시각화 통합 기술 검증
- 구조물 건전성 예측을 위한 알고리즘 및 통합 구조설계 개발
- 조립식 Precast 건축 부재 적용을 통한 구조 안정성 검증

○ (2-2) 내진 성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발

- 기하 및 재료 비선형을 고려한 목조 대공간 건축물의 지진응답 DB 구축
- 기계학습 기반 목구조 대공간 건축물의 지진응답 예측 모델 개발
- 다양한 지진동 및 지반운동 강도를 고려한 지진응답 DB 구축
- 기계학습 기반 목조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가모델 개발
- 강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 감쇠장치 및 면진시스템 최적 설계기술개발
- 강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 TMD(tuned mass damper) 최적설계 기술개발
- 인공지능을 이용한 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어 개발

○ (2-3) 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발

- 기존 구조물 사례 조사 및 규모·시스템별 적용 단면 분석
- 라이즈-스팬비에 따른 소요 단면 설계
- 접합부 종류에 따른 특성 분석 및 접합 프로토타입 생성
- 접합부 요구 성능 항목 분석 및 프로토타입 개발
- 접합부 소요 성능의 확보 여부 평가기술
- 접합 프로토타입 설계 및 접합성능 기준표 제안
- 접합 프로토타입의 성능 비교 분석과 상세 설계 및 제작 방법 제시
- 접합부 설계 소프트웨어 개발 및 목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼 작성

○ (2-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조설계 및 안정화 기술개발

- 한국형 하이브리드 프로토타입 정립
- 실증 구축에 요구되는 핵심기술 정의
- 하이브리드 부재 형상 개발 및 설계기술개발
- 하이브리드 부재 자동화 설계 프로그램 개발
- 하이브리드 목조 대공간 구조 시스템의 규모에 따른 설계 표준안 개발
- 기하학적 재료 비선형성을 고려한 해석모델 구축
- 구조 설계프로그램 및 안정성 해석 프로그램 개발
- 하이브리드 구조 시스템의 경제성 확보를 위한 구조설계 매뉴얼 개발
- 부재, 접합부, 안정화를 위한 구조설계기준(안) 마련 및 시방서 구축

(3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발

○ (3-1) 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발

- 탄소제로 구현을 위한 요소기술 정의
- 목조 대공간 건축물의 환경성 평가기술 정의
- 목조 대공간 건축물의 실내 및 설계 부위별 환경기준 도출
- 설계(안)의 에너지 요구량 및 실내 환경평가
- 건축, 공조설비, 신재생 설비의 통합 운영전략 구축

- 환경성 평가를 위한 평가지침 개발
  - 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 알고리즘 개발
  - 환경성능 통합 평가 프로그램 개발
  - 목조 대공간 건축물의 가상센서 기반 통합 모니터링 시스템 구축
  - 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기준(안) 마련
  - 환경성 평가 정보 제공 플랫폼 개발
- (3-2) 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발
- 목재별 열 전도성 및 열용량 분석
  - 시뮬레이션을 통한 목조 건축물의 열 거동 모델링
  - 패시브 난방 및 냉방 전략 개발
  - 목조 대공간 건축물의 실내 환경 제어 시스템 개발
  - 환경 제어 시스템 성능 고도화 및 효과·적용성 평가
  - 최적 난방·냉방 시간 결정 및 자동 조절 알고리즘 개발
  - 제어 시스템 프로토타입 구축 및 성능검증
  - 다기능(습도, 곰팡이 등) 환경 관리 시스템 구축
  - 쾌적성, 시스템 응답성 및 비용 효율성을 고려한 성능 최적화
  - 목조 대공간 건축물용 환경 관리 시스템 개발
  - 운영 및 유지관리 가이드라인 및 프로토콜 개발
- (3-3) 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발
- 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경 조사 및 선행연구 조사
  - 자재 및 마감 재료에 따른 실내 환경 정보 조사
  - 자재에 따른 실내 공기 환경평가
  - 이용자 특성에 따른 실내 이산화탄소 배출 측정 및 시뮬레이션 개발
  - 목조 대공간 건축물의 자재에 따른 실내 오염물질 DB화
  - 실내 오염물질 농도 분석 및 평가
  - 실내 공기 환경 모니터링 및 시뮬레이션을 통한 환기 성능 평가
  - 목조 대공간 건축물의 실시간 실내 환경 데이터 플랫폼 구축
  - 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발 및 가이드라인 제시
- (3-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발
- 조습성 및 부패, 변형에 대한 이론 고찰과 제습 기준 마련
  - 가연성 특성을 고려한 조기 화재 예방 이론 고찰
  - 목재의 습기 반응(부패 및 변형) 예방 알고리즘 개발
  - 목재 종류에 따른 습기 제어성능 검증
  - 화재 예방 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템 구축
  - 화재 발생 감지 및 알림 기술 검증 시스템 고도화
  - 습기 제어 시스템 및 화재 조기 알림 장치 실증 및 매뉴얼 개발
  - 목조 대공간 건축물의 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼 구축
  - 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 가이드라인 개발

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

### (4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발

#### ○ (4-1) 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발

- 형태에 따른 시공 기술 조사 및 현황 분석
- 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 시공 기술 분석
- 규모별 목조 대공간 건축물 지붕 시공 프로세스에 적용 가능한 기술 분류
- 유지관리 방안 및 요구조건 조사
- 기술에 따른 탄소 배출량 평가 및 최적 시공 프로세스 방안 마련
- 목조 대공간 건축물의 점검 및 진단 프로세스 개발
- 수직 및 수평 하중에 따른 점검 및 진단 센서 개발 및 제어 시스템 구축
- 목조 대공간 건축물을 위한 통합 유지관리 모니터링 시스템 구축
- 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 매뉴얼 개발
- 구조적 안전성 평가 시스템 개발
- 목조 대공간 건축물의 건축구조기준 개정안 마련

#### ○ (4-2) 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발

- 철근콘크리트 아웃링 구조 시스템 현황 조사
- 상세 도면 등을 이용한 구조 시스템 분석
- 목조 아치-트러스용 구조 시스템 개발
- 단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 설계 기술개발
- 시뮬레이션 및 실험을 통한 구조적 성능 검증
- 탄소 배출량 저감을 위한 OSC 공법 개발
- 시간 의존적 변형(크리프 및 건조수축) 예측 및 보정 시스템 개발
- 단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 모듈 설계 시스템 개발
- 실시 설계를 통한 시스템 검증 및 고도화

#### ○ (4-3) 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발

- 시공 중 정밀도 확보와 안전성 평가에 적합한 계측부 도출
- 시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 도출
- 요구 센서 선정 및 조합을 통한 상시계측 시스템 구축
- 영상정보 기반 대변형 평가 기술개발
- 수요자 편의형 데시보드 타입 관리시스템 구축
- 최적 센서 네트워크 구축 및 데이터 송수신 경량화
- 드론 활용 포터블 계측 시스템 구축
- 구조거동 및 동특성 기반 구조 건전성 평가기술테스트 배드 및 현장 적용 시 스마트 복합 센싱 적용 및 실증
- 계측 데이터 기반 구조 건전성 평가기술 실증
- 관리 시스템의 활용성 극대화

#### ○ (4-4) 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발

- IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물에 적용 가능 기술 조사
- 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 디테일
- 대변위 발생 시 정착부 및 접합부 제어 시스템 개발
- 목조 대공간 건축물의 구조적 특수성이 고려된 정착부 및 접합부 상세 개발

- MEMS센서를 이용한 부재의 노후화 관측 시스템 개발
- 시뮬레이션을 통한 구조적 안전성 검증
- 목조 대공간 건축물의 건전도 평가법 개발
- IOT를 이용한 목조 대공간 건축물의 지진응답예측 시스템 구축
- 정착부 및 접합부의 장수명 유지관리 시스템 개발

#### 4. 연구개발 추진방법

##### □ 추진전략

- 모든 세부 연구과제가 사업 진행의 효율성과 완성도를 극대화할 수 있도록 연구 영역을 명확히 구분하고, 중복되지 않도록 관계를 설정하여 추진하되 구분된 세부 간의 연계를 통해 최상의 연구 결과를 얻을 수 있도록 추진
- 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등을 상세히 제시
  - 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심 성과로드맵 (TRL 반영)을 제시할 것
  - 연차별 달성목표(마일스톤), 성과 평가방법, 세부 및 연구단 총괄 연구목표를 정량적으로 제시
- 연구내용, 기술개발, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과평가 지표(안) 제시
- 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진
  - 타 부처영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력 방안 또는 공동 활용방안 등 제시
- 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
  - 연구 성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시 (정책/민간기업/대국민/학술적 등으로 구분)
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표 수준 달성도 및 세부 연구내용의 기여도를 구체적으로 제시하며, 최종성과물은 예상 사용자를 고려하여 사용자 수준에 맞추어 구체화·상세화하여 제시
  - 연구개발 목표는 정량적인 수치 등의 다양한 방법으로 제시를 원칙으로 하며, 제시한 성과지표에 도시건축 연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약 시 조정(추가) 가능
- 1, 2, 3 단계 목조 대공간 건축물 R&D 개발 기술을 기반으로 각 세부 간의 연구 과정에서 상호 간 협업 될 수 있도록 진행
- 실험 또는 실증화는 전문기관, 유관기관 등과 반드시 협의하여 진행

##### □ 추진체계

- 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하며, 관련 연구진 및 기관으로 구성
  - 실용화 중심의 연구개발사업으로 민간기관의 실무자들이 적극 참여할 수 있도록 연계성 및 협업체계 확보 필요
  - 신속한 의사소통과 의사결정, 연구 성과물의 상호연계, 현장 적용 및 검증의 효율적 관리에 유리한 연구단체로 설정
  - 목조 대공간 건설산업의 기반이 되는 핵심요소기술개발 및 각 세부 간의 유기적 연계를 통해 수행되는 기술의 성격을 가지고 있으며, 다양한 성격의 연구를 총괄할 수 있는 유연하고 객관적 관리가 가능한 총괄 연구기관 및 연구책임자 요구
- 세부별 역할
  - 각 세부는 다음의 역할을 고려하여 추진체계를 구성하는 것을 권장

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7 장  
과제 제안요구서(RFP)  
8  
9

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

- (1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발을 목표로 하며, 고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술·고강도 구조용 목재의 유지관리 통합모니터링 시스템·규모별 단면 표준화 DB구축 및 하이브리드 단면 설계 제작 매뉴얼·변단면 및 비선형 구조용 목재 부재 설계 시스템 및 가이드라인 개발 수행
- (2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립 설계 기술개발을 목표로 하며, 비정형성 구조 공정에 적합한 위상 최적화 건축 구조설계·인공지능기반 목조 대공간 건축물 내진성능 평가 S/W·목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼·하이브리드 목조 대공간 건축물 구조기준안 제·개정 수행. 또한, 전체 연구단을 운영하고 결과물의 종합 및 성과를 관리하며, 연차·중간·최종보고서 취합 및 제출 등 총괄 과제의 역할 수행
- (3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발을 목표로 하며, 탄소제로형 운영 기준(안) 개발 및 DB 플랫폼 구축·열 환경 관리 시스템의 최종통합 및 표준화 시스템·실내 공기 환경평가 기술보고서 및 환경 데이터 통합 모니터링 시스템·습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 및 운영 가이드라인 개발 수행
- (4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발을 목표로 하며, 목조 대공간 건축물의 통합 유지관리 모니터링 시스템·아웃링 구조 시스템 모듈 설계 시스템 개발 및 고도화·목조 대공간 건축물 스마트 복합 센싱 관리 시스템·탄소저감기대 장수명 유지관리 시스템 개발 수행

### ○ 과제 총괄위원회

- 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 연구단을 운영하고, 연간운영계획, 핵심과제 참여 기관의 변경 등 연구단 운영에 전반적인 주요사항 심의

### ○ 자문위원회

- 연구단의 학문적·기술적 보완하기 위한 장치로써, 정책 및 제도 전문가, 건축사, 목조 건축물 전문가, 구조기술사, 시공기술사, 건물 에너지 평가 전문가, 일반건축 기계·전기·설비 전문가 등으로 구성된 자문위원회를 구성 및 운영하고 산·학·연이 적절하게 연계되도록 구성
- 특히, 자문위원회는 실증화를 위한 설계, 시공, 모니터링 단계에서 자문위원회를 개최하여 보고하는 것을 원칙으로 함

### ○ 산·학·연 공동연구 개발

- 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발은 단순히 학계의 연구를 위한 기술개발이 아닌 실증화를 수행해야 하는 성과 중심의 연구 개발이므로 산·학·연이 적절히 연계되어 수행해야 함

### ○ 컨소시엄 구성

- 본 과제 최종목표의 원활한 수행 및 성공을 위해 재료팀, 설계팀, 에너지 평가팀, 시공 및 유지관리팀 등으로 구성된 전문가 참여
- 과제 내 컨소시엄 구성 시 주관기관은 과제 개시 시점부터 종료까지 동일 기관이 연구를 수행해야 하며, 컨소시엄 구성 시 과제 수행 역할을 고려하여 구성해야 함

## 5. 최종 연구개발성과물

(1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발

### ○ (1-1) 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발

- 목재 가공 기술 현황 조사보고서
- 목재 가공 로봇 기술 조사보고서
- 목조 부재의 3축 가공 기술개발
- 3축 가공 기술 가이드라인
- 단위 부재 프로토타입 제작

- (1-2) 고성능 목재 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발
  - 국산 목재 현황 및 활용방안 보고서
  - 건축구조설계 기준 검토보고서
  - 고강도 구조용 목재(CLT, GLT 등) 시스템
  - 고강도 구조용 국산 목재 제작 기술
  - 고강도 구조용 국산 목재 제작 시스템 가이드라인
- (1-3) 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발
  - 구조용 목재 단면 크기별 물성 보고서
  - 구조용 목재의 휨 성능 분석 보고서
  - 하이브리드 접합 방법에 따른 성능 분석 보고서
  - 하이브리드 부재 프로토타입 제작
  - 부재 생산 OSC 전략 수립 보고서
  - 하이브리드 단면 설계 제작 매뉴얼
- (1-4) 대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발
  - 목재의 내화 및 내구성능 관련 선행연구 조사보고서
  - 기존 대비 상위 Tier의 약제 개발
  - 접합철물의 용융 방지를 위한 기술 보고서
  - 약제 적용 단위 목재 및 구조용 부재의 내화·내구성능 DB
  - 시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증보고서
- (2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립 설계 기술개발
  - (2-1) 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발
    - 비정형 건축물의 위상 최적화 플랫폼
    - 구조 형상에 따른 성능평가 알고리즘
    - 구조물의 건전성 예측 알고리즘
    - 구조 안정성 검증 소프트웨어
  - (2-2) 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발
    - 목조 대공간 건축물의 지진응답 예측 알고리즘
    - 스마트 감쇠 장치 최적 설계 알고리즘
    - 스마트 면진 시스템 최적 설계 알고리즘
    - 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어
  - (2-3) 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발
    - 목조 대공간 건축물의 접합 형태 분석 보고서
    - 접합 요구 성능분석 보고서
    - 목조 대공간 건축물 접합부 프로토타입
    - 접합부 설계 소프트웨어
    - 접합부 설계 매뉴얼
  - (2-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조설계 및 안정화 기술개발
    - 하이브리드 목조 대공간 건축물 프로토타입

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

- 하이브리드 목조 대공간 건축물 부재 자동화 설계 소프트웨어
- 하이브리드 목조 대공간 건축물 설계 표준안
- 안정성 해석 소프트웨어
- 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조기준(안)

### (3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발

#### ○ (3-1) 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발

- 탄소제로 요소기술 보고서
- 환경성 평가 기술보고서 및 지침
- 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 알고리즘
- 환경성능 통합 평가 소프트웨어
- 가상센서 기반 통합 모니터링 시스템
- 환경성 평가 정보 제공 플랫폼

#### ○ (3-2) 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발

- 목조 대공간 건축물의 열적 특성 분석 보고서
- 냉난방 자동 조절 최적화 알고리즘
- 실내 환경 제어/관리 시스템
- 운영 및 유지관리 가이드라인

#### ○ (3-3) 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발

- 목조 대공간 건축물 실내 환경 정보 보고서
- 실내 탄소 발생 시뮬레이션 소프트웨어
- 실내 공기 환경 모니터링 시스템
- 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템
- 모니터링 시스템 가이드라인

#### ○ (3-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발

- 목재 습기 반응 예방 알고리즘
- 화재 예방 모니터링 시스템
- 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼
- 습기 제어 시스템 및 화재 조기 알람 시스템 매뉴얼

### (4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발

#### ○ (4-1) 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발

- 목조 대공간 건축물의 시공 기법 검토 보고서
- 목조 대공간 건축물의 유지관리 제어 시스템
- 통합 유지관리 모니터링 시스템
- 통합 유지관리 모니터링 시스템 매뉴얼
- 목조 대공간 건축물의 건축구조기준 개정(안)

#### ○ (4-2) 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발

- 아웃링 구조 시스템 분석 보고서
- 구조 시스템별 구조적 성능검증 보고서
- 단위 모듈별 시공 시방서

- 단위 모듈별 변형 예측 및 보정 시스템

○ (4-3) 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발

- 최적 센서 네트워크 시스템
- 영상정보 기반 대변형 평가 보고서
- 시공 및 유지관리 스마트 복합 센싱 기반 관리 시스템
- 드론 활용 포터블 계측 시스템
- 계측 데이터 기반 구조 건전성 평가 보고서

○ (4-4) 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발

- 목조 부재의 노후화 관측 시스템
- 정착부 및 접합부 제어 시스템
- IOT 기반 거동 분석 시스템
- 지진응답 예측 시스템
- 접합부의 장수명 유지관리 시방서

## 6. 활용방안 및 기대효과

○ 목조 건축물 고도화 발판 마련

- 부재 단위 실험 또는 해석, 중·소규모 및 대규모 목조 대공간 건축물 실증화로 인해 각 기술들의 성능을 기검증하였기 때문에 목조 대공간 건축물 관련 기술의 기초 자료로서의 활용과 기술 고도화 발판 마련 가능
- 각 세부에서 발생하는 정량적 성과는 대학, 연구소, 기업체 등의 연구기관에서 수요가 있을 것으로 판단

○ 중소 업체 활성화 및 고용 창출

- 목조 대공간 건축물 건설 관련 기술을 국내에서 보유함으로써 설계·시공·에너지 및 환경·유지관리의 통합적 시스템을 구축할 수 있으며, 각종 특수 공법 및 특수재료 전문화로 중소건설업체의 활성화와 고용 창출이 가능함

○ 목조건축 시장 활성화

- 국내 체육시설의 리모델링 시점이 다가왔기 때문에 체육시설 지붕 구조물의 리모델링을 위해 목조 대공간의 적용이 가능하며, 국내 목조 관련 시장의 활성화 가능
- 탄소제로 건축물 개발은 새로운 시장을 창출하고, 친환경 건축 자재와 기술의 수요 등 관련 산업의 성장 촉진
- 본 연구 관련 고급 기술력을 이용한 설계 및 엔지니어링 등 해외시장 고부가가치 영역의 점유율 향상에 기여 가능

○ 목조 건축물 관련 참고 자료로 활용 가능

- 현재 명확하게 정의되지 않은 목조건축 기술 관련 구조기준안을 제·개정을 제안함으로써 국토교통부와 같은 국가 기관에서 기준 마련을 위해 참고 자료로써 사용 가능
- 대공간 목조 건축물 실증을 통한 정량적 성능확보와 인증에 대한 표준 프로세스 구축 가능

## 7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간: 2025.01. ~ 2030.12. (총 6년)

- [1단계] 연구개발기간: 2025.01. ~ 2025.12. (12개월)
- [2단계] 연구개발기간: 2026.01. ~ 2028.12. (36개월)
- [3단계] 연구개발기간: 2029.01. ~ 2030.12. (24개월)

1

2

3

4

5

6

7장

과제제안요구서(RFP)

8

9

## 7 장 | 과제 제안요구서(RFP)

- 총 연구개발비 : 33,183,544 천원
  - 정부출연금: 24,887,692 천원
  - 민간부담금: 8,295,852 천원
  - \* 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
  - \* 영리 기관이 참여하는 경우, 민간부담금은 「국가연구개발혁신법 시행령(별표1)」을 따름. 또한, 추가 부담이 가능하며, 민간부담금 비율을 준수해야 함
  - \* 연구개발비에 대한 구체적 산정 내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

### 8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구개발계획서는 과제 제안요구서(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 수행 중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 과제의 연구개발 결과물의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
  - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 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 착수 시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화 제시
- 연구개발계획서에 세부과제 간 연구내용 및 성과의 연계·활용을 위한 전략제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRL을 기반으로 전체 개발기술과 성과물 간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
  - 과학 기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표 수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 하며, 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행 실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술 조사 또는 제공, 시험시공 현장 제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제 공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동 연구 추진 방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진 방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구 기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구 목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화) 할 수 있으며, 연구추진 과정에서 관련 기술 환경변화에 따라 연구 내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

## 8장. 전략계획서

2025년도

# 국가연구개발사업 전략계획서

1

2

3

4

5

6

7

8장

전략  
계획서

9

8장 전략계획서

## 국토교통부

**사업명: 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발 사업**

작성자	작성 부서	△△국(설) ◇◇과	작성 실무자 및 연락처	○○○사무관(주무관) / 전화번호 / e-mail
	작성 책임자	◇◇과장 ○○○		○○○기관 ○○○연구원/ 전화번호 / e-mail ①

① 부서 담당자 외 유관기관 담당 실무자가 있을 경우 기관명과 담당자 성명, 직책, 연락처를 기재

# 1. 사업개요

## ① 사업명

사업명	단위사업	국토교통연구기획사업
	세부사업	200미터급 탄소제로 목조 대공간 건축물 건설 기술개발
	내역사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</li> <li>○ 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</li> <li>○ 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</li> <li>○ 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</li> </ul>

## ② 사업목적

사업목적	2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증
------	--

## ③ 사업추진경위

추진 근거	법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2013년 「목재이용법」의 제정으로 국산 목재 또는 국산 목재제품을 대통령령으로 정하는 일정 비율 이상으로 우선 구매</li> <li>○ 2013년 「탄소흡수원법」의 제정으로 목재의 이용 증진 및 탄소흡수원 유지 및 증진 활동에 대해 행정적·재정적 지원</li> <li>○ 2020년 「건축물구조기준규칙」의 목구조 건축에 대한 규모제한 조항 삭제</li> <li>○ 2021년 「녹색성장법」 폐지 후, 「탄소중립기본법」을 제정하여 중장기 온실가스 감축목표 설정과 이를 달성하기 위한 기후위기 대응 체계를 정비</li> </ul>
	상위계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2050 탄소중립 추진전략 수립                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소중립·녹색성장, 글로벌 중추국가로의 도약" 전략목표 수립</li> <li>탄소중립·녹색성장, 글로벌 중추국가로의 도약" 전략목표 수립</li> <li>탄소 중립·녹색성장, 글로벌 중추 국가로의 도약" 전략목표 수립</li> </ul> </li> <li>○ 2024년 국토부, 산림청 공동, 「탄소중립 실현을 위한 목조 건축물의 활성화에 관한 법률」 마련 및 법률제정 추진 진행 중</li> </ul>

## ④ 사업현황

사업 구분	계속사업 <input type="checkbox"/> 기한사업 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업추진방식	상향식 <input type="checkbox"/> 혼합식 <input type="checkbox"/> 하향식 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업유형	중장기산업기술개발		
다부처 여부	다부처 <input type="checkbox"/>	참여부처 (다부처사업)	-
사업기간	‘25년~’30년	총사업비	331.8억 원
사업규모	연구단	지원대상	대학·전문대학의 이공계 분야 교원, 국·공립·정부출연·민간 연구소 연구원 등
지원형태	직접수행	지원조건	민간부담금 30%
사업시행주체	국토교통과학기술진흥원		
에미타당성 통과여부	에미타(사업타당성 평가 포함) <input type="checkbox"/>		

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8장 전략계획서  
9

8장 전략계획서

5 사업추진체계 및 전략

<p>사업수행주체</p>	<p>○ 추진주체 간 역할분담: 사업총괄-전문기관-연구단</p> <table border="1" data-bbox="443 280 1399 495"> <thead> <tr> <th>수행주체</th> <th>역할 세부내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>사업총괄</td> <td>○ 사업총괄 및 주요 의사결정 등</td> </tr> <tr> <td>전문기관</td> <td>○ 과제 공고 및 선정, 관리, 점검 및 평가 등</td> </tr> <tr> <td>연구단</td> <td>○ 실질적 연구 및 성과 창출, 진도점검, 과제조정, 성과 활용 등</td> </tr> </tbody> </table>	수행주체	역할 세부내용	사업총괄	○ 사업총괄 및 주요 의사결정 등	전문기관	○ 과제 공고 및 선정, 관리, 점검 및 평가 등	연구단	○ 실질적 연구 및 성과 창출, 진도점검, 과제조정, 성과 활용 등
	수행주체	역할 세부내용							
사업총괄	○ 사업총괄 및 주요 의사결정 등								
전문기관	○ 과제 공고 및 선정, 관리, 점검 및 평가 등								
연구단	○ 실질적 연구 및 성과 창출, 진도점검, 과제조정, 성과 활용 등								
<p>사업추진전략</p>	<p style="text-align: center;"><b>추진전략</b></p> <p>○ 사업추진의 흐름도 제시</p> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" data-bbox="435 958 1406 1310"> <thead> <tr> <th>1세부</th> <th>2세부</th> <th>3세부</th> <th>4세부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</p> <p>1-1 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</p> <p>1-2 고성능 목조 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발</p> <p>1-3 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</p> <p>1-4 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발</p> </td> <td> <p>목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</p> <p>2-1 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</p> <p>2-2 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</p> <p>2-3 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발</p> <p>2-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술 개발</p> </td> <td> <p>목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</p> <p>3-1 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</p> <p>3-2 목조 대공간 건축물의 열환경 관리 시스템 기술개발</p> <p>3-3 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(AQ) 평가 기술개발</p> <p>3-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</p> </td> <td> <p>목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</p> <p>4-1 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</p> <p>4-2 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발</p> <p>4-3 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</p> <p>4-4 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</p> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>R&amp;D 선주기 사업관리 계획</b></p> <p>○ 사업총괄</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업총괄 및 주요 의사결정</li> <li>- 사업예산 확보 및 배분</li> <li>- 타 부처와의 협의 등</li> </ul> <p>○ 전문기관</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 공고 및 선정, 협약 및 사업비 지급, 진도 점검, 중간 및 최종 평가, 사업관리, 사업비 정산 관리 등</li> <li>- 평가위원회 및 운영위원회 구성 및 운영</li> <li>- 성과분석 및 연계·확산 지원 등</li> </ul> <p>○ 평가위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 제안서 평가</li> <li>- 현장실태 점검, 중간 및 최종 평가</li> <li>- 최종성과 평가</li> </ul> <p>○ 운영위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운영위원회 위원장 및 위원 구성</li> <li>- 사업 세부시행계획, 주요 변경 내용 등 검토 심의·조정</li> </ul>	1세부	2세부	3세부	4세부	<p>목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</p> <p>1-1 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</p> <p>1-2 고성능 목조 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발</p> <p>1-3 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</p> <p>1-4 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</p> <p>2-1 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</p> <p>2-2 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</p> <p>2-3 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발</p> <p>2-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술 개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</p> <p>3-1 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</p> <p>3-2 목조 대공간 건축물의 열환경 관리 시스템 기술개발</p> <p>3-3 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(AQ) 평가 기술개발</p> <p>3-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</p> <p>4-1 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</p> <p>4-2 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발</p> <p>4-3 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</p> <p>4-4 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</p>
1세부	2세부	3세부	4세부						
<p>목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발</p> <p>1-1 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발</p> <p>1-2 고성능 목조 설계 및 제작 매뉴얼 기술개발</p> <p>1-3 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발</p> <p>1-4 대단면 목재 내화·내구성 향상 기술개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</p> <p>2-1 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발</p> <p>2-2 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발</p> <p>2-3 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발</p> <p>2-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 설계 및 안정화 기술 개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</p> <p>3-1 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내환경 성능평가 기술개발</p> <p>3-2 목조 대공간 건축물의 열환경 관리 시스템 기술개발</p> <p>3-3 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(AQ) 평가 기술개발</p> <p>3-4 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재예방 시스템 기술개발</p>	<p>목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</p> <p>4-1 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</p> <p>4-2 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발</p> <p>4-3 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</p> <p>4-4 목조 대공간 건축물의 IOT 기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발</p>						

위험요인 및 극복방안	위험요인	극복방안
수혜자	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 위험요인 및 극복방안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조건축에 대한 국내 사회의 부정적 인식</li> <li>○ R&amp;D 국가 예산을 활용한 실증화 사업 적용 미흡</li> <li>○ 국내 대규모 목조건축 기술 미흡</li> <li>○ 해외에 의존하는 목재 수입의 불안정</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조건축의 장점을 홍보하는 캠페인 진행</li> <li>- R&amp;D투자 강화 및 실증화 사업 확대</li> <li>- 첨단 목조건축 기술 연구 및 개발 촉진</li> <li>- 목재 수입 비용 절감 및 효율성 증대 방안 마련</li> </ul>
과학기술적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 건설 기술 활용</li> <li>- 목조 대공간 건축물 규모에 따른 SOC 전략 활용</li> <li>- 목조 구조요소별 표준공정 및 표준모델 활용</li> <li>- 대형 목조 시장을 활용한 기존 오픈형 공공체육 시설물 리모델링 기술 활용</li> </ul> </li> <li>○ 설계사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 설계기술 활용</li> <li>- 자재단계 에너지 절약 설계 및 PTFE 막재 설계기술 활용</li> <li>- 목조 대공간 건축물 규모별 디테일 설계기술 활용</li> </ul> </li> <li>○ 구조엔지니어링사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대단면 목재의 구조성능의 정량화 및 강도설계에 활용</li> <li>- 목강 또는 목원크리트 하이브리드 구조 인터페이스 기술 활용</li> <li>- 대공간 목조 건축물의 장성간 접합부 요소기술 활용</li> </ul> </li> <li>○ 목재 가공기업                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대경간 CLT 및 GLT 부재 강도 및 연성능력 정량화 기술 활용</li> <li>- 비정형 곡면 목조 부재 생산을 위한 가공 기술 활용</li> <li>- 구조 부위별 구조성능 향상을 위한 재료 수준 가공 기술 활용</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>[기술적 파급효과]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 관련 기술 고도화를 통한 경쟁력 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 분야에서의 기술 선진국과 기술 격차를 완화함으로써 국내 건축 기술 발전에 기여할 수 있으며, 국산 기술 고도화 가능</li> <li>- 재생 가능 자재의 개발, 에너지 효율적 설계 기술 등 탄소제로 목조 건축물을 구축하는데 필요한 신기술개발</li> <li>- 미래 건축에 대한 국내 원천기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ 융합 기술 및 스마트 건축 기술 향상 및 관련 연구 활성화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 기술의 집대성을 통한 기술 고도화 발전 마련 및 공학목재의 다양한 제조, 구조 및 내화에 관한 다양한 연구 활성화</li> <li>- 목조 건축물 공정 분야에서 자동화 및 로봇 기술 적용, 관리 측면에서 디지털화 및 스마트 건축 시스템 등 다양한 분야와의 기술 접목 가능</li> <li>- 제로에너지 건축물 달성을 위한 요소기술 중 하나로 목재의 적용성 고려</li> </ul> </li> </ul>
사회경제적 기대효과	<p><b>[사회적 파급효과]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지속 가능한 발전과 국가 이미지 향상                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연 친화적인 목조 건축물의 도입을 통한 도시 미관 향상과 다양한 산업 및 경제 부문에서 긍정적인 영향으로 미래 세대에게 지속 가능한 발전의 모범 사례 제공</li> <li>- 탄소중립 실현할 수 있는 건축물로의 전환을 통해 국가 이미지 제고와 친환경 건축 활성화 및 자연형 산업으로 성장 가능</li> </ul> </li> <li>○ 목조 건축물에 대한 사회적 인식 제고                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 기술을 이용한 목조 대공간 건축물 실증을 통한 목조건축에 대한 부정적 인식 개선과 목조 건축물에 관한 연구 성과확산을 통한 관련 분야의 전문가 양성 및 일반인의 이해도 향상</li> </ul> </li> </ul>	

**6 사업기대효과**

과학기술적 기대효과	<p><b>[기술적 파급효과]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 관련 기술 고도화를 통한 경쟁력 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 분야에서의 기술 선진국과 기술 격차를 완화함으로써 국내 건축 기술 발전에 기여할 수 있으며, 국산 기술 고도화 가능</li> <li>- 재생 가능 자재의 개발, 에너지 효율적 설계 기술 등 탄소제로 목조 건축물을 구축하는데 필요한 신기술개발</li> <li>- 미래 건축에 대한 국내 원천기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ 융합 기술 및 스마트 건축 기술 향상 및 관련 연구 활성화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 기술의 집대성을 통한 기술 고도화 발전 마련 및 공학목재의 다양한 제조, 구조 및 내화에 관한 다양한 연구 활성화</li> <li>- 목조 건축물 공정 분야에서 자동화 및 로봇 기술 적용, 관리 측면에서 디지털화 및 스마트 건축 시스템 등 다양한 분야와의 기술 접목 가능</li> <li>- 제로에너지 건축물 달성을 위한 요소기술 중 하나로 목재의 적용성 고려</li> </ul> </li> </ul>	
사회경제적 기대효과	<p><b>[사회적 파급효과]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지속 가능한 발전과 국가 이미지 향상                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연 친화적인 목조 건축물의 도입을 통한 도시 미관 향상과 다양한 산업 및 경제 부문에서 긍정적인 영향으로 미래 세대에게 지속 가능한 발전의 모범 사례 제공</li> <li>- 탄소중립 실현할 수 있는 건축물로의 전환을 통해 국가 이미지 제고와 친환경 건축 활성화 및 자연형 산업으로 성장 가능</li> </ul> </li> <li>○ 목조 건축물에 대한 사회적 인식 제고                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 기술을 이용한 목조 대공간 건축물 실증을 통한 목조건축에 대한 부정적 인식 개선과 목조 건축물에 관한 연구 성과확산을 통한 관련 분야의 전문가 양성 및 일반인의 이해도 향상</li> </ul> </li> </ul>	

8장 전략계획서

	<p><b>[경제적 파급효과]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조 대공간 건축물의 효율성 확보 가능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자재 제조비, 시공비, 공기단축 감소를 통한 목조 건축물의 효율성 확보가 가능하며, 선 생애주기 관점에서 탄소배출량 저감에 효율적인 목조 건축물의 활성화 가능</li> <li>- 목조 대공간 건축물 관련 기술 선진화 및 높은 품질의 목조건축을 달성하여 해외 시장에서의 경쟁력 강화</li> </ul> </li> <li>○ 목조 관련 시장 경제 성장 및 새로운 일자리 창출             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소제로 목조 건축물 개발로 새로운 시장 창출이 가능하며, 친환경 건축 자재와 기술의 수요 등 관련 산업의 성장 촉진</li> <li>- 국산 목재의 대형수요 창출을 통한 국내 임산자원의 고부가가치화 및 CLT 및 GLT 공학목재 부재 건축물 사용 활성화</li> <li>- 수입에 의존하는 구조용 목재를 국산재로 대체함으로써 해외시장 목재 가격 변동에 따른 내수시장 영향 감소</li> </ul> </li> </ul>
--	--

7 사업내용

<b>예산 규모</b>	<b>['25년도 신규사업]</b>							
	(천 원)							
	<b>구분</b>		<b>'25년도 예산</b>	<b>'26년도 예산</b>	<b>'27년도 예산</b>	<b>'28년도 예산</b>	<b>'29년도 예산</b>	<b>'30년도 예산</b>
	목조 대공간 건축물 건설 기술개발	24,887,692	1,714,944	4,014,311	4,519,651	5,334,308	5,360,476	3,944,002
	▪ 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 단단면 부재 기술개발	6,141,811	399,427	978,293	1,136,389	1,185,378	1,503,575	938,749
	▪ 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립친계 기술개발	5,543,948	419,499	954,712	913,512	1,003,960	1,275,188	977,077
	▪ 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	5,528,675	435,705	814,653	897,768	1,023,833	1,304,951	1,051,765
▪ 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	7,673,258	460,313	1,266,653	1,571,982	2,121,137	1,276,762	976,411	
<b>세부 내용</b>	<b>내역사업</b>	<b>주요 내용</b>						
	▪ (1세부) 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 단단면 부재 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1-1) 고성능 목조 부재를 위한 3축 가공 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내·외 목재 가공 기술 현황 조사 및 분석</li> <li>- 국외 목재 가공 로봇 기술 조사 및 분석</li> <li>- 구조용 목재 가공을 위한 기계식 장치의 성능 정의</li> <li>- 목조 대공간 건축물에 적합한 선형 가공 기술개발</li> <li>- 정형 및 비정형 단면 도출이 가능한 모듈 설계기술 및 3축 가공 기술개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물 부재 제작을 위한 프로토타입 제작</li> <li>- 비정형 모듈 프로토타입 제작</li> <li>- 공학용 목재의 생산 효율성 확보를 위한 제작 프로세스 구축</li> <li>- 가공 기술 관련 가이드라인 개발</li> <li>- 고성능 목재 부재의 제작 표준화 기술개발</li> </ul> </li> <li>○ (1-2) 고성능 목재 선재 및 제작 매뉴얼 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국산 목재 수종에 따른 재료 불성치 DB화</li> <li>- 목조 대공간 건축물을 위한 목재의 요구 성능 정의</li> <li>- 소·중·대단면 국산 목재의 수종별 구조 성능평가 및 분석</li> <li>- 재료성능 표준화 및 DB 구축</li> </ul> </li> </ul>						

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조적 성능이 향상된 고강도 구조용 목재 개발</li> <li>- 고강도 구조용 목재의 성능평가 및 설계 시스템 개발</li> <li>- 고강도 구조용 목재 설계 및 유지관리 통합 모니터링 시스템 및 가이드라인 개발</li> <li>- 실증을 통한 고강도 구조용 목재의 성능검증</li> <li>○ (1-3) 하이브리드 단면의 설계 및 제작 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물을 위한 공학용 목재의 물성 정의</li> <li>- 하이브리드 구조용 목재의 내력 형태 성능 분석</li> <li>- 소·중단면의 구조적 성능검증</li> <li>- 대단면의 구조적 성능평가 및 불연성 평가</li> <li>- 요구 성능에 따른 부재 설계 시스템 개발</li> <li>- 규모별 소요강도 및 요구 단면 예측</li> <li>- 하이브리드 부재 설계 시스템 개발 및 프로토타입을 통한 성능검증</li> <li>- 하이브리드 부재 설계 및 제작 표준화 기술개발</li> <li>- 부재 규격화를 통한 생산성 확보 및 OSC 전략 수립</li> </ul> </li> <li>○ (1-4) 대단면 목재 내화·내구성능 향상 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목재의 내화성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석</li> <li>- 내구(치수안정성, 방부 등)성능 향상을 위한 선진 기술 조사 및 분석</li> <li>- 기존 대비 성능, 안정성, 지속성, 경제성 등이 향상된 약제 개발</li> <li>- 단위 목재의 약제 적용 방법(도포, 침지, 가압, 접착제 혼합 등)에 따른 유효성 및 내화·내구 성능 비교 및 분석</li> <li>- 구조용 목재의 약제 적용을 위한 접착 기술개발</li> <li>- 접합철물의 용융 방지를 위한 기술개발</li> <li>- 약제 적용 구조용 목재의 내화·내구성능 평가 및 성능 DB 구축</li> <li>- 200m급 대공간 목조 건축물의 부재 유형을 고려한 구조용 내화 및 내구성 향상 목재의 성능 평가</li> <li>- 시뮬레이션 화재 실험을 통한 내화 성능 검증</li> </ul> </li> </ul>
<p>▪ (2세부) 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (2-1) 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물 구조에 적합한 자가지지 비정형 형상 분석</li> <li>- 비정형 건축 부재의 유형별 체계화 및 최적화 개념 설계</li> <li>- 비정형성 구조를 위한 구조 형상 설계 및 해석</li> <li>- 비정형성 건축 부재 시제품 제작 및 구조해석 시뮬레이션</li> <li>- 비정형성 건축물의 위상 최적화 플랫폼 및 구조 시스템 모듈</li> <li>- 구조 형상 성능평가 알고리즘 고도화 및 사용성, 경제성 검증</li> <li>- 비정형성 건축 부재 결합 시제품 제작</li> <li>- 구조 시스템의 구조성능평가</li> <li>- Rhino 및 Grasshopper를 이용한 모형 및 그래픽 모델 시각화 통합 기술 검증</li> <li>- 구조물 전진성 예측을 위한 알고리즘 및 통합 구조설계 개발</li> <li>- 조립식 Precast 건축 부재 적용을 통한 구조 안정성 검증</li> </ul> </li> <li>○ (2-2) 내진성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기하 및 재료 비선형성을 고려한 목조 대공간 건축물의 지진응답 DB 구축</li> <li>- 기계학습 기반 목구조 대공간 건축물의 지진응답 예측모델 개발</li> <li>- 다양한 지진동 및 지반운동 강도를 고려한 지진응답 DB 구축</li> <li>- 기계학습 기반 목조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가모델 개발</li> <li>- 강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 감쇠장치 및 면진시스템 최적 설계기술개발</li> <li>- 강화학습을 이용한 목조 대공간 건축물의 스마트 TMD(tuned mass damper) 최적설계 기술개발</li> <li>- 인공지능을 이용한 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어 개발</li> </ul> </li> </ul>

8장 전략계획서

<p>▪ (3세부) 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (2-3) 목조 대공간 건축물의 접합부 설계 프로그램 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 구조물 사례 조사 및 규모·시스템별 적용 단면 분석</li> <li>- 라이프-스펜이에 따른 소요 단면 설계</li> <li>- 접합부 종료에 따른 특성 분석 및 접합 프로토타입 생성</li> <li>- 접합부 요구 성능 항목 분석 및 프로토타입 개발</li> <li>- 접합부 소요 성능의 확보 여부 평가기술</li> <li>- 접합 프로토타입 설계 및 접합성능 기준표 제안</li> <li>- 접합 프로토타입의 성능 비교 분석과 상세 설계 및 제작방법 제시</li> <li>- 접합부 설계 소프트웨어 개발 및 목조 대공간 건축물 접합부 설계 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ (2-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조설계 및 안정화 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국형 하이브리드 프로토타입 정립</li> <li>- 실증 구축에 요구되는 핵심기술 정의</li> <li>- 하이브리드 부재 형상 개발 및 설계기술개발</li> <li>- 하이브리드 부재 자동화 설계 프로그램 개발</li> <li>- 하이브리드 목조 대공간 구조 시스템의 규모에 따른 설계 표준안 개발</li> <li>- 기하학적 재료 비선형상을 고려한 해석모델 구축</li> <li>- 구조설계 프로그램 및 안정성 해석 프로그램 개발</li> <li>- 하이브리드 구조 시스템의 경제성 확보를 위한 구조설계 매뉴얼 개발</li> <li>- 부재, 접합부, 안정화를 위한 구조설계기준(안) 마련 및 시방서 구축</li> </ul> </li> <li>○ (3-1) 목조 대공간 건축물의 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소제로 구현을 위한 요소 기술 정의</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 기술 정의</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 실내 및 설계 부위별 환경기준 도출</li> <li>- 설계(안)의 에너지 요구량 및 실내 환경 평가</li> <li>- 건축, 공조설비, 신재생 설비의 통합 운영전략 구축</li> <li>- 환경성 평가를 위한 평가지침 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 환경성 평가 알고리즘 개발</li> <li>- 환경성능 통합 평가 프로그램 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 가상센서 기반 통합 모니터링 시스템 구축</li> <li>- 에너지 및 실내 환경 성능 평가 기준(안) 마련</li> <li>- 환경성 평가 정보 제공 플랫폼 개발</li> </ul> </li> <li>○ (3-2) 목조 대공간 건축물의 열 환경 관리 시스템 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목재별 열 전도성 및 열용량 분석</li> <li>- 시뮬레이션을 통한 목조 건축물의 열 기동 모델링</li> <li>- 패시브 난방 및 냉방 전략 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 실내 환경 제어 시스템 개발</li> <li>- 환경 제어 시스템 성능 고도화 및 효과·비용성 평가</li> <li>- 최적 난방·냉방 시간 결정 및 자동 조절 알고리즘 개발</li> <li>- 제어 시스템 프로토타입 구축 및 성능 검증</li> <li>- 다기능(습도, 음향 등) 환경 관리 시스템 구축</li> <li>- 쾌적성, 시스템 응답성 및 비용 효율성을 고려한 성능 최적화</li> <li>- 목조 대공간 건축물용 환경 관리 시스템 개발</li> <li>- 운영 및 유지관리 가이드라인 및 프로토콜 개발</li> </ul> </li> <li>○ (3-3) 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물의 실내 공기 환경 조사 및 선행연구 조사</li> <li>- 자재 및 마감 재료에 따른 실내 환경 정보 조사</li> <li>- 자재에 따른 실내 공기 환경평가</li> <li>- 이용자 특성에 따른 실내 이산화탄소 배출 측정 및 시뮬레이션 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 자재에 따른 실내 오염물질 DB화</li> </ul> </li> </ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 오염물질 농도 분석 및 평가</li> <li>- 실내 공기 환경 모니터링 및 시뮬레이션을 통한 환기 성능 평가</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 실시간 실내 환경 데이터 플랫폼 구축</li> <li>- 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발 및 가이드라인 제시</li> </ul> <p>○ (3-4) 하이브리드 목조 대공간 건축물의 습기 제어 및 화재 예방 시스템 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조습성 및 부패, 변형에 대한 이론 고찰과 제습 기준 마련</li> <li>- 가연성 특성을 고려한 조기 화재 예방 이론 고찰</li> <li>- 목재의 습기 반응(부패 및 변형) 예방 알고리즘 개발</li> <li>- 목재 종류에 따른 습기 제어 성능 검증</li> <li>- 화재 예방 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템 구축</li> <li>- 화재 발생 감지 및 알람 기술 검증 시스템 고도화</li> <li>- 습기 제어 시스템 및 화재 조기 알람 장치 실증 및 메뉴얼 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 플랫폼 구축</li> <li>- 습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 운영 가이드라인 개발</li> </ul>
<p>▪ (4세부) 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</p>	<p>○ (4-1) 목조 대공간 건축물의 시공 및 유지관리 통합 시스템 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 형태에 따른 시공 기술 조사 및 현황 분석</li> <li>- 목조 대공간 건축물에 적용 가능한 시공 기술 분석</li> <li>- 규모별 목조 대공간 건축물 지붕 시공 프로세스에 적용 가능한 기술 분류</li> <li>- 유지관리 방안 및 요구조건 조사</li> <li>- 기술에 따른 탄소 배출량 평가 및 최적 시공 프로세스 방안 마련</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 점검 및 진단 프로세스 개발</li> <li>- 수직 및 수평 하중에 따른 점검 및 진단 센서 개발 및 제어 시스템 구축</li> <li>- 목조 대공간 건축물을 위한 통합 유지관리 모니터링 시스템 구축</li> <li>- 규모별 목조 대공간 건축물의 시공 및 모니터링 메뉴얼 개발</li> <li>- 구조적 안전성 평가 시스템 개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물의 건축구조기준 개정안 마련</li> </ul> <p>○ (4-2) 목조 대공간 건축물의 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 철근콘크리트 아웃링 구조 시스템 현황 조사</li> <li>- 상세 도면 등을 이용한 구조 시스템 분석</li> <li>- 목조 아치-트리스용 아웃링 구조 시스템 개발</li> <li>- 단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 설계 기술개발</li> <li>- 시뮬레이션 및 실험을 통한 구조적 성능검증</li> <li>- 탄소 배출량 저감을 위한 OSC 공법 개발</li> <li>- 시간 의존적 변형(크리프 및 건조수축) 예측 및 보정 시스템 개발</li> <li>- 단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 모듈 설계 시스템 개발</li> <li>- 설치설계를 통한 시스템 검증 및 고도화</li> </ul> <p>○ (4-3) 구조 건전성 평가를 위한 스마트 복합센싱 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 정밀도 확보와 안전성 평가에 적합한 계측부 모듈</li> <li>- 시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 모듈</li> <li>- 요구 센서 선정 및 조합을 통한 상시 계측 시스템 구축</li> <li>- 영상정보 기반 대변형 평가 기술개발</li> <li>- 수요자 편의형 디스플레이 타입 관리시스템 구축</li> <li>- 최적 센서 네트워크 구축 및 데이터 송수신 정량화</li> <li>- 드론 활용 포터블 계측 시스템 구축</li> <li>- 구조 거동 및 동특성 기반 구조 건전성 평가기술 테스트베드 및 현장 적용 시 스마트 복합 센싱 적용 및 실증</li> <li>- 계측 데이터 기반 구조 건전성 평가기술 실증</li> <li>- 관리 시스템의 활용성 확대화</li> </ul>

# 8 장 전략계획서

- (4-4) 목조 대공간 건축물의 IOT기반 장수명 유지관리 시스템 기술개발
  - IOT 기술을 활용한 목조 대공간 건축물에 적용 가능 기술 조사
  - 목조 대공간 건축물의 정착부 및 접합부 디테일
  - 대변위 발생 시 정착부 및 접합부 제어 시스템 개발
  - 목조 대공간 건축물의 구조적 특수성이 고려된 정착부 및 접합부 상세 개발
  - MEMS센서를 이용한 부재의 노후화 관측 시스템 개발
  - 시뮬레이션을 통한 구조적 안전성 검증
  - 목조 대공간 건축물의 건설도 평가법 개발
  - IOT를 이용한 목조 대공간 건축물의 지진응답예측 시스템 구축
  - 정착부 및 접합부의 장수명 유지관리 시스템 개발

## 연차별 추진내용(로드맵)

### ○ 1세부: 목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발



### ○ 2세부: 목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립 설계 기술개발



○ 3세부: 목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발



○ 4세부: 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발



# 8장 전략계획서

## 2. 단계별 성과목표 및 지표

### ① 전략목표

전략목표	중·소형(정간 50~100m) 및 대형(정간 200m 이상) 목조 대공간 건축물 실증을 통한 건설 분야의 탄소 배출량 감축
------	--

### 가.1단계 성과목표 및 지표

#### ② 단계별 성과목표

단계(평가주기)		1단계		기간		'25년	
단계별 성과목표						관련 내역사업명	
성과목표-1	목재 재료 성능 분석 및 요구 성능 조사	가중치	30	설정 근거	기획보고서 p.207-208, p.215 참고	목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 목재 기술개발	
성과목표-2	목조 대공간 건축물 목재 설계 및 구조 시스템	가중치	30	설정 근거	기획보고서 p.209-210 p.216 참고	목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	
성과목표-3	목조 대공간 건축물 실내 환경 특성 분석	가중치	20	설정 근거	기획보고서 p.211-212, p.217 참고	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	
성과목표-4	목조 대공간 건축물 시공 기술 조사	가중치	20	설정 근거	기획보고서 p.213-214, p.218 참고	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	

#### ③ 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과 지표명	단위	구분	실적 및 목표치		지표 유형	질적 지표	성과지표 선정 사유
				연도	2025				
성과목표-1	30	목재 가공 기술 현황 조사보고서	건	목표	1		산출 (양)	✓	국내 목재 3차원 가공기술의 양적·질적 수준의 파악
				실적					
		국산 목재 재료성능 보고서	건	목표	1		산출 (양)		국산 대단면 목재 강도 및 인성능력의 정량화
				실적					
구조용 목재 단면 크기별 물성 보고서	건	목표	1		산출 (양)	✓	구조용 목재의 성능선계를 위한 내구성 및 구조성능 확보		
		실적							
내화성능 향상 선진 기술 조사보고서	건	목표	1		산출 (양)		선진국의 목재 내화성능 향상기술 질적 수준 파악		
		실적							
성과목표-2	30	자가지지 비정형 형상 분석 보고서	건	목표	1		산출 (양)		국외 셀프서포트 비정형 형상 지붕 구조물의 사례 조사 필요
				실적					
		목조 대공간 건축물의 지진응답 예측	건	목표	1		산출 (양)	✓	지진 시 대공간 목조 건축물의 진동성상 파악 및 진동 제어

년계별 성과목표명	가 중 치	성과 지표명	단위	구분	실적 및 목표치	지표 유형	질적 지표	성과지표 선정 사유	
				연도	2025				
		알고리즘		실적					
		목조 대공간 건축물의 접합 형태 분석 보고서	건	목표	1	산출 (양)	✓	축력과 전단력 전달 접합부의 역학적 성능 분석	
		하이브리드 목조 대공간 건축물 프로토타입	건	목표	1	산출 (양)		하이브리드 접합부의 축력, 모멘트, 전단력 전달 메카니즘 규명	
				실적					
성과 목표 -3	목조 대공간 건축물 실내 환경 특성 분석	탄소제로 구현을 위한 요소기술 보고서	건	목표	1	산출 (양)	✓	실내외 친환경 요소기술의 재정립 및 성능평가	
				실적					
		목조 대공간 건축물의 열적 특성 분석 보고서	건	목표	1	산출 (양)		에너지 저감을 위한 대공간 목조 건축물의 열특성 규명	
				실적					
		목조 대공간 건축물 실내 환경 정보 보고서	건	목표	1	산출 (양)	✓	목조 대공간 건축물의 실내 공기 흐름 유효화 해석 필요	
				실적					
		하이브리드 부재의 제습 기준 보고서	건	목표	1	산출 (양)		빙상 및 수영 등의 체육시설 활용을 고려한 내습 구조물	
				실적					
성과 목표 -4	목조 대공간 건축물 시공 기술 조사	목조 대공간 건축물의 시공 기법 검토보고서	건	목표	1	산출 (양)		대공간 목조 건축물의 규모에 따른 스마트 OSC 공법	
				실적					
		아웃리ங 구조 시스템 분석 보고서	건	목표	1	산출 (양)	✓	지붕 축력부재의 축력 지반 전달을 위한 인장 및 압축링 부재의 구조성능	
				실적					
		시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 보고서	건	목표	1	산출 (양)	✓	규모별 OSC 시공을 위한 재료 및 시공 정밀도 기술 필요	
				실적					
		목조 대공간 건축물의 IOT 기술 활용보고서	건	목표	1	산출 (양)		IOT 기술을 활용한 스마트 유지관리 기술 필요	
				실적					
계									

④ 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 선정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
목재 가공 기술 현황 조사보고서	목재의 3차원 가공 기술 등을 포함한 첨단 스마트 목재 가공 기술, 장비, 생산능력, 가공 정밀도 등으로 목표치 선정	보고서 작성 및 보고서의 기술 수준 평가, 보고서 제출	기획보고서 p.207, p.215 참고
목재 목재 재료성능 보고서	실험 및 해석을 통한 단면의 크기별 성능선계에 필요한	실험 및 해석 결과 및 요구강도 및 변형능력의 정량화, 보고서 제출	기획보고서 p.208, p.215 참고

8장 전략계획서

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
	요구 강도 및 요구 변형능력 평가 등		
구조용 목재 단면 크기별 물성 보고서	목재의 단면 사이즈를 고려한 물성 파악 및 내구성 실험을 통한 내구성능의 정량화	내구성 실험결과 및 내구성의 정량화, 보고서 제출	기획보고서 p.208, p.215 참고
내화성능 향상 선진 기술 조사보고서	목재의 내화성능 향상을 위한 선진 사례분석 및 국내 적용방안 마련	보고서 작성 및 국내 기술 수준 평가, 보고서 제출	기획보고서 p.208, p.215 참고
자가지지 비정형 형상 분석 보고서	형태저항형 목조 지붕 구조물의 형태 분석	샘프서포트 비정형 형상 구조물의 해석 및 실험결과, 보고서 제출	기획보고서 p.209, p.216 참고
목조 대공간 건축물의 지진응답 예측 알고리즘	국내 지반 특성을 고려한 탄소싱 지진응답 시뮬레이션의 고도화	탄소싱 지진응답 시뮬레이션 프로그램의 개발 및 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.210, p.216 참고
목조 대공간 건축물의 접합 형태 분석 보고서	국외 목조 대공간 건축물의 접합 형태를 하중 규모에 따른 역학적 모델별 형태 구분	역학적 모델 분류 및 역학적 성능과학을 위한 탄소싱 해석 결과 보고서 제출	기획보고서 p.210, p.216 참고
하이브리드 목조 대공간 건축물 프로토타입	대공간 구현을 위한 목재와 강재의 하이브리드 구현기술	목강 하이브리드 구조 프로토타입 설계 및 제안, 보고서 제출	기획보고서 p.210, p.216 참고
탄소제로 구현을 위한 요소기술 보고서	대공간 목조 건축물의 탄소제로설계를 위한 자재 단계 줄 및 운영단계 기술의 분류	자재 단계 및 운영단계 탄소배출 감축량의 정량화, 보고서 제출	기획보고서 p.211, p.217 참고
목조 대공간 건축물의 열적 특성 분석 보고서	목조 대공간 건축물의 실내외 열전달 특성 분석 열 유동화 속도 해석	PVC 및 PTFE 막재의 열 부과 특성 해석 결과 및 유동화 속도장 분석 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.212, p.217 참고
목조 대공간 건축물 실내 환경 정보 보고서	목조 대공간 건축물의 실내 온열 환경 실측 및 분석	계절에 따른 대공간의 실내 온열 환경 변화 측정 결과 및 CFD해석 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.212, p.217 참고
하이브리드 부재의 제습 성능 향상 및 제습 컨트롤 성능 파악	하이브리드 부재의 제습 성능 향상 및 제습 컨트롤 성능 파악	하이브리드 부재의 제습의 안정화 기술 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.212, p.217 참고
목조 대공간 건축물의 시공 기법 검토보고서	대공간 목조 건축물의 규모에 OSC Erection 시공 기법 개발	Element 방식, Block 방식, Sliding 방식, Lift-up 방식의 적용 가능성 제안, 보고서 제출	기획보고서 p.213, p.218 참고
아웃링 구조 시스템 분석 보고서	대형 목조 류 건축물 지붕용 인장 아웃링 및 압축 아웃링의 기하학적 형태 분석	목조 류형 건축물의 내부 인장링과 외부 압축링의 해석 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.214, p.218 참고
시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 보고서	목조 대공간 건축물 규모별 OSC 시공을 위한 재료 및 시공 정밀도 향상 기술	규모별 OSC 공법 개발 및 정밀시공기술개발 결과, 보고서 제출	기획보고서 p.214, p.218 참고
목조 대공간 건축물의 IOT 기술 활용보고서	IOT 기술을 활용한 스마트 유지관리 기술 필요	규모별 ODC 공법 구현을 위한 드론 및 첨단 스마트기기를 활용한 시공 및 유지관리 기술개발, 보고서 제출	기획보고서 p.214, p.218 참고

## 나. 2단계 성과목표및지표

### ① 단계별 성과목표

단계(평가주기)		2단계			기간		'26년~'28년		
단계별 성과목표							관련 내역사업명		
성과목표-1	고성능 구조용 목재 및 하이브리드 단면 설계	가중치	20	설정근거	기획보고서 p.207-208, p.215 참고	목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 단면 부재 기술개발			
성과목표-2	목조 대공간 건축물 최적 구조 시스템 설계 및 하이브리드 부재 접합부 설계기술	가중치	20	설정근거	기획보고서 p.209-210 p.216 참고	목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발			
성과목표-3	목조 대공간 건축물 탄소배출량 평가 및 실내 환경 모니터링 시스템	가중치	30	설정근거	기획보고서 p.211-212, p.217 참고	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발			
성과목표-4	목조 대공간 건축물 시공 프로세스 및 유지관리 시스템	가중치	30	설정근거	기획보고서 p.213-214, p.218 참고	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발			

### ② 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과 지표명	단위	구분	실적 및 목표치			지표 유형	질적 지표	성과지표 선정 사유
				연도	2026	2027	2028			
성과목표-1 고성능 구조용 목재 및 하이브리드 단면 설계	20	비정형 모듈 설계 기술 및 3축 가공 기술	건	목표		1		산출 (양)	✓	비정형 지붕 구조물 구현을 위한 필수 목재 가공 및 제조 기술
				실적						
		고성능 구조용 목재 개발 및 설계 시스템	건	목표		1		산출 (양)	✓	대공간 목조 건축물의 고속력 부재 개발 필요 및 환경 설계기술 필요
				실적						
구조 성능이 확보된 하이브리드 프로토타입	건	목표		1		산출 (양)	✓	복합 하이브리드 접합부의 성능설계를 위한 프로토타입 필요		
		실적								
목조 대공간 건축물의 탄소 내화구조 개발	건	목표		1		산출 (양)	✓	실물 화재 실험을 통한 내화시간 확보 근거 마련		
		실적								
성과목표-2 목조 대공간 건축물 최적 구조 시스템 설계 및 하이브리드 부재 접합부 설계기술	20	건축 부재 대한 생성과 긴합을 통한 위상 최적화 구조 시스템	건	목표		1		산출 (양)	✓	기존 접합부를 대신하는 위상 최적화 접합부 개발 및 성능 확인 필요
				실적						
		목조 대공간 건축물 내진성능 향상 스마트 구조 제어 시스템	건	목표		1		산출 (양)	✓	사용기간 중의 대형 목조 건축물의 동적응답을 위한 스마트 진동 컨트롤 시스템 필요
				실적						
		접합부 프로토타입	건	목표		1		산출 (양)	✓	축력, 모멘트, 전단력 전달 접합부의 해석 결과를 바탕으로 한 프로토타입 제작
				실적						

8장 전략계획서

단계별 성과목표명	가중치	성과 지표명	단위	구분 실지 및 목표치			지표 유형	질적 지표	성과지표 설명 사유	
				연도	2026	2027				2028
		하이브리드 부재 및 안정화 설계기술	건	목표		1		산출 (양)	✓	복합 하이브리드 부재의 적합성확인 및 구조 안정성 검토 필요
				실적						
성과 목표 -3	목조 대공간 건축물 탄소 배출량 평가 및 실내 환경 모니터링 시스템	30	건	목표		1		산출 (양)	✓	목조 대공간 건축물의 자재 단계 및 운용단계 탄소 배출량 정밀 계산 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)		대공간 목조 건축물의 열 환경을 고려한 공기 유통 및 공조계획 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)	✓	대공간 목조 건축물의 실내공기질 개선 및 유해 대기오염물질 유동화 모니터링 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)		대공간 목조 건축물의 습도 컨트롤에 따른 화재감지기의 상승설계 필요
				실적						
성과 목표 -4	목조 대공간 건축물 시공 프로세스 및 유지관리 시스템	30	건	목표		1		산출 (양)		대공간 건축물의 장시간 및 재사용을 위한 역학 성능 및 환경 성능 등 통합 유지관리 시스템 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)	✓	목조 대공간 건축물의 규모에 따른 모듈별 아웃링 구조의 시공을 고려한 시스템 설계 필요 및 시공 시 발생하는 변형 예측 시스템 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)	✓	대공간 목조 건축물의 모듈별 조정된 시공을 위한 스마트 센싱 관리 시스템 개발 필요
				실적						
			건	목표		1		산출 (양)		지진 및 태풍 시를 고려한 구조물 상시 모니터링 IOT 시스템 구축
				실적						
계										

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
비정형 모듈 설계 기술 및 3축 가공 기술	비정형 지붕 구조물 시공을 위한 설계 및 부재 부재 가공 기술 확보 유무	보고서를 통한 대공간 목조 건축물의 비정형 지붕 구조물의 설계 가능성과 부재 생산 가능 확인 및 시공 가능성 확인	기획보고서 p.207, p.215 참고
고성능 구조용 부재 개발 및 설계 시스템	대공간 목조 건축물에 소요되는 대단면 부재의 재하실험 및 정적구조 해석의 정확성	재하실험 결과를 바탕으로 한 재료성능의 검증, 이력거동을 바탕으로 한 복원력 모델의 제안 확인	기획보고서 p.208, p.215 참고
구조 성능이 확보된 하이브리드 프로토타입	대공간 목조 지붕구조물 시공을 위한 목강 하이브리드 구조체 성능 검증 실험성	목강 하이브리드 구조체(취합부 포함)의 설계도, 구조성능 검증 해석 및 실험결과	기획보고서 p.208, p.215 참고
목조 대공간 건축물의 3축 내화구조 개발	실물 화재 실험을 통한 내화성능 2시간 이상 검증	화학적 방법에 따른 내화 성능 비교 및 분석, 유효 단면 손실 최소화 방안 전략, 실물 화재 내화성능 2시간 이상 검증	기획보고서 p.208, p.215 참고
건축부재 대안 생성과 길함을 통한 위상 최적화 구조 시스템	탄소배출 저감을 위한 단면의 중량 최적화 구현을 위한 위상 최적화 해석의 유용성	위상 최적 설계에 따른 단면의 증감에 따른 탄소배출량 저감량 정량화 결과	기획보고서 p.209, p.216 참고
목조 대공간 건축물 내진성능 향상 스마트 구조 제어 시스템	진동면위의 감소 및 감쇠효과의 평가 유무의 실용성	지진 및 태풍 시 목조 대공간 건축물의 최대면위 제어 결과 및 감쇠량 정량 평가	기획보고서 p.210, p.216 참고
취합부 프로토타입	축력 및 전단력 전달 부재 취합부의 역학적 성능의 중요성	취합부 프로토타입 개발 유무 확인 및 역학적 성능 제시	기획보고서 p.210, p.216 참고
하이브리드 부재 및 안정화 설계기술	목강 하이브리드 부재의 동적 불안정 현상에 따른 구조 안전성	목강 하이브리드 부재의 정적-동적 불안정 현상의 해석적 규명	기획보고서 p.210, p.216 참고
환경성능 평가 프로그램	대공간 목조 건축물의 실내외 공기, 열, 유 환경 평가에 따른 에너지 소비량 감축	공기, 열, 유환경 해석을 통한 환경설계를 바탕으로 한 운용 및 자재단계 탄소배출량 제시	기획보고서 p.211, p.217 참고
실내 열 환경 관리 시스템	대공간 목조 건축물의 열 환경 해석 프로그램 개발 및 탄소 배출량 제어	탄소배출량 억제를 위한 최적 열 환경 해석 프로그램의 개발 및 결과 제시	기획보고서 p.212, p.217 참고
실내 오염물질 시뮬레이션 및 모니터링 시스템	대공간 목조 건축물의 실내공기질 개선 및 유해 대기오염물질 유동화 해석 프로그램의 개발 유무	대공간 목조 건축물의 실내공기질 개선 및 유해 대기오염물질 유동화 모니터링 해석 결과의 제시	기획보고서 p.212, p.217 참고
습기 및 화재 예방 모니터링 시스템	대공간 목조 건축물의 습도 컨트롤에 따른 화재감지기의 성능과 화재 안전성	부재의 제습성능 검증 및 습도 컨트롤에 따른 화재감지 성능 제시 및 확인	기획보고서 p.212, p.217 참고
유지관리 센서 및 제어 시스템	대공간 건축물의 장수명 및 재사용을 위한 역학 성능 및 환경성능 등 통합 유지관리 시스템 필요	부재의 장수명화 및 재사용성 평가 기술, 목조 대공간 건축물의 가속도, 변형, 공기질 등 통합모니터링 시스템 개발 결과	기획보고서 p.213, p.218 참고
단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 설계 및 변형 예측 시스템	목조 대공간 건축물의 아웃링 구조의 구조안전성 확보 및 정밀 시공을 위한 시공 시 발생하는 변형 예측 시스템 개발 필요	아웃링 구조의 스웱스루를 포함한 구조 안정성 검토 결과 및 변형예측 및 실측 모니터링 시스템 개발 결과	기획보고서 p.214, p.218 참고
시공 및 유지관리 스마트 복합 센싱 기반 관리 시스템	OSC 정밀 시공을 위한 시공 시 센싱기법 조정밀 시공기법 확보 및 스마트 복합 유지관리 시스템을 통한 구조물의 장수명화	OSC 조정밀 시공 기법 시뮬레이션 결과 및 스마트 복합유지관리시스템 개발 결과	기획보고서 p.214, p.218 참고
IOT기술을 적용한 거동 분석 시스템	지진 및 태풍 시를 고려한 구조물 역학적 상시 모니터링 IOT 시스템을 통한 재난에 대한 구조 안전성	스마트 구조 모니터링 시스템의 구축 및 구축 데이터를 활용한 구조물 재난 안전정보 구축	기획보고서 p.214, p.218 참고

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8 장 전략 계획서  
9

# 8장 전략계획서

## 나. 3단계 성과목표 및 지표

### ① 단계별 성과목표

단계(평가주기)		3단계			기간		'29년~'30년		
단계별 성과목표							관련 내역사업명		
성과목표-1	대형 하이브리드 부재 단면 개발 및 설계	가중치	10	설정 근거	기획보고서 p.207-208, p.215 참고	복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 단면 부재 기술개발			
성과목표-2	복조 대공간 건축물 최적 구조설계 시스템	가중치	30	설정 근거	기획보고서 p.209-210 p.216 참고	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발			
성과목표-3	환경 데이터 통합 모니터링 시스템	가중치	25	설정 근거	기획보고서 p.211-212, p.217 참고	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발			
성과목표-4	탄소감축 기대 통합 유지관리 모니터링 시스템	가중치	35	설정 근거	기획보고서 p.213-214, p.218 참고	복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발			

### ② 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과 지표명	단위	구분	실적 및 목표치		지표 유형	절적 지표	성과지표 선정 사유
				연도	2029	2030			
성과목표-1 대형 하이브리드 부재 단면 개발 및 설계	10	고성능 부재 부재의 제작 표준화 기술	건	목표		1	산출 (양)		대단면 부재의 구조성능 및 표준화의 중요성
				실적					
		고강도 구조용 복조 부재 제작 시스템 및 가이드라인 개발	건	목표		1	산출 (양)		복조 부재 활용 고강도 구조용 부재 제작 기술의 필요
				실적					
하이브리드 단면 설계 및 제작 매뉴얼	건	목표		1	산출 (양)	✓	부재와 강재의 물성을 고려한 하이브리드 단면 역학적 성능 확보 필요		
		실적							
하이브리드 내화 피복 공법 개발	건	목표		1	산출 (양)	✓	복조 대공간 건축물의 내화 시간 확보를 위한 공법 개발		
		실적							
성과목표-2 복조 대공간 건축물 최적 구조설계 시스템	30	복조 대공간 건축물 비정형성을 고려한 위상 최적화 건축 구조설계 기술	건	목표		1	산출 (양)	✓	최단 복조 대공간 건축물의 비정형성을 확보하기 위한 기반 기술의 확보
				실적					
		인공지능기반 복조 대공간 건축물 내진성능 평가 소프트웨어	건	목표		1	산출 (양)		AI를 활용한 복조 대공간 건축물의 지진 시 및 태풍 시 탄소성 응답 예측을 위한 기술
				실적					

단계별 성과목표명	가중치	성과 지표명	단위	구분	실적 및 목표치		지표 유형	질적 지표	성과지표 선정 사유	
				연도	2029	2030				
		목조 대공간 건축물 접합부 설계 소프트웨어	건	목표		1	산출 (양)	✓	목강 이질 재료로 구성된 하이브리드 접합부의 자동화 설계 BIM 개발 필요 기술	
				실적						
		하이브리드 목조 대공간 건축물 구조기준(안)	건	목표		1	산출 (양)			목강 하이브리드 접합부 및 부재의 성능확인을 통한 구조설계 반영기술 운영단계 탄소배출량의 저감 기술
				실적						
성과 목표 -3	환경 데이터 통합 모니터링 시스템	탄소제로 구현을 위한 운영 기준(안)	건	목표		1	산출 (양)	✓	막 및 지붕 재료의 열 부과 특성에 따른 열 환경 평가 기술 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발	
				실적						
		열 환경 관리 표준화 시스템	건	목표		1	산출 (양)			
				실적						
		실내 공기 환경 평가 기술보고서	건	목표		1	산출 (양)	✓		
				실적						
		습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 시스템 운영 가이드라인	건	목표		1	산출 (양)			
				실적						
성과 목표 -4	탄소감축 기대 통합 유지관리 모니터링 시스템	목조 대공간 건축물 통합 유지관리 모니터링 시스템	건	목표		1	산출 (양)		대단면 부재의 내구성 모니터링 시스템 구축 구조 장수명화를 위한 IOT기반 스마트 모니터링 시스템구축 장수명 서탄소 유지관리 시스템 개발	
				실적						
		목조 대공간 건축물 스마트 복합 센싱 관리 시스템	건	목표		1	산출 (양)	✓		
				실적						
		탄소감소기대 장수명 유지관리 시스템	건	목표		1	산출 (양)	✓		
				실적						
계										

### ③ 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 선정방법 및 근거	측정산시 및 방법, 시기	자료 출처
고강도 목재 부재의 제작 표준화 기술	대단면 구조부재의 실험 및 해석 결과	실험 및 해석 결과의 건축구조설계기준 반영을 위한 표준화 유무	기획보고서 p.207, p.215 참고
고강도 구조용 목산 목재 제작 시스템 및 가이드라인 개발	목산 목재를 활용한 고강도 구조용 목재 제작 시스템 개발 여부	목조 대공간 건축물 적용을 위한 목산 목재 활용 고강도 구조용 목재의 제작 시스템 및 가이드라인 작성	기획보고서 p.208, p.215 참고
하이브리드 단면 설계 및 제작 매뉴얼	목재와 강재의 불성을 고려한 표준단면 설계 매뉴얼 제공 여부	하이브리드 부재의 역학적 성능을 표준화한 설계 매뉴얼 작성	기획보고서 p.208, p.215 참고
하이브리드 내화 피복 공법 개발	하이브리드 내화 피복 공법의 실험 실험을 통한 내화시간 확보 여부 판단	내열성 자재를 이용한 하이브리드 내화 피복 공법 개발 및 실험 화재 실험을 통한 내화성능 2시간 확보	기획보고서 p.208, p.215 참고

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8장  
전략계획서  
9

8장 전략계획서

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
복조 대공간 건축물 비정형성 구조 공정에 적합한 위상 최적화 건축 구조설계 기술	첨단 복조 대공간 건축물의 비정형성을 확보하기 위한 기반 기술의 확보 여부	복조 대단면 부재의 위상 최적화 해석기법 확보 및 결과	기획보고서 p.209, p.216 참고
인공지능기반 복조 대공간 건축물 내진성능 평가 소프트웨어	AI 기반 진동제어 프로그램 개발 필요	AI를 활용한 복조 대공간 건축물의 지진 및 태풍 시 탄소싱 응답 적감 확인	기획보고서 p.210, p.216 참고
복조 대공간 건축물 접합부 설계 소프트웨어	복잡한 형상의 복강 하이브리드 접합부 설계 자동화 BIM 프로그램 개발 필요	복강 하이브리드 접합부 자동설계 프로그램의 결과물	기획보고서 p.210, p.216 참고
하이브리드 복조 대공간 건축물 구조기준(안)	복강 하이브리드 접합부 및 부재의 성능확인을 통한 건축구조설계에 반영 필요	KDS 건축구조설계기준 반영 여부 확인	기획보고서 p.210, p.216 참고
탄소제로 구현을 위한 운영 기준(안)	대공간 복조 건축물의 운영단계 탄소 배출량 정량화 필요	운영단계 탄소 배출량 적감 기술의 구현 결과 및 운영기준 여부	기획보고서 p.211, p.217 참고
열 환경 관리 표준화 시스템	지붕 재료에 따른 열 환경 평가기술 필요	지붕 재료의 특성에 따른 열환경 평가 기술개발 여부	기획보고서 p.212, p.217 참고
실내 공기 환경 평가 기술보고서	실내 환경 통합 모니터링을 통한 환경평가 보고서	실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 개발의 여부	기획보고서 p.212, p.217 참고
습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 시스템 운영 가이드라인	습기 제어 및 조기 화재 감지 시스템 구축 및 가상 운영	습기 제어 및 조기 화재 감지 시스템의 프로토타입 개발	기획보고서 p.212, p.217 참고
복조 대공간 건축물 통합 유지관리 모니터링 시스템	대단면 부재의 내구성 모니터링 시스템 개발 필요	유지관리 상시모니터링 시스템의 개발 여부 확인	기획보고서 p.213, p.218 참고
복조 대공간 건축물 역학적 스마트 복합 센싱 관리 시스템	구조 장수명화를 위한 IOT기반 역학적 스마트 모니터링 시스템 구축 필요	IOT기반 스마트 모니터링 시스템 구축 여부	기획보고서 p.214, p.218 참고
탄소감소기대 장수명 친환경 유지관리 시스템	장수명 저탄소 유지관리 시스템 개발 필요	IOT기반 스마트 친환경 유지관리 시스템 개발 여부	기획보고서 p.214, p.218 참고

[참고] 성과목표및지표총괄표

구분	내용			
전략목표	중·소형(경간 50m) 및 대형(200m 이상) 목조 대공간 건축물 실증을 통한 건설 분야의 탄소 배출량 감축			
(최종) 성과목표	2050 탄소중립 실현을 위해 목재를 활용한 세계 최대 200미터급 목조 대공간 건축물의 재료·환경·설계·시공·유지관리 핵심기술개발 및 실증			
년계별 성과목표 및 지표	1단계('25년)			
	년계별 성과목표	가중치	성과지표	
			지표명	지표 구분
	목재 재료 성능 분석 및 요구 성능 조사	30	목재 가공 기술 현황 조사보고서	양
			목산 목재 재료성능 보고서	양
			구조용 목재 단면 크기별 물성 보고서	양
			내화성능 향상 선진 기술 조사보고서	양
	목조 대공간 건축물 부재 설계 및 구조 시스템	30	자가지지 비정형 형상 분석 보고서	양
			목조 대공간 건축물의 지진응답 예측 알고리즘	양
			목조 대공간 건축물의 접합 형태 분석 보고서	양
			하이브리드 목조 대공간 건축물 프로토타입	양
	목조 대공간 건축물 실내 환경 특성 분석	20	탄소제로 구현을 위한 요소기술 보고서	양
			목조 대공간 건축물의 열적 특성 분석 보고서	양
			목조 대공간 건축물 실내 환경 정보 보고서	양
			하이브리드 부재의 제습 기준 보고서	양
	목조 대공간 건축물 시공 기술 조사	20	목조 대공간 건축물의 시공 기법 검토보고서	양
			아웃리프 구조 시스템 분석 보고서	양
			시공 정밀도 및 유지관리 요구 정밀도 보고서	양
			목조 대공간 건축물의 IOT 기술 활용보고서	양
	2단계('26년~'28년)			
년계별 성과목표	가중치	성과지표		
		지표명	지표 구분	
고성능 구조용 목재 및 하이브리드 단면 설계	20	비정형 보류 설계 기술 및 3축 가공 기술	양	
		고성능 구조용 목재 개발 및 설계 시스템	양	
		구조성능이 확보된 하이브리드 프로토타입	양	
		목조 대공간 건축물의 표준 내화구조 개발	양	
목조 대공간 건축물 최적 구조 시스템 설계 및 하이브리드 부재 접합부 설계기술	20	건축 부재 대안 생성과 결합을 통한 위상 최적화 구조 시스템	양	
		목조 대공간 건축물 내진성능 향상 스마트 구조 제어 시스템	양	

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8장 전략계획서  
9

8장 전략계획서

			접합부 프로토타입	양
			하이브리드 부재 및 안정화 설계기술	양
복조 대공간 건축물 탄소배출량 평가 및 실내 환경 모니터링 시스템	30		친환경성능 평가 프로그램	양
			실내 열 환경 관리 시스템	양
			실내 오염물질 시뮬레이션 및 모니터링 시스템	양
			습기 및 화재 예방 모니터링 시스템	양
복조 대공간 건축물 시공 프로세스 및 유지관리 시스템	30		유지관리 센서 및 제어 시스템	양
			단위 모듈별 아웃링 구조 시스템 설계 및 변형 예측 시스템	양
			운영별 시공을 위한 시공 지 스마트 복합 센싱 관리 시스템	양
			IOT 기술을 적용한 거동 분석 시스템	양
<b>3단계 ('29년 ~ '30년)</b>				
단계별 성과목표	가중치	심과지표		
		지표명	지표 구분	
대형 하이브리드 부재 단면 개발 및 설계	10		고성능 부재 부재의 제작 표준화 기술	양
			고강도 구조용 국산 부재 제작 시스템 및 가이드라인 개발	양
			하이브리드 단면 설계 및 제작 매뉴얼	양
			하이브리드 내화 피복 공법 개발	양
복조 대공간 건축물 최적 구조설계 시스템	30		복조 대공간 건축물 비정형성을 고려한 위상 최적화 건축 구조설계 기술	양
			인공지능 기반 복조 대공간 건축물 내진성능 평가 소프트웨어	양
			복조 대공간 건축물 접합부 설계 소프트웨어	양
			하이브리드 복조 대공간 건축물 구조기준(안)	양
환경 데이터 통합 모니터링 시스템	25		탄소제로 구현을 위한 운영 기준(안)	양
			열 환경 관리 표준화 시스템	양
			실내 공기 환경 평가 기술보고서	양
			습기 제어 관리 시스템 및 화재 예방 시스템 운영 가이드라인	양
탄소감축 기대 통합 유지관리 모니터링 시스템	35		복조 대공간 건축물 통합 유지관리 모니터링 시스템	양
			복조 대공간 건축물 스마트 복합 센싱 관리 시스템	양
			탄소감소기대 장수명 유지관리 시스템	양

### 3. 사업평가계획

평가 연도	평가대상 기간/ 해당 단계	평가대상 성과목표	평가 시기 선정 사유
'25년	'25년 (총 1년)/1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조 대공간 건축물 선계를 위한 재료 성능, 부재 및 구조 시스템, 환경특성 및 시공 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단면면 목재 재료성능분석 및 요구 성능 조사</li> <li>- 목조 대공간 건축물 부재 설계 및 구조 시스템 개발</li> <li>- 실내 환경 특성 분석 및 모듈화 OSC 시공 기술 조사</li> </ul> </li> </ul>	목조 대공간 건축물 선계를 위한 재료, 설계, 구조, 환경, 유지관리 기술의 확보 필요
'28년	'26년~'28년 (총 3년)/2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조 대공간 건축물 통합선계기술 및 시공 및 유지관리 기술의 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 구조용 목재 및 하이브리드 단면 선계 기술개발</li> <li>- 목조 대공간 건축물 최적 구조 시스템 설계 및 하이브리드 부재 접합부 선계기술</li> <li>- 탄소배출량 평가 및 실내 환경 모니터링 시스템 구축</li> <li>- 목조 대공간 건축물 시공 프로세스 및 유지관리 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>	목조 대공간 건축물 선계기술, 구조기술, 환경기술 시공기술, 유지관리 기술의 표준화 제안 필요
'30년	'29년~'30년 (총 2년)/3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목조 대공간 건축물의 선계기술 표준화 및 실증화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 하이브리드 부재 단면 개발 및 실증화 부재모듈 설계</li> <li>- 실증화 적용을 위한 최적 구조선계 개발 및 환경 데이터 통합 모니터링 시스템 구축</li> <li>- 실증화 적용을 위한 통합 유지관리 모니터링을 통한 탄소감축 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>	최종 성과인 목조 대공간 건축물 선계기준 및 최적 규모 실증화 구현

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
**8장**  
전략계획서  
9

8 장 전략계획서

4. 핵심특허등지식재산권 창출 활동

① 사업내용

구분		[‘25년도신규사업]						
		‘25년 예산	‘26년 예산	‘27년 예산	‘28년 예산	‘29년 예산	‘30년 예산	
지식 재산 관련 예산 규모	복조 대공간 건축물 건설 기술개발	1,292,000	10,000	127,000	290,000	382,000	275,000	208,000
	▪ 복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	225,000	-	5,000	60,000	107,000	51,000	2,000
	▪ 복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	334,000	-	5,000	60,000	102,000	15,000	152,000
	▪ 복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	341,000	5,000	61,000	110,000	61,000	102,000	2,000
	▪ 복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	392,000	5,000	56,000	60,000	112,000	107,000	52,000
	□ 비목(합계)		10,000	127,000	290,000	382,000	275,000	208,000
	▪ 특허정보 조사비		10,000	25,000	35,000	25,000	20,000	4,000
	▪ 특허자료 구입비		-	2,000	5,000	7,000	5,000	4,000
	▪ 소프트웨어 개발비		-	100,000	250,000	350,000	250,000	200,000
	<b>내역사업(전략과제)별 주요 내용</b>							
○ 지식재산권 개발 / 지식재산 사업화 지원 / 지식재산 기반구축								
지식 재산 관련 세부 내용	내역사업(전략과제)	주요 내용						
	▪ 복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	○ 복조 가공 기술 - 구조용 목재의 정형 및 비정형 단면 가공 기술 ○ 고성능 목재 설계 및 제작 기술 - 고성능 구조용 목재 설계 통합 모니터링 시스템 ○ 하이브리드 부재의 설계기술 - 하이브리드 단면 부재 설계 소프트웨어 ○ 대단면 목재 대화·대구성 확보 기술 - 변단면 및 비선형 구조용 목재의 설계 시스템						
	▪ 복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	○ 비정형 하이브리드 목조 대공간 건축물 구조 시스템 - 그래픽 기반 모델 시각화 통합 기술 - 구조물 전진성 예측 알고리즘 ○ 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술 - 스마트 감쇠 장치 최적 설계기술 - 인공지능 기반 목조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어 ○ 접합부 설계 소프트웨어 - 목조 대공간 건축물 접합부 설계 소프트웨어 ○ 하이브리드 목조 대공간 건축물 설계 및 안정화 기술 - 하이브리드 부재 형상 및 자동화 설계 소프트웨어 - 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 안정성 해석 소프트웨어						
	▪ 복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 에너지 및 실내 환경 성능평가 기술 - 환경 성능 통합 평가 소프트웨어 - 가상센서 기반 통합 모니터링 시스템						

내역사업(전략과제)	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열 환경 관리 시스템 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 환경 제어 및 관리 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 실내 공기 환경(IAQ) 평가 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 탄소 발생 시뮬레이션 소프트웨어</li> <li>- 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 습기 제어 및 화재 예방 시스템                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재 예방 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템</li> <li>- 습기 제어 관리 시스템</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시공 및 유지관리 통합 시스템                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목조 대공간 건축물의 통합 유지관리 모니터링 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 아웃링 구조 시스템 및 시공 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단위 모듈별 변형 예측 및 보정 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 스마트 복합센싱 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 및 유지관리 스마트 복합 센싱 기반 관리 시스템</li> <li>- 드론 활용 포터블 계측 시스템</li> </ul> </li> <li>○ IOT 기반 장수명 유지관리 시스템                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IOT 기반 목조 대공간 건축물의 계동 분석 시스템</li> <li>- MEMS 센서를 활용한 부재 노후화 관측 시스템</li> </ul> </li> </ul>

지식재산권 개발 계획

연도	내역사업명	대표 핵심특허 주요내용	질적 수준 목표
'26년	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 화재 예방 센서 및 IOT 기술을 활용한 모니터링 시스템	스마트 모니터링 정밀도 실측(추정오차 ±3% 이내)
	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	○ 시공 및 유지관리 스마트 복합센싱 기반 관리 시스템	스마트 시공 오차 1% 이내 및 유지관리 센싱 감도 0.5% 이내
'27년	목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	○ 구조용 목재의 경형 및 비경형 단면 가공 기술	NUBS 기반 3D 비경형 제현 및 부재 가공 가능 기술 유무
	목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	○ 하이브리드 목재 OSC 공법 ○ 목조 대공간 건축물 탄소중립설계 프로그램 등용	OSC 공법의 공기단축 효과 기존 대비 30% 이상, 탄소중립설계 실용화 가능성
	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 통합 환경 성능평가 소프트웨어 ○ 실내 탄소 발생 시뮬레이션 소프트웨어	ZEB 기반 통합 환경성능 평가 가능성
	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	○ 드론 활용 포터블 계측 시스템	드론을 활용한 스마트계측 항목 및 정확도
'28년	목조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	○ 고성능 구조용 목재 통합 설계 시스템 ○ 하이브리드 단면 부재 설계 소프트웨어	설계 시스템 및 소프트웨어의 실무설계 현장 적용 여부
	목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	○ 하이브리드 부재 형상 및 자동화 설계 소프트웨어 ○ 하이브리드 목조 대공간 건축물의 구조 안정성 해석 소프트웨어	목강 하이브리드 구조부재 및 접합부의 동적·정적 비선형 해석 결과
	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 실내 환경 제어 및 관리 시스템	에너지 지감효과의 정상화를 통한 10% 이상 절감화 실현
	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리	○ 단위 모듈별 시공 시 변형 예측 및 보정 시스템	목조 대공간 건축물 시공 정밀도 3% 이내

8장 전략계획서

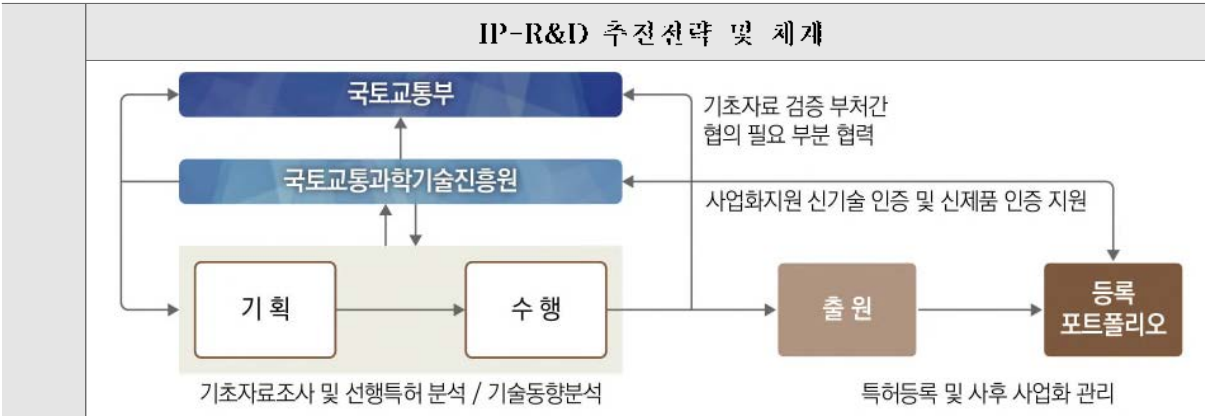
연도	내역사업명	대표 핵심특허 주요내용	질적 수준 목표
	기술개발	○ MEMS센서를 활용한 부재 노후화 관측 시스템	
‘29년	복조 대공간 건축물의 고정능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	○ 대단면 및 비선형 구조용 부재의 설계 시스템	대단면 및 층재 단면 설계 시스템 실무현장 적용 가능성 여부
	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	○ BIM 기반 모듈별 복조 대공간 건축물 OSC 시공 기술 및 탄소중립 설계	모듈별 OSC 시공 기법 및 탄소배출량 자동계산 구현
	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 기상센서 기반 통합 모니터링 시스템 ○ 실내 환경 데이터 통합 모니터링 시스템	에너지 모니터링 시스템의 유지관리 및 향상성 검증
	복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	○ 복조 대공간 건축물의 통합 유지관리 모니터링 시스템 ○ IOT 기반 복조 대공간 건축물의 거동 분석 시스템	역학적 모니터링 시스템 기반 구조 거동의 해석 분석 시스템
‘30년	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	○ 구조물 진전성 예측 알고리즘 ○ 인공지능 기반 복조 대공간 건축물의 내진성능 평가 소프트웨어 ○ 복조 대공간 건축물 접합부 설계 소프트웨어	AI 활용 예측 알고리즘의 정밀도 기존 대비 10% 향상 및 BIM 기반 접합부 설계 소프트웨어 실무현장 적용
	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	○ 습기 제어 관리 시스템	대공간 복조 건축물의 부재 습기 제어량의 정량화

핵심개발 내용 및 질적 수준 목표의 선정 근거

- 복조 대공간 건축물의 대단면 부재 개발 기술 및 친환경 에너지 평가 기술개발
  - 대단면 부재의 NUBS 기반 3D 비정형 곡면 생성 및 부재 가공 및 시공 기술
  - 모듈화 OSC 공법의 공기 단축 효과 기존 대비 30% 이상, 탄소중립설계 실용화 기술
  - 목장 하이브리드 구조부재 및 접합부의 동적·정적 비선형해석 상용화 기술
  - 비정형 하이브리드 복조 대공간 건축물 구조 시스템 개발 기술
  - 진동 성능 향상을 위한 인공지능 기반 스마트 구조제어 기술
- AI 활용 구조 거동 예측 알고리즘의 정밀도 향상 및 BIM기반 접합부 설계 소프트웨어 개발
- 친환경 에너지 평가 기술개발 및 스마트 시공 및 유지관리 기술개발
  - 에너지 저감효과의 정량화를 통한 10% 이상 절감화 기술
  - 습기 제어를 통한 복조 건축물 화재 예방 및 IOT를 활용한 고정밀도 스마트 모니터링 기술
  - 시공 오차 및 유지관리 센싱 감도를 0.5-1% 이내 기술개발
  - IOT 기반 장수명 통합유지관리 시스템

② 사업추진체계 및 추진전략

사업 수행 주체	○ 추진 주체 간 역할 분담: 사업총괄-전문기관-연구단	
	수행 주체	역할 세부내용
	사업총괄	○ 제도 개선을 위한 부처 간 협의 및 식용
	전문기관	○ 사업화 지원 및 기반 구축
	연구단	○ 지식재산권 개발



### IP-R&D 선주기 사업 및 목표 관리 계획

**[기획 시]**

○ 특허기술 동향 분석 또는 선행특허(기술) 조사 시행 후 R&D 기획에 반영

**[수행 시]**

- ① 주기적 특허 동향 분석 업데이트 및 선행특허 조사
- ② 핵심 기술개발 내용과 연계한 특허전략 수립
- ③ 특허 등 IP 전문가의 IP-R&D 참여 또는 지원
- ④ 시장을 고려한 국내외 특허출원 등록

**[출원 전략]**

- ① 출원일 조기 확보를 위한 가출원제도 이용
- ② 해외 출원 시, PCT 출원 이용
- ③ 출원 후, 선별식 심사 청구
- ④ 고품질 특허명세서 작성을 위한 내부 평가 및 특허담가 차별화
- ⑤ 표준기술과 연계한 국내외 특허출원(표준특허) 등

지식  
재산  
관련  
사업  
추진  
전략

연도	내역사업명	사업관리 관점의 IP와 R&D 연계 활동 목표			대표성과
		기획 (Plan)	연구개발 (Do)	평가 (See)	
'26년	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	IOT 활용 조기 화재 예방 기술 특허 조사	화재 예방 방법론 구축	IOT 기술 활용 화재 예방 모니터링 특허	IOT 기술이 적용된 화재 예방 모니터링 시스템
	복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	스마트 복합 센싱 기반 시공 및 유지관리 기술 특허 조사	하중 방향에 따른 짐작 및 진단 센서 개발	스마트 센싱 기반 시공 및 유지관리 프로그램 및 특허	스마트 복합 센싱 기반 시공 및 유지관리 관리 시스템
'27년	복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	국외 선진 기술 특허 조사	고성능 복조 부재의 3축 가공 기술개발	프로토타입 제작	구조용 부재의 정형 및 비정형 단면 가공 기술
	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	복조 대공간 건축물의 지진응답 DB 구축	복조 대공간 건축물의 지진 취약도 평가모델 개발	스마트 감쇠장치 최적 설계기술 소프트웨어	복조 대공간 건축물의 스마트 감쇠장치 최적 설계기술

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

8장  
전략계획서

9

8장 전략계획서

연도	내역사업명	사업관리 관점의 IP와 R&D 연계 활동 목표			대표성과
		기획 (Plan)	연구개발 (Do)	평가 (See)	
	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	환경성 평가 항목 분석 및 요소기술 정의	실내 및 설계 부위별 환경기준 도출	환경성능 통합 평가 및 실내 공간 탄소배출 시뮬레이션 소프트웨어	복조 대공간 건축물용 환경 성능 통합 평가 소프트웨어
	복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	안전성 평가에 적합한 계측부 도출 및 기술 특허 조사	최적 센서 네트워크 구축 및 데이터 송수신 정량화	드론 활용 포터블 계측 시스템	드론을 활용한 복조 대공간 건축물의 포터블 계측 기술
'28년	복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	대형 단면의 구조적 성능 분석 및 재료성능 DB구축	요구 성능에 따른 부재 설계 시스템 개발	하이브리드 부재 프로토타입 및 설계 통합 모니터링 시스템	고성능 구조용 부재의 설계 통합 모니터링 시스템 및 하이브리드 단면 부재 설계 소프트웨어
	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	한국형 하이브리드 프로토타입 정립 및 핵심기술 정의와 기술 특허 조사	하이브리드 부재 자동화 설계 프로그램 개발	하이브리드 복조 대공간 건축물의 구조 안정성 해석 소프트웨어	하이브리드 복조 대공간 건축물의 구조 안정성 해석 소프트웨어 및 평가 시스템
	복조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	자재 및 마감 재료에 따른 실내 환경 정보 분석	실내 탄소 발생 측정 및 시뮬레이션 프로그램 개발	실내 환경 제어 및 관리 시스템	복조 대공간 건축물의 실내 환경 제어 및 관리 시스템
	복조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	복조 대공간 건축물의 정착부 및 접합 기술 특허 조사	시간 의존적 변형 예측 및 보정 시스템 개발 및 시뮬레이션을 통한 안전성 검증	변형 예측 및 보정 시스템, 복조 부재 노후화 관측 시스템	단위 모듈별 변형 예측 및 보정 시스템, MEMS를 활용한 부재 노후화 관측 시스템
	복조 대공간 건축물의 고성능 하이브리드 대단면 부재 기술개발	구조용 부재의 종류 및 현황 분석	공학부재의 구조성능 검증 및 가공 기술개발	선형 및 비선형 변형상의 프로토타입	비단면 및 비선형 구조용 부재의 설계 시스템
'29년	복조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	미정형성 구조를 위한 구조 형상 분석	미정형성 구조를 위한 구조 형상 설계 및 해석 프로그램 개발	그래픽 모델 시각화 통합 소프트웨어	모형 및 그래픽 모델 시각화 통합 기술

연도	내역사업명	사업관리 관점의 IP와 R&D 연계 활동 목표			대표성과	
		기획 (Plan)	연구개발 (Do)	평가 (See)		
'30년	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	건축 및 공조설비, 신재생 설비의 통합 운영 전략 구축	탄소제로형 설계기준(안) 마련 및 환경성능 DB 구축	가상센서 기반 통합 모니터링 시스템	환경성능 평가 정보 제공 플랫폼	
	목조 대공간 건축물의 스마트 시공 및 유지관리 기술개발	IOT 기반 건축물 모니터링 기술 특허 조사	거동 분석 및 유지관리 모니터링 시스템 개발	시공 및 모니터링 매뉴얼	통합 유지관리 모니터링 시스템 및 IOT 기반 거동 분석 시스템	
	목조 대공간 건축물의 OSC 모듈화 및 탄소중립설계 기술개발	목조 대공간 건축물용 변질 및 제진 시스템 특허 조사	구조 건전성 예측을 위한 알고리즘 개발, 내진성능 평가 및 접합부 설계 소프트웨어 개발	구조 건전성 예측 소프트웨어, 내진성능 평가 소프트웨어, 접합부 설계 프로토타입	목조 대공간 건축물 건전성 예측 기술, 내진성능 평가기술, 접합부 설계 소프트웨어	
	목조 대공간 건축물의 친환경 및 에너지 평가 기술개발	목재 종류에 따른 습기 제어 성능검증	습기 제어 관리 시스템 구축	습기 제어 관리 시스템 가이드라인	목조 대공간 건축물 습기 제어 관리 시스템	
지식 재산 관련 위험 요인 및 극복 방안	구분		위험요인		극복방안	
	유사특허 발견		대공간 건축물 관련 특허		목조 대공간 건축물에 적용할 수 있는 특허 기술개발을 통한 회피	

5. 성과 활용·확산 계획서 제출 계획(계속사업은 작성 불요)

사업 종료 연도	성과 활용·확산 계획서 제출 연도
'30년도	'31년

## 9장 | 참고문헌

## 9장. 참고문헌

- 건축문화 (2022), HOHO WIEN
- 건축물 에너지효율등급시스템
- 국가통계포털
- 국토교통부 (2022), 에너지 절약형 한옥 모델개발 기획
- 국토교통부 (2023), 제3차 건축정책 기본계획 “일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시”
- 국토교통부 (2024), 건축물 통계 - 용도별 건축물 현황
- 국토교통과학기술진흥원(2023), 연성 개폐식 대공간 건축물 통합설계시스템 개발 최종보고서
- 국토교통과학기술진흥원(2022), 10m급 대공간 한옥 설계·시공 기술개발
- 국립산림과학원 (2021), 국립산림과학원 한그린 목조관, 세계 목재 축제에서 우수성 인정받아
- 국립산림과학원(2019), 고강도 하이브리드 부재를 이용한 대형 목조건축 구조 시스템 연구
- 그린리모델링창조센터
- 그린투게더
- 글로벌 포커스 (2021), 세계 탄소중립 시나리오와 주요국 탄소중립 목표 수립 동향
- 김정현 등 (2017), 대공간 목구조를 이용한 2018 평창 동계올림픽 피겨 쇼트트랙 경기장 설계
- 나무신문 (2016), 공공 목조건축의 초석을 놓다 - PUBLIC PLAN | 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동
- 나무위키 (2024), 금관총
- 녹색건축인증(G-SEED), 녹색건축 인증기준
- 국회기후변화포럼 및 환경부 (2020), 대회의실 2050 장기저탄소발전전략 공정회
- 매일신문 (2022), 목조 건축의 재발견, 한그린목조관
- 빌더 매거진 (2022), 2021년 목조주택 시장 분석 보고서
- Business Post (2023), 초대형 건축물도 나무로 짓는다, 탄소중립 시대 주목받는 목조건축
- (사)한국EMS협회, EMS개요
- 사회적경제뉴스 (2023), 다운산업, 목조주택용 열반사단열재 '프라임셀' 출시...에너지 절감 50%
- 매일신문 (2022), [안용모 신비의 북극을 가다] 북극으로 가는 관문 노르웨이 트롬쇠
- 산림청 국립산림과학원 (2021), (개정판) 2020 한국의 산림자원
- 산림청 (2021), 목재제품의 생산수입유통 시장조사 및 목재이용실태조사 보고서
- SK 에코플랜트 뉴스룸 (2023), “2023 전 세계를 무너뜨린 역대급 자연재해는 시작에 불과하다” 세계 자연재해 감소의 날
- 연합뉴스 (2024), Gs건설 서울대'AI 연구시설' 해동첨단 공학관 준공 - 친환경 중목구조...소음 최소화 위해 탈현장 건설 방식 활용
- 월간인물 (2024), 플라즈마 기술로 목재 건축물의 마지막 난제 '함수율' 해결하며 목재산업의 새로운 패러다임 제시하다
- 이주나 등 (2022), 대공간 목구조 건축의 건립 현황과 구조 시스템 특성 분석
- 전영진 등 (2022), 해외 목조건축물 사례분석을 통한 생활 SOC의 목재 적용방안 고찰

- 주식회사 파셈, 건조장치소개
- G-SEED 녹색건축인증
- 한겨레신문 (2024), 세계 최초 목조도시, '미래의 콘크리트'로 만든다
- 한국건설산업연구원 (2022), 2050 탄소중립 시나리오: 건설산업의 도전과 과제
- 한국건설 기술연구원 (2019), 구조용 집성재를 호라용한 목조 모듈러 주택 개발
- 한국법제연구원 (2021), 건축물의 목재이용 촉진에 관한 법제연구
- 한국목재신문 (2016), 국립산림과학원 산림유전자원부 종합연구동 - 국내 다층 목조건축의 새로운 이정표가 되다
- 한국목재신문 (2020), 노르웨이 '미에스트라네' 세계에서 가장 높은 목조빌딩이 되다 - 모엘벤사가 지은 18층 규모, 84.5미터의 다목적 목조타워
- 한국목재신문 (2024), [기고] 목질 신소재 최전선 ⑩-4
- 한국목재신문 (2022), 목조건축과 탄소중립 ②
- 한국환경건축연구원, 건축물 에너지효율등급 인증제도 인증기준
- Allied Market Research (2022)
- Ambrose, D. et al. (2014), Lifecycle carbon implications of conventional and low-energy multi-storey timber building systems
- archdaily (2010), Richmond Olympic Oval/ Cannon Design
- archdaily (2012), Steilneset Memorial / Peter Zumthor and Louise Bourgeois, photographed by Andrew Meredith
- archdaily (2013), Odate Jukai Dome
- archdaily (2017), Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building
- archdaily (2022), Gaia - Nanyang Technological University Singapore / Toyo Ito & Associates + Raglan Squire & Partners
- arquitecturaviva (2011), Metropol Parasol, Seville
- ARUP, Designing and engineering the Netherlands' tallest timber-hybrid residential building
- AV, Metropol Parasol
- Canada Wood, Super-E/Net-zero
- DAIKEN SEKKEI.INC - 大建設計, konohana dome
- Japan Experience (2013), Izumo Dome Shimane Prefecture
- Jungstedt, E. et al. (2020), Mechanical properties of transparent high strength biocomposites from delignified wood veneer
- Raymond de Beeld Architect Inc., R-2000 Homes
- sps plus architects, Tacoma Dome
- Studio-Kuhara-Yagi (2017), 国分寺フレーザーバーライフ社本社ビル
- Thornton Tomasetti (2022), PROJECT ASCENT
- tmp-architecture, NORTHERN MICHIGAN UNIVERSITY Superior Dome
- Port Plus (2022), Completion design tour
- Visual capitalist (2023), Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country
- Wikidata (2006), Recent large scale wooden buildings in finland

1

2

3

4

5

6

7

8

9

 9장  
 권역마련

## 9장 | 참고문헌

- Wang, S. et al. (2023), Wood xerogel for fabrication of high-performance transparent wood
- 国の公共建築物の木造化率、2年連続9割! (2021), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
- 東西アスファルト事業協同組合講演会 (2014), 静岡県草薙総合運動場体育館
- 株式会社ゆう建築設計, Kyoto Wood Hall
- 由布岳の見えるまち, ツーリストインフォメーションセンター
- 熊本県庁 (2020), Disaster Relief Aviation Center

## 주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통연구기획사업 “200m급 목구조 대공간 건축물 건설 기술개발 기획”의 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통연구기획사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.