

건설기술혁신사업

05기반구축B08

대공간 건축물 건설기술

2006. 4. 14

주관연구기관 / 인하대학교 산학협력단

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

본 보고서를 “대공간 건축물 건설기술”(연구기간 : 2005. 12. 30 ~ 2006. 2. 17)의
연구기획보고서로 제출합니다.

2006. 4. 14.

연구기획위원회명 : 대공간 건축물 건설기술 연구기획위원회

위원장 :	한상을
위 원 :	김기동
위 원 :	김상대
위 원 :	김영석
위 원 :	김종호
위 원 :	이상림
위 원 :	이승준
위 원 :	이영환
위 원 :	이장화
위 원 :	임청권
위 원 :	정순원
위 원 :	조한권
위 원 :	최기봉

목 차

1. 기획위원회 개요	3
가. 기획의 범위 및 세부내용(담당위원 : 한상을, 이승준, 김치경)	
나. 추진체계(담당위원 : 한상을, 김영석)	
다. 연구기획 방법론(담당위원 : 한상을, 김영석, 김치경)	
라. 추진일정(담당위원 : 김영석, 김치경)	
2. 연구의 개요	10
가. 해당연구의 정의 및 비전(담당위원 : 한상을, 최창식)	
나. 관련산업의 특성 및 관련산업의 기술·경제적 위치(담당위원 : 김기동, 김종호)	
다. 관련산업 동향(담당위원 : 한상을, 정순원, 김기동, 이상립, 이영환)	
라. 정부지원정책 현황(담당위원 : 조한권, 이장화)	
마. 국가지원 연구개발 현황(담당위원 : 한상을, 최창식, 이영환)	
바. 해외의 국가지원 연구개발 현황(담당위원 : 최창식, 임청권)	
사. 정부 부처간 공동연구 추진 방안(담당위원 : 조한권, 이영환, 이장화)	
3. 산업 포트폴리오	55
가. 인프라 로드맵(Infra Road Map)(담당위원 : 김기동, 정순원, 최기봉)	
나. 기술 로드맵(Technology Road Map)(담당위원 : 김영석, 김상대, 이승준)	
다. 특허 로드맵(Patent Road Map)(담당위원 : 한상을, 김종호, 이상립)	
4. 최종목표 및 활동 로드맵	74
가. 최종목표(담당위원 : 한상을, 이승준)	
나. 연차별 중점추진과제(담당위원 : 김영석, 김치경)	
다. 연도별 주요 추진 일정(담당위원 : 김영석, 김치경)	
5. 기술개발효과	80
가. 기술적 효과(담당위원 : 이승준, 김기동, 정순원)	
나. 경제적 효과(담당위원 : 이장화, 이영환)	
다. 전략적 효과(담당위원 : 최기봉, 이장화)	

6. 성과 활용방안	84
가. 과제의 성과(담당위원 : 한상을)	
나. 사업화·실용화 방안(담당위원 : 김종호, 이상립, 김기동, 정순원)	
다. 정부 정책과의 연계 방안(담당위원 : 조한권, 임청권)	
라. 최종 결과의 자체평가 항목 및 방법(담당위원 : 이승준)	
7. 소요 연구비	93
가. 총연구비	
나. 연차별 소요 연구비 산정의 근거	
8. 기획위원회 수행업무	101
9. RFP	103
10. 참고문헌	122
11. 부록	124
가. 특허 상세현황	
나. 논문 상세현황	
다. 관련 주요 업체 현황 및 실적	
라. 연구비 산출근거 상세현황	
마. 설문 조사지	

1. 기획위원회 개요

가. 기획의 범위 및 세부내용

본 “대공간 건축물 건설기술”에 관한 기획과제는 “스팬 300m 대공간 건축물의 건설 및 실용화 방안”에 관한 연구”를 주제로 하고, 궁극적으로 국내의 자체 기술을 통하여 300m 스패를 갖는 래티스 시스템과 Hybrid 시스템 등 가능한 대공간 구조시스템 건설을 최종 목표로 하여 이와 관련된 요소기술 확보전략과 산업 및 인프라 분석, 경제성 전망 그리고 실용화 및 사후 관리방안을 구축하는 것을 내용으로 하고 있다. 또한, 연구를 통하여 관련 요소기술의 격차해소 및 역전을 위한 전략을 제시하고, 선도 기술 확보를 위한 로드맵과 과제의 성공적 수행을 위한 관리방안 제시를 최종 목표로 하고 있다. 연구 기획의 내용 및 추진체계는 그림 1.1과 같다.

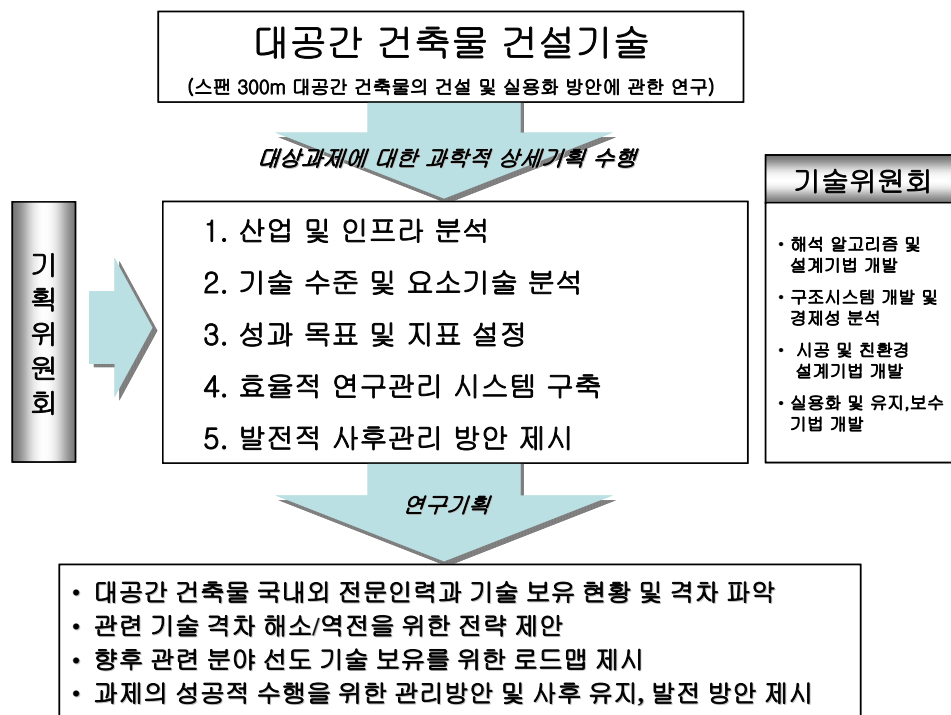


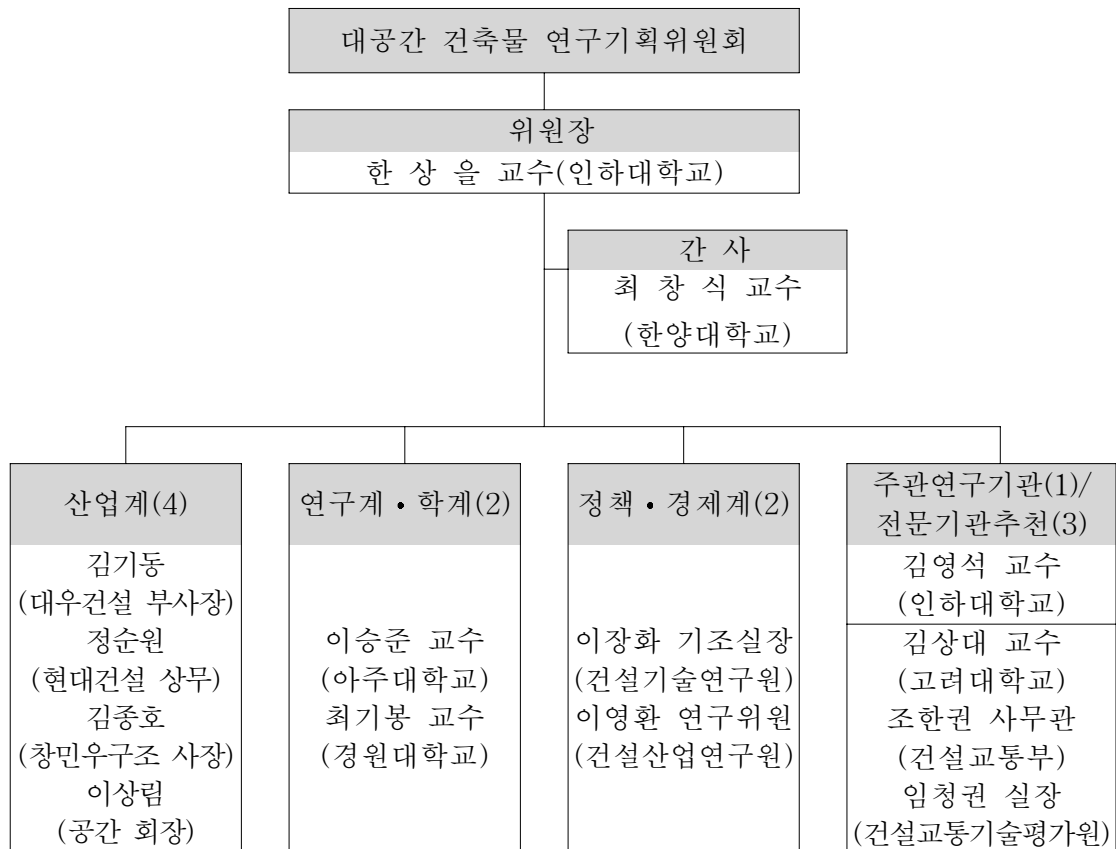
그림 1.1 기획의 내용 및 추진체계

- 국내외 대공간 건축물 건설기술 인프라에 대한 과학적 분석
 - 국가별 대공간 건축물 시장 규모 및 건설 실적 현황분석
 - 대공간 건축물 주요 요소기술의 국내외 현황분석
 - 국내외 전문인력 인프라 분석
 - 국가별/업체별 대공간 건축물 건설기술 연구개발 현황
 - 향후 대공간 건축물 시장 규모 예측
 - 대공간 건축물 건설시장의 경제적, 사회적 파급효과 분석
 - 분야별 전문가들로 구성된 다수의 기술위원회 구성

- 기술위원회를 중심으로 텔파이 기법에 의한 과학적 분석
- 대공간 건축물 기술 수준 및 요소기술 분류
 - 수준별 기술 분류 (요소기술, 응용기술, 현장활용기술)
 - 분야별 기술 분류 (구조시스템, 구조해석, 내진/내풍/진동, 대공간 강구조, 대공간 RC구조, 환경/설비/내화, 재료)
 - 유형별 기술 분류 (막구조, 스페이스프레임, 셸구조, 케이블구조, 하이브리드구조)
 - 상기 각 기술 분류 축으로 구성되는 기술 매트릭스 구성
- 성과 목표 및 지표 설정
 - 국내외 기술 인프라 비교/평가에 의한 기술격차 분석
 - 상기 기술격차 분석 결과를 바탕으로 각 요소기술의 중복성, 차별성, 경제성, 사회성, 국제성 분석에 의한 개발 대상 기술 선정
 - 연구결과의 파급효과와 실현 가능성 고려한 성과 목표 구체화
 - 각 목표의 달성도를 평가할 수 있는 지표 설정
- 선택과 집중에 의한 국내외 기술격차 해소 또는 역전 방안 제시
 - 기술격차 해소 방안에 따라 요소기술 분류 (자체 개발, 도입, 국제협력 등)
 - 자체 개발 요소기술 선택 기준 설정 (중복성, 차별성, 경제성, 사회성 등)
 - 국제적으로 비교우위 가능한 분야에 선택과 집중
- 기술개발 로드맵 제시
 - 건설 선진국과 대등한 기술 보유 목표
 - 기존 대공간 건축물 로드맵의 수정 보완 제시
 - 경제, 기술 인프라 분석 결과와 연계한 실현 가능성 근거 제시
- 연구추진 전략 및 추진체제 제시
 - 기술개발 로드맵에 따른 연구 추진조직 제시
 - 세부 기술 별 적정 연구비 규모 산정
 - 효율적 연구지원 관리 및 엄정 평가 시스템 구축
 - 연구 결과 활용 방안 제시
 - 연구 종료 후 관련기술 유지, 보급, 발전 방안 제시

나. 추진체계

(1) 연구기획위원회 구성



- 기획위원회를 중심으로 분야별 기술위원회, 산업위원회 구성
 - 기획위원회 : 연구기획 및 전략 수립
 - 기술위원회 : 분야별 전문가로 구성되어 해당 분야 관련 전문적 분석 업무 수행
 - 산업위원회 : 건설산업계 실무자로 구성되어 현업의 정보 제공 및 실용적 연구 방향 제시
 - 상기 3개 위원회의 역할 분담 및 유기적 협력체계 구축
- 기술위원회
 - 대공간 구조시스템 기술위원회, 구조해석/내진/내풍/진동 기술위원회, 시공/건설관리 기술위원회, 환경/설비/내화 기술위원회, 구조재료 기술위원회
 - 대공간 건축물 관련 분야별 요소기술 도출 및 국내외 기술격차 분석
 - 분야별 국내외 대공간 건축물 전문인력 파악
- 산업위원회
 - 산업계 현황 정보 제공 및 소요기술 요청
 - 국내외 건설 실적 정보 제공

(2) 연구기획위원회 현황

구분	성명	소속/직위	최종학력	세부전공	연구 경력	기획 관리경력	E-mail	비고
산업계	김기동	대우건설 /부사장	공학박사	건축시공		8년	kdkim@dwconst.co.kr	
	정순원	현대건설 /상무	공학사	건축시공		8년	jsw@hdec.co.kr	
	김종호	창민우구조 /사장	공학석사	건축구조		16년	jhkim@minwoo21.com	
	이상립	(주)공간 /대표이사	공학박사	건축계획 및 설계		9년	lsl@spacea.com	
연구계 /학계	이승준	아주대 /교수	공학박사	건축구조	26년		sjlee@ajou.ac.kr	
	최기봉	경원대 /교수	공학박사	건축구조	23년		kbchoi@kuyngwon.ac.kr	
정책/ 경제계	이장화	건기연/ 기조실장	공학박사	건축구조	20년	6년	jhlee@kict.re.kr	
	이영환	건산연 /연구위원	박사수료	건설관리	15년		yhlee@cerik.re.kr	
주관 기관 소속	한상을	인하대 /교수	공학박사	건축구조	25년		hsang@inha.ac.kr	연구 책임자
	김영석	인하대 /교수	공학박사	건설관리	12년		youngsuk@inha.ac.kr	
전문 기관	김상대	고려대 /교수	공학박사	건축구조	26년		sdk@korea.ac.kr	
	조한권	건설교통부 /사무관	공학석사	건축공학	10년	5년	chk7059@moct.go.kr	
	임청권	건기평 /실장	공학박사	구조공학	10년	5년	cklim@kicttep.re.kr	

다. 연구기획 방법론

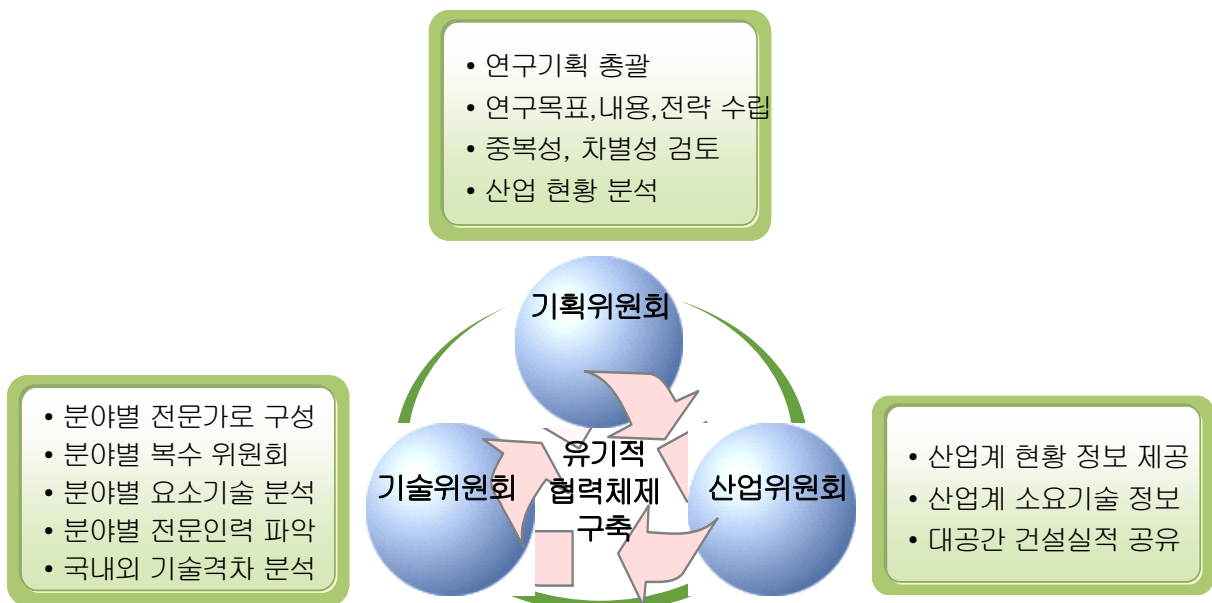
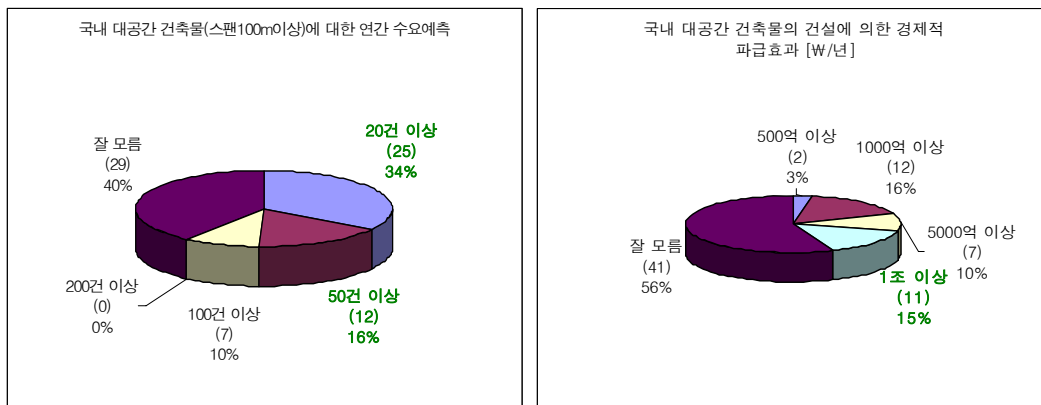


그림 1.2 연구기획위원회 운영체계

- 국내외 기술 수준 및 격차 분석 방안
 - 요소기술 별 전문적 분석을 위한 기술위원회 구성
 - 다양한 과학적 분석 기법 중 기술위원회를 중심으로 한 델파이 기법으로 각 요소기술의 중요성과 국내외 기술 수준 평가
 - 요소기술 별 SWOT 분석 기법에 의한 기술 수준 및 격차 분석
- 선행특허 분석 방안
 - 상기 기술위원회 별 특허 검색 키워드 도출
 - 국내외 특허검색 사이트를 통한 관련 특허 출원 현황 분석
 - 국내외 건설회사 별로 검색된 대공간 건축물 건설기술 관련 특허 분류
- 기술의 경제적 가치 분석 방안
 - 기술의 경제적 가치 결정 요인을 수요측면, 공급측면, 산업전망, 기술요건, 정책영향으로 구분한 후 세부 요인 도출
 - 기술의 경제적 가치 결정 요인별 분석
 - 결정 요인에 따라 적합한 예측방법 결정 후 적용
 - 대공간 건축물 건설기술의 개발에 따라 향후 기간별 정량적 경제 가치 제시

<대공간 건축물에 관한 설문조사 : 배부 600부, 회수 159부(회수율 26.5%)>

대상: ①(사)셀.공간구조학회, ②(사)한국건축구조기술사회, ③설계 및 구조사무소, ④대학 및 연구기관 등



- 기술예측 및 로드맵 작성 방안
 - SWOT 분석 기법에 의한 국내 대공간 건설기술의 내적, 외적, 강·약점 분석
 - 강·약점 및 기회, 위협간의 연결 통한 향후 기술 예측
 - 선택과 집중의 원리에 의한 기술 선택 후 기술개발 위한 로드맵 작성

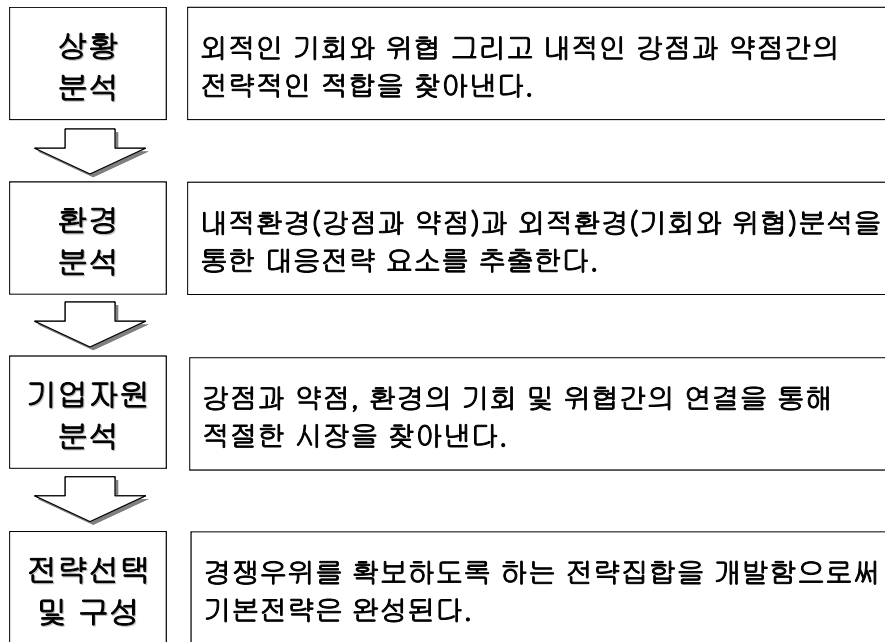


그림 1.3 SWOT 기법을 이용한 전략수립

<SWOT 분석 예시>

강점 요인	■“대공간구조시스템에 대한 산,학,연 관심 증대 및 정부의 최근 R&D 투자 증대”와 같은 대공간 건축물 건설기술 확보에 있어서 현재의 강점요인들을 기술	약점 요인	■“국내 기술력에 대한 건설업계의 불신”과 같은 대공간 건축물 건설기술 확보에 있어서 현재의 약점요인들을 기술
기회 요인	■“실용화에 기반을 둔 건교부의 지속적인 R&D 투자확대로 인한 대공간구조 연구 및 개발을 위한 기반환경 조성(2007년 건교부 예산의 3% 수준)”과 같은 대공간 건축물 건설기술 확보에 있어서 현재의 기회요인들을 기술	위협 요인	■“프로젝트가 1 회성이므로 기술축적이 어려움”과 같은 대공간 건축물 건설기술 확보에 있어서 현재의 위협요인들을 기술

□ 국내외 연구인력 분석 방안

- 대공간 건축물 인프라 구축 방안에 따른 1단계 분석
- 분야별 전문가로 기술위원회 구성하여 분야별 분석
- 대공간 건축물 관련 학술지 수집과 이의 저자 검색을 통한 국내외 연구인력 파악
- 관련 특허 정보 및 출원 기관 검색을 통한 연구인력 파악
- 기존 대공간 건축물 실적 파악

□ 국가 정책방향 및 지원 현황 분석 방안

- 사례 조사를 통한 국가 정책 문제점 분석
- 관련 법규 및 국제협약 분석
- 법적 미비점 보완책 제시
- 제도적 지원 방안 마련
- 국제 협력 위한 관련 법규 정비 및 대책 마련

라. 추진일정

구 분	연구기획 수행단계	추진일정							비중 (%)
		1주	2주	3주	4주	5주	6주	7주	
1 단 계	기획위원회, 기술위원회, 산업위원회 구성								30%
	국내외 대공간 건축물 건설시장 분석								
	국내외 대공간 건축물 건설기술 분석								
	국내외 대공간 건축물 사례 조사								
	주요 요소기술 국내외 기술격차 분석								
2 단 계	요소기술의 중복성, 차별성, 경제성, 사회성 분석								50%
	개발 대상 요소기술 선정								
	개발 대상 기술 기술격차 해소 전략 수립								
	연구 내용 및 적정 연구비 규모 결정								
3 단 계	기술격차 해소 및 역전 위한 로드맵 작성								20%
	시행착오 최소화 연구 추진 전략 수립								
	연구관리 시스템 방안 수립								
	사후 개발기술 유지, 보급, 발전 전략 수립								

2. 연구의 개요

가. 연구의 정의 및 비전

(1) 기반기술의 정의

(가) 대공간구조 시스템의 정의

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

『차세대 대공간 구조 시스템』이란 500m 이상의 스패를 갖는 초대공간구조로서 기존의 대공간 구조시스템이 갖는 요소기술에 지진, 바람 등의 외부 하중에 대한 성능설계 개념이 고려되고 형태, 강성 등의 최적화 개념을 도입한, 환경친화적인 공간으로 형성된 구조물로 정의할 수 있다.

공간구조시스템(Spatial Structural System)은 3차원적인 힘의 흐름 등 쉘의 구조 역학적인 원리를 이용하여 대부분의 외력을 자체의 면내력(In-plane Force)으로 저항하게 한 형태저항형 구조로 정의되며, 일반적으로 양단지지 트러스의 경우 60m, 캔틸레버 형태의 경우 30m 이상의 스패 그리고 막 및 케이블 구조의 경우 $5000m^2$ 이상의 면적을 갖는, 비교적 작은 단면을 가지고 내부 기둥 없이 넓은 공간을 계획할 수 있는 구조시스템을 의미한다. 공간구조는 장스팬 구조(Large Span Spatial Structure) 또는 무주 대공간 구조(Column-Free Spatial Structure)라고도 부르며, 이러한 공간구조시스템의 특징을 이용한 설계에 있어 경제성 및 시공성 확보 측면에서 부재들의 경량화와 모듈화는 필수적인 요소라고 할 수 있다. 공간구조는 시대의 흐름과 함께 동일 스패에 대한 자중의 감소가 꾸준히 이어져 왔으며, 1962년 R. Sarger의 예측대로 중력의 한계인 $100\text{ kgf}/m^2$ 을 넘어 막구조 시스템의 경우 자중이 $10\text{ kgf}/m^2$ 까지 가능한 실정이다.

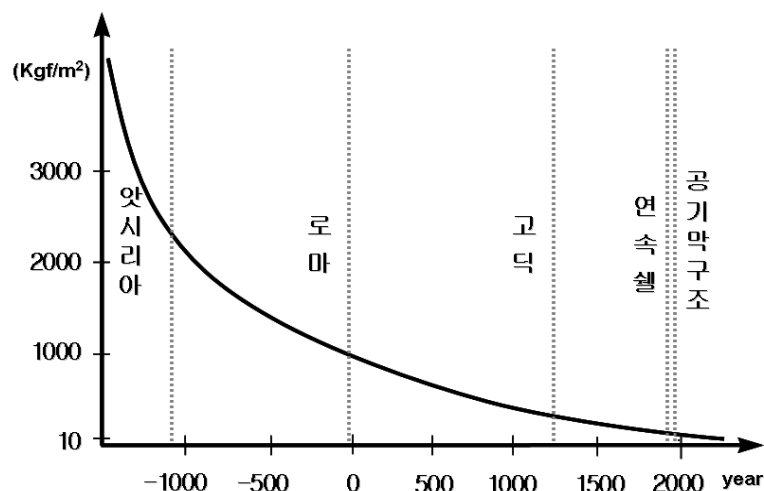


그림 2.6 지붕 자중의 시대적 변화

공간구조는 구성재의 특성에 따라 연속체 쉘(Continuous Shell) 구조와 이산계 쉘

(Discrete Shell) 구조로 대별할 수 있고, 모멘트의 저항성능에 따라 강성구조(Rigid Structure)와 연성구조(Flexible Structure)로 구분되며, 이들 시스템의 장점을 종합하여 구조성능을 최대로 발휘한 복합구조(Hybrid Structure)가 있다. 최근의 공간구조는 대부분 케이블과 막 또는 트러스와 케이블 그리고 막으로 구성된 복합구조를 이용하는 경우가 많이 있다.

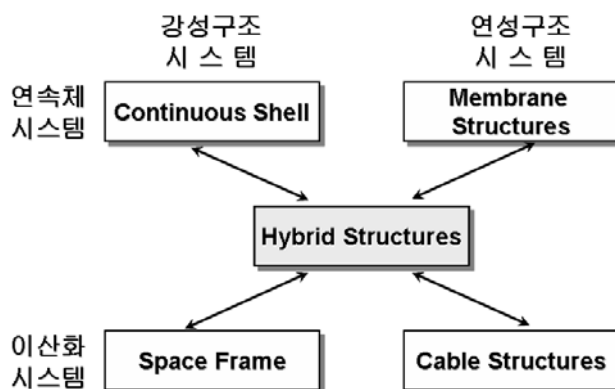


그림 2.7 공간구조시스템의 분류

공간구조의 발전과정을 보면 대 스패화와 재료 경량화라는 상호 보완관계 경향이 뚜렷하게 나타나는데, 이것은 산업화와 더불어 인구의 집중으로 인하여 많은 인원을 수용하기 위한 대공간의 수요 증대와 이 대공간을 가능케 하기 위한 구조시스템을 구축하려는 요구가 반영된 현상이다. 또한, 재료적인 측면에서 콘크리트에서 철 그리고 막 및 케이블 재료로 변천된 것도 재료의 경량화 추세 때문으로 볼 수 있다. 역사적으로 의미가 있는 최초의 현대적 대공간 트러스 구조물로는 1961년 세워진 $15,800\text{ m}^2$ 의 개폐식 지붕을 갖는 피츠버그 시빅 아레나를 들 수 있으며, 273 m 스패의 킬(Keel)트러스 지붕을 갖는 대구 월드컵 경기장과 스패 200 m, 지붕면적 $100,000\text{ m}^2$ 를 갖는 밀레니엄 돐을 현재의 대표적인 대공간구조로 볼 수 있다.

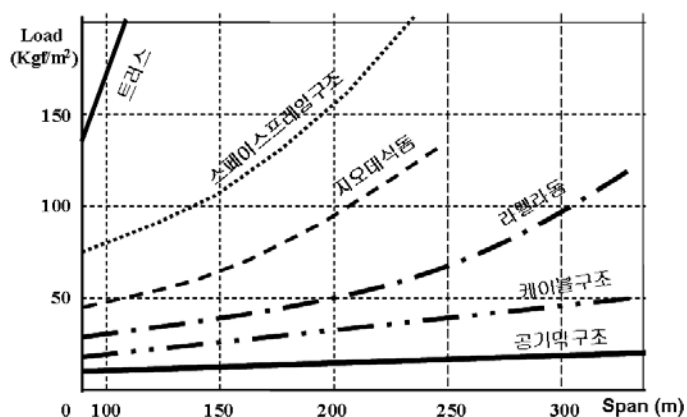


그림 2.8 공간구조 시스템의 스패와 자중의 관계

현대적인 공간구조시스템의 역사적 발전과정은 산업화에 따른 인구의 도시집중과 경제발

전에 따른 사회적 수요 증대에 비례하여 발전하여 왔다. 공간구조의 기술발전 현황을 설명할 때 대체적으로 4 단계로 구분하는데 제 1세대는 돌이나 벽돌 등에 의한 고전적인 조적식 돔 등을 포함하고 있으며, 제 2세대는 1972년 ~ 1989년까지의 Hard 지향형 또는 기술진행형 시대로 공기막구조의 참신한 조형미와 투광성 있는 개방적 공간의 창조를 목표로 하고 있다. 제 3세대는 1990 ~ 1994년까지의 Hard-Soft 병용지향형 시대로 개폐식 구조의 전천후 공간창조가 주요한 목표가 되었으며, 제 4세대는 Soft 지향형 시대로 1995년부터 현재에 이르고 있다. 이 시기에는 내부 공간의 다목적사용을 추구하는 Hybrid 시대를 연출하고 있으며, 공간 활용의 유연성과 친환경적인 공간의 제공을 목표로 하고 있다. 또한 이 시기에 공간구조 시스템의 신구조 개념인 장력안정 트러스(Tensegrity)의 원리가 도입되었으며, 이 신개념은 현재 부산 월드컵경기장 등의 지붕구조에 적용되고 있다.

HARD 지향형(기술진행형)	HARD-SOFT 병용지향	SOFT 지향형
제 2세대 (공기막구조) 1972~1989	제 3세대 (개폐식) 1990~1994	제 4세대 (Hybrid) 1995~현재
- 투광성 있는 개방적 공간의 창조 - 참신한 조형미 1975, 산타클라라 돔 1976, 실버 돔 1988, 도쿄 돔	- 전천후 공간의 활용 - 개폐자체가 Impact를 갖는 이벤트 1989, 스카이 돔 1993, 후쿠오카 돔 1995, 오션돔	- 다목적 용도에 맞는 공간의 유연성 확보 - 환경친화적 공간 제공 1995, 나고야 돔 1995, 오사카 돔 1997, 알라모 돔 2000, 밀레니엄 돔
• 여의도 중소기업 종합전시장	• 국내 시공실적 없음	• 국내 시공실적 없음

그림 2.9 대공간구조 시스템의 기술발전 현황

우리나라에서는 1950년대 이후 공장건물, 곡물창고 및 정유시설 등에 콘크리트 셸 등 공간구조를 일부 사용하기 시작하였으며, 1980년대 후반에는 88 서울올림픽을 기점으로 스포츠·문화 활동의 활성화와 함께 스포츠 시설 및 문화센터의 구조시스템으로 스페이스 프레임 구조가 많이 활용되었다. 또한, 1990년대 대전 엑스포, 2002 한·일 월드컵 축구경기 등 국가적인 이벤트를 수행하기 위한 건축물로 래티스 돔, 케이블+막구조 등 다양한 공간구조 시스템이 활용되기 시작하였으며, 산업화에 따른 물류시설의 수요가 증가하여 철골부재를 이용한 다양한 형태의 구조시스템이 제안되고 있다. 최근에는 국민 경제의 발전과 생활의 질적인 향상에 따라 대규모의 전시, 유통, 레저 및 체육시설 등 대공간 구조물에 대한 필요성이 그 어느 때보다 높아지고 있는 실정이며, 최근에 건설된 광명 경륜 돔, 부산의 부산컨벤션센터(BEXCO), 일산의 한국국제전시장(KINTEX), 대구의 대구컨벤션센터(EXCO Daegu), 제주도의 국제컨벤션센터(ICCJEJU) 등이 그 예이다. 미래의 공간구조가 갖는 요구조건으로는 복합화, 통합화를 지향하는 새로운 도시기능, 500m 이상의 스패, 태양광, 비 등 자연조건에 대응할 수 있는 전천후기능의 보유, 형태의 전개가 자유롭게 가능한 구조 그리고 개폐와 이동 등에 따른 보수, 유지비가 저렴한 구조 등을 가정해 볼 수 있다.

(나) 대공간구조 시스템의 발전 현황

① 고전 돔과 현대 대공간구조 시스템

돔이라 하면 중세의 대성당이나 고대 로마 판테온의 둥근 지붕을 떠올린다. 그러나 일반적으로 고대로부터 근세에 이르는 돔이 공간적 의미나 형태, 기능면에서 볼 때 매우 다르기 때문에 19세기 이전의 종교적, 정치적인 돔을 ‘고전 돔’, 20세기 이후의 비종교적인 돔을 ‘현대 대공간구조 시스템(돔)’이라 부르고 돔 본래의 어휘를 기본으로 하여 상호 다른 점을 기술한다.

돔을 건축용어에서는 쿠폴라(cupola, 이탈리아), 궁륭, 원개 등으로 번역하는 것과 같이 ‘반구형이나 그에 가까운 첨두형과 구근상의 둥근지붕, 둥근천정을 가리키며 지붕, 천정의 연직 단면은 반원형, 반호형, 타원형, 첨탑 원호형, 구근형 등, 밑부분의 수평단면은 원형, 타원형, 또는 그에 가까운 다각형 등이 있다’라고 한 돔에 대한 정의는 형태상의 특성에 의해 설명하는 경우가 많다. 그러나 도머스(domus)의 어원은 ‘집’을 의미하는 라틴어이고, 이탈리아어의 두오모(duomo)나 독일어의 도무(dom)는 대성당인 것을 나타내어 형태와는 무관한 어휘로 사용되고 있다.

이미 알려진 바와 같이 고대 로마가 아치나 돔의 구조 기술로 각광을 받았던 요인은

1. 사회기구가 정비된 고대 로마에서는 종교 건축이나 집회, 스포츠, 오락 등의 실용적인 공공시설이 많이 건설되었다.
2. 천연 시멘트가 출토되고 콜로세움, 판테온, 카라카라 대욕장등 많은 대규모 공공건축이 콘크리트 공법에 의해 건립되었다.
3. 고대 로마의 도시 정비가 콘크리트 공법에 의해 단기간 내에 경제적으로 수행되었다.
4. 콘크리트 공법은 미숙련 노동자(노예)라도 쉽게 적용할 수 있었다.

따라서, 고대 로마가 아치, 볼트 돔의 역사에서 중요한 위치를 점하고 있다는 점은 자명한 사실이며, 그 집대성은 판테온과 수도교이다. 연구에 의하면 고전 돔의 기원은 기원전 7천년 경으로 거슬러 올라간다. 처음에는 1. 가족의 집합장소로서의 공간(집) 2. 진흙 기와로 이루어진 곡면 공간, 3. 실내의 열기를 천정에 모아 실온의 상승을 억제하는 마감재 등 친근한 실용기능을 갖는 공간으로서의 볼트나 돔을 생성하였다. 또한 재력이 많은 위정자(신관)가 신전이나 궁전의 일부에 강도 높은 소성기와를 이용한 볼트공간을 권위의 상징으로 축조하게 되었다. 그리스도교나 이슬람교 등 인위적 종교가 탄생한 후 당시의 위정자들은 ‘완벽한 질서를 표현하는 원’이나 ‘우주공간을 표출하는 구체’를 ‘신성한 신의 집(domus dei)’이나 ‘도시공간의 심벌’로서 볼트나 돔을 덮은 모뉴먼트를 축조하게 되었다. 그 발전과정 중에 고전 돔은 보다 거대하게 되었으며 개인적인 공간으로부터 사회적인 공간으로 정치, 종교성을 넓히게 되었으며, 친밀한 공간으로부터 위압적인 공간으로, 실용적인 공간으로부터 상징적인 공간으로 변질되어 왔다.

고전 돔은 그 상징성으로 인해 고대 로마로부터 19세기 기독교나 이슬람교 문명권의 거대한 종교건축이나 공공건축으로 많이 사용되었다. 판테온은 구운 기와 콘크리트조의 내경 43.2m(정부의 두께 1.2m)인 거대한 돔으로 철근 콘크리트(이하 RC)조의 브레슬라우의 세기홀(1912, 직경 65m)이 탄생할 때까지는 유사 이래 최대 규모의 구형 돔 공간을 자랑하고 있다.

그 후 동방문화권의 영향을 받은 비잔틴의 하기아 소피아 대성당(537, 이스탄불, 내경 약 31m)과 성 비탈렌 성당(526~547, 라벤나) 등이 탄생하였다. 유럽에서는 10세기말경으로부터 본격적인 돔이 건축되었으며 이탈리아 르네상스의 산타마리아 델 피올라 대성당(1436, 피

렌체, 내경 약 42m), 바로크의 성 피에트로 대성당(1589, 로마) 등이 건립되었다.

구운 기와 콘크리트조의 삼중 쉘(구조체는 내측 돔뿐)의 성 폴 대성당(1675, 런던)에서는 돔의 경량화가 계획되어 수평추력은 돔 하부를 둘러싼 타이에 흡수시키는 등 19세기 이전의 돔도 다양한 기술 혁신이 계속되었다. 18세기 중엽 영국에서 시작된 산업혁명은 19세기 전반에 구미와 19세기 말에 러시아, 일본 등에 전파되어 선진 제국에서는 농업 사회로부터 공업 사회로 변혁이 진행되었다. 특히 영국이나 프랑스에서는 신 산업도시의 눈부신 발전에 따라 인구의 도시집중을 초래하여 새로운 사회문제를 낳았고, 역학이나 재료의 기술혁신을 배경으로 교량을 비롯하여 역사, 공장, 시장, 전시장과 같은 대규모 공공시설, 산업시설이 실현되었다. 이들 대부분은 기와나 돌 대신 압축재로 주철이 사용되어 철골 아치, 볼트, 석재가공 기술이 실용기능을 갖는 현대 대공간구조 시스템의 보급을 촉진하게 되었다. 따라서 종교적 의미가 강한 고전 돔 시대는 종말을 맞게 되었다.

일본에서 돔이라고 하는 말이 보급된 것은 동경 돔(1988)의 탄생이후이다. 이후 돔이라는 용어는 ‘개성과 활력 있는 고향 만들기의 심벌 돔’, ‘시민에게 개방된 커뮤니티 돔’, ‘시민의 건강 만들기 돔 공간’이라고 하는 캐치플레이즈에 기초하여 지방 자치단체는 돔 본래의 정신적 의미를 잃은 다목적 대공간구조 시스템을 경제적으로 건설하였다.

그렇다면 현대 대공간구조 시스템의 특징은 무엇일까? 고전 돔 본래의 정신적, 사회적, 기능적인 의미나 형태적, 구조적인 특징은 모호해 졌지만 양자를 비교하여 정리하면 다음과 같다.

1. 형태상의 특징

고전 돔 : 완결성이 있는 구체

현대 대공간구조 시스템 : 위로 볼록한 곡선이나 절선상의 완결성이 없는 형태

2. 역학상의 특징

고전 돔 : 압축력을 이용한 구조

현대 대공간구조 시스템 : 인장력과 압축력을 이용한 구조

3. 재료상의 특징

고전 돔 : 압축재에 의한 구조

현대 대공간구조 시스템 : 인장재와 압축재에 의한 구조

4. 공간상의 특징

고전 돔 : 정신성과 상징성/집, 신의 집, 자연, 우주

현대 대공간구조 시스템 : 실용성/다목적 공간

5. 기능상의 특징

고전 돔 : 종교건축/신전, 교회당, 모스크

현대 대공간구조 시스템 : 공공, 상업건축/청사, 역사, 광장, 시장

6. 사회상의 특징

고전 돔 : 위정자, 도시를 위한 공간

현대 대공간구조 시스템 : 시민, 시내, 지역을 위한 공간

② 대공간구조 시스템의 분류와 변천

현대 대공간구조 시스템은 형태, 공간상의 특성과 사회, 기능상의 특징이 고전 돔에

비해 모호하기 때문에 구조형식의 발전 과정과 역학상, 재료상의 특징에 주목하여 분류한다. 현대 대공간구조 시스템에 관한 유사 이래의 구조형식 발전과정을 분류하면

제 1단계 : 고대부터 19세기의 조적, 철골조에 의한 아치, 볼트, 돔 구조시스템의 시대

제 2단계 : 20세기 초로부터 1950년대의 RC셀 구조시스템의 시대

제 3단계 : 1960년대부터 1980년대의 입체 트러스 구조시스템의 시대

제 4단계 : 1980년대 이후의 케이블, 막에 의한 인장 구조시스템의 시대

등 4개의 발전단계로 정리할 수 있다. 여기에서 구조 작용의 특성으로부터

i) 아치 작용을 이용한 압축 구조시스템

ii) 셀 작용을 이용한 막 응력 구조시스템

iii) 트러스 작용을 이용한 축력 구조시스템

iv) 텐션을 이용한 인장 구조시스템

등 4개 그룹으로 대분류하며, 구조 재료별로는 i) 콘크리트 시스템, ii) 강재 시스템, iii)케이블 시스템, iv) 목재 시스템, v) 막재 시스템의 5개 그룹으로 소분류하고 있다.

i) 압축 구조시스템 : 볼트형이나 돔형의 콘크리트 시스템, 강재 시스템, 목재 시스템 돔 강재 대공간구조 시스템의 역사는 산업혁명을 계기로 영국, 프랑스에서 시작된다. 제철법의 기술혁명은 각 방면에 영향을 주었으며 그 중에서도 고전 돔의 세계는 주철, 연철, 강철을 손에 넣음으로써 앞에서 기술한 변혁을 일으켰으며, 현대 대공간구조 시스템의 세계가 유럽을 중심으로 보급되어 갔다. 영국의 제철업자 더비부자가 콜부룩데일에 세계 최초의 주철을 사용한 철골 아치교(1779)를 만들었고, 주철 돔으로 만들어진 프랑스좌(1786)가 탄생되었으며, 대량 생산이 가능하게 된 주철과 유리를 이용한 개방적인 공공 공간이 유럽 각지에 탄생하였다. 주철아치는 파리 곡물시장(1813), 처즈위스 대온실(1837), 파리 동부역(1847), 수정궁의 교차회랑(1851), 파리 국립도서관(1869), 성 판크라스 역(1869) 등 주철 돔은 큐 식물원 영 온실(1848), 런던 대영박물관(1857) 등 그리고 밀라노의 갤러리아(1865)에서는 연철 돔이 가로 공간의 연결부에 적재되었으며, 직경 107m 왕의 대형 돔(1873)은 당시 세계 최대 규모의 돔이 되었다. H. 벳세머가 제철법을 발명(1855)하여 주철에는 없는 강인함을 갖는 강재가 대량 생산되어 19세기 후반 대스팬의 시대가 일시에 개화되었다. 교량분야에서는 현대의 강관트러스를 예감하게 하는 폭스 교(1890)가 건설되었고, 150×420m의 대공간을 덮는 파리 만국 박람회의 기계관(1889)은 세계 최초의 강재 3хин지 아치가 되었다. 골조가 내뻗는 호쾌하고도 참신한 공간은 당시의 사람들에게 신선한 놀라움을 주었고, 전통적인 고전 돔의 세계로부터 이별의 상징이 되었으며, 20세기 현대 대공간구조 시스템의 미래에 새로운 지평을 열었다고 말할 수 있다.

이후에 셀 돔으로 진화한 콘크리트 시스템 아치 돔은 철골 돔보다 반세기 정도 늦었으며, RC기술의 선진국인 프랑스로부터 시작되었다. 20세기 초 성 잔드 몽마르트 교회(1904), 상제리제 극장(1912), 파형단면의 곡선, 볼트의 오르리 비행기 격납고(1924), 폴란드 브레슬라워에서는 직경 65m의 세기 홀(1912)이 실현되었다.

이탈리아에서는 RC공법의 경제성과 시공성을 추구한 피엘 루이지 네르비가 아치 리브격자를 볼트형태로 배치한 2개의 비행기 격납고(1939, 1940)에 이어 토리노의 전시장(1948)에서 프리캐스트 페로시멘트 부재를 이용한 볼트를 실현하였으며, 또한 페로시멘트

형 형틀의 아치리브를 RC로 일체화한 돔, 로마의 소체육관 페러펙트(1957, 직경 60m)와 대체육관(1959, 직경 100m)을 완성시켰다. 이들은 판테온에서 개발된 기와 아치를 콘크리트로 일체화시킨 아치공법의 현대판이라 말해도 좋으며, 그 집대성은 V자형 단면의 프리캐스트 콘크리트 리브아치를 구면상으로 연속시킨 시드니 오페라 하우스(1973)이다.

ii) 막 응력 구조시스템 : 원통형, 구형, HP·EP 곡면형 등 콘크리트 시스템 돔

19세기 초 얇은 곡면판 이론에 관한 연구가 시작되었고, 19세기 중반부터 20세기 초에 걸쳐 신재료 RC의 이론적, 실험적 연구가 진행되었다. 다양한 기술개발이 축적되어 독일의 광학기기 메이커인 칼짜이즈사가 직경 16m, 두께 3cm의 RC 반구형 셸을 시험 제작하였다. 이 강봉의 측지선(지오데식)돔에 모르터를 뿜어 완성한 이에나의 프라네타리움(1923)이 세계 최초의 RC 돔이 되었다. 그 후 원통셸이 스위스 디비닥 공법(Z·D 공법)으로 보급되었지만 처음의 셸 형상은 단순하고, 스펠도 20m 전후에 지나지 않았다. 그러나 RC 셸의 진보는 눈부서 1928년에는 스펠 76.3m, 셸 두께 9cm의 라이프치히 시장이 건설되었다. 원통을 서로 연결한 8각돔의 지붕자중은 거의 같은 형상과 규모인 블래스라우의 세기홀(1912)에 비해 약 1/4이 되어 RC 셸의 우수성을 나타내는 좋은 예가 되었다.

안토니오 가우디는 서스펜션 모형에 의한 현수선형 아치로 유명하지만, 곡면이나 비틀린 곡면의 조형적·역학적 특성을 감각적으로 이해하고 있었다. 사그라다 파밀리에의 종탑에 오르면 공사현장의 기와 중에 제단 지붕의 HP 곡면과 인접한 학교(1909)의 코노이드 곡면이 위화감 없이 녹아있는 모양을 알 수 있다. HP 곡면을 카트리나 곡면이라고 말하는 바와 같이 여기에서는 비틀린 곡면은 전통적인 형태로 친근하게 쓰여 왔다는 점을 생각하면 콜로니아 켈 교회의 내부 공간과 켈 공원의 하부구조가 특이한 공간이 아니라 카트리나 지방의 풍토와 전통적 공법으로부터 자연적으로 탄생된 것을 이해할 수 있다. 따라서 스페인의 땅이 에드와르도 토로하나 펠릭스 칸델라, 산티에고 카라토라바를 낳은 것도 우연이 아니다. 또한 마드리드 교외의 살스웰라 경마장(1935)을 방문했을 때 공중을 떠다니는 것과 같이 가벼운 지붕에 감동했던 인상을 잊을 수 없다. 토로하는 관람석의 아치를 플라잉 버트레스로 불렀지만, 일엽 쌍곡면의 힘이 관람석 중앙을 흐르고 있다는 것은 누구도 눈치 채지 못했을 것이다. 장력효과와 상관보강으로 셸의 압축장을 유지하는 수평추력을 흡수한 알헤시라즈 시장(1933), 대소 2개의 원통셸을 조합한 프로튼 리콜토스(1935)에서도 대담하며 교묘한 연출을 하고 있다.

토로하의 도전으로부터 수년 후 스위스 박람회에서 로벨 마이아르가 시멘트관(1939)을 지었다. 기둥이 떠오르는 비단기구와 같이 가볍게 걸쳐있다고 찬탄한 파빌리온은 당시 화제를 불러 일으켰지만, 토로하의 작품에는 크게 미치지 못하였다. 다킬라 클립 교회관(1958)에서는 연체동물을 연상시키는 유기적 형태를 갖는 자유곡면 셸을 제안한 바와 같이 RC나 얇은 곡면판의 특성을 정확하게 파악한 후 기술을 초월한 공간에 승화시킨 선구자는 그를 제외하고는 없을 것이다.

마이아르의 영향을 받은 칸델라는 조국의 전통적인 카티너리 곡면의 매력에 빠져든 엔지니어였다. 스페인 내전으로 멕시코에 망명한 그는 셸두께 약 1.5cm로부터 4cm의 곡면볼트를 갖는 멕시코 대학 우주선 연구소(1951)로 데뷔, 그 후 HP 곡면의 매끄러운 공간에 도전을 계속하여 멕시코시티의 밀라그로사 교회(1953)와 4개의 HP 셸(셸두께

4cm)을 상관시킨 서치미르코의 레스토랑(1957) 등으로 다른 기하학적 곡면으로는 어려운 장엄하고 화려한 HP 공간을 만들어 내었다.

한편 1950년대부터 프랑스와 이탈리아로부터 RC 돔의 화제작이 계속 실현되었다. RC 공법의 선진국인 프랑스에서는 스펜 200m의 PC 원통 더블 셸을 3개씩 상관시킨 CNIT홀(1958)과 병풍상의 절판지붕과 벽으로 메가프레임을 구성한 유네스코 본부 빌딩 회의장(1958)이 화제를 모았으며 이탈리아에서는 RC의 가소성에 도전이 이루어졌다. 유일한 콘크리트 다리를 설계한 리카를로 모란디는 토리노의 발렌티노 공원 지하주차장(1959)에 기하학적 형태로부터 해방된 관능적이고 호쾌한 PC 프레임 공간을 만들었고, 안젤로 만잘로티도 밀라노의 바란자티 교회(1958) 등에서 단아한 PC교의 조형에 의욕을 불태웠다. 그러나 에린코 카스틸리오니가 제안한 나폴리역 홀(1954)은 대단히 우수하였으며, 자유곡면 셸과 3개의 기둥이 자연스럽게 연속된 유기적인 구조 형태는 실현되었다면 역사적인 건축물이 되었을 것이다.

RC 셸의 선구자 중에 잊어버리면 안 될 인물은 미국의 건축가 에로 사리넨일 것이다. 사리넨은 구조 표현주의시대의 총화로서 조형적·구조적으로 다양한 건물을 만들어 내었으며 그 중에서도 3점 지지된 재단 구형 셸의 MIT 클래스게 성당(1955), EP 곡면셸의 케네디 국제공항, TWA 터미널(1961), 서스펜션 셸의 델러스 국제공항 터미널 빌딩(1962)은 RC셸의 가능성에 도전한 선구적인 사례이다.

MIT 강당 구의 중심을 지나는 평면으로 절단한 1500톤의 구면을 3점 지지하는 대담한 발상은 엔지니어에게는 공포였을 것이다. ‘선진 기술에 도전하는 MIT 정신을 표현한다’라고 한 사리넨의 설계 의도는 단조로운 구형 셸 공간으로부터는 얻어질 수 없으며, 지지부의 주변 면내응력의 복잡함을 방지한다고 하는 구조상의 합리성으로부터 나온 강당은 구조기술의 논리적 귀결로써 나오는 셸공간에는 없는 긴장감이 존재한다. TWA 터미널도 유사하다. 4개의 EP 곡면 볼트를 4개의 Y형 기둥이 지지하는 조형적 셸에 대하여 ‘어렵고도 너무 정교하다’라고 한 네르비의 감상은 무리없는 지적이다.

1950년대에는 구조표현주의 흐름 중에 구조형태의 특성 자체가 조형적 필연성을 갖는 RC 셸이 응력해석과 건설기술의 진보에 따라 급속히 각국으로 퍼져나갔으며 화려하게 전개되었다. 그러나 이슬라 셸이나 세계최대 콘크리트 구형셸인 시애틀의 킹돔(1976, 220m) 등의 일부를 예외로 하면 1960년대 들어 축력 시스템 돔(입체트러스)이나 서스펜션 시스템 돔(서스펜션 구조)에 그 자리를 넘기게 되었다. 또한, 컴퓨터 만능의 현대에 스위스의 엔지니어 하인츠 이슬라의 구조모형에 의한 실험적 수법은 주목할 만하다. ‘매달린 막으로 얻어진 곡면을 역으로 하여 압축장에 포함된 합리적인 셸면을 얻는다’라고 하는 모형 스터디를 통해 기하학적 곡면과는 다른 차원의 자유곡면에 의한 공간을 모색하는 특이한 엔지니어이다. 취리히 교외의 BP 주유소(1968)나 토로하의 타킬라 클럽 계획안과 유사한 시크리사 오피스의 자유곡면이 연출하는 가벼운 공간은 캐드 설계나 FEM 해석에 의존한 현대 돔과는 차이를 갖고 있다. 설계 틀의 진보가 현대 돔의 질 저하를 초래한 의문을 푸는 실이 이슬라의 고전적 설계수법에 있을 법하다.

iii) 축력 구조시스템 : 원통형, 구형, HP 곡면형 등 강재 시스템, 목재 시스템 돔

강재 시스템 돔은 철골 셸로도 불리는 바와 같이 RC 셸의 이론적 연구를 토대로 하여 발전한 구조시스템이다. 결국 얇은 곡면판의 곡면을 그리드 상으로 분할하고, 분할한 요소

로 근대적인 곡면을 구성하는 것으로 18세기 말부터 20세기 초에 걸쳐 스웨들러, 라멜라, 지오데식 등의 여러 가지 돔 분할법이 고려되어 왔다. 베를린의 주유소(1863)는 직경 40m의 스웨들러 돔으로 본격적인 철골 셸의 선구자적 사례가 되었다. 구면에 투영된 정이십면체의 각 변을 분할하는 지오데식 분할은 이에나의 프로네타리움(1920)에 처음으로 사용되었다. 지오데식 돔이 넓게 보급된 것은 통칭 ‘폴러 돔’이라고도 말하는 바와 같이 부크민스터 풀러가 다양하게 전개를 시도했기 때문이다. 풀러는 포드 자동차 회사의 로텐더 돔(1952)으로 각광을 받았으며, 1954년에 지오데식 분할의 특허를 취득하였다. 그 이후 직경 117m의 유니온 탱크카사(1958), 공수 가능한 모스크바의 아메리카관(1959), 직경 76m의 3/4구체의 몬트리올 세계박람회 아메리카관(1967)을 시작으로 사망하는 80년대 초까지 그의 특허에 의해 30만건 이상의 폴러 돔이 세계 각지에 탄생하게 되었다.

휴스턴의 애스트로 돔(1967, 직경 196m), 뉴올리언즈의 슈퍼 돔(1975, 직경 207m) 등 대규모 라멜라 돔이 시도된 한편, 1980년대에 스포츠 시설을 덮는 대규모 돔은 서스펜션 시스템, 장현보, 텐세그리티 등의 케이블 돔이 주요 자리를 차지하게 되었다. 그러나 강재 시스템 돔의 영향으로 쇠퇴한 목재 시스템 돔은 21세기의 순환형 사회에서는 각광을 받아도 좋을 것이다. HP 셸의 도르트문트 야외극장(1969, 60m), 5cm 각목재로 구성된 단층 격자셸의 만하임 다목적 홀(1975), 세계 최대의 목조 3방향 단층 그리드 돔의 타코마 돔(1983, 직경 160m) 등 새로운 영역에 도전한 다양한 목조 돔이 건설되었다.

iv) 서스펜션 시스템 돔 : 강재, 케이블, 목재를 서스펜션 부재로 한 서스펜션 지붕과 케이블만으로 구성된 케이블 넷, 장현보와 텐세그리티 등의 하이브리드 구조 또는 골조막, 서스펜션 막, 공기막에 의한 막구조 등의 돔

서스펜션 시스템 돔의 특징은 인장재와 압축재의 구조요소로서의 역할을 명확히 하고, 양자의 기계적 성질을 최대한 이용한 점이다. 최소의 재료로 최대의 공간을 덮는 기구를 내포하는 합리적인 구조 시스템이라고 말할 수 있지만, 케이블에 발생하는 인장력의 처리와 케이블의 진동제어 처리법이 중요하다.

본격적인 서스펜션 구조의 시초는 건축가 메쉬노비키가 설계한 노스캐롤라이나의 더튼 아레나(1953)였다. 두 개의 경사진 곡선형 RC 아치를 교차시키고 그 사이에 서스펜션 케이블과 누름 케이블을 HP 곡면상에 잡아당긴 두 방향 서스펜션 지붕으로 이 HP 곡면을 이용하여 불안정한 케이블군에 강성을 부여하는 방법은 당시로서 혁신적인 아이디어였다. 연속적으로 건축가 E.사리넨이 킬 아치와 외주아치로 지지되는 두 방향 서스펜션 지붕의 예일대학 호크 링(1958)과 경사기둥 사이에 일방향으로 케이블을 잡아당기고 PC 판으로 일체화시킨 일방향 서스펜션 지붕(서스펜션 셸)의 델러스 국제공항 터미널 빌딩(1962) 등 두 개의 서스펜션 지붕을 시도하였다. 그 중에서도 델러스 공항의 서스펜션 지붕은, 콘크리트재의 수목에 걸쳐진 일련의 ‘서까래’라고 그가 말한 바와 같이 사리넨의 독특한 창조력과 조형력이 풍부하게 가득 찬 공간으로 일방향 서스펜션 지붕의 단순한 구조형태를 초월한 특이한 사례가 되었다.

외주 압축링으로부터 원심방향으로 당겨진 케이블군으로 구성된 방사상의 서스펜션 지붕의 몬테비데오 체육관(1957, 94m)이나 브뤼셀 박람회 아메리카관(1958)은 진동제어의 문제를 안고 있었다. 그래서 외주 압축링과 중앙 인장링 사이에 상하 두 층의 서스펜션과

누름 케이블을 당기는 차바퀴형 서스펜션 지붕이 등장하였다. 그 예로는 유치카의 공회당(1959), 소피아의 스포츠홀(1960), 북경 공인 체육관(1961) 등이 있는데, 그 중에서도 유치카의 공회당은 건축적으로는 별로 다른 게 없지만, 초기 장력이 서로 다른 상하 2층 케이블로 진동을 제어한다는 구조상의 탁월한 아이디어가 포함되어 있다. 케이블을 망상으로 조합한 케이블 넷 구조는 현대적 텐트구조로부터 파생된 것으로 자유로운 형식을 나타내는 구조시스템으로서 주목되고 있다. 프라이 오토는 몬트리올 세계 박람회 독일관(1967)과 뮌헨 올림픽 스타디움(1972)으로 케이블 넷의 조형적 구조적 가능성을 나타내었지만, 경계구조나 조인트의 설계 시공과 구조해석이 번잡하여 보급에는 다르지 못하였다. 1980년대 후반 경 강재, 케이블, 막재 등을 혼합한 케이블 돔이 등장하였으며, 구조물의 경량화에 의한 경제성, 영구 구조물로서의 내구성 등이 확보되어 철골 돔이나 에어돔(공기막)에 대신하여 현대 돔의 주역의 자리를 차지하게 되었다. 압축재(플라잉 서포트)를 케이블로 연결한 구조 시스템을 텐세그리티 돔이라고도 말한다. 서울올림픽경기장(1986), 일리노이 주립대학 랫파드 아레나(1987), 세인트 피터스 파크의 썬더 돔(1990), 또한 넓이 $34,800\text{m}^2$, 수용인원 8만 명의 애틀랜타 조지아 돔(1992)에서는 세계 최대의 케이블 돔이 실현, 대공간을 넘는 경제한 구조 시스템으로 보급되고 있다.

막재 시스템 돔에는 지지체로부터 막을 잡아당긴 텐트구조와 내외의 기압차로 막을 지지하는 공기막 구조의 2가지 구조 시스템이 있다. 텐트 구조의 역사는 길다. 오래전부터 인류는 텐트를 가설용 쉼터로 이용하였으며, 고대 로마의 콜로세움에서는 이벤트 기간 중에 거대한 텐트가 펼쳐져 있었다. 근년에는 서커스장의 가설 텐트가 대단히 그림자지만 HP와 홀 상의 막재로 장력을 도입한 현대적 텐트의 막구조 역사는 짧다. 막재료의 개발과 이론적 연구가 진행되어 F. 오토는 카셀 야외음악당(1955)에 세계 최초로 4개의 지주로 지지된 고정식 서스펜션 막을 지었고, 이것을 발전시킨 쾰른의 야외 댄스장(1957)을 설계하였다. 이 두 개의 사례는 현대적 텐트 구조의 효시였다.

강도와 내구성, 불용성, 투광성이 우수한 테프론 막(4불화에틸렌수지코팅 그래스 섬유막)이 개발되어 캘리포니아의 러번대학 캠퍼스 센터(1973)에 사용되어 대공간 스포츠나 공항 시설로 시작하여 다양한 용도로 현대적 텐트가 이용되게 되었다. 근년에는 사막에 있는 카라반 행렬을 생각하게 하는 덴버공항 터미널(1994) 등 항구적인 건축물의 구조 시스템으로 정착되고 있다. 공기막구조는 19세기 초부터 야전병원 등의 군사시설로 제안되었지만 실현된 것은 제 2차 대전 직후이다. 냉전 구조 중 미 공군의 레이더를 보호하는 레이 돔(1946)이 북극권에 건설되었고, 처음에는 군사시설로서 나중에는 민간용 창고나 체육관 등에 전용되게 되었다. 오사카 박람회(엑스포70)에서는 아메리카관(1970)이 세계 최초의 대규모 로우 라이즈(low rise) 케이블 보강 공기막구조로서 주목되었다. 연속적으로 tm팬 $234.9\text{m} \times 183.3\text{m}$ 의 초타원형 평면을 덮은 세계 최초의 영구 케이블 보강 공기막의 폰티액 실버돔(1975)을 시작으로 메트로 돔(1982)이나 밴쿠버의 B.C. 프레이스(1984) 등의 스포츠 시설을 덮는 에어돔이 탄생하는 한편 그 후에는 텐세그리티에 의한 케이블 돔 주역의 자리를 내주게 되었다.

기 능	단일 기능	복합화·통합화 기능				
건축물의 용 도	격납고	항만시설 터미널	재해 피난 지역	생태계보호 유적보존		
	이벤트홀·박람회장			환경보존		
	공장·물류센터	리조트타운 사막 및 해상도시		공중도시		
	스포츠·레저시설 (체육관, 골프장,	스키장, 테마 파크, 레저 파크)	정보인프라	공중정원		
스팬 규모	100m	200m	300m	400m	500m	
구현가능 시기	20 세기 ←		→ 21 세기			

그림 2.10 공간구조 시스템의 현재와 미래

(다) 핵심기술 또는 기반기술의 범위

“스팬 300m 대공간 건축물의 건설 및 실용화 방안에 관한 연구”를 목표로 하고 있는 본 연구과제에서는 ① 해석 알고리즘 및 설계기법 개발, ② 구조 시스템 개발 및 경제성 분석, ③ 시공 및 친환경 설계기법 개발, ④ 실용화 및 유지, 보수기법 개발을 세부과제 내용으로 하고 있다.



그림 2.11 대공간 건축물 건설 및 실용화 방안

- ① 해석 알고리즘 및 설계기법 개발 (본 연구과제 총 연구비의 30%, 선진국 대비 기술수준 40% 수준)

본 세부과제는 대공간구조로 분류되는 스페이스 프레임, 서스펜션 막구조, 케이블 트러스 복합구조의 설계와 관련되는 구조특성을 규명하기 위한 해석기법을 연구한다. 구체적인 내용은 1) 비선형해석 기법으로는 강성구조물의 기하학적, 재료적 비선형해석, 연성구조물의 형상탐색 및 안정화이행과정 해석, 재단도 해석 등이 포함된다. 2) 구조안정해석 기법으로는 셸 및 스페이스 프레임의 정적, 동적 안정문제 해석기법으로서 극한 좌굴, 분기좌굴 및 다분기 경로 탐색기법 특히 소성을 고려한 경로탐색, 동적 불안정 문제 등이 이 분야에 포함된다. 3) 대공간구조물의 최적화 문제로 형상, 강성, 위상 최적화 문제, Fuzzy 문제 등이 포함되며, 4) 내풍설계 문제로 재료적, 기하학적 상사특성 분석, 풍하중 산정기술 개발, 그리고 5) 대공간구조물의 동적거동 특성, 하부구조의 거동특성 영향, 제진, 면진구조시스템 연구 등이 포함된다.

② 구조시스템 개발 및 설계 기법 개발 (본 연구과제 총 연구비의 30%, 선진국 대비 기술수준 20% 수준)

본 연구과제는 대공간구조 시스템의 실용화를 위한 핵심사항으로 1) 대공간구조 시스템 개발에서는 래티스 시스템, Hybrid 시스템, 콘크리트 시스템의 개발을 위한 모든 기술이 포함되며, 축소모델을 이용한 실험, 특히 개폐식 구조 시스템의 사회적 니즈에 따라 이 분야에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다. 2) 접합부 해석 및 설계에서는 각 시스템 특히 연성구조 시스템에서 필요로 하는 접합부의 해석 및 형태해석 그리고 설계에 적용할 수 있는 다양한 모듈의 접합부에 대한 연구가 수행된다. 3) 시스템의 경제성 분석은 실용화 입장에서 연구의 가치를 평가하고 최종적으로 포괄적인 경제성 분석을 통하여 사업화가 가능한 최적의 접합부 개발은 목표로 하고 있다.

③ 시공 및 친환경 설계 기법 개발 (본 연구과제 총 연구비의 25%, 선진국 대비 기술수준 30% 수준)

본 연구과제는 대공간구조의 시공 및 재료에 필수적인 모든 내용의 연구를 목표로 하고 있으며, 1) 대공간구조의 시공기법 개발에서는 상부구조의 Erection 계획, 연성구조물의 안정화 이행과정에 따른 시공 Sequence 등 시스템에 따른 시공기법을 연구하며, 2) 복합 및 강재 신재료 개발에서는 최신 대공간 설계에 필요한 신소재의 해석 및 개발에 중점을 두고 있고, 3) 친환경 대공간 설계에서는 빛 환경, 열 환경, 음 환경이 최적, 최고 수준으로 확보될 수 있는 기법을 연구한다.

④ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (본 연구과제 총 연구비의 15%, 선진국 대비 기술수준 30% 수준)

본 연구과제는 Pilot Project 를 통하여 관련 요소기술의 개발수준을 정량적, 사실적으로 평가할 수 있는 시스템을 도입하고, 연구 결과를 실용화하기 위하여 Code, 시공 Manual 작성을 주요 내용으로 한다. 또한 연구, 개발된 요소기술 등을 DB화하고, 특수구조물의 시공도면 등을 전산 Network 로 관리할 수 있는 시스템 구축을 목표로 한다.

(2) 연구의 비전

(가) 비전 및 발전방향

본 기획연구의 비전은 기술적·경제산업적 측면에서 대공간 건축물 건설시장과 관련 요소 기술의 격차를 분석하여 2006년 시행 예정인 “대공간 건축물 건설기술” 개발 과정을 통해 이러한 격차를 해소 또는 역전하기 위한 발전전략 수립과 신기술 및 신소재의 개발을 위한 전략을 제시함으로써 대공간 건축물의 기반기술력 확보와 이에 따른 시장 점유율 및 국제적 경쟁력을 확보할 수 있는 토대를 구축하기 위한 것이다.

이러한 비전을 달성하기 위하여 국제적 수준의 연구 활성화, 국제적 수준의 기술력 확보, 선택과 집중, 수요조사를 통한 트렌드 예측이라는 네 가지 세부전략을 통해 보다 과학적이고 세밀한 연구기획을 통해 본 과제에서의 시행착오를 최소화 한다.

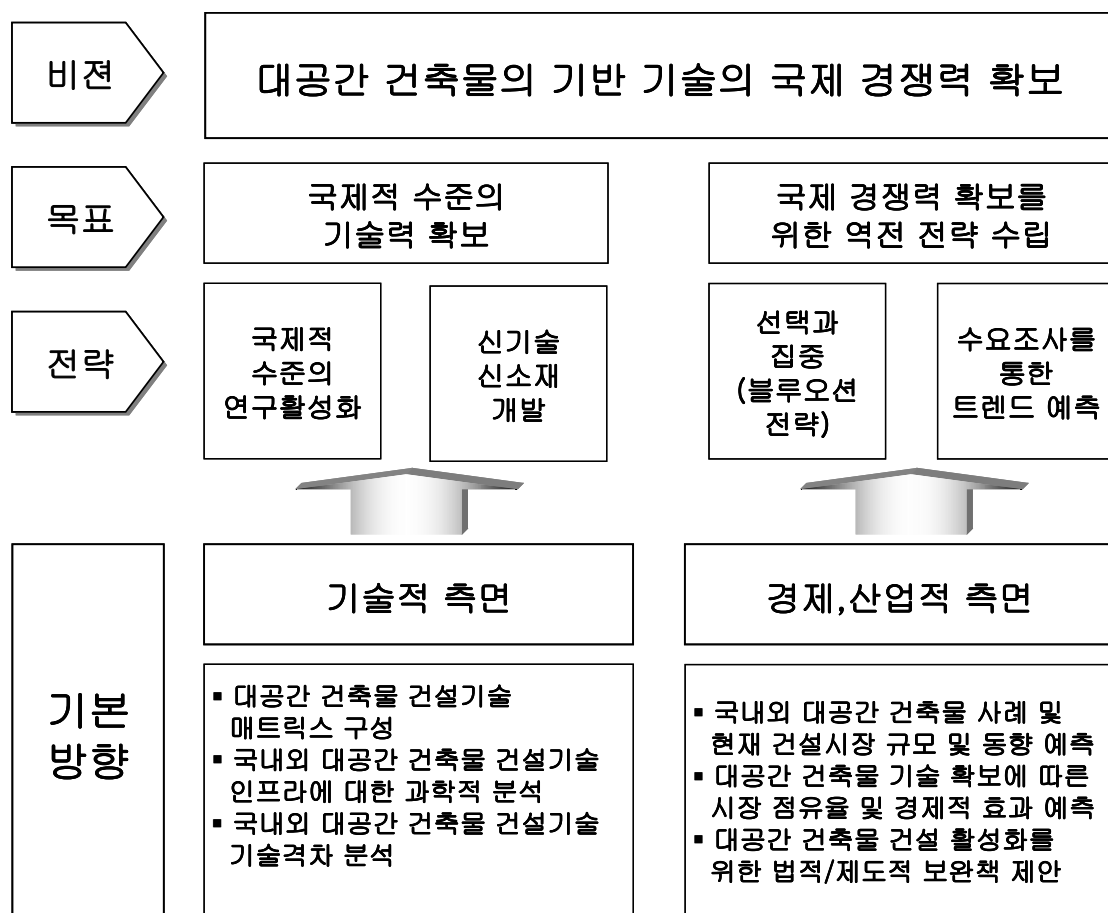


그림 2.12 연구의 비전 및 발전 방향

(나) 국가 전략과의 연관성

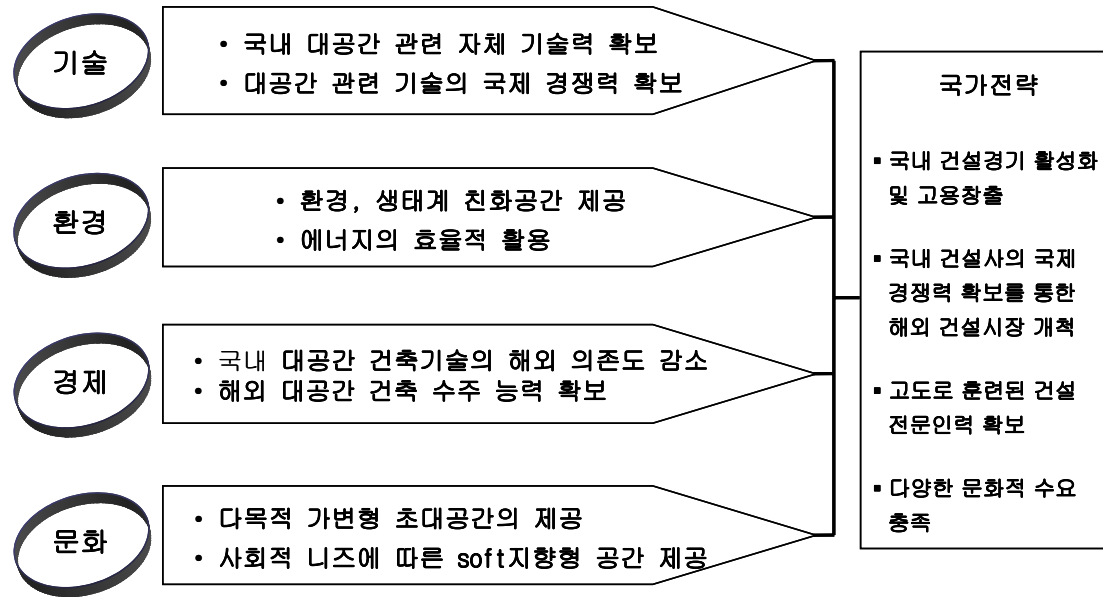


그림 2.13 국가 전략과의 연관성

(3) 세부핵심기술 또는 기반기술

(가) 세부핵심기술 또는 세부기반기술의 상관관계

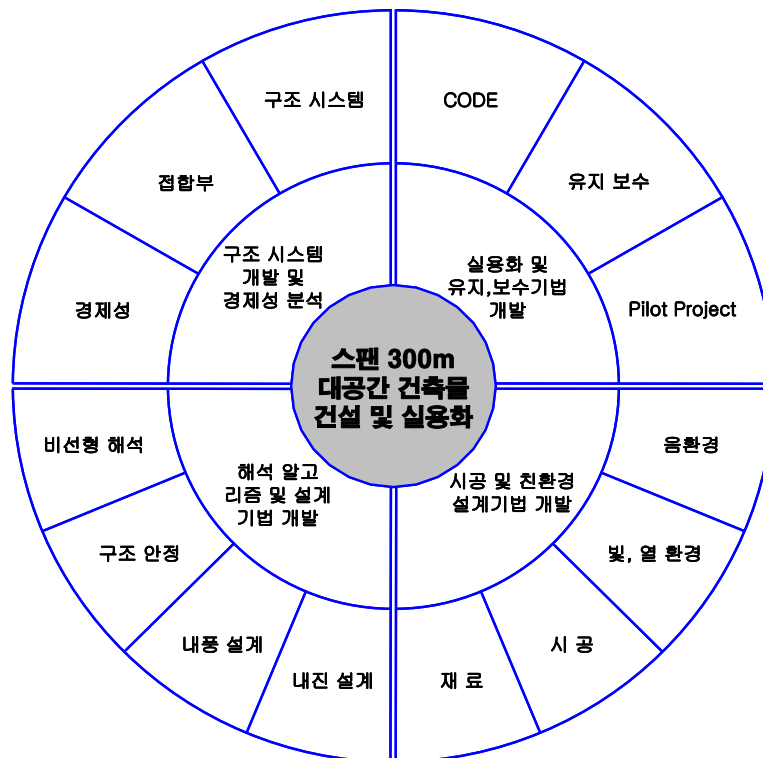


그림 2.14 세부 기술의 상관 관계

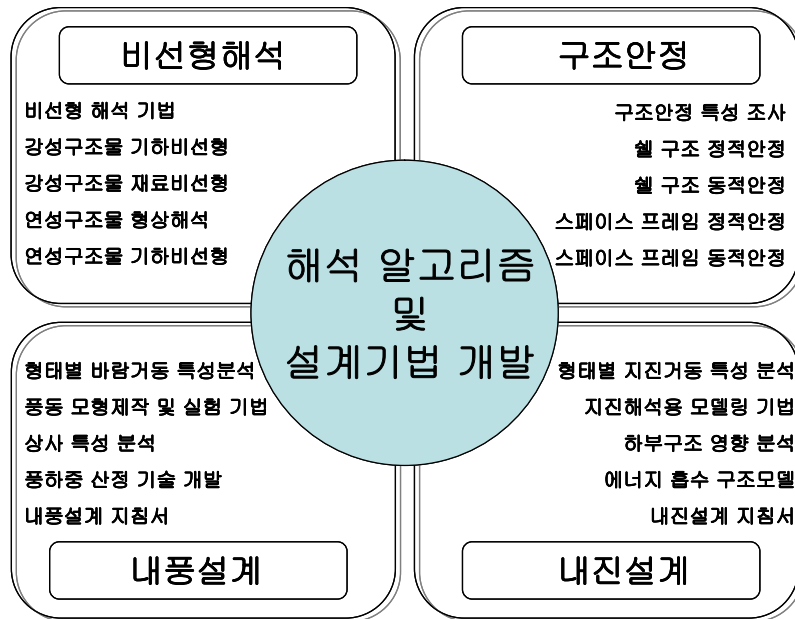


그림 2.15 1세부 기술

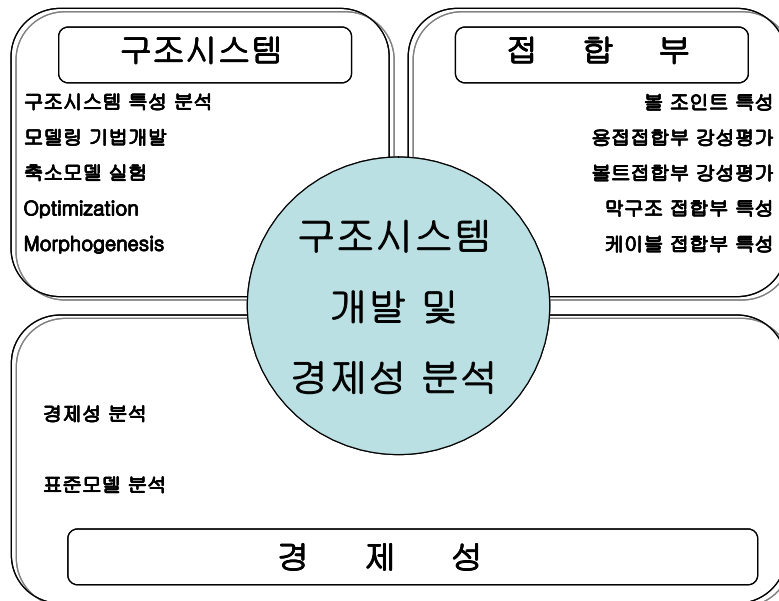


그림 2.16 2세부 기술

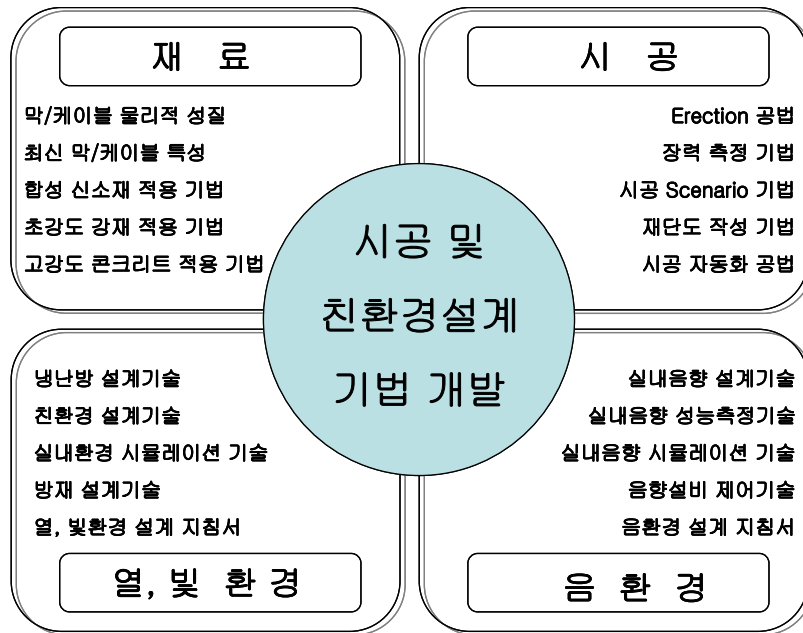


그림 2.17 3세부 기술

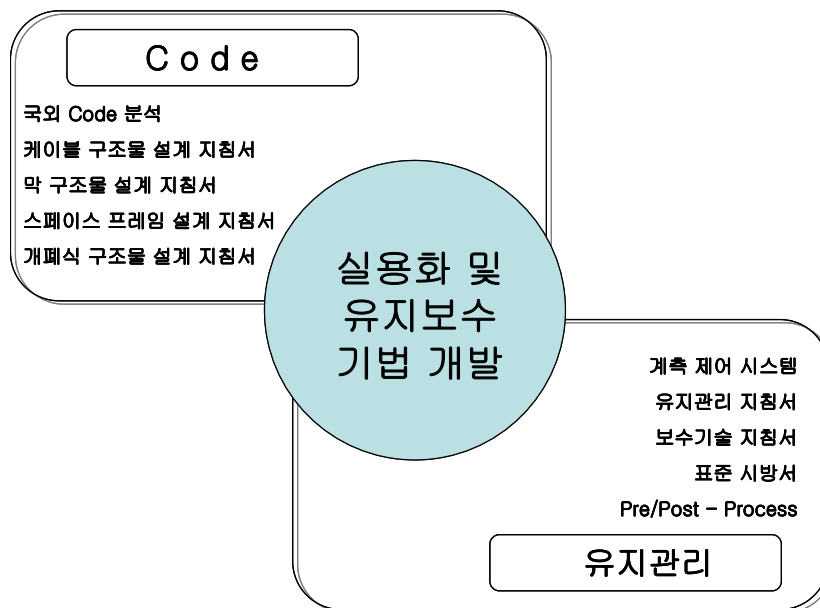


그림 2.18 4세부 기술

■ 해석 알고리즘 및 설계 기법 개발

- 비선형 해석
 - 대공간 구조의 비선형해석 기법 개발
 - 강성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구
 - 강성 구조물의 재료적 비선형거동 특성 연구
 - 연성 구조물의 형상해석 기법 개발
 - 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구
- 구조안정
 - 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 조사 연구
 - 쉘형 구조의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구
 - 쉘형 구조의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구
 - 스페이스 프레임의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구
 - 스페이스 프레임의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구
- 내풍 설계
 - 대공간 구조의 형태별 바람거동 특성 조사 및 분석 연구
 - 대공간 구조물의 풍동 모형제작 및 실험 기법 개발
 - 풍동 실험의 상사 특성 분석 연구: 재료적, 기하학적
 - 형상에 따른 풍하중 산정기술 개발
 - 내풍설계 지침서 작성
- 내진 설계
 - 대공간 구조의 형태별 지진거동 특성 조사 및 분석 연구
 - 대공간 구조물의 지진해석용 모델링 기법 개발
 - 하부구조의 뒀에의 영향 분석 연구
 - 지진에너지 흡수용 구조모델 개발
 - 내진설계 지침서 작성

■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석

- 구조시스템
 - 구조시스템별 특성 분석 연구; 개폐식구조 포함
 - 대공간 구조시스템 모델링 기법 개발; 개폐식구조 포함
 - 대공간 구조시스템 축소모델 실험
 - 대공간 구조시스템의 Size/Shape/Topology Optimization 연구
 - 최적형태 및 Morphogenesis 기법 연구
- 접합부
 - 볼 조인트의 접합부 거동 특성 연구
 - 용접접합부의 구조거동 특성 및 강성 평가 연구
 - 볼트접합부의 형태별 구조거동 특성 및 강성 평가 연구
 - 막구조의 접합 형태별 특성 연구
 - 케이블구조의 접합 형태별 특성 연구

- 경제성
 - 구조시스템별 경제성 분석 연구
 - 스펀, 용도별 표준모델 분석 연구

■ 시공 및 친환경 설계 기법 개발

- 재료
 - 막/케이블 재료의 물리적 성질 측정 기법 개발
 - 최신 막재 및 케이블재의 특성 조사 및 전망 연구
 - 합성 신소재의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
 - 초강도 강재의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
 - 고강도 콘크리트의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
- 시공
 - 대공간 구조의 Erection 공법 개발
 - 연성 구조물의 장력 측정 기법 개발
 - 연성 구조물의 시공 Scenario 작성 기법 개발
 - 막 구조의 재단도 작성 기법 개발
 - 시공 자동화 공법 개발
- 열, 빛 환경
 - 대공간의 냉난방 설계기술 개발
 - 대공간의 친환경 설계기술 개발
 - 대공간의 실내환경 시뮬레이션 기술 개발
 - 대공간의 방재 설계기술 개발
 - 열, 빛 환경 최적설계 지침서 작성
- 음환경
 - 대공간의 실내음향 설계기술 개발
 - 대공간의 실내음향 성능측정기술 개발
 - 대공간의 실내음향 시뮬레이션 기술 개발
 - 대공간의 음향설비 제어기술 개발
 - 음환경 최적설계 지침서 작성

■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발

- Code
 - 대공간 구조물 Code에 관한 국외자료 수집 및 분석 연구
 - 케이블 구조물의 설계 지침 작성
 - 막 구조물의 설계 지침 작성
 - 스페이스 프레임의 설계 지침 작성
 - 개폐식 구조물 설계 지침 작성
- 유지관리
 - 계측 제어 시스템 개발

- 유지관리 지침 작성
- 보수기술 지침 작성
- 구조시스템별 표준시방서 작성
- Pre/Post-process 구축

○ Pilot Project

(나) 세부핵심기술 또는 세부기반기술의 비전 및 목표

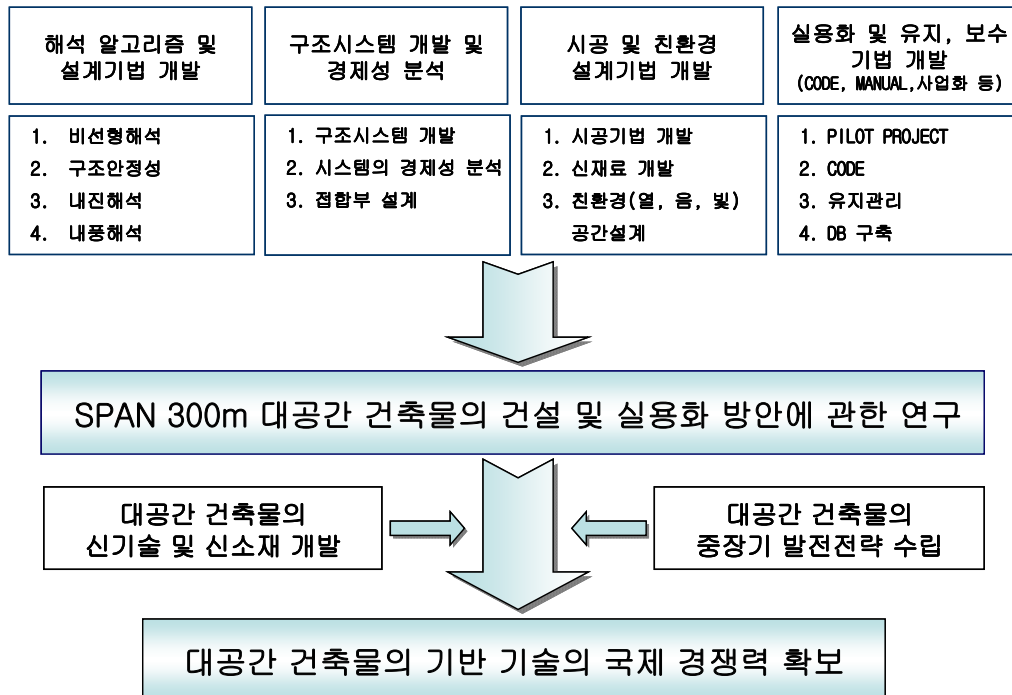


그림 2.19 세부기술의 비전 및 목표

(다) 단계별 기본 추진전략

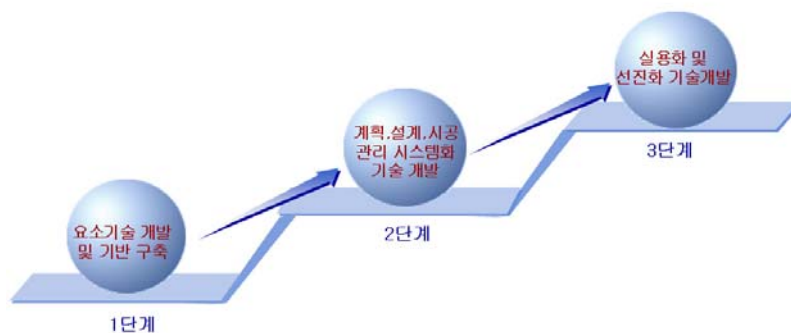


그림 2.20 단계별 목표

나. 관련산업의 특성 및 기술·경제적 위치

(1) 관련산업의 특성

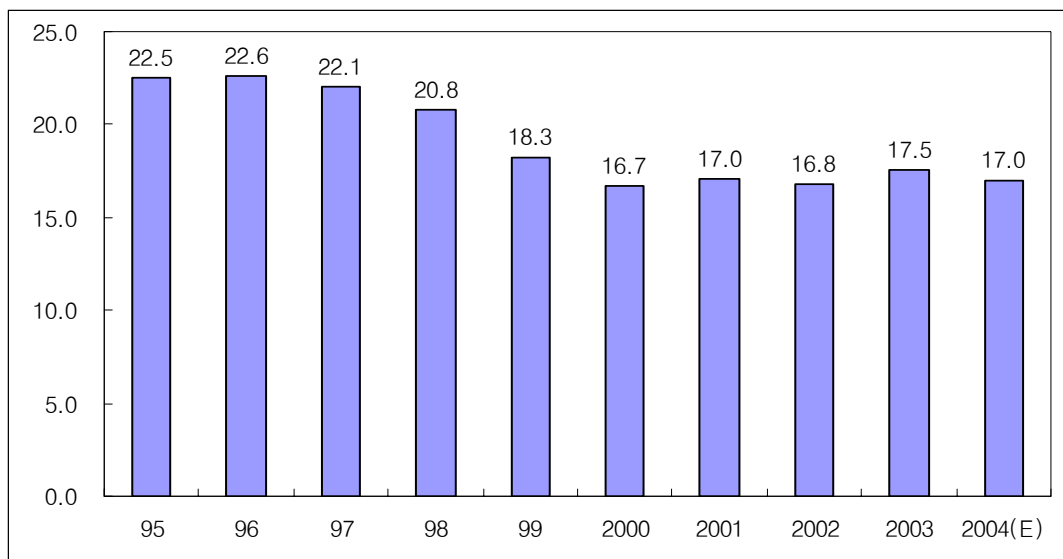
- 건설업은 생산유발효과 및 부가가치유발효과는 제조업보다 크지만 수입유발효과는 작아 내수경기 부양에 효과적이고, 취업유발효과는 제조업보다 높아 고용을 확대하는데도 유용하므로 국민경제적 파급효과는 제조업에 비해 크고 고용창출 효과도 크다.

표 2.6 산업별 국민경제 파급효과

구 분	건설업	제조업
취업유발효과(만명/1조원)	2.08	1.44
생산유발효과	1.990	1.959
수입유발효과	0.164	0.373
부가가치유발효과	0.836	0.627

자료 : 한국은행, 「2000년 산업연관표」, 2003.

- GDP 대비 건설투자비중은 1996년 22.6%를 차지하였으나 1998년 1/4분기부터 12분기 마이너스 성장을 기록한 이후, 2000년부터는 17%내외로 비중이 낮아지고 있다.



자료 : 한국은행(2000년 불변가격기준)

그림 2.21 GDP 대비 건설투자 비중

- 국내경제는 수출증가에 힘입어 GDP 증가율이 5%대를 기록하고 있는 반면, 민간 소비와 건설투자 둔화로 내수(內需) 경기는 침체상태를 지속하고 있다. 2004년 2/4분기부터 내수 경기가 서서히 회복세를 보이고 있지만, 여전히 수출의존도가

높고 민간소비는 마이너스 상태에 있다.

표 2.7 지출항목별 성장 기여도

(단위 : %, 기여도 %p)

구 분		2002년	2003년	2004년	
				1/4	2/4
GDP 증가율 (전년동기비,%)		7.0	3.1	5.3	5.5
기여도 (%p)	내 수 기여도	6.8	0.1	-0.6	2.0
	(민간 소비)	(4.3)	(-0.8)	(-0.8)	(-0.4)
	(설비 투자)	(0.8)	(-0.2)	(0.0)	(0.7)
	(건설 투자)	(0.9)	(1.3)	(0.6)	(0.7)
	통계상 불일치	0.4	0.2	-1.3	-0.6
	수 출 기여도	-0.2	2.8	7.2	4.0

한국은행 2005

주 : GDP증가율은 내수기여도, 수출기여도, 통계상 불일치를 합한 값이며 수출기여도는 수출과 수입(공제)기여도를 합산함.
내수 기여도는 최종소비지출(민간소비)과 총자본형성(설비투자, 건설투자, 무형고정자산투자, 재고증감)으로 구성됨.

- 건설투자는 2003년에 1.3%p의 높은 내수 기여도를 보였으나, 2004년 1/4분기에 0.6%p, 2/4분기에는 0.7%p로 절반 정도 감소하였다.
- 건설업생산(건설업 GDP)의 기여도는 2003년에 0.6%p였지만, 2004년 1/4분기와 2/4분기 모두 0.3%p로 줄어들었다.
- 건설산업 종사자 수는 IMF 구제금융 신청 이전인 1997년의 경우 200만명에 달하였고, 2002년 11월말에는 약 180만명으로 전체 취업자 수에서 차지하는 비중은 8.2%에 달한다.
- 건설산업은 제조업보다 1.2배의 고용유발 효과가 있어 국가 경제성장의 구심점 역할을 수행해 왔으며, 1조원의 건설투자는 건설업 자체에서 1만 7,000명(49%)의 직접 고용 증대와 1만 8,000명(51%)의 간접 고용을 유발한다. (전체 3.5만명으로 제조업의 2.9만명에 비해 1.2배)

표 2.8 건설취업자 동향

구분	1997	1998	1999	2000	2001.11
전체 취업자	2,110	1,999	2,028	2,106	2,207
건설 취업자(명)	200.4	157.8	147.6	158.1	180.5
비중(%)	9.5	7.9	7.3	7.5	8.2

단위 : 만명, 출처 : 건설교통부, 2002

(2) 관련산업의 기술·경제적 위치

① 국가별 세계건설시장 점유율 추이

1980년대 초반 한때 미국에 이어 세계 2위의 해외건설 수출국가가 되기도 했지만, IMF 외환위기 이후 3% 수준으로 급락하였다. 또한, 세계 225대 건설업체중 해외건설공사 매출액을 기준으로 하여 우리나라의 건설업체는 7개사 만이 225대 건설업체에 드는 것으로 평가되었다. (ENR, 2002)

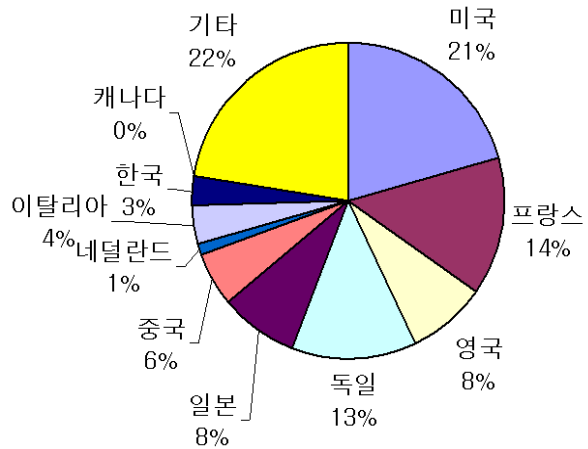
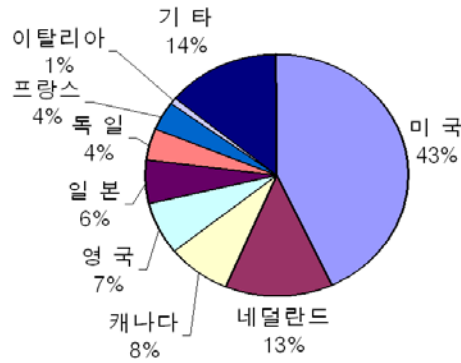


표 2.9 국가별 세계 건설시장 점유율

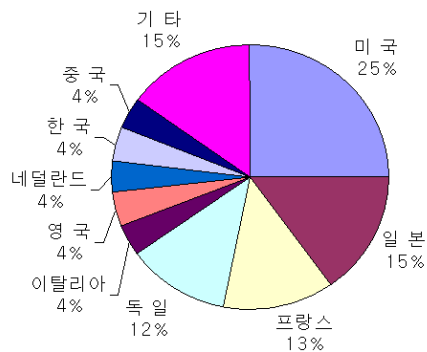
구 분	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
미 국	16.1	16.6	17.8	22.3	24.3	24.1	21.5	20.5
프랑스	12.8	15.5	12.8	15.0	13.2	13.2	13.7	14.3
영 국	12.4	4.9	11.4	11.5	3.8	11.7	7.9	8.2
독 일	11.0	11.2	10.7	8.6	11.9	10.5	15.7	12.7
일 본	20.4	21.3	19.1	11.7	14.1	9.7	7.6	8.1
중 국	3.1	2.8	3.2	3.7	4.3	5.1	4.6	5.6
네덜란드	3.6	3.0	2.9	1.3	4.4	3.8	3.9	1.2
이탈리아	8.2	9.4	5.9	5.7	4.2	2.7	3.0	3.8
한 국	3.2	4.4	5.0	4.5	4.0	2.3	3.1	3.0
캐나다	0.2	0.7	0.7	0.8	0.0	0.0	0.2	0.2
기 타	9.0	10.2	10.5	14.9	15.8	16.9	18.8	22.4

단위: %, 출처: ENR 각년호

② 공종별 해외건설시장 점유분포



설계부문에서는 미국과 네덜란드가 전체 시장의 50%이상을 차지하고 있고, 우리나라는 순위에 들지 못하고 있는 실정이다. 특히 해외건설시장에서 경쟁력의 핵심이라고 할 수 있는 설계분야의 역량이 매우 취약하다



시공분야에서는 8위를 차지하고 있지만, 첨단건축시공분야에서는 선진국에 대비하여 많은 기술 차이로 인하여 국가경쟁력이 취약한 현실이다.

표 2.10 공종별 해외건설시장 점유율

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

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

다. 관련산업 동향

1990년대 중반이후 세계 선진국에서는 건설산업을 ‘21세기 국가기간사업’으로 정하고 강력한 실천프로그램을 진행시키고 있다. 현 건설산업에 대한 위기의식을 느끼고, 건설산업의 효율성 및 생산성 향상과 세계 건설시장에서 경쟁력을 유지하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 영국의 Rethinking Construction, 미국의 National Construction Goals, 호주의 Building for Growth, 싱가포르의 Construction 21등이 대표적이며 일본 역시 건설산업의 구조개편을 위해 많은 노력을 하고 있다.

2010년 해외 건설시장에서 우리나라는 약 2,130억불의 규모로 건설시장에서 8위의 위치를 차지할 것으로 예상하고 있다. 하지만, 현재 국내 건설기술은 해외 기술의 움직임에 비하여 국내 자체 기술이 축적되지 못한 채, 경제발전 과정과 정치적 이벤트에 따른 수요에 의하여 건설산업이 이루어지고 있다. 특히 대공간과 같은 엔지니어링 및 특수전문시공 분야는 외국기술에 의존할 수밖에 없었으며, 이들로부터의 기술이전은 아직 제대로 이행되지 못하고 있는 실정이나, 그런 가운데 철골 및 SRC구조와 스페이스 프레임구조 등 일부 분야에서는 상당 수준의 기술력을 보유하게 되었지만, 다른 대안 구조 및 공법에 대한 시도는 제한적인 양상을 보이고 있다. 이러한 한정적인 기술 수행으로는 다양한 기술능력 획득에 장애가 되어 장기적인 건설기술경쟁력이 취약해질 수밖에 없다.

표 2.11 세계 주요 건설시장 규모 전망

순 위	국 가 명 (건설시장규모 1999)	국 가 명 (건설시장규모 2010)
1	미 국(725.5)	미 국(725.5)
2	일 본(677.1)	일 본(677.1)
3	중 국(340.8)	중 국(340.8)
4	독 일(315.7)	독 일(315.7)
5	프랑스(161.0)	프랑스(302.2)
6	영 국(143.3)	이탈리아(273.5)
7	이탈리아(129.8)	영 국(224.5)
8	스페인(92.4)	한 국(212.8)
9	한 국(71.5)	-
10	캐나다(71.4)	스페인(187.2)

단위: 10억불, 출처: Standard & Poor's DRI, FW Dodge (2000)

(1) 국내산업동향

국내에서는 1970년대 후반에 Mero시스템에 의한 구조물이 건설된 이후, 건축에서 대공간 구조의 개념이 서서히 싹트기 시작하였다. 1980년대에 들어 스페이스프레임이 국산화되면서 현대적 개념의 대공간 구조물의 설계를 위한 이론, 구조해석기법 및 시공기술이 발전하게 되었고, 88서울올림픽과 대전 EXPO '93을 계기로 비약적인 발전을 하게 되었다. 그러나 대공간 구조 시스템의 하나인 Cable Dome이 '88 서울올림픽 펜싱경기장과 체조경기장에 적용되었으나 국내의 실정은 설계 해석 및 시공기술이 매우 낙후된 상태이므로 외국기술에 전적으로 의존하는 결과를 낳게 되었다.

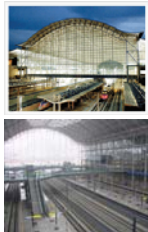
1990년대 초 국내에서 대공간 구조시스템에 대한 이론적인 연구가 본격적으로 이루어지기 시작하였으며, 이를 토대로 대전 EXPO '93에서 대공간 구조시스템의 건설이 국내 기술진에 의해 가능하게 되었다. 이후에 대공간 구조시스템의 건설이 국내 기술진에 의해 가능하게 되었다. 이후에 대공간 구조시스템의 전용 해석프로그램 개발 등 이론적인 연구와 구조설계능력이 급속히 진전되었다.

1990년대 중반부터 현재까지 국가적인 이벤트사업 즉 아시안게임, 월드컵 등이 유치되고, 영종도 신공항, 고속전철역사 등 대규모 SOC사업이 수행되고, 지자체의 이벤트시설이 계획되고, 주5일제 및 여과문화의 변화로 인해 전시관, 체육시설, 공연장 등과 같은 공간을 필요로 하는 등 대공간 구조시스템의 건설수요가 계속적으로 증가되고 있다. 그러나 대규모 대공간 구조에 대한 국내의 시공경험이 일천하고 설계능력이 낙후되어 현재 계획되거나 시공중인 대공간 구조물의 경우 여전히 외국의 기술에 전적으로 의존하는 경우가 대부분이다.

표 2.12 국내 대공간건축의 흐름

1970년대	▪ Mero시스템에 의한 건축물 건설 - 건축에서 대공간 구조의 개념이 싹트기 시작
1980년대	▪ 스페이스프레임 국산화 - 88서울올림픽과 대전 EXPO '93을 계기로 비약적인 발전
1990년대	▪ 구조시스템 대한 이론적인 연구 본격적으로 시작 ▪ 대공간 구조시스템의 건설수요가 증가 - 아시안게임, 영종도신공항, 고속전철역사 ,대규모 SOC사업 등
2000년대	▪ 월드컵개최 - 월드컵 경기장 건설로 기술력 향상 ▪ 주5일제, 여가 문화 변화 - 전시관 및 대단위 문화공간 필요

표 2.13 국내 대공간 건축물 현황

대공간 건축물	구조 SYSTEM	특 징
경주실내체육관 	Space Frame (Mero system)	경기장과 같이 기둥이 없는 장대한 스패의 대공간을 덮는 Mero system을 적용한 Space Frame 구조형식을 선정하였으며, 순수국산자재를 사용하므로 다른 구조형식에 비해 경제성에서 유리함 수직하중 작용시 일반 일방향 트러스는 하중을 한쪽 방향으로만 전달시키는 반면, Mero system은 여러 방향으로 고르게 분산 전달시키기 때문에 국부적인 응력집중 현상 피할 수 있는 장점을 가지고 있음. 수평하중에 대해서 Mero system을 적용한 스페이스 프레임구조는 횡방향으로 강한 (Diaphragm)역할을 할 수 있으므로 구조 안정성에 있어 유리함
88올림픽경기장 	케이블 돔 (Fabric structure on cable dome)	케이블 돔 위에 막재를 덮는 형식으로 기본원리는 압축 지주를 제외하고 케이블로 만들어진 원형의 지붕들을 이용하는 것이다
대전EXPO 전시장 	입체 구조 (Space Frame))	힘의 흐름이 입체적으로 분포되고, 효율을 좋게 하기 위해 가능한 골조전체가 규칙적인 기하학적 유닛의 반복으로 구성될 수 있도록 골조 부재의 길이와 단면을 갖추는 것이 유리하며, 다양성과 경제성이 있다.
영종도신공항 	Terminal Truss System+ Concourse Truss System+ Antler Truss System	Terminal Truss System은 경간 92m의 입체트러스 구조이고, Concourse Truss System은 지붕트러스를 인장재인 Tie Rod로 지지하는 현수구조로 되어있으며, Antler Truss System은 외관상 콘코스 트러스 시스템과 유사한 형상이나 Tie Rod로 지지하는 현수구조가 아니라 지붕트러스의 단부에 기둥을 설치하여 지지하는 형식
고속전철역사 	3점 아치의 비렌탈 트러스 구조	이 아치형 구조는 수직방향의 등분포하중시 상하의 현재는 압축력을 받고, 비등분포하중시 휨모멘트는 트러스의 높이에 의해 안정성을 갖는다. 비렌탈 트러스는 하부의 래티스 기둥으로 지지되고, 인접한 캔틸레버지붕은 외측 기둥에 지지된다. 횡하중 작용시 트러스 상현재는 지붕면에 위치하는 가새균으로 지지되며, 하현재는 남/북방향으로 횡방향 버팀대를 설치하여 횡하중에 저항하도록 함.
월드컵경기장 	Steel Truss Tensile	스탠드구조와 지붕구조를 분리하여 지붕구조와 스탠드부분의 횡방향력 및 축방향력에 의한 거동차이로 인한 이상응력발생을 최소화.
LG아트센터 	이중골조시스템	주공연장의 횡저항 시스템은 남-북 및 동-서 방향 beam과 column이 서로 모멘트로 연결된 구조와 브레이스로 횡하중을 지지하므로 가새구조와 모멘트연성골조가 조합된 이중골조시스템이다. 북측구조는 main lobby는 합성기둥과 철골보가 서로 모멘트로 결합된 모멘트 연성 구조로 횡하중을 저항한다.

(가) 국내 시장규모

① 대공간 건축물의 국내시장 규모

o 국내 건설시장의 규모는 지속적으로 증가하였다.

-2004년 건설수주액은 98,781,462백만원으로 5년전에 비하여 90%정도 증가

o 대공간을 필요로 하는 건축물군은 전체 건설수주액의 40%이상을 차지하였고, 동일 건축물군에서도 대체적으로 전년도대비 증가율이 지속적으로 증가하였다.

표 2.14 연차별 국내 시장규모

건설수주액	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
	51,986,654	63,446,640	95,053,215	101,772,122	98,781,462
주거, 상업겸 건물	1,666,145	3,447,694	6,340,322	7,993,318	7,598,673
	전년도대비증가율	106.7%	84%	26.1%	-5%
시장, 백화점, 쇼핑센터	2,931,625	4,670,286	6,871,139	7,531,180	6,716,471
	전년도대비증가율	59.3%	47.1%	9.6%	-10.8%
사무실 빌딩	3,191,811	3,284,463	4,970,993	5,240,332	5,343,659
	전년도대비증가율	2.9%	51.3%	5.4%	2%
호텔, 숙박시설	1,257,510	2,124,486	2,705,944	2,560,372	1,797,512
	전년도대비증가율	69%	27.4%	-5.4%	-29.8%
학교	4,500,833	6,178,775	6,576,902	6,585,363	7,147,069
	전년도대비증가율	37.3%	6.4%	0.1%	8.5%
종교용 건물	485,711	650,705	819,977	996,798	1,039,656
	전년도대비증가율	34%	26%	21.6%	4.3%
공장, 작업장용 건물	6,164,389	4,975,507	7,931,327	8,755,973	10,392,592
	전년도대비증가율	-19.3%	59.4%	10.4%	18.7%
공연, 집회 장소	571,750	669,703	737,048	637,089	736,630
	전년도대비증가율	17.1%	10.1%	-13.6%	15.6%
경기장, 운동장	762,636	715,698	814,746	758,695	804,350
	전년도대비증가율	-6.2%	13.8%	-6.9%	6%
전시시설	667,945	658,510	1,012,726	923,285	868,236
	전년도대비증가율	-1.4%	53.8%	-8.8%	-6%
창고, 차고, 터미널	859,156	917,543	1,366,702	1,252,676	1,239,134
	전년도대비증가율	6.8%	49%	-8.3%	-1%

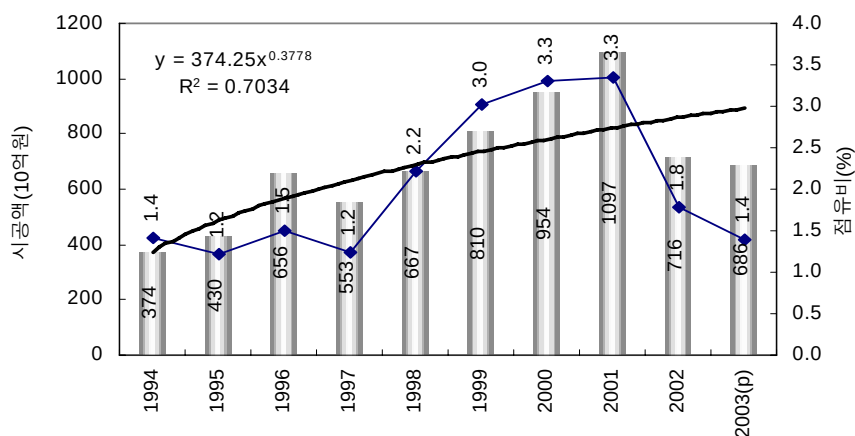
단위: 백만원, 출처: 통계청 2005

① 대공간 건축물의 용도별 추세 및 동향

대공간 건축물은 용도별로 크게 i) 경기장 및 운동장, ii) 공연 및 집회장소, iii) 전시시설, iv) 창고, 차고 및 터미널 건물 등 4가지로 분류할 수 있다. 각 용도별 추세 및 동향을 나타내면 다음과 같다.

i) 경기장 및 운동장

운동장 및 경기장 건축 수요는 2002년 월드컵을 계기로 큰 폭으로 수요가 증가한 바 있으나, 2002년 이후로는 연평균 7,000억원 수준에 머물고 있으며, 비주택 건축 시공액에서 차지하는 점유비는 2001년에는 3.1%에 달하기도 하였으나, 2003년에는 1.4%로 하락한 상태이다.



건설산업연구원 2005

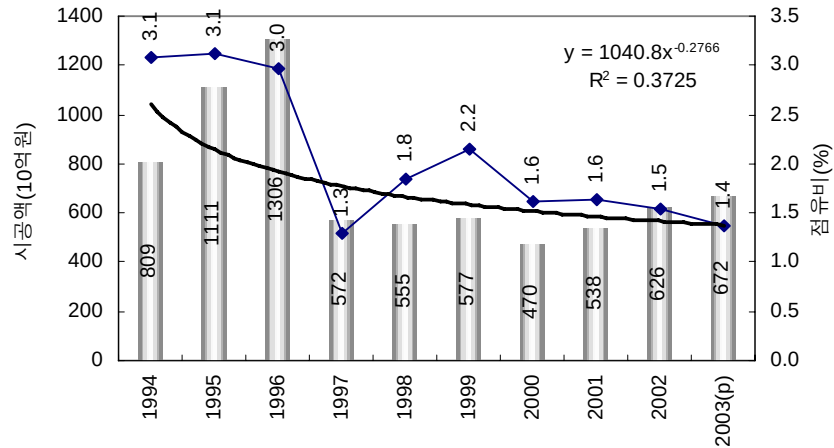
그림 2.22 운동장 및 경기장 건축의 시공액 추이

ii) 공연 및 집회장소

공연, 집회장 건축은 1996년까지는 큰 폭으로 증가하였으나, 1997년 이후 연평균 6,000억원 수준에 머물고 있고, 비주택 부문에서의 점유비도 소폭 하락하고 있는 추세이며, 중장기적으로 볼 때, 주 5일 근무제의 영향으로 인하여 여가 활동에 대한 수요가 증가하면서 공연이나 집회 시설에 대한 건축 수요가 점진적으로 증가할 것으로 전망된다.

- 기존의 경기장이나 운동장에서는 수익성을 높이기 위하여 리모델링 등을 통하여 공연 시설 등을 추가하는 사례가 증가하고 있음¹⁾
- 건설회사를 상대로 한 설문 조사 결과를 보면, 공연 및 집회 시설의 건축 수요는 안정적으로 증가할 것이라는 전망이 우세하였음.

1) 예를 들어 서울 잠실종합운동장은 내부를 개조해 유스호스텔과 각종 공연장, 스포츠 클리닉 등 복합 문화 시설로 바꾸는 방안을 검토 중에 있음. 또한, 관중석 아래 공간에 연극 공연 등이 열리는 소형 공연장 4개소와 컴퓨터게임센터, 익스트림게임장을 설치하고, 주 경기장 데크에는 1,200평 규모의 인라인스케이트 트랙을 설치할 계획으로 있음.

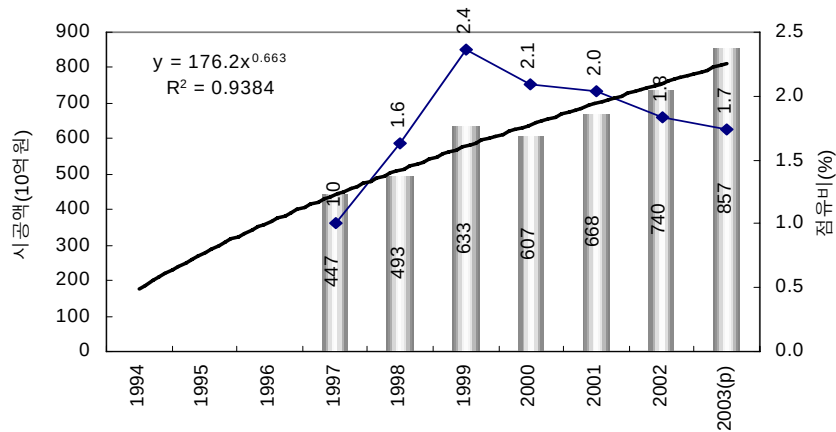


건설산업연구원 2005

그림 2.23 공연, 집회장의 시공액 추이

iii) 전시시설

전시 시설의 시공액은 1997년 이후 완만한 성장세를 지속하여 2003년에는 8,570억원을 기록한 것으로 나타났다. 이는 문화관광부의 지원 정책으로 인하여 고양, 대구, 부산 등지에 대규모의 컨벤션 센터를 비롯하여 전시 시설의 건축이 지속되었기 때문으로 분석된다. 그러나 비주택 부문에서의 점유비는 지속적으로 하락하여 2003년에는 1.7%를 기록하였다.

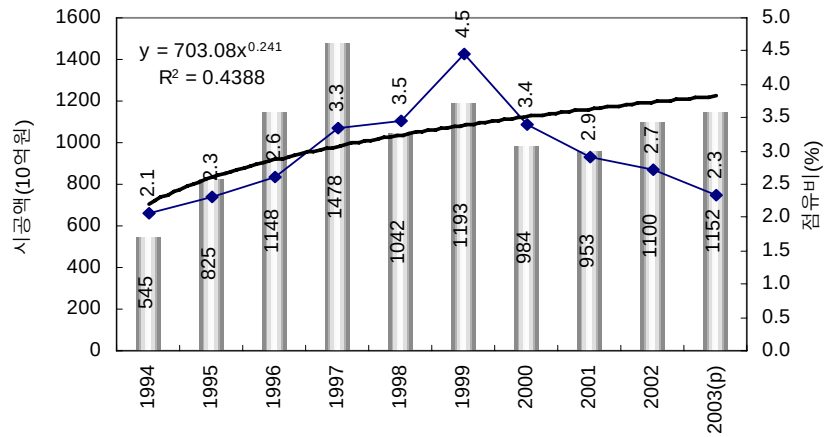


건설산업연구원 2005

그림 2.24 전시 시설의 시공액 추이

iv) 창고, 차고 및 터미널

창고, 차고, 터미널의 건축 시공액은 2003년의 경우 1조 1,520억원으로서 전체 비주택 시장의 2.3%를 점유하였다. 특히, 항만, 공항 등의 신설에 따라 창고 건축이 꾸준한 수요를 유지하고 있으며, 도로 및 철도 노선의 확충에 따라 터미널 건축도 지속적으로 이루어져 연도별로 비교적 안정된 규모를 유지하고 있다.



건설산업연구원 2005

그림 2.25 창고, 차고, 터미널 건축의 시공액 추이

(나) 기업규모별 현황

표 2.15 국내 건설업 현황

구 분		2002	2003	2004
해당산업	일반건설업	12,643	12,996	12,988
	전문건설업	36,665	37,120	38,328
	소계	49,308	50,116	51,316

단위: 업체수, 출처: 한국은행2005

(다) 국내 주요 관련업체

표 2.16 국내 대공간 관련 업체

(단위 : 백만원)

업체명	대공간 건축물	업체별 능력	비 고
삼성엔지니어링(주)	서울 월드컵 경기장	▪ cable suspended truss system ▪ 시공능력 25위(2005년 기준) ▪ 공사금액 837,863	
삼성물산	대구, 수원 월드컵 경기장	▪ 철골 트러스 테프론 막구조 ▪ 시공능력 1위 ▪ 공사금액 5,936,011	
풍림산업	제주 월드컵 경기장	▪ 케이블 트러스 현수구조, 테프론코팅막 ▪ 시공능력 20위 ▪ 공사금액 1,076,583	
현대건설	부산, 울산 월드컵 경기장	▪ 인장케이블 막구조 ▪ 시공능력 3위 ▪ 공사금액 5,371,279	
성지건설	인천 월드컵 경기장	▪ 철골 케이블 테프론 막구조 ▪ 시공능력 50위 ▪ 공사금액 366,175	
남양건설	광주 월드컵 경기장	▪ 스페이스 프레임 구조 ▪ 시공능력 39위 ▪ 공사금액 439,841	
현대산업개발	대전 월드컵 경기장	▪ 캔틸레버 철골 트러스 구조 ▪ 시공능력 6위 ▪ 공사금액 4,092,783	
성원건설	전주 월드컵 경기장	▪ 철골 트러스 케이블 구조 ▪ 시공능력 52위 ▪ 공사금액 350,198	
동부건설	광명역 역사	▪ 3점 아치의 비렌탈 트러스 구조 ▪ 시공능력 16위 ▪ 공사금액 1,125,553	
현대산업개발	용산 역사	▪ 트류링 트러스 구조 ▪ 시공 능력 6위 ▪ 공사금액 350,198	
한화 건설	서울 역사	▪ Z형 경량철골 사용하여 경간중앙부에 SAG-ROD를 설치한 구조 ▪ 시공능력 15위 ▪ 공사금액 1,138,624	
극동 건설	부산 역사	▪ 시공능력 28위 ▪ 공사금액 723,269	
한라 건설	천안아산 역사	▪ 철골 텐션 트러스 구조 ▪ 시공능력 30위 ▪ 공사금액 659,513	

(라) 국내전문가 및 연구기관 현황

표 2.17 국내 전문가 및 연구기관 현황

항목	전문가	소속기관	기술개발현황	수준 (국외대비)
케이블, 막구조	조병욱	(주)Tiger	막설계 및 시공기술 확보(소규모)	상위 40% 이상
	배부환	(주)한국Taiyokogyo	일본 Taiyokogyo 와 공동 설계 및 시공(소규모)	일본수준
스페이스 프레임	류준락	한맥중공업(한맥기술연구소)	Mero 시스템, 철골 구조시스템에 관한 설계, 시공능력 상위 수준.	상위 40% 이상
	김대영, 오보환	대우건설기술연구소	대공간구조시스템 내풍설계, 시공 erection기법 기술력 확보	상위 50% 이상

(마) 국내시장 예측 및 발전전망

① 국내 경제 전망

2010년까지의 건설수주는 연평균 4~5%의 지속적인 증가세를 보일 것으로 전망된다. 국가균형 발전, 신행정수도, 기업도시, 뉴타운개발 등은 2012년까지 상당기간 건설시장의 호재로 작용할 것이며, 공공기간 이전에 따른 신청사 건립 등 건축부문 수주 활동이 활발히 진행될 전망이다. 또한 사회 환경과 정부 정책의 변화로 건설 시장이 활성화되고 있고 그 중에서 대공간이 차지하는 비중이 증가하고 있다.

표 2.18 환경변화에 따른 예상 수요

구 분	변화 요인	예상 수요
사회 환경 변화	주5일제	- 여가공간 및 레저산업
	고령화	- 실버산업 관련 건설수요
	환경친화적인 발전 추구	- 하천 및 생태계복원 - 대체 에너지 개발 - 소각로 등 도시 폐기물 처리
	가용토지의 고갈 : 도심재생 필요성 대두	- 도심재개발 - 노후불량주택 정비사업 - 초고층 빌딩 - 도심주거기능확대 - 지하공간 개발
	지식사회로의 전환	- 기술혁신테크노 파크 개발
정부 정책 변화	신행정수도 이전	- 정부청사 이전 적지의 개발
	공공기관이전	- 미래형 혁신 신도시 조성
	토지규제완화	- 민간 도시개발 활성화
	동북아 허브	- 전시 컨벤션 사업 - 물류 인프라 구축(대형항만 건설)
	유흥지 개발	- 아산만권 광역개발
	대체 에너지 확보	- 댐건설
	남북 교류 확대	- 교통 인프라 확충 - 비무장지대(DMZ) 개발 및 보전 - 경기북부 개발 - 북한 개발

출처 : 건설시장 중기 전망과 시장활성화 방안, 건설산업연구원, 2005

② 대공간 건축물의 용도별 시장전망 (2005 건설산업연구원 자료 발취)

i) 운동장 및 경기장

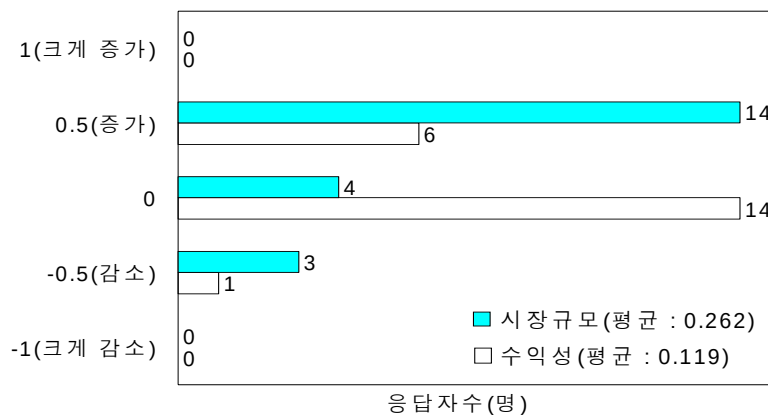
운동장 및 경기장 시설 수요는 생활 체육 시설에 대한 요구가 증가하고 있으며, 기존 시설물의 리모델링, 레저 산업의 확대 등에 힘입어 앞으로 건설 수요가 점차 증가할 것으로 전망된다.

- 최근 주 5일 근무제에 따른 건전한 레저 문화를 정착시키기 위해서는 기초자치단체별로 생활체육공원 등 인프라를 확충하는 것이 선결 과제로 등장하고 있음.
- 문화관광부에서는 2003년 ‘참여 정부 국민체육진흥 5개년 계획’을 마련하여 앞으로 5년 동안 국민체육센터·생활체육공원 등 다목적 생활체육시설 1,739개소를 확충하고, 마을 단위 생활체육시설 등도 6,500여 개소로 확충할 계획임을 밝힌 바 있음.
- 지자체에서는 주 5일제 근무제로 인한 생활 체육의 활성화를 위해 실내 체육관, 수영장, 족구장, 정구장, 하키장, 사이클 경기장, 농구장 등 체육 시설의 건립을 확대해 나가고 있는 추세임. 최근에는 월드컵경기장의 수익성이 악화되면서 복합 생활체육시설의 건설을 확대하려는 움직임

임이 증가하고 있다. 예를 들어 광주월드컵 경기장은 골프 연습장과 카트 경기장, 인라인 스케이트장을 조성하는 한편, 생활 체육 시설인 배구장, 족구장, 길거리 농구장 등 스포츠 레저 공간을 단계적으로 조성해 나갈 예정이다. 또한 국민들의 여가에 대한 관심이 증가하고 있는 상태에서 주5일 근무제의 영향으로 인하여 경마, 경륜, 경정, 카지노 등 레저 관련 시설이 중장기적으로 증가할 것으로 전망된다.

- 경마의 이용객은 2003년 현재 1,628만명에 달하고 있으며, 매출액은 1990년 이후 연평균 30% 이상 증가하고 있는데, 이러한 매출 신장세가 지속되고, 경마장이 추가로 개장할 경우, 향후에도 연평균 10% 이상 성장이 가능할 것으로 전망되고 있음.
- 경륜(競輪, cycle racing)사업은 2000년 현재 연간 입장객수가 354만명이며, 매출액은 1조 2,243억원으로 급격히 증가하였는데, 앞으로도 연평균 20% 이상 성장이 가능할 것으로 전망되고 있음.
- 카지노의 이용객은 2000년 현재 21만명에 달하고 있는데, 이전에는 사행 행위로 간주되어 부정적인 인식이 컸으나, 외화 획득에 기여할 수 있는 건전 오락이라는 인식이 점차 확산되면서 최근에는 관광 사업으로 육성되고 있는 상태임.
- 투기성 혹은 사행성 레저 시장의 특성중의 하나는 시장의 성장세가 경기의 변동에 크게 영향을 받지 않는다는 것임. 1980년대 일본 경제의 버블 붕괴 시기에도 투기성 레저 산업은 지속적으로 성장했다는 점을 감안할 때, 우리나라에서도 경기 침체가 장기화되고 있으나, 경마·경륜·카지노 등의 이용객은 지속적으로 증가할 것으로 전망됨.

건설회사를 대상으로 한 설문 조사 결과, 경기장, 운동장에 대한 건축 수요는 안정적으로 증가할 것으로 보는 경향이 우세하였으며, 수익성도 현재보다 향상될 것이라는 응답이 많았다.



건설산업연구원, 2005

그림 2.26 경기장 · 운동장의 건축 시장 전망(2010년)

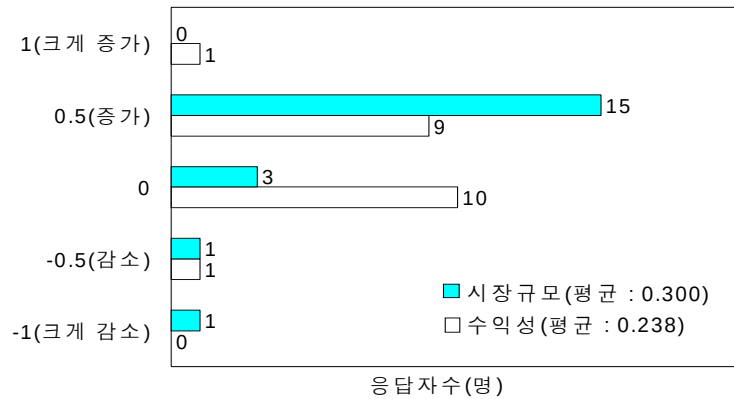
ii) 공연 및 집회장소

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

- 기존의 경기장이나 운동장에서는 수익성을 높이기 위하여 리모델링 등을 통하여

공연 시설 등을 부가하는 사례가 증가하고 있음.

- 건설회사를 상대로 한 설문 조사 결과를 보면, 공연 및 집회 시설의 건축 수요는 안정적으로 증가할 것이라는 전망이 우세하였음.



건설산업연구원, 2005

그림 2.27 공연·집회장의 건축 시장 전망(2010년)

iii) 전시시설

1998년을 기준하여 국내의 전시 시설은 7개, 1만 6,082평에 불과하였으나, 2005년에는 10만 7,288평으로 늘어날 전망이다. 국제 회의의 유치 전망을 보면, UIA기준 국제 회의는 2000년 총 133건(12만 3,449명)이었으나, 2005년에는 188건(17만 4,740명)이 개최될 것으로 전망되고 있으며, 국제회의시설의 공급 규모를 보면, 2000년 최대 1만 1,320명에 불과하였으나, 2005년에는 5만 3,320명을 수용할 수 있을 것으로 추정되고 있다.

표 2.19 국내 전시 면적의 건설 추이

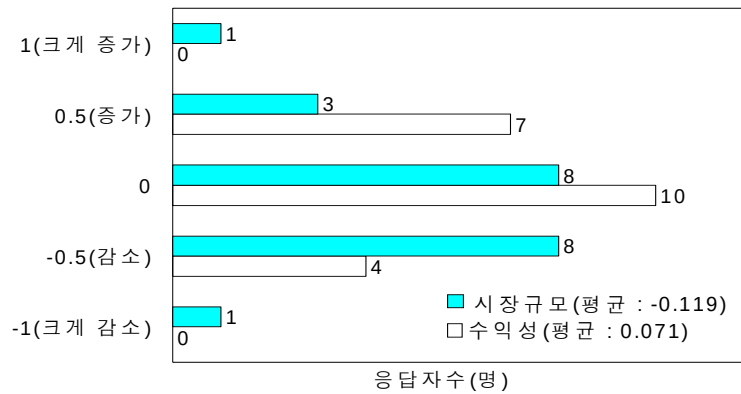
(단위 : 평)

	COEX	학여울	여의도	부산 전시관	대전 전시관	대구 무역센터	부산 전시장	일산 전시장	연도별 누계
1999	6,273	2,904	2,836	980	1,270				14,290
2000	4,190								18,480
2001						3,600	12,568		34,648
2002								17,000	51,648
2003								17,000	68,648
2004								20,000	88,648
합계	10,463	2,904	2,836	980	1,270	3,600	12,568	54,000	88,648

주 : 이외에도 국내의 전시장은 창원공단, 성서공단 등이 있고, 농수산물유통공사에서 추진하고 있는 '서울농업무역센터(2,400평)'가 2002년에 완공된 바 있음.

자료 : COEX

건설업체를 대상으로 한 설문 조사 결과, 전시 시설의 건축 수요는 정체 내지는 감소할 것으로 보는 경향이 우세하였다.



건설산업연구원, 2005

그림 2.28 전시 시설의 시장 전망(2010년)

iv) 창고, 차고 및 터미널

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

표 2.20 전국 물류 시설 현황(2001)

(단위 : 개소, 평, %)

구분	전 국	
	개소수	부지면적
일반 화물 터미널	20	244,874
복합 화물 터미널	2	194,595
전용 화물 터미널	26	260,603
ICD(Inland Container Depot)	2	511,324
영업용 창고	1,565	1,026,882
공동 집배송 단지	7	179,910
중소기업 공동 물류 단지	20	292,974

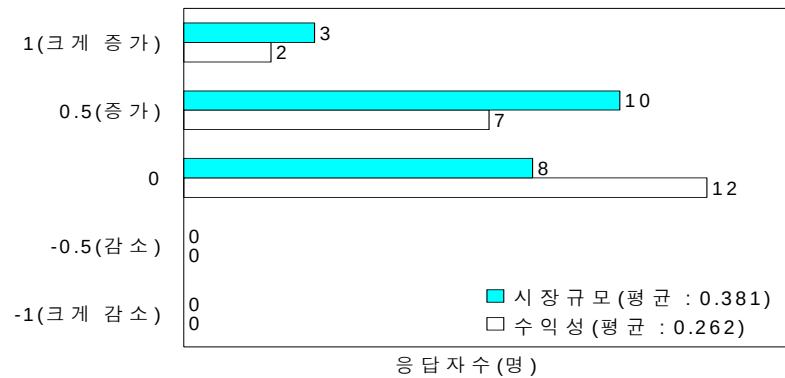
자료 : 건설교통부 물류시설과

주 : 1) 영업용 창고는 건물 연면적 기준임.

2) ICD(Inland Container Depot)와 복합 화물 터미널은 실제로 조사한 자료를 활용하였으며, 일반 및 전용 화물터미널은 건설교통부 자료를 활용하였음.

3) ICD에는 의왕과 양산읍, 복합 화물 터미널에는 군포와 양산을 포함한 것임.

정부에서 수립한 물류 기본 계획에 의하면, 물류 시설은 2010년까지 441만평으로 확대하고, 2020년까지는 600만평으로 확대할 계획으로 있다. 정부에서는 물류 시설의 확충을 위하여 2001~2005년간 1조 7,788억원을 투자하고, 2006년 이후로 2조 5,618억원을 투자할 계획이며, 주요 사업 내용을 보면, 전국 5대 권역에 복합화물터미널·내륙컨테이너기지를 건설하고, 2011년까지 전국 10개 권역과 39개 유통 거점별로 2,850만평의 유통단지를 개발하며, 집배송 센터, 농수산 물 종합 유통 센터, 철도 종합 물류 기지 조성, 항공 화물 터미널 확충 등의 건설 사업을 추진할 계획이다. 건설회사를 대상으로 한 설문 조사 결과, 창고 및 물류 시설, 터미널 건축은 중장기적으로 수요가 크게 증가할 것으로 전망되었다.

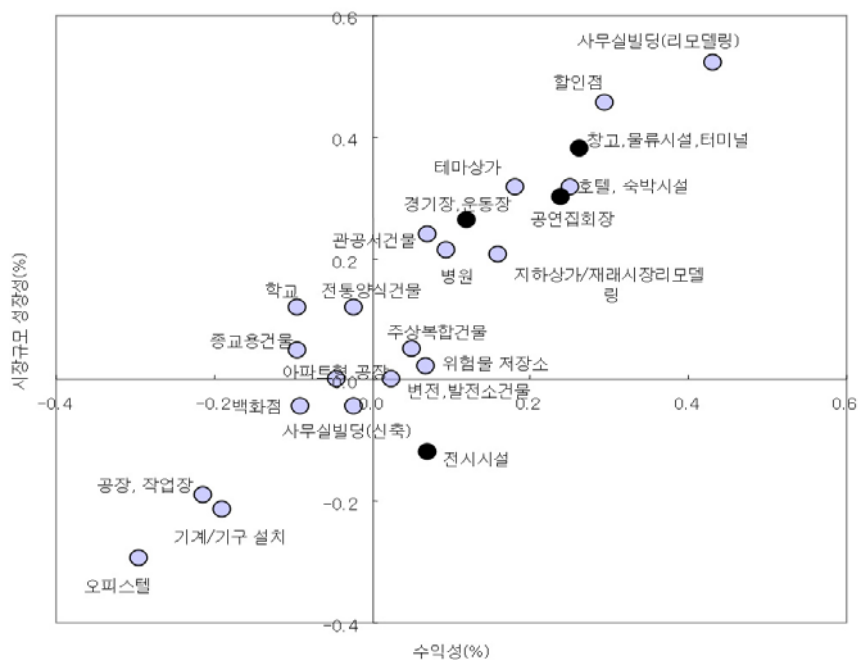


건설산업연구원, 2005

그림 2.29 창고, 물류 시설, 터미널 건축의 시장 전망(2010년)

③ 설문조사를 통한 건축시장 수요 전망(건설회사 대상, 2005 건설산업연구원 자료발취)

건설회사를 대상으로 2010년까지의 상품별 건축 시장의 수요 전망에 대하여 설문조사한 결과를 정리하면, 성장성과 수익성이 가장 좋은 상품은 사무실 빌딩의 리모델링 공사로 나타났다. 나아가 할인점, 창고·물류시설·터미널 건축, 호텔·숙박시설, 공연·집회장, 테마상가 등도 성장성과 수익성이 우수한 상품으로 나타났으나, 오피스텔, 기계·기구 설치, 공장·작업장 건축 시장은 성장성과 수익성이 크게 하락할 것으로 전망되었다.



건설산업연구원, 2005

그림 2.30 건축 용도별 중, 장기 시장전망 결과

④ 대공간 건축물의 중합 시장예측 및 발전전망

대공간 건축물의 중장기 수요는 1994-2003년의 각 용도별 시계열 자료를 토대로 수요방정식을 도출한 후, 기본적으로 추세 연장법을 활용하여 2015년까지의 수요를 전망하였다. 또한, 2005년 이후로는 리모델링의 수요 창출 현상을 고려하여 예측치를 수정하

였다.

이상의 결과를 종합해 보면, 대공간 건축과 관련하여 주 5일 근무제 시행에 따른 사회체육시설 확대 및 레저산업의 활성화 등에 기인한 경기장, 운동장의 점유비가 상승할 것으로 전망되었으며, 창고·물류시설·터미널 건축, 호텔·숙박시설, 공연·집회장, 테마상가 등도 성장성과 수익성이 우수한 상품으로 나타났다.

표 2.21 대공간 건축물의 용도별 시공액 전망

(단위 : 십억원, 경당가격)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	연평균 증가율(%)	
														04-15	00-15
공연, 집회장소	672	536	538	540	543	546	549	553	557	562	566	571	575	0.6	1.4
경기장, 운동장	686	926	983	1040	1097	1155	1212	1270	1328	1387	1446	1505	1564	4.9	3.4
전시 시설	857	813	844	872	898	923	947	969	990	1010	1029	1048	1066	2.5	3.8
창고, 차고, 터미널건물	1152	1253	1315	1376	1437	1498	1559	1619	1680	1741	1803	1864	1925	4.0	4.6
계	3,367	3,528	3,680	3,828	3,975	4,122	4,267	4,411	4,555	4,700	4,844	4,988	5,130	12	13.2

표 2.22 대공간 건축물의 용도별 시장 점유비 전망

(단위 : %)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
공연, 집회 장소	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
경기장, 운동장	1.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
전시 시설	1.7	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
창고, 차고, 터미널건물	2.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3

(2) 해외산업현황

고전적인 의미에서의 조적식 돔 등을 대공간 구조의 제 1세대라 한다면, 현대적인 의미에서의 대공간 구조는 제 2세대의 1972-1989년경이며, 이 시기에 투광성이 있는 개방적 공간에 대한 요구에 부응하여 참신한 조형미와 경쾌감을 주는 하드(hard) 지향형의 공기막 구조(pneumatic structure), 고정식 돔 등이 건립되었다. 이 시기 애스토로 돔으로부터 시작한 북미의 돔은 철골조의 슈퍼돔, 콘크리트조의 킹돔을 경유하여 공기막 구조인 실버 돔에 다다른다. 어두운 공간밖에 제공할 수 없었던 종래의 돔에 비해 밝은 공기막 구조는 북미의 주류가 되었으며, 이후 십수년간은 돔이라 하면 공기막 구조를 연상하게 되었다. 일본에서도 1988년 도쿄돔을 시작으로 많은 공기막 구조물이 건립되었다.

대공간 구조의 제 3세대는 시기적으로 1990-1994년까지 해당된다. 이 시기는 대규모 고정 및 개폐식 지붕의 구조적 해결과 실내환경의 개선이라고 하는 하드와 소프트(soft) 병용 지향적인 케이블 돔, 개폐식 돔 등이 건립되어 기상변화에 능동적으로 대처할 수 있는 전천후 공간의 확보와 개폐구조 그 자체가 이벤트가 되는 시기이기도 하다. 이 시기 대공간 구조물의 개성화 분위기는 북미에서도 많은 변화를 가져와 새로운 돔이 속속 건설되고 있다. 1990년 케이블 돔인 직경 207m의 선 코스트 돔이 플로리다주에 건립된 것을 시발로 1992년 235*186의 타원형평면을 갖는 케이블 돔인 조지아돔이 건립된다. 이 돔은 1996년 애틀란타 올림픽 스타디움으로 사용되었다. 1993년 건립된 텍사스주의 알라모 돔은 장방형 평면을 갖고 있으며, 사각 코너에 높이 95m의 마스트를 세워 지붕을 잡아당기고 있는 사장교 형식의 구조물이다. 일본의 경우 1993년 철골조 개폐식 돔인 후쿠오카 돔(Fukuoka dome), 1994년 골조막 개폐식 오션돔(Ocean Dome)등에 이르기까지 수백 개의 돔이 건설되어 왔다.

대공간 구조의 제 4세대는 1995년 이후의 시기로, 이 시기는 다목적 다기능의 공간가변 구조시스템과 양호한 휴면환경의 창고가 주테마인 소프트지향의 시기이며, 공간을 자유로이 확장, 분할하고 다목적용도 예를 들면 멀티미디어의 중추기지로써의 기능을 수행할 수 있는 공간창출을 목표로 하고 있다. 1997년 완공된 나고야돔과 오사카 돔은 제 4세대 대공간을 잘 보여주고 있다.

표 2.23 해외 대공간 현황

1세대 -1972	2세대(공기막 구조) 1972-1989	3세대(개폐식) 1990-1994	4세대(Hybrid) 1995-
조적식 돔	Hard 지향형(지슬지향형)	Hard-Soft 병용지향	Soft 지향형
	투광성의 개방적 공간 요망 참신한 조형미, 경쾌감	전천후 공간의 활용 개폐자체가 Impact	공간의 확장 분할시 다목적 용도에 맞는 공간 이용 멀티미디어 중추기능
	1975 산타클라라 돔 1976 실버 돔 1988 동경 돔	1989 스카이 돔 1993 후쿠오카 돔	1996 나고야 돔 1996 오사카 돔 1999 오이타 돔

표 2.24 경제와 구조기술 변천에 따른 일본의 대공간구조 건설 현황

분 류		50년대	60년대	70년대	80년대	90년대	2000년대	합 계
아치	강재	0	1	3	8	6	2	20
	목재	1	1	0	1	5	1	9
셀	conc.	5	6	0	3	2	0	16
Space Frame	강재	3	4	5	7	10	3	32
	목재	0	0	0	4	3	3	10
Hybrid	강재	0	4	1	1	0	0	6
	cable	0	7	3	2	6	1	19
	목재	0	0	0	2	4	1	7
	막재	0	3	5	8	4	0	20
합 계		9	26	17	36	40	11	139



(가) 주요국가의 시장규모

표 2.25 주요국가의 건설시장 규모

구분		2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
GDP	한국	509.6	481.1	546.9	608.6	681
	일본	—	—	3973.9	4294	4673.4
	미국	9,817	10,128	10487	11004.1	11734.9
	영국	—	—	1565	1795.8	2132.6
건설 GDP	한국	37.9	36.6	41.2	51.5	56.4
	일본	—	—	178.8	193.2	210.3
	미국	490.9	506.4	524.4	550.2	586.7
	영국	—	—	62.6	71.8	85.3

단위: 10억달러, 출처: 한국은행, 통계청 2005

(나) 세계시장을 선도하는 주요 업체

표 2.26 세계 대공간 관련 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	비고
Taiyokogyo(일본)	막구조에 관한 연구, 시공능력 세계 최고 수준. Tokyo Dome, Yamaguchi Dome 등 30 여개의 대공간구조 시공 경험.	
STRARCH INTERNATIONAL社 (오스트레일리아)	Strarch International 사는 케이블-트러스 시공 공법에 많은 특허를 갖고 있으며, 이 시스템은 주로 비행장 격납고, 대형 창고 등에 많이 이용된다. 국내에서는 인천국제공항 격납고 등에 적용되었다.	
COCH(독일)	독일, 유럽에서 대공간 막구조 시공 및 연구에 최고 수준을 유지하고 있으며, 슈트트가르트 의 다임러 스타디움, 베르린 동물원, 말레이시아의 스포츠 캠프렉스 그리고 국내에서는 부산 아시야드 경기장 등의 시공실적이 있다.	
Daisei 건설(일본)	시공실적 1위의 기업으로 Komatsu Dome, Yamaguchi Dome 등 20여개의 시공 실적 보유	
Takenaka Co.(일본)	대공간구조 분야 세계 제1의 시공실적을 갖고 있으며, 설계요소기술, 접합부 설계, 특허, 연구 실험설비 등에서 매우 우수하다.	
Schlaich-Bergman (독일)	Stuttgart 대 F. Otto 교수 연구실 출신들의 컨설팅 회사로 유럽과 세계 전역의 대공간구조 관련 설계 엔지니어링 활동이 활발하며, 국내에서는 부산아시야드 경기장 지붕구조, 인천 문학경기장, 말레이시아의 스포츠 캠프렉스 등의 설계를 수행하였다.	

(다) 해외 시장예측 및 발전전망

국가별 세계 건설시장 점유율은 표 2.4에서 보는바와 같이 2001년도 기준으로 미국이 20.5%, 한국이 3.0%를 차지하고 있으며, 90년대 후반에는 우리나라 점유율이 4-5% 정도에서 점차 하강하다가 1999년을 기점으로 서서히 증가하고 있는 상황이다. 공종별로는 표 2.5에서 보는 바와 같이 고부가가치를 창출하는 설계부분에서는 기술력의 저조로 전혀 기여를 못하고 있으나, 시공부분에서는 4%로 세계8위를 점하고 있다. 세계 건설시장 규모 예측에서는 표 2.6에서 보는바와 같이 1999년에는 1위인 미국이 7,255억 달러, 9위인 한국이 715억 달러이지만 2010년에는 한국이 8위로 규모면에서 2,128억 달러로 증대될 전망이다. 특히, 선진국에서는 표 2.19에서 보는 바와 같이 80-90년대를 기점으로 대공간구조에 대한 수요가 어느 정도 충족되어 하강국면에 있으므로 기술개발도 둔화될 것이 예상된다. 따라서 이 분야 요소기술 및 국제화에 대한 준비를 철저히 함으로서 충분한 국제경쟁력 확보가 가능할 것으로 사료된다. 더불어, 경제발전에 따른 생활수준 향상으로 인해 문화 및 스포츠 등에 관심이 고조됨에 따라 앞으로 대공간의 필요성은 날로 커질 것으로 예상된다.

(라) 해외 업체·연구기관과의 공동연구 필요성 및 추진 방안

대공간구조에 관한 요소기술 개발은 일반적으로 대단히 폐쇄적인 형태로 이루어지기 때문에 가장 바람직한 방향은 자체적으로 개발하는 방법을 고려할 수 있으나 기술 개발 속도의 문제가 실재하므로 보다 효율적인 방법은 인맥을 이용한 공동연구 또는 공동프로젝트를 통하여 자연스럽게 신속하게 본질적인 연구에 접근토록 하는 방법이 요구된다. 따라서 이러한 관점에서 현재 활용 가능한 해외 공동연구 가능 기

관은 그림 2.24와 같다.

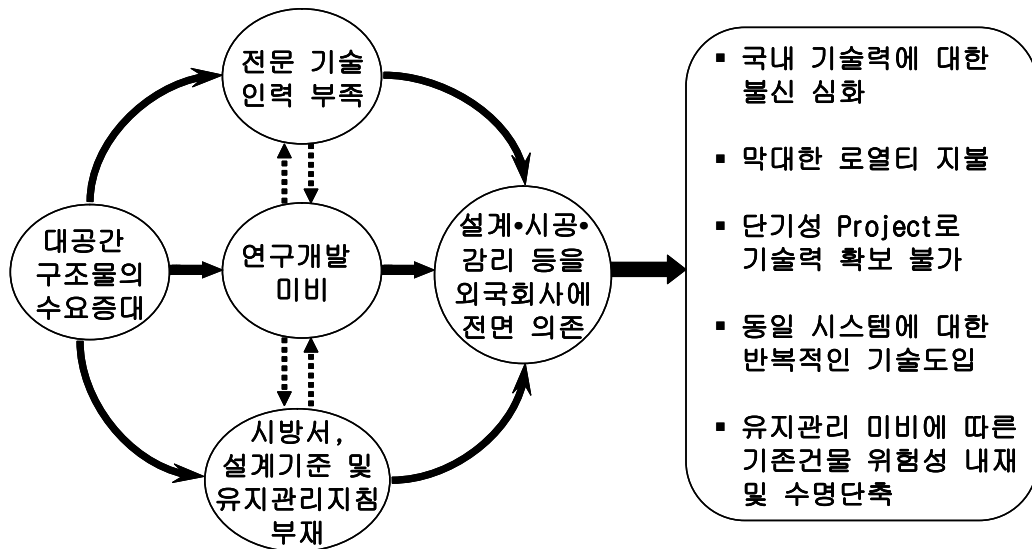


그림 2.31 해외업체 및 연구기관과의 공동연구 필요성

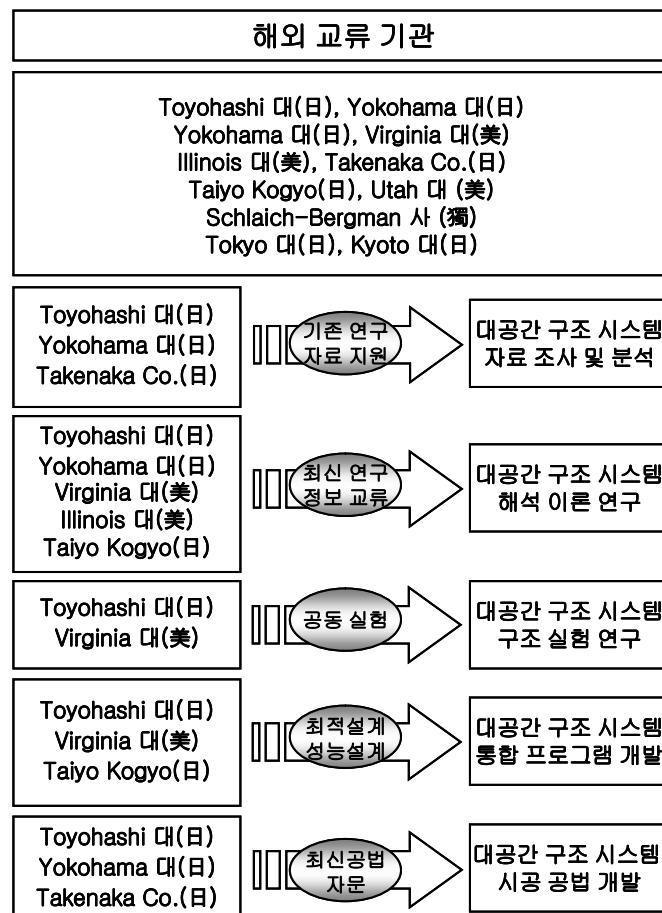


그림 2.32 해외 공동연구 추진 방안

(마) 개발된 기술의 해외 시장 진출 방안

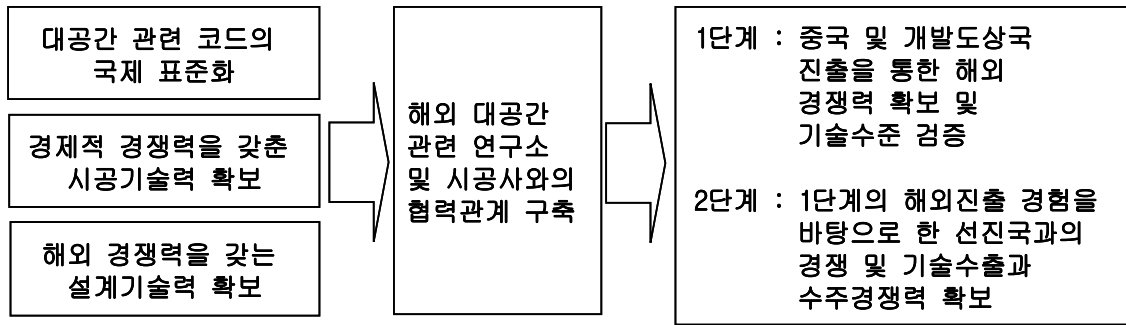


그림 2.33 해외 시장진출 방안 및 단계

라. 정부지원정책 현황

(1) 관련법령 및 규제현황

대공간 건축물에 관련된 국내 조치기준은 매우 미흡한 현황으로 건설교통안전기획단 등의 공청회에서 대공간·장스팬 건축물 등 특수구조물의 설계·시공·유지관리에 관한 각종 기준 및 시방서 등의 마련이 강조되고 있는 현실이다.

(2) 정부지원 정책사업 종류와 현황

※ 해당사업 없음

마. 국가지원 연구개발 현황

(1) 건설교통기술 연구개발과제 현황

표 2.27 건설교통기술 연구개발과제 현황

사업명	과제명	연구기관	연구기간	총연구비	
				정부	민간
지능형 교통시스템	2006년도 지능형국토정보기술혁신사업 세부기획연구		6개월	3억원	
고속철도 기술개발사업	2005년도 철도기술선진화연구기반 조성사업		4년	420억	
건설기술 연구개발사업	분산공유형건설 연구인프라구축사업 대형실험시설 및 그리드시스템 구축		5년	24억원	
	차세대 대공간 구조 시스템의 설계 및 시공기법 개발	인하대학교	2005.7-2008.7 (3년)	6억	2억
	무주 대공간 구조물의 시스템 및 구조해석 기법에 관한 연구	인하대학교	1996.2-1998.2 (2년)	2억	1억
	대공간 구조물의 설계 및 시공기술 개발	세명대학교	2003.12-2006. 12 (3년)	10억	4억

(2) 국가 연구개발사업 현황

표 2.28 국가 연구개발사업 현황

부처명	사업명	과제명	연구기간	연구비
과학기술부	특정연구개발사업	2006년도 특정기초연구지원사업	5년이내	연간 1~2억
	기초연구지원사업	2005년도 신규 우수연구센터 선정계획 공고	9년이내	연간 10억원 내외
	기타	2004년도 신규 국가핵심연구센터	7년 이내	-
환경부	차세대 핵심환경기술 사업	2006년도 차세대 핵심환경기술개발사업	-	-
교육부	학술연구조성사업	학술연구지원	-	-
행정자치부	방재기술연구개발사업	방재기술연구개발	4년	3억
산업자원부	기타	2006년도 전력산업연구개발사업	-	-
중소기업청	신기술아이디어 타당성평가	중소기업 신기술사업화 디자인기술개발사업 지원계획	6개월	10억원
	중소기업기술 혁신개발사업	2006년도 중소기업기술혁신개발사업 중 “전략과제” 지원계획	2년이내	최고 3억원이내
	기타	2006년도 산-산학협력 공동기술개발사업 지원계획	2년이내	최고 3억원이내

(3) 기타 관련 과제 현황

표 2.29 기타 관련과제 현황

용역명	용역기간	용역비	용역기관
도시형 자기부상 열차 실용화사업 타당성 조사	-	-	-
국가간선도로망 투자효율화 방안연구	2006.11.30 까지	103,000,000	-
2005년 국가교통 DB구축사업		3,440,000,000	-
인천국제공항 접근교통 실태조사 및 개선방안	2006.03.17까지	75,757,000	-
국가교통DB시스템 및 교통주제도 구축관련 위탁용역	-	600,000,000	-

(4) 유사과제 중복성 검토

본 과제와 관련된 유사과제(선행 및 현행)현황은 표 2.22 와 같이 “차세대 대공간 구조 시스템의 설계 및 시공기법 개발”, “무주 대공간 구조물의 시스템 및 구조해석 기법에 관한 연구”, “대공간 구조물의 설계 및 시공기술 개발” 등이 있다. 선행 과제의 주 내용은

① 대공간 구조의 현황조사 및 분석, ② 강성 및 연성 구조물의 비선형 해석 기법과 이와 관련된 프로그램 작성, ③ 대공간 구조 시스템의 사례 조사 등이며 한정된 연구 기간과 예산의 제약으로 대공간 구조분야의 연구에 대한 기초 수준에 머물고 있다. 이들 연구 프로젝트의 결과로 해석알고리즘 개발의 수준은 선진국과 비교하여 현재 40-50% 수준의 경쟁단계에 돌입하였으며, 향후 선진국과 대등하거나 역전시킬 수 있는 수준의 성숙단계에 도달할 수 있는 연구기반을 구축하였다고 판단된다. 그러나 국내의 대공간 구조 시스템의 설계, 시공기법, 신재료 개발 등의 분야는 일본, 미국, 독일 등 기술선진국에서 수십년간 천문학적인 연구비와 연구인력을 투입하여 구축한 기술 수준에 비하여 현재 20% 수준에 머물고 있으며, 선행과제에서 극복하기에는 한계가 있었다. 따라서, 기획과제의 본 과제를 통하여 위에서 기술한 대공간구조의 요소기술을 확보함으로써 5년 후 선진국 대비 평균 80% 정도의 기술력 향상으로 국가 경쟁력 확보가 가능할 것으로 사료된다.

바. 해외의 국가지원 기술개발 현황

아래의 표에서 확인할 수 있듯이 1999년 우리나라의 건설기술개발 비용은 93억원으로 미국의 0.97%, 일본의 4.9%에 해당하는 비용을 책정하였다. 현재 우리나라는 '건설기술개발 5개년 계획'을 통하여 기술개발에 더 많은 비용을 투자하려는 계획을 가지고 있지만, 해외 선진국의 기술개발 투자실적에 비하여 많이 뒤쳐지고 있는 실정이다.

표 2.30 국가별 연구개발 현황

구 분	미 국(A)	일 본(B)	한 국(C)	(C/A) ×100	(C/B) ×100
'99년 기술개발 투자실적	8억 달러 (약 9,600억원)	19,188,766천엔 (약 1,900억원)	93억원	0.97	4.9

출처: 미국 도로교통국(미국), 일본 국토교통성(일본), 건설교통부(한국)의 R&D투자금액

※기술개발투자실적은 전체 건설기술개발 투자실적임

3. 산업 포트폴리오

가. 인프라 로드맵(Infra RoadMap)

(1) 연구 인프라 현황

(가) 국내 연구 인프라 및 기술 수준

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

표 3.1 선진국 대비 국내 기술 수준

세부과제 및 요소기술내용	전문인력 보유정도 (%)	인프라 구축정도 (%)	현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
			기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고
해석 알고리즘 및 설계 기법 개발	40%	20%	40%	7년	성숙 단계	90%	2년	경쟁 단계
구조시스템 설계 및 경제성 분석	20%	20%	20%	10년	도입 단계	70%	4년	성숙 단계
시공 및 친환경 설계기법 개발	30%	30%	30%	10년	도입 단계	70%	4년	성숙 단계
실용화 및 유지·보수 기법 개발 (Code, Manual 사업화)	20%	20%	30%	8년	도입 단계	80%	2년	경쟁 단계

(나) 대공간 건축물에 관한 설문조사

- 배부 : 600부, 회수 : 159부(회수율 26.5%)
- 대상 : ①(사)셀·공간구조학회, ②(사)한국건축구조기술사회,
③설계 및 구조사무소, ④대학 및 연구기관, ⑤시공사 등

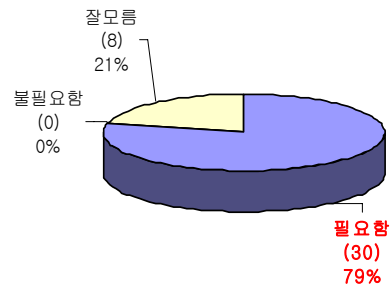
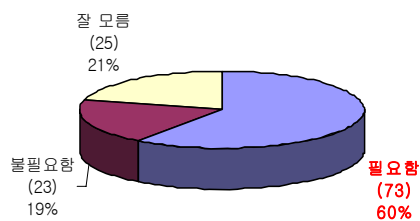
□ 구조 기술자가 갖는 대공간의 필요성 인식

300m이상 대공간 구조물 건설의 필요성에 대해서는 필요하다고 응답한 수가 절대적으로 많아 대체적으로 공감하고 있고, 주 이용분야는 스포츠시설, 비행장 터미널, 격납고, 문화공연장 등으로 조사되었으며 미래 해양 및 우주시설에 적용될 것이라는 의견도 15%이상을 차지했다. 이에 따르는 필요 요소 기술은 대체적으로 자체 개발이 가능하다는 응답이 50% 이상을 차지하여 국내 대공간 관련 기술의 발전 가능성을 확인하였다.

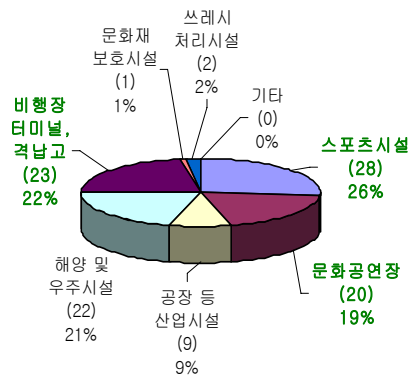
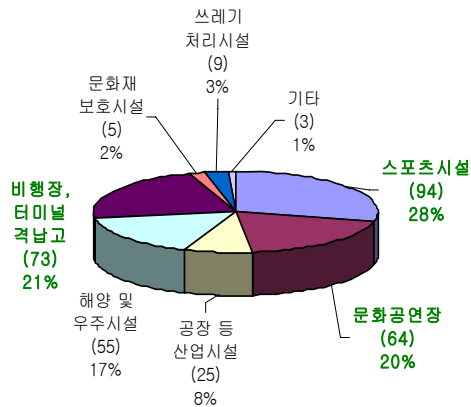
① 구조사무소 및 시공사

② 대학 및 연구기관

300m이상의 대공간 구조물에 대한 필요성 인식



대공간 건축물 건설시 적용이 필요한 분야



대공간 건축물 건설시 필요요소기술의 자체개발 가능성

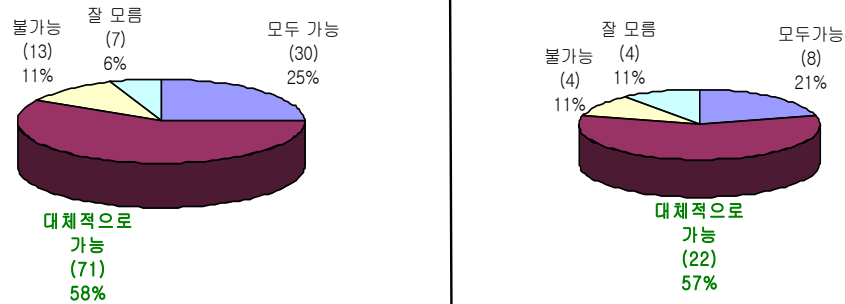


그림 3.34 대공간 구조물의 필요성 인식 및 요소기술개발 가능성 분석

(다) 세부산업 또는 기술의 경쟁력

표 3.2 세부산업 또는 기술의 국내외 현황

세부산업 또는 기술 내용	국외현황 (주요선진국 및 기업명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
해석 알고리즘 및 설계 기법 개발	·일본 토요하시 기술과학대, 동경대, 교토대 ·영국 Surrey 대, 오버애립 ·미국 SOM 등 20여 대학 및 설계사무소에서 기술 독점.	·인하대 한상을 교수 연구실, 세명대 김승덕 교수 연구실, (주)K-Dome에서는 수개의 특허를 보유 ·(주)Tiger, 한국 Taiyokogyo 등에서 중, 소규모 대공간구조 시공능력 확보.	40 %
구조시스템 및 경제성 분석	·일본 Takenaka Co. ·독일 Schleich - Bergman Co.	·(주)K-Dome에서는 수개의 특허를 보유	20 %
시공기법 및 친환경 설계기법 개발	·일본 Takenaka Co., Kazima 건설, Daisei 건설	·(주)대우건설, (주)현대건설, (주)쌍용건설	30 %
실용화 및 유지·보수기법 개발 (Code, Manual 사업화)	·일본 Takenaka Co., Kazima 건설, Daisei 건설	·시설안전기술공단, (주)쌍용건설, (주)K-Dome	30 %

(라) SWOT 분석

표 3.3 대공간 구조 시스템에 관한 SWOT 분석

외부요인 내부역량	강점(Strengths)	약점(Weaknesses)
	■ 대공간 구조시스템에 대한 산,학,연 관심 증대 및 정부의 최근 R&D 투자 증대 ■ 경제발전에 따른 삶의 질적 향상 ■ 세계 최고수준의 정보 인프라 구축 등 제반 정보 네트워크 환경 구축 ■ 대공간 구조에 대한 사회적 니즈 증가 ■ 국제규모의 이벤트 (여수 해양박람회 등) 예상	■ 국내 기술력에 대한 건설업계의 불신 ■ 신기술, 신공법 개발에 관한 국내 건설업계의 전통적 보수성 ■ 핵심 건설기술에 대한 높은 해외 기술 의존도 ■ 대학원 진학률의 저하로 인한 연구 인력 수급의 어려움 ■ 국가 경제의 어려움으로 기업 연구 환경의 열악함
기회(Opportunities)	SO전략(우선수행과제)	WO전략(우선보완과제)
■ 실용화에 기반을 둔 건교부의 지속적인 R&D 투자확대로 인한 대공간 구조 연구 및 개발을 위한 기반환경 조성(2007년 건교부 예산의 3% 수준) ■ 미래 건설산업에 있어 고부가 가치 창출이 가능한 분야로 대공간 구조 기술개발의 중요성 인식 ■ 경제 회복에 따른 대공간구조의 사회적 니즈 증대	■ 경제 회복에 따른 대공간 구조의 사회적 니즈가 증대됨으로서, 미래 건설산업에 있어 고부가 가치 창출이 가능한 건설산업 분야에서의 블루오션 분야로 대공간 구조 기술개발의 중요성이 인식되어 건교부의 지속적인 R&D 투자가 확대되면서 대공간 구조 연구 및 개발을 위한 기반 환경이 조성되고 있다. 이에 세계 최고수준의 정보 인프라 구축 등 제반 정보네트워크 환경을 심분 활용하여 삶의 질적 향상에 이바지 할수 있는 대공간 건축물의 건설기술을 우선 확보하는 전략이다.	■ 실용화에 기반을 둔 건교부의 지속적인 R&D 투자 확대로 인하여 대공간 구조 연구 및 개발을 위한 기반환경이 조성(2007년 건교부 예산의 3% 수준) 되면서 신기술, 신공법 개발에 관한 국내 건설업계의 전통적 보수성, 국내 기술력의 불신을 불식시키고, 핵심 건설기술에 대한 높은 해외 기술 의존도를 국내 기술력으로 대체하며, 산,학 연구소를 통하여 기업들과의 전략적인 제휴를 맺어 대학원 진학률의 저하로 인한 연구인력 수급의 어려움을 해소하며 열악한 기업 연구 환경을 대체하는 전략이 우선시 된다.
위협(Threats)	ST전략(Risk 포함과제)	WT전략(장기보완과제)
■ 프로젝트가 1 회성이므로 기술축적이 어려움 ■ 특수구조에 대한 요소기술 확보가 폐쇄적으로 이루어지므로 보호장벽이 매우 높음 ■ 학제간(건설/기계/전자) 공동연구 및 전문분야별 협업체제 미흡 ■ 중국의 기술 추진 속도가 매우 빨라 국제 건설수주 경쟁의 치열함이 예상됨	■ 프로젝트가 1 회성이므로 기술축적이 어렵고, 특수구조에 대한 요소기술 확보가 폐쇄적으로 이루어지므로 보호장벽이 매우 높으며 학제간(건설/기계/전자) 공동연구 및 전문분야별 협업체제가 매우 미흡한 실정에서 중국의 기술 추진 속도가 매우 빨라 국제 건설수주의 치열한 경쟁이 예상됨에 따라 블루오션 시장을 창출하여 케이블,막구조, 특히 하이브리드 구조에 역량을 집중함으로써 대공간 건축물 건설기술을 확보하는 전략이다.	■ 대공간 구조형식 중에서도 그간 국내 외적으로 연구가 활발히 진행된 것으로 조사된 스페이스 프레임분야(특히 로드맵 : 특허조사 참조)는 회피전략을 사용함으로써 장기적으로 보완해 나가며 , 우선 국내외에서 상대적으로 소홀히 여겼던 케이블,막구조, 하이브리드 구조, 특히 하이브리드 구조에 역량을 집중함으로써 대공간 건축물 건설기술을 확보하는 전략이다.

(2) 인프라 로드맵

		1단계	2단계		3단계	
인 적 기 반	전문인력 보유	전문인력 현황분석	전문 인력 육성 계획 및 제도적 지원방안 마련		전문 인력 육성	
	산업기반 확보	대공간 산업기반에 필요한 자료분석	산업기반 확보에 필요한 인프라 구축방안 마련		법 및 제도적 지원방안 마련	연구 및 설계 역량 확보
	산학연 공동 연구기반 구축	기존 기반구축 현황 분석	산학연 공동연구에 필요한 각 분야별 대책 마련			
평 가 체 계	정보화	대공간 건축 정보화 실태 분석	DB설계	DB구축		
	신뢰성 평가체계	기존 평가체계 검토	신뢰성 평가개발	신뢰성 평가 체계구축	시범운영	
	표준화	문헌조사 및 사례조사를 통한 문제점 분석	표준화 방안 마련	표준화 체계구축		
기 술 협 력	기술이전	현행조사 및 관련 법규조사	기술이전개발	각 분야별 기술이전 체계구축		법규제도 정비 및 국제 협력체계 정착
	국제기술협약	관련 법규 및 국제협약 분석	국제 기술협약에 따른 각 분야별 대책 마련		시범운영	
	법규제도정비	사례조사를 통한 문제점 분석	법적 미비점 보완	제도적 지원 방안 마련	법규제도 정비 및 검토	

그림 3.35 인적기반, 평가체계, 기술협력 인프라 로드맵

나. 기술 로드맵(Technology RoadMap)

본 항목에서는 현 상황의 우리나라 기술수준을 분석한 가)항목의 도입단계, 경쟁단계, 성숙단계를 기초로 하여, 향후 5년간의 연구 개발을 통하여 선진국 기술수준을 극복하기 위한 역전전략을 연구현황 분석, 설문조사, 전문가 그룹 의견 청취 등을 통하여 수립하고, 이를 근거로 기술로드맵을 작성한다.

연구현황 분석은 대공간 구조 분야의 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있는 일본(일본건축학회 및 막구조협회) 및 미국(ASCE) 그리고 유럽(IJSS)을 대상으로 실시하였으며, 국내에서는 대한건축학회 구조계 논문집, 쉘·공간구조학회 논문집, 강구조학회 논문집 그리고 전산구조공학회 논문집을 비교 자료로 활용하였다.

우리나라 대공간 구조 분야 논문 현황은 예상했던 바와 같이 일본에 비하여 11%수준에 머물고 있으며, 논문의 질적 수준의 분석은 차치하고라도 양적인 면에서 절대적으로 부족한 형편이다. 또한, 유럽의 경우 국제 쉘학회 논문집과만의 비교에서도 30% 수준에 머물고 있다. 또한, 설문조사의 경우 국외 대비 국내 기술력 수준은 상위 40% 이내 정도로 현 상황에 비해 긍정적으로 조사되었으며, 대공간 구조 분야에서의 선진국가인 일본, 미국, 영국 등의 국가를 벤치마킹 할 수 있을 것 이라고 조사되었다. 전문인력의 설계기술력과 시공업체의 대공간 구조 시공수행능력은 40% 이상이 보통이하로 저조한 인식을 갖고 있으며, 이에 설계요소기술, 설계기준, 전문인력, 시공기술등을 보완해야 할 것으로 조사되었다.

전문가 그룹에 의한 조사는 기획위원과 참여연구원, 쉘·공간구조공학회 임원, 구조설계 사무소 대표, 기업연구소 임원 및 연구원 등을 대상으로 직접 또는 전화 인터뷰를 통하여 실시되어 로드맵 작성에 반영하였다.



그림 3.36 대공간 건축 요소기술 로드맵

(1) 대공간 구조 관련 연구현황

- 조사범위 : 2000년 1월 ~ 현재, 국내외 주요 학회 구조분야 발표논문
- 조사방법 : 인터넷을 통한 학회 웹DB 검색, 도서관, 연구실 자료 검색
- 한계 및 보완점 : • 학회 선택, 논문 검색 시 구조분야에 국한
→ 디자인, 계획, 환경 등은 추후 조사필요

- ASCE 및 IJSS는 전체 논문 수 조사 생략
- 중복, 조사누락 가능성 (5 ~ 10% 예상)

(가) 논문조사 결과

표 3.4 대공간 구조관련 학회별 논문현황

구 분		국 내				국 외		
		건축학회 (구조계)	강구조학회	전산구조 공학회	셀·공간 구조학회	ASCE	IJSS	AIJ 및 기타
전체 논문 수		1379	447	299	96	-	-	-
대공간관련 논문 수		28	18	10	38	27	112	844
(전체대비 %)		2.0%	4.0%	3.3%	39.6%			
세 부 분 류	케이블	7	1	2	4	4	7	38
	(대공간대비%)	25.0%	5.6%	20.0%	10.5%	14.8%	6.3%	4.5%
	스페이스프레임	11	8	2	18	8	27	354
	(대공간대비%)	39.3%	44.4%	20.0%	47.4%	29.6%	24.1%	41.94%
	막	4	0	0	1	4	6	153
	(대공간대비%)	14.3%	0.0%	0.0%	2.6%	14.8%	5.4%	18.13%
	하이브리드	6	9	4	13	8	19	236
	(대공간대비%)	21.4%	50.0%	40.0%	34.2%	29.6%	15.2%	27.96%
	기타	0	0	2	2	3	53	63
	(대공간대비%)	0.0%	0.0%	20.0%	5.3%	11.1%	47.3%	7.46%

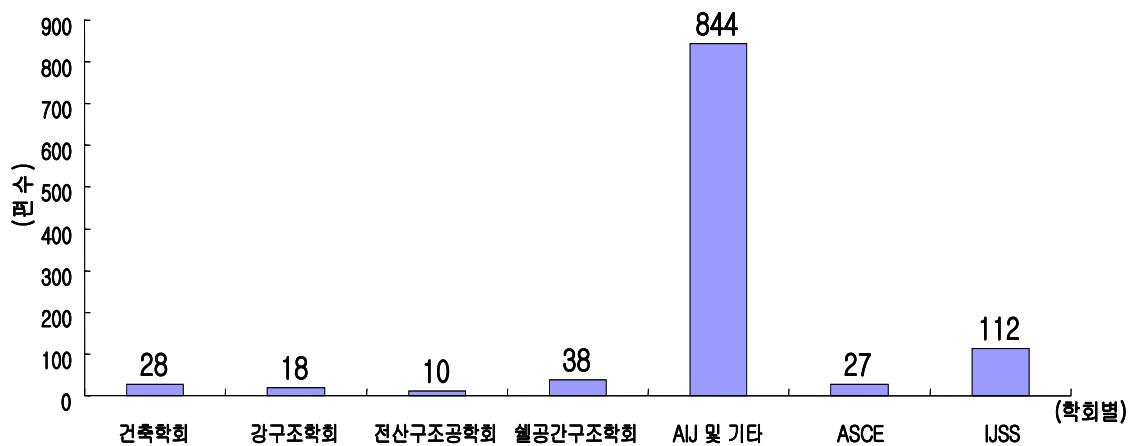


그림 3.37 대공간 관련 국내외 연구현황 비교

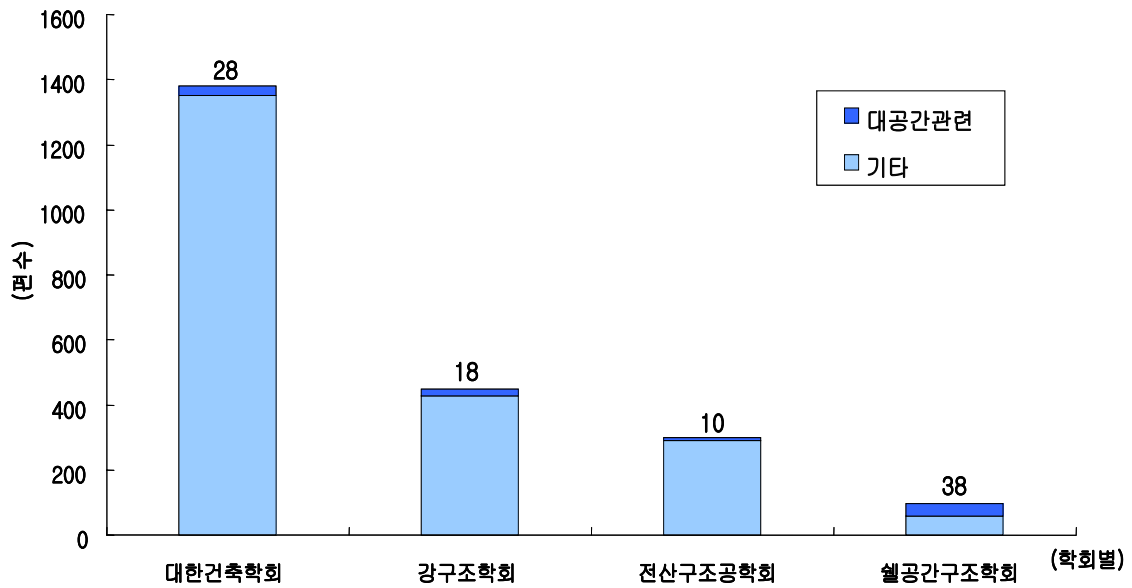
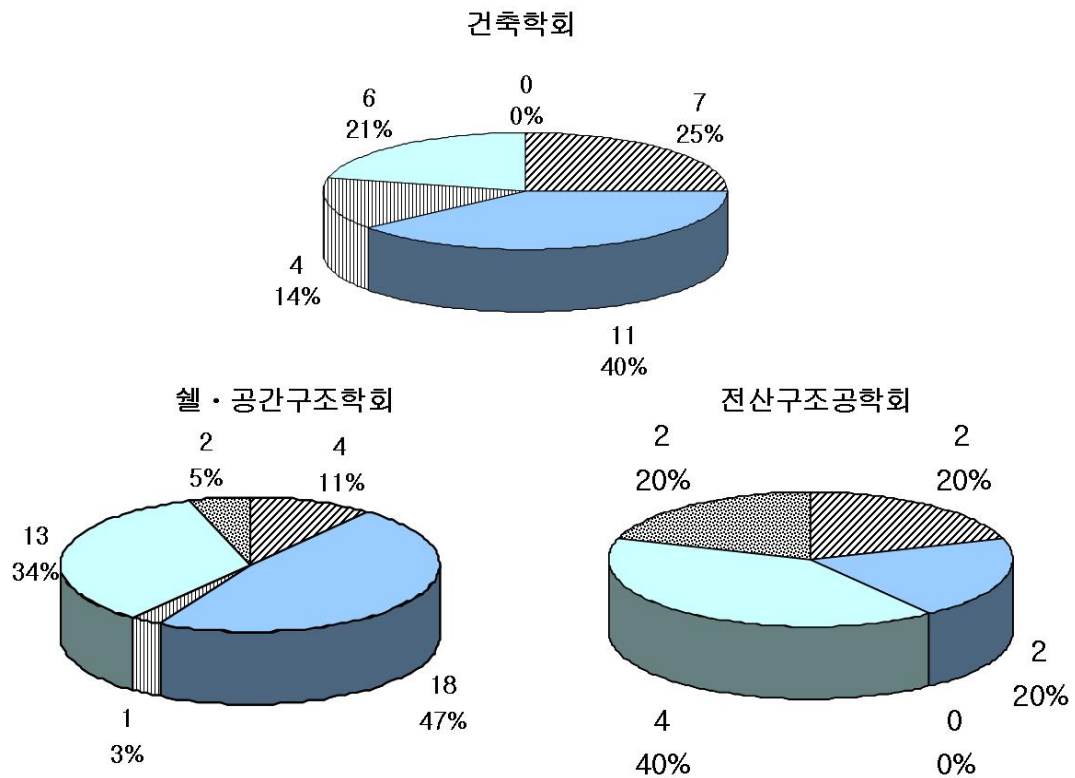


그림 3.38 국내 학회별 대공간 구조 관련 논문현황

(나) 대공간 구조 시스템별 논문 비율

그림 3.6 에서 보는 바와 같이 시스템에 따른 연구현황은 70-90년대에 가장 선호했던 스페이스 프레임 분야의 논문 수가 매우 많지만 2000년대에 들어 막과 케이블 등 연성구조시스템 분야가 많이 증가하고 있으며, 최근에는 하이브리드 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되어 향후 이 분야에 대한 연구결과가 증가할 것으로 예상된다.



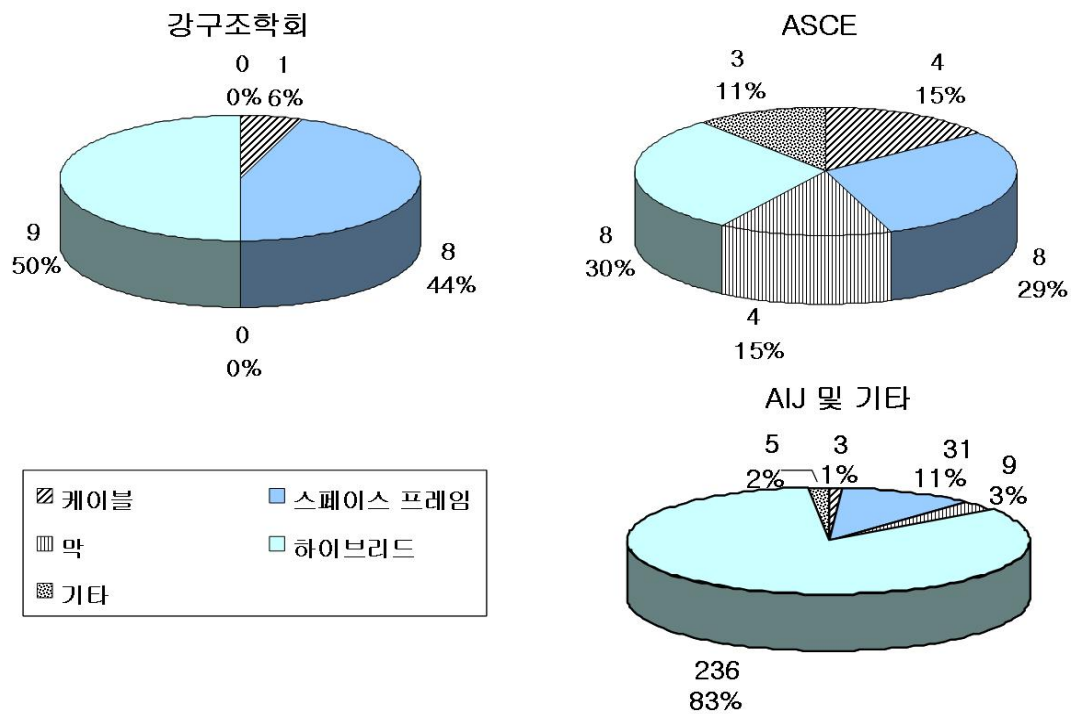


그림 3.39 시스템에 따른 논문발표 현황

(다) 대한건축학회-일본건축학회 논문현황 비교

대한건축학회와 일본건축학회와의 비교에서는 일본 논문 수에 비해 42%를 차지하고 있어 매우 긍정적이지만 일본의 경우 전문학회 활동이 매우 활발하여 수평적인 비교는 무리가 있고, 그림 3.7의 경우가 실제 상황에 근접할 것으로 판단된다.

표 3.5 연구주제별 한·일 학회 분석현황

구 분	A.대한건축학회	B.일본건축학회	비율(A/B)
구조관련 전체논문 수	1379	1799	77%
대공간관련 논문 수	28	66	42%
케이블	7	3	233%
스페이스 프레임	11	31	35%
막	4	9	44%
하이브리드	6	18	33%
기타	0	5	0%

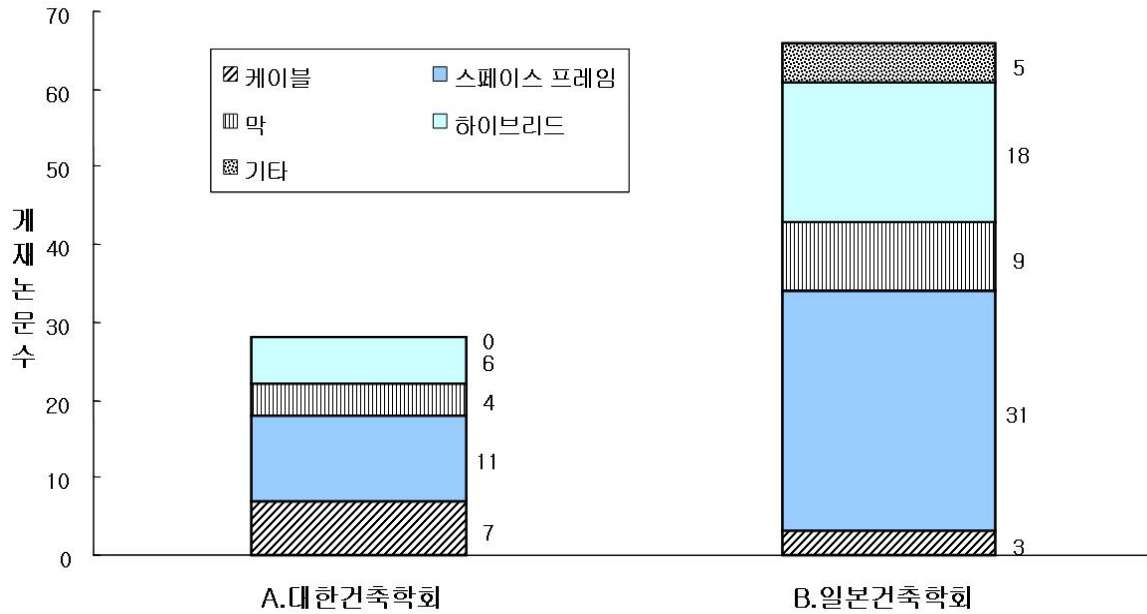


그림 3.40 대한건축학회와 일본건축학회 비교

(2) 대공간 건축물에 관한 설문조사

- 배부 : 600부, 회수 : 159부(회수율 26.5%)
- 대상 : ①(사)셀·공간구조학회, ②(사)한국건축구조기술사회,
③설계 및 구조사무소, ④대학 및 연구기관, ⑤시공사 등

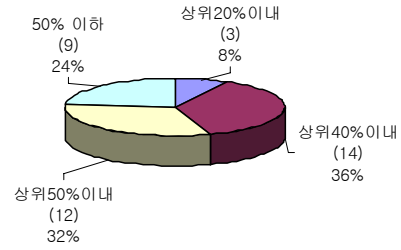
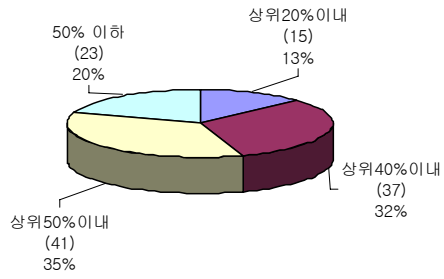
□ 구조기술자의 대공간 국내 기술의 문제 인식

국외 대비 국내 기술력 수준은 상위 40% 이내 정도로 조사되었으며, 대공간 구조분야에서의 선진국가인 일본, 미국, 영국 등의 국가를 벤치마킹할 수 있을 것 이라고 조사되었다. 전문인력의 설계기술력과 시공업체의 대공간 구조 시공수행능력은 보통이하로서 저조한 인식을 남겼으며, 이에 설계요소기술, 설계기준, 전문인력, 시공기술등을 보완해야 할 것으로 조사되었다. 특히 설계요소기술의 경우에는 해석방법, 재료사항, 부재설계, 상세, 시공방법등 전반적인 보완이 필요할 것으로 조사되었다.

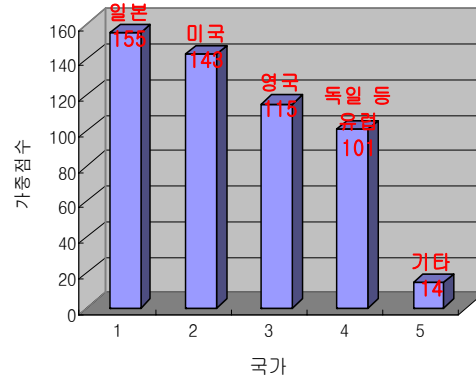
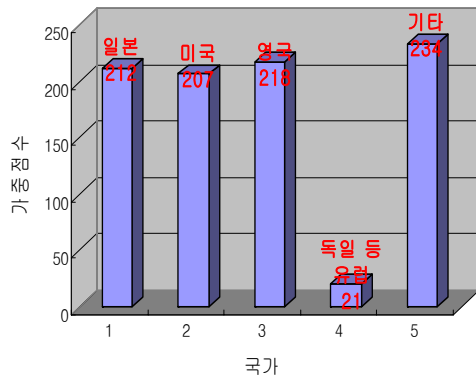
① 구조사무소 및 시공사

② 대학 및 연구기관

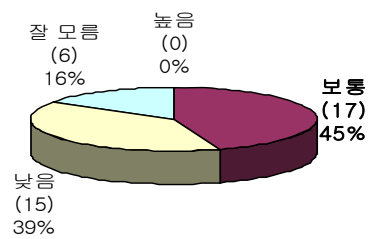
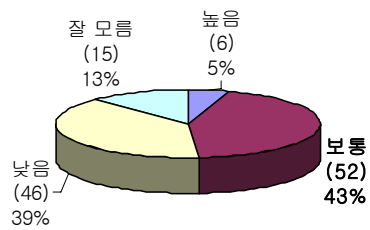
외국 대비 국내 기술력 수준(%)에 대한 인식



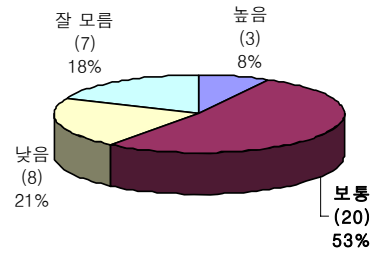
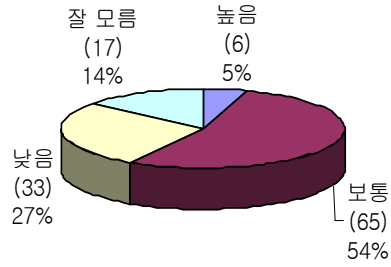
대공간 구조 관련 기술력이 높은 나라



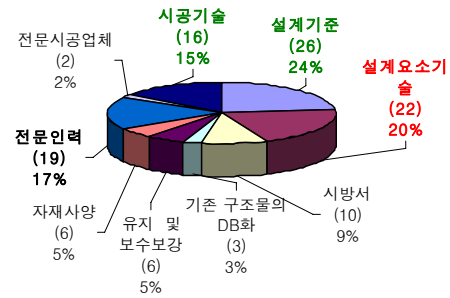
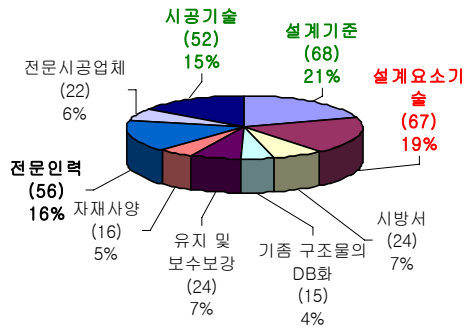
전문인력의 설계기술력에 대한 인식



시공업체의 시공수행능력에 대한 인식



보완해야 할 사항



설계요소기술의 경우 보완 사항

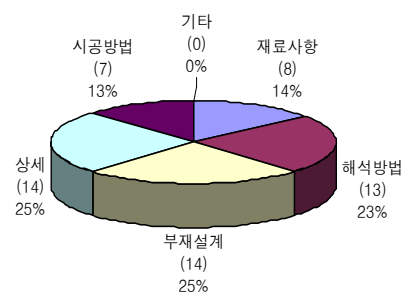
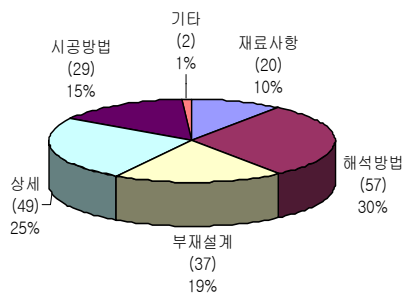


그림 3.41 구조기술자의 대공간 국내 기술의 문제 인식

다. 특허 로드맵(Patent RoadMap)

(1) 대공간 구조 관련 특허조사

특허청 자료를 참고하여 우리나라와 대공간 구조의 선진국이라고 할 수 있는 미국, 일본의 대공간 관련 특허를 조사, 분석하였다. 조사결과 우리나라의 대공간 관련 특허건은 일본의 12%, 미국의 33% 수준으로써 그 수가 절반에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 특히 셸 및 하이브리드 관련 특허건은 단 한건도 없는 것으로 조사되었다. 각국의 특허수를 연도별로 분석해 보면, 미국의 경우 1980년대와 1990년대 대공간 구조에 관한 특허가 가장 많았고, 일본은 1970년대 특허가 전무하였으나 90년대 급증하였고 현재는 감소하고 있는 추세이다. 우리나라는 1970, 80년대에 특허가 거의 없으며 90년대에 소폭 증가하였고 2000년대 월드컵 등의 영향으로 특허수가 증가했으나 그 수는 일본의 80년대 수준에 그치고 있다. 현재 우리나라와 약15년 정도의 경제 상황 및 기술격차를 보이는 일본의 특허 흐름을 기준으로 하여 앞으로의 국내 대공간 관련 특허를 전망해 보면, 향후 약 15~20년 동안은 특허수가 많이 증가할 것으로 예상되며 그 후로는 감소하는 경향을 보일 것으로 예측된다. 이와 같은 분석 결과를 볼 때, 현재의 대공간 관련 기술의 활발한 연구는 필수적이며, 미국 및 일본 등과 같은 선진국과의 기술격차를 해소, 역전하기 위해서는 연구 및 실용화에 있어서 상당한 노력이 필요할 것이다. 특히, 이미 미국, 일본 등에서 활발히 연구된 스페이스 프레임 구조 연구는 레드오션전략으로, 차세대 대공간 구조의 핵심기술로서의 케이블·막구조, 하이브리드 구조는 블루오션 전략으로 집중 연구하여야 할 것이다.

□ 특허 조사 방법

·한국특허정보원(http://www.kipris.or.kr/new_kipris/index.jsp) 활용

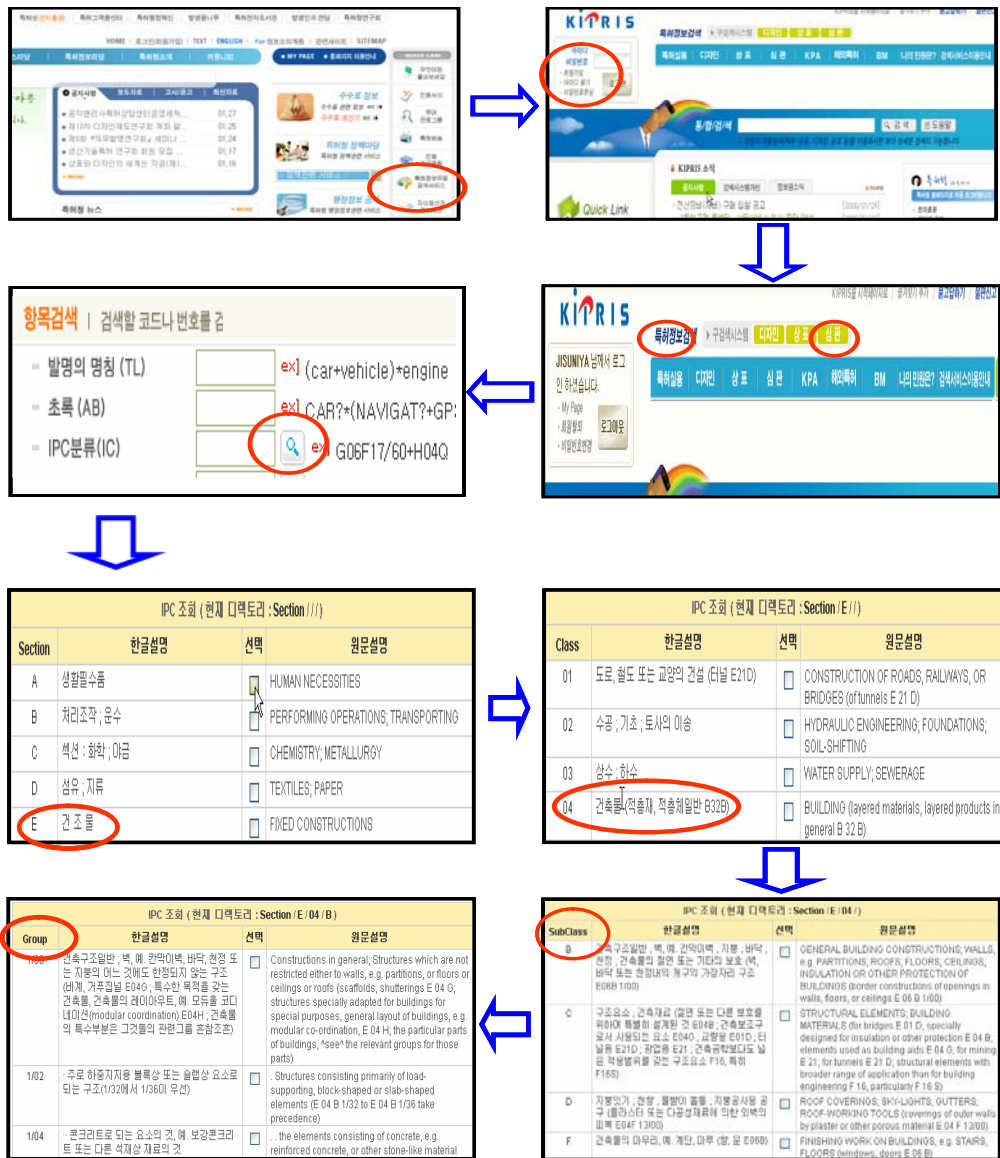


그림 3.42 한국특허정보원 인터넷 검색 흐름도

(가) 국가별 분류(미국, 일본, 한국)

표 3.6 구조형식에 따른 특허 비교 현황

구조형식	미국	일본	한국	합계
케이블	10	6	10	26
스페이스 프레임	93	274	21	388
막	42	99	10	151
셸	10	29	0	39
하이브리드	3	1	0	4
기타	16	65	16	97
합계	174	474	57	705

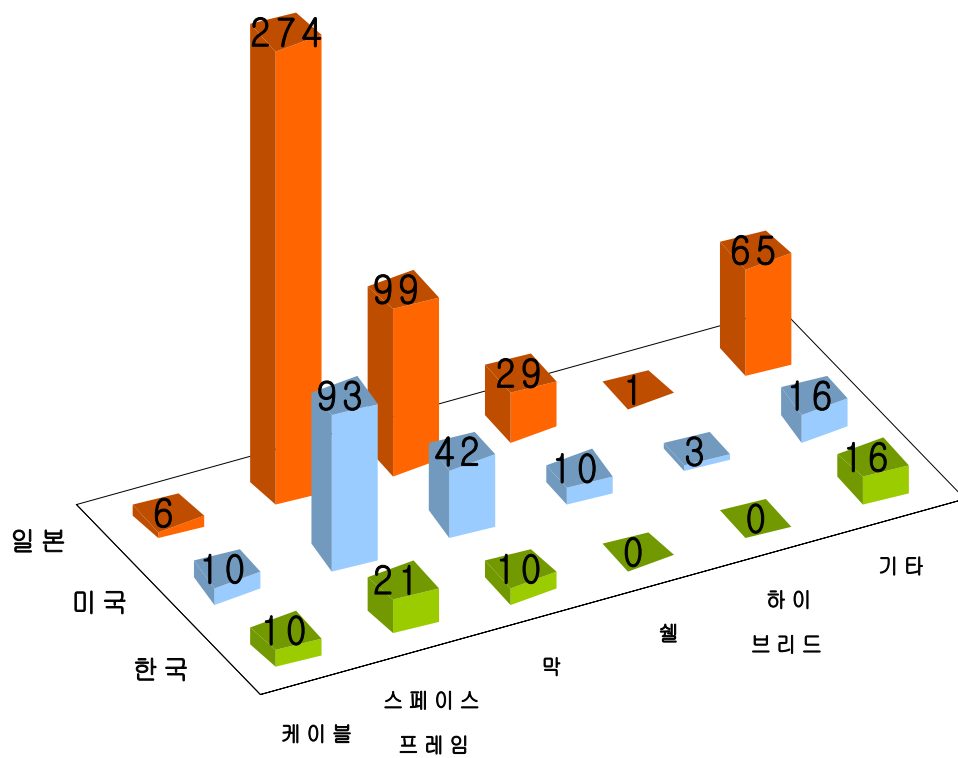


그림 3.43 구조형식과 국가별 특허건수 비교 현황

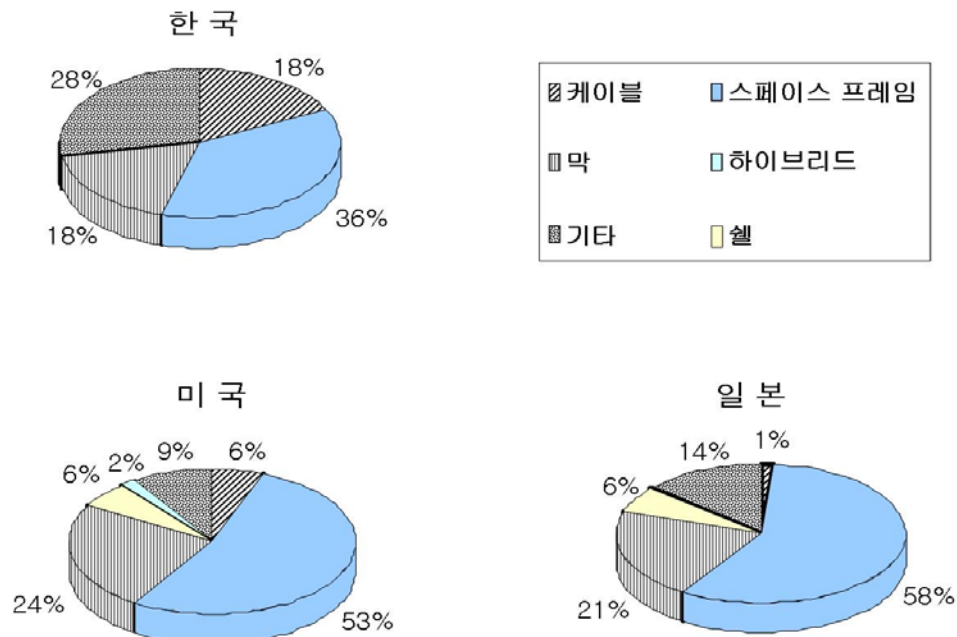


그림 3.44 대공간 구조 시스템 특허의 국가별 분포현황

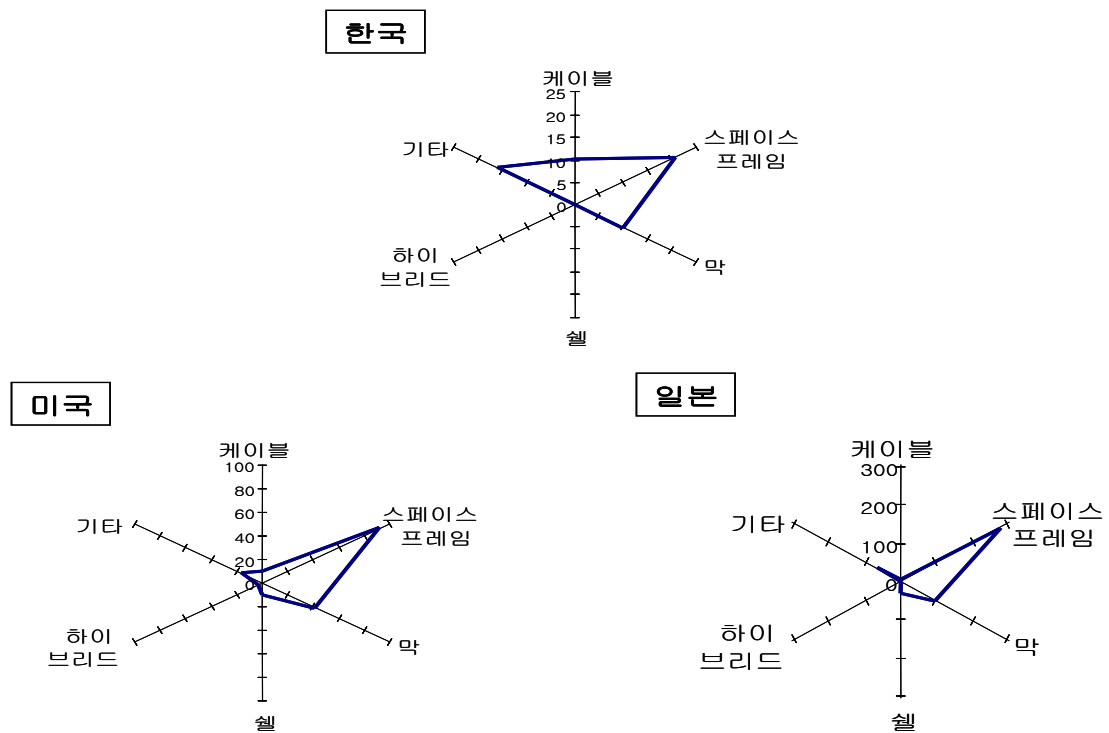


그림 3.45 대공간 구조 시스템 특허의 국가별 분포 분석

(나) 연대별 분류(1970~2000년대)

표 3.7 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(미국)

미국					
구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케이블	0	4	6	0	10
스페이스프레임	10	42	33	8	93
막	11	9	15	7	42
셀	3	4	3	0	10
하이브리드	0	1	2	0	3
기타	4	4	6	2	16
합계	28	64	65	17	174

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

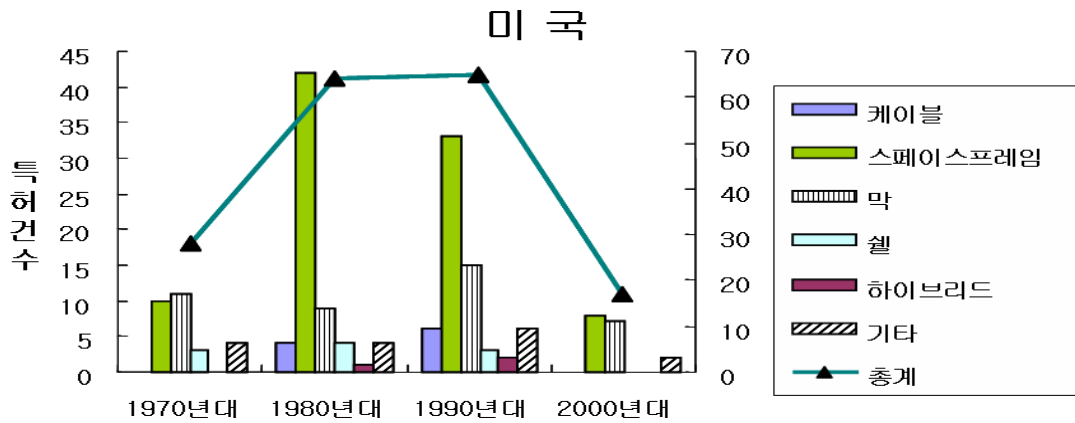


그림 3.46 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(미국)

표 3.8 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(일본)

일본					
구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케이블	0	1	1	6	6
스페이스프레임	0	12	221	41	274
막	0	11	67	21	99
셀	0	5	15	9	29
하이브리드	0	0	0	1	1
기타	0	8	44	13	65
합계	0	37	351	86	474

※1970년대 대공간 구조 관련 특허가 전무 하였으나 90년대 급증

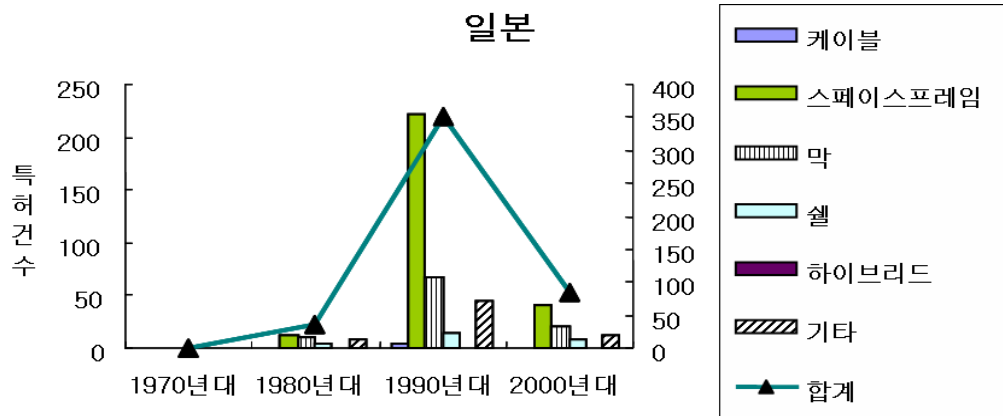


그림 3.47 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(일본)

표 3.9 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(한국)

한국					
구조형식	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합계
케이블	0	0	0	10	10
스페이스프레임	0	3	4	14	21
막	1	0	2	7	10
셸	0	0	0	0	0
하이브리드	0	0	0	0	0
기타	0	0	9	7	16
합계	1	3	15	38	57

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

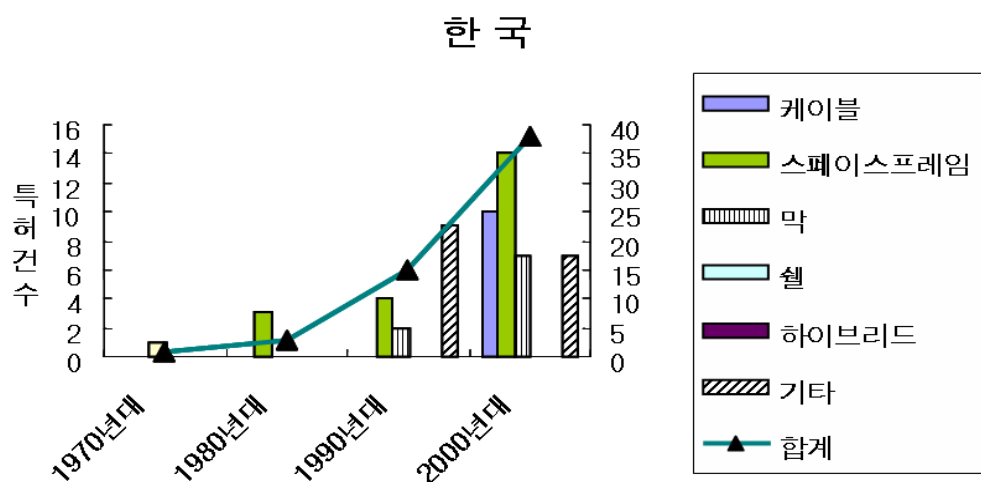


그림 3.48 대공간 구조 시스템 특허의 연대별 변화추이(한국)

(2) 대공간 건축물에 관한 설문조사

4. 최종목표 및 활동 로드맵

가. 최종목표

표 4.40 분야별 최종 목표 및 세부목표

목표구분	최종목표	세부목표
기술개발	해석 알고리즘 및 설계기법 개발	- 비선형해석 알고리즘 개발 및 구조거동 특성 - 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 - 대공간 구조물의 내풍설계 기법 개발 - 대공간 구조물의 내진설계 기법 개발
	구조시스템 개발 및 경제성 분석	- 대공간 구조시스템의 분석 및 최적 형태 개발 - 접합부 거동 특성 및 강성 평가 - 구조시스템별 경제성 및 표준모델 분석
	시공 및 친환경 설계기법 개발	- 경량 신재료의 물리적 특성 및 기존 재료의 적용 기법 - 시공 기법 및 자동화 공법 개발 - 대공간 구조물의 열, 빛환경 최적설계 기법 개발 - 대공간 구조물의 음환경 최적설계 기법 개발
	실용화 및 유지·보수 기법 개발	- 대공간 구조물의 설계 지침 작성 - 유지 보수 지침 및 표준 시방서 작성 - Pilot Project에 의한 국내 요소기술수준 검증
기반구축	기업 및 인적 네트워크 기반 구축	- 셀공간구조학회와 연구센터의 교류 활성화 - 대공간 관련 기업과의 기술 정보 교류 - 대공간 관련 연구진 및 기술자 정보 공유
기업지원	기술 정보 제공	- 기술 센터를 통한 고급 요소기술 제공 - 공동연구를 통한 최신 기술 정보 교류
	고급 기술 지도	- 기술 강습회를 통한 최신 기술 지도 - 현장 애로 사항의 청취 및 기술 상담
정책지원	대공간 구조물 설계 Code 정비	- 케이블 구조물 설계 지침서 작성 - 막 구조물 설계 지침서 작성 - 스페이스 프레임 설계 지침서 작성 - 개폐식 구조물 설계 지침서 작성
지역기여	문화적, 경제적 지역격차 해소	- 문화적 수요충족을 위한 대공간의 제공 - 물류센터 제공을 통한 지역 경제 활성화 - 스포츠 공간 제공을 통한 지역 교류 활성화
파급효과	대공간 관련 국가 경쟁력 확보	- 국제 수준의 대공간 구조관련 요소기술 확보 - 고급 인재 양성
	국내 건설경기 활성화	- 건설 인력 고용 창출 - 비용 절감 - 기술 수출 - 공기 단축 및 공사비 절감 - 신기술 및 특허 출원
연계활동	고급 기술의 홍보 활동 강화	- 설계자 및 발주처 대상 홍보 강화 - 세미나 등을 통한 기술정보 교류 활성화 - 신규 대공간 관련 업체의 창업 지원
	국내 기술의 국제적 입지 강화	- 국외 학술활동을 통해 우리 기술의 우수성 홍보 - 국제 기술교류 Workshop 개최 - 국제학술단체의 WG에 적극 참여

나. 연차별 중점추진과제

표 4.41 연차별 중점 추진과제

(단위 : 백만원)

구분	연차별 중점 추진과제 (또는 세부목표)	주요과제내용	주요과제 내용별 연구비
1 차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 구조시스템별 특성 분석 연구; 개폐식구조 포함	■ 294
		■ 볼 조인트의 접합부 거동 특성 연구	■ 441
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 대공간 구조의 비선형해석 기법 개발	■ 183.75
		■ 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 조사 연구	■ 183.75
		■ 대공간 구조의 형태별 바람거동 특성 조사 및 분석 연구	■ 183.75
		■ 대공간 구조의 형태별 지진거동 특성 조사 및 분석 연구	■ 183.75
	■ 시공 및 친환경 설계기법 개발	■ 막/케이블 재료의 물리적 성질 측정 기법 기반 기술 연구	■ 153.125
		■ 대공간 구조의 Erection 공법 기반기술 연구	■ 153.125
		■ 대공간의 냉난방 설계 기술 연구	■ 153.125
		■ 대공간의 실내음향 설계 기술 연구	■ 153.125
	■ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (CODE, MANUAL, 사업화 등)	■ 대공간 구조물 Code에 관한 국외자료 수집 및 분석 연구	■ 104
		■ 계측 제어 시스템 기술 연구	■ 163.5
		■ Pilot Project	■ 100

2 차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간 구조시스템 모델링 기법 개발 ; 개폐식구조 포함	■ 525
		■ 용접접합부의 구조거동 특성 및 강성 평가 연구	■ 787.5
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 강성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구	■ 292
		■ 쉘형 구조의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구	■ 292
		■ 대공간 구조물의 풍동 모형제작 및 실험 기법 개발	■ 436.5
		■ 대공간 구조물의 지진해석용 모델링 기법 개발	■ 292
	■ 시공 및 친환경 설계기법 개발	■ 최신 막재 및 케이블재의 특성 조사 및 전망 연구	■ 243
		■ 연성 구조물의 장력 측정 기법 기반기술 연구	■ 364.75
		■ 대공간의 친환경 설계 기반기술 연구	■ 243
		■ 대공간의 실내음향 성능측정 기반기술 연구	■ 243
	■ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (CODE, MANUAL, 사업화 등)	■ 케이블 구조물의 설계 지침 기반기술 연구	■ 265
		■ 유지관리 지침 기반기술 연구	■ 291.25
		■ Pilot Project	■ 100
3 차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간 구조시스템 축소모델 실험	■ 492
		■ 볼트접합부의 형태별 구조거동 특성 및 강성 평가 연구	■ 492
		■ 구조시스템별 경제성 분석 연구	■ 328.5
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 강성 구조물의 재료적 비선형거동 특성 연구	■ 292
		■ 쉘형 구조의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구	■ 292
		■ 풍동 실험의 상사 특성 분석 연구: 재료적, 기하학적	■ 436.5
		■ 하부구조의 뚝에의 영향 분석 연구	■ 292
	■ 시공 및 친환경 설계기법 개발	■ 합성 신소재의 대공간 구조물예의 적용 기법 개발	■ 303
		■ 연성 구조물의 시공 Scenario 작성 기법 개발	■ 304.75
		■ 대공간의 실내환경 시뮬레이션 기술 개발	■ 243
		■ 대공간의 실내음향 시뮬레이션 기술 개발	■ 243
	■ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (CODE, MANUAL, 사업화 등)	■ 막 구조물의 설계 지침 기반기술 연구	■ 265
		■ 보수기술 지침 기반기술 연구	■ 291.25
		■ Pilot Project	■ 100

4 차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간 구조시스템의 Size/Shape/Topology Optimization 연구	■ 300
		■ 막구조의 접합 형태별 특성 연구	■ 450
		■ 스캔, 용도별 표준모델 분석 연구	■ 300
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 연성 구조물의 형상해석 기법 개발	■ 233
		■ 스페이스 프레임의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구	■ 233
		■ 형상에 따른 풍하중 산정기술 개발	■ 292
		■ 지진에너지 흡수용 구조모델 개발	■ 292
	■ 시공 및 친환경 설계기법 개발	■ 초강도 강재의 대공간 구조물예의 적용 기법 개발	■ 276
		■ 막 구조의 재단도 작성 기법 개발	■ 231
		■ 대공간의 방재 설계기술 개발	■ 184
		■ 대공간의 음향설비 제어기술 개발	■ 184
	■ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (CODE, MANUAL, 사업화 등)	■ 스페이스 프레임의 설계 지침 기반기술 연구	■ 162.5
		■ 구조시스템별 표준시방서 기반기술 연구	■ 262.5
		■ Pilot Project	■ 100
5 차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 최적형태 및 Morphogenesis 기법 연구	■ 336
		■ 케이블구조의 접합 형태별 특성 연구	■ 504
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구	■ 210
		■ 스페이스 프레임의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구	■ 210
		■ 내풍설계 지침서 작성	■ 210
		■ 내진설계 지침서 작성	■ 210
	■ 시공 및 친환경 설계기법 개발	■ 고강도 콘크리트의 대공간 구조물예의 적용 기법 개발	■ 235
		■ 시공 자동화 공법 개발	■ 155
		■ 열, 빛환경 최적설계 지침서 작성	■ 155
		■ 음환경 최적설계 지침서 작성	■ 155
	■ 실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (CODE, MANUAL, 사업화 등)	■ 설계 Code, 시방서, 유지, 보수 지침서 작성	■ 110
		■ Pre/Post-process 구축	■ 210
		■ Pilot Project	■ 100

다. 연도별 주요 추진 일정

표 4.42 연도별 주요 추진 일정

일 련 번 호	구 분	추진내용	추진 일정 (연도별)																				비중 (%)
			1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도				
			1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	
1	기술 개발	■ 해석알고리즘 및 설계기법 개발																					
2		■ 구조시스템 개발 및 경제성분석																					
3		■ 시공 및 친환경설계기법 개발																					
4		■ 실용화 및 유지보수기법 개발																					
5	기 반 구 축	■ 기업 및 인적 네트워크 기반 구축																					
		-셀공간구조학회와 연구센터의 교류 활성화																					
		-대공간 관련 기업의 기술 수 준 정보 공유																					
		-대공간 관련 연구진 및 기술 자 정보 공유																					
6	기 업 지 원	■ 기술 정보 제공 -최신 기술 자료 제공 -공동연구를 통한 고급 기술 정보 교환																					
7		■ 고급 기술 지도 -기술 강습회를 통한 최신 기 술 지도 -현장 애로 사항의 청취 및 기 술 상담																					
8	정 책 지 원	■ 대공간 구조물 설계 Code 정비																					
		-케이블 구조물 설계 지침서 작성																					
		-막 구조물 설계 지침서 작성																					
		-스페이스 프레임 설계 지침서 작성																					
	지 역 기 여	-개폐식 구조물 설계 지침서 작성																					
		■ 문화적, 경제적 지역격차 해소																					
		-문화적 수요충족을 위한 대공 간의 제공																					
		-물류센터 제공을 통한 지역경 제 활성화																					
		-스포츠 공간제공을 통한 지역 교류 활성화																					

5. 기술개발효과

본 장에서는 향후 5년간 수행될 예정인 “스팬300m 대공간 건축물의 건설 및 실용화 방안에 관한 연구” 과제가 성공적으로 수행될 경우의 기술개발 효과를 ① 기술적 효과 ② 경제적 효과 ③ 전략적 효과로 분류하여 기술하였다. 기술적 효과에서는 우선적으로 대공간구조 시스템 요소기술 및 시공기법에 관한 국내 자체기술 확보가 가장 중요한 의미를 갖게 되며, 고 부가가치 기술의 국제 경쟁력 확보와 기술수입 대체 효과 그리고 고용 창출을 통한 국가 경제의 긍정적 효과를 기대할 수 있다. 또한, 기술적, 경제적 효과를 극대화하기 위한 전략으로 전문 인력 양성과 개발기술 축적 및 보급을 위한 기술은행 또는 센터의 설립이 필요한 것으로 사료된다.

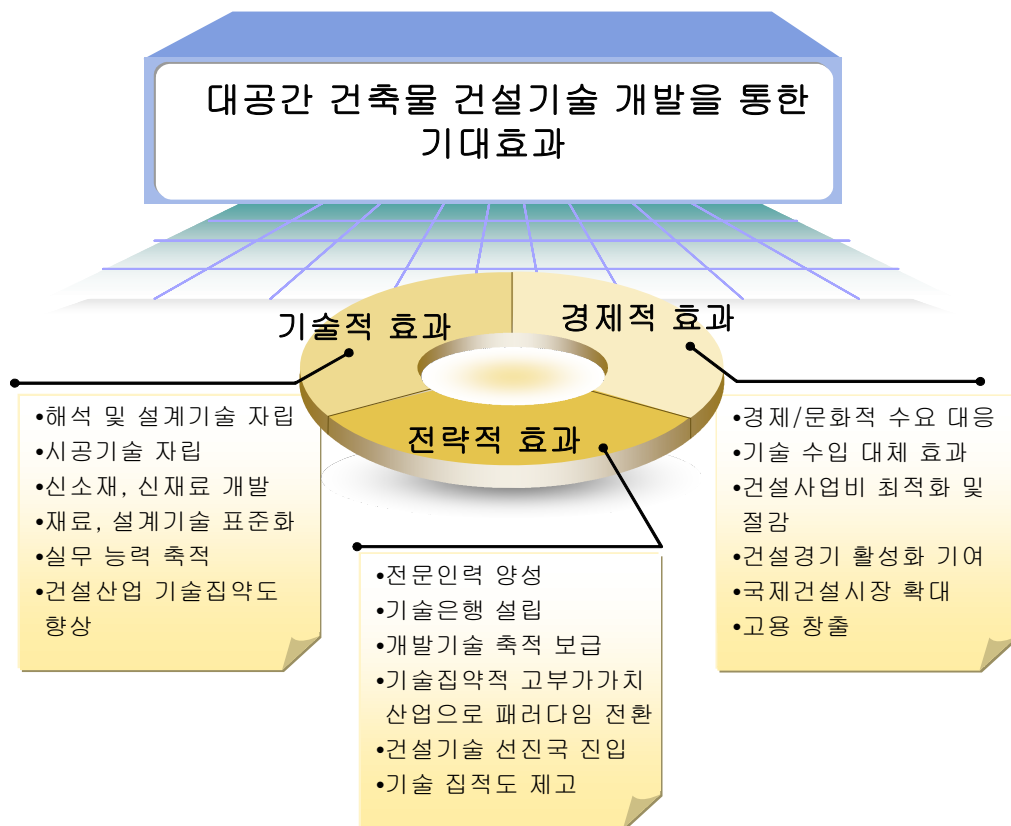


그림 5.1 대공간 건축물 건설기술 개발을 통한 기대효과

가. 기술적 효과

(1) 대공간 건축물 해석 및 설계기술 자립

- 선진국 대비 20-40% 수준의 국내 대공간 건축물 설계 및 시공 기술 국산화 비율 제고 (2장의 핵심기술 또는 기반기술의 정의 참조)
- 대공간 건축물 해석 분야에서 비선형해석, 구조안전성해석, 최적화 설계, 내진 및 내풍과 동적거동 해석 관련 이론, 기술, 해석 프로그램 자체 보유
- 래티스 시스템, 하이브리드 시스템, RC 대공간 구조 등 대공간 건축 관련 특

수 구조시스템 설계 능력 보유

- 미래지향적인 개폐식 시스템 설계 기술 자립
- 대공간 건축물 건설에 소요되는 접합부 DB 구축 및 특수 접합부 기술 자립
- 대공간 건축물 열환경 및 음환경 관련 기술 보유

(2) 대공간 건축물 시공기술 자립

- 대공간 구조 Erection 기술 개발
- 연성구조물 안정화 기술 및 시공 Sequence 계획 및 관리 기술 자립

(3) 복합 및 강재 신재료 개발

- 대공간 건축물에 소요되는 신소재 해석 및 분석 기술 보유
- 신재료 및 신소재 활용 기술 보유

(4) 관련 재료와 설계 기술 표준화 및 실무 능력 축적

- 관련 재료 품질 및 시험 기준 마련으로 대공간 건축물의 품질 및 안전성 향상
- 각종 특수 구조물에 대한 설계지침서 및 설계기준 수립
- 유지관리 지침 및 기법 개발로 사용 단계 안전성 및 유지관리 비용 절감
- 파일럿 프로젝트 수행으로 대공간 건축물 설계 및 시공 실무 경험 및 능력 축적

(5) 국내건설산업의 기술집약도 향상 및 국제경쟁력 제고

- 최첨단 기술을 요하는 대공간 건축 관련 기술 보유로 국내건설산업의 기술 집약도 향상
- 노동집약적 건설산업에서 기술집약적 건설산업으로의 패러다임 전환 선도
- 국제건설시장에서 첨단 기술 및 시공 능력 보유한 선도 그룹 진입
- 관련 프로젝트에서 해외 기술 의존 탈피

나. 경제적 효과

(1) 국민 경제/문화적 수요에 대응

- 경제 문화적 수준 향상에 대응하는 대공간 건축물 수요 증가 예상

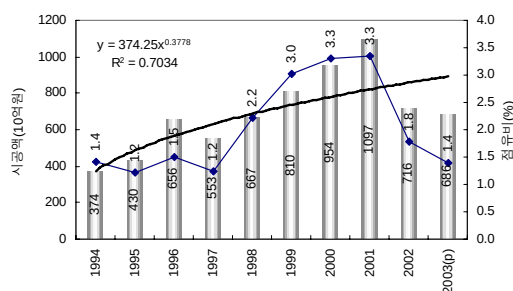


그림 5.2 운동장 및 경기장 시공액 추이

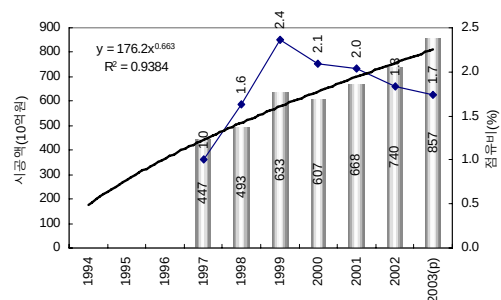


그림 5.3 전시시설의 시공액 추이

- 프로 스포츠 및 지방자치제 활성화에 따른 수요 증가에 대응
- 대공간 건축물 건설기술 자립으로 향후 대공간 건축물 건설 활성화 및 촉진
- 2010년 대공간 건축물 시장 3조5천억원 예상 (2장의 국내산업동향 참조)

(2) 기술 수입 대체 효과

- 총 건설사업비 중 설계 및 감리 등 기술 비용 10%
- 현재 대공간 건축물 건설 시 기술 비용 중 30-40% 해외 기술 의존 및 기술 수입 비용 지출 (현업 전문가 면담 및 자문 결과)
- 2010년 3조5천억원 대공간 건축물 사업비 예상 시 1000-1500억 기술 비용 해외 지출 예상
- 국내 보유로 관련 기술 비용 대체 효과 기대

표 5.1 대공간 건축물 건설기술 개발에 의한 수입 대체 효과(2010년 기준)

대공간 건축물 건설사업비	$A = 35,000$ 억원
설계 및 자문 등 기술비용	$B = A \times 0.1 = 3,500$ 억원
수입 대체 효과	$C = B \times 0.3 \sim 0.4 = 1,000 \sim 1,500$ 억원

(3) 건설 사업비 최적화 및 절감

- 우수한 설계 및 시공 능력 확보로 품질 및 생산성 향상
- 최적화된 구조시스템 선정과 설계로 건설 사업비 절감
- 최적화된 Erection 공법 선정과 시공 및 공정 계획으로 공사비 절감
- 전문가 면담에 의하면 최적화된 설계와 시공계획으로 5~15%의 사업비 절감 가능
- 절감 예상액 : (10년 기준) $\times (0.05 \sim 0.15) = (1,750 \text{억} \sim 5,250 \text{억})$

표 5.2 대공간 건축물 건설기술 개발에 의한 사업비 절감 효과(2010년 기준)

대공간 건축물 건설사업비	$A = 35,000$ 억원
최적화 통한 사업비 절감 비율	$B = 5\% \sim 15\%$
사업비 절감 효과	$C = A \times B = 1,750 \text{ 억원} \sim 5,250 \text{ 억원}$

(4) 건설경기 회복에 기여

- 대공간 건축물 건설기술 국산화로 사업 추진 수월성 제고
- 프로 스포츠 경기장 건설, 지역 전시/공연시설 확충 등 대공간 건축물 건설 촉진으로 2010년 건설시장의 5% 점유 예상 (2장 참조)
- 건설 시장 확대로 건설경기 회복에 기여

(5) 국제건설시장 진출

- 중국, 동남아, 인도 등 향후 대규모 대공간 건축물 시장 형성 예상
- 대공간 건축물 건설시장의 경우 선진국 대비 우리나라 20년, 상기 국가의 경우 30년의 시간지연으로 향후 20-30년간 지속 성장 기대
- 대공간 건축물 건설기술 확보로 향후 대공간 시장 진출

(6) 고용 창출 효과

- 설계 및 시공 분야 전문 엔지니어 일자리 창출
- 재료 및 소재 산업 확대로 해당 분야 전문업체 등장
- 대공간 건축물 이용한 각종 이벤트 활성화와 이에 따른 고용 창출

다. 전략적 효과

(1) 전문인력 양성

- 100명 안팎의 연구인력 투입으로 대공간 건축물 전문인력 양성
- 파일럿 프로젝트 수행으로 경험 및 실적 축적

(2) 기술센터(Technical Center) 설립으로 기술 축적 및 보급

- 연구를 통해 축적된 기술 및 인력 기반으로 기술센터 설립
- 대공간 건축물 설계 및 시공 시 기술 제공 및 컨설팅 수행

(3) 건설산업 패러다임 전환

- 노동집약적 저부가가치 건설산업에서 기술집약적 고부가가치 산업으로 패러다임 전환 유도
- 기술집약 산업으로 인식 전환에 의한 우수 건설 인력 유입
- 관련 신소재 및 신재료 개발로 소재 산업 육성
- 대공간 건축물의 하이테크 특성으로 인한 건설분야 연구 기능 활성화

(4) 건설기술 선진국 진입으로 국가 이미지 제고

- 하이테크 기반 대공간 건축물 건설기술 보유로 기술 선진국 이미지 확보
- 대공간 건축물 건설기술 해외 진출로 국제 경제 교류 활성화
- 기술 교류 및 지원으로 국가 이미지 제고

(5) 대공간 건축물 건설기술 집적도 제고

- 현재 국내 대공간 건축물 관련 설계기술 및 시공기술은 연구기관 또는 건설회사 별로 분산
- 동일 기술에 대한 연구기관 또는 건설회사 사이 중복 투자 현상 심화
- 단위기술 결합을 통한 기술 가치 제고 가능성 높음
- 흩어져 있는 대공간 건축물 건설 관련 단위기술 집적화를 통한 기술력 제고

6. 성과 활용 방안

가. 과제의 성과

(1) 최종 성과

(가) 직접적 성과

표 6.1 과제의 직접적 성과

유형	연차	목표	주요내용	달성 전략
공법	1	Erection 공법 개발	래티스 시스템 상부구조 리프트업 공법개발	시스템 설계 및 해석
	2	형태생성기법 개발	대공간구조 시스템의 morphogenesis 기법 개발	형태 자동생성 프로그램 개발
	3	연성구조물 시공시나리오 기법개발	안정화 이행 과정 및 시공 순서	시공과정 해석 프로그램 개발
S/W	1	기하학적 비선형 해석프로그램 개발	래티스 돔의 비선형 거동 특성 규명을 위한 프로그램 개발	비선형 알고리즘 개발
	2	재료 비선형 해석 프로그램 개발	강성 및 연성 구조물의 재료 비선형 특성 규명을 위한 프로그램 개발	재료 비선형 알고리즘 개발
	3	동적 해석 프로그램 개발	내진 및 내풍 설계를 위한 프로그램 개발	내진 및 내풍 해석 알고리즘 개발
	4	구조 안정해석 프로그램 개발	강성구조 시스템의 극한 및 분기좌굴 특성 규명을 위한 프로그램 개발	극한 및 분기좌굴 해석 알고리즘 개발
	5	열, 빛, 음향 시뮬레이션 프로그램 개발	대공간 구조 시스템과 관련된 열, 빛, 음향 해석 프로그램 개발	열, 빛, 음향 해석 알고리즘 개발
신소재/재료	1	합성 신소재 적용기법 개발	합성 신소재의 물리적 특성을 적용한 대공간 구조 시스템 해석	합성신소재 해석알고리즘 개발
	2	초강도 강재의 적용기법 개발	초강도 강재의 물리적 특성을 적용한 대공간 구조 시스템 해석	초강도 강재의 물리적 특성 규명
	3	고강도 콘크리트의 적용기법 개발	고강도 콘크리트의 물리적 특성을 적용한 대공간 구조 시스템 해석	고강도 콘크리트의 물리적 특성 규명
	4	막/케이블 재료의 물리적 특성 측정 기법 개발	막/케이블 재료의 물리적 특성 측정 기법 개발	막/케이블 재료의 물리적 특성 규명
시방서 및 유지보수 지침	1	케이블 구조의 설계지침	케이블 구조 시스템의 설계 코드 및 시방서 제공	관련 요소기술의 해석 및 실험
	2	막 구조물의 설계 지침	막 구조 시스템의 설계 코드 및 시방서 제공	관련 요소기술의 해석 및 실험
	3	스페이스 프레임의 설계 지침	스페이스 프레임의 설계 코드 및 시방서 제공	관련 요소기술의 해석 및 실험
	4	개폐식 구조물의 설계 지침	개폐식 구조 시스템의 설계 코드 및 시방서 제공	관련 요소기술의 해석 및 실험
	5	유지, 보수 지침	대공간 구조 시스템의 유지보수 지침서 제공	관련 요소기술의 해석 및 실험
기술DB/기술센터	1	대공간 구조관련 요소기술 DB	대공간구조 관련 요소기술 통합 관리 센터 운영	기술센터 설립 및 전산 네트워크 구성
논문	1	해석알고리즘 및 설계기법 개발	해석알고리즘 및 설계기법에 관한 연구결과 논문 발표	국내 및 국제 논문집 발표
	2	구조시스템 개발 및 경제성 분석	구조시스템 개발에 관한 연구결과 논문 발표	국내 및 국제 논문집 발표
	3	시공 및 친환경 설계기법 개발	시공 및 친환경 설계기법에 관한 연구결과 논문 발표	국내 및 국제 논문집 발표
	4	실용화 및 유지보수 기법 개발	실용화 및 유지보수 기법 개발에 관한 연구결과 논문 발표	국내 및 국제 논문집 발표
	5	개발		
파일럿 프로젝트	1	래티스 시스템의 기술수준 검증	가상 프로젝트를 통한 래티스 시스템 설계 및 시공 요소기술의 실질적 적용 및 검증	가상 프로젝트에 의한 검증
	2	하이브리드 시스템의 기술수준 검증	가상 프로젝트를 통한 하이브리드 시스템 설계 및 시공 요소기술의 실질적 적용 및 검증	가상 프로젝트에 의한 검증

(나) 간접·파급성과

■ 정량적 성과

① 기술경쟁력의 향상

- 개폐식구조를 포함한 대공간 구조물 설계, 해석 기술 자립
- 대공간 구조물 비선형해석 및, 구조안전성 해석 기술 개발, 자립
- 대공간 구조물 내풍, 내진 해석 및 설계기술 보유
- 막/케이블/셸 등 특수구조 재료 실험 및 물리적 성질 측정 기법 개발
- 대공간 구조물 Erection 공법 개발 및 보유
- 각종 유형의 접합부 개발 및 표준화
- 대공간 냉난방 설계기술 보유
- 대공간 실내음향 설계기술 보유
- 대공간 건축물 모델링 기법 개발 및 형상생성 S/W 개발
- 모델링, 해석, 설계, 유지관리 위한 S/W 개발로 품질 및 생산성 향상
- 설계정보 DB화로 대공간 구조물 CAE화 촉진

② 시장규모 확대

- 관련 기술 자립으로 국내 대공간 건축물 시장 확대 (2010년 기준 전체 건설 시장의 5% 점유, 시장 규모 3조5천억원)
- 경제 성장에 따른 문화적 수요 상승에 국내 기술로 대응
- 프로 스포츠 경기장, 지방자치단체 단위의 공연장 등 대공간 건축물 시장 활성화 선도
- 중국, 동남아시아, 인도 등 해외 대공간 건축물 건설시장에 자체 기술로 진출

③ 고용창출 효과

- 건설 시장 확대로 건설인력 고용 창출
- 대공간 건축물 본연의 하이테크 기술 수요로 우수 인력 건설업계 유입 유도
- 대공간 건축물 건설에 소요되는 하이테크 기술 개발 위한 연구인력 고용 창출
- 각종 특수 공법 및 특수 재료 전문화로 중소 건설업체 활성화와 고용 창출

④ 건설회사 매출액 증대

- 대공간 건축물 건설시장 확대로 건설회사 매출액 증대
- 기술집약적 설계 및 시공 기술 수요로 고부가가치 창출 및 이익 실현
- 관련 고급 기술력을 이용한 설계 및 엔지니어링 등 해외시장 고부가가치 영역 점유율 향상
- 관련 소재 산업 활성화와 매출 증대

⑤ 안전성 향상 및 체계적 유지관리

- 설계 및 시공 기술 향상으로 대공간 건축물 안전성 향상
- 관련 기술 국내 보유로 일관된 설계-시공-유지관리 시스템 구축 가능
- 사용 단계 유지관리 기술 보유로 안전성 향상과 건축물 수명 연장

- 관련 정보 DB화로 체계적 유지관리 및 유지관리 비용 절감

⑥ 법/제도 개선 및 기준/지침에 의한 기술 표준화

- 각종 소재 및 재료 표준화(KS 등) 및 시험 방법 제정으로 대공간 건축물의 품질 유지
- 막, 케이블, 셸, 스페이스 프레임 등의 특수 구조물과 이에 소요되는 접합부 관련 설계기준 마련으로 대공간 건축물 품질 유지
- 각종 시방서 제정으로 공사 품질 향상
- 유지관리 지침 마련으로 유지관리업무의 전반적 품질 유지

■ 정성적 성과

① 건설산업 규모 변화

- 기술집약적 고부가가치 건설산업으로 패러다임 전환
- 설계 및 감리, 시공관리 기술 보유한 고급 엔지니어링 업체 육성
- 대공간 건축물의 특수성에 따라 중소 전문건설업체 활성화
- 막, 케이블, 접합부 등 특수 소재 및 재료 전문중소기업 활성화
- 건설업계의 연구기능 활성화로 연구조직 규모 확대

② 사회경제적 파급효과

- 대공간 건축물 건설 확대 통한 건설산업 활성화로 국내 경기 부양 효과
- 문화적 가치를 갖는 대공간 건축물 건설 활성화로 국민 자부심 향상
- 운동 시설, 공연 시설 등의 시설 확충으로 국민 복지 향상
- 지역별 랜드마크적 건축물 보유

③ 관련산업 파급효과

- 대공간 건축물을 중심으로 여가 및 문화 산업 활성화
- 대공간 건축물 소요 소재 산업 발전
- 기술 수출 통한 국가 신뢰도 및 이미지 향상으로 수출산업에 기여

(2) 단계별 성과

(가) 1차년도

표 6.2 1차년도 과제별 목표 및 성과

구분	과제별 목표	성과
1차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 구조시스템별 특성 분석; 개폐식구조 포함 ■ 볼 조인트의 접합부 거동 특성 분석
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 대공간 구조의 비선형해석 기법 ■ 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 조사 ■ 대공간 구조의 형태별 바람거동 특성 조사 및 분석 ■ 대공간 구조의 형태별 지진거동 특성 조사 및 분석
	■ 시공 및 친환경설계 기법 개발	■ 막/케이블 재료의 물리적 성질 측정 기법 ■ 대공간 구조의 Erection 공법 ■ 대공간의 냉난방 설계기술 ■ 대공간의 실내음향 설계기술
	■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발	■ 대공간 구조물 Code에 관한 국외자료 수집 및 분석 ■ 계층 제어 시스템 기반 기술

(나) 2차년도

표 6.3 2차년도 과제별 목표 및 성과

구분	과제별 목표	성과
2차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간 구조시스템 모델링 기법; 개폐식구조 포함 ■ 용접접합부의 구조거동 특성 및 강성 평가
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 강성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 ■ 쉘형 구조의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 ■ 대공간 구조물의 풍동 모형제작 및 실험 기법 ■ 대공간 구조물의 지진해석용 모델링 기법
	■ 시공 및 친환경설계 기법 개발	■ 최신 막재 및 케이블재의 특성 조사 및 전망 ■ 연성 구조물의 장력 측정 기법 ■ 대공간의 친환경 설계기술 ■ 대공간의 실내음향 성능측정기술
	■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발	■ 케이블 구조물의 설계 지침 기반기술 ■ 유지관리 지침 기반기술

(다) 3차년도

표 6.4 3차년도 과제별 목표 및 성과

구분	과제별 목표	성과
3차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간 구조시스템 축소모델 실험 ■ 볼트접합부의 형태별 구조거동 특성 및 강성 평가 ■ 구조시스템별 경제성 분석
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 강성 구조물의 재료적 비선형거동 특성 ■ 웰형 구조의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 ■ 풍동 실험의 상사 특성 분석: 재료적, 기하학적 ■ 하부구조의 뚫에의 영향 분석
	■ 시공 및 친환경설계 기법 개발	■ 합성 신소재의 대공간 구조물에서의 적용 기법 연구 ■ 연성 구조물의 시공 Scenario 작성 기법 ■ 대공간의 실내환경 시뮬레이션 기술 ■ 대공간의 실내음향 시뮬레이션 기술
	■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발	■ 막 구조물의 설계 지침 기반기술 ■ 보수기술 지침 기반기술

(라) 4차년도

표 6.5 4차년도 과제별 목표 및 성과

구분	과제별 목표	성과
4차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 대공간구조시스템의 Size/Shape/Topology Optimization ■ 막구조의 접합 형태별 특성 ■ 스캔, 용도별 표준모델 분석
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 연성 구조물의 형상해석 기법 ■ 스페이스 프레임의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 ■ 형상에 따른 풍하중 산정기술 ■ 지진에너지 흡수용 구조모델
	■ 시공 및 친환경설계 기법 개발	■ 초강도 강재의 대공간 구조물에서의 적용 기법 ■ 막 구조의 재단도 작성 기법 ■ 대공간의 방재 설계기술 ■ 대공간의 음향설비 제어기술
	■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발	■ 스페이스 프레임의 설계 지침 기반 기술 ■ 구조시스템별 표준시방서 기반 기술

(마) 5차년도

표 6.6 5차년도 과제별 목표 및 성과

구분	과제별 목표	성과
5차 년 도	■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석	■ 최적형태 및 Morphogenesis 기법 ■ 케이블구조의 접합 형태별 특성 분석
	■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발	■ 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 분석 ■ 스페이스 프레임의 동적 비선형해석 및 동적안정 분석 ■ 내풍설계 지침서 ■ 내진설계 지침서
	■ 시공 및 친환경설계 기법 개발	■ 고강도 콘크리트의 대공간 구조물예의 적용 기법 ■ 시공 자동화 공법 ■ 열, 빛환경 최적설계 지침서 ■ 음환경 최적설계 지침서
	■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발	■ 설계 Code, 시방서 ■ 유지, 관리, 보수 지침서 ■ 개폐식 구조물 설계 지침서 ■ Pre/Post-process 구축

나. 사업화 · 실용화 연계 방안

- (1) 대공간 건축물 기술센터(Spatial Structure Technical Center) 설립
 - 연구진을 중심으로 개발, 축적된 기술의 보급 활용을 위한 기술센터 설립
 - 대공간 건축물 건설사업시 기술센터 보유 기술 이전
 - 각종 핵심 기술에 대한 유지관리 업무 수행
 - 대공간 건축물 건설기술에 대한 전문가 집단으로서 기술지원 수행
 - 엔지니어링 사업 수행으로 자립형 수익구조 보유
- (2) 기술 데이터베이스 구축
 - 대공간 건축물 건설 관련 기술 데이터베이스 구축
 - 자체 수익사업 재투자로 보유 기술 지속적 업그레이드
 - 기술 수요자(건설회사, 설계 및 엔지니어링)에 소요 기술 제공
- (3) 기술/소재/기준의 제정, 개정, 인증 사업 추진
 - 개발된 기술/소재/기준에 대한 지속적 개선, 개정 작업
 - 개발, 축적된 기술 이용한 소재, 신기술 평가 및 인증 사업 수행

다. 정부 정책과의 연계 방안

(1) 관련 정부 정책 및 담당기관

① 건설기술/건축문화선진화위원회

- 품격 높은 생활공간에 대한 국민기대에 부응
- 건설과 건축산업의 국제경쟁력 강화를 위한 혁신과제를 추진하기 위해 설치된 기구
- 대공간 건축물은 품격 높은 국민 생활공간의 한축으로서 본 위원회 설립 취지에 부합
- 건설과 건축산업의 국제경쟁력 강화는 하이테크로 표현되는 대공간 건축물 설계과 건설기술이 핵심요소의 하나
- 향후 대공간 건축물 건설기술이 우리나라 건축문화 선진화의 중심 역할 수행 예상

② 건설교통안전기획단

- 공청회 등에서 대공간/장스팬 건축물 등 특수구조물의 설계·시공·유지관리에 관한 각종 기준 및 시방서 등의 마련 강조
- 대공간 건축물의 건설 비용과 다중사용시설 등을 비추어 볼 때 관련 기술의 선진화는 대공간 건축물 건설 비용 절감 및 국민의 안전하고 행복한 삶 지향에 부합됨

③ 지방자치단체

- 지방자치제도 활성화와 함께 지역민들에 의해 지역을 대표할 랜드마크적 건축물 건설 욕구 증대
- 각종 프로 스포츠의 지역 연고제 등은 향후 고품질의 대규모 경기장 건설을 촉진하게 될 것으로 판단됨
- 지역 대공간 건축물 건설은 지역 경제 발전의 표상으로 인식되어가며 경제 발전과 함께 수요 급속 증가 예상

(2) 정부 정책과의 연계 방향

① 대공간 건축물 관련 제도/기준/시방서 제정

- 현재 국내 특수구조물 관련 제도/기준/시방서가 크게 미비한 상태로 이에 대한 정비가 시급한 상태로서 정부와의 지속적인 관심과 연구 필요

② 정부 정책 및 부서 업무 분장 효율화

- 행정복합도시, 기업도시, 신도시 등 새로이 개발되는 도시들에 국민의 안락한 삶을 위한 각종 대중시설을 기획 단계부터 고려하는 정책 필요
- 대공간 건축물 건설 촉진을 위한 정책 수립과 부서간 업무 분장 효율화 방안 연계

라. 최종결과의 자체평가 항목 및 방법

(1) 자체평가 기준

(가) 기술개발 (50%)

- 국내외 사례조사 및 분석 정도
- 개발기술의 중요도 및 실용성
- 개발기술의 선진국 대비 수준
- 개발기술의 완전성 및 완성도
- 국내외 논문 발표 실적
- 지적재산 등록 건수

(나) 기반구축 (10%)

- 대공간 연구단 홈페이지 자료 구축 실적
- 대공간 건설기술 관련 DB 구축 실적
- 자료공유 및 정보전달의 정도
- 기술 상담, 지도, 이전을 위한 시스템 구축 실적
- 소요기술에 대한 필요충분한 인적 전문가 네트워크 구축 실적

(다) 기업지원 (10%)

- 선진기술의 소개여부
- 도출된 기술의 보급 여부
- 요소기술 지원 실적
- 교육 및 기술상담 실적
- 공동 연구 및 자료 공유 실적

(라) 정책지원 (10%)

- 대공간 건축물 관련 정책 제안 실적
- 정부 정책 수립 협력 시스템 구축 실적

(마) 지역기여 (5%)

- 대공간 건축물 지역 확산 기여도

(바) 파급효과 (5%)

- 개발 기술 통한 건설시장 확장 기여도
- 대공간 건축물 건설 촉진 기여도
- 관련 산업에 대한 기여도

(사) 연계활동 (10%)

- 세미나 · 워크숍 · 공청회 · 포럼 · WG · 강좌 · 기술교류회 개최 및 참가 실적
- 세미나 내용의 적절성
- 국제협력, 창업지원, 과제제안 실적

(2) 자체평가 항목

표 6.7 최종결과의 자체평가 항목

구 분		중점 평가항목	
		정량적 평가항목	정성적 평가항목
추진 실적 및 사업 성과	기술개발	- 국내외 사례조사 및 분석 정도 - 국내외 논문 발표 실적 - 지적재산 등록 건수	- 개발기술의 중요도 및 실용성 - 개발기술의 선진국 대비 수준 - 개발기술의 완전성 및 완성도
	기반구축	- 연구단 홈페이지 자료 구축 실적 - 건설기술 관련 DB 구축 실적 - 기술상담/지도/이전 실적	- 자료공유 및 정보전달의 정도 - 인적 전문가 네트워크 구축 실적
	기업지원	- 도출된 기술의 보급 실적 - 현업에 대한 요소기술 지원 실적 - 교육 및 기술상담 실적	- 공동 연구 및 자료 공유 실적 - 선진기술의 소개여부
	정책지원	- 관련 정책 제안 실적 - 정부 정책 수립 협력 실적	—
	지역기여	—	대공간 건축물 지역 확산 기여도
	파급효과	—	- 개발 기술 통한 건설시장 확장 기여도 - 대공간 건축물 건설 촉진 기여도 - 관련 산업에 대한 기여도
	연계활동	- 세미나, 워크숍, 공청회 개최 및 참가 횟수 - 국제협력, 창업지원, 과제제안 횟수	세미나 내용의 적절성

(3) 자체평가 측정 방법

연구성과에 관한 자체 평가 측정 방법의 기준은 정량적인 지표와 정성적인 지표로 나눌 수 있으며, 논문 게재 실적 및 특허 등록 건수 등과 같은 정량적인 지표는 조사 결과를 관련 연구단 및 기관의 실적과 비교, 분석하여 연도별로 평가한다. 또한 지역기여, 파급효과와 같은 정성적인 지표는 전문가 그룹을 구성하여 델파이기법, 설문조사 등을 통하여 연도별로 평가한다. 최종적으로 각 평가 항목은 그룹별로 다음의 중요도를 고려하여 가중평가 하고, 하위 20%의 연구 그룹에 대해서는 연구참여 제한을 고려하며, 차기년도 연구계획 및 목표를 수정, 보완한다.

(가) 기술개발 (50%) (나) 기반구축 (10%) (다) 기업지원 (10%)(라) 정책지원 (10%)
(마) 지역기여 (5%) (바) 파급효과 (5%) (사) 연계활동 (10%)

7. 소요 연구비

가. 총 연구비

총 연구개발 소요 예산은 연구기간을 5년으로 하여 산정하였으며, 각 세부 과제별 비율에 따라 총 연구개발비를 배분하여 연차별로 작성하였다. 자세한 세부 산정 근거는 부록에 첨부하였다.

[금액단위 : 천원]

총 연구 개발비 명세						
년차		정부출연금	기업부담금			합계
			현 금	현 물	계	
1차년도 (2006~7)	금액	2,450,000				2,450,000
	비율	14%				14%
2차년도 (2007~8)	금액	4,375,000				4,375,000
	비율	25%				25%
3차년도 (2008~9)	금액	4,375,000				4,375,000
	비율	25%				25%
4차년도 (2009~10)	금액	3,500,000				3,500,000
	비율	20%				20%
5차년도 (2010~11)	금액	2,800,000				2,800,000
	비율	16%				16%
총계		17,500,000				17,500,000

① 해석 알고리즘 및 설계기법 개발 소요 연구비

[단위 : 천원]

주관연구기관 연구개발비명세						
기관명						
년차		정부출연금	기업부담금			합계
			현 금	현 물	계	
1차년도 (2006~7)	금액	735,000				735,000
	비율	14%				14%
2차년도 (2007~8)	금액	1,312,500				1,312,500
	비율	25%				25%
3차년도 (2008~9)	금액	1,312,500				1,312,500
	비율	25%				25%
4차년도 (2009~10)	금액	1,050,000				1,050,000
	비율	20%				20%
5차년도 (2010~11)	금액	840,000				840,000
	비율	16%				16%
총계		5,250,000				5,250,000

② 구조시스템 개발 및 경제성 분석 소요 연구비

[단위 : 천원]

주관연구기관 연구개발비명세						
기관명						
년차		정부출연금	기업부담금			합계
			현 금	현 물	계	
1차년도 (2006~7)	금액	735,000				735,000
	비율	14%				14%
2차년도 (2007~8)	금액	1,312,500				1,312,500
	비율	25%				25%
3차년도 (2008~9)	금액	1,312,500				1,312,500
	비율	25%				25%
4차년도 (2009~10)	금액	1,050,000				1,050,000
	비율	20%				20%
5차년도 (2010~11)	금액	840,000				840,000
	비율	16%				16%
총계		5,250,000				5,250,000

③ 시공 및 친환경 설계기법 개발 소요 연구비

[단위 : 천원]

주관연구기관 연구개발비명세						
기관명						
년차		정부출연금	기업부담금			합계
			현 금	현 물	계	
1차년도 (2006~7)	금액	612,500				612,500
	비율	14%				14%
2차년도 (2007~8)	금액	1,093,750				1,093,750
	비율	25%				25%
3차년도 (2008~9)	금액	1,093,750				1,093,750
	비율	25%				25%
4차년도 (2009~10)	금액	875,000				875,000
	비율	20%				20%
5차년도 (2010~11)	금액	700,000				700,000
	비율	16%				16%
총계		4,375,000				4,375,000

④ 실용화 및 유지, 보수기법(Code, Manual, 사업화) 개발 소요 연구비

[단위 : 천원]

주관연구기관 연구개발비명세						
기관명						
년차		정부출연금	기업부담금			합계
			현 금	현 물	계	
1차년도 (2006~7)	금액	367,500				367,500
	비율	14%				14%
2차년도 (2007~8)	금액	656,250				656,250
	비율	25%				25%
3차년도 (2008~9)	금액	656,250				656,250
	비율	25%				25%
4차년도 (2009~10)	금액	525,000				525,000
	비율	20%				20%
5차년도 (2010~11)	금액	420,000				420,000
	비율	16%				16%
총계		2,625,000				2,625,000

나. 연차별 소요 연구비 산정의 근거

(1) 1차년도

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세							
비 목			현금	현물		합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520			323,520	
		지급	380,160	기업		380,160	15.5
	외부		618,720			618,720	25.3
직접비	연구기자재 및 시설비		269,500			266,645	10.9
	재료비 및 전산 처리관리비		196,000			196,000	8
	시작품 제작비		159,250			159,250	6.5
	여 비		198,855			198,855	8.1
	수용비 및 수수료		122,500			122,500	5.5
	기술정보활동비		134,750			134,750	5
	연구활동비		88,600			88,600	3.6
	연구홍보비		12,250			12,250	0.5
위탁연구개발비							
간접비	간접경비		272,270			272,270	11.1
	연구개발준비금						
	산업재산권 출원·등록비						
총 계			2,450,000			2,450,000	100%

(2) 2차년도

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세							
비 목			현금	현물		합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520			323,520	
		지급	529,920	기업		529,920	12.1
	외부		760,800			760,800	17.4
직접비	연구기자재 및 시설비		787,500			787,500	18
	재료비 및 전산 처리·관리비		437,500			437,500	10
	시작품 제작비		293,125			293,125	6.7
	여 비		316,800			316,800	7.2
	수용비 및 수수료		393,750			393,750	9
	기술정보활동비		240,625			240,625	5.5
	연구활동비		108,154			108,154	2.5
	연구홍보비		21,875			21,875	0.5
위탁연구개발비							
간접비	간접경비		484,951			484,951	11.1
	연구개발준비금						
	산업재산권 출원·등록비						
총 계			4,375,000			4,375,000	100%

(3) 3차년도

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세							
비 목			현금	현물		합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520			323,520	
		지급	529,920	기업		529,920	12.1
	외부		760,800			760,800	17.4
직접비	연구기자재 및 시설비		787,500			787,500	18
	재료비 및 전산 처리·관리비		437,500			437,500	10
	시작품 제작비		293,125			293,125	6.7
	여 비		316,800			316,800	7.2
	수용비 및 수수료		393,750			393,750	9
	기술정보활동비		240,625			240,625	5.5
	연구활동비		108,154			108,154	2.5
	연구홍보비		21,875			21,875	0.5
위탁연구개발비							
간접비	간접경비		484,951			484,951	11.1
	연구개발준비금						
	산업재산권 출원·등록비						
총 계			4,375,000			4,375,000	100%

(4) 4차년도

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세							
비 목			현금	현물		합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520			323,520	
		지급	420,480	기업		420,480	12
	외부		710,400			710,400	20.3
직접비	연구기자재 및 시설비		385,000			385,000	11
	재료비 및 전산 처리·관리비		320,000			320,000	9.1
	시작품 제작비		315,000			315,000	9
	여 비		317,555			317,555	9.1
	수용비 및 수수료		199,500			199,500	5.7
	기술정보활동비		175,000			175,000	5
	연구활동비		97,445			97,445	2.8
	연구홍보비		18,370			18,370	0.5
위탁연구개발비							
간접비	간접경비		506,250			506,250	14.5
	연구개발준비금						
	산업재산권 출원·등록비		35,000			35,000	1
총 계			3,500,000			3,500,000	100%

(5) 5차년도

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세							
비 목			현금	현물		합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520			323,520	
		지급	380,160	기업		380,160	13.6
	외부		618,720			618,720	22.1
직접비	연구기자재 및 시설비		250,000			250,000	8.9
	재료비 및 전산 처리·관리비		240,000			240,000	8.6
	시작품 제작비		180,000			180,000	6.4
	여 비		198,855			198,855	7.1
	수용비 및 수수료		239,400			239,400	8.6
	기술정보활동비		270,500			270,500	9.6
	연구활동비		88,600			88,600	3.2
	연구홍보비		12,250			12,250	0.4
위탁연구개발비							
간접비	간접경비		265,515			265,515	9.5
	연구개발준비금						
	산업재산권 출원·등록비		56,000			56,000	2
총 계			2,800,000			2,800,000	100%

8. 기획위원회 수행업무 내역

구 분	성 명	수행업무 내역	비 고
산업계	김기동	■ 대공간 관련산업의 특성 및 기술, 경제적 위치 조사, 분석 ■ 대공간구조 관련산업의 국내 동향 파악 ■ 대공간구조 관련 산업인력 조사 ■ 연구의 기술적 효과 분석 및 사업화, 실용화 방안 모색	
	정순원	■ 대공간구조 관련산업 동향 자료 조사 ■ 대공간구조 관련 산업 인력 현황 조사 ■ 연구의 기술적 효과 분석 및 사업화, 실용화 방안 모색	
	김종호	■ 대공간 관련산업(구조분야)의 특성 및 기술, 경제적 위치 조사, 분석 ■ 대공간구조 관련 국내 특허 현황 조사 ■ 연구의 사업화, 실용화 방안 모색	
	이상림	■ 대공간구조 관련산업의 해외 동향 파악 ■ 대공간구조 관련 국외 특허 현황 조사 ■ 연구의 사업화, 실용화 방안 모색	
연구/ 학계	이승준	■ 기획의 범위 및 세부내용 작성 ■ 기술 로드맵 작성 ■ 연구의 최종 목표 설정	
	최기봉	■ 기술 개발의 기술적인 효과 분석 ■ 최종 결과의 자체평가 항목 및 방법 작성	
정책/ 경제계	이장화	■ 대공간 관련 정부지원정책 현황 파악 ■ 정부 부처간 공동연구 추진방안 모색 ■ 기술 개발의 경제적 효과 분석 ■ 기술 개발의 전략적 효과 분석	
	이영환	■ 대공간 건축물의 분야별 시공 추이 분석 및 향후 전망 ■ 국가지원 연구개발 현황 파악 ■ 정부 부처간 공동연구 추진방안 모색 ■ 기술 개발의 경제적 효과 분석	

주관 연구기관	한상을	■ 기획위원회 회의 주제 ■ 총괄 업무 조정 ■ 단계별 및 최종 목표 선정 ■ 기획의 정의, 범위 및 세부내용 작성 ■ 과제의 성과 총괄 및 정량적 제시 ■ 기획의 최종 결과물 취합 및 수정 보완 ■ 연구 추진일정 기획 및 조정	위원장
	김영석	■ 연구 추진체계 작성 ■ 연구 기획 방법론 모색 ■ 기술 로드맵 작성의 자료제시 ■ 연차별, 연도별 중점 추진과제, 일정 설정	
	최창식	■ 기획위원 및 참여연구원 간의 연락체계 구축 및 조정 ■ 연구의 정의 및 비전 제시 ■ 국가 지원(국내, 해외) 연구개발 현황 분석	간 사
전문기관 추천	김상대	■ 기술로드맵 작성 방법 및 향후 방향 제시	
	조한권	■ 대공간 관련 정부지원정책 현황 파악 ■ 정부부처간 공동연구 추진 방안 모색 ■ 정부 정책과의 연계방안 모색	
	임청권	■ 해외의 국가지원 연구개발 현황 파악 ■ 정부 정책과의 연계방안 모색 ■ 중복 및 유사 과제 현황 파악	전문기관 담당자

9. RFP

과제명
대공간 건축물 건설기술 개발 (스팬 300 m 대공간 건축물의 건설 및 실용화 방안에 관한 연구)
과제의 필요성
대공간 구조시스템을 위한 설계 및 시공 기술은 우수한 국제 설계 및 시공사의 독자개발에 의해 비교 우위의 경쟁력이 확보되고 있어 타 구조물에 비해 관련 기술의 폐쇄성이 매우 높으며, 장기적이고, 집중적인 투자 및 연구를 통해서만이 외국기술 의존도를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 국가경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 연구 및 인적자원 양성을 위한 기반을 구축하고, 고부가가치 기술의 지속적인 개발을 통하여 향후 국내시장뿐만 아니라 대공간 건축물의 잠재적 수요가 예상되는 중국과 동남아시아 및 외국 여러 국가들에 대한 기술 수출을 이룰 수 있을 것으로 판단되며, 현재 침체된 건설산업 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 이에 따라 국민경제의 발전과 생활의 질적 향상으로 최근 수요의 급증이 예상되는 스패 300 m 이상의 다목적 가변형(Soft 지향형) 초대공간을 실현시키기 위하여 합리적인 대공간 구조 시스템의 설계 및 시공기법 개발, 그리고 이를 실현하기 위한 요소기술 연구, 특수 구조물 설계를 위해 고도로 훈련된 인재의 배출을 통한 개발기술의 실용화 도모 및 대공간 구조 시스템의 국·내외 보급, 국내 건설사의 국제 경쟁력 확보 등을 목표로 한 역전전략 구축의 필요성이 제기되고 있다.
과제수행의 목표
본 CTRM 연구기획과제의 최종 목표는 우리나라의 대공간 건축물 관련 기술현황, 정책지원 내용, 산업인프라, 적정연구비, 기술로드맵, 특허로드맵 등을 분석, 작성하여 선진 해외 기술 격차를 해소, 또는 역전시키기 위한 전략을 제안하는데 있다. 구체적으로는 스패 300m이상 대공간 건축물을 설계, 시공할 수 있는 핵심 요소기술을 자체 개발하고, 이를 통합 적용할 수 있는 실용화 방안을 제시하는데 있다. ■ 1단계 목표(1~2차년도) 스팬 300m 대공간 건축물의 설계와 시공에 소요되는 핵심 요소기술을 도출, 분석하여 국내외 기술의 격차를 파악하고 이와 관련된 이론 및 기반기술을 개발, 보유한다. ■ 2단계 목표(3~4차년도) 1단계에서 개발된 기반기술을 스패 300m 대공간 건축물의 설계와 시공 실무에 적용할 수 있는 응용 수준의 기술로 개발한다. 응용기술은 요소기술에 따라 구조시스템 개발, 내진·내풍 설계기법, 경제성 분석, 복합 신재료 및 시공기법을 개발하고 Code 및 시방서 작성에 필요한 정보를 수집한다. ■ 3단계 목표(5차년도) 2단계에서 개발된 응용기술들을 통합하여 스패 300m 대공간 건축물의 설계와 시공 전 과정에 걸쳐 유기적으로 적용될 수 있도록 현장 활용 수준의 통합기술로 개발하고, Code 및 시방서를 작성한다.

전체 연구내용 및 연도별 연구내용

■ 해석 알고리즘 및 설계기법 개발

■ 비선형 해석

- 대공간 구조의 비선형해석 기법 개발 - 1차년도
- 강성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구 - 2차년도
- 강성 구조물의 재료적 비선형거동 특성 연구 - 3차년도
- 연성 구조물의 형상해석 기법 개발 - 4차년도
- 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구 - 5차년도

■ 구조안정

- 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 조사 연구 - 1차년도
- 쉘형 구조의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구 - 2차년도
- 쉘형 구조의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구 - 3차년도
- 스페이스 프레임의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구 - 4차년도
- 스페이스 프레임의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구 - 5차년도

■ 내풍 설계

- 대공간 구조의 형태별 바람거동 특성 조사 및 분석 연구 - 1차년도
- 대공간 구조물의 풍동 모형제작 및 실험 기법 개발 - 2차년도
- 풍동 실험의 상사 특성 분석 연구: 재료적, 기하학적 - 3차년도
- 형상에 따른 풍하중 산정기술 개발 - 4차년도
- 내풍설계 지침서 작성 - 5차년도

■ 내진 설계

- 대공간 구조의 형태별 지진거동 특성 조사 및 분석 연구 - 1차년도
- 대공간 구조물의 지진해석용 모델링 기법 개발 - 2차년도
- 하부구조의 동에의 영향 분석 연구 - 3차년도
- 지진에너지 흡수용 구조모델 개발 - 4차년도
- 내진설계 지침서 작성 - 5차년도

■ 구조시스템 개발 및 경제성 분석

■ 구조시스템

- 구조시스템별 특성 분석 연구; 개폐식구조 포함 - 1차년도
- 대공간 구조시스템 모델링 기법 개발; 개폐식구조 포함 - 2차년도
- 대공간 구조시스템 축소모델 실험 - 3차년도
- 대공간 구조시스템의 Size/Shape/Topology Optimization 연구 - 4차년도
- 최적형태 및 Morphogenesis 기법 연구 - 5차년도

■ 접합부

- 볼 조인트의 접합부 거동 특성 연구 - 1차년도
- 용접접합부의 구조거동 특성 및 강성 평가 연구 - 2차년도
- 볼트접합부의 형태별 구조거동 특성 및 강성 평가 연구 - 3차년도
- 막구조의 접합 형태별 특성 연구 - 4차년도
- 케이블구조의 접합 형태별 특성 연구 - 5차년도

■ 경제성

- 구조시스템별 경제성 분석 연구 - 4차년도
- 스펠, 용도별 표준모델 분석 연구 - 5차년도

■ 시공 및 친환경설계 기법 개발

■ 재료

- 막/케이블 재료의 물리적 성질 측정 기법 개발 - 1차년도
- 최신 막재 및 케이블재의 특성 조사 및 전망 연구 - 2차년도
- 합성 신소재의 대공간 구조물への 적용 기법 개발 - 3차년도
- 초강도 강재의 대공간 구조물への 적용 기법 개발 - 4차년도
- 고강도 콘크리트의 대공간 구조물への 적용 기법 개발 - 5차년도

■ 시공

- 막 구조의 재단도 작성 기법 개발 - 1차년도
- 연성 구조물의 장력 측정 기법 개발 - 2차년도
- 연성 구조물의 시공 Scenario 작성 기법 개발 - 3차년도
- 대공간 구조의 Erection 공법 개발 - 4차년도
- 시공 자동화 공법 개발 - 5차년도

■ 열, 빛 환경

- 대공간의 냉난방 설계기술 개발 - 1차년도
- 대공간의 친환경 설계기술 개발 - 2차년도
- 대공간의 실내환경 시뮬레이션 기술 개발 - 3차년도
- 대공간의 방재 설계기술 개발 - 4차년도
- 열환경 최적설계 지침서 작성 - 5차년도

■ 음환경

- 대공간의 실내음향 성능측정기술 개발 - 1차년도
- 대공간의 실내음향 시뮬레이션 기술 개발 - 2차년도
- 대공간의 음향설비 제어기술 개발 - 3차년도
- 대공간의 실내음향 설계기술 개발 - 4차년도
- 음환경 최적설계 지침서 작성 - 5차년도

■ 실용화 및 유지·보수 기법 개발

■ Code

- 대공간 구조물 Code에 관한 국외자료 수집 및 분석 연구 - 1차년도
- 케이블 구조물의 설계 지침 기반 기술 구축 - 2차년도
- 막 구조물의 설계 지침 기반 기술 구축 - 3차년도
- 스페이스 프레임 및 개폐식 구조물 설계 지침 기반 기술 구축 - 4차년도
- 각 시스템별 Code 작성 - 5차년도

■ 유지관리

- 계측 제어 시스템 개발 - 1차년도
- 유지관리 지침 기반 자료 구축 - 2차년도
- 보수기술 지침 기반 자료 구축 - 3차년도
- 구조시스템별 표준시방서 기반 기술 구축 - 4차년도
- 각 시스템별 유지관리, 보수 지침서 작성, Pre/Post-process 구축 - 5차년도

■ Pilot Project -1~5차년도

연구추진전략, 주요방법 및 참여연구원 구성

■ 연구추진전략

■ 1단계(1~2차년도) : 기반연구 단계

1. 각 단위작업에 소요되는 핵심 요소기술을 도출, 분석
2. 국내외 기술의 격차를 파악
3. 핵심 요소기술 이론 및 기반기술 개발, 보유

■ 2단계(3~4차년도) : 응용연구 단계

1. 단위작업 실무에 적용할 수 있는 응용 수준의 단위기술 개발
2. 단위기술 완성을 위한 S/W 개발, 실험, 장비 개발, 각종 지침 작성 및 표준화 작업 정보 수집
3. 파일럿 프로젝트와의 상호 피드백에 의한 기술 실용성 검토 및 개선

■ 3단계(5차년도) : 활용연구 단계

1. 단위작업에 대한 응용기술들 통합
2. 설계와 시공 전 과정에 걸쳐 유기적으로 적용될 수 있는 현장 활용 수준의 통합기술 개발
3. 스펜 300m 수준의 파일럿 프로젝트 수행을 통한 개발 기술 검증
4. 개발 기술 및 정보 DB화와 기술센터 수립
5. 설계 Code 및 시방서 작성

■ 주요방법

1. 관련 기술에 대한 국내외 정보 수집/분석
2. 핵심기술에 대한 이론적 연구, 기법 및 알고리즘 개발
3. S/W 개발을 통한 각종 기법 실용화
4. 각종 재료 특성 파악과 구조물 거동 규명을 위한 실험 연구
5. 개발 기술 및 재료의 합리적 활용을 위한 지침 마련과 표준화 연구
6. 파일럿 프로젝트 수행에 의한 개발 기술 통합 및 실용화 연구

■ 참여 연구원 구성

- 책임 연구원급 : 15~18인
- 선임 연구원급 : 20~30인
- 박사급 연구원 : 20~30인
- 석사급 연구원 : 40~50인

구체적 성과 및 활용방안

■ 소프트웨어

1. 각종 특수구조물 재료 및 기하학적 비선형 해석프로그램 개발
2. 각종 특수구조물 내진 및 내풍 설계를 위한 프로그램 개발
3. 강성구조 시스템의 극한 및 분기좌굴 특성 규명을 위한 프로그램 개발
4. 대공간 구조 시스템과 관련된 열, 빛, 음향 해석 프로그램 개발

■ 공법

1. 각종 특수구조물 Erection 공법
2. 대공간구조 시스템의 morphogenesis 기법 개발
3. 연성구조물 시공시나리오 기법 개발

■ 제도/지침

1. 케이블 구조, 막구조, 스페이스 프레임, 개폐식 구조물의 설계지침
2. 각종 소재 및 재료 표준화(KS 등) 및 시험 방법 제정
3. 각종 유형의 접합부 개발 및 표준화
4. 유지관리, 보수 지침

■ 신소재/재료

1. 합성 신소재 적용기법 개발
2. 초강도 강재의 적용기법 개발
3. 고강도 콘크리트의 적용기법 개발
4. 막/케이블 재료의 물리적 특성 측정 기법 개발

■ 활용 방안

본 과제를 통하여 설계 및 시공 전 과정에 걸쳐 유기적으로 적용될 수 있는 현장 활용 수준의 통합 기술을 개발하고, 이를 체계적으로 관리하고 보급하는 기술센터를 설립하여, 국내외 대공간 건축물 건설 프로젝트 수행 주체가 필요로 하는 소요기술을 제공하여 활용토록 한다.

기대효과

■ 기술적 효과

1. 대공간 건축물 해석, 설계, 시공기술 자립
2. 복합 및 신재료 활용 기술 개발
3. 관련 재료와 설계 기술 표준화 및 실무 능력 축적
4. 국내 건설산업의 기술집약도 향상 및 국제경쟁력 제고

■ 경제적 효과

1. 국민 경제/문화적 수요에 대응
2. 기술 수입 대체 및 국제건설시장 진출
3. 건설 사업비 최적화 및 절감
4. 건설경기 회복 및 고용 창출 효과

■ 전략적 효과

1. 전문인력 양성
2. 기술센터(Technical Center) 설립으로 기술 축적 및 보급
3. 노동집약적 저부가가치 산업에서 기술집약적 고부가가치 산업으로 패러다임 전환
4. 건설기술 선진국 진입으로 국가 이미지 제고

유사과제 현황

세부과제별로 기입하였음.

□ 소요예산 내역

총 소요예산(안)						(단위 : 백만원)
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총 예 산
정부출연						
민간부담						
합 계	2,450	4,375	4,375	3,500	2,800	17,500

1세부 과제명

해석 알고리즘 및 설계기법 개발

과제수행의 목표

- 대공간 건축물의 구조적 거동 특성을 반영한 구조해석 및 설계기법을 개발한다.
 - 비선형해석 알고리즘 개발 및 구조거동 해석기법 및 S/W 개발
 - 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 해석 및 S/W 개발
 - 대공간 구조물의 내풍설계 기법 개발 및 설계지침서 작성
 - 대공간 구조물의 내진설계 기법 개발 및 설계지침서 작성
- 1단계 목표
 - 대공간 건축물의 구조 거동 특성을 분석하고, 이를 합리적으로 해석하기 위한 이론 및 알고리즘을 구조시스템 유형별로 개발한다.
- 2단계 목표
 - 구조 거동을 해석할 수 있는 각종 기법을 개발하고, 구조시스템 유형별 거동 특성을 반영한 동적 비선형 해석 및 동적 안정 해석 프로그램을 개발한다.
- 3단계 목표
 - 각종 설계지침서를 작성하고, 파일럿 프로젝트 수행 등을 통하여 개발된 해석 및 설계기법을 검증한다.

구체적 성과 및 활용방안

- 구체적 성과
 - 대공간 건축물 유형별 동적 비선형 해석 기법 및 S/W
 - 대공간 건축물 유형별 정적, 동적 안정 해석 기법 및 S/W
 - 대공간 건축물 유형별 내풍, 내진 설계 지침서
- 활용방안
 - 개발된 S/W를 이용하여 대공간 건축물 구조 거동을 해석하고, 내풍/내진 설계 지침서가 제시하는 절차와 지침에 의거 대공간 건축물을 설계한다.

전체 연구내용 및 연도별 연구내용

■ 1차년도

- 대공간 구조의 비선형해석 기법 개발
- 대공간 구조시스템의 구조안정 특성 조사 연구
- 대공간 구조의 형태별 바람거동 특성 조사 및 분석 연구
- 대공간 구조의 형태별 지진거동 특성 조사 및 분석 연구

■ 2차년도

- 강성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구
- 쉘형 구조의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구
- 대공간 구조물의 풍동 모형제작 및 실험 기법 개발
- 대공간 구조물의 지진해석용 모델링 기법 개발

■ 3차년도

- 강성 구조물의 재료적 비선형거동 특성 연구
- 쉘형 구조의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구
- 풍동 실험의 상사 특성 분석 연구: 재료적, 기하학적
- 하부구조의 뒹에의 영향 분석 연구

■ 4차년도

- 연성 구조물의 형상해석 기법 개발
- 스페이스 프레임의 정적 비선형해석 및 정적안정 특성 연구
- 형상에 따른 풍하중 산정기술 개발
- 지진에너지 흡수용 구조모델 개발

■ 5차년도

- 연성 구조물의 기하학적 비선형거동 특성 연구
- 스페이스 프레임의 동적 비선형해석 및 동적안정 특성 연구
- 내풍설계 지침서 작성
- 내진설계 지침서 작성

유사과제 현황

- 차세대 대공간 구조 시스템의 설계 및 시공기법 개발
(건설교통부 한국건설교통기술평가원, 인하대학교, 2005. 7.-2008. 7)
- 대공간 구조물의 설계 및 시공기술 개발
(건설교통부 한국건설교통기술평가원, 세명대학교, 2003. 12 - 2006. 12)

□ 소요예산 내역

1세부 과제 소요예산(안)						(단위 : 백만원)
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총 예 산
정부출연						
민간부담						
합 계	735	1,312.5	1,312.5	1,050	840	5,250

2세부 과제명

구조시스템 개발 및 경제성 분석

과제수행의 목표

- 대공간 구조시스템 별로 각종 특성과 경제성을 분석하여 최적 형태와 표준모델을 개발한다.
 - 대공간 구조시스템의 분석 및 최적 형태 개발
 - 접합부 거동 특성 및 강성 평가
 - 구조시스템별 경제성 및 표준모델 분석
- 1단계 목표
 - 대공간 구조시스템 별로 국내외 정보를 수집하고, 경제성을 포함하여 여러 관점에서의 특성을 분석한다.
- 2단계 목표
 - 다양한 구조시스템을 모델링하고 분석하여 최적의 형상을 생성할 수 있는 기법을 개발하고, 이를 활용할 수 있는 S/W를 개발한다.
- 3단계 목표
 - 파일럿 프로젝트 수행 등을 통하여 개발된 기법 및 S/W를 검증, 개선한다.

구체적 성과 및 활용방안

- 구체적 성과
 - 스펜별 표준 구조시스템 개발
 - 대공간 건축물 최적 형태 생성 기법 및 S/W
 - 대공간 건축물 모델링 및 경제성 분석 S/W
 - 대공간 건축물 유형별 접합부 설계기법
- 활용방안
 - 대공간 건축물의 형상과 접합부를 설계하고 다양한 구조시스템을 제안하기 위하여 본 과제에서 개발된 기법과 S/W를 활용한다.

전체 연구내용 및 연도별 연구내용

- 1차년도
 - 구조시스템별 특성 분석 연구; 개폐식구조 포함
 - 볼 조인트의 접합부 거동 특성 연구
- 2차년도
 - 대공간 구조시스템 모델링 기법 개발 ; 개폐식구조 포함
 - 용접접합부의 구조거동 특성 및 강성 평가 연구
- 3차년도
 - 대공간 구조시스템 축소모델 실험
 - 볼트접합부의 형태별 구조거동 특성 및 강성 평가 연구
 - 구조시스템별 경제성 분석 연구
- 4차년도
 - 대공간 구조시스템의 Size/Shape/Topology Optimization 연구
 - 막구조의 접합 형태별 특성 연구
 - 스펀, 용도별 표준모델 분석 연구
- 5차년도
 - 최적형태 및 Morphogenesis 기법 연구
 - 케이블구조의 접합 형태별 특성 연구

유사과제 현황

- 차세대 대공간 구조 시스템의 설계 및 시공기법 개발
(건설교통부 한국건설교통기술평가원, 인하대학교, 2005. 7.-2008. 7)
- 대공간 구조물의 설계 및 시공기술 개발
(건설교통부 한국건설교통기술평가원, 세명대학교, 2003. 12 - 2006. 12)

□ 소요예산 내역

2세부 과제 소요예산(안)						(단위 : 백만원)
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총 예 산
정부출연						
민간부담						
합 계	735	1,312.5	1,312.5	1,050	840	5,250

3세부 과제명

시공 및 친환경 설계 기법 개발

과제수행의 목표

- 대공간 건축물 시공의 효율화를 위한 각종 공법을 개발하고, 신재료 적용을 통한 대공간 건축물 성능 향상 방안을 연구하며, 열/빛/음환경을 포함한 친환경설계 기법을 개발한다.
 - 경량 신재료의 물리적 특성 및 기존 재료의 적용 기법
 - 시공 기법 및 자동화 공법 개발
 - 대공간 구조물의 열, 빛환경 최적설계 기법 개발
 - 대공간 구조물의 음환경 최적설계 기법 개발
- 1단계 목표
 - 대공간 구조시스템 별로 국내외 정보를 수집하고, 각종 공법, 신재료의 특성을 분석한다. 또한 대공간 건축물의 열/빛/음환경을 포함한 친환경설계 기법 관련 국내외 정보를 수집하고 분석한다.
- 2단계 목표
 - 대공간 구조시스템별로 적용 가능한 효율적 공법들을 개발한다, 또한 대공간 건축물의 열/빛/음환경 최적설계 기법을 개발하며, 신재료 적용을 통한 대공간 건축물 성능 향상 방안을 연구한다.
- 3단계 목표
 - 파일럿 프로젝트 수행 등을 통하여 개발된 기법 및 S/W를 검증, 개선한다.

구체적 성과 및 활용방안

- 구체적 성과
 - 대공간 건축물 유형별 공법
 - 대공간 건축물 유형별 Erection 기법 및 시뮬레이션 S/W
 - 대공간 건축물 열/빛/음환경 설계기법 및 시뮬레이션 S/W
 - 신재료 응용 기술
- 활용방안
 - 대공간 건축물 시공 계획 및 수행과정에서 적절한 공법과 재료를 선택, 적용하고 이 과정에서 시뮬레이션 S/W를 활용한다. 또한 열/빛/음환경 설계기법과 시뮬레이션 S/W를 설계 과정에서 활용한다.

전체 연구내용 및 연도별 연구내용

■ 1차년도

- 막/케이블 재료의 물리적 성질 측정 기법 개발
- 대공간 구조의 Erection 공법 개발
- 대공간의 냉난방 설계기술 개발
- 대공간의 실내음향 성능측정기술 개발

■ 2차년도

- 최신 막재 및 케이블재의 특성 조사 및 전망 연구
- 연성 구조물의 장력 측정 기법 개발
- 대공간의 친환경 설계기술 개발
- 대공간의 실내음향 시뮬레이션 기술 개발

■ 3차년도

- 합성 신소재의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
- 연성 구조물의 시공 Scenario 작성 기법 개발
- 대공간의 실내환경 시뮬레이션 기술 개발
- 대공간의 음향설비 제어기술 개발

■ 4차년도

- 초강도 강재의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
- 막 구조의 재단도 작성 기법 개발
- 대공간의 방재 설계기술 개발
- 대공간의 실내음향 설계기술 개발

■ 5차년도

- 고강도 콘크리트의 대공간 구조물에의 적용 기법 개발
- 시공 자동화 공법 개발
- 열, 빛환경 최적설계 지침서 작성
- 음환경 최적설계 지침서 작성

유사과제 현황

해당사항 없음

□ 소요예산 내역

3세부 과제 소요예산(안)						(단위 : 백만원)
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총 예 산
정부출연						
민간부담						
합 계	612.5	1,093.75	1,093.75	875	700	4,375

4세부 과제명

실용화 및 유지, 보수 기법 개발 (Code, Manual, 사업화 등)

과제수행의 목표

- 단계별 파일럿 프로젝트 수행을 통하여 개발된 기술들을 통합 적용하고 피드백함으로써 개발된 기술의 효용성을 검증, 개선한다. 또한 사용단계에서의 유지관리 기법을 유형 별로 개발하여 지침 및 시방서로 작성한다.
 - 대공간 구조물의 설계 지침 작성
 - 유지, 보수 지침 및 표준 시방서 작성
 - Pilot Project에 의한 국내 요소기술 수준 검증
- 1단계 목표
 - 기존 대공간 건축물 프로젝트를 분석, 재현하는 파일럿 프로젝트를 통하여 국내 설계 및 시공 현장에서의 소요기술을 분석한다. 또한 대공간 건축물 유지관리와 관련한 국내외 정보를 수집, 분석한다.
- 2단계 목표
 - 대공간 건축물 유형별로 신규 또는 기존 대공간 건축물을 대상으로 한 파일럿 프로젝트를 통하여 각 세부과제에서 개발한 요소기술들을 적용, 검증하여 개선 방향을 제시한다. 또한 유형별 유지관리 기법을 개발하고, 이를 바탕으로 지침 및 시방서를 작성한다.
- 3단계 목표
 - 각 세부과제에서 개발된 요소기술들을 통합, 적용한 파일럿 프로젝트를 수행하여 각 기술의 효용성과 함께 이들간의 유기성을 검증한다.

구체적 성과 및 활용방안

- 구체적 성과
 - 파일럿 프로젝트 수행 결과 보고서 및 유형별 프로젝트 수행 가이드
 - 유지관리 지침서 및 시방서
- 활용방안
 - 파일럿 프로젝트를 통한 개발 기술 적용 결과를 각 세부과제 내용과 연구 방향 설정에 활용하고, 파일럿 수행결과 보고서 및 이를 이용하여 작성된 유형 별 프로젝트 수행 가이드를 실제 대공간 건축물 프로젝트 수행 시 참조한다. 또한 유지관리 지침서 및 시방서는 준공 후 사용단계에서 대상 건축물의 유지관리 업무 수행에 참조, 활용한다.

전체 연구내용 및 연도별 연구내용

■ 1차년도

- 대공간 구조물 Code에 관한 국외자료 수집 및 분석 연구
- 계측 제어 시스템 개발 기반 기술 구축
- Pilot Project

■ 2차년도

- 케이블 구조물의 설계 지침 작성
- 유지관리 지침 기반기술 구축
- Pilot Project

■ 3차년도

- 막 구조물의 설계 지침 작성
- 보수기술 지침 기반기술 구축
- Pilot Project

■ 4차년도

- 스페이스 프레임의 설계 지침 작성
- 구조시스템별 표준시방서 기반기술 구축
- Pilot Project

■ 5차년도

- 케이블 구조물, 막구조물, 스페이스프레임 설계 지침서 작성
- 개폐식 구조물 설계 지침서 작성
- 구조시스템별 표준시방서 작성
- 유지, 관리 및 보수 지침서 작성
- Pre/Post-process 구축
- Pilot Project

유사과제 현황

해당사항 없음

□ 소요예산 내역

4세부 과제 소요예산(안)						(단위 : 백만원)
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총 예 산
정부출연						
민간부담						
합 계	367.5	656.25	656.25	525	420	2,625

10. 참고문헌

1. Kazuo Ishii, "Membrane Designs and Structures in the world", shinken-chiku-sha, 1999
2. Taiyo Kogyo Co. "Membrane Structures", Taiyo Kogyo Co., Vol. 1st, 1991
3. Rowland J. Mainstone, "Developments in Structure Form", Architectural Press, 2nd Ed., 1998
4. IASS-MSU Symposium, "Domes from antiquity to the present", MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ-İSTANBUL, 1988
5. Heino Engel, "Tragsysteme Structure Systems", Verlag Gerd Hatje, 1997
6. Taek-jin Kwun & Dong-Guen Lee, "APCS 2000 Shell and Spatial Structures", Hakmun Publishing, INC., Vol. 1st, 2000
7. Richard Hough Robert Melchers, "Lightweight Structures in Architecture Engineering and Construction : Olympics 2000 Shells and Frames Retractable Roofs", I E Aust, Vol. 1st, 1998
8. John F. Abel, John W. Leonard, and Celina U. Penalba, "Spatial, Lattice and Tension Structures", ASCE, IASS'94, Vol. 1st, 1994
9. International Symposium University of STUTTGART, "Conceptual Design of Structures", IASS, Vol. 1st, 1996
10. R.Astudillo and A.J.Madrid, "Shells and spatial structures: from recent past to the next millennium", IASS. CEDEX, Vol. 1st, 1999
11. Winfried Nerdinger, "FREI OTTO Complete Works Lightweight Construction Natural Design", BIRKHÄUSER ARCHITEKTURMUSEUM TU MÜNCHEN, 2005
12. Klaus-Michael Koch, "Membrane Structures" Prestel, 2004
13. 日本建築學會, "Dome Structures in Japan : Recent Advances in Structural Engineering", 日本建築學會, 2004
14. Masao SAITOH, "Story of Space and Structure-Structural Design's Future", Shokokusha Publishing Co., 2003
15. 株式會社建築技術, "建築技術", 2002.4, No.627,
16. 南宏和, "膜利用構造物の未來", 日刊工業新聞社, 2003
17. 日本膜構造協會 "膜構造研究レビュー", 2000
18. 坪井善勝記念講演會, "空間構造(資料編)", 第 10 卷, 2002
19. 日本建築學會, "二層立体ラチス構造の解析・設計・施工 -その現状と問題点-", 日本建築學會, 1992.11
20. 加藤, "ラチス柱の高層建築への応用可能性に関する研究", 豊橋技術科學大學・建設工學系 加藤 史郎, 平成9年3月
21. 加藤, "空間構造の地震応答分析と設計法に関する研究", 豊橋技術科學大學構造工學講座 構造力學研究室 加藤 史郎編, 2003.3

22. 加藤, “免震ドームの動的舉動と設計法に關する基礎的研究”, 豊橋技術科學大學構造工學 講座 構造力學研究室 加藤 史郎編, 2002.10
23. Columbia University
(<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/domes.html>)
24. Fukui University. Prof. Ishikawa Homepage
(<http://www.anc-d.fukui-u.ac.jp/~ishikawa/IshikawaLab.htm>)
25. Takenaka Co. Hompage Sports Facility
(http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/engi_e/c01/c01.html)
26. University of Surrey Guildford
(<http://www.surrey.ac.uk/eng/research/masss/index.htm>)
27. 대한건축학회 (<http://www.aik.or.kr>)
28. 한국전산구조공학회 (<http://www.coseik.or.kr>)
29. 한국쉘·공간구조학회 (<http://kasss.or.kr/bbs/main.php>)
30. 한국특허정보원 (<http://www.kipi.or.kr>)
31. 일본건축학회 (<http://www.aij.or.jp>)

10. 참고문헌

1. Kazuo Ishii, "Membrane Designs and Structures in the world", shinkenchiku-sha, 1999
2. Taiyo Kogyo Co. "Membrane Structures", Taiyo Kogyo Co., Vol. 1st, 1991
3. Rowland J. Mainstone, "Developments in Structure Form", Architectural Press, 2nd Ed., 1998
4. IASS-MSU Symposium, "Domes from antiquity to the present", MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ-İSTANBUL, 1988
5. Heino Engel, "Tragsysteme Structure Systems", Verlag Gerd Hatje, 1997
6. Taek-jin Kwun & Dong-Guen Lee, "APCS 2000 Shell and Spatial Structures", Hakmun Publishing, INC., Vol. 1st, 2000
7. Richard Hough Robert Melchers, "Lightweight Structures in Architecture Engineering and Construction : Olympics 2000 Shells and Frames Retractable Roofs", I E Aust, Vol. 1st, 1998
8. John F. Abel, John W. Leonard, and Celina U. Penalba, "Spatial, Lattice and Tension Structures", ASCE, IASS'94, Vol. 1st, 1994
9. International Symposium University of STUTTGART, "Conceptual Design of Structures", IASS, Vol. 1st, 1996
10. R.Astudillo and A.J.Madrid, "Shells and spatial structures: from recent past to the next millennium", IASS. CEDEX, Vol. 1st, 1999
11. Winfried Nerdinger, "FREI OTTO Complete Works Lightweight Construction Natural Design", BIRKHÄUSER ARCHITEKTURMUSEUM TU MÜNCHEN, 2005
12. Klaus-Michael Koch, "Membrane Structures" Prestel, 2004
13. 日本建築學會, "Dome Structures in Japan : Recent Advances in Structural Engineering", 日本建築學會, 2004
14. Masao SAITOH, "Story of Space and Structure-Strutural Design's Future", Shokokusha Publishing Co., 2003
15. 株式會社建築技術, "建築技術", 2002.4, No.627,
16. 南宏和, "膜利用構造物の未來", 日刊工業新聞社, 2003
17. 日本膜構造協會 "膜構造研究レビュー", 2000
18. 坪井善勝記念講演會, "空間構造(資料編)", 第 10 卷, 2002
19. 日本建築學會, "二層立体ラチス構造の解析・設計・施工 -その現状と問題点-", 日本建築學會, 1992.11
20. 加藤, "ラチス柱の高層建築への応用可能性に関する研究", 豊橋技術科學大學・建設工學系 加藤 史郎, 平成9年3月
21. 加藤, "空間構造の地震応答分析と設計法に関する研究", 豊橋技術科學大學構造工學講座 構造力學研究室 加藤 史郎編, 2003.3

22. 加藤, “免震ドームの動的舉動と設計法に關する基礎的研究”, 豊橋技術科學大學構造工學 講座 構造力學研究室 加藤 史郎編, 2002.10
23. Columbia University
(<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/domes.html>)
24. Fukui University. Prof. Ishikawa Homepage
(<http://www.anc-d.fukui-u.ac.jp/~ishikawa/IshikawaLab.htm>)
25. Takenaka Co. Hompage Sports Facility
(http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/engi_e/c01/c01.html)
26. University of Surrey Guildford
(<http://www.surrey.ac.uk/eng/research/masss/index.htm>)
27. 대한건축학회 (<http://www.aik.or.kr>)
28. 한국전산구조공학회 (<http://www.coseik.or.kr>)
29. 한국쉘·공간구조학회 (<http://kasss.or.kr/bbs/main.php>)
30. 한국특허정보원 (<http://www.kipi.or.kr>)
31. 일본건축학회 (<http://www.aij.or.jp>)

부록

1. 특허 상세현황
2. 논문 상세현황
3. 관련 주요 업체 현황 및 실적
4. 연구비 산출근거 상세현황
5. 설문조사지

1. 특허 상세 현황

구분	발명의 명칭	출원인	공보일자
C	평면 격자형 케이블구조를 이용한 구조물 건설공법	이종호	2001.04.18
M	자립성천막건축구조물	벨크로유에스에이인코포레이티드	1970.02.11
F	지붕구조물(케이블 트러 스 돔)	데이빗에이취가이거	1985.05.03
F	개폐식돔형지붕구조물및그건축방법	가부시키가이샤 오바야시구미	1986.06.25
F	모듈라 공간프레임의 내진 구조물	후앙,엔,티	1989.07.24
F	개폐가능한돔형지붕구조	가부시키가이샤 오바야시구미	1990.04.10
F	돔형구조물및그건축방법	이 필 웅	1990.09.18
E	아아치형건축구조체	도교팩교가부시키가이샤	1991.02.27
E	다면체빌딩시스템	월드웰터즈,인코포레이티드	1993.03.05
M	막구조물용직물의제조방법	주식회사 코오롱	1993.05.19
E	장스판건축물의시공방법	삼성중합건설주식회사	1993.06.07
E	건축구조물의천정용에어튜브	주식회사 타이가상사	1994.07.27
E	천정용에어튜브설치구조	주식회사 타이가상사	1994.07.27
E	아치형지붕수직벽의자가지지형금속건물및건물구조체제조장치및방법	엠.아이.씨.인더스트리즈,인코포레이티드	1994.10.21
E	아치형프레임구조물과그조립방법	리우 초허웨이	1996.06.24
F	에어돔 설치구조	주식회사 타이가상사	1996.07.05
M	공기막구조체	데이진 가부시키가이샤	1998.12.03
F	돔 구조물과 그 시공방법	양효식	1999.06.07
E	조립식 아치형 구조물	(주)평화엔지니어링	1999.07.22
E	단열 및 방음 등의 기능성을 갖는 에이아이씨판넬이일체로 구비된 아치지붕 및 그 시공방법	한국에이.비.이.엠.건설 주식회사	1999.11.12
F	돔 커버의 조립구조	월드브리지산업 주식회사	2000.01.21
F	건축물의 조립식 돔형 지붕구조	배순직	2000.04.03
F	스페이스 프레임 연결부의 방수구조	주식회사 소원기건	2000.10.07
F	돔 구조물 조립장치	주식회사 프리지아	2000.11.27
C	케이블 고정용 조를 제작하기 위한 단품 구성품 및 그 조의 제작 방법	프레이씨네	2000.12.06
F	축구공 모형 돔 및 그의 제작방법	주식회사 배타건축사사무소	2000.12.29
C	구조용 케이블을 건설 요소에 고정시키는 고정 장치	프레이씨네	2001.05.15
E	지붕막 인장장치 및 이를 이용한 돔형 지붕막의 설치방법	(주)케이동엔지니어링	2001.05.25
F	조립식 돔 하우스	김지동	2001.05.25
M	막구조물을 이용한 불량매립지 복원공사방법	현대건설주식회사	2001.06.14
C	구조 부재와 현수 케이블 사이의 고정 장치 및 고정 방법	프레이씨네	2001.06.25
M	지붕막의 인장 설치구조 및 그 시공방법	(주)케이동엔지니어링	2001.10.13
C	인장케이블의 보수 및 교체를 위한 인장력 제거 장치	(주)케이동엔지니어링	2001.11.19
F	케이블 돔형 구조물의 점검통로 구조물 유동 지지구조	(주)케이동엔지니어링	2001.11.19
C	구조용 케이블의 인장력 측정장치	최승열	2001.12.14
M	인장조절이 가능한 막 설치 구조	(주)케이동엔지니어링	2002.01.24
E	철골 트러스용 프레임의 결합구조	인우엔지니어링(주)	2002.03.12
E	장스판 프리캐스트 시스템의 기동·보 접합구조	(주)씨.에스 구조 엔지니어링	2002.03.16
F	돔형 구조물 연결장치 및 그 제조방법	유재홍	2002.05.13
C	공기 부양식 구조물용 케이블 시스템	(주)에어돔	2002.10.22
F	에어돔의 케이블시스템	(주)에어돔	2002.11.01
F	투광원도우를 갖는 에어돔	(주)에어돔	2002.11.01
M	공기압 배출수단을 구비한 막지붕구조	주식회사 경호엔지니어링 종합건축사사무소	2002.11.15
M	막 구조 건축물의 막채 보수공법	(주)케이동엔지니어링	2002.12.18
C	구조용 케이블의 유지보수와 신설을 겸한 장력 측정 및조정장치	(주)케이동엔지니어링	2003.02.06
E	아치형 지붕 조립장치	월드브리지산업 주식회사	2003.03.07
M	막지붕의 풍압 감소 장치 및 이를 구비한 막지붕	주식회사 경호엔지니어링 종합건축사사무소	2003.03.21
E	공기를 이용한 구조물의 프레임	최군취	2003.03.28
M	지붕막 구조물 및 지붕막 구조물의 리프트 업 시공방법	(주)케이동엔지니어링	2003.07.09
C	케이블부양 공중구조시스템	박정일	2003.11.28
F	스페이스 프레임 트러스	주식회사 소원기건	2004.02.18
F	연락지반에서의 에어돔 설치방법	(주)에어돔	2004.04.08
F	돔형 주택과 건물	허석구	2004.06.02
F	압채 트러스	가부시키가이샤 에우아이에	2004.09.10
C	아아치형 복층 현수 아케이드 구조물	(주)바.엠	2004.09.18
E	기능성 내부마감재가 일체로 구비된 아치지붕	한국에이.비.이.엠.건설 주식회사	2005.04.06
E	보강 구조체가 구비되는 아치지붕 구조	한국에이.비.이.엠.건설 주식회사	2005.08.23

구분	국가	발명의 명칭	공보일자	출원인
C	미국	Cable and fabric roof structure	1981.01.20	
C	미국	Cable structure with cable sheath	1981.01.27	
C	미국	Suspended roof	1984.05.29	
C	미국	Cabling system for an inflatable building	1984.10.23	
F	일본	CONSTRUCTION METHOD FOR CABLE DOME	1989.01.11	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
C	미국	Cable anchoring apparatus	1990.02.13	
C	미국	Cable-stay roof for stadium or arena and method of construction of same	1991.04.30	
C	미국	Tensile support device	1994.03.08	
C	미국	Air supported structure with funicular cable assembly	1994.09.06	
C	미국	Cable-stay retractable skylight roof for stadium or arena or other structure and method of construction of same	1997.08.05	
C	미국	Cable-stay retractable skylight roof for stadium or arena or other structure and method of construction of same	1998.12.15	
C	일본	CABLE ROOF STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD THEREFOR	1993.05.28	OHBAYASHI CORP
C	일본	DOUBLE CABLE NET ROOF STRUCTURE	1995.02.03	KONOIKE CONSTR LTD
C	일본	SHED OF STADIUM USING CABLE	1996.06.25	TOMOE CORP
C	일본	CABLE LOCKING TOOL	1999.01.19	YOTSUGI KK
C	일본	CABLE FOR HANGING STRUCTURE	2000.01.25	KUROSAWA CONSTRUCTION CO LTD
E	미국	Modular curved surface space structures	1976.01.13	
E	미국	Arch supported membrane structure and a method of erection that pretensions the arches and membranes	1976.11.09	
E	미국	Vaulted structure	1978.07.11	
E	미국	Eccentricity eliminating cable-fabric connection apparatus for air supported roof structures	1979.09.11	
E	미국	Stadium cover	1981.03.24	
E	미국	Movable and extensible covering for large spans	1981.04.21	
E	미국	Air-supported structure for sport activities	1985.11.05	
E	미국	Swimming pool cover	1986.07.08	
F	일본	JOINT STRUCTURE FOR SPACE TRUSS	1989.01.20	TANAKA TATSUMI
F	일본	DOVE TYPE ROOF TRUSS STRUCTURE AND CONSTRUCTING METHOD THEREFOR	1989.01.26	SHIMIZU CORP
M	일본	METHOD FOR TEMPORARILY REPAIRING TORN PART OF MEMBRANE MATERIAL IN MEMBRANE STRUCTURE	1989.01.31	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일본	ROOF SURFACE OPENING/CLOSING DEVICE IN MEMBRANE STRUCTURE	1989.01.31	FUJITA CORP
E	일본	METHOD OF SUPPORTING LARGE-SPAN ROOF	1989.02.03	TOKYU CONSTR CO LTD
E	일본	FIRE PROTECTION STRUCTURE IN LARGE SPAN STRUCTURE	1989.02.07	MITSUMI CONSTR CO LTD
S	일본	CONSTRUCTION METHOD OF CONCRETE SHELL STRUCTURE	1989.02.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일본	DEVICE FOR OPENING AND CLOSING ROOF SURFACE IN MEMBRANE STRUCTURE	1989.02.15	FUJITA CORP
E	미국	Arched structure comprising pre-manufactured components	1990.01.23	
E	미국	Vaulted building structure	1991.01.29	
E	일본	LARGE SPAN FRAME BODY	1989.02.23	DAIWA HOUSE IND CO LTD
E	일본	MULTI-PURPOSE LEISURE FACILITIES	1989.03.09	KAJIMA CORP
E	일본	METHOD FOR CONTROLLING STRESS AND DEFORMATION OF LARGE-SPAN FRAME	1989.04.06	FUJITA CORP
E	미국	Cover for openings contiguous to a swimming pool	1995.05.23	
E	미국	Swimming pool cover	1995.06.27	
E	미국	Stressed arch structures	1997.01.21	
E	일본	LARGE ROOF FRAME OF LONG SPAN	1989.05.15	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	DEPLOYABLE SKELETON STRUCTURE	1989.06.14	MITSUBISHI ELECTRIC CORP
E	미국	Rapidly deployable protective and structural cover system	1999.10.19	
E	일본	STRUCTURE OF BUILDING HAVING LARGE SPAN SPACE	1989.11.15	MITSUMI CONSTR CO LTD
E	일본	ROOF SHAFT SUPPORT OF LARGE SPAN STRUCTURE	1990.07.31	KAJIMA CORP
E	일본	ROOF FOR LARGE SPACE	1990.10.04	NAKAJIMA KOKICHI
E	일본	HUGE SPACE STRUCTURE	1990.10.11	NAKAJIMA KOKICHI
E	일본	PRESTRESS INTRODUCING DEVICE FOR LARGE-SPAN FRAME BODY	1991.03.14	TOMOEGUMI IRON WORKS LTD
E	일본	CONTROLLING METHOD OF FLEXIBILITY OF LARGE SPAN SKELETON	1991.03.19	TODA CONSTR CO LTD
E	일본	OPENING/CLOSING ROOF STADIUM	1991.10.03	SATO KOGYO CO LTD
E	일본	ROOF OPENING/CLOSING MECHANISM IN OPENING/CLOSING ROOF STADIUM	1991.10.03	SATO KOGYO CO LTD
E	일본	MOVABLE ROOF FOR LARGE SPACE STRUCTURE	1991.10.21	NIPPON STEEL CORP
E	일본	ARCH DOME REINFORCED BY TENSION MEMBER AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1991.10.28	SAITO KIMIO
E	일본	TRUSSED FRAME OF LONG AND LARGE SPAN AND ITS CONSTRUCTION	1991.11.12	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
E	일본	STRETCHED CHORD BEAM PROCESS FOR LARGE SPAN CONSTRUCTED FRAME BODY	1991.12.10	SAITO KIMIO
E	일본	LARGE SPAN TRUSS ERECTING METHOD	1992.03.24	TOKYU CONSTR CO LTD
E	일본	BUILDING FURNISHED WITH LARGE SPAN OF ROOF FRAME	1992.04.03	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	METHOD FOR CONSTRUCTING LARGE-SPAN ROOF	1992.04.13	SHIMIZU CORP
E	일본	LARGE SPAN SUSPENSION CONSTRUCTION BY V-TYPE BRACE	1992.05.26	SHIMIZU CORP
E	일본	SUPPORTING STRUCTURE OF LARGE-SPAN ROOF	1992.11.02	TOMOE CORP
E	일본	SWITCHED-ROOF STADIUM	1992.12.04	SATO KOGYO CO LTD
E	일본	FRAMEWORK HAVING LARGE SPAN AND METHOD FOR CONSTRUCTING THE SAME	1993.07.27	DAIWA HOUSE IND CO LTD
E	일본	CONSTRUCTION METHOD OF LARGE SPAN FRAME	1993.11.09	FUJITA CORP
E	일본	LARGE-SIZED BUILDING	1994.01.11	SHIMIZU CORP
E	일본	LARGE BUILDING PROVIDED WITH MOVABLE LARGE ROOF USING LONG AND LARGE ARCH MADE OF GLUED LAMINATED WOOD, ETC.	1994.05.10	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	LARGE-SIZED BUILDING WITH LARGE OPENING/CLOSING ROOF	1994.05.27	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	LARGE BUILDING HAVING LARGE OPEN/CLOSE ROOF	1994.07.19	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	NON-THRUST LARGE-SPAN FRAMING METHOD	1995.01.06	SHIMIZU CORP
E	일본	FRAME STRUCTURE OF LARGE SPAN ROOF AND CONSTRUCTION METHOD	1995.01.27	SHIMIZU CORP
E	일본	CONSTRUCTING METHOD OF ASTYLAR LARGE-SPACE STRUCTURE AND GIRDER HAVING HUGE SPAN AND MANUFACTURE THEREOF	1995.04.25	TODA CONSTR CO LTD
E	일본	CONSTRUCTION METHOD FOR CIRCULAR OR POLYGONAL LARGE SPAN FRAME	1995.05.30	TOMOE CORP
E	일본	STEEL FRAME LARGE SPAN SKELETON	1995.06.13	TAISEI CORP
E	일본	ROOF STRUCTURE OF LARGE SPACE STRUCTURE	1996.03.05	JDC CORP
E	일본	ERECTION METHOD OF LARGE-SPAN ROOF FRAME	1996.04.30	FUDO CONSTR CO LTD

E	일본	EXECUTION METHOD OF LARGE-SIZED ROOF	1996.04.30	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	BUILDING FURNISHED WITH OPENING AND CLOSING TYPE ROOF	1996.05.21	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	CONSTRUCTION METHOD OF SPORT STADIUM SHED	1996.06.25	TOMOE CORP
E	일본	SUPPORTING STRUCTURE FOR MOVABLE ROOF IN LARGE SPAN ROOF	1996.07.09	OHBAYASHI CORP
E	일본	CONSTRUCTION OF LARGE SPAN STRUCTURE	1997.09.16	TOMOE CORP
E	일본	ROOF STRUCTURE AND ROOF CONSTRUCTION METHOD FOR LARGE-SCALE BUILDING STRUCTURE	1997.11.18	SHIMIZU CORP
E	일본	LARGE-SCALE EVENT SPACE STRUCTURE	1997.12.02	OHBAYASHI CORP
E	일본	SPHERICAL MESH SKELETON STRUCTURE	1997.12.22	TOMOE CORP
E	일본	ATTIC SPACE STRUCTURE OF UNIT BUILDING	1998.01.13	SEKISUI CHEM CO LTD
E	미국	Inflatable, deployable, and collapsible arch	2001.12.25	
E	미국	Railroad car roof panel and skylight assembly	2003.03.18	
E	일본	ATTIC SPACE STRUCTURE FOR UNIT BUILDING	1998.02.10	MISAWA HOMES CO LTD
E	일본	METHOD OF CONSTRUCTING LARGE SPACE STRUCTURE	1998.06.09	TOBISHIMA CORP
E	일본	ARCH STRUCTURAL BODY AND ROOF	1998.07.28	SHIMIZU CORP
E	일본	OPENING AND CLOSING ROOF CONSTRUCTION AND FRAMED STRUCTURE THEREOF	1999.02.09	KAWAGUCHI KENICHI
E	일본	EXPANSION TYPE ROOF	1999.06.29	TOYO TIRE & RUBBER CO LTD
E	일본	SPACE STRUCTURE WITH COLUMN INCLINE	2000.01.25	TOMOE CORP
E	일본	CONSTRUCTION METHOD FOR LARGE SPAN FRAME	2000.07.11	TOMOE CORP
E	일본	MEMBRANE-STRUCTURE OPEN-CLOSE TYPE TEMPORARY ROOF AND ITS EXECUTION METHOD	2000.09.26	SUUEEDEN HOUSE KK
E	일본	RECYCLING TYPE ENVIRONMENTAL PROTECTION CONSTRUCTION METHOD IN RESTRICTION TYPE DISCRETE BODY ARCH (OR DOME) STRUCTURE	2001.12.14	HOTSUMA KOBO KK
E	일본	SNOW PLAYING FACILITY	2002.08.14	SNOVA CORP
E	일본	STRUCTURE WITH LARGE SPAN FRAME	2002.08.23	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	SUSPENSION STRUCTURE OF ASTYLAR LARGE SPACE BUILDING	2002.12.04	SHIMIZU CORP
F	미국	Domical structure with novel beam interlocking connections	1976.04.20	
F	미국	Modular dome structure	1976.06.01	
F	미국	Hub for geodesic dome framework construction	1976.11.09	
F	미국	Building dome structure	1976.12.28	
F	미국	Dome structures	1976.12.28	
F	미국	Geodesic dome	1977.03.01	
F	미국	Dome construction method	1978.02.28	
F	미국	Dome and semi-dome-shaped structure	1979.01.09	
F	미국	Dome structure and method of construction	1979.07.10	
F	미국	Method and apparatus for erecting substantially dome-like building structures	1979.10.09	
M	일본	OPEN/CLOSE-TYPE MEMBRANE STRUCTURE	1989.02.15	mitsui CONSTR CO LTD
M	일본	OPENING/CLOSING-TYPE MEMBRANE STRUCTURE	1989.02.15	mitsui CONSTR CO LTD
M	일본	OPENING/CLOSING-TYPE MEMBRANE STRUCTURE	1989.02.15	mitsui CONSTR CO LTD
F	미국	Tube space frame system	1980.07.08	
F	미국	Dome structure	1980.10.07	
F	미국	Joint for geodesic dome	1981.01.13	
F	미국	Geodesic dome connector	1981.04.21	
F	미국	Method of constructing and erecting a dome-shaped structure	1981.07.07	
F	미국	Domical building structure	1981.09.08	
F	미국	Modular inflatable dome structure	1981.09.15	
F	미국	Building membrane hold-down system	1981.09.22	
F	미국	Geodesic dome	1981.10.20	
F	미국	Dome structure	1981.11.03	
F	미국	Strut for space frames	1981.11.03	
F	미국	Dome structure	1981.12.22	
F	미국	Method of forming a skeletal dome structure in situ	1983.08.30	
F	미국	Skylight dome assembly	1983.10.11	
F	미국	Vaulted dome skylight	1984.01.31	
F	미국	Double dome skylight assembly	1984.04.10	
F	미국	Connectors for geodesic dome structures	1984.08.07	
F	미국	Connector for geodesic dome	1985.01.01	
F	미국	Connector unit for geodesic dome frame strut	1985.04.16	
F	미국	Helical dome	1985.07.30	
F	미국	Hub for geodesic dome construction	1985.08.13	
F	미국	Space frame construction with mutually dependent surfaces	1985.10.22	
F	미국	Ledger hanger for geodesic domes	1986.01.28	
F	미국	Earthquake resistant self-balancing dome structure	1986.02.18	
F	미국	Saddle-shaped cable dome system for large span lightweight roof structures	1986.04.15	
F	미국	Modular inflatable dome structure	1986.04.22	
F	미국	Geometric frame assembly	1986.05.20	
F	미국	Star dome structure	1986.09.02	
F	미국	Geodesic dome	1986.09.16	
F	미국	Large span dome	1986.09.16	
F	미국	Dome-shaped building structure	1987.05.12	
F	미국	Precast concrete dome system	1987.07.21	
F	미국	Framework for dome-shaped roofs	1987.10.13	
F	미국	Space frames	1987.11.10	
F	미국	Openable dome-shaped roof structure	1987.11.17	
F	미국	Large span dome	1987.12.08	
F	미국	Continuous spherical truss construction	1988.01.19	
F	미국	Geodesic dome and method of making	1988.03.08	
F	미국	Cable dome system with main cables oriented along chords	1988.07.19	
F	미국	Multi purpose dome structure and the construction thereof	1988.10.11	
F	미국	Domical structure and method for its manufacture	1989.01.17	
E	일본	LARGE-SPAN STRUCTURE BUILDING	2003.08.27	SHIMIZU CORP

F	특정	POINT DEVICE OF OPENING AND CLOSING DOME	1992.02.05	MITSUBISHI & SHIPBUILD CO. LTD
F	특정	CONSTRUCTING METHOD OF LARGE SPAN DOME ROOF	1992.02.26	TOMOE CORP
F	특정	SKELETON OF DOME CONSTRUCTION	1992.03.30	NIPPON STEEL CORP
F	특정	NEW DESIGN OF AIR DOME	1992.04.15	NIPPON CARBIDE IND CO INC
F	특정	SPACE FRAME CONSTRUCTION	1992.05.06	TOMOE CORP
F	특정	CONSTRUCTION MEMBER FOR SPACE TRUSS	1992.05.18	KAWATETSU STEEL PROD CORP
F	특정	AIR DOME SUITABLE FOR TEMPORARY USE	1992.05.22	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	특정	OPENING DOME ROOF	1992.05.28	KONOIKE CONSTR LTD
F	특정	DEVICE FOR OPENING AND CLOSING MOVABLE ROOF IN DOME STRUCTURE	1992.06.05	KUMAGAI GUMI CO LTD
F	특정	OPENING CLOSING DEVICE FOR MOVING ROOF FOR DOME STRUCTURE	1992.06.12	KUMAGAI GUMI CO LTD
F	특정	SEALING MEMBER FOR DOME OF OPENING OR CLOSING TYPE	1992.06.22	BRIDGESTONE CORP
F	특정	Multi-purpose dome structure and the construction thereof	1992.03.10	
F	특정	SPACE TRUSS STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1992.07.02	TOMOE CORP
F	특정	OPENING AND CLOSING TYPE DOME ROOF	1992.07.23	OSAKA TECHNICAL SERVICE KK
F	특정	CLOSING APPARATUS OF DOME ROOF	1992.09.14	KAYABA IND CO LTD
F	특정	SPACE FRAME STRUCTURE	1992.09.25	KUBIK LESZEK A
F	특정	DOME STRUCTURE	1992.12.02	MITSUBISHI ELECTRIC CORP
F	특정	Space tension chord arch dome reinforced with tension members and method for building same	1992.09.15	
F	특정	Apparatus and method for forming a space frame structure	1992.11.24	
F	특정	Dome building structure	1992.12.15	
F	특정	CONSTRUCTION OF DOME	1992.12.18	TOBISHIMA CORP
F	특정	UNDERWATER DOME AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1992.12.24	KAJIMA CORP
F	특정	Movable dome-type roof for structure	1993.03.02	
F	특정	Spherical wooden truss frame building	1993.03.23	
F	특정	WATER DOME	1993.05.07	FUJITA CORP
F	특정	DOME TYPE ROOF STRUCTURE	1993.06.15	KAWAGUCHI MAMORU
F	특정	MANUFACTURE OF TRUSS AND CONSTRUCTION OF DOME WITH TRUSS	1993.07.20	TOBISHIMA CORP
F	특정	MULTILAYERED SPACE FRAME PANEL COMPRISED OF PIN AND NODE MEMBER	1993.09.07	MERO HAUMSTRUKTUR GMBH
F	특정	SUPPORTING STRUCTURE FOR GROUND OF DOME ROOF	1993.09.07	SANWA SHUTTER CORP
F	특정	CONSTRUCTION METHOD FOR BUILDING DOME FRAME	1993.09.24	NIPPON STEEL CORP
F	특정	LARGE-DOME BUILDING STRUCTURE	1993.09.24	NIPPON P B X:KK
F	특정	DOME TYPE ROOF STRUCTURE	1993.11.02	KAWAGUCHI MAMORU
F	특정	ERECTION OF OPENING AND CLOSING DOME	1993.11.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	OPENING DEVICE OF OPENING AND CLOSING DOME	1993.11.09	OHBAYASHI CORP
F	특정	SEALING STRUCTURE BETWEEN OPENING DOME AND WALL	1993.11.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	SEALING STRUCTURE OF OPENING AND CLOSING DOME	1993.11.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	DOME STRUCTURE	1993.11.16	OHBAYASHI CORP
F	특정	DOME ROOF STRUCTURE	1993.12.14	OHBAYASHI CORP
F	특정	JOINT STRUCTURE OF SPACE TRUSS	1994.01.18	TOMOE CORP
F	특정	CONSTRUCTION OF DOMELIKE ROOF	1994.02.01	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	CONSTRUCTION OF SINGLE-LAYER TRUSS DOMELIKE ROOF	1994.02.01	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	DOME ROOF AND CONSTRUCTION THEREOF	1994.02.01	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	FRAMED CONSTRUCTION OF ARCH DOME ROOF AND EXECUTION METHOD THEREFOR	1994.02.01	SHIMIZU CORP
F	특정	ERECTION METHOD FOR DOME TYPE ROOF	1994.03.22	MAEDA CORP
F	특정	STRUCTURE FOR DOME ROOF AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1994.03.22	TAISEI CORP
F	특정	Hemispherical dome building structure	1994.04.26	
F	특정	CONSTRUCTING METHOD FOR DOMED ROOF	1994.03.29	MAEDA CORP
F	특정	Dome-shaped structure and method of constructing same	1994.05.24	
F	특정	DOME TYPE ROOF STRUCTURE AND EXECUTION METHOD THEREOF	1994.04.05	MAEDA CORP
F	특정	METHOD OF CONSTRUCTING ROOF OF CABLE DOME	1994.04.12	KUMAGAI GUMI CO LTD
F	특정	SPACE TRUSS SPHERICAL JOINT-TO-LEVER MEMBER JOINT CONSTRUCTION	1994.04.19	TOMOE CORP
F	특정	DOME ROOF CONSTRUCTION	1994.04.26	TAISEI CORP
F	특정	DOME STRUCTURE HAVING LOUVER, CONSTRUCTION METHOD THEREOF AND LOUVER BOARD	1994.05.17	KONOIKE CONSTR LTD
F	특정	ROTATIONAL CONTROL METHOD FOR ASTRONOMICAL OBSERVATION DOME	1994.06.07	MITAKA KOKI CO LTD
F	특정	DOME TYPE BUILDING	1994.06.21	UTSUNOMIYA TAKASHI
F	특정	ROOFING OF RIGID LATTICE TYPE SINGLE LAYER TRUSS DOME ROOF	1994.07.12	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	DOME ROOF FACILITY	1994.07.19	NIKKEN SEKKEI LTD
F	특정	Triangulated cable dome with retractable roof	1994.10.18	
F	특정	CONSTRUCTING METHOD FOR DOME ROOF	1994.08.02	TAISEI CORP
F	특정	Dome shaped roof structure	1994.12.13	
F	특정	DIVIDING METHOD FOR PRECAST CONCRETE SHELL OF DOME ROOF	1994.08.02	TAISEI CORP
F	특정	Dome building	1995.01.03	
F	특정	ROUND DOME ROOF STRUCTURE	1994.08.16	KAJIMA CORP
F	특정	CONNECTING FITTING FOR DOMED CONSTRUCTION	1994.08.30	R C KOA:KK
F	특정	DOME-SHAPED STRUCTURE	1994.08.30	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	Multi-purpose dome structure and the method of construction thereof	1995.04.25	
F	특정	CONSTRUCTION OF LARGE SPACE TRUSS	1994.10.11	SHIMIZU CORP
F	특정	LARGE SPACE TRUSS FRAME	1994.10.11	SHIMIZU CORP
F	특정	DOME SHAPED BUILDING	1994.10.21	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	특정	DOME BODY EASY TO ASSEMBLE	1994.12.13	SUZUKI SOHEI
F	특정	DOME-SHELL FRAME	1995.01.06	TAISEI CORP
F	특정	STRUCTURE-PLANE BODY UNIT AND SINGLE-LAYER DOME FRAME USING SAME	1995.01.06	TAISEI CORP
F	특정	THREAD-IN FASTENING STRUCTURE AND SPACE FRAME TRUSS THREAD-IN FASTENING STRUCTURE UTILIZING THIS STRUCTURE	1995.01.13	YUNITAITO KK
F	특정	CABLE LAYOUT METHOD IN AIR FILM DOME	1995.01.20	TAISEI CORP
F	특정	CONSTRUCTION METHOD FOR LARGE SPAN DOMELIKE ROOF	1995.01.20	MAEDA CORP
F	특정	DOME ROOF STRUCTURE	1995.02.03	KAWAGUCHI MAMORU
F	특정	MOVABLE ROOF DEVICE FOR DOME TYPE ROOF	1995.02.03	MAEDA CORP

F	일본	COUPLING FOR SPACE TRUSS	1989.02.23	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	미국	Vaulted dome structure	1989.05.30	
E	일본	ATTIC SPACE STRUCTURE	2003.09.25	ASAHI KASEI CORP
M	일본	SNOW-THAWING METHOD OF AIR-MEMBRANE TYPE ROOF	1989.03.13	NIPPON STEEL CORP
F	일본	MEMBER FOR WOODEN SPACE TRUSS STRUCTURE	1989.03.22	SANMOKU KOGYO KK
E	일본	SPACE STRUCTURE AND DOMED ROOF	2004.05.13	UNIV NIHON
F	일본	PREFABRICATED DOME CONNECTED WITH MANY TRIANGULAR FRAMES	1989.04.12	SHINKO NORTH KK
F	일본	METHOD FOR BUILDING SPACE TRUSS STRUCTURE	1989.04.24	TOMOEGUMI IRON WORKS LTD
E	일본	CONSTRUCTION METHOD OF ARCH STRUCTURE, DOME STRUCTURE AND ITS CONSTRUCTION METHOD	2004.06.03	TODA CONSTR CO LTD
F	일본	METHOD OF WELDING STRUCTURAL MEMBER FOR SPACE TRUSS	1989.05.15	KAWATETSU STEEL PROD CORP
F	일본	DOME-SHAPED SUSPENDED MEMBRANE STRUCTURE	1989.06.08	TORAY KENSETSU KK
F	일본	SINGLE LAYER FRAMEWORK FRAMING OF DOME CONSTRUCTION	1989.11.29	NIPPON STEEL CORP
F	일본	OPENING AND CLOSING TYPE DOME ROOF	1989.12.07	TAIYO KOGYO KK
F	일본	JOINT STRUCTURE FOR SPACE TRUSS	1989.12.14	TANAKA TATSUMI
F	일본	JOINT OF SPACE TRUSS	1990.01.29	KANETANI AKIO
F	일본	PLATE-LIKE SPACE TRUSS USING SQUARE STEEL PIPE	1990.02.23	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	OPENING AND CLOSING OF DOME-SHAPED ROOF AND DEVICE THEREFOR	1990.02.27	HITACHI ZOSEN CORP
F	일본	OPENING/CLOSING TYPE DOME ROOF	1990.04.13	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	STRUCTURE FOR OPENING AND CLOSING DOME-SHAPE ROOF	1990.04.25	OHBAYASHI CORP
F	일본	BIG SPACE FRAME MADE OF GLUE-LAMINATED MATERIALS	1990.05.16	TAISEI CORP
F	일본	CONSTRUCTION OF GREAT-SPACE SHELL DOME STRUCTURE BY SINGLE TUBE TRUSS	1990.07.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	OPENABLE DOME	1990.07.17	FUJITA CORP
F	일본	DOME HAVING OPENING/CLOSING ROOF	1990.07.20	TOBISHIMA CORP
F	일본	OPENING AND CLOSING SYSTEM DOME ROOF	1990.07.26	FUJITA CORP
F	일본	TWO STAGE OPENING AND CLOSING SYSTEM DOME ROOF	1990.07.26	FUJITA CORP
F	일본	DOME WITH OPENING/CLOSING ROOF	1990.07.31	KAJIMA CORP
F	일본	OPENING DOME ROOF	1990.08.14	OHBAYASHI CORP
F	일본	DOME TYPE STRUCTURE HAVING OPENABLE/CLOSABLE ROOF	1990.08.21	TOBISHIMA CORP
F	일본	DOME TYPE STRUCTURE PROVIDED WITH OPENABLE/CLOSABLE ROOF	1990.08.21	TOBISHIMA CORP
F	일본	SUNROOF TYPE DOME	1990.08.30	FUJITA CORP
F	일본	OPERABLE DOMED ROOF	1990.09.07	FUJITA CORP
F	일본	OPENING AND CLOSING TYPE DOME ROOF	1990.09.12	HAZAMA GUMI LTD
F	일본	SPACE FRAME STRUCTURE AND ITS CONSTRUCTION METHOD	1990.09.27	KUBIK MARIAN L
F	일본	OPENABLE DOME TYPE ROOF	1990.11.09	HITACHI ZOSEN CORP
F	일본	CONSTRUCTION METHOD OF DOME ROOF	1990.11.20	SHIMIZU CORP
F	일본	MOVABLE DOME ROOF	1990.11.22	HAZAMA GUMI LTD
F	일본	CONSTRUCTION OF DOME STRUCTURE	1990.12.03	SHIMIZU CORP
F	일본	LAMINATED GEODESIC DOME	1990.12.03	SAGARA HIDEO
F	일본	PANEL CONNECTING METHOD FOR DOME HOUSE	1990.12.17	KAWASHIMA SHIGERU
F	일본	TOP PART STRUCTURE FOR DOME FRAME	1990.12.17	SHIMIZU CORP
F	일본	OPENING AND SHUTTING DEVICE OF OPENING AND SHUTTING DOME TYPE ROOF	1990.12.21	HITACHI ZOSEN CORP
F	일본	ROOF OPENING OR CLOSING DEVICE FOR DOME TYPE STRUCTURE	1991.01.08	mitsui miike mach co ltd
F	일본	OPENING AND SHUTTING TYPE DOME ROOF	1991.01.25	HITACHI ZOSEN CORP
F	일본	OPENABLE ROOF TYPE CABLE DOME	1991.02.25	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	OPENABLE DOME	1991.02.28	DAINIPPON DOBOKU KK
F	일본	MOVABLE ROOF DOME	1991.04.12	KUME KENCHIKU JIMUSHO:KK
F	일본	STRUCTURE FOR JOINTING SPACE TRUSS	1991.05.16	TANAKA TATSUMI
F	미국	Geodesic dome panel assembly and method	1990.03.13	
F	미국	Observation dome for buildings	1990.04.24	
F	일본	SPACE TRUSS	1991.05.21	TOMOEGUMI IRON WORKS LTD
F	일본	MOVABLE DOME TYPE ROOF	1991.06.19	HITACHI ZOSEN CORP
F	일본	OPENING AND CLOSING TYPE DOME	1991.07.08	TOKYU CONSTR CO LTD
F	미국	Concentric dome energy generating building enclosure	1990.08.07	
F	일본	ROOF-OPENING AND CLOSING TYPE DOME	1991.07.31	KAJIMA CORP
F	일본	SEMIUNDERGROUND AND ROOF ELEVATING TYPE MULTIPURPOSE DOME STRUCTURE	1991.08.29	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	OPENING/CLOSING CONTROL METHOD FOR OPENING/CLOSING TYPE DOME STRUCTURE	1991.10.03	KAJIMA CORP
F	미국	Prefabricated dome-shaped structure	1990.10.30	
F	일본	DOME ROOF OF OPENING TYPE DIVIDED INTO TWO	1991.11.06	KONOIKE CONSTR LTD
F	일본	ERECTION OF DOME STRUCTURE	1991.11.20	SHIMIZU CORP
F	일본	MOVABLE DOME ROOF	1991.11.22	KONOIKE CONSTR LTD
F	일본	MULTIPLE-DIVIDED MOVABLE DOME ROOF	1991.11.22	KONOIKE CONSTR LTD
F	일본	MOVABLE DOME ROOF	1991.12.06	OSAKA TECHNICAL SERVICE KK
F	일본	ROOF FOR MULTI-PURPOSE DOME AND ITS CLOSING METHOD	1991.12.10	OKUMURA CORP
F	일본	STRUCTURE AND METHOD FOR JOINING TRUSSED SPACE FRAME	1991.12.17	KAWATETSU STEEL PROD CORP
F	일본	STRUCTURE AND METHOD FOR JOINING TRUSSED SPACE FRAME	1991.12.17	KAWATETSU STEEL PROD CORP
F	일본	CONSTRUCTION OF DOME FRAME	1991.12.20	SHIMIZU CORP
F	일본	ROOF FOR MULTIPURPOSE DOME	1991.12.20	OKUMURA CORP
F	일본	OPENING/CLOSING DEVICE FOR MOVABLE ROOF OF DOME STRUCTURE	1991.12.26	KAWAGUCHI MAMORU
F	미국	Foldable dome	1991.04.02	
F	미국	Openable dome-shaped roof structure	1991.04.16	
F	일본	OPENING/CLOSING METHOD FOR LARGE SIZED SPHERICAL SHAPE DOME AND ITS DEVICE	1992.01.16	SUMITOMO HEAVY IND LTD
F	일본	TRAVEL DEVICE FOR OPENING/CLOSING DOME	1992.01.16	HAZAMA GUMI LTD
F	일본	DOME PROVIDED WITH ROOF OPENING OR CLOSING WITH ROTATIONAL MOVEMENT AND LINEAR MOVEMENT	1992.01.30	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	DOME MOVING MECHANISM FOR DOME STADIUM OF OPENING OR CLOSING TYPE	1992.02.03	KAJIMA CORP
F	미국	Modular system for space frame structures	1991.10.15	

F	일본	CONNECTION-STRUCTURE OF MEMBRANE	1995.02.21	OHBAYASHI CORP
F	일본	STRUCTURE OF ROOF FOR CABLE DOOM	1995.04.25	KUMAGAI GUMI CO LTD
F	일본	DOME STADIUM FURNISHED WITH NATURAL LAWN GROUND	1995.05.02	SHIMIZU CORP
F	일본	WOODEN PANEL UNIT AND WOODEN PANEL DOME CONSTRUCTED OF THIS WOODEN PANEL UNIT	1995.05.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	CABLE TENSION INTRODUCING METHOD FOR DOME ROOF FRAME	1995.05.30	MAEDA CORP
F	일본	CABLE TENSION INTRODUCING METHOD FOR DOME TYPE ROOF FRAME	1995.05.30	MAEDA CORP
F	미국	Tension braced dome structure	1996.04.02	
F	일본	DOME-LIKE STRUCTURE	1995.05.30	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	DOME-SHAPED STRUCTURE	1995.05.30	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	INTRODUCING METHOD FOR CABLE TENSILE FORCE OF DOME TYPE ROOF FRAME	1995.07.28	MAEDA CORP
F	일본	CABLE TENSILE FORCE INTRODUCING METHOD FOR DOME TYPE ROOF FRAME	1995.08.01	KAWAGUCHI MAMORU
F	일본	CONSTRUCTION METHOD OF DOME	1995.08.08	I C D KENCHIKU SEKKEI JIMUSHO:KK
F	일본	CABLE DOME	1995.08.15	KUMAGAI GUMI CO LTD
F	일본	TRIANGLE PANEL WITH SMALL TRIANGULAR ASSEMBLIES, DOME WITH PANEL, AND DOME CONSTRUCTING METHOD	1995.08.22	IGUCHI SEKKEI KK
F	일본	MANUFACTURE OF SPACE TRUSS	1995.10.03	M I EE KENCHIKU DESIGN KENKYUSHO:KK
F	일본	DOME ROOF STRUCTURE	1995.10.09	SHIMIZU CORP
F	일본	HYPER STRING DOME	1995.10.09	SAITOUKIMIO KENKIYUUSHITSU:KK
F	일본	SPORT DOME	1995.10.09	KAJIMA CORP
F	미국	Articulated dome	1997.05.06	
F	미국	Modular construction for a geodesic dome	1997.05.13	
F	미국	Joint device for joining pretensioned brace member to connector nodes in space truss structure	1997.05.27	
F	미국	Outdoor dome biased rafter-brace, rafter-brace and four-way connector framework	1997.06.24	
F	일본	BLOCK ASSEMBLING MEMBER FOR CONSTRUCTING SPACE TRUSS STRUCTURE	1995.10.17	TOMOE CORP
F	일본	DOME	1995.10.17	SHOWA ALUM CORP
F	미국	Domed ceiling structure	1997.07.22	
F	일본	MEMBRANE STRUCTURAL LARGE-SCALE DOME AND CONSTRUCTION THEREOF	1995.10.17	FUDO CONSTR CO LTD
F	일본	STRUCTURE OF INSERT TYPE DOME FOR MULTI-PURPOSE USE	1995.10.27	KAJIMA CORP
F	일본	EXTEMPORARY DOME	1995.10.31	NOZU HIDEKI
F	일본	MULTIPURPOSE DOME	1995.11.14	mitsubishi heavy ind ltd
F	일본	DOME-SHAPED STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1995.11.28	UMEZAWA RYOZO
F	일본	CONSTRUCTING METHOD OF LARGE-SIZED BUILDING WITH DOOM ROOF	1995.12.05	MAEDA CORP
F	일본	MULTI-PURPOSE DOME PROVIDED WITH LIFTING NATURAL LAWN PLANTED ROOF	1996.01.09	KAJIMA CORP
F	일본	MULTIPURPOSE DOME WITH LIFTING-LOWERING NATURALTURF ATTACHED ROOF	1996.01.09	KAJIMA CORP
F	일본	TRAVELING METHOD FOR SPACE TRUSS HAVING CURVED SURFACE	1996.01.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	미국	Space truss dome	1998.01.06	
F	일본	SIMPLIFIED HOUSE USING SPACE TRUSS	1996.02.13	TANAKA HISANORI
F	일본	SPHERE JOINT OF SPACE TRUSS	1996.02.27	KAWASAKI HEAVY IND LTD
F	미국	Dome-like structure and kit of parts therefor	1998.02.10	
F	일본	DOUBLE-TUBE TYPE STRUCTURAL MEMBER FOR SPACE TRUSS	1996.03.12	KAWATETSU STEEL PROD CORP
F	일본	UNIT FRAME FOR SPACE TRUSS AND SPACE TRUSS FRAME	1996.03.12	TOMOE CORP
F	일본	ENVIRONMENT ADJUSTING DEVICE FOR DOUBLE MEMBRANE ROOF TYPE BUILDING	1996.04.02	FUDO CONSTR CO LTD
F	미국	Retractable dome	1998.07.14	
F	일본	AIR CONDITIONER FOR MEMBRANE OF STRUCTURED LARGE DOME	1996.05.21	FUDO CONSTR CO LTD
F	일본	DOME-LIKE ROOF FRAME-STRUCTURE, AND METHOD FOR CONSTRUCTING DOOM-LIKE ROOF IN THE FRAME-STRUCTURE	1996.05.28	mitsubishi heavy ind ltd
F	일본	SHELL DOME STRUCTURE OF INTEGRATED CONTOURLINE MODULES AND ERECTION METHOD THEREOF	1996.05.28	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	DOME BUILDING	1996.06.04	SATO KOGYO CO LTD
F	미국	Domed ceiling structure	1998.10.06	
F	일본	SPORTS DOME	1996.07.23	KAJIMA CORP
F	일본	JOINT STRUCTURE BETWEEN BALL JOINT AND ROD MATERIAL OF SPACE TRUSS	1996.09.10	TOMOE CORP
F	일본	ELLIPTIC LARGE-SIZED DOME AND ITS CONSTRUCTION METHOD	1996.09.24	FUDO CONSTR CO LTD
F	일본	ROTARY LIFT-UP CONSTRUCTION METHOD FOR DOME ROOF	1996.10.08	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	일본	AIR DOME	1996.10.22	TOYO TIRE & RUBBER CO LTD
F	미국	Dome roof structure and method of designing and constructing same	1999.01.12	
F	일본	FRAME MEMBER FOR SPACE TRUSS	1996.11.19	KAWAGUCHI MAMORU
F	일본	SPACE TRUSS MEMBER JOINT	1997.01.21	NIPPON LIGHT METAL CO LTD
F	일본	BUILDING WITH DOME-LIKE ROOF	1997.02.10	KAWASAKI HEAVY IND LTD
F	일본	SPACE TRUSS STRUCTURAL BODY	1997.04.08	SANKYO ALUM IND CO LTD
F	미국	Dome type building and method of making same	1999.07.06	
F	일본	BUILDING HAVING DOMED ROOF	1997.04.28	TAISEI CORP
F	일본	CONNECTION PART STRUCTURE FOR TRUSS FRAME MATERIAL IN CURVED-SURFACE SPACE TRUSS	1997.04.28	TOMOE CORP
F	미국	Retractable dome	1999.11.16	
F	미국	Geodesic domes and improved joints therefor	1999.12.07	
F	일본	CURVED-SURFACE SPACE TRUSS	1997.04.28	TOMOE CORP
F	일본	GRID GLASS DOME AND GLASS PLATE FITTING STRUCTURE IN GRID GLASS DOME	1997.06.24	SAITOUKIMIO KENKIYUUSHITSU:KK
F	일본	MULTILAYER SPACE TRUSS STRUCTURE	1997.07.08	TSUCHIE MAMORU
F	일본	ROOF STRUCTURE FOR SPACE TRUSS	1997.08.05	TAIYO KOGYO KK
F	일본	DOME TRUSS BASE STRUCTURAL BODY USING BUILT-UP TRUSS HUB ASSEMBLY	1997.08.12	NIPPON LIGHT METAL CO LTD
F	일본	ASTRONOMICAL OBSERVATION DOME	1997.08.19	GOTO KOGAKU KENKYUSHO:KK
F	일본	STRUCTURAL MATERIAL FOR TRUSS AND SPACE TRUSS	1997.09.16	M I EE KENCHIKU DESIGN KENKYUSHO:KK
F	일본	CONSTRUCTING METHOD OF DOME TYPE ROOF	1997.09.30	TOMOE CORP
F	일본	DOME ROOF STRUCTURE	1997.10.14	SHIMIZU CORP

F	特許	STRUCTURE CONSTRUCTION METHOD OF LARGE SPAN FRAME IN LARGE SPACE TRUSS STRUCTURE	1997.10.21	TOMOE CORP
F	特許	BLOCK ARRANGEMENT IN GROUND ERECTION OF SINGLE LAYER LATTICE LARGE DOME STRUCTURE USING ISOSCELES TRIANGLE CLOSE TO EQUILATERAL TRIANGLE AS BASIC GRID	1997.10.28	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	CONSTRUCTION METHOD FOR WELD JOINING DOME STRUCTURE	1997.10.28	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	SPACE TRUSS STRUCTURE	1997.10.28	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	特許	PRECISION REGULATION METHOD FOR WELD JOINING DOME STRUCTURE	1997.11.11	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	TEMPORARY STRUCTURAL BASE DIVERSION CONSTRUCTION METHOD IN FIELD ASSEMBLING ERECTION OF SINGLE LAYER LATTICE LARGE DOME STRUCTURE	1997.11.11	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	MOVABLE TYPE DOME ROOF CONSTRUCTION	1997.12.02	OHBAYASHI CORP
F	特許	OPEN/CLOSED DOME ROOF STRUCTURE	1997.12.02	OHBAYASHI CORP
F	特許	JOINT CONSTRUCTION OF NODE IN SPACE TRUSS CONSTRUCTION	1997.12.22	KAWAGUCHI MAMORU
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF ROOF DOME	1998.01.13	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	METHOD OF CONSTRUCTION OF ROOF DOME	1998.01.20	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	SPACE TRUSS STRUCTURE	1998.03.03	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	特許	DOME ROOF CONSTRUCTION AND EXECUTION METHOD THEREOF	1998.04.28	SHIMIZU CORP
F	特許	BALL JOINT FOR SPACE TRUSS	1998.05.06	KAWASAKI HEAVY IND LTD
F	特許	ANCILLARY STRUCTURE IN DOME-SHAPED BUILDING	1998.05.12	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	特許	DOME-SHAPED BUILDING AND CONSTITUTING MEMBER THEREOF	1998.05.12	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	特許	AXIAL FORCE DOME	1998.05.19	KIKUTAKE KIYONORI
F	特許	ASSEMBLY DOME TYPE TRUSS BASE STRUCTURE	1998.06.23	NIPPON LIGHT METAL CO LTD
F	特許	CONNECTING PART STRUCTURE OF SPACE TRUSS	1998.06.23	TOMOE CORP
F	特許	DOMED ROOF	1998.07.28	SHIMIZU CORP
F	特許	CABLE DOME ERECTING METHOD	1998.08.04	OHBAYASHI CORP
F	特許	STRUCTURE OF DOME	1998.08.18	TAISEI CORP
F	特許	STRUCTURE OF DOME PROVIDED WITH SLIGHTSEEING TOWER	1998.08.18	TAISEI CORP
F	特許	STRUCTURE OF ROOF FRAME OF DOME	1998.08.18	TAISEI CORP
F	特許	SUPPORT STRUCTURE OF DOME ROOF	1998.08.18	TAISEI CORP
F	特許	DOME CONSTRUCTION METHOD	1998.09.22	H P DOHME JAPAN KK
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF DOME-LIKE ROOF	1998.10.20	TOMOE CORP
F	特許	DOME ROOF	1998.11.10	MAEDA CORP
F	特許	LATTICE-SHAPED STRUCTURE OF DOME TYPE ROOF	1998.11.10	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	RAIL PART STRUCTURE OF MOVING ROOF IN OPENABLE CLOSABLE DOME ROOF	1998.11.10	TAISEI CORP
F	特許	SELF-TRAVEL PREVENTIVE STRUCTURE AND SELF TRAVEL PREVENTIVE METHOD OF RAIL COVER IN OPENABLE-CLOSABLE DOME ROOF	1998.11.10	TAISEI CORP
F	特許	UPWASH PREVENTIVE DEVICE BY WIND OF MOVING ROOF IN OPENABLE-CLOSABLE DOME ROOF	1998.11.10	TAISEI CORP
F	特許	DOMED BUILDING	1998.12.02	PATENT ISLAND:KK
F	特許	DOME ROOF	1999.01.06	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	DOMED STRUCTURE AND EXHAUST DUCT	1999.01.12	OKAZAKI YASUYUKI
F	特許	CONSTRUCTION METHOD FOR DOME	1999.03.05	TAISEI CORP
F	特許	CONSTRUCTION METHOD FOR SHELL TYPE DOME ROOF	1999.03.05	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	DOME CONSTRUCTION	1999.03.05	TAISEI CORP
F	特許	DOME ROOF AND STRUCTURE THEREOF	1999.03.05	ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD
F	特許	SPACE TRUSS STRUCTURE	1999.05.11	TOMOE CORP
F	特許	STEEL FRAMED DOME STRUCTURE TO BE REINFORCED BY CABLES	1999.08.03	OHBAYASHI CORP
F	特許	SPACE TRUSS	1999.08.10	ASAHI CHEM IND CO LTD
F	特許	MULTISTAGE DOME STRUCTURE	1999.08.17	OHBAYASHI CORP
F	特許	OPEN-CLOSE TYPE DOME	1999.11.09	TOKAI UNIV
F	特許	SPACE TRUSS JOINT PART STRUCTURE	1999.12.21	NKK CORP
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF DOME TYPE STRUCTURE	2000.02.22	ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD
F	特許	GEODESIC DOME TYPE SIMPLE BUILDING	2000.04.18	ISHIZAKI BURIKITTEN:KK
F	特許	ASTRONOMICAL OBSERVATION DOME	2000.04.25	TECHNO PRODUCE:KK
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF DOME ROOF	2000.05.09	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	BUILT-UP METHOD OF PRESTRESSED CONCRETE SINGLE LAYER LATTICE DOME	2000.05.26	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	Structural connection system for use in a geodesic dome	2000.08.29	
F	特許	CONCRETE LATTICE DOME	2000.05.26	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	CONSTRUCTING METHOD FOR DOME ROOF	2000.05.26	OHBAYASHI CORP
F	特許	DOME	2000.06.20	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	Dual network dome structure	2001.02.27	
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF DOME-LIKE STRUCTURE	2000.08.08	HAZAMA GUMI LTD
F	特許	DOME-LIKE ROOF ERECTING METHOD	2000.11.14	SHIMIZU CORP
F	特許	SPACE TRUSS STRUCTURE, AND ITS JOINING STRUCTURE	2000.12.12	ARUTESU:KK
F	特許	JOINT STRUCTURE OF SPACE TRUSS	2001.02.06	TANAKA TATSUMI
F	特許	Split-sphere observatory dome with a rotating oculus window	2001.07.17	
F	特許	Dome structure	2001.08.21	
F	特許	Geodesic dome and method of constructing same	2001.10.02	
F	特許	CONSTRUCTION METHOD OF DOME-LIKE ROOF	2001.03.06	TOMOE CORP
F	特許	Skylight membrane with diverter	2002.03.12	
F	特許	OPENING AND CLOSING DEVICE FOR DOME ROOF	2001.03.13	TECHNO PRODUCE:KK
F	特許	CONSTRUCTION METHOD FOR REINFORCED CONCRETE DOME ROOF	2001.03.27	HAZAMA GUMI LTD
F	特許	DOMED ROOF AND METHOD FOR CONSTRUCTING THE SAME	2001.04.03	ISHII IRON WORKS CO LTD
F	特許	DOME ROOF SWING CONSTRUCTION METHOD AND PANEL POINT STRUCTURE	2001.05.29	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	DOME ROOF HORIZONTAL LOAD REDUCING DEVICE	2001.09.21	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	特許	TRIANGULAR FRAME USING HALF-SPLIT LUMBER FROM THINNING AND DOME STRUCTURAL METHOD BY THEIR COMBINATION	2001.11.22	KANKYO JIGYO KEIKAKU KENKYUSHO:KK
F	特許	DEVICE FOR PREVENTING DROP OF ROTATING SLEEVE USED IN COMMON AS SPACER IN SPACE TRUSS	2002.01.09	FUJISASH CO
F	特許	RETRACTABLE DOME-LIKE ROOF	2002.01.18	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
F	特許	OPENING AND SHUTTING DOME	2002.03.22	TOKAI UNIV

F	일본	METHOD FOR CONSTRUCTING DOME ROOF OR SPHERICAL ZONE ROOF ON ROOF OF BUILDING	2002.05.09	OSARAGI YOSHIKAZU
F	미국	Domed construction	2003.12.09	
F	미국	Polygon-shaped structural panel and construction method for geodesic domes	2003.12.09	
F	일본	STRUCTURE OF JOINT PART OF SPACE TRUSS AND JOINT MEMBER	2002.06.11	DAIWA HOUSE IND CO LTD
F	일본	DOMED ROOF	2002.06.21	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	일본	CONNECTION STRUCTURE OF TRIANGULAR PANEL BLOCK BODY IN DOME HOUSE AND ITS MANUFACTURING METHOD	2002.07.19	SAKAMOTO YOSHIMI
F	일본	JOIN PART STRUCTURE OF SPACE TRUSS	2002.07.31	TOMOE CORP
F	일본	SPACE TRUSS ASSEMBLING METHOD	2002.08.28	TOMOE CORP
F	일본	SPACE TRUSS FRAME	2002.08.28	TOMOE CORP
F	일본	METHOD OF CONSTRUCTING CABLE DOME	2002.09.18	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
F	일본	METHOD OF CONSTRUCTING DOME FOR PLANETARIUM	2002.09.25	GOTO OPTICAL MFG CO
F	일본	MULTIPURPOSE DOME	2002.10.09	ONODERA MITSUTOSHI
F	일본	DOME STRUCTURE	2003.01.29	KOBE STEEL LTD
F	일본	SPACE TRUSS AND ITS MANUFACTURING METHOD	2003.03.12	NKK CORP
F	일본	PARALLEL CHORD TRUSS, SPACE TRUSS AND ROOF STRUCTURE USING THESE TRUSS	2003.04.03	NKK CORP
F	일본	OPEN-CLOSE TYPE DOME ROOF AND ITS OPEN-CLOSE DRIVING DEVICE	2003.07.03	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
H	미국	Tensegrity module structure and method of interconnecting the modules	1980.06.17	
H	미국	Spiral helix tensegrity dome	1990.02.20	
H	미국	Deformable and elastic tensile-integrity structure	1997.11.18	
H	일본	CHORD TENSIONING TRUSS STRUCTURE	2005.01.06	SHIMIZU CORP
M	미국	Insulated air inflated structures	1976.02.10	
M	미국	Process for manufacturing a waterproofing assembly of laminated bituminous roofing membranes	1976.02.10	
M	미국	Inflatable building construction	1976.03.23	
M	미국	Erection method for a vaulted membrane structure	1976.05.04	
M	미국	Inflatable structures	1976.08.10	
M	미국	Air supported structure membrane configuration	1977.05.24	
M	미국	Inflatable building	1977.06.07	
M	미국	Construction of houses or similar buildings by means of an inflatable structure	1978.06.13	
M	미국	MEMBRANE BUILDING SEGMENT CONNECTION	1978.06.27	
M	미국	Inflatable structures	1978.07.11	
M	미국	Inflatable structure	1978.09.19	
F	일본	SPACE TRUSS	2003.09.25	MIA:KK
F	일본	AIR DOME	2003.11.19	JFE ENGINEERING KK
E	일본	ATTIC SPACE STRUCTURE	2004.10.28	SUMITOMO FORESTRY CO LTD
C	일본	CABLE-STAY ROOF FOR STADIUM OR ARENA AND METHOD OF CONSTRUCTION OF SAME	1989.06.29	SCHILDGE JR ADAM T
S	일본	FORMING METHOD FOR SHELL CONSTRUCTION AND COUPLING CONSTRUCTION OF GRATING UNIT	1989.07.14	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	FORMING METHOD FOR SHELL STRUCTURE AND FLEXIBLE BAR-SHAPED BODY	1989.07.20	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	LATTICE-SHAPED STRUCTURAL UNIT FOR SHELL STRUCTURE	1989.07.20	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	미국	Membrane anchor system with metal body	1984.08.28	
M	미국	Moving apparatus for a pneumatically supported membrane structure	1985.12.17	
M	미국	Air-supported fabric roof structure	1985.12.24	
M	미국	Fabric roof structure	1986.04.01	
M	미국	Building structure with transversely tensioned fabric covering	1987.02.24	
M	미국	Protected membrane roof system for high traffic roof areas	1987.04.21	
M	미국	Geodesic inflatable structure, and methods of constructing and utilizing same	1989.02.28	
M	미국	Coated roofing membrane	1989.05.09	
M	미국	Membrane supported reroofing system	1989.06.06	
M	일본	MEMBRANE ROOF STRUCTURE CAPABLE OF OPENING AND CLOSING	1989.07.26	FUJITA CORP
M	일본	REINFORCEMENT STRUCTURE OF MEMBRANE MEMBER FOR OPENING-AND-SHUTTING TYPE MEMBRANE STRUCTURE	1989.08.03	SAITO KIMIO
M	일본	RE-TENSIONING METHOD FOR MEMBRANE MEMBER OF SUSPENSION MEMBRANE STRUCTURE	1989.08.03	SAITO KIMIO
M	일본	TENSION INTRODUCING STRUCTURE FOR MEMBRANE USED IN OPENING-AND-SHUTTING TYPE MEMBRANE STRUCTURE BODY	1989.08.03	SAITO KIMIO
M	일본	DEVICE FOR OPENING AND SHUTTING ROOF SURFACE OF MEMBRANE STRUCTURE	1990.01.26	FUJITA CORP
M	일본	SLIDE-DOWN TYPE SNOW REMOVING MEMBRANE ROOF STRUCTURE	1990.02.01	TAISEI CORP
M	일본	MEMBRANE WINDER IN MEMBRANE ROOF	1990.05.25	FUJITA CORP
M	일본	INTRODUCING METHOD FOR TENSION IN OPENING AND CLOSING TYPE MEMBRANE STRUCTURE	1990.09.14	SAITO KIMIO
M	일본	COILER DEVICE OF MEMBRANOUS ROOF	1991.10.09	FUJITA CORP
M	일본	MEMBRANE ROOF GUIDE CONSTRUCTION OF OPENING AND CLOSING TYPE MEMBRANE ROOF DEVICE	1991.11.20	FUJITA CORP
M	일본	MEMBRANE ROOF REMOVING DEVICE OF OPENING AND CLOSING TYPE MEMBRANE ROOF DEVICE	1991.11.20	FUJITA CORP
M	일본	TENSION CONTROL DEVICE OF OPENING AND CLOSING MEMBRANE ROOF DEVICE	1991.11.20	FUJITA CORP
M	일본	WALL SURFACE FOLDING STRUCTURE OF OPENING AND CLOSING TYPE MEMBRANE ROOF	1992.02.05	TAISEI CORP
M	일본	REPAIRING OF MEMBRANE IN MEMBRANE CONSTRUCTION AND APPARATUS	1992.02.07	KYORITSU KOGYO KK
M	일본	AIR MEMBRANE STRUCTURE TENT	1992.08.04	TEIKOKU SEN I CO LTD
M	일본	AIR TENT	1992.08.20	TOYO TIRE & RUBBER CO LTD
M	일본	SUSPENSION MEMBRANE STRUCTURAL BODY	1992.12.24	mitsui constr co ltd
M	일본	TENSIL FORCE INTRODUCTION IN OPENABLE AND SHUTTABLE MEMBRANE STRUCTURAL BODY	1992.12.24	mitsui constr co ltd
M	일본	HEAT-INSULATING AIR INFLATED MEMBRANE STRUCTURE	1993.02.09	OHBAYASHI CORP
M	일본	CONSTRUCTION METHOD FOR ROOF FILM	1993.06.08	OHBAYASHI CORP
M	일본	FILM ROOF STRUCTURE	1993.06.08	OHBAYASHI CORP
M	일본	HEAT INSULATING FILM ROOF STRUCTURE	1993.06.08	OHBAYASHI CORP
M	일본	MANUFACTURE OF POST FOR DOME TYPE TENT	1994.04.26	TEIJIN LTD
M	일본	FRAMED STRUCTURE OF MEMBRANE STRUCTURE	1994.10.11	FUJITA CORP

M	일본	OPENING TYPE MEMBRANE STRUCTURE	2001.12.21	TAIYO KOGYO CORP
M	일본	OPENABLE ROOF FOR PNEUMATIC MEMBRANE STRUCTURE	2001.12.26	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
M	미국	Roofing membrane with external tabs	2000.02.08	
M	일본	OPEN-CLOSE TYPE MEMBRANE ROOF STRUCTURE	2003.03.19	TAISEI CORP
M	미국	Inflatable self-erecting tent	2001.07.24	
M	일본	TEMPORARY MEMBRANE TYPE MOVABLE ROOF STRUCTURE USING STRING BEAMS	2003.04.23	PENTA OCEAN CONSTR CO LTD
M	미국	Inflatable roof support systems	2001.09.04	
M	일본	AIR TUBE TYPE TENT	2003.05.21	KAWADA CONSTRUCTION CO LTD
M	일본	MEMBRANE ROOF AND JOINT METHOD OF ROOF MEMBER USING A KIND MEMBRANE	2003.06.27	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일본	MEMBRANE ROOF USING CLASS A MEMBRANE MATERIAL, AND TREATMENT METHOD FOR END OF MEMBRANE MATERIAL OF ROOF MEMBER USING CLASS A MEMBRANE MATERIAL	2003.07.18	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	미국	Multiple peak cable tent	2002.02.12	
M	미국	Inflatable insulative covering	2002.09.03	
M	미국	Mechanized fumigation tent	2002.09.17	
M	일본	ROOF-LIKE AIR MEMBRANE STRUCTURE WITH ENHANCED DURABILITY	2003.11.06	TEIJIN LTD
M	미국	System and method for enhancing the bond of roofing membrane to lightweight insulating concrete	2004.08.03	
M	일본	SUPPORTING STRUCTURE FOR TENT FRAME	2004.02.12	NEWTEC JAPAN CO LTD
S	미국	Method for constructing a thin-shell concrete structure designed for lifting with hydraulic apparatus	1977.03.15	
S	미국	Pressure and buckling resisting undulated polyhedral shell structure	1977.11.22	
S	미국	Roofing for domical shell structure	1978.01.17	
S	일본	LATTICED STRUCTURE FOR SHELL STRUCTURE	1989.10.05	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
E	일본	SUSPENDED ROOF MEMBER AND SUSPENDED ROOF STRUCTURE	2005.06.09	UNIV NIHON
F	일본	INTERNAL NEGATIVE PRESSURE TYPE AIR DOME	2003.11.19	JFE ENGINEERING KK
F	일본	SPACE TRUSS EXTRUSION STRUCTURAL MATERIAL AND SPACE TRUSS STRUCTURE MAKING USE THEREOF	2004.07.29	TECHNOSYSTEM INC
S	미국	Multi-edged shell structure	1981.12.01	
S	미국	Method of constructing shell-formed structures	1984.03.27	
S	미국	Pole shell building	1986.03.18	
S	미국	Monocoque building shell	1987.10.20	
F	일본	BUILDING METHOD FOR CABLE DOME ROOF	2004.12.02	TOMOE CORP
S	일본	CONSTRUCTION OF SHELL-SHAPED STRUCTURE	1990.07.20	IMAGAWA NORIHIRO
S	일본	MONOLAYER LATTICE SHELL USING SQUARE STEEL PIPE	1990.12.17	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	GRID OF SINGLE LAYER LATTICE SHELL	1991.02.25	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	SPLIT OPEN/CLOSE TYPE OUTER SHELL STRUCTURE OF BUILDING STRUCTURE	1991.10.21	NISHIMATSU KENSETSU KK
S	일본	COLUMN/BEAM JOINTING SECTION AND COLUMN/BEAM JOINTING SHELL	1992.10.21	SUMITOMO METAL IND LTD
S	일본	CONSTRUCTION OF SHELL STRUCTURE	1993.07.20	SUZUKI TOSHIRO
S	일본	SINGLE LAYER LATTICE SHELL	1994.07.05	SUZUKI TOSHIRO
S	일본	JOINT SECTION OF RIGID JOINT SINGLE LAYER LATTICED SHELL CONSTRUCTION	1995.01.20	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	METHOD FOR FORMING SPHERICAL LATTICE SHELL OF SINGLE LAYER	1995.08.15	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	METHOD OF LIFT-UP CONSTRUCTION OF SHELL ROOF	1995.10.31	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
S	일본	LATTICE SHELL STRUCTURE AND JOINT MEMBER	1995.11.07	SUZUKI TOSHIRO
S	일본	SHELL STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF	1996.01.16	SUZUKI TOSHIRO
S	일본	SHELL STRUCTURE	1998.01.20	SANKYO ALUM IND CO LTD
S	일본	STRUCTURE OF SHELL STRUCTURES	1999.01.26	TAISEI CORP
S	일본	CONSTRUCTION METHOD FOR SINGLE LAYER LATTICE SHELL STRUCTURE	1999.03.05	HANYA HIROHIKO
S	미국	Shell structure	1991.11.19	
S	미국	Shell structure and method of constructing	1991.12.03	
S	미국	Easily raisable and lowerable telescopic shell tower acoustic system and methods of making and using the system	1995.04.04	
S	일본	METHOD FOR SELECTING PLACEMENT POSITION OF STIFFENING MEMBER FOR SINGLE-LATTICED SHELL STRUCTURE AND RECTANGULAR PLANAR HYBRID SINGLE-LATTICED EP SHELL STRUCTURE	2000.03.28	HANYA SADAHIKO
S	일본	SHELL-SHAPE HOLDER AND ROOF BUILDING METHOD	2000.06.06	ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD
S	일본	OUTER SHELL STRUCTURE FOR BUILDING	2002.04.05	TAIYO KOGYO CORP
S	일본	METHOD AND DEVICE FOR STIFFENING SINGLE-LAYER LATTICED SHELL USING VARIABLE-STIFFNESS TENSION-STABILIZING TRUSS	2002.06.26	OHBAYASHI CORP
S	일본	SHELL STRUCTURE WITH LARGE SPAN	2002.10.23	OKABE NORIAKI ARCHITECTURE NETWORK:KK
S	일본	SHELL STRUCTURE	2003.01.08	CIVIL RENEWAL KK
S	일본	OUTER OPENING GRID SHELL ARCHITECTURAL STRUCTURE AND ITS CONSTRUCTION METHOD	2003.05.21	KUMAGAI GUMI CO LTD
S	일본	STIFFENING MEMBER LAYOUT DESIGN METHOD FOR SINGLE-LAYER LATTICE SHELL STRUCTURE	2003.08.27	HANYA SADAHIKO
S	일본	ROOF WITH SINGLE-LAYER LATTICE ARCH SHELL STRUCTURE USING LUMBER	2004.01.22	ISHIHARA SATOSHI

M	일	일	FIXING STRUCTURE FOR MEMBRANE PANEL OF MEMBRANE STRUCTURE	1994.11.15	TOUHATA KENCHIKU JIMUSHO:KK
M	일	일	WASTE DISPOSAL FACILITY WITH INFLATABLE ROOF	1994.11.15	SHIMIZU CORP
M	일	일	MEMBRANE STRUCTURE	1994.11.22	TOMOE CORP
M	일	일	CONNECTING STRUCTURE OF MEMBRANE	1995.01.27	OHBAYASHI CORP
M	일	일	COUPLING STRUCTURE OF MEMBRANE	1995.02.10	OHBAYASHI CORP
M	일	일	CONNECTING STRUCTURE OF MEMBRANE	1995.02.21	OHBAYASHI CORP
M	일	일	MEMBRANE MATERIAL IN MEMBRANE STRUCTURE	1995.04.25	BIRDAIR INC
M	일	일	FRAMED STRUCTURE OF MEMBRANE	1995.06.13	FUJITA CORP
M	일	일	MEMBRANE MATERIAL IN MEMBRANE STRUCTURE	1995.06.13	HORST BERGER
M	일	일	MEMBRANOUS STRUCTURE	1995.07.18	HAZAMA GUMI LTD
M	일	일	MEMBRANE ROOF CONSTRUCTION METHOD AND MEMBRANE ROOF STRUCTURAL BODY	1995.08.08	TAISEI CORP
M	일	일	AIR TUBE OPEN/CLOSE ROOF SYSTEM	1995.10.17	SHIMIZU CORP
M	일	일	CONNECTION PIN FOR TENT MEMBRANE	1995.11.07	T S P TAIYO KK
M	일	일	DOUBLE AIR MEMBRANE ROOF STRUCTURE	1995.11.07	FUJITA CORP
M	일	일	GAS VESSEL BY SYSTEM IN WHICH GAS EXPANSION IN MEMBRANE ROOF BY USING GAS IS CONTROLLED NATURALLY	1996.01.09	SYST DESIGN LAB:KK
M	일	일	PRE-STRETCHING UNITED STRUCTURE OF CONTINUOUS MEMBRANE OF MAMBRANE ROOF STRUCTURE, FORMING THEREOF AND STRETCHING METHOD OF CONTINUOUS MEMBRANE OF MEMBRANE ROOF STRUCTURE	1996.06.18	OGAWA TENTO KK
M	일	일	TENT MEMBRANE	1996.07.02	T S P TAIYO KK
M	일	일	OPENING-CLOSING TYPE MEMBRANE ROOF STRUCTURE AND OPENING AND CLOSING METHOD OF ROOF THEREOF	1996.07.30	KAWAGUCHI MAMORU
M	일	일	MEMBRANE BUILDING	1996.10.08	TORAY IND INC
M	일	일	MEMBRANOUS STRUCTURE FOR SPORTS FACILITIES	1996.10.08	TORAY IND INC
M	일	일	METHOD OF BUILDING MEMBRANE TYPE ROOF	1996.11.19	TAISEI CORP
M	일	일	MEMBRANE ROOF STRETCHING SPREADER	1996.11.26	TAIYO KOGYO KK
M	일	일	MEMBRANE CONSTRUCTION OF AIR TENT	1997.02.10	FUJITA CORP
M	일	일	OPENING AND CLOSING TYPE MEMBRANE STRUCTURAL ROOF	1997.06.03	OHBAYASHI CORP
M	일	일	OPEN AND CLOSE MECHANISM IN OPEN AND CLOSE TYPE MEMBRANE ROOF	1997.07.15	MAEDA CORP
M	일	일	OPEN AND CLOSE MECHANISM ON OPEN AND CLOSE MEMBRANE ROOF	1997.07.15	MAEDA CORP
M	일	일	WIRE BREAKING SAFETY DEVICE OF MEMBRANE ROOF OPENING AND SHUTTING DEVICE	1997.07.22	TAIYO KOGYO KK
M	일	일	DOUBLE AIR ROOF MEMBRANE	1997.08.12	OHBAYASHI CORP
M	미	미	Process of erecting an inflatable building	1990.05.15	
M	미	미	Inflatable structure	1990.06.12	
M	미	미	Jointing device for tents, covers etc.	1990.12.25	
M	미	미	Suspended membrane structure	1991.01.08	
M	미	미	Stress plate for roof membrane fastener assembly	1991.12.03	
M	미	미	Fabric structure with double tensioning cables	1992.09.15	
M	일	일	CONSTRUCTION METHOD OF MEMBRANE STRUCTURE ROOF	1997.11.18	JDC CORP
M	일	일	SUPPORTING STRUCTURE OF AUXILIARY MEMBRANE OF MEMBRANE STRUCTURED ROOF	1997.12.09	TAISEI CORP
M	미	미	Inflatable structure	1993.09.28	
M	미	미	Inflatable vault which can be opened out and collapsed	1994.04.19	
M	미	미	Inflatable housing structure	1994.04.26	
M	미	미	Tension membrane structure wrinkle elimination	1994.08.02	
M	일	일	CONSTRUCTION METHOD OF DOUBLE-MEMBRANE ROOF	1998.01.20	FUJITA CORP
M	일	일	SUPPORT DEVICE OF INSTALLATION MEMBER FOR MEMBRANE ROOF	1998.01.20	FUJITA CORP
M	일	일	MEMBRANE STRUCTURE ROOF BEAM MATERIAL AND MEMBRANE STRUCTURE ROOF	1998.03.17	SKY PIA:KK
M	일	일	DOUBLE METALLIC AIR MEMBRANE STRUCTURE	1998.05.26	NIPPON STEEL CORP
M	미	미	Inflatable vault	1996.06.18	
M	일	일	AIR FILM STRUCTURE	1998.06.16	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일	일	CONSTRUCTION METHOD OF CONCRETE STRUCTURE USING MEMBRANOUS BODY	1998.06.16	FUJITA CORP
M	미	미	Inflatable structure	1996.11.05	
M	일	일	ROOF-LIKE AIR MEMBRANE STRUCTURE	1998.08.04	TEIJIN LTD
M	미	미	Method of installing a fully adhered roofing membrane	1997.10.07	
M	일	일	MEMBRANE CONSTRUCTION	1998.10.20	TAIYO KOGYO KK
M	일	일	AIR-INFLATED MEMBRANE STRUCTURAL BODY	1998.12.15	TEIJIN LTD
M	미	미	Inflatable building construction	1998.10.06	
M	일	일	ROOF MEMBRANE MATERIAL	1999.01.19	OHBAYASHI CORP
M	미	미	Inflatable roof which can be unfolded and folded away	1999.06.22	
M	일	일	FIXING DEVICE FOR SUPPORT POLE OF DOME SHAPE TENT	1999.03.05	J MAAKETEINGU KENKYUSHO:KK
M	일	일	MEMBRANE STRUCTURE	1999.04.06	TOMOE CORP
M	일	일	FLASHING CONSTRUCTION FOR OPENABLE MEMBRANE ROOF	1999.04.20	MAEDA CORP
M	일	일	JOINT CONSTRUCTION OF ANTIFOULING MEMBRANE IN MEMBRANE STRUCTURE	1999.08.03	TAIYO KOGYO KK
M	일	일	DOUBLE MEMBRANE BUILDING	1999.08.24	NKK CORP
M	일	일	AIR MEMBRANE STRUCTURE USING TENSION RING	1999.09.21	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일	일	AIR-INFLATED MEMBRANE STRUCTURE	1999.10.19	TEIJIN LTD
M	일	일	OPENING/CLOSING STRUCTURE AND METHOD FOR MEMBRANE ROOF	2000.02.29	TAKENAKA KOMUTEN CO LTD
M	일	일	AIR-INFLATED MEMBRANE STRUCTURAL BODY	2000.03.07	TEIJIN LTD
M	일	일	TENSION INTRODUCTION DEVICE FOR MEMBRANE ROOF	2000.04.18	KAJIMA CORP
M	일	일	AIR MEMBRANE STRUCTURE	2000.08.15	TEIJIN LTD
M	일	일	DOME TENT AND BEARING STRUCTURE THEREOF	2000.08.22	ROGOSU CORP:KK
M	일	일	LIGHTNING CONDUCTOR MOUNTING STRUCTURE FOR MEMBRANE ROOF	2000.08.29	TAISEI CORP
M	일	일	AIR-INFLATED MEMBRANE STRUCTURE	2000.12.05	TAISEI CORP
M	일	일	OPENING/CLOSING TYPE MEMBRANE ROOF DEVICE	2001.03.21	KAJIMA CORP
M	일	일	STRUT TYPE TENSION MEMBRANE STRUCTURE AND SPACE SKELETON STRUCTURE FOR IT	2001.08.03	SAITO KIMIO KENKYUSHITSU:KK
M	일	일	ARRANGING METHOD OF MEMBRANE ROOF STRUCTURE	2001.10.31	TAISEI CORP
M	일	일	MEMBRANE ROOF STRUCTURE	2001.10.31	TAISEI CORP
M	일	일	TEAR PROPAGATION PREVENTION STRUCTURE OF MEMBRANE BODY IN MEMBRANE STRUCTURAL BUILDING	2001.11.16	TAIYO KOGYO CORP

2. 논문 상세 현황

구분	번호	논문제목	저자	호수	년도
S	건축학회_01	Degenerated 셸 요소를 이용한 셸 구조의 선형해석	허명재 외 1명	16권10호	2000년10월
C	건축학회_02	동적 이완법에 의한 탄성 현수선 케이블의 비선형 해석에 관한 연구	한상을 외 2명	16권11호	2000년11월
M	건축학회_03	재료 특성을 고려한 막 구조물의 최적 재단도 결정에 관한 연구	이장복 외 3명	16권11호	2000년11월
M	건축학회_04	축지선 알고리즘을 이용한 막구조물의 재단도 생성	배종호 외 1명	16권12호	2000년12월
S	건축학회_05	평면 삼각 셸구조를 이용한 판 및 셸 구조물의 유한요소해석 프로그램 개발	김재열 외 3명	16권1호	2000년01월
C	건축학회_06	일반 역행렬을 이용한 케이블 네트 구조물의 형상 결정에 관한 연구	김재열 외 2명	16권6호	2000년06월
M	건축학회_07	막 구조물의 재단도 해석 및 준공평형 형상해석에 관한 연구	이장복 외 3명	16권7호	2000년07월
F	건축학회_08	Roller지지된 단층 래티스 돔의 탄소성 좌굴 내력에 접합 형식이 미치는 영향	정명채	16권8호	2000년08월
F	건축학회_09	래티스 돔의 다분기 해석을 위한 알고리즘에 관한 연구	윤한홍 외 1명	16권9호	2000년09월
F	건축학회_10	포스트텐션에 의한 공간트러스 형성과 극한 하중 시험	김진우	17권5호	2001년05월
S	건축학회_11	편평셸 구조의 진동문제에 대한 경계요소법의 적용	서일교	17권5호	2001년05월
F	건축학회_12	접합부의 특성을 고려한 볼 접합 단층 래티스 돔의 탄소성 좌굴해석	한상을 외 2명	17권6호	2001년06월
F	건축학회_13	다중분할기법을 이용한 대형 3차원 트러스 구조물의 병렬구조해석 알고리즘	박호선 외 1명	17권8호	2001년08월
C	건축학회_14	케이블 돔의 안정화 이행 및 붕괴과정 해석	한상을 외 1명	17권9호	2001년09월
F	건축학회_15	대공간 구조물 접합부의 설계 자동화 시스템 개발	신동철 외 1명	18권12호	2002년12월
S	건축학회_16	유한요소법을 이용한 복합적층 셸구조물의 기하학적 비선형해석	김재열 외 2명	18권5호	2002년05월
H	건축학회_17	단일 곡률을 갖는 아치형 텐세그러티 시스템 개발	고광웅 외 2명	18권8호	2002년08월
F	건축학회_18	단층 및 복층 래티스 돔의 좌굴특성에 관한 비교연구	박상훈 외 2명	18권9호	2002년09월
F	건축학회_19	절단된 지오데식 돔의 형상 균일화 알고리즘	이효천 외 1명	19권12호	2003년12월
C	건축학회_20	케이블 돔 구조물의 형상최적화에 관한 연구	김승덕 외 1명	19권7호	2003년07월
M	건축학회_21	선재요소를 이용한 인장막구조의 형상해석	한상을 외 2명	20권3호	2004년03월
C	건축학회_22	이동된 요소를 갖는 케이블-막 구조물 해석을 위한 ALE 유한요소 알고리즘 개발	송평훈 외 3명	20권3호	2004년03월
C	건축학회_23	TCS요소를 이용한 케이블-막 구조물의 초기형상해석 및 응력변형해석	송평훈 외 1명	20권7호	2004년07월
F	건축학회_24	단층 래티스 돔의 단면산정법에 있어서의 형상초기불완전성의 영향	김종민 외 2명	20권7호	2004년07월
F	건축학회_25	복층 평판형 공간 트러스의 그리드 형태 및 지지상태에 따른 좌굴특성	석창욱	20권9호	2004년09월
C	건축학회_26	케이블 돔 구조물의 비선형 시공해석에 관한 연구	김승덕 외 1명	20권9호	2004년09월
S	건축학회_27	저차고체요소를 이용한 셸 구조물의 자유진동해석에 대한 비교연구	이상진 외 1명	21권4호	2005년04월
F	건축학회_28	스페이스 프레임 구조해석을 위한 웹기반 데이터베이스 모델링	석창욱	21권8호	2005년08월

건축학회(구조) 2000년1월~2005년11월 발표논문 1379편중 대공간구조관련논문 28편-2%

대공간구조관련-28편 중

케이블-7편
스페이스프레임-11편
하이브리드-1편
막-4편
셸-5편

구분	번호	제 목	저자	호 수	년도
S	강구조 01	비등방성 원통형 쉘의 안정성에 관한 연구	박근우 외2인	한국강구조학회 논문집, v.12, n.2	(2000-04)
S	강구조 02	자유경계를 갖는 비등방성 원뿔형 쉘의 해석	손병직 외2인	한국강구조학회 논문집, v.12, n.4	(2000-08)
H	강구조 03	광주월드컵 경기장 지붕면의 풍압특성에 관한 실험적 연구	박연수 외2인	한국강구조학회 논문집, v.12, n.5	(2000-10)
S	강구조 04	2 층 원통형의 탄성 충격응답 해석	박승진 외1인	한국강구조학회 논문집, v.12, n.6	(2000-12)
F	강구조 05	실용적인 고등해석을 이용한 공간 강배대구조물의 적절설계	김승덕 외1인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.2	(2001-04)
S	강구조 06	축하중을 받는 원통형 쉘의 좌굴강도	김승덕 외3인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.2	(2001-04)
F	강구조 07	Genetic Algorithms 에 의한 입체트러스의 시스템 형상 및 단면 아산화 최적설계	박준욱 외2인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.5	(2001-10)
H	강구조 08	Hybrid 구조물의 비선형 불안정 거동에 관한 연구 (1) / 초기형상 불완전에 의한 정적 연내비틀림 좌굴	김승덕 외3인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.5	(2001-10)
H	강구조 09	Hybrid 구조물의 비선형 불안정 거동에 관한 연구 (2) / STEP 하중에서의 동적 연내비틀림 좌굴 특성	김승덕 외2인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.6	(2001-10)
F	강구조 10	복합재료 그물형 공간 트러스의 정탄성적 비선형 해석	한성천 외1인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.6	(2001-12)
F	강구조 11	유전자 알고리즘에 의한 트러스의 형상 및 위상최적설계	박준욱 외2인	한국강구조학회 논문집, v.13, n.6	(2001-12)
S	강구조 12	대변형 효과를 고려한 비등방성 원통형 쉘의 거동에 관한 연구	전경식 외2인	한국강구조학회 논문집, v.14, n.4	(2002-08)
S	강구조 13	점진적 소성화를 고려한 공간 강배대구조의 극한강도해석	김성보 외3인	한국강구조학회 논문집, v.15, n.3	(2003-06)
F	강구조 14	경량형강 지붕트러스 앵커부의 거동	권영봉 외3인	한국강구조학회 논문집, v.15, n.5	(2003-10)
F	강구조 15	트러스 구조물의 형상최적화에 관한 연구	임연수 외2인	한국강구조학회 논문집, v.16, n.1	(2004-02)
C	강구조 16	케이블 동 구조물의 형태 변화에 따른 비선형 불안정 거동의 특성에 관한 연구	김승덕 외2인	한국강구조학회 논문집, v.16, n.3	(2004-06)
F	강구조 17	점합부의 비선형 거동을 고려한 공간 강배대 구조물의 고등해석과 최적설계	최세훈	한국강구조학회 논문집, v.16, n.5	(2004-10)
F	강구조 18	개선된 퍼지-유전자알고리즘에 의한 비선형거동을 고려한 평면 및 입체 강구조물의 통합 단면, 형상 최적화	박준욱 외2인	한국강구조학회 논문집, v.17, n.4	(2005-08)

강구조학회 2000년이후 논문집 발표수 447편 중 대공간구조 관련 논문 수 18편 : 4%에 지나지않음

대공간구조관련-18편 중

케이블-1편
스페이스프레임-8편
하이브리드-3편
막-편
쉘-6편

구분	번호	제 목	저 자	호 수	년도
S	전산_1	잔류응력을 고려한 보강된 셸 구조의 극한강도 해석	김문영 외 2인	06월	2000
S	전산_2	가정변형도 셸요소를 이용한 보강된 셸구조의 기하학적 비선형 해석	최명수 외 2인	06월	2000
S	전산_3	스위프 기하학적 모델을 사용한 프리즘 셸의 최적화	이상진	06월	2000
S	전산_4	개선된 셸 요소를 이용한 셸구조의 유한요소해석	허명재 외 2인	12월	2000
F	전산_5	복합 호장법을 이용한 공간 트러스의 비선형 해석	석창목 외 1인	12월	2000
C	전산_6	케이블 지지구조물의 구조해석을 위한 개선된 유한요소	김선훈 외 2인	06월	2001
E	전산_7	경기장 관람석의 효율적인 진동해석	김기철 외 1인	06월	2002
F	전산_8	공간 트러스에 대한 효율적인 비선형 해석 기법 제안	석창목 외 1인	09월	2002
C	전산_9	케이블 처짐 형상 결정을 위한 반복 계산법의 개발	정진환 외 3인	12월	2002
E	전산_10	정현형 조화하중에 의한 아치구조물의 동적좌굴특성에 관한 연구	김승덕 외 1인	03월	2004

2000년 이후 전산구조공학회 게재 논문 299편중 대공간구조 관련 논문10편 : 3.3%
단, 학술제와 2000년9월, 2001년3월, 2003년3월, 2004년12월 논문은 누락

대공간구조관련-10편 중

케이블-2편
스페이스프레임-2편
하이브리드-편
막-편
셸-4편
기타-2편

구분	번호	제 목	저 자	호 수	년도
C	셀공간_01	케이블돔 구조물의 불안정 현상에 대한 브레이싱 보강 효과	김승덕 외 2명	12월호	2001
F	셀공간_02	접합부 편심을 고려한 단층 래티스돔의 좌굴특성에 관한 연구	박상훈 외 3명	창간호	2001
F	셀공간_03	유전자알고리즘에 의한 공간 트러스의 자동 이산화 최적설계	박춘욱 외 2명	창간호	2001
F	셀공간_04	인터넷을 통한 스페이스 프레임 구조 해석에 관한 연구	석창묵 외 4명	창간호	2001
F	셀공간_05	철골 트러스 구조의 자동화 최적설계	편해완 외 3명	창간호	2001
F	셀공간_06	스페이스 프레임 구조물의 통합설계시스템 개발	이주영 외 1명	12월호	2001
M	셀공간_07	막구조물의 준공평형형상해석 및 최적재단도 결정	이장복 외 1명	창간호	2001
S	셀공간_08	강체유소법에 의한 셀구조물의 탄소성해석	박강근 외 2명	12월호	2001
C	셀공간_09	부산종합운동장 주경기장 케이블 지붕구조물의 시공	이주영 외 1명	3월호	2002
C	셀공간_10	일반역행렬을 이용한 케이블네트 구조물 형태결정에 관한 연구	서상열 외 1명	3월호	2002
C	셀공간_11	제주월드컵경기장 지붕지지 케이블의 시공	이주영 외 1명	12월호	2002
E	셀공간_12	대공간 구조형식 분류체계에 관한 연구	양재혁	9월호	2002
F	셀공간_13	확장 칼만 필터 이론을 이용한 3차원 트러스 구조물의 2단계 손상 추정에 관한 연구	유숙경 외 2명	3월호	2002
F	셀공간_14	자봉마감재 강성효과를 고려한 2방향 그리드 단층돔의 좌굴특성에 관한 연구	박상훈 외 3명	3월호	2002
F	셀공간_15	퍼지-유전자 알고리즘에 의한 공간 트러스의 형상 최적화	박춘욱 외 2명	9월호	2002
F	셀공간_16	경계부 형상이 타원형인 복층 래티스 돔의 좌굴특성에 관한 연구	서영일 외 2명	9월호	2002
F	셀공간_17	유전자 알고리즘에 의한 평면 및 입체 트러스의 형상 및 위상 최적 설계	여백유 외 2명	9월호	2002
H	셀공간_18	텐세그리티 단위 구조의 형상 결정에 관한 연구	고광웅 외 2명	6월호	2002
S	셀공간_19	변형종속하중을 받는 셀구조물의 해석	장영호 외 1명	3월호	2002
S	셀공간_20	Runge-Kutta 법을 이용한 축대칭하중을 받는 적교 이방성 구형 쉘의 해석	김우식 외 2명	9월호	2002
S	셀공간_21	강성분포가 주기성을 갖는 구형쉘의 좌굴 해석	박상훈	12월호	2002
F	셀공간_22	라이즈비에 따른 사각형 격자 돔의 좌굴 해석	박상훈 외 3명	6월호	2003
F	셀공간_23	접합부 특성을 고려한 볼 접합 단층 래티스 돔의 탄소성 좌굴해석	한상을 외 2명	6월호	2003
F	셀공간_24	개선된 진화론적 구조최적화에 의한 트러스 구조물의 형태 결정	정세형 외 1명	9월호	2003
H	셀공간_25	케이블-트러스 복합구조물의 형상최적화에 관한 연구	한상을 외 1명	9월호	2003
F	셀공간_26	브레이스로 보강된 사각형 래티스돔의 좌굴내력 평가	황영민 외 2명	12월호	2003
H	셀공간_27	내력일도법을 이용한 텐세그리티 구조물의 안정화 기법에 관한 연구	서상열 외 1명	12월호	2003
S	셀공간_28	셀구조물의 기하학적 비선형해석	장영호 외 2명	12월호	2003
F	셀공간_29	트러스형 공간구조물의 초기 불완전을 고려한 불안정 현상에 대한 연구	이진혁 외 4명	6월호	2004
F	셀공간_30	비선형 파라메트릭 사영필터에 의한 트러스 구조물의 손상 검출	문호준 외 1명	6월호	2004
E	셀공간_31	연속 응답 스펙트럼 분석에 의한 아치 구조물의 동적 좌굴 특성	김승덕 외 1명	6월호	2004
F	셀공간_32	개선된 유전자 알고리즘을 이용한 평면 철골트러스의 형상계획 및 단면 이산화 최적설계	김수원 외 3명	6월호	2004
H	셀공간_33	구조시스템에 따른 Tensegrity형 케이블 돔의 정적 불안정 거동특성	조인기 외 3명	9월호	2004
F	셀공간_34	조합하중을 받는 단층 래티스 돔과 아치의 안정경계에 관한 연구	한상을 외 2명	9월호	2004
S	셀공간_35	주기적인 강성분포를 갖는 구형쉘의 좌굴해석	정현욱	12월호	2004
S	셀공간_36	Vibrations of Complete Paraboloidal Shells with Variable Thickness from a Three-Dimensional Theory	장경묵 외 2인	12월호	2004
H	셀공간_37	텐세그리티 모듈의 변형 및 응용에 관한 연구	최선영 외 2명	6월호	2005
H	셀공간_38	막과 텐세그리티를 이용한 하이브리드 구조물의 단위 구조 제안	서상열 외 1명	6월호	2005

셀공간학회 2001년이후 논문집 발표수 96편 중 대공간구조 관련 논문 수 38편 : 40%
2005년 3, 12월 누락

대공간구조관련-38편 중

케이블-4편
스페이스프레임-18편
하이브리드-6편
막-1편
쉘-7편
기타-2편

구분	번호	제 목	저 자	출 처	년 도
C	ASCE_01	Nonlinear Analysis of Self-Erecting Framework by Cable-Tensioning Technique	N. M. Punniyakotty	J. Struct. Engrg.	126 2000
F	ASCE_02	Large Deformation of Inelastic Large Space Frame. I: Analysis	Akio Hori and Akira Sasagawa	J. Struct. Engrg.	126 2000
F	ASCE_03	Large Deformation of Inelastic Large Space Frame. II: Application	Akio Hori and Akira Sasagawa	J. Struct. Engrg.	126 2000
F	ASCE_04	Nonlinear Stability of Ring-Stiffened Prestressed Domes	Vinasithamby Ragavan and Amde M. Amde	J. Struct. Engrg.	126 2000
F	ASCE_05	Design of Nonlinear Framed Structures Using Genetic Optimization	S. Pezeshk	J. Struct. Engrg.	126 2000
F	ASCE_06	Super Bar Theory and BP System in Super Span Flat Space Frames	Bin-Bing Wang	J. Struct. Engrg.	126 2000
S	ASCE_07	Analysis of Plates and Shells	Eric M. Lui	J. Struct. Engrg.	126 2000
M	ASCE_08	Physical Approach for Reinforced-Concrete PARC Membrane Elements	Beatrice Belletti	J. Struct. Engrg.	127 2001
S	ASCE_09	Flexural Behavior of Circular Concrete Filled FRP Shells	Andrew Davol	J. Struct. Engrg.	127 2001
C	ASCE_10	Geometrically Nonlinear Static Behavior of Cable Structures	D. Gasparini and V. Gautam	J. Struct. Engrg.	128 2002
E	ASCE_11	Review of Deployable structures: Analysis and design by C. J. Gantes	Arup Maji. J. Struct. Engrg.	128, 962	J. Struct. Engrg.
E	ASCE_12	Special Structures: Past, Present, and Future	Richard Bradshaw, David Campbell, Mousa Gargari	J. Struct. Engrg.	128 2002
M	ASCE_13	Membrane Elements Subjected to In-Plane Shearing and Normal Stresses	Khalidoun N. Rahal	J. Struct. Engrg.	128 2002
S	ASCE_14	Failure Analysis of Reinforced Concrete Shell Structures using Layered Shell Element with Pressure Node	Ha-Wong Song	J. Struct. Engrg.	128 2002
C	ASCE_15	Control of Seismically Excited Cable-Stayed Bridge Employing Magnetorheological Fluid Dampers	Hyung-Jo Jung	J. Struct. Engrg.	129 2003
E	ASCE_16	Form Finding of Sparse Structures with Continuum Topology Optimization	Salam Rahmatalla and Colby C. Swan	J. Struct. Engrg.	129 2003
F	ASCE_17	Effects of Stiffeners on Nonlinear Stability of Self-Erecting Dome	Vinasithamby Ragavan and Amde M. Amde	J. Struct. Engrg.	129 2003
F	ASCE_18	Nonlinear Analysis as a Diagnostic Tool for the Strengthening of an Old Wooden Dome	Alessandra Marini and Paolo Riva	J. Struct. Engrg.	129 2003
H	ASCE_19	Adjustable Tensegrity Structures	Etienne Fest, Kristina Shea, Bernd Domer	J. Struct. Engrg.	129 2003
H	ASCE_20	Combining Dynamic Relaxation Method with Artificial Neural Networks to Enhance Simulation of Tensegrity Structures	Bernd Domer, Etienne Fest, Vikram Lalit	J. Struct. Engrg.	129 2003
M	ASCE_21	Cracked Membrane Model: Finite Element Implementation	Stephen J. Foster and Peter Marti	J. Struct. Engrg.	129 2003
M	ASCE_22	Feasibility and Optimization of Rigidified Inflatable Structures for Housing	Steven Van Dessel	J. Struct. Engrg.	129 2003
F	ASCE_23	Design of Space Trusses Using Ant Colony Optimization	Charles V. Camp and Barron J. Bichon	J. Struct. Engrg.	130 2004
H	ASCE_24	Active Tensegrity Structure	Etienne Fest	J. Struct. Engrg.	130 2004
S	ASCE_25	Anton Tedesko and the introduction of Thin Shell Concrete Roofs in the United States	Eric M. Hines and David P. Billington	J. Struct. Engrg.	130 2004
S	ASCE_26	Concrete Shells Form-Finding with Surface Stress Density Method	Bernard Maurin and Rene Motro	J. Struct. Engrg.	130 2004
C	ASCE_27	Tangent Geometric Stiffness of Inclined Cables Under Self-Weight	A. Der Kiureghian and J. L. Sackman	J. Struct. Engrg.	131 2005

ASCE 2000년 이후 대공간구조 관련 논문 수 27편

대공간구조관련-27편 중

케이볼-4편
스페이스프레임-8편
하이브리드-3편
막-4편
셀-5편
기타-3편

구분	번호	제목	저자	개월일	년도
E	USS 001	Design Strategies for Controlling Structural Instabilities	Gantes, Charis J.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
E	USS 002	A New Approach to Seismic Isolation: Possible Application in Space Structures	Talenicht I.; Kawaguchi M.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
E	USS 003	Formax Configuration Processing I	Nooshin H.; Disney P.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
E	USS 004	Key Points in Design of the Space Truss Structure	Zhao, H.L.; Zhao, G.O.; She, Y.H.; Guo, X.M.; Yin, L.F.	Volume 15, Number 1, 1 March 2000	2000
E	USS 005	Member Buckling with Joint Instability - Design Application	Hanser, A.; Dallard, P.R.; Levy, R.; Gelberg, M.	Volume 15, Number 1, 1 March 2000	2000
E	USS 006	The Influence of Geometrical Tolerances on the Behaviour of Space Structures	Bajut, Nicolas; Gioncu, Victor	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
E	USS 007	Research on the Dynamic Characteristics and Seismic Response of Space Frames	Zhang, Yigang; Lan, Tian T.	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
E	USS 008	Seismic Behaviour of Space Structures	Mohaddam H. A.	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
E	USS 009	Some Observations on Designing Double Layer Grids	Marsh, Cedric	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
F	USS 010	Buckling Behaviour of Aluminium Ball Jointed Single Layered Reticular Domes	Hiyama Y.; Takashima H.; Iijima T.; Kato S.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
F	USS 011	Evaluation Method for Prediction Dynamic Collapse of Double Layer Latticed Space Truss Structures due to Earthquake	Shikawa, Koichiro; Okubo, Shoji; Hiyama, Yuliro; Kato, Shiro	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
F	USS 012	Geometrically Nonlinear Analysis of Reticulated Domes	Rajasekaran S.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
F	USS 013	Integrated Design System for Lattice Domes	Lin S. P.; Albermani F.	Volume 15, Number 1, 1 March 2000	2000
F	USS 014	Some Design Aspects Peculiar to Space Trusses	Schmidt, Lewis C.	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
M	USS 015	Computer Cutting Pattern Generation of Membrane Structures	Xia X.; Meek J. L.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
M	USS 016	Initial Stress Field Determination of Membranes Using Optimization Technique	Uetani K.; Fujii E.; Ohsaki M.; Fujiwara J.	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
S	USS 017	A Study on the Seismic Response of Lattice Shells	Gao, Zhi Zhang, Yigang	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
S	USS 018	Buckling Analysis of Reticulated Shells	Dalacsa, Endre; Kollar, Lajos	Volume 15, Numbers 3-4, 1 December 2000	2000
S	USS 019	Non-linear Free Vibration of Single-layer Reticulated Shallow Spherical Shells	Nia G. H.	Volume 15, Number 2, 1 June 2000	2000
C	USS 020	Limit-state Analysis and Design of Cable-tensioned Structures	Liew J. Y. R.; Punniyakoty N. M.; Shanmugam N. E.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
C	USS 021	Optimal Design of Cable Structures with Genetic Algorithms	Gandhi J. B.; Patodi S. C.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
E	USS 022	A Review of the Development of Spatial Structures in China	Shen S. Z.; Len T. T.	Volume 16, Number 1, 1 March 2001	2001
E	USS 023	Buildings with Spatial Forms in Remote Antiquity of China	Zhi Z. F.	Volume 16, Number 2, 1 June 2001	2001
E	USS 024	Continuous-Discrete Variable Optimization of Space Structures with Sizing Variables Using Approximation Methods	Salehbeh E.; Salehbeh J.	Volume 16, Number 2, 1 June 2001	2001
E	USS 025	Design Conception and Development Simulation for a Highly Synchronized Extendable/Retractable Space Mast	Wu C.; Yao Zhi L.; Gong-Yi F.; Jing-Hai G.; Shi-Lin C.	Volume 16, Number 2, 1 June 2001	2001
E	USS 026	Dynamic Snap-through Buckling of Tensegrity Structures	Maillat M.; Malola C. H.; Goncalves R. M.; Souza A. C.	Volume 16, Number 2, 1 June 2001	2001
E	USS 027	Evaluation of Deployable Structures for Space Enclosures	Sheldahl M. R.; Parke G. A. R.; Abedi K.; Behravesht A.	Volume 16, Number 2, 1 June 2001	2001
E	USS 028	Formax Configuration Processing II	Hanser A.; Levy R.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
E	USS 029	Optimization of Large Scale Three Dimensional Reticulated Structures Using Cellular Genetics and Neural Networks	Nooshin H.; Disney P.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
E	USS 030	Performance of Single-layer Barrel Vaults with Different Configurations	El-Sheikh A.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
F	USS 031	A Study on Space Masts Based on Octahedral Truss Family	Wu-Jun C.; Yao-Zhi L.; Gong-Yi F.; Jing-Hai G.; Shi-Lin C.	Volume 16, Number 3, 1 September 2001	2001
F	USS 032	Experimental Analysis of the Structural Performance of Space Trusses Commonly Used in Brazil	Maillat M.; Malola C. H.; Goncalves R. M.; Souza A. C.	Volume 16, Number 3, 1 September 2001	2001
F	USS 033	Experimental Study of Dynamic Propagation of Local Snap-through on Single-layer Braced Domes	Abedi K.; Parke G. A. R.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
F	USS 034	Shape Formation of some Dome-like Space Trusses	Schmidt L. C.; Saito S.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
H	USS 035	About Some Tensegrity Structures	Saifridos R. G.	Volume 16, Number 1, 1 March 2001	2001
H	USS 036	Evolution of Natural Frequencies in Tensegrity Systems: A Case Study	Moussa B.; Ben Kahla N.; Pons J. G.	Volume 16, Number 3, 1 September 2001	2001
H	USS 037	From Tensegrity Grids to Cable-stayed Grids	Bin-Bing W.; Yan-Yun L.	Volume 16, Number 4, 1 December 2001	2001
C	USS 038	Effect of a Cable Rupture on Tensegrity Systems	Kahla N. B.; Moussa B.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
C	USS 039	Evidence from a Course on "Formfinding and Analysis of Tension Structures", held at the University of Stuttgart for 10	Linowitz K.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
C	USS 040	Teaching Tension Structures	Mollart M.	Volume 17, Number 4, 1 December 2002	2002
E	USS 041	Developing a Better Understanding of the Engineer's Creative Role in Design	Addis B.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 042	Double-Curved Space Structures - Function and Construction	Wagner R.; Bödele A.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 043	Effect of Geometric Imperfections on Single-Layer Barrel Vaults	El-Sheikh A.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 044	Formax Configuration Processing III	Nooshin H.; Disney P.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 045	Full Dynamic Analysis of Large Concrete Cooling Towers: Soil-Structure Interaction	Horri A. M.; Saiti M.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 046	A New Design Conception for Large Span Deployable Flat Grid Structures	WuJun C.; GongYi F.; Jinghai G.; Yanli H.; Shilin D.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 047	Nature Teaching Structures	Wester T.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 048	Neural Networks for the Approximate Analysis and Design of Double Layer Grids	Kaveh A.; Servanti H.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 049	A New Frequency Domain Method for Wind Response Analysis of Spatial Lattice Structures with Mode Compensation	Yan-Li H.; Shi-Lin D.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
E	USS 050	Research and Teaching of Space Structures	Chilton J. C.	Volume 17, Number 1, 1 March 2002	2002
E	USS 051	Space Structures at Princeton University	Katan G. M.; Billington D. P.	Volume 17, Number 1, 1 March 2002	2002
E	USS 052	Student Workshop - Structures of La Riccia	Domberowski P.	Volume 17, Number 1, 1 March 2002	2002
E	USS 053	Studies in Structural Concepts: An Introduction to Spatial Structures	Srivastava N. K.	Volume 17, Number 1, 1 March 2002	2002
E	USS 054	Teaching Aspects of Space Structure Behaviour at Wollongong	Schmidt L. C.	Volume 17, Number 4, 1 December 2002	2002
E	USS 055	Teaching of Light Structures in the "Universidad Metropolitana" in Mexico	Montero F.; González M. D.	Volume 17, Number 4, 1 December 2002	2002
E	USS 056	Teaching of Space Structures with Initial Stresses	Motro R.	Volume 17, Number 4, 1 December 2002	2002
E	USS 057	ANALYSIS, DESIGN AND CONSTRUCTION OF STEEL SPACE FRAMES	Ramaswamy G. S.; Eekhout M.; Suresh G. R.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
F	USS 058	A Direct Method For Buckling Analysis of Single Layer Lattice Structures	Loureiro A.; Goffi R.; Bava E.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
S	USS 059	Arch-Supported Reticulated Shell Structures and their Static Mechanical Behaviour	U-Y-Q.; Shen Z.-Y.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
S	USS 060	Evaluation of Elasto-plastic Buckling Strength of Two-way Grid Shells using Continuum Analogy	Kato S.; Yamashita T.	Volume 17, Numbers 2-3, 1 September 2002	2002
C	USS 061	A New Catenary Cable Element	Chunliang W.; Renpeng W.; Shilin D.; Ruolin Q.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
E	USS 062	A Personal View on the Future of Spatial Structures	Eekhout M.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
E	USS 063	Data Parallel Fuzzy Genetic Algorithm for Cost Optimization of Large Space Steel Structures	Saiti M. C.; Adeli H.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
E	USS 064	Design of Large Space Structures with Interference Using ANN-Based Simulator	Horri A. M.; Asadakis S. R.; Saiti M.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
E	USS 065	Parametric Analysis of Axially Loaded RHS Gao K-joints by Means of 2-D and 3-D F.E. Models	Mistakidis E. S.; Baniotopoulos G. C.	Volume 18, Number 3, 1 September 2003	2003
E	USS 066	Simulation of Impact Effects on Large Space Structures Using Advanced SE Method	Horri A. M.; Saiti M.	Volume 18, Number 3, 1 September 2003	2003
E	USS 067	Elements of Theory of Plates	Bolourian, M.; Nooshin, H.	Volume 18, Number 4, 1 December 2003	2003
F	USS 068	Computational Wind Tunnel Analyses for Large Domes Using CFD Theory	Horri A. M.; Saiti M.; Alavinasab S. A.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
F	USS 069	The Computation of Influence Ordinates in Trussed Space Decks using an Iterative Reanalysis Technique	Reiniks W.	Volume 18, Number 4, 1 December 2003	2003
F	USS 070	Theoretical Analysis of the Structural Performance of Space Trusses Commonly Used in Brazil	Souza A. S. C.; Goncalves R. M.; Malola C. H.; Maillat M.	Volume 18, Number 4, 1 December 2003	2003
F	USS 071	A New Roof Grid to Cover a Large Area: The Versatile Solution	Escrido, F.; Sánchez, J.	Volume 18, Number 4, 1 December 2003	2003
H	USS 072	Nonlinear Analysis of Cable-stayed Structures as a Mixed Complementarity Problem	Tin-Loi F.; Xia S. H.	Volume 18, Number 2, 1 May 2003	2003
H	USS 073	Tensegrity Structures Prestressability Investigation	Sultan C.; Skatton R.	Volume 18, Number 3, 1 September 2003	2003
H	USS 074	Tensegrity Systems	Motro R.; Raducanu V.	Volume 18, Number 3, 1 September 2003	2003
H	USS 075	Review of Form-Finding Methods for Tensegrity Structures	Thibert A. G.; Pellegrino S.	Volume 18, Number 3, 1 September 2003	2003
M	USS 076	A Finite Element Model for the Analysis of Winkled Membrane Structures	Ziegler R.; Wacner W.; Reitzinger K.-U.	Volume 18, Number 1, 1 March 2003	2003
C	USS 077	Cable Mesh Elasticity Deformable Edge Beams	Vassilopoulos, Ihabella; Gantes, Charis J.	Volume 19, Number 4, December 2004	2004
E	USS 078	Foldable Systems Based on Bundle Modules with Quadrangular Base	Guérrez, Emilio Martín; Valcárcel, Juan P.	Volume 19, Number 1, 1 March 2004	2004
E	USS 079	Horizontal Earthquake Loading and Linear/Nonlinear Seismic Behaviour of Double Layer Barrel Vaults	Sadeghi A.	Volume 19, Number 1, 1 March 2004	2004
E	USS 080	Numerical and Perturbation Analysis of Dynamic Post-buckling of Rectangular Laminated Plates	Saiti Akour; Jamal Navfeh; Khaled Asfar	Volume 19, Number 1, 1 March 2004	2004
E	USS 081	Proposed Equations of Stress Concentration Factor (SCF) for Gao Tubular K-joints Subjected to Bending Load	Shao, Yong-Ro	Volume 19, Number 2, 1 June 2004	2004
E	USS 082	Some Aspects of the Application of Dynamic Relaxation Method in Space Structures	Zhang Zhi-hong; Yuan Xing-lai; Dong Shi-lin	Volume 19, Number 2, 1 June 2004	2004
E	USS 083	Buckling Load of Elastic Paraboloidal Single Layer Reticulated Roofs under Uniform Load	Kato, Shiro; Yamauchi, Yoshio; Ueki, Takashi	Volume 19, Number 4, December 2004	2004
F	USS 084	Influence of Geometrical Parameters on Behaviour of Reticulated Timber Domes	Pan D. H.; Girmammar U. A.	Volume 18, Number 2, 1 May 2004	2004
F	USS 085	Numerical Model, Buckling Analysis and Ultimate Load Capacity of the Single-Double-Layer Reticulated Dome	Qing-Hua H.; Xi-Uang L.	Volume 18, Number 2, 1 May 2004	2004
F	USS 086	Influence of Gliding Cable Joint on Mechanical Behavior of Suspended-Dome Structures	Cui, X. Q.; Guo, Y. L.	Volume 19, Number 1, 1 March 2004	2004
F	USS 087	Spherical Triangulation Systems	Michael O. Davister	Volume 19, Number 2, 1 June 2004	2004
F	USS 088	The Stability Study of an Innovative Steel Dome	M. Zeinoddin; G. A. R. Parke; P. Disney	Volume 19, Number 3, September 2004	2004
F	USS 089	Theoretical and Experimental Study of Vibration Reduction in Braced Domes Using a Viscous Damper System	Fan, F.; Shen, S. Z.; Parke, G. A. R.	Volume 19, Number 3, September 2004	2004
H	USS 090	Tensile Force Compression Analysis Method and Application in Construction of Hybrid Structures	Zhuo X.; Ishikawa K.	Volume 19, Number 2, 1 June 2004	2004
H	USS 091	The Cocoon Method: A Physical Modelling Tool for Designing Tensegrity Systems	Sakantam K.; Larsen O. P.	Volume 19, Number 3, September 2004	2004
M	USS 092	Studies on Wind-Induced and Vortex-Induced Dynamic Response of Membrane Structures	Wang, Jimin; Sun, Binan	Volume 19, Number 2, 1 June 2004	2004
M	USS 093	A Study on Pre-tension Measurement of Membrane Structures	Zhanlin Sun; Qilin Zhang	Volume 19, Number 4, December 2004	2004
S	USS 094	Multi-Dimensional Pseudo Excitation Method for Nonstationary Random Seismic Analysis of Spatial Lattice Shells	Xue, S. D.; Wang, X. S.; Cao, Z.	Volume 19, Number 1, 1 March 2004	2004
S	USS 095	The Stinner System - a Truss Model of Membrane Shells for Analysis and Design of Boundary Conditions	Almeida H.	Volume 19, Number 3, September 2004	2004
S	USS 096	Wind-Resistant Analysis for Large-span, Single-layer Reticulated Shells	U-Y-Q.; Tamura Y.	Volume 19, Number 3, September 2004	2004
E	USS 097	Dynamic Performance of the Roof of Hagia Sophia Considering Cracking	Sahin, Mehmet; Mungan, Iskan	Volume 20, Number 1, March 2005	2005
E	USS 098	Folding Sleeves - Variations on a Theme of the Earthworm	Hachem, Caroline; Hanaor, Ariel	Volume 20, Number 1, March 2005	2005
E	USS 099	Generation of a New Type of Architectural Umbrella	Korkmaz, Koray	Volume 20, Number 1, March 2005	2005
E	USS 100	Investigating the Static Stability of Pin-jointed Structures Using Genetic Algorithm	El-Ushani, Sana; Nooshin, H.; Disney, P.	Volume 20, Number 2, June 2005	2005
E	USS 101	New Trade Fair in Milan - Grid Topology and Structural Behaviour of a Free-Formed Glass-Covered Surface	Schlich, Jörg; Schöber, Hans; Körschner, Kai	Volume 20, Number 2, June 2005	2005
E	USS 102	Parametric Equation of Stress Intensity Factor for Tubular K-joints under In-plane Bending Load	Shao, Y. B.	Volume 20, Number 3, September 2005	2005
E	USS 103	Space Structures for Low-stress Environments	Benjamin, Bezael S.	Volume 20, Number 3, September 2005	2005
F	USS 104	Neural Networks for the Analysis and Design of Domes	Kaveh A.; Dehkordi M. R.	Volume 18, Number 2, 1 May 2005	2005
F	USS 105	Effect of Ring Beam Stiffness on Behaviour of Reticulated Timber Domes	Pan, Dan H.; Girmammar, Ulf Arne	Volume 20, Number 1, March 2005	2005
F	USS 106	Parameter Analysis on Stability of a Suspended Dome	Chen, Zhi-Hua; Li, Yano	Volume 20, Number 2, June 2005	2005
F	USS 107	PREMIT System for Space Reticulated Structures: Part I: Geometrical and Structural Definitions of the Construction System	Dipolci V.; Prete G.	Volume 20, Number 3, September 2005	2005
F	USS 108	PREMIT System for Space Reticulated Structures: Part II: The Permit System with Bolted Joints	Dipolci V.; Prete G.	Volume 20, Number 3, September 2005	2005
F	USS 109	PREMIT System for Space Reticulated Structures: Part III: The Permit System with Welded Joints	Dipolci V.; Prete G.	Volume 20, Number 3, September 2005	2005
H	USS 110	Force Finding Analysis of Hybrid Space Structures	Zhi-hong, Zhang; Shi-lin, Dong; Tamura, Yukio	Volume 20, Number 1, March 2005	2005
H	USS 111	Mechanical Analysis of a Type of Hybrid Spatial Structure Composed of Cables, Bars and Beams	Zhi-Hong, Zhang; Shi-lin, Dong; Tamura, Yukio	Volume 20, Number 2, June 2005	2005
M	USS 112	On Aerodynamic Stability of Membrane Structures	Yang, Qing-Shan; Liu, Rui-Xia	Volume 20, Number 2, June 2005	2005

ISS 2000년 이후 대공간구조 관련 논문 수 112편

대공간구조관련-112편 중

케이블-7편
스페이스프레임-27편
하이브리드-11편
막-6편
셀-8편
기타-53편

3. 대공간관련 주요업체 현황 및 실적

현대건설 50M 이상 장 SPAN 시공현황

공사명	부산종합운동장 실내수영장 (개보수)		
구분	50~100M	구조 System	철골트러스구조 (94.8M×45M)
총공사비(억)	85	용도	체육관
공사기간	2001.07.20~2002.09.19	비고	경간 : 45M

공사명	아시아 경기대회 금정경기장 (실내체육관)		
구분	50~100M	구조 System	철골트러스구조 (90M×60M)
총공사비(억)	669	용도	체육관
공사기간	1999.04.20~2002.09.27	비고	경간 60M

공사명	새 국립 중앙박물관		
구분	50~100M	구조 System	철골트러스구조 (66M)
총공사비(억)	1,371	용도	전시실 및 홀
공사기간	1997.11.01~2005.10.31	비고	경간 : 66M

공사명	인천삼산 시립체육관		
구분	50~100M	구조 System	철골트러스구조 (76M×108M)
총공사비(억)	673	용도	체육관
공사기간	2004.10.20~2006.09.28	비고	경간 : 76M

공사명	평양 아산 종합체육관		
구분	100~150M	구조 System	철골트러스구조 (지름 102M)
총공사비(억)	564	용도	체육관
공사기간	2000.07.01~2003.10.06	비고	경간 : 102M

공사명	부산전시컨벤션센터		
구분	100~150M	구조 System	철골트러스구조 (81M×108M)
총공사비(억)	1,408	용도	전시장
공사기간	1998.10.01~2001.04.20	비고	경간 : 108M

공사명	한국국제전시장		
구분	150M 이상	구조 System	철골트러스구조 (63M×180M)
총공사비(억)	1,917	용도	전시장
공사기간	2004.04.30~2005.04.28	비고	경간 : 180M

쌍용건설 시공실적 현황

■ 2000년 이후

프로젝트명	올림픽제2체육관보수공사		
지붕구조	케이블 서스펜션 페브릭 돔구조	SPAN	93M
구 조	철근콘크리트	용 도	경기 및 각종 공연행사장
공 기	2003. 12. ~ 2005. 03. (15개월)	공사비	11,061백만원

프로젝트명	올림픽제1체육관보수공사		
지붕구조	케이블 서스펜션 페브릭 돔구조	SPAN	120M
구 조	철근콘크리트	용 도	경기 및 각종 공연행사장
공 기	2002. 09. ~ 2003. 09. (12개월)	공사비	13,689백만원

프로젝트명	용평 실내빙상경기장 (동계 아시안게임 유치)		
지붕구조	SPACE FRAME	SPAN	82M
구 조	철근콘크리트	용 도	경기 및 각종 공연행사장
공 기	1997. 06. ~ 2000. 02. (33개월)	공사비	61,722백만원(빙상경기장 외 14개동)

프로젝트명	성남 종합운동장		
지붕구조	SPACE FRAME (50M)	SPAN	48M
구 조	철근콘크리트 + 철골조	용 도	수영장 및 빙상장
공 기	1997. 08. ~ 2001. 07. (48개월)	공사비	64,093백만원

프로젝트명	부산 수영로 교회		
지붕구조	SPACE FRAME	SPAN	70M
구 조	철근콘크리트 + 철골조	용 도	종교시설
공 기	1999. 08. ~ 2001. 08. (24개월)	공사비	13,120백만원

프로젝트명	용인시 실내체육관		
지붕구조	SPACE FRAME	SPAN	77M
구 조	철근콘크리트	용 도	운동시설
공 기	2001. 04. ~ 2003. 04. (24개월)	공사비	8,121백만원

■ 대우건설 대공간 시공실적 ■

공사명	스팬	구조형식	용도	소재지	규모
광명경륜돔	186m×140m (타원형)	입체철골트러스	문화집회시설	경기도 광명시	지하1층, 지상5층
제주국제컨벤션센터	85m x 45m	철골 트러스	컨퍼런스홀	제주 서귀포	지하2층, 지상5층
부천실내체육관	79m (32각형)	스페이스프레임	운동/체육시설	경기도 부천시	지하1층, 지상3층
믿음의집교회	50m x 46.8m	철골 트러스	종교시설	경기도 성남시	지하5층, 지상5층

K-DOME 연도별 공사실적

(단위 : 천원)

공사기간	공 종	공 사 명	도금액	규 모	발주처
1987.05	철 물	올림픽공원내 체조경기장 지붕(막) 보수공사	756,800		쌍용건설㈜
1990.03	철 물	동대구 영업소 창고 내부공사	124,530		㈜일화
1990.09	철 물	소련 서커스 공연시설물 제작설치	275,000		동아일보사
1990.09	철 물	금성전선 군포공장 신축 및 금속공사	79,814		럭키개발㈜
1990.11	철 물	강원대학교 캠퍼스 봉명서원 신축공사	483,000		강원대학교
1991.03	토 공	삼정관광호텔 후생관 신축공사	495,000		삼정관광호텔
1991.06	건 축	분당 주택정시관 지붕(막)공사	198,000		㈜건영
1991.06	철 물	올림픽공원내 체조,펜싱경기장 지붕보수공사	1,650,000		쌍용건설㈜
2001.01	철물토공	부산아시안게임 주경기장 TRENCHO COVER 제작설치	206,800		코흐㈜
2001.02	강구조물	올림픽공원내 체조경기장 임시지붕(막) 설치공사	49,500		쌍용건설㈜
2001.03	강구조물	인천 문학월드컵경기장 지붕공사	800,000		㈜해성
2001.06	강구조물	서울 불광천 다리 CABLE WORK	2,160		PFEIFER(독일)
2001.06	강구조물	제1체육관 지붕보강공사	54,648		국민체육진흥공단
2002.04	강구조물	안면도 국제해양개발㈜ 연회장 증축공사(막구조)	253,000		안면도국제해양개발㈜
2002.09	강구조물	제1체육관 지붕 케이블, 막구조 보수공사	8,150,000	span 120m	쌍용건설㈜
2003.01	강구조물	제2체육관 긴급케이블, 막구조 보수공사	143,000		쌍용건설㈜
2003.01	강구조물	동천체육관 막구조지붕 정밀점검 및 보수	30,000		울산시청
2003.07	강구조물	양주군 덕정배수지 체육시설 막공사	214,055	37m x 20m	정아산업㈜
2003.1	강구조물	동천체육관 지붕 안전점검	29,120		울산광역시
2003.12	강구조물	양주별산대 지붕막보수 설치공사	19,800		양주시청
2004.02	강구조물	올림픽 제2체육관 보수공사	5,394,530	span 90m	국민체육진흥공단
2004.02	강구조물	월드컵공원 관리소 막공사	56,100		서울시
2004.02	강구조물	함평시장 정비공사	71,500	90m x 18m	함평군 경리관
2004.04	강구조물	울산 동천체육관 지붕막 밸리케이블 교체 보수공사	38,500		㈜한양
2004.06	강구조물	서울시 첨단 이동식 천막극장	176,000	55m x 43m	서울시
2004.07	강구조물	서울시 천막극장 무대 및 객석공사	132,000		㈜영화이엘씨
2004.07	강구조물	부안공설운동장 조성공사(아외지붕막)	181,500	24m x 14m	성원건설㈜
2004.09	강구조물	대전향군 골프클럽 신축공사 막구조공사	71,500	100m x 10m	대전향군
2004.10	강구조물	동천체육관 지붕막구조 점검 및 보수	14,630		울산광역시 시설관리공단
2004.10	강구조물	수원올림픽 공원 배드민턴장 지붕 증축공사	8,800		수원올림픽공원
2004.10	강구조물	광림교회 수도원 노천강당 신축막구조 공사	92,400	23m x 13m	광림교회 수도원
2004.12	강구조물	외대부설 용인외고 조례대 막구조물 공사	47,520	17m x 8.5m	원호개발㈜
2005.01	강구조물	부천 도당공원 야외무대 지붕막구조 설치공사	33,000	24m x 14m	부천시
2005.01	강구조물	울산 야음체육관시장 아케이드 설치공사	434,500		울산시 남구청
2005.01	강구조물	울산대공원 2차 조성사업 뽕동산 설치공사	519,200		울산광역시
2005.01	강구조물	광림수도원 야외강단 스탠드 막구조 지붕공사	210,000	45m x 15m	광림교회 수도원
2005.03	강구조물	옥천연수원 대강당 증축 중정부 구조물공사	1,067,000	80m x 64m	㈜삼현건설
2005.03	강구조물	함평군 재래시장 정비공사 막구조 2차공사	55,000		함평군
2005.05	강구조물	동천체육관 옥외휴게소 지붕 보수공사	24,000		인광기술산업㈜
2005.05	강구조물	동천체육관 지붕막 장력측정 및 장력조정	12,100		대한산업안전협회
2005.07	강구조물	부여 막구조 및 SPACE FRAME 공사	578,050	60m x 30m	충남 부여군
2005.07	강구조물	안흥여린이집 신축공사 막구조공사	143,000	25m x 15m	㈜일현종합건설
2005.07	강구조물	울산문화예술회관 야외공연장 무대건립공사중 막설치	23,100		울산시 남구청

■ (주)공간 프로젝트 현황 ■

구분	고양국제전시장 (2002)		
연면적	116,571.46㎡	구조형식	RC&SC
규모	지하1층/지상3층	SPAN 길이	63m
용도	관람 및 집회시설	공사비	2,150억원

구분	제주 국제컨벤션센터 (2000/2003)		
연면적	62,013.22㎡	구조형식	RC&Structure System
규모	지하2층/지상5층	SPAN 길이	87m
용도	문화 및 집회시설	공사비	1,400억원

구분	광명 경륜동 경기장 (2002)		
연면적	74,280.66㎡	구조형식	RC&PC&Steel
규모	지하2층/지상5층	SPAN 길이	150m
용도	관람 및 집회시설	공사비	2,315억원

구분	광주 월드컵경기장 (1998/2001)		
연면적	87,435.80㎡	구조형식	Steel&RC
규모		SPAN 길이	210m
용도	관람 및 집회시설	공사비	1,588억원

구분	부산 종합운동장 주경기장 (1996/2001)		
연면적	188,524.24㎡	구조형식	SRC+Cable Dome
규모	지하1층/지상4층	SPAN 길이	300m
용도	관람 및 집회시설	공사비	2,269억원

■ PTFE 막공사 10,000㎡ 이상 시공 실적 ■ 타이요코교 (Taiyo Kogyo)

No	프로젝트 명	수평투영면적 (㎡)	시공년도
1	도쿄 돔	31,700	1987
2	아키나 스카이돔	11,500	1989
3	카사이링카이 수족관	11,000	1991
4	이즈모 돔	15,000	1991
5	미야자키 오션 돔	18,000	1993
6	오사카 육상 경기장	10,000	1994
7	오사카 육상 경기장	13,000	1995
8	삿포로 커뮤니티 돔 (지붕)	11,698	1996
9	삿포로 커뮤니티 돔 (천정)	15,000	1996
10	센다이 스타디움	15,812	1997
11	파크돔 구마모토	26,000	1997
12	파크돔 구마모토 내막	10,000	1997
13	코마츠 돔 외부막	20,000	1997
14	코마츠 돔 내부막	11,000	1997
15	오오다테 주카이돔 (외부막)	21,900	1997
16	오오다테 주카이돔 (내부막)	21,900	1997
17	세이브 돔 (외부막)	22,000	1998
18	세이브 돔 (내부막)	16,747	1999
19	센다이 돔	18,037	1999
20	사이타마 스타디움	21,546	2000
21	오이타 스타디움	24,892	2000

일본의 막구조를 가지고 있는 돔 (지붕면적 1만평방미터 이상)

건물명	구조방식	지붕면적(㎡)	원성년도	용도	설계
도쿄돔	에어돔	28,600	1998	프로야구장	닛켄설계, 다케나카공무점
아키타 스키아돔	철골조	12,000	1990	시민스포츠클럽	카시마건설
이즈모 돔	목구조	16,000	1992	시민스포츠클럽	카시마건설
오션 돔	철골조개폐	36,000	1993	수영장	미쓰비시중공업
돗카이치 돔	철골조	20,000	1997	시민스포츠클럽	구메설계
코마츠 돔	철골조개폐	19,000	1997	시민스포츠클럽	야마시타 설계+타이세이건설
삿포르 커뮤니티 돔	철골조	13,000	1997	시민스포츠클럽	미쓰비시+타이세이 건설
오오다테 돔	목구조	21,000	1997	시민스포츠클럽	다케나카 공무점
구마모토 돔	이중공기막구조	23,000	1997	시민스포츠클럽	다이이치 공방
타지마 돔	철골조개폐	19,700	1999	시민스포츠클럽	미쓰비시 중공업
오오이타 돔	철골조개폐	23,000	1999	축구경기장	쿠로가와기소건축사무소
세이부 돔	철골조	39,000	1999	프로야구장	카시마건설
센다이 돔	철골조개폐지붕	19,520	1999	시민스포츠클럽	이토우종합계획, 미쓰이중공업
도요타 스타디움	철골, 케이블조개폐지붕	34,000	2000	축구경기장	쿠로가와기소건축사무소

4. 연구비 산출근거

상세 현황

■ 1차년도 연구비 산출근거

■ 1차년도 비목별 총괄

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세						
비 목			현금	현물	합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520		323,520	
		지급	380,160	기업	380,160	15.5
	외부		618,720		618,720	25.3
직접비	연구기자재 및 시설비		269,500		266,645	10.9
	재료비 및 전산 처리·관리비		196,000		196,000	8
	시작품 제작비		159,250		159,250	6.5
	여 비		198,855		198,855	8.1
	수용비 및 수수료		122,500		122,500	5.5
	기술정보활동비		134,750		134,750	5
	연구활동비		88,600		88,600	3.6
	연구홍보비		12,250		12,250	0.5
위탁연구개발비						
간접비	간접경비		272,270		272,270	11.1
	연구개발준비금					
	산업재산권 출원·등록비					
총 계			2,450,000		2,450,000	100%

(가) 인건비

① 내부인건비

[금액단위 : 천원]

내부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
미지급	수석급	26	4,800	12	20	299,520	
	선임급	5	4,000	12	10	24,000	
	계	31				323,520	
지 급	수석급	6	4,800	12	10	34,560	
	선임급	23	4,000	12	15	165,600	
	연구보조원	25	2,000	12	30	180,000	
	계	54				380,160	

② 외부인건비

[금액단위 : 천원]

외부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
지 급	수석급	11	4,800	12	20	126,720	
	선임급	35	4,000	12	10	168,000	
	연구보조원	45	2,000	12	30	324,000	
	계	78				618,720	

(나) 직접비

① 연구기자재비 및 시설비

[금액단위 : 천원]

연구기자재비 및 시설비				
구 분		품 명	금 액	비 고
연구 기자재	Hardware	컴퓨터, 프린터 등	116,645	
	Software	각종 프로그램	60,000	
	기 타	캠코더, 카메라 등 구입 및 장비임대	30,000	
시설비		실험장비 구입 및 임대	60,000	
Total			266,645	

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위한 보조장비 및 가력장치 등
-------------	----------------------------------

② 재료 및 전산처리·관리비

[금액단위 : 천원]

재료비 및 전산 처리관리비			
구 분		품 명	금 액
재료비		프린터 토너, 잉크, 출력용지 등	110,000
전산처리 관리비		자료 공유용 서버, 전산처리비용 등	86,000
Total			196,000

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위해 필요한 소모성 물품 실험자료 분석 및 수치해석을 위한 전산용품
-------------	--

③ 시작품 제작비

[금액단위 : 천원]

시작품 제작비			
구 분		품 명	금 액
실험체 제작비		실험체 및 시험체 제작비 등	159,250
Total			159,250

필요성 및 용도	각종 소재시험, 접합부 성능시험, 단일부재 실험을 위한 실험체 제작비 및 가공비
-------------	---

④ 여비

－ 국내여비

[금액단위 : 천 원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비,식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	4,500
선임급	20	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비,식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	6,000
연구보조원	40	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비,식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	12,000
수석급	20	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	9,000
선임급	26	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	11,700
연구보조원	50	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	22,500
Total				65,700

－ 국외여비

[금액단위 : 천 원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	55,275
선임급	5	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	18,425
수석급	16	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	41,360
선임급	7	1	왕복항공료:1인×400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	18,095
Total				133,155

필요성 및 용도	논문발표 및 해외 선진 기술 현황 및 자료 수집
-------------	----------------------------

⑤ 수용비 및 수수료

[금액단위 : 천원]

수용비 및 수수료			
내역	산출 내역	금액	비고
인쇄/복사비	4,200,000원/월 * 12월	50,400	
인화비	208,400원/월 * 12월	2,500	
공공요금	800,000원/월 * 12월	9,600	
제세공과금 및 수수료	1,500,000원/월 * 12월	18,000	
사무용품비	3,500,000원/월 * 12월	42,000	
합계		122,500	

⑥ 기술정보활동비

[금액단위 : 천원]

기술정보활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
전문가활용비	200,000원/인 * 150인	30,000	
국제conference 참가비	700,000원/회 * 20인	14,000	
기술정보수집비	150,000/식 * 40회	6,000	
도서 등 정보자료구입비	50,000원/권 * 400권	20,000	
회의비	250,000원/회 * 120회	30,000	
세미나 개최비	500,000원/회 * 10회	5,000	
학화·세미나 참가비	50,000원/회 * 280인	14,000	
원고료, 통역료, 숙기료	250,000원/일 * 10일	2,500	
기술도입비	13,250,000원/회 * 1회	13,250	
합계		134,750	

⑦ 연구활동비

[금액단위 : 천원]

연구활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
과제관리비			
연구활동진흥비	(1,322,400×6.7%)	88,600	
합계		88,600	

⑧ 연구홍보비

[금액단위 : 천원]

연구홍보비			
내역	산출 내역	금액	비고
연구홍보비	홍보자료제작 : 700,000 * 10회	7,000	
	논문게재비 및 심사료 : 131,250원 * 40회	5,250	
합계		12,250	

(다) 간접비

① 간접경비

[금액단위 : 천원]

간접경비			
기관	산출 내역	금액	비고
		272,270	
합계		272,270	

■ 2차년도 연구비 산출 근거

■ 2차년도 비목별 총괄

[금액단위 : 천 원]

연구비 비목별 명세						
비 목			현금	현물	합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520		323,520	
		지급	529,920	기업	529,920	12.1
	외부		760,800		760,800	17.4
직접비	연구기자재 및 시설비		787,500		787,500	18
	재료비 및 전산 처리·관리비		437,500		437,500	10
	시작품 제작비		293,125		293,125	6.7
	여 비		316,800		316,800	7.2
	수용비 및 수수료		393,750		393,750	9
	기술정보활동비		240,625		240,625	5.5
	연구활동비		108,154		108,154	2.5
	연구홍보비		21,875		21,875	0.5
위탁연구개발비						
간접비	간접경비		484,951		484,951	11.1
	연구개발준비금					
	산업재산권 출원·등록비					
총 계			4,375,000		4,375,000	100%

(가) 인건비

① 내부인건비

[금액단위 : 천원]

내부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
미지급	수석급	26	4,800	12	20	299,520	
	선임급	5	4,000	12	10	24,000	
	계	31				323,520	
지 급	수석급	12	4,800	12	10	69,120	
	선임급	29	4,000	12	15	208,800	
	연구보조원	35	2,000	12	30	252,000	
	계	76				529,920	

② 외부인건비

[금액단위 : 천원]

외부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
지 급	수석급	15	4,800	12	20	172,800	
	선임급	40	4,000	12	10	192,000	
	연구보조원	55	2,000	12	30	396,000	
	계	110				760,800	

(나) 직접비

① 연구기자재비 및 시설비

[금액단위 : 천원]

연구기자재비 및 시설비				
구 분		품 명	금 액	비 고
연구 기자재	Hardware	컴퓨터, 프린터 등	250,000	
	Software	각종 프로그램	190,000	
	기 타	캠코더, 카메라 등 구입 및 장비임대	150,500	
시설비		실험장비 구입 및 임대	197,000	
Total			787,500	

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위한 보조장비 및 가력장치 등
-------------	----------------------------------

② 재료 및 전산처리·관리비

[금액단위 : 천원]

재료비 및 전산 처리관리비			
구 분		품 명	금 액
재료비		프린터 토너, 잉크, 출력용지 등	280,000
전산처리 관리비		자료 공유용 서버, 전산처리비용 등	157,500
Total			437,500

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위해 필요한 소모성 물품 실험자료 분석 및 수치해석을 위한 전산용품
-------------	--

③ 시제품 제작비

[금액단위 : 천원]

시제품 제작비			
구 분		품 명	금 액
실험체 제작비		실험체 및 시험체 제작비 등	293,125
Total			293,125

필요성 및 용도	각종 소재시험, 접합부 성능시험, 단일부재 실험을 위한 실험체 제작비 및 가공비
-------------	---

④ 여비

- 국내여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	20	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	18,000
선임급	25	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	22,500
연구보조원	50	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	45,000
수석급	20	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	9,000
선임급	26	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	11,700
연구보조원	50	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	22,500
Total				128,700

- 국외여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	20	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	73,700
선임급	10	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	36,850
수석급	16	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	51,700
선임급	10	1	왕복항공료:1인×400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	25,850
Total				188,100

필요성 및 용도	논문발표 및 해외 선진 기술 현황 및 자료 수집
-------------	----------------------------

⑤ 수용비 및 수수료

[금액단위 : 천원]

수용비 및 수수료			
내역	산출 내역	금액	비고
인쇄/복사비	19,700,000원/월 * 12월	236,400	
인화비	320,000원/월 * 12월	3,840	
공공요금	1,062,000원/월 * 12월	12,744	
제세공과금 및 수수료	3,930,500원/월 * 12월	47,166	
사무용품비	7,800,000원/월 * 12월	93,600	
합계		393,750	

⑥ 기술정보활동비

[금액단위 : 천원]

기술정보활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
전문가활동비	200,000원/인 * 210인	42,000	
국제conference 참가비	1,387,500원/회 * 30인	41,625	
기술정보수집비	150,000/식 * 60회	9,000	
도서 등 정보자료구입비	50,000원/권 * 1000권	50,000	
회의비	250,000원/회 * 140회	35,000	
세미나 개최비	500,000원/회 * 30회	15,000	
학회·세미나 참가비	50,000원/회 * 380인	19,000	
원고료, 통역료, 속기료	250,000원/일 * 10일	2,500	
기술도입비	13,250,000원/회 * 2회	26,500	
합계		240,625	

⑦ 연구활동비

[금액단위 : 천원]

연구활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
과제관리비			
연구활동진흥비	(1,614,240×6.7%)	108,154	
합계		108,154	

⑧ 연구홍보비

[금액단위 : 천원]

연구홍보비			
내역	산출 내역	금액	비고
연구홍보비	홍보자료제작 : 765,650 * 20회	15,313	
	논무게재비 및 심사료 : 131,250원 * 50회	6,562	
합계		21,875	

(다) 간접비

① 간접경비

[금액단위 : 천원]

간접경비			
기관	산출 내역	금액	비고
		484,951	
합계		484,951	

■ 3차년도 연구비 산출 근거

■ 3차년도 비목별 총괄

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세						
비 목			현금	현물	합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520		323,520	
		지급	529,920	기업	529,920	12.1
	외부		760,800		760,800	17.4
직접비	연구기자재 및 시설비		787,500		787,500	18
	재료비 및 전산 처리·관리비		437,500		437,500	10
	시작품 제작비		293,125		293,125	6.7
	여 비		316,800		316,800	7.2
	수용비 및 수수료		393,750		393,750	9
	기술정보활동비		240,625		240,625	5.5
	연구활동비		108,154		108,154	2.5
	연구홍보비		21,875		21,875	0.5
위탁연구개발비						
간접비	간접경비		484,951		484,951	11.1
	연구개발준비금					
	산업재산권 출원·등록비					
총 계			4,375,000		4,375,000	100%

(가) 인건비

① 내부인건비

[금액단위 : 천원]

내부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
미지급	수석급	26	4,800	12	20	299,520	
	선임급	5	4,000	12	10	24,000	
	계	31				323,520	
지 급	수석급	12	4,800	12	10	69,120	
	선임급	29	4,000	12	15	208,800	
	연구보조원	35	2,000	12	30	252,000	
	계	76				529,920	

② 외부인건비

[금액단위 : 천원]

외부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
지 급	수석급	15	4,800	12	20	172,800	
	선임급	40	4,000	12	10	192,000	
	연구보조원	55	2,000	12	30	396,000	
	계	110				760,800	

(나) 직접비

① 연구기자재비 및 시설비

[금액단위 : 천원]

연구기자재비 및 시설비				
구 분		품 명	금 액	비 고
연구 기자재	Hardware	컴퓨터, 프린터 등	250,000	
	Software	각종 프로그램	190,000	
	기 타	캠코더, 카메라 등 구입 및 장비임대	150,500	
시설비		실험장비 구입 및 임대	197,000	
Total			787,500	

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위한 보조장비 및 가력장치 등
-------------	----------------------------------

② 재료 및 전산처리·관리비

[금액단위 : 천원]

재료비 및 전산 처리관리비			
구 분		품 명	금 액
재료비		프린터 토너, 잉크, 출력용지 등	280,000
전산처리 관리비		자료 공유용 서버, 전산처리비용 등	157,500
Total			437,500

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위해 필요한 소모성 물품 실험자료 분석 및 수치해석을 위한 전산용품
-------------	--

③ 시제품 제작비

[금액단위 : 천원]

시제품 제작비			
구 분		품 명	금 액
실험체 제작비		실험체 및 시험체 제작비 등	293,125
Total			293,125

필요성 및 용도	각종 소재시험, 접합부 성능시험, 단일부재 실험을 위한 실험체 제작비 및 가공비
-------------	---

④ 여비

- 국내여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	20	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	18,000
선임급	25	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	22,500
연구보조원	50	3	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	45,000
수석급	20	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	9,000
선임급	26	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	11,700
연구보조원	50	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	22,500
Total				128,700

- 국외여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	20	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 채재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	73,700
선임급	10	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 채재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	36,850
수석급	16	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=440,000원 채재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	51,700
선임급	10	1	왕복항공료:1인×400\$/회×1,100원/\$=440,000원 채재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	25,850
Total				188,100

필요성 및 용도	논문발표 및 해외 선진 기술 현황 및 자료 수집
-------------	----------------------------

⑤ 수용비 및 수수료

[금액단위 : 천원]

수용비 및 수수료			
내역	산출 내역	금액	비고
인쇄/복사비	19,700,000원/월 * 12월	236,400	
인화비	320,000원/월 * 12월	3,840	
공공요금	1,062,000원/월 * 12월	12,744	
제세공과금 및 수수료	3,930,500원/월 * 12월	47,166	
사무용품비	7,800,000원/월 * 12월	93,600	
합계		393,750	

⑥ 기술정보활동비

[금액단위 : 천원]

기술정보활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
전문가활용비	200,000원/인 * 210인	42,000	
국제conference 참가비	1,387,500원/회 * 30인	41,625	
기술정보수집비	150,000/식 * 60회	9,000	
도서 등 정보자료구입비	50,000원/권 * 1000권	50,000	
회의비	250,000원/회 * 140회	35,000	
세미나 개최비	500,000원/회 * 30회	15,000	
학회·세미나 참가비	50,000원/회 * 380인	19,000	
원고료, 통역료, 속기료	250,000원/일 * 10일	2,500	
기술도입비	13,250,000원/회 * 2회	26,500	
합계		240,625	

⑦ 연구활동비

[금액단위 : 천원]

연구활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
과제관리비			
연구활동진흥비	(1,614,240×6.7%)	108,154	
합계		108,154	

⑧ 연구홍보비

[금액단위 : 천원]

연구홍보비			
내역	산출 내역	금액	비고
연구홍보비	홍보자료제작 : 765,650 * 20회	15,313	
	논무게재비 및 심사료 : 131,250원 * 50회	6,562	
합계		21,875	

(다) 간접비

① 간접경비

[금액단위 : 천원]

간접경비			
기관	산출 내역	금액	비고
		484,951	
합계		484,951	

■ 4차년도 연구비 산출 근거

■ 4차년도 비목별 총괄

[금액단위 : 천 원]

연구비 비목별 명세						
비 목			현금	현물	합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520		323,520	
		지급	420,480	기업	420,480	12
	외부		710,400		710,400	20.3
직접비	연구기자재 및 시설비		385,000		385,000	11
	재료비 및 전산 처리·관리비		320,000		320,000	9.1
	시작품 제작비		315,000		315,000	9
	여 비		317,555		317,555	9.1
	수용비 및 수수료		199,500		199,500	5.7
	기술정보활동비		175,000		175,000	5
	연구활동비		97,445		97,445	2.8
	연구홍보비		18,370		18,370	0.5
위탁연구개발비						
간접비	간접경비		506,250		506,250	14.5
	연구개발준비금					
	산업재산권 출원·등록비		35,000		35,000	1
총 계			3,500,000		3,500,000	100%

(가) 인건비

① 내부인건비

[금액단위 : 천원]

내부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
미지급	수석급	26	4,800	12	20	299,520	
	선임급	5	4,000	12	10	24,000	
	계	31				323,520	
지 급	수석급	8	4,800	12	10	46,080	
	선임급	25	4,000	12	15	180,000	
	연구보조원	27	2,000	12	30	194,400	
	계	60				420,480	

② 외부인건비

[금액단위 : 천원]

외부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
지 급	수석급	15	4,800	12	20	172,800	
	선임급	37	4,000	12	10	177,600	
	연구보조원	50	2,000	12	30	360,000	
	계	102				710,400	

(나) 직접비

① 연구기자재비 및 시설비

[금액단위 : 천원]

연구기자재비 및 시설비				
구 분		품 명	금 액	비 고
연구 기자재	Hardware	컴퓨터, 프린터 등	135,000	
	Software	각종 프로그램	90,000	
	기 타	캠코더, 카메라 등 구입 및 장비임대	60,000	
시설비		실험장비 구입 및 임대	100,000	
Total			385,000	

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위한 보조장비 및 가력장치 등
-------------	----------------------------------

② 재료 및 전산처리·관리비

[금액단위 : 천원]

재료비 및 전산 처리관리비			
구 분	품 명	금 액	비 고
재료비	프린터 토너, 잉크, 출력용지 등	200,000	
전산처리 관리비	자료 공유용 서버, 전산처리비용 등	120,000	
Total		320,000	

필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위해 필요한 소모성 물품 실험자료 분석 및 수치해석을 위한 전산용품
-------------	--

③ 시작품 제작비

[금액단위 : 천원]

시작품 제작비			
구 분	품 명	금 액	비 고
실험체 제작비	실험체 및 시험체 제작비 등	315,000	
Total		315,000	

필요성 및 용도	각종 소재시험, 접합부 성능시험, 단일부재 시험을 위한 실험체 제작비 및 가공비
-------------	---

④ 여비

- 국내여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	2	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	9,000
선임급	20	2	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	12,000
연구보조원	40	2	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	24,000
수석급	20	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	9,000
선임급	26	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	11,700
연구보조원	50	10	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	45,000
Total				110,700

- 국외여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	2	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비 + 식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	110,550
선임급	5	2	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비 + 식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	36,850
수석급	16	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비 + 식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	41,360
선임급	7	1	왕복항공료:1인×400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비 + 식비 200\$)/일×6일 + (숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	18,095
Total				206,855

필요성 및 용도	논문발표 및 해외 선진 기술 현황 및 자료 수집
-------------	----------------------------

⑤ 수용비 및 수수료

[금액단위 : 천원]

수용비 및 수수료			
내역	산출 내역	금액	비고
인쇄/복사비	4,200,000원/월 * 12월	80,500	
인화비	208,400원/월 * 12월	10,000	
공공요금	800,000원/월 * 12월	15,000	
제세공과금 및 수수료	1,500,000원/월 * 12월	22,000	
사무용품비	3,500,000원/월 * 12월	72,000	
합계		199,500	

⑥ 기술정보활동비

[금액단위 : 천원]

기술정보활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
전문가활용비	200,000원/인 * 200인	40,000	
국제conference 참가비	700,000원/회 * 20인	14,000	
기술정보수집비	150,000/식 * 50회	7,500	
도서 등 정보자료구입비	50,000원/권 * 400권	20,000	
회의비	250,000원/회 * 200회	50,000	
세미나 개최비	500,000원/회 * 20회	10,000	
학회·세미나 참가비	50,000원/회 * 280인	14,000	
원고료, 통역료, 속기료	250,000원/일 * 25일	6,250	
기술도입비	13,250,000원/회 * 1회	13,250	
합계		175,000	

⑦ 연구활동비

[금액단위 : 천원]

연구활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
과제관리비			
연구활동진흥비	(1,454,400×6.7%)	97,445	
합계		97,445	

⑧ 연구홍보비

[금액단위 : 천원]

연구홍보비			
내역	산출 내역	금액	비고
연구홍보비	홍보자료제작 : 700,000 * 15회	10,500	
	논무게재비 및 심사료 : 131,250원 * 60회	7,870	
합계		18,370	

(다) 간접비

① 간접경비

[금액단위 : 천원]

간접경비			
기관	산출 내역	금액	비고
		506,250	
합계		506,250	

② 산업재산권 출원·등록비

[금액단위 : 천원]

산업재산권출원 등록비			
기관	산출 내역	금액	비고
		35,000	
합계		35,000	

■ 5차년도 연구비 산출 근거

■ 5차년도 비목별 총괄

[금액단위 : 천원]

연구비 비목별 명세						
비 목			현금	현물	합계	구성비(%)
인건비	내부	미지급	323,520		323,520	
		지급	380,160	기업	380,160	13.6
	외부		618,720		618,720	22.1
직접비	연구기자재 및 시설비		250,000		250,000	8.9
	재료비 및 전산 처리관리비		240,000		240,000	8.6
	시작품 제작비		180,000		180,000	6.4
	여 비		198,855		198,855	7.1
	수용비 및 수수료		239,400		239,400	8.6
	기술정보활동비		270,500		270,500	9.6
	연구활동비		88,600		88,600	3.2
	연구홍보비		12,250		12,250	0.4
위탁연구개발비						
간접비	간접경비		265,515		265,515	9.5
	연구개발준비금					
	산업재산권 출원·등록비		56,000		56,000	2
총 계			2,800,000		2,800,000	100%

(가) 인건비

① 내부인건비

[금액단위 : 천원]

내부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
미지급	수석급	26	4,800	12	20	299,520	
	선임급	5	4,000	12	10	24,000	
	계	31				323,520	
지 급	수석급	6	4,800	12	10	34,560	
	선임급	23	4,000	12	15	165,600	
	연구보조원	25	2,000	12	30	180,000	
	계	54				380,160	

② 외부인건비

[금액단위 : 천원]

외부인건비							
구 분		인 원	월급여	참여기간	참여율 (%)	총액	비고
지 급	수석급	11	4,800	12	20	126,720	
	선임급	35	4,000	12	10	168,000	
	연구보조원	45	2,000	12	30	324,000	
	계	78				618,720	

(나) 직접비

① 연구기자재비 및 시설비

[금액단위 : 천원]

연구기자재비 및 시설비				
구 분		품 명	금 액	비 고
연구 기자재	Hardware	컴퓨터, 프린터 등	100,000	
	Software	각종 프로그램	60,000	
	기 타	캠코더, 카메라 등 구입 및 장비임대	30,000	
시설비		실험장비 구입 및 임대	60,000	
Total			250,000	
필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위한 보조장비 및 가력장치 등			

② 재료 및 전산처리·관리비

[금액단위 : 천원]

재료비 및 전산 처리관리비			
구 분		품 명	금 액
재료비		프린터 토너, 잉크, 출력용지 등	140,000
전산처리 관리비		자료 공유용 서버, 전산처리비용 등	100,000
Total			240,000
필요성 및 용도	실험체 제작 및 실험 수행을 위해 필요한 소모성 물품 실험자료 분석 및 수치해석을 위한 전산용품		

③ 시작품 제작비

[금액단위 : 천원]

시작품 제작비			
구 분		품 명	금 액
실험체 제작비		실험체 및 시험체 제작비 등	180,000
Total			180,000
필요성 및 용도	각종 소재시험, 접합부 성능시험, 단일부재 실험을 위한 실험체 제작비 및 가공비		

④ 여비

- 국내여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	4,500
선임급	20	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	6,000
연구보조원	40	1	서울-부산간 교통비 : 180,000원 * 1회 =180,000원 숙박 : 50,000원 1박=50,000원 일비, 식비 : (10,000원+25,000)*2일 = 70,000원	12,000
수석급	20	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	9,000
선임급	26	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	11,700
연구보조원	50	5	서울-무주간 교통비 : 50,000원 숙박+일비+식비 : (15,000원 + 10,000원 + 15,000원) = 40,000원	22,500
Total				65,700

- 국외여비

[금액단위 : 천원]

국내여비				
직급	인원	횟수	산출 내역	금 액
수석급	15	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	55,275
선임급	5	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=1,540,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	18,425
수석급	16	1	왕복항공료:1인×1,400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	41,360
선임급	7	1	왕복항공료:1인×400\$/회×1,100원/\$=440,000원 체재비:1인×{(일비+식비 200\$)/일×6일 +(숙박비 150\$×5박)}×1,100원/\$ 등 =2,145,000원	18,095
Total				133,155

필요성 및 용도	논문발표 및 해외 선진 기술 현황 및 자료 수집
-------------	----------------------------

⑤ 수용비 및 수수료

[금액단위 : 천원]

수용비 및 수수료			
내역	산출 내역	금액	비고
인쇄/복사비	12,000,000원/월 * 12월	144,000	
인화비	600,000원/월 * 12월	7,200	
공공요금	850,000원/월 * 12월	10,200	
제세공과금 및 수수료	2,000,000원/월 * 12월	24,000	
사무용품비	4,500,000원/월 * 12월	54,000	
합계		239,400	

⑥ 기술정보활동비

[금액단위 : 천원]

기술정보활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
전문가활용비	200,000원/인 * 400인	80,000	
국제conference 참가비	700,000원/회 * 40인	28,000	
기술정보수집비	150,000/식 * 45회	6,750	
도서 등 정보자료구입비	50,000원/권 * 400권	20,000	
회의비	250,000원/회 * 300회	75,000	
세미나 개최비	500,000원/회 * 40회	20,000	
학회·세미나 참가비	50,000원/회 * 400인	20,000	
원고료, 통역료, 속기료	250,000원/일 * 30일	7,500	
기술도입비	13,250,000원/회 * 1회	13,250	
합계		270,500	

⑦ 연구활동비

[금액단위 : 천원]

연구활동비			
내역	산출 내역	금액	비고
과제관리비			
연구활동진흥비	(1,322,400×6.7%)	88,600	
합계		88,600	

⑧ 연구홍보비

[금액단위 : 천원]

연구홍보비			
내역	산출 내역	금액	비고
연구홍보비	홍보자료제작 : 700,000 * 10회	7,000	
	논무게재비 및 심사료 : 131,250원 * 40회	5,250	
합계		12,250	

(다) 간접비

① 간접경비

[금액단위 : 천원]

간접경비			
기관	산출 내역	금액	비고
		265,515	
합계		265,515	

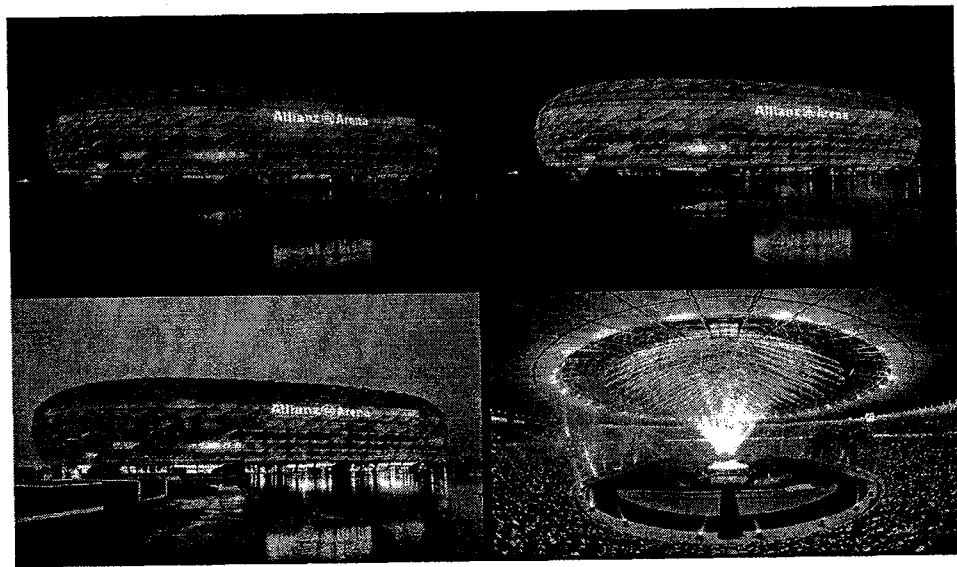
② 산업재산권 출원·등록비

[금액단위 : 천원]

산업재산권출원 등록비			
기관	산출 내역	금액	비고
		56,000	
합계		56,000	

5. 설문 조사지

대공간 건축물에 관한 설문조사



본 자료는 한국건설교통기술평가원에서 2006년
발주할 예정인 CTRM 과제의 기획용 자료로
소중히 쓰여집니다. 바쁘시더라도 성의껏 답변해
주시면 감사하겠습니다.

(설문회신기간 : 2006년 2월 3일 까지)



인하대학교 건축학부
대공간구조시스템연구실



설문은 총 23문항 단답형입니다.

1. 현재 귀하의 소속은 어디입니까? ()
① 대학 및 연구기관 ② 시공사 ③ 설계 및 구조사무소 ④ 공공기관 ⑤ 감리회사 ⑥ 기타
2. 귀하는 대공간 구조에 대한 설계나 감리, 공사에 참여하신 경험이 있다면 어떤 분야에 참여하였습니까?(복수 선택 가능) ()
① 설계 ② 감리 ③ 시공 ④ 없다
3. 참여하신 경험이 있다면 스패의 규모는 어느 정도였습니까?
① 30m 이상 ② 50m 이상 ③ 100m 이상 ④ 200m 이상 ⑤ 기타 ()
4. 참여하신 경험이 있다면 어떤 구조 시스템이었습니까? ()
① 목구조 ② 강(래티스)구조 ③ 케이블구조+막구조 ④ 콘크리트구조 ⑤ 기타
5. 귀하는 일반적인 대공간 구조의 스패 규모가 어느 정도라고 생각하십니까? ()
① 30m 이상 ② 50m 이상 ③ 100m 이상 ④ 200m 이상 ⑤ 기타
6. 귀하는 국내의 대공간 구조로서 어느 시스템이 적절하다고 생각하십니까? 우선순위로 기재하세요.
① 목구조 ()
② 강(래티스)구조 ()
③ 케이블구조+막구조 ()
④ 콘크리트구조 ()
⑤ 기타 ()
7. 대공간 구조 시스템 중 강(래티스)구조의 경우 적절한 규모는 어느 정도라고 생각하십니까?()
① 30m 이상 ② 50m 이상 ③ 100m 이상 ④ 200m 이상 ⑤ 기타
8. 대공간 구조 시스템 중 케이블구조+막구조의 적절한 규모는 어느 정도라고 생각하십니까? ()
① 30m 이상 ② 50m 이상 ③ 100m 이상 ④ 200m 이상 ⑤ 기타
9. 귀하는 국내 대공간 구조물 건설시 시급히 보완해야 할 사항이 무엇이라고 생각하시는지 3가지만 선택하십시오.
()
① 설계기준 ② 설계요소기술 ③ 시방서 ④ 기존구조물의 DB화 ⑤ 유지 및 보수보강
⑥ 자재사양 ⑦ 전문인력 ⑧ 전문시공업체 ⑨ 시공기술
10. 대공간 구조 시스템의 설계요소기술의 경우 어느 부분을 보완해야 한다고 생각하십니까?
(복수 선택 가능) ()
① 재료사양 ② 해석방법 ③ 부재설계 ④ 상세 ⑤ 시공방법 ⑥ 기타
11. 귀하는 우리나라 전문인력의 대공간구조 설계기술력이 어느 정도라고 생각하십니까? ()
① 높다 ② 보통이다 ③ 낮다 ④ 잘 모르겠다
12. 귀하는 우리나라 시공업체의 대공간구조 시공 수행능력이 어느 정도라고 생각하십니까? ()
① 높다 ② 보통이다 ③ 낮다 ④ 잘 모르겠다

13. 국제적으로 대공간 구조 관련 기술력이 가장 높은 나라를 순서대로 기입하세요 ()
 ① 일본 ② 미국 ③ 영국 ④ 독일 등 유럽 ⑤ 기타
14. 귀하는 국내 대공간 구조 관련 기술력을 전반적으로 선진 외국에 비해 몇 % 정도로 판단하고 계십니까?
 ① 상위 20% 이내 ② 상위 40% 이내 ③ 상위 50% 이내 ④ 50% 이하
15. 귀하는 향후 국내에서 300m 이상의 대공간 구조물 건설이 필요하다고 생각하십니까? ()
 ① 필요하다 ② 필요하지 않다 ③ 잘 모르겠다
16. 향후 국내에서 300m 이상의 대공간 구조물 건설에 필요한 요소기술은 자체개발이 가능하다고 생각하십니까? ()
 ① 모두 가능하다 ② 대체적으로 가능하다 ③ 불가능하다 ④ 잘 모르겠다
17. 300m 대공간 구조물이 건설된다면 어디에 적용해야 한다고 생각하십니까?(3가지만 선택)
 ()
 ① 스포츠 시설 ② 문화 공연장 ③ 공장 등 산업시설 ④ 해양 및 우주시설
 ⑤ 비행장 터미널, 격납고 ⑥ 문화재 보호시설 ⑦ 쓰레기 처리시설 ⑧ 기타()
18. 귀하는 대공간 구조물에 관한 해외 프로젝트를 수주하였을 경우 기존 국내기준이 적용될 수 있다고 생각하십니까?
 ① 가능하다 ② 부분적으로 가능하다 ③ 불가능하다 ④ 잘 모르겠다
19. 귀하는 미래 대공간 구조의 수요 창출에 필요한 요소 중 가장 중요한 사항을 무엇이라고 생각하십니까?
 ① 국가 경제상황 ② 삶의 질적 향상 및 문화수요 ③ 스포츠 등 국제행사
 ④ 설계 및 시공 능력
20. 현재 대공간 구조 시스템 관련 국내 특허 등록 현황이 어느 정도라고 생각하십니까? ()
 ① 1000건 이상 ② 500 ~ 1000건 ③ 100 ~ 500건 ④ 100건 미만 ⑤ 없다
21. 국내 대공간 구조물의 건설에 의한 경제적 파급 효과는 연간 어느 정도라고 생각하십니까?()
 ① 500억 이상 ② 1000억 이상 ③ 5000억 이상 ④ 1조 이상 ⑤ 잘 모르겠다
22. 향후의 국내 대공간 건축물(스팬100m 이상)에 대한 수요는 연간 어느 정도라고 생각하십니까? ()
 ① 20건 이상 ② 50건 이상 ③ 100건 이상 ④ 200건 이상 ⑤ 잘 모르겠다
23. 국내 대공간구조 건축에 관한 기타 의견이 있으면 적어주십시오.

설문이 끝났습니다. 오랜 시간 설문에 응해주셔서 감사합니다.

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
인 하 대 학 교 TEL 032)860-7592

05기반구축B08

스팬 300m 대공간 건축물의
건설 및 실용화 방안에 관한 연구

- 발행일 / 2006. 4. 14.
■ 발행처 / 인 하 대 학 교
인천광역시 남구 용현4동 253
TEL : 032-860-7592
■ 인쇄처 /