R&D/
11연구
기획
-07-01

건축물
지진
안전성
향상
방안
기획

최종
보고서

2012

Land Transport and Maritime R&D Report

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

건설교통연구기획사업

R&D/11연구기획-
07-01

건축물 지진 안전성 향상 방안 기획 최종보고서

2012. 02. 18.

주관연구기관 / 성균관대학교
공동연구기관 / 고려대학교
한국건설기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

목 차

1. 기획 필요성 ····· 1
   1.1 기획 배경 ····· 1
   1.2 연구개발 방향 ····· 14
   1.3 기획연구 목표 ····· 19

2. 기술개발 추진방향 ····· 25
   2.1 기술개발의 타당성 ····· 25
   2.2 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 ····· 41
   2.3 기술개발 추진방향 ····· 56
   2.4 비전 및 기술발전 시나리오 ····· 62

3. 연구개발과제 도출 및 연구추진체계 수립 ····· 67
   3.1 후보과제 도출 ····· 67
   3.2 후보과제 우선순위 선정 ····· 86
   3.3 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드 ····· 75
   3.4 연구개발과제 및 로드맵 ····· 131
   3.5 연구추진체계 ····· 132

4. 연구 목표 및 범위 ····· 137
   4.1 연구 목표, 연구범위 ····· 138
   4.2 세부과제별 연구내용 ····· 143
   4.3 세부과제별/연차별 성과목표 및 성과지표 ····· 157

5. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안 ····· 168
   5.1 성과분석 및 검증방안 ····· 168
   5.2 실용화방안 ····· 174

6. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 180
6.1 연구일정 및 인력투입계획 ····· 180
6.2 과제별 소요예산 ····· 187

7. 과제 RFP 및 평가기준 ····· 203
7.1 본 과제 RFP ····· 203
7.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준 설정 ····· 218

첨부. 기술개발 동향 및 환경분석 ····· 1
A.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석 ····· 1
A.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황 ····· 115
A.3 기술수요 및 기술예측 조사 ····· 176

1. 기획 필요성

1.1 기획 배경

(1) 이상기후 등 비예측하중에 대한 설계기준 수립과 법적 제도적 대비책이 전무

○ 기후변화에 따른 건축물의 자연 재해와 피해가 급증함

- 과거의 기상관측 데이타와 기상이론에 의하여 설명하기 어려운 이상기후 현상들이 최근 빈번하게 관찰되고 있음. 기상청 관측 자료에 따르며 지난 50년 동안 한반도의 평균 기온은 1.5℃ 이상 상승하였으며 이는 지난 65만년 동안 있던 온도 변화와 비교했을 때 10배 이상 빠른 속도
- 1973년부터 2011년까지 전국의 8월 기상자료 분석결과, 평균기온, 평균 최고기온, 평균 최저기온, 강수량 등이 급변하고 있음. 특히 그림 1.1에서 건축물에 직접적인 피해를 미칠 수 있는 강수량의 증가폭이 매우 큼. 표 1.1은 연도별 최대강수일수와 최다강수량의 순위를 보여주고 있는데, 2000년 이후에만 최대강수 일수는 3번, 1시간 최다 강수량은 2번이 포함되어 있음
- 지구 온난화에 따른 기후변화로 인하여 태풍, 폭우와 폭설에 의한 급격한 강수량 증가, 홍수 그리고 산사태 등 자연 재해가 빈번함. 2010년 8월의 온태풍 곤파스는 서해안과 서울을 포함한 중북부 지역이 큰 피해를 가져오고 영동 지역에 폭설을 가져와 도로가 끊기고 마을이 고립되는 사태가 발생함. 2011년 7월에는 이틀 동안 461mm의 기록적인 폭우에 의해서 우면산 산사태가 발생하고 전국에서 40명 이상의 인명피해를 발생
- 열대성 저기압에 의한 태풍피해가 큼. 특히 지붕, 간판, 유리창, 그리고 커튼 월 등의 비구조요소의 돌풍에 의한 탈락으로 인명피해의 위험성이 높으므로 강한 풍하중에 대한 비구조 요소의 내풍설계 기준의 검토가 필요함
- 겨울철 적설하중에 의한 축사 및 비닐하우스와 같은 농가시설물의 붕괴 시 많은 피해가 발생하므로 이들 시설물의 시설 기준 보완이 필요함

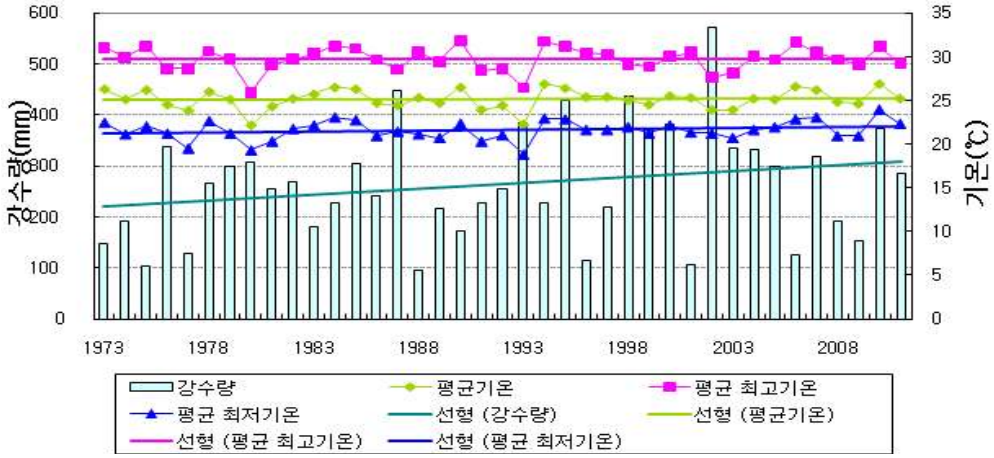


그림 1.1 전국의 8월 기상자료 (1973-2011년)

참고: 기상청 국내기후자료 (기후통계분석자료)

표 1.1 연도별 8월 극값 변동 사항(강수량 중심)

참고: 기상청 국내기후자료 (기후통계분석자료)

순위	연도별 8월 극값 (전국 평균자료)				연도별 여름철 극값 (전국 평균자료)			
	최대강수일수		1시간최다강수량 30mm 이상일수		최대강수일수		1시간최다강수량 30mm 이상일수	
1	2010	18.5	1998	1.8	2010	18.5	1998	1.8
2	1980	18.0	2010	1.4	1980	18.0	2010	1.4
3	2011	17.7	1995	1.4	2011	17.7	1995	1.4
4	2002	17.7	1987	1.4	2002	17.7	1987	1.4
5	1976	17.7	2011	1.2	1976	17.7	2011	1.2

○ 국내의 인구 및 건축물의 도시집중화 현실과 도시지진 대비 필요성

- 지진은 대표적인 비예측하중임
- 우리나라의 경우 도시화율이 90%정도로 도시지역에 인구 및 국가기반시설을 비롯한 경제/산업시설이 집중되어 있음
- 과거 고베지진과 노스리지 지진 등의 사례에서 볼 때 "도시지진(urban earthquake)"은 엄청난 피해를 가져옴
- 따라서 일반적인 지진대응 보다는, 도시에 밀집된 고층의 공동주택은 우리나라만의 특징으로 도시지진에 대한 대비에 집중해야 함

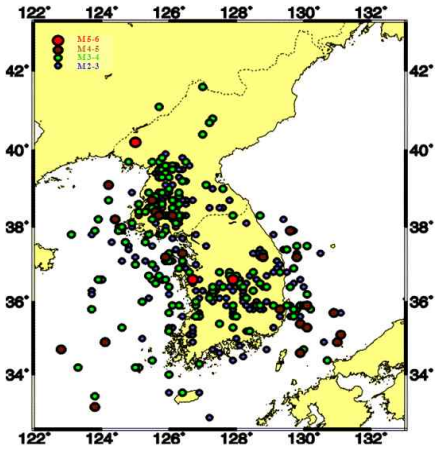


그림 1.2 한반도 지진발생 위치
<기상청 홈페이지(http://www.kma.go.kr)>

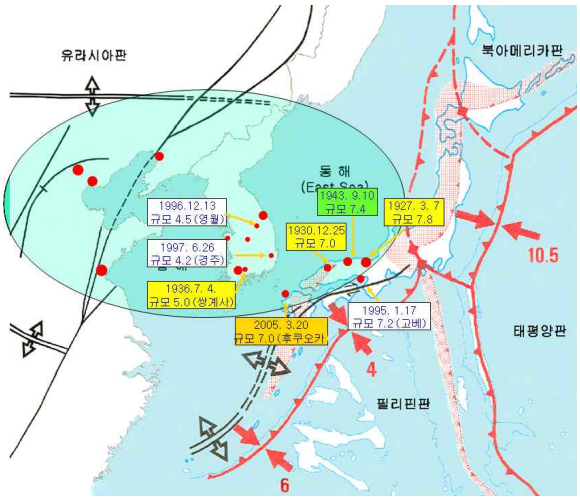


그림 1.3 일본 지진대와 국내 지진발생 연관도
(한국건설기술원 2006)

○ 국내 건축물의 내진설계 현황에 따른 지진 안정성 확보 필요

- 국내 건축물은 현재까지 82%정도의 건축물이 내진설계가 적용되지 않은 비내진 건축물임. 1988년 이후 단계적으로 내진설계 대상 및 기준이 강화되고 있으나 전체건축물중 85%는 내진설계 적용대상이 아니며 현재 기준에 의한 적용대상건물 중에서도 80%는 과거에 건축되어져 내진설계가 적용되지 않았음
- 저층의 건축물은 아이티와 터키의 지진피해사례에서 보듯이 지진에 취약하여 큰 피해가 발생됨. 국내의 소규모건축물은 비내진 건축물이며 우리나라 전체 건축물 동수에 있어 대다수인 84% 비율을 차지하는 만큼 지진발생시 가장 피해가 극심할 것으로 예상되어 최우선적으로 내진안전성을 확보할 필요성이 있음
- 국가 신경망과 중요 재해구호시설(병원, 소방서, 학교 등)의 경우도 내진설계가 적용된 비율은 17% 정도로 교량과 철도 등 다른 중요 시설물에 비해 내진설계비율이 현저히 낮음. 따라서 지진 재난 후 복구를 위한 중요 건축물의 지진 안전성 확보를 위한 대책이 필요함
- 내진설계기술 측면에서 우리나라는 지진발생시 구조체에 손상을 허용하는 강도저항형 설계법이 대부분을 차지하고 있어 지진시의 인명손실은 방지할 수 있을 것으로 기대되나, 지진 후의 구조물 사용 및 복구 측면에서 대비가 매우 미흡함

표 1.2 국내 건축물 내진설계 적용 여부

우리나라 전체 건축물	내진설계 대상여부 (3층 이상, 연면적 1000㎡ 이상 건축물)		내진설계 적용여부		
680만동	내진설계 비대상	580만동	-	비적용	85.3%
	내진설계 대상	100만동	84만동	비적용	12.4%
			16만	적용	2.3%
비 고	우리나라 전체 건축물중 2.3%만 내진설계 적용되었으며, 실제 내진설계전문가가 수행한 건축물은 0.6%에 불과함.				

표 1.3 중요 건축물의 내진설계 적용 비율

시설물명	내진설계 대상	내진설계 적용	내진설계 미적용				내진설계 적용비율
			소계	내진양호	내진보강	내진보강 필요	
고속철도	161	161	-	-	-	-	100%
공항시설	145	95	50	36	6	8	94.4%
일반철도	3,470	800	2,670	2,257	104	309	91.0%
병원시설	2,334	1,215	1,119	655	19	445	80.9%
도시철도시설	1,421	47	1,374	1,065	-	309	78.2%
정부청사 등 공공건축물	51,903	8,466	43,437	-	-	43,437	16.3%
국가항만시설	449	60	389	2	-	387	13.8%
학교	18,329	2,417	15,912		61	15,851	13.5%

○ 막대한 인명 및 재산 피해를 넘어선 국가적 재난상황 방지 필요

- 지진 피해는 광범위한 지역에 걸쳐서 막대한 인명피해가 우려되며 국가 신경망의 마비와 중요재해구호시설의 기능손상으로 인한 국가적 재난상황이 발생할 수 있음
- 해외의 피해사례에서 나타나듯이 지진발생으로 인해 발생된 경제적 손실과 복구 비용은 아이티의 경우 GDP의 120%에 달하는 피해비용이 발생하였으며, 일본 고베지진과 중국 쓰촨성 지진은 대략 140조원의 피해비용이 발생하였음
- 일본 이와테현 지진과 중국 쓰촨성 지진은 규모가 거의 비슷하지만 지진피해상황은 이와테현 지진의 경우 인명손상이 수십에서 수백명에 불과하고 중국 쓰촨성지진의 경우는 사망자 7만명, 실종자 17,000명, 부상자 37만명에 달하였음



중국 쓰촨성 지진(2008.5)
◦사망 : 69,226명
◦건물 786만여채 붕괴
◦피해액 : 약 143조원



아이티 지진(2010.1)
◦사망 : 222,517명
◦주택 10만5천채 붕괴
◦피해액 : 약 14조원



일본 동북 대지진(2011.3)
◦사망/행방불명: 약 250,000명
◦건물 11만5천채 붕괴
◦피해액 : 최대 250조원 추정

그림 1.4 최근 대표적인 지진피해의 손실사례

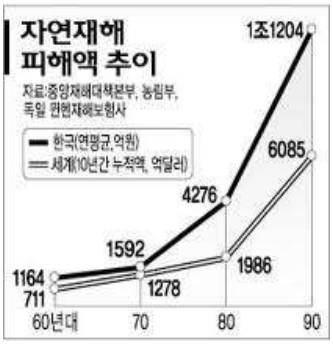


그림 1.5 자연재해 피해액 증가 추이

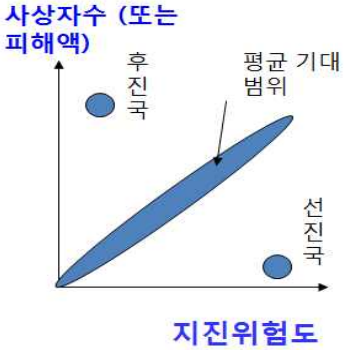


그림 1.6 내진설계의 중요성

● 고베 지진에 의한 철근콘크리트 건축물의 피해 정도

건 축 물	내진설계규
피해건물 비율	약 7
피해 정도	전

● 내진설계 적용여부에 따른 인구밀집지역에 발생한 지진으로 인한 건축물의 피해

지진명	발생연도	지진규모	사망자	발생지역	내진설계적용여부
중국 탕산	1976	8.2	300,000여명	인구밀집지역	미적용
일본 효고현남부	1995	7.5	5,500여명	인구밀집지역	적용
대만 치치	2000	7.8	4,000여명	인구밀집지역	적용
중국 스촨성	2008	7.8	64,000여명	인구밀집지역	미적용
아이티	2010	7.6	100,000여명	인구밀집지역	미적용
칠레 남부	2010	8.8	900여명	인구밀집지역	적용

그림 1.7 내진설계 적용여부에 따른 건축물 피해 정도

○ 사회적, 기술적, 경제적, 문화적 측면에서의 지진 및 이상기후에 대한 건축물 안전성 향상을 위한 기획연구의 필요성

- 사회적 측면: 지진 및 전세계적으로 발생하고 있는 이상기후에 따른 환경변화에 적극 대응이라는 측면에서 볼 때 국내 건축물 - 건축법에서 규정하고 있는 건축구조 설계를 수행하여 설계되거나 설계될 신축 및 기존 건축물과 건축구조 설계를 수행하지 않은 채 시공되어 존재하고 있는 소규모 건축물 포함 -의 구조안전성 확보를 위한 사회적 요구가 급격하게 증가하고 있음
- 기술적 측면: 국내 건축물 내진설계 기준은 지진 대응 선진국에 비하여 역사가 짧은 관계로 국내 건설환경과 지진환경에 대한 합리적이고 체계적인 고찰이 부족한 한 상

태로 선진화된 한국형 내진설계 기준의 제시가 필요하며, 기존 건축물의 안전성 확보를 위한 보다 적극적이고 전향적인 연구개발이 요구됨과 동시에 향 후 지속적인 관심의 대상이 될 기후변화에 따른 건축물 구조설계 기준/기술의 개발이 시급함

- 경제적 측면: 지진을 포함한 기후변화에 따른 자연력으로 의한 구조물의 손상과 붕괴는 막대한 인명 및 재산피해를 초래하여 국가적 재난을 야기할 수 있을 뿐만 아니라 이로 인한 이차적인 피해 또한 도시화와 산업화로 인하여 기하급수적으로 증가할 것으로 판단됨에 따라 이에 대한 정부 주도의 보다 적극적인 대응이 필요함
- 문화적 측면: 국내 인구의 도시집중으로 도시형 지진이 발생할 경우 국내 재난에 해당하는 피해가 발생할 수 있을 뿐만 아니라 주요 역사적 자료를 소장하고 있는 박물관 등의 구조적 손상을 귀중한 문화유산을 훼손할 우려가 있으며, 주요 문화재의 파손 또는 도괴의 우려에 있으므로 이에 대한 능동적인 대응이 필요함

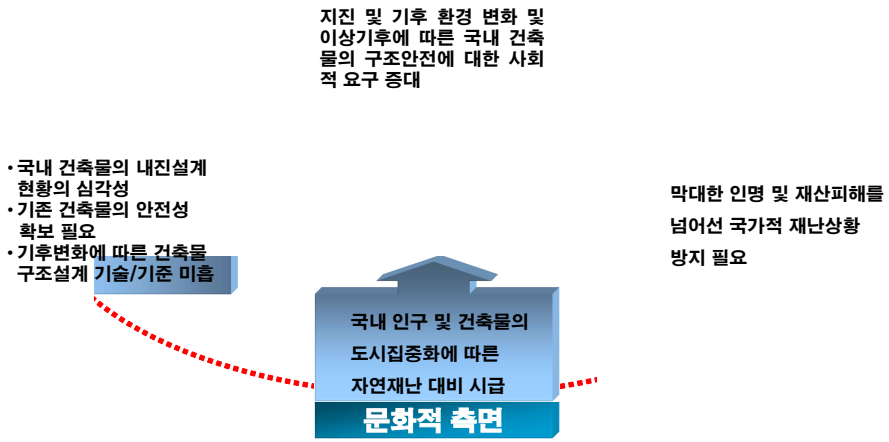


그림 1.8 사회적/ 기술적/ 경제적/ 문화적 측면에서의 지진 및 이상기후에 대한 건축물 안전성향상 기획연구의 필요성

○ 문제점(종합)

- 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 자체가 부재
- 최근 들어 국내를 포함한 전 세계적으로 지진과 이상기후에 의한 태풍, 폭설, 홍수, 산사태 등 우리 사회를 위협하는 리스크가 연쇄적으로 발생해 과거에 비해 광범위한 피해를 야기하고 있으므로 이에 대비한 설계하중의 정의가 필요함
- 전 세계적으로 뛰어난 내진설계 기술을 보유하는 등 그 어느 국가보다 자연재해에 철저하게 대비하고 있는 일본에서도 막대한 피해가 발생한 것은 지진, 쓰나미, 방사능 유출 등이 연쇄적으로 발발하며 기존 체계로는 사실상 적절한 대응이 불가능했기 때문임

○ 해결방안(종합)

- 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 : 적설, 바람, 홍수, 산사태 등 주요 기후

변화 관련 특성 조사 및 설계고려방안 수립이 필요

- 비예측하중에 따른 복합재난에 대한 대처는 국토해양부, 소방방재청, 지방자치단체와의 협조를 통해 다양한 재해, 재난 자료 확보 및 대응체계 융합이 필요하며, 국토해양부의 주도하에 재편되어야 함. 이에 대한 로드맵과 법적 제도적 체계(안)에 대한 정책적 연구가 필요함

(2) 현행설계기준의 문제점

○ 문제점

- 국제표준화기구(ISO)는 기술무역장벽을 낮추기 위해서 모든 국제규준을 성능중심형으로 개선할 것을 요구하는 상황
- 건축물 안전진단기준(시설안전공단) / 건축물 보수보강기준(시설안전공단): 상호 연계성이 없이 독자적으로 시행되며 신축 건물 설계기준과 불필요한 중복과 상충 (국토해양부, 건설공사기준 선진화 로드맵(안), 2012.3)
- 건축물구조설계기준(KBC)에서 초고층, 아웃리거, 면/제진 기준 등이 누락되어 있고 기준적용이 모호함
- 의료시설, 방송국 등 지진과 같은 자연재해 시 기능 유지가 필수적인 국가주요건축물의 내진설계 기준부재
- 지진으로 인한 피해의 70%이상이 비구조재 손상으로 발생하지만, KBC에는 비구조재 내진설계방법이 전혀 제시되어 있지 않음

○ 해결방안

- 산재되고 상호 상충되는 각종 설계 및 진단 기준을 통합하고 체계적인 설계 및 진단 기준의 정립
- 그의 감독 관할을 위한 제도적 시스템의 구축이 필요함

국내에서 빈번히 사용되는 구조시스템을 수용하지 못한다

❖ 새로운 구조시스템에 대한 기준 없음: Outrigger System, 면제진시스템

❖ 해외에 없는 국내 고유의 구조시스템/부재에 대한 기준 없음: 필로티형 벽식 아파트, 깊은 지하층구조, 얇고 긴 벽식 구조

Outrigger System

국내외에서 사용되는 댐퍼시스템

면진을 이용한 진동제어시스템
17층 공동주택 (도쿄, 일본)

그림 1.9 국내 내진설계 기준의 문제점

내진설계계수가 너무 복잡하고 설득력이 부족하다

기본 지진력 저항시스템	설계계수		변위증폭계수 C_d
	반응수정계수 R	시스템초과강도계수 Ω_0	
1. 건물 골조 시스템			
a. 철골 편심가새골조 (모멘트 저항 접합)	8	2	4
b. 철골 편심가새골조 (비모멘트 저항 접합)	7	2	4
c. 철골 중심가새골조	5	2	4.5
철골 중간중심가새골조	6	2	5
철골 특수중심가새골조			
2. 모멘트-저항 골조시스템			
철골 보통모멘트골조	3.5	3	3
철골 중간모멘트골조	4.5	3	4
철골 특수모멘트골조	8	3	5.5

.....이하 생략.....

내진설계범주 KBC 2009

		내진중요도그룹 특	I	II
S_{DS}	$0.50 \le S_{DS}$	D	D	D
	$0.33 \le S_{DS} < 0.50g$	D	C	C
	$0.17 \le S_{DS} < 0.33g$	C	B	B
	$S_{DS} < 0.17g$	A	A	A
S_{D1}	$0.20 \le S_{D1}$	D	D	D
	$0.14 \le S_{D1} < 0.20g$	D	C	C
	$0.07 \le S_{D1} < 0.14g$	C	B	B
	$S_{D1} < 0.07g$	A	A	A

너무 복잡하며
미국 **IBC**와 동일해야 하는지
근거가 부재함
국내 보편적 구조시스템은 누락

그림 1.10 국내 내진설계계수의 문제점

(3) 국내 건축물은 해외와 지진, 이상기후 특성, 건설특성이 전혀 다르지만, 안전성과 기능성을 평가하는 실증적인 자료가 산발적이거나 부족함. 과다 설계/건설비 증가 또는 과소설계/불안전설계의 위험이 존재

해외 강진지역 내진상세를 차용하고 있는 현행 **KBC** 설계기준의 설계상세가 비현실적이며 따라서 설계기준의 준수가 사실상 불가능하다.



- 미동부 지진경험에 기초하는 특수상세가,
  과연 중약진지역인 우리나라 지진환경에서
  필요한지 학계와 업계 모두 회의적인 실정
- 비현실적 사양 설계기준이 설계의 걸림돌로 작용
- 특수벽 형상과 조건이 다르나
  상세조건만 차용함으로써
  복잡하지만 성능발휘는 회의적인 상황

그림 1.11 국내 내진설계 상세의 문제점

○ 원인

- 해외에서 사용되는 건축구조시스템과 상이한 우리나라 특유의 건축평면, 시공방식에 의한 구조시스템이 다수를 점하고 있음. (예: RC벽식 공동주택(전체주거 단위수의 58% 점유), 우리나라 특유의 강접합 철골구조, 학교건물, 병원건물)
- 우리나라에 대형지진의 발생빈도가 매우 낮고, 이상기후에 의한 건축물의 피해 자료가 매우 산발적이며 부족한 실정. 설계는 하고 있지만 실증 자료에 근거하지 못한 치명적 결함이 있으며 최악의 경우 돌이킬 수 없는 초대형 국가재난이 초래됨. 그러나 엄밀하게는 인재임.
- 기 개발된 기술과 연구성과가 산발적이며 대부분 사장됨

○ 해결방안

- 기존 연구성과물과 연계하여 정책개발에 활용될 수 있는 연구 수행. 기존 연구성과가 미비하고 부족할 경우 명확한 목적성 하에서 기술개발 연구를 보완적으로 수행
- 기 개발된 연구와 기술의 활용하기 위해서는, 연구성과를 체계적으로 정리하고 건축물 대표유형별 부재별 재료별 구조안전성을 평가할 수 있는 DB구축과 이를 담는 프레임워크구축이 관건. 구조안전성 평가 프레임워크이 구축되면 기존 연구성과 활용

이 가능해지며 보완이 필요한 연구가 무엇인지가 투명해지며, 향후 개발된 연구 성과의 안정적 축적과 개선이 가능

- 우리나라 고유의 건축물의 지진 및 이상기후에 대해서는 기존 연구로 부족할 수 있으며, 이 경우 대표적 유형에 대하여 자원을 집중 투입하여 실제 모의실험 등을 통해 안전성을 실증적으로 검토와 취약성을 정밀 파악해야 함

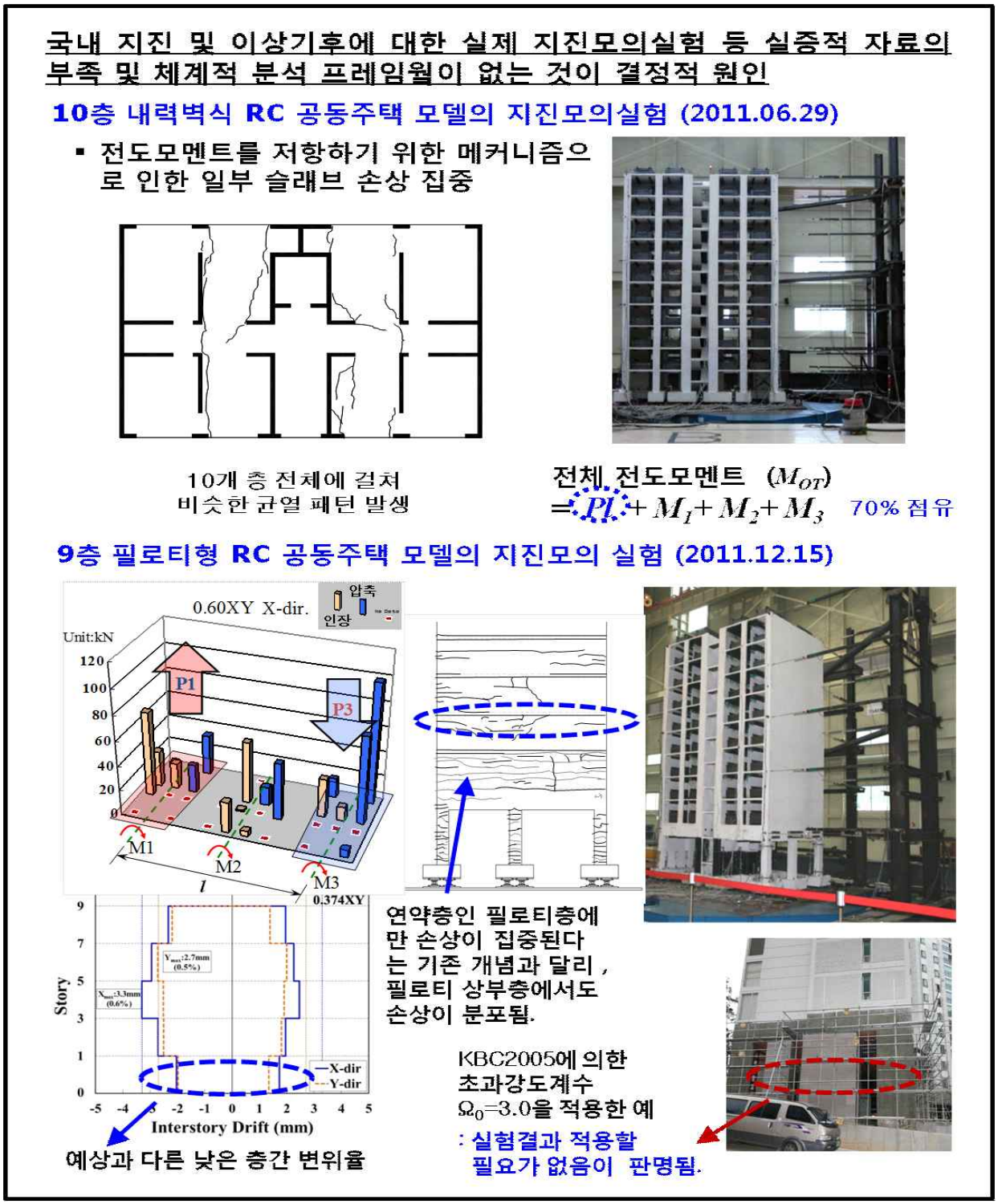


그림 1.12 지진 모의실험 결과 내진설계의 상충

(4) 소규모 서민건축물은 구조안전성의 사각지대이며 지진 및 이상기후에 무방비로 노출됨

○ 소규모 서민건축물의 구조 안전성 취약

- 국내 전체 건축물 중 소규모건축물의 비율: 85%이상
  - 전체 건축물 중 1층~4층 건축물은 약 95%
  - 연면적 1000m^{2}이하의 건축물은 약 94%
  - 소규모 건축물에 포함되는 2층 이하, 1000m^{2}미만의 건축물은 약 85%이상으로 추정됨.
  - 이상기후 및 지진에 대한 소규모 건축물의 구조 안전성 확보가 없다면 건축물의 완전한 국가 안전망은 달성 될 수 없음
- 기후변화에 의한 소규모건축물의 피해는 증가추세임 : 최근 급격한 기후변화로 강풍, 집중호우, 산사태, 폭설등에 의한 소규모 건축물의 피해사례가 속출
- 우리나라 지진발생 빈도수 증가와 소규모건축물의 지진 취약성 : 미국, 일본, 대만, 아이티 등 지진 피해사례에서 소규모 건축물의 피해가 가장 극심하였음
- 리모델링 등으로 인한 안전사고 사례의 증가 : 소규모 건축물은 중력하중에 대한 최소한의 구조 안전성도 확보하고 있지 못함



최근 이상기후 현상에 의해 발생한 소규모 건축물 피해 사례 지진에 의한 소규모 건축물 피해 사례 리모델링 공사중 붕괴 사례

그림 1.13 최근 이상기후 및 지진에 의한 소규모건축물 피해사례

○ 소규모건축물 구조기준 부재

- 국내 건축법상 건축물의 설계기준은 건축구조기준(KBC2009) 및 '소규모건축물 구조기준'으로 구성
- 이중에서 건축구조기준은 2005년에 전면 개정된 후 현행의 건축구조기준(KBC2009)로 체계화되는 등 구조안전을 위한 개정/보완작업이 진행 중
- 그러나, 구조 규칙 내에 있는 '소규모건축물 구조기준'은 1970년대 작성된 외국의 최소 사양기준만을 단순 반영한 형태로 2005년에 제정된 이후 실질적인 개정/보완작업이 부족
- 이로 인하여 지진 등의 재난/재해시의 소규모 건축물 구조안전 확보를 위해 매우 불충분 함

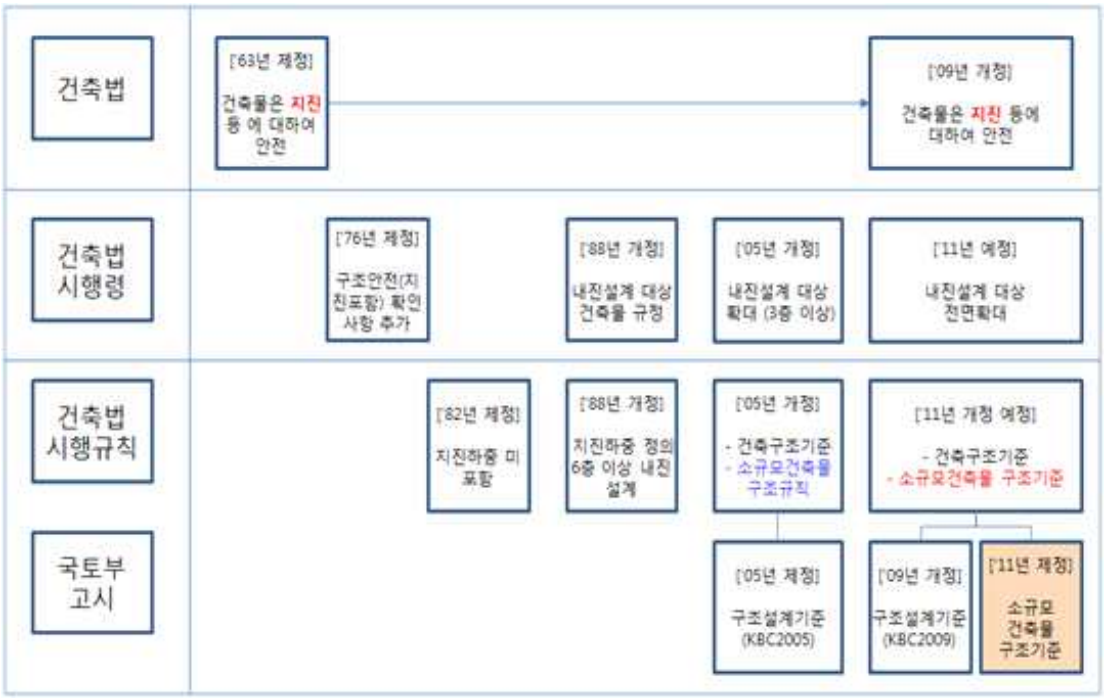


그림 1.14 소규모 건축물 관련 법규

○ 소규모건축물 구조안전에 대한 국가 관리체계 부재

- 건축신고에 해당되는 건축물(소규모 건축물)은 구조계산서의 작성 및 공사 감리등이 의무사항이 아님. 따라서 구조안전성이 확보되지 않았을 가능성이 높음
- 또한 일부 건축허가대상 건축물(6층 미만의 건축물)의 경우도 구조기술사에 의한 구조설계가 강제화 되어있지 않음
- 따라서, 현재 건축물 관리체계에서는 소규모 건축물의 구조 안전성을 확보할 수 없음. 소규모건축물의 구조안전성 및 시공절차를 적절히 관리 할 수 있는 행정적/제도적 장치가 미흡한 실정으로 이에 대한 효과적인 대안이 필요함

구 분	건축 허가		건축 신고		
			소규모 건축물 (3층 미만, 연면적 1000m2미만)		
적용 범위	6층 이상	3층~5층	200m²~1000m²	200m² 이하	기타*
설계도 작성	건축사				의무 대상 아님
구조계산서**	구조 기술사 (내진 설계 포함)	건축사 등 (내진 설계 포함)		의무 대상 아님	
구조도***					
필요 서류	건축계획서, 배치도 평면도, 입면도, 단면도 구조도, 구조계산서, 시방서 등을 제출			건축계획서, 배치도, 평면도, 입면도, 단면도만 제출	표준설계도서에 따라 건축한 건축물: 건축계획서 및 배치도만 제출

그림 1.15 소규모 건축물에 대한 건축 인/허가 자료

○ 문제점(종합)

- 국내 소규모건축물은 구조설계의 대상이 아니며, 건축사에 의한 경험적 구조상세 적용 등의 단순한 방법에 의해 수행되도록 정책화되어 지진 및 기후변화 대비 재난/재해 등의 구조안전에 매우 취약
- 소규모건축물 구조기준 부재하며 소규모건축물 구조안전에 대한 국가 관리체계 부재
- 리모델링 등으로 인한 안전사고 사례가 증가하며, 폭우와 산사태 등 기후변화에 의한 소규모건축물의 피해는 증가추세임. 소규모건축물의 지진 취약성이 특히 심각한 실정
- 현재 소규모 건축물에 적용되고 있는 '구조 설계 기준 등에 관한 규칙'은 실증적인 근거를 바탕으로 작성된 것이 아님

○ 해결방안(종합)

- 소규모건축물의 구조안전성 확보를 위한 행정적/제도적 장치 마련
- 기존의 관습적인 설계 방식에서 구조 안전성, 경제성, 효율성을 겸비한 소규모건축물에 특화된 구조기준 마련

(5) 현행설계기준의 문제점 및 해결방안지진 및 이상기후에 대한 안전성 과기능성을 보장하기 위해, 설계/시공 유지관리의 관련자 (발주자, 설계자, 시공자) 사이의 법적·제도적 시스템 미비

○ 문제점

- 감독(관할) 시스템의 비효율성 (비합리성)

○ 해결방안

- 이러한 산재한 각종 설계 및 진단 기준을 통합하고 상호 보완하는 체계적인 설계 및 진단 기준의 정립과 그의 감독 관할을 위한 제도적 시스템의 구축이 필요함
- 건설공사 및 설계기준 관리 및 운영체계의 비효율성과 설계기준의 제개정의 체계적 관리를 위한 DB시스템 구축이 관건 (국토해양부 2012. 3)

○ 우리나라 건축 관련법에 의해 내진설계기준이 시행되고 있으나 이러한 기준이 실제 건물의 설계에서 시공에 이르기까지 얼마나 실효성 있게 감독되고 있는지 알 수 없음. 내진설계의 경우 설계에서 시공에 이르기까지 내진설계의 실효성 확보가 필요함

(6) 대형재난 극복을 위한 기술개발 필요성에 대한 국가사회적 공감

○ 조사결과에 의하면 전국민의 가장 많은 수의 응답자가 기술개발을 통해 대응해야 할 재난과 과학기술 정보제공이 필요한 재난으로 본 연구의 대상인 지진, 태풍, 폭풍 등을 선택함. 이 조사결과는 본 연구 수행의 필요성과 타당성을 뒷받침함

.국가과학기술위원회(국과위) 대국민 설문조사 결과
.설문조사대상: 만 19세 이상 전국의 성인남녀 1029명, 복수 응답 가능
.설문조사기간: 2012년 3월 15일 ~ 3월 22일

그림 1.16 국가과학기술위원회 대국민 설문조사 결과(국가재난분야)

1.2 연구개발 방향

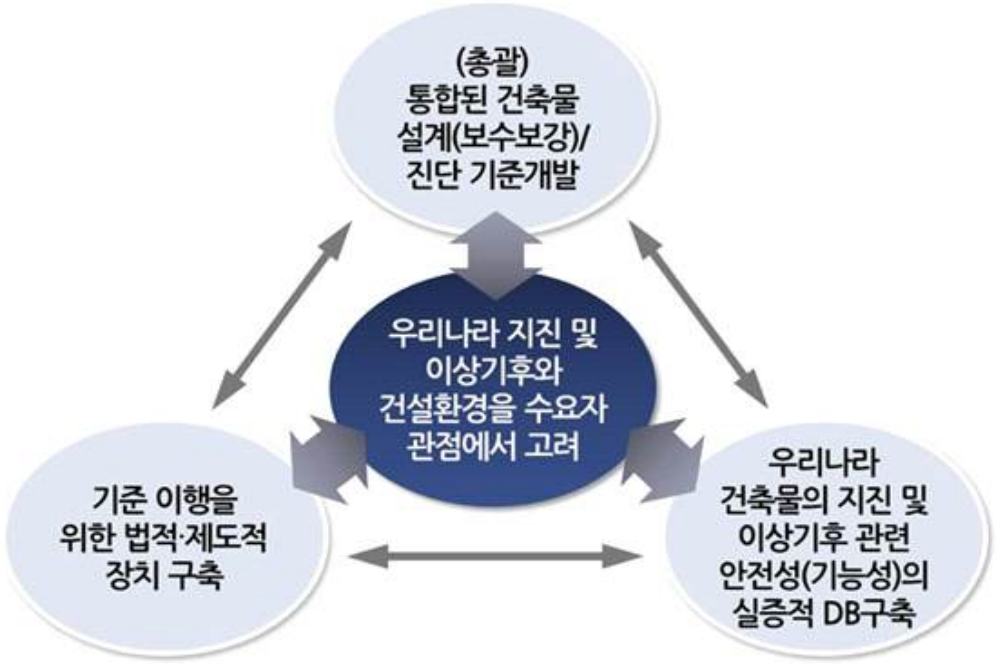
(1) 목표가 명확하고 글로벌스탠다드에 부합하는 연구

○ 지진 및 이상기후에 대한 건축물의 안전성향상을 위한 문제해결방안
- 성능중심의 통합 건축물 설계/진단 기준 (안)
- 설계/진단기준의 실제 적용을 위한 법적·제도적 시스템 (안)
- 우리나라 기존건축물에 대한 총체적 안전성 평가 프레임웍 구축 및 실증자료 체계화

○ 글로벌스탠다드 충족 : 국제표준화기구(ISO)에서는 건설분야기준도 모두 성능중심형으로 개정하도록 요청

○ 건설 ENG의 해외진출기반 : ISO 국제표준에 맞도록 건축물 설계/진단기준의 정비

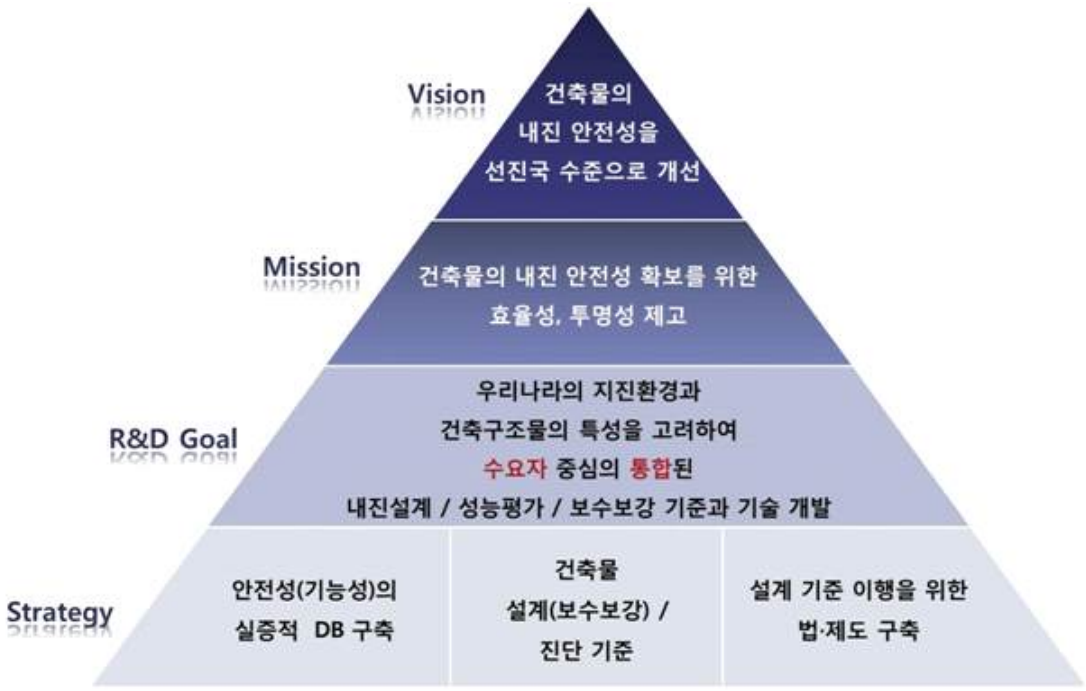
○ 국토해양부 정책에 부합 : 2012.3에 발표된 건설공사기준 선진화 로드맵에 성능중심기준으로 개정이 포함됨



(2) 수요자 편의 위주의 연구

○ 투명성보장 : 건축물의 안전성(기능성)확보를 위한 설계기준의 의도가 발주자, 설계자로부터 시공자, 감독관에 이르기 까지 투명하게 이해될 수 있도록 함.

○ 효율성보장 : 우리나라의 지진 및 비예측 대형 자연재해 특성과 경제적인 부담을 고려하여 엔지니어와 건축주가 공감 할 수 있는 효율적 설계, 시공, 기술/기준 및 이의 이행을 위한 법적·제도적 시스템을 구축함



(3) 정책수립의 근거제공

○ 신축건물/기존건물/소규모건축의 지진 및 이상기후에 대한 구조안전성을 쉽고 투명하게 분석할 수 있는 틀을 제시

○ 국내에서 건설되는 건축물의 대표적인 유형이 많지 않음. 대표건물 유형에 대한 구조 시스템 및 구조상세의 내진특성분석과 합리적인 설계방안 수립에 연구역량 집중을 통해서, 목표지향적 연구 수행. 정책/제도수립에 활용과 명확한 근거를 제공하는 연구

(4) 법 제도 개선 연구

○ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화

- 성능중심의 통합 건축물 설계/진단 기준 (안)

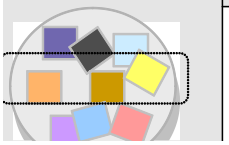
○ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화

- 정부 및 관공서의 건축물 지진 및 이상기후 대응체계와 법제도 개선
- 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 국토해양부의 역할 규정 및 상향조정 제도화

○ 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화

○ 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비





분산형	연구자 주도형	선진국 답습형
- 기존 연구는 학계, 민간기업, 혹은 정부공사에 의해 개별적으로 추진되어 국가적인 측면에서 사용하기에는 체계성과 상호연관성이 부족하였음.	- 기존 연구는 연구 주제와 분야별로 연구자 중심으로 산발적으로 수행되어 통일성이 결여됨.	- 지진, 홍수, 화재 등 자연재해와 재난의 정도는 각 나라마다 큰 차이가 있음. 해외의 내진 및 내풍설계, 구조성능평가방법과 보수보강법은 각 나라의 위험요소 별 특성에 맞게 작성됨. **- 해외의 설계기준, 지침 등을 그대로 우리나라에 도입하는 것은 인력과 자원의 낭비를 초래할 수 있음.**

통합/융합	수요자 중심	한국형 선진화
TO BE		
- 지진, 홍수, 돌풍 등 **비예측 자연재해를 고려하여 구조안전성 향상 방안과 관련 요소기술**을 개발함. - 국가적인 관점에서의 체계적·통합적인 연구를 수행함.	- 지진, 자연재해, 기후변화에 따른 재난 피해 대책에 대한 국가 예산의 중복을 극복하기 위해서는 합의된 기준의 제정이 필요. - 이를 목표로 건축주 및 엔지니어, 지방자치단체, 관련 **행정기관 등 수요자의 요구에 맞도록 연구과제와 방향과 내용을 도출함.**	- 우리나라에는 판상형 아파트, 주상복합, 필로티 근생, SRC조 등 외국에서 사용되지 않는 구조시스템을 가진 건축물이 많음. - 국외 건축물과 다른 국내 건축물의 특성 및 문제점을 도출하여 **집중적으로 연구할 테마를 선택하고, 우리나라의 지진 및 기후변화 특성을 고려하여 선진 구조설계기술을 개발함.**

그림 1.17 연구의 타당성

(5) 목표가 명확한 연구

○ 연구 과제를 통하여 달성해야 할 최종 연구 목표가 명확하여야 한다. 그림 1.18~1.20 은 최종연구목표를 제시하고 있다

건축물 구조안전성 향상을 위한 최종 연구목표

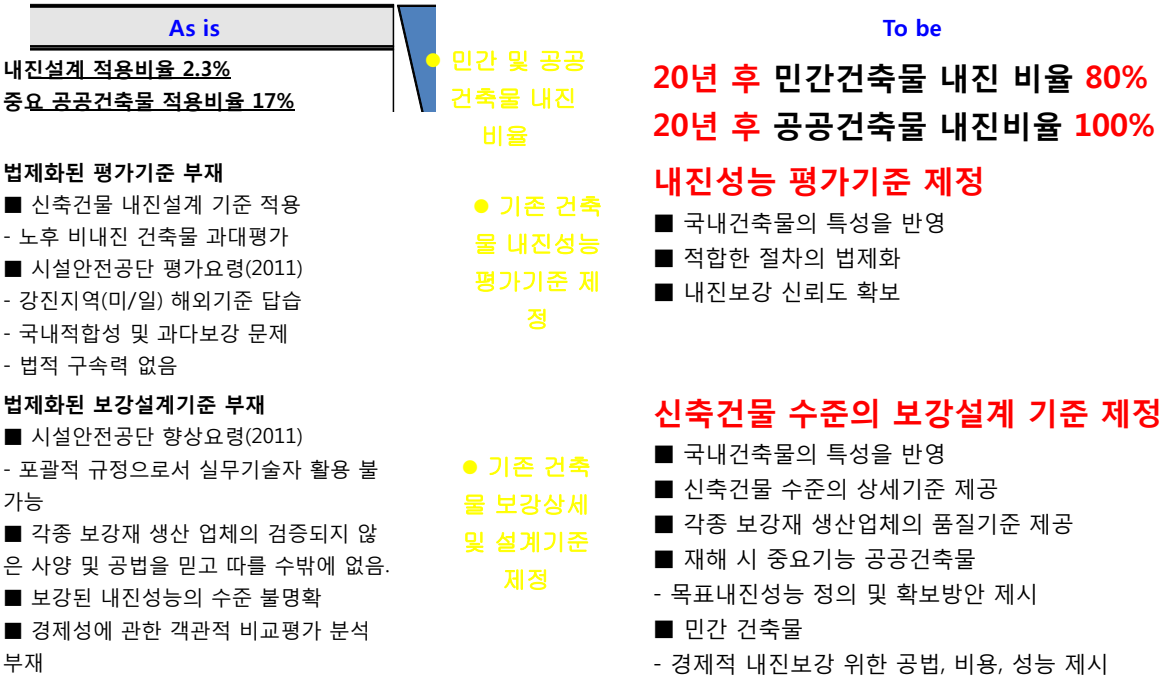


그림 1.18 신축건축물의 구조안전성 향상을 위한 최종 연구목표

건축물 구조안전성 향상을 위한 최종 연구목표

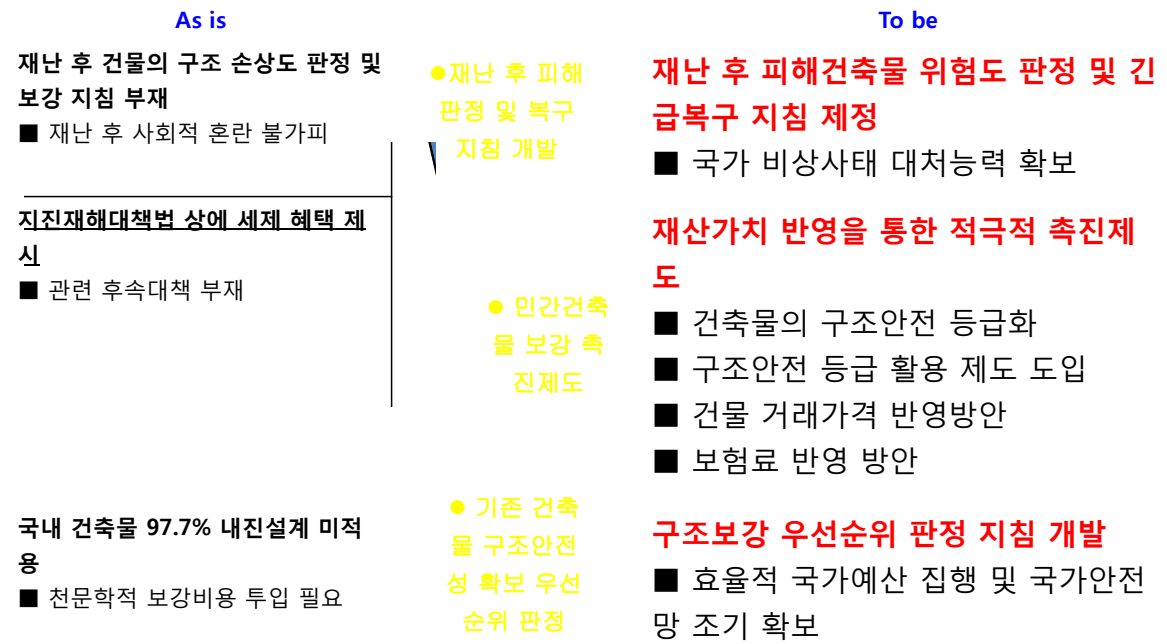


그림 1.19 기존건축물의 구조안전성 향상을 위한 최종 연구목표

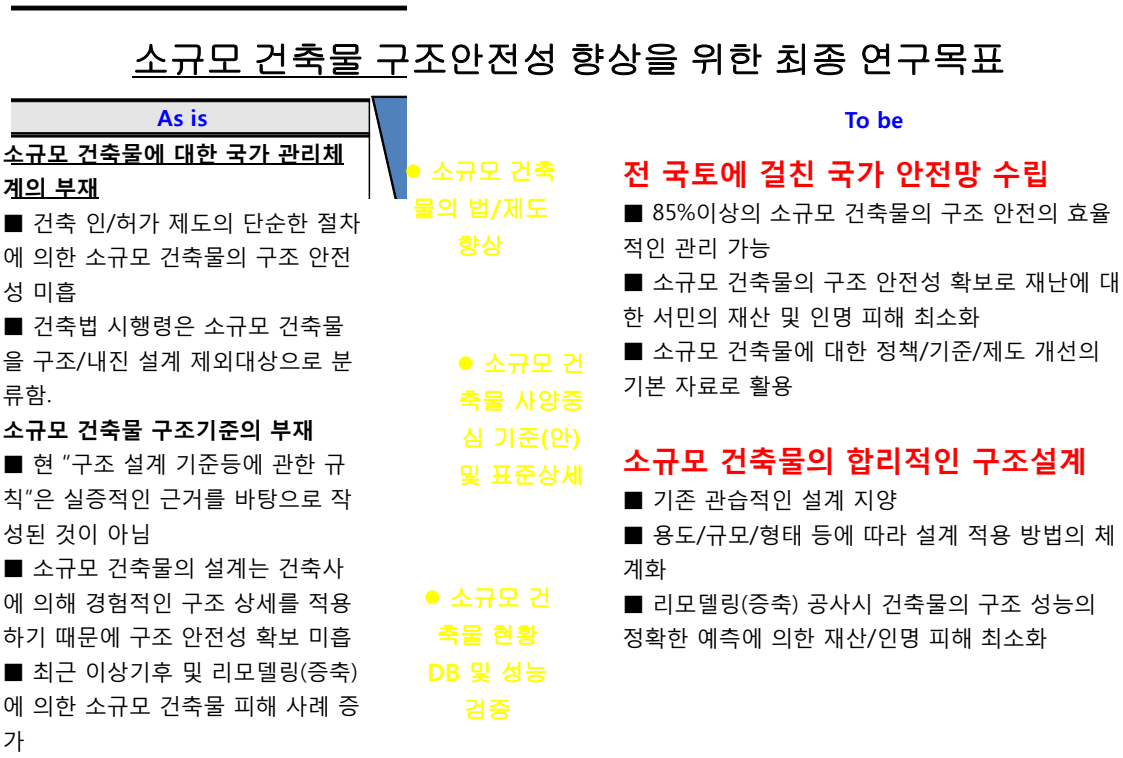


그림 1.20 소규모 건축물의 구조안전성 향상을 위한 최종 연구목표

1.3 기획연구 목표

국내 지진특성과 건설환경을 고려한
건축물 내진성능 확보와 기술/제도의
선진화를 위한 전략수립

과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준설정

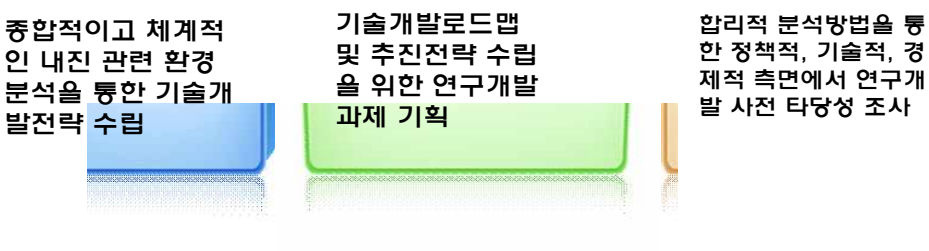


그림 1.21 기획연구의 최종목표

본 기획연구의 최종목표는 **“국내 지진 및 기후변화 특성과 건설환경을 고려하여 구조성능을 실증하고, 이를 바탕으로 신축건축물/기존건축물/소규모건축물에 통합적으로 적용되는 국내 고유의 통합구조설계 기준과 기술을 개발하고, 법 제도의 선진화를 달성함”**에 있으며 연구기획 범위는 다음과 같음

(1) 지진과 기후변화에 대한 종합적이고 체계적인 환경분석과 기술개발전략 수립

(2) 기술개발로드맵 및 추진전략 수립을 위한 연구개발과제 기획

(3) 합리적 분석방법을 통한 정책적, 기술적, 경제적 측면에서 연구개발 사전타당성 조사

(4) 과제 공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준설정

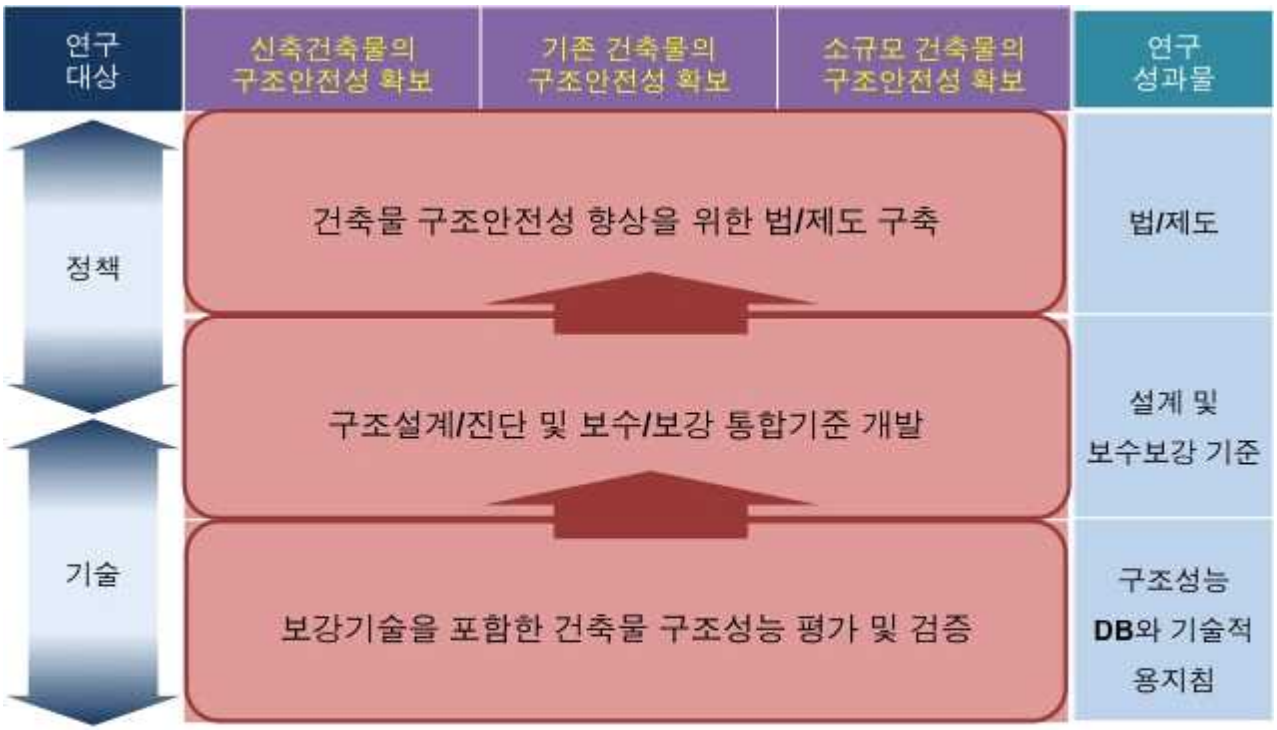


그림 1.22 중점연구분야 설정을 위한 연구 매트릭스

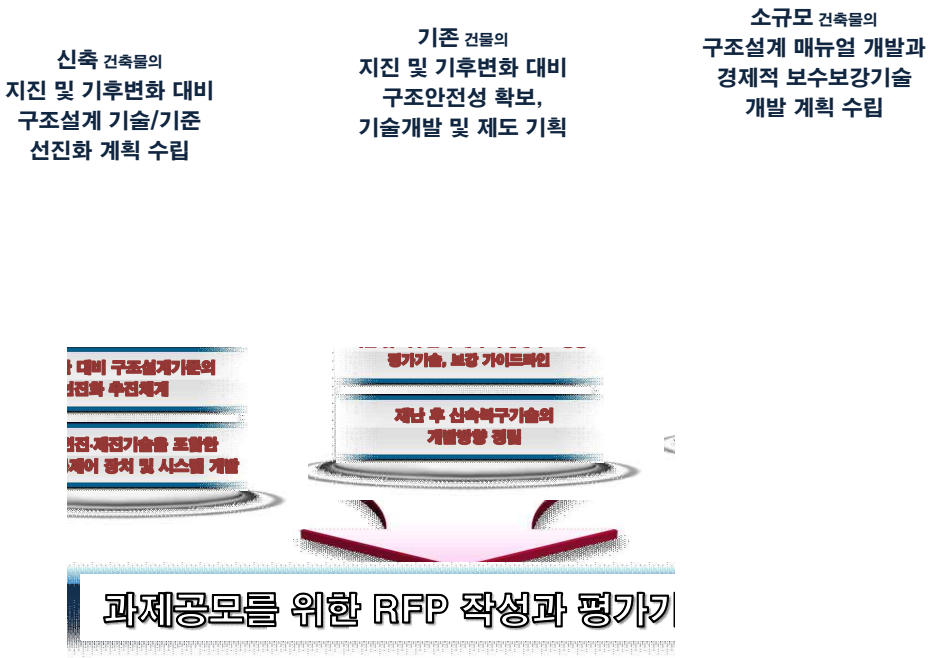
○ 중점 연구분야 설정

- 지진 및 기후변화 특성과 건설환경을 고려한 국내 건축물의 구조 안정성 확보를 위하여, 국내 건축물 구조특성과 지진환경, 기후변화 특성을 고려한 실증연구에 바탕하여 신축구조물/기존 건축물/소규모 건축물에 대한 각종 설계기준을 통합하고 체계적인 설계기준의 정립이 필요하며, 다음에 대한 연구와 연구성과물이 요구됨.
  - 신축구조물, 기존 건축물과 구조설계가 요구되지 않는 소규모 건축물의 보강기술을 포함한 건축물 구조성능평가 및 검증을 통한 구조성능 데이터 베이스와 기술적용지침

- 이를 바탕으로 한 구조설계/진단 및 보수/보강에 대한 국내 건축물 대상 통합기준 개발
- 연구를 통하여 제시된 통합기준의 적용을 위한 법/제도 구축

– 상기 연구는 정책 및 기술연구 (그림에서 세로축)로 세분 가능할 뿐만 국내에 존재하거나 신축건축물, 기존 건축물과 소규모 건축물 등 국내에서 이미 지어졌거나 향 후 지어질 거의 모든 건축물에 대해 지진을 포함한 지후 변화로 인한 구조 안전성을 확보할 수 있도록 연구 매트릭스 구성되어야 함

– 설정된 연구 매트릭스를 바탕으로 연구원 간 의견교환과 다양한 전문가 자문을 통하여 최종연구목표를 효과적으로 달성하고 체계적인 연구진행을 위하여 중점 연구분야를 연구대상 즉 신축건축물, 기존건축물과 소규모 건축물별로 세분하고 각 분류의 건축물에 대하여 구조안전성 확보를 위하여 기존 기술뿐만 아니라 개발될 기술을 포함한 구조성능 DB와 기술 적용지침, 통합 구조설계 기준, 이를 뒷받침할 수 있는 법/제도를 구축하여야 함



○ 중점 연구분야 별 목표 및 내용

– **제1중점분야 (신축건축물) : 지진 및 기후변화 대비 한국형 건축물 구조설계 기술/기준 선진화.**

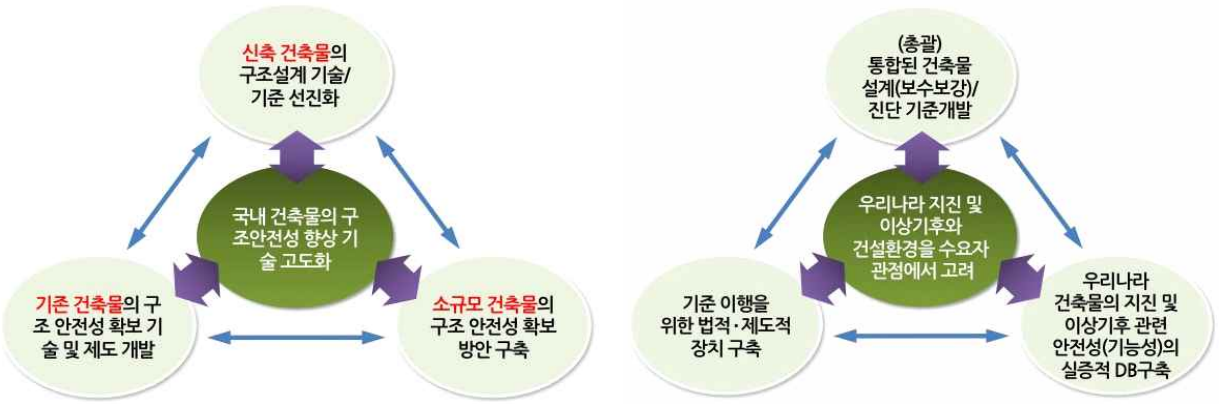
본 중점연구 분야에서는 최근 한국의 이상기후 특성, 지진환경, 건축물 특성에 적합한 구조설계 기술과 기준을 선진화하는 것을 연구 목표로 함. 본 중점분야에서 연구하고자 하는 세부 연구내용은 다음과 같음.

- 현행 내진설계기준의 검증/보완 및 선진화 계획 수립
- 국내 건축물 구조시스템 진동특성 실증
- 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선
- 진동제어장치의 실험매뉴얼과 성능평가방법을 포함한 신축건축물의 설계지침(안) 제시
- 지진 및 기후변화에 대비한 비구조재의 구조성능평가, 설계기준 정립, 성능개선 연구
- 의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 구조 설계/기준 개발 및 정비
- 복합위험에 대비한 건축물 구조 설계 기준 개발 연구
- 지진 재난 복구 시설물(critical facility)에 대한 특별기준 제정
- 신축건축물의 구조안전성 확보를 위한 기준 및 설계지침의 적극적 적용을 유도할 수 있는 법/제도 제시 및 개선

- **제2중점분야 (기존건축물) : 기존 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보를 위한 기술/제도 개발.** 본 중점연구 분야에서는 지진, 홍수 등 자연재해를 고려하고 있지 않는 구 설계기준에 따라 건설된 기존 건축물의 복합적 구조안전성 확보 및 재난 후 신속복구 방안을 마련하는 것을 연구 목표로 함. 본 중점분야에서 연구하고자 하는 세부 연구내용은 다음과 같음.
  - 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발
  - 비용의 효율적 배분을 위한 기존 건축물 구조보강 우선순위 판정기준 개발
  - 재난 발생 후 신속 대응을 위한 건축물 위험도 판정 및 긴급복구 지침 개발
  - 국내 기존 비내진 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화
  - 기존 주요 공공 건축물의 재해 발생 시 필수기능 유지를 위한 보강설계법 개발
  - 기존 민간 취약 건축물의 필수 구조성능 확보를 위한 최소비용 보강설계법 개발
  - 기존 건축물 구조보강 설계기준 및 표준상세 개발
  - 기존 건축물 구조보강 기술의 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육 프로그램 개발
  - 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능 향상기술 및 설계지침 개발

- **제3중점분야 (소규모 건축물) : 소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 향상을 위한 설계메뉴얼 개발과 경제적 보수보강기술**. 본 중점연구 분야에서는 일정 규모 이하(소규모건축물)의 제한된 범위의 건축물에 대하여 전문 엔지니어의 도움을 최소화하고 지진, 태풍 등 복합하중에 대하여 최소한의 구조성능을 확보하기 위하여 법정 구조를 정의하고, 기존 소규모 건축물에 대한 경제적 최소 보수보강기술을 개발하는 것을 연구 목표로 함. 본 중점분야에서 연구하고자 하는 세부 연구내용은 다음과 같음.
  - 소규모 건축물 구조형식별 법정 내진구조의 범위, 규모 및 세부 사양제시
  - 소규모 건축물의 내진 안전성 확보를 위한 내진 설계/성능평가 지침 확립

- 기존 주택의 효율적인 자가 보수/보강 방법에 관한 연구 및 가이드라인 개발
- 기후변화 및 지진대비 소규모 건축물의 구조안전성 관리 방안 및 제도에 관한 연구



연구 중점분야 구성 개념도　　연구 성과물에 의한 상호연관성

그림 1.23 기획연구의 중점분야 구성 개념도

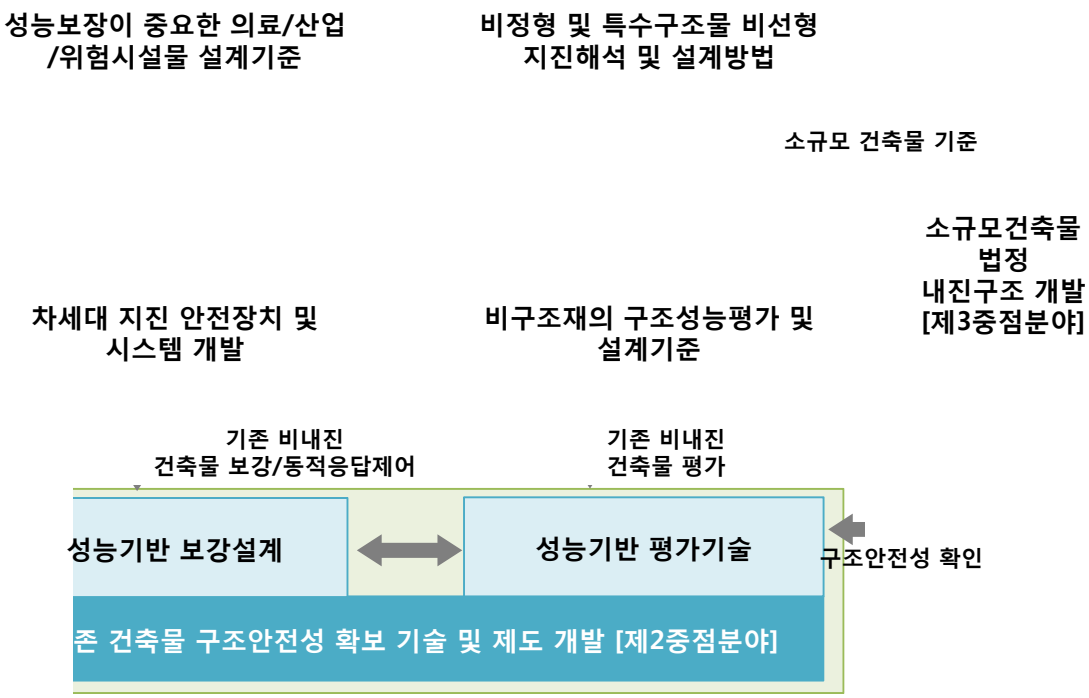


그림 1.24 중점 연구분야 상호연관도

○ 연구추진단계

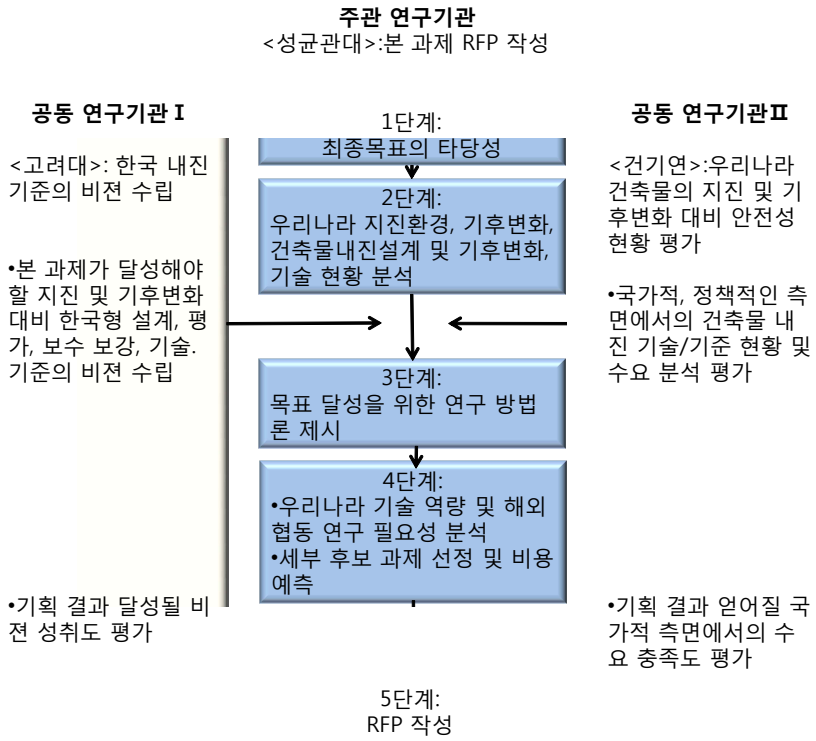


그림 1.25 기획연구 흐름도

- 본 기획연구는 “지진 및 기후변화 대비 건축물 구조안전성 향상 방안”을 위한 기획과제를 원활하게 수행하기 위해서 주관연구기관과 2개의 공동연구기관을 중심으로 국내 관련분야의 연구, 기술개발, 실무경험이 풍부한 전문가로 연구조직을 구성하고 다음과 같은 단계에 따라 진행하였음.

- 1단계: 최종목표의 타당성을 검토하고 추진방향을 수립
- 2단계: 우리나라 지진환경, 기후변화 특징, 건축물 구조설계현황을 분석
- 3단계: 목표 달성을 위한 연구방법론 제시
- 4단계: 우리나라의 지진 및 기후변화 대비 건축물 내진 및 내풍 기술 역량과 해외 협동 연구 필요성을 분석. 또한 세부 후보 과제를 선정하고 비용을 예측
- 5단계: 본과제 시행을 위한 RFP 및 보고서 작성

- 성공적인 기획연구 수행을 위하여 산,학 분야로 구성된 총괄, 상시, 및 해외 자문위원단의 자문의견 뿐만 아니라 보다 폭넓은 학문분야, 산업분야, 정책분야의 의견을 수렴할 계획임.

2. 기술개발 추진방향

2.1 기술개발의 타당성

2.1.1 정책적 타당성

○ 정책적 타당성 조사는 국가 전략적 중요성, 과학기술기본계획과의 부합성으로 구분하여 기술함.

2.1.1.1 국가 전략적 중요성

○ 각 중점분야별 국가 전략적 중요성과 관련법령과의 부합성을 다음 표에 요약 정리함.

중점분야	국가 전략적 중요성	관계 법령과의 부합성
제1중점분야: 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화	**국가 안전망 구축에 기여** • 현행 기준에 정해지지 않은 기후변화에 대한 비예측 하중에 대한 정의를 수립함으로써 신축 건축물의 구조안전성 향상에 기여함 • 하나의 성능기준을 제시하고 있는 현행기준의 문제점을 해결할 수 있으며, 국내 건설환경과 지진환경을 반영한 성능기반설계기준(안)을 제시하여 국가 주요 건축물에 대한 지진안전성 향상에 기여함 • 진동제어장치의 성능기준(안)과 설계기준(안)을 통해 보다 높은 수준의 진동제어를 요구하는 국가 주요 건축물의 진동제어성능을 향상시켜 지진을 포함한 기후변화로 인한 비예측하중에도 국가기능이 유지하도록 함 **국민의 생명 및 재산 보호에 기여** • 현행 기준에 정해지지 않은 기후변화에 대한 비예측 하중으로 인한 건축물의 구조적 손상을 최소화하여 국민의 생명 및 재산보호 기여 • 다양한 성능기준과 국내 건설환경을 고려한 설계기준(안) 제시를 통하여 경제적이며 효율적인 구조시스템 설계를 유도 **국가 대외신인도 향상** • 지진 및 기후변화에 따른 후진국형 대규모 인명 및 재산 피해를 회피하여 국가 대외신인도 향상에 기여 **국가 대외경쟁력 향상** • 지진 및 기후변화에 따른 건축물 구조설계 기술/기준 선진화를 통하여 국가 대외경쟁력 향상에 기여 • 세계적으로 선진 몇 몇 국가만 보유하고 있는 진동제어장치 제작 및 설계기술의 향상을 통하여 기술수출의 토대 마련	• 건축법과 KBC2009의 건축물의 지진에 대한 안전성확보에 부합함 • 현행 KBC2009의 문제점을 보완하여 신축 건축물의 구조 안전성을 확보하고자 하는 중점분야 연구목표와 건축법의 취지와 부합함 • KBC2009에 포함되어 있지 않은 기후변화로 인한 구조물의 비예측하중에 대한 고려를 함으로서 건축물의 구조안전성을 보다 공고히 함
제2중점분야: 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발	**국가 안전망 구축에 기여** • 우리나라 전체 건축물중 2.3%만 내진설계 적용되었으며, 실제 내진설계전문가가 수행한 건축물은 0.6%에 불과한 것으로 통계가 잡혀 있어 대다수 건물이 구조안전의 사각지대에 놓여 있음. • 재난 발생 시 관공서, 병원, 소방서 등의 중요 건축물이 붕괴를 면하는 수준이 아닌 재난 대응 기능을 정상적으로 수행할 수 있도록 충분한 내진성능을 확	• 건축법, 자연재해대책법, 지진재해대책법 및 건축구조기준(KBC2009)에 규정된 건축물의 지진 및 강풍 등에 대한 안전성 확보에 부합함 • 자연재해대책법에서는 각종

	보하여 국가 기능이 유지되도록 함. • 성능기반의 구조성능 평가 및 보강설계 기준을 수립하여 건축물의 용도와 목적에 맞게 적정한 성능을 확보할 수 있는 구조보강이 이루어지도록 함. **재난 대비에 소요되는 사회적 비용의 절감** • 구조보강이 적정한 수준에서 이루어질 수 있도록 하여 과다한 보강비용의 지출을 초래하지 않도록 국내 기존 건축물의 구조성능을 정확히 진단할 수 있는 데이터 및 평가방법을 구축 • 구조보강의 비용을 최소화하면서 소기의 목적을 달성할 수 있도록 하여 구조안전 확보에 소요되는 사회적 비용을 최소화 • 구조보강에 의한 사회적 경제적 이익이 가장 큰 건축물을 우선적으로 보강하여 한정된 재원이 보다 효율적으로 사용될 수 있도록 함. **국민의 생명 및 재산 보호** • 지진 및 기후변화로 인한 다양한 비예측 하중으로부터 발생할 수 있는 건축물의 피해를 최소화하여 국민의 생명과 재산을 보호함. • 각종 촉진제도를 개발하여 지진 및 기후변화에 대한 일반 국민의 관심을 제고하고 자발적으로 구조안전성 개선에 참여하도록 유도함. **국가 경쟁력 향상** • 재난 발생 시 국가기능 유지 및 신속한 복구체계 확립을 통해 국가 대외 신인도를 향상시켜 해외로부터의 투자유치에 일조함. • 지진 및 기후변화에 대응하여 발주처에서 요구하는 수준의 구조성능을 제공할 수 있는 원천기술을 확보하여 강진지역 해외 건설 프로젝트 수주를 위한 경쟁력 향상 • 신축건물의 수요가 크게 줄어든 사회적 여건 하에서 기존 건축물의 개선사업을 통해 건설경기 활성화에 기여	재해에 대한 예방조치를 규정하고 있으나 기존 건축물의 구조안전 개선에 관한 규정이 없기 때문에 기존 건축물을 기후변화에 대비하도록 하기 위한 제도적 뒷받침 역할을 하지 못함. • 지진재해 대책법에서는 기존 건축물중 공공건물의 지진 안전대책 수립을 의무화하고 민간건물의 보강 시 혜택을 줄 수 있도록 규정하고 있으나 구체적 시행방안이나 구조성능 평가 및 보강설계 기준을 제시하고 있지 않음. • 건축법에서는 하위법령인 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙에서 건축물의 신축 및 대수선 시 구조안전 확인을 위한 세부기준으로서 건축구조기준(KBC2009)에 따르도록 규정하고 있으나 기존 건축물의 평가 및 보강에 관해서는 규정된 바가 없으며, KBC2009는 기존 건축물의 평가 및 보강설계에 적용하기에는 부적합하여 별도의 법제화된 기준 마련이 시급함.
제3중점분야: 소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 기술 및 제도개발	**국가 안전망 구축에 기여** • 국내의 경우 약 85%의 건축물은 구조설계가 적용되지 않은 소규모 건축물 • 전체 건축물 중 단층 건축물과 2~4층 건축물은 95% 이상 (단층 건축물의 경우 약 64%) • 전체 건축물 중 1000m^{2}미만의 건축물은 94%이상 • 특히, 전체 건축물에서 내진성능이 현저히 떨어지는 조적조 건축물의 비율은 40% 정도이며, 이 중 구조설계 비적용 대상인 1~2층 이하 비율은 96.5%를 차지 • 지진발생시 피해가 극심할 것으로 예상되어 최우선적으로 내진안정성 확보 필요 **국민의 생명 및 재산 보호에 기여** • 국내의 소규모 건축물은 중력하중에 대한 검토 조차 이루어지지 않아 태풍, 집중호우, 산사태 등 기후변화에 따른 극심한 피해 유발 • 기존의 소규모 건축물은 구조 검토 없이 설계 또는 시공되었기 때문에 중력하중에 대한 구조 안전성이 확보되지 않아 증축 등의 리모델링 공사 중 많은 안전사고가 속출 • 소규모 건축물에 대한 구조기준을 정립하고 제도개선을 통하여 국민의 생명과 재산을 보호함 **국가 대외신임도 향상** • 일본, 미국, 유럽 등 선진국에서는 소규모 건축물의 구조안전성 확보에 대한 실질적인 구조기준 및 제도가 마련되어 있음	• 소규모 건축물은 건축법 시행령 제32조 1항에 해당하지 아니하는 건축물(3층 미만, 연면적 1000m^2 미만)로서 별도의 사양기준을 적용하여 관리함 • 우리나라는 건축법 제48조 1항에서 모든 건축물의 구조안전확인(내진포함)을 의무화하고 있음 • 건축법 시행령에서는 소규모 건축물의 구조확인을 배제시키고 있어 건축법 체계의 혼란을 유발함 • 건축법 시행규칙에서 “소규모 건축물”을 정의하고 사양 기준을 제시하고 있음 • 이 기준은 내진설계 이전에 작성되었던 일반 건축물에 대한 최소 구조 요구사항을 그대로 담고 있고 산출 근거가 없으며, 구조성능의 확보를 위한 실질적인 방안

	• 소규모 건축물의 설계/시공 수준을 선진국 수준으로 향상시킬 수 있는 기준/제도 수립을 통하여 국가 대외신임도 향상 필요 **국가 대외경쟁력 향상** • 전세계적으로 지진 발생시 소규모 건축물에 피해가 집중되고 있는 만큼 소규모 건축물의 설계/시공에 대한 기술을 해외 유치하여 국가 경쟁력 향상	을 언급하고 있지 않음 • 소규모 건축물의 구조안전성을 확보할 수 있는 현실적인 제도 개선이 필요함

2.1.2 기술적 타당성

2.1.2.1 기술개발 계획의 우수성

가. 제 1 중점분야

○ 사업목표와 내용의 구체성

- 총 2단계의 기획평가위원회 평가의견을 반영하여 재정립된 목표는 구체성을 가지고 있으며 연차별 목표로 설정되었음
- 1 중점과제는 설계, 평가, 기술적용의 영역으로 구분하여 영역에 따라 개발되어야 할 기술개발 과제로 분류되어 있으며 세세부과제별 정량목표를 설정하였음.
- 세세부과제의 정량목표는 기술동향 및 기술동향분석을 통해 도출된 시사점을 반영하여 제 1 중점분야의 기술/기준 선진화 달성을 위해 설정되었음.
- 설정된 연구개발목표는 관련 정책 추진과 국내외 기술/시장동향을 고려할 경우, 적절한 것으로 판단됨
- 기술개발의 목표를 국내 지반 및 지진환경변화, 기후변화를 고려하도록 설정하여 급속히 변화하는 환경변화를 반영하였음.
- 국내 건설환경의 특성을 반영하도록 설정하였으며 적용대상건물 및 실현시기를 정의하여 목표를 구체화함.
- 신축건물의 구조안전성을 확보하고 향상시킬 수 있는 실현가능한 기술개발을 목표로 설정함.
- 목표달성을 위하여 기술영역 관점에서 MECE한 조합을 이루고 있으며, 도출프로세스에서도 타당성을 가지고 있음.
- 과제간 연계성을 명확히하기 위해서는 세세부별 기술개발의 협력 및 분배의 보완이 필요함.
- 성과맵의 형태로 작성된 중점과제별 TRM과 단계별 성과목표를 비교한 결과 1 중점분야의 하중정의를 제외 모든 세세부과제가 목표평가 시기가 일치하여 정합성을 가지고 있음.
- 1-1 의 하중정의 과제는 3개의 중점분야에 적용될 기술로서 총괄적 개념의 기술개발을 목표로 설정하였음.
- 세세부과제의 도출절차는 건설교통기술평가원의 기획절차를 준수하고 있어 적절

성이 높음.

- 세세부과제의 구성은 내외부 환경분석/ 기술수요조사/ 기술예측조사/ 이슈트리/ 우선순위도출(QFD), [2단계]기획타당성평가위원회를 거쳐 도출되었음.

○ 사업추진전략의 적절성

- 이 중점분야의 사업추진전략은 사업추진 위험요소와 공헌요소를 고려하였고, SWOT분석을 통한 강점과 약점/ 기회와 위협요인을 고려한 전략을 수립하여 적절성이 높음.
- 연구개발추진전략에는 관계 부처 및 기관/ 유사사업에 대한 분석 및 연계 방안을 설정하여 기술개발의 용이성을 높임.
- 주요기획연구진의 브레인스토밍과 전체 기획연구진의 협의를 통해 추진전략을 확정하였음.
- 세세부과제의 연구성과를 연계 및 통합하기 위한 위원회를 구성하도록 하였음.
- 추진체계를 효과적으로 실행하기 위해서는 기술개발수행주체의 객관적이고 공정한 선정체계를 수립하는 것을 고려할 수 있음.
- 세세부과제별로 목표성과/ 기술개발 목표/ 성과지표를 정의하고 있으며, 성과지표는 연차별로 정량적으로 설정하여 사업추진성과의 측정 가능성이 높음.

나. 제 2 중점분야

○ 사업목표와 내용의 구체성

- 총 2단계의 기획평가위원회 및 2회의 자문회의 평가의견을 반영하여 정립된 연구목표는 구체성을 가지고 있음.
- 중점분야 및 세세부과제의 도출 절차는 건설교통기술평가원의 기획절차를 준수하고 있어 적절성이 높음. 기술동향 및 환경분석을 통해 다양한 이슈를 발굴하고 이를 토대로 R&D Needs를 도출하고 중점목표로 압축함. 중점목표를 토대로 연구단 전체의 비전을 고려하여 기술개발 목표를 설정함.
- 기술개발 목표는 구조안전성 개선 시행률, 신축비용대비 보강비용 비율, 재해 시 복구 소요기간 등 정량적이고 구체적인 목표를 제시하였음. 설정된 제2중점분야의 연구개발 목표는 관련 정책 추진과 국내 외 기술/시장동향을 고려할 경우, 적절한 것으로 판단됨
- 연구목표는 기술개발 목표를 달성하기 위한 국내 비내진 기존 건축물의 구조성능 실증 및 실제 구조보강 개선사업에서 활용할 기준, 지침 및 제도로서 실무 기술자와 정책 입안 및 시행자 입장에서 반드시 필요한 구체적 결과물 도출을 목표로 설정함.
- 각각의 연구성과물의 순차적 도출계획을 연차별로 설정하여 연구목표의 달성 과정을 구체적으로 계획함.
- 중점과제 및 세세부과제 구성 시, 전체 비전을 선언적으로 설정하고 구성의 정합

성확보를 위해 전문가 집단인 기획연구진의 협의를 진행하였으므로 연구목표 수립 시 절차의 정합성을 확보함.

- 연구내용의 논리성 및 적절성 : 세부 과제의 기술 개발 범위는 세세부과제 기준으로 기술동향을 분석한 결과 기술 개발 필요성이 높은 것으로 나타났음. 기술동향 및 기술동향 분석을 통해 도출된 시사점에 세세부과제가 대응되고 있음. 내진설계 대상 건축물 약 100만동 가운데 내진설계 미적용 건축물이 84만동이고, 이를 보강하기 위해 소요되는 예산이 약 27조원으로 예상되며, 실제 이들 건축물의 가치는 그보다 훨씬 높은 천문학적 금액이 될 것임을 감안하면, 본 연구가 가지는 시급성 및 그에 따른 연구목표의 타당성을 판단할 수 있음.

○ 사업추진전략의 적절성

- 사업 추진 위험요소와 기회요소를 고려한 추진전략의 적절성

- 본 사업단의 연구 개발 추진 전략은 사업단과 연구단 수준에서 별도로 제시되고 있으며, SWOT 분석을 통한 강점과 약점, 기회와 위협요인을 고려한 전략을 수립하여 적절성이 높음
- 연구 개발 추진 전략에는 관계 부처 및 기관, 유사 사업에 대한 분석 및 연계 방안을 설정하여 기술개발의 용이성을 높임

- 사업추진 체계 및 절차의 적절성

- 제2중점분야의 추진 체계는 주요 기획 연구진의 브레인스토밍과 전체 기획연구진의 협의를 통해 확정되었으므로 절차의 적절성이 높음. 또한 주체간 역할에 대한 사전정의가 명확하고 협력네트워크 및 운영계획이 설정되어 있어 적절성이 높음.
- 연구단 전체를 대상으로 연구내용의 중복성 점검 및 연구성과물의 연계 및 통합을 통한 일관성 확보를 위하여 3개 조정위원회(설계기준분야, 평가분야, 기술조정분야)를 구성하였음. 이들 조정위원회를 통하여 각 중점분야 간의 조정이 원활하게 이루어질 수 있으며, 불필요한 예산의 낭비를 없앨 수 있음.
- 본 중점과제 내부적으로도 성능기반 기술위원회를 운영하여 개발되는 평가기술, 보강기술, 제도가 성능에 기반한 절차와 일관성을 갖도록 하였으며, 산업계에서도 위원회에 참여하록 하여 추진체계의 적절성을 높임.

- 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- 세부과제별 목표는 기획연구진이 초안을 작성한 후, 다수의 기획 연구진 워크숍 및 자문회의를 도출하였음. 따라서 기술개발 목표와 성과지표간의 정합성이 높음.
- 각 세세부과제는 연차별로 기술개발 목표와 성과물 및 성과 측정방법을 정의하고 있음. 따라서 정량적 성과지표의 연차별 측정 및 점검이 가능하여 체계적 과제 관리가 가능함.

다. 제 3 중점분야

○ 사업목표와 내용의 구체성

- 기획평가위원회 및 건축사, 구조기술사, 구조분야 대학교수 등 3회의 자문회의 평가의견을 반영하여 정립된 연구목표는 구체성을 가지고 있으며 중점분야 목표를 실질적이고 현실적으로 설정하였음
- 중점분야 목표달성을 위하여 각 세세부 과제가 상호 연계성을 가지고 있으며, 도출 프로세스에서도 타당성을 가지고 있음
- 제3중점분야는 단기-중기-장기의 기간에 따라 개발되어야 할 기술개발 과제로 분류되어 있으며 각 세세부과제별 정량목표를 설정하였음
- 설정된 중점분야의 연구개발목표는 관련 정책 추진과 국내외 기술/시장동향을 고려할 경우, 적절한 것으로 판단됨
- 국내 전체 건축물 중 약 85%가 소규모 건축물인 상황에서 소규모 건축물의 구조기준을 설정하기 위한 세부내용이 적절하게 반영되어 있음

○ 사업추진전략의 적절성

- 사업 추진 위험요소와 기회요소를 고려한 추진전략의 적절성

- 소규모 건축물 관련 SWOT 분석을 통한 강점과 약점, 기회와 위협요인을 고려한 전략을 수립하여 적절성이 높음
- 연구 개발 추진 전략에는 관계 부처 및 기관, 유사 사업에 대한 분석 및 연계 방안을 설정하여 기술개발의 용이성을 높임

- 사업추진 체계 및 절차의 적절성

- 제3중점분야의 추진 체계는 주요 기획 연구진의 브레인스토밍과 전체 기획연구진의 협의를 통해 확정되었으므로 절차의 적절성이 높음
- 주체간 역할에 대한 사전정의가 명확하고 협력네트워크 및 운영계획이 설정되어 있어 적절성이 높고, 산학연관 등 유관 이해관계자를 고려하여 추진체계의 적절성을 높이고 있음

- 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- 각 세세부과제는 목표성과, 기술개발목표, 성과지표를 정의하고 있으며, 성과지표는 연차별로 정량적으로 설정하여 측정의 가능성이 높음
- 각 세세부과제별로 정의된 기술개발목표는 기술의 성능목표, 설계도면/시방서/매뉴얼/정책/프로그램 및 DB구축 등 산출성과의 형태에 따른 목표, 논문, 특허, 프로그램 등의 기타 성과로 구성되어 평가의 정합성이 높음

2.1.2.2 기술수준 및 기술개발 성공가능성

가. 제 1 중점분야

○ 기술수준 및 역량분석

- 국내외 기술동향분석을 통해 최고기술보유국 대비 기술수준에 대해 분석하고 기술개발목표에 반영하여 과제별 목표수준에 타당성이 높음.
- 기술동향분석을 통하여 관련기술을 설계, 평가, 기술적용 분야로 구분하여 기술수준, 기술격차로 비교분석 하였음.
- 논문/특허 분석을 실시하였으나 기술수준분석보다 국가별추세분석에 가까워 향후 연구단 추진주체는 기술수준 분석결과에 따른 대응전략 수립을 위하여 특허/논문 분석을 심화할 펼요가 있음.
- 기술수준분석 결과를 사업목표, 기술개발목표에 반영하여 기술개발수준의 타당성을 확보함.
- 기술격차의 축소, 기술개발 시행착오 감소, 기술의 차별화를 목적으로 선진국 사례의 적극적 벤치마킹과 선진국과의 공동연구/ 네트워킹 구축 등을 기술개발전략에 포함하였음.
- 관련 연구기관, 인력, 실험시설에 대한 분석을 수행하고 국내외 관련 인프라 분석을 수해하여 기술개발 역량 및 잠재력을 파악하였음.

○ 기술개발의 성공가능성

- 기술적 위험요인에 대해 SWOT분석 및 Issue Tree 등의 방법론을 활용하여 검증하였으므로 기술개발의 성공가능성이 매우 높음.
- 향후 세세부과제 주체가 요소기술별로 보다 세밀하게 분석하는 것이 바람직하며, 기술적 위험요인과 관련된 선행 실패 및 성공 사례분석을 통해 기술적 위험요인의 관리체계를 수립할 필요가 있음.

나. 제 2 중점분야

○ 기술수준 및 역량분석

- 국내 외 기술동향분석을 통해 최고기술보유국 대비 기술수준에 대해 분석하고 기술개발목표에 반영하여 과제별 목표수준에 타당성이 높음
- 주요 세세부 과제별로 최고기술 보유국 대비 기술수준을 분석하였으며, 기존 건축물 구조성능 평가 및 개선 기술은 미국 대비 40% 수준, 재난 시 신속대응 및 복구 기술은 일본 대비 10% 수준, 기존 건축물 구조안전 확보 촉진 제도는 일본 대비 30% 수준으로 판단됨.
- 국내 외 관련 인프라 분석 및 기존 수행과제의 조사를 수행하여 기술개발 역량 및 잠재력을 파악하였음. 특히 기술수준과는 별도로 해외 기술 답습에 따른 국내 건축물의 구조성능에 대한 실증적 조사자료의 부족을 지적하여 이를 보완하기 위한 연구내용을 편성함. 또한 학계뿐만 아니라 일선 실무자의 기술 이해도를 고려하여 관련 세세부 과제를 기획에 포함함.
- 기술수준 분석결과를 사업목표, 기술개발 목표 및 전략 설정에 반영하여 기술목

표 와 개발전략의 타당성을 확보함. 기술격차의 조속한 축소 및 기술개발 시행착오 감소를 목적으로 선진국 사례의 적극적 벤치마킹과 선진국과의 공동연구, 국내 기존건축물의 실증적 조사 등을 기술개발전략에 포함함.

○ 기술개발의 성공가능성

- 기술개발 시, 기술적 위험요인에 대해 SWOT 분석 및 Issue Tree 등의 방법론을 활용하여 검증하였으나 제2중점분야의 전반적 수준에서 분석을 수행하였으므로 분석을 세밀화하여 향후 연구단의 추진주체가 상세 연구계획에 반영할 필요가 있음.
- 기술적 위험요인은 요소기술별로 분석되는 것이 바람직하여, 기술적 위험요인과 관련된 선행 실패 및 성공사례분석을 통한 기술적위험요인의 관리체계를 수립하는 것이 필요함. 기술적 위험요인은 선행실패 및 성공사례, 법/제도상 위험요인 등을 고려할 수 있음.
- 우리나라는 중약진 지역으로서 지진에 대한 관심도가 낮기 때문에 개발된 기술을 활용도가 낮아질 수 있음. 또한 건축경기 및 그 가운데에서도 구조분야의 위축으로 인해 방대한 수량의 건축물을 보강하는데 필요한 전문인력이 부족할 것으로 예상됨.
- 연구 수행과정에서 국내 비내진 기존 건축물에 대한 실증적 조사 및 실험, 보강방법의 성능 확인을 위한 테스트베드 적용 등에 있어서 보다 직접적이고 상세한 자료 취득을 위해 기존 건물 건축주의 충분한 이해와 협조를 구하여 충분한 양의 표본을 확보하는 것이 본 연구과제의 성패를 좌우할 것으로 판단됨.
- 기술동향 조사결과 학술논문 등의 분야에서 국내 연구진의 기술수준도 국제적으로 상당한 수준에 이르고 있으며, 국제적으로도 강진지역을 중심으로 많은 연구가 수행되고 있는 분야이기 때문에 기술개발의 성공가능성은 매우 높음.
- 다만 위에서 기술한 지진에 대한 낮은 관심도, 실무 인력의 부족, 건축물 표본확보 상의 어려움등을 극복하는 것이 본 연구에서 개발된 기술의 활용도를 결정하는 중요한 요인이 될 것으로 판단됨.

다. 제 3 중점분야

○ 기술수준 및 역량분석

- 국내 외 기술동향분석을 통해 최고기술보유국 대비 기술수준에 대해 분석하고 기술개발목표에 반영하여 과제별 목표수준에 타당성이 높음
- 소규모 건축물 관련 세부기술별로 최고기술 보유국 대비 기술수준 및 기술격차를 분석하였음
- 기술수준분석을 통해 기술개발전략에 반영된 주요 전략의 타당성을 확보하였고 기술격차의 조속한 축소 및 기술개발 시행착오 감소를 목적으로 선진국 사례의

적극적 벤치마킹과 선진국과의 공동연구, 네트워킹 구축 등을 기술개발전략에 포함하였음

- 기술수준 분석결과를 사업목표, 기술개발 목표에 반영하여 기술목표 설정의 타당성을 확보함

○ 기술개발의 성공가능성

- 기술개발의 위험요인에 대해 SWOT 분석 및 Issue Tree 등의 방법론을 활용하여 검증하여 기술개발의 성공가능성을 높임
- 기술적 위험요인은 요소기술별로 분석되는 것이 바람직하여, 기술적 위험요인과 관련된 선행 실패 및 성공사례분석을 통한 기술적 위험요인의 관리체계를 수립하는 것이 필요함
- 기술적 위험요인은 선행실패 및 성공사례, 법/제도상 위험요인 등을 고려할 수 있음
- 기술수준 및 역량대비 기술개발의 성공가능성과 시장창출 및 진입 등 시장경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 논의가 필요
- 소규모 건축물 구조안전성 확보 기술은 국가 정책적 측면에서 대단히 큰 파급효과를 가지고 있고 해당정부기관의 정책적 의지를 가지고 있어 기술개발의 성공가능성이 대단히 높음

2.1.2.3 기존 사업과의 중복성

가. 제 1 중점분야

- 중복성 조사는 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 이루어졌고, 1차적으로 KICT 연구진이 중복가능성이 있는 사업/ 과제들을 스크리닝 한 후 전문가 위원회를 통해 중복 여부에 대한 정밀 진단이 추진되었음.
- 기술개발전략 수립시, 기존 국가연구개발사업과의 중복성을 목적/ 대상/내용 등의 관점에서 검토하고 이와 연계 및 차별화 하는 방안을 수립하였으므로 기존사업과의 중복성을 검토에 충실했다고 판단됨.
- 세세부과제 수준에서 중복성 검토를 수행하였으며, 이를 통해 중복인 과제의 배제, 중복가능 과제의 차별화 및 연계 전략을 수립하였음.

나. 제 2 중점분야

- 중복성 조사는 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 이루어지며, 1차적으로 연구진이 중복가능성이 있는 사업, 과제들을 스크리닝 한 후, 전문가 위원회에서도 중복 여부에 대해서 정밀 검토함.
- 기술개발전략 수립 시, 기존 구각연구개발사업과의 중복성을 목적, 대상, 내용 등

의 관점에서 검토하고 이와 연계 및 차별화 하는 방안을 수립하였으므로 기존사업과의 중복성을 검토에 충실했다고 판단됨.

- 세세부과제 수준에서 중복성 검토를 수행하였으며, 이를 통해 중복인 과제의 배제, 중복가능 과제의 차별화 및 연계 전략을 수립하였음.

다. 제 3 중점분야

- 기술수요조사 및 Brainstorming 등의 방법을 통해 도출된 후보과제 Pool과 정부부처 또는 공공기관에서 실시한 과제를 검토하여 중복성 검토를 수행함
- 또한, 이에 대한 차별화 방안을 제시하여 지진 및 기후변화에 대한에 소규모 건축물의 구조 안전성 확보를 위한 최종 후보과제를 도출하였음

2.1.3 경제적 타당성

사전타당성 조사의 세 번째인 경제적 타당성은 R&D 투자의 과학기술적 파급효과, R&D 연구개발사업의 사회/경제적 파급효과, R&D 투자의 경제성 등으로 크게 구분될 수 있음.

타당성 평가기준		설 명
영역(category)	요인(factor)	
경제적 타당성	R&D 투자의 과학기술적 파급효과	R&D 투자의 학술적·기술적 파급효과와 전문인력양성 및 교육증진효과
	R&D 연구개발사업의 사회/경제적 파급효과	지진 및 재난에 대비한 건축물의 안전성 확보, 국제적 위상, 기술육성 등의 파급효과
	R&D 투자의 경제성	예산 적정성 분석

2.1.3.1 과학기술적 파급효과

가. 제 1 중점분야

○ R&D투자의 학술적,기술적 파급효과

지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계기술 개발 및 기준의 선진화는 학술적 측면에서 다양한 건설분야에 대한 학술적,기술적 파급효과를 갖음. 구조설계기준의 선진화가 먼저 이루어지면, 이를 뒷받침하기 위한 건설 재료, 구조시스템 및 해석기술 등의 개발이 이루어질 수 있음. 따라서, 최근 국내의 건설경기 침체를 극복하기 위한

방안으로, 국제적인 기술적 우수성을 바탕으로 건설업의 해외 진출이 보다 용이하게 이루어 질 수 있을 것임.

○ R&D투자의 전문인력 양상 및 교육증진효과

본 연구는 지진 및 기후변화에 대비한 신축건축물의 구조설계기준 확보에 중점을 두므로 효과적인 전문인력 양상 및 교육증진 효과를 갖음. 신축건축물의 설계기준 선진화에 따라 기존의 사양에 근거한 단순한 구조설계가 아닌, 건축물의 성능에 근거한 합리적인 설계가 가능하여, 이를 전문적으로 수행하는 전문 인력의 양성 효과가 기대됨. 또한, 본 연구와 관련된 주요 대학의 건축구조 및 관련분야의 전문가들이 참여함으로써 우수한 인력 양성 및 교육증진 효과를 기대할 수 있임.

나. 제 2 중점분야

○ 국내 비내진 기존 건축물에 적합한 성능기반 구조성능 평가기술 확보

- 국내 비내진 건축물에 적합한 성능기반 구조성능 평가 및 보강설계 기준 개발의 기초가 되는 실증적 조사 및 실험을 통해 국내 비내진 건축물 구조적 특성의 상세한 DB 구축 및 이를 통해 향후 우수한 구조재료 및 시스템 개발의 기초 역할
- 구조부재에 대한 상세정보가 없을 경우에도 연도별 기본재료강도 및 성능데이터를 사용하여 개략적인 성능평가가 가능해지며, 결과적으로 짧은 시간 동안에 다수의 건물을 평가/보강 가능.
- 현재 기존건축물의 구조성능 평가 및 보강에 있어서 명확한 기준이 제시되어 있지 않아 신축건물의 설계기준이나, 해외의 기준을 무분별하게 적용하고 있는 가운데 실무기술자들이 따라야할 절차를 규정하여 신뢰도 높은 평가 및 보강 가능
- 다양한 내진보강 기술의 성능에 기초한 실증적 평가를 통해 실무자가 내진보강 대안을 선정하는데 있어서 보강 성능과 비용사이의 트레이드오프를 고려한 가이드라인 제시.

○ 내진성능 평가 및 보강 유관 기술 발전

- 기존 건축물의 증축이나 리모델링 시 구조안전성 검토에 활용.
- 성능에 기초한 건축물 구조성능 평가의 기본 틀을 마련하여 신축 건물의 성능기반 설계로 확장을 통해 고급 구조설계 기술 발전
- 주요 보강기술의 상세에 관한 BIM 활용 라이브러리 구축을 통해 그동안 축적된 내진보강 기술의 실용화 확산
- 재난 건축물 피해도 판정 및 복구 기술을 타 시설물의 관련기술과 연계하여 도시형 재난 대비 시스템 구축에 일조함

다. 제 3 중점분야

- 각 세세부과제의 성과목표에 도달할 경우 관련 논문, 특허, 소프트웨어의 등록을 통하여 과학기술적 성과를 충족할 것으로 분석됨
- 현재 소규모 건축물은 구조기준이 명확히 제시되어 있지 않고, 설계, 평가, 보수/보강 기술에 대한 체계없이 무분별하게 건축되고 있기 때문에 본 연구를 통하여 소규모 건축물의 설계/시공 기술이 확보될 경우 기술적 파급효과가 대단히 클 것으로 기대됨
- 관련 연구개발 성과들에 대한 활성화를 통하여 정부 연구개발 투가 효율화 실현과 사업성과의 확산 가능성이 충분함
- 국내외 정책 및 시장분석, 기술동향분석 등을 통한 환경분석 결과 소규모 건축물 관련 기술은 선진국과 기술격차가 다소 있지만, 정부 주도를 통한 전반적인 통합기술 확보시 국제시장에서의 기술우위 확보가 가능할 것으로 판단됨

2.1.3.2 경제사회적 파급효과

가. 제 1 중점분야

본 연구는 지진 및 재난에 대비한 건축물의 설계기술 확보 및 설계기준의 선진화를 목적으로 함. 따라서 1차적으로 지진 및 재난에 대비한 건축물의 안전성 확보에 큰 기여를 할 수 있음. 잘 알려진 바와 같이 대형 지진이 발생할 경우, 건축물의 직접적인 붕괴 뿐 아니라 비구조재의 파괴에 의한 인명 피해 및 건축물의 기능 미수행에 따른 2차적인 피해 등 막대한 피해가 발생함. 따라서 설계기준의 선진화를 통해 사전에 예상되는 수준의 지진에 대한 대비를 함으로써 직접적인 건축물의 안전성을 확보하고, 2차적인 피해를 예방할 수 있음.

건축물의 내진설계와 관련한 분야는 미국, 일본, 유럽 등의 선진국이 주도하고 있으며, 비선형 동적 특성을 갖는 건축물 내진설계 분야의 기술 확보는 건축구조 관련 기술 선진화와 직접적으로 연관됨. 따라서 관련 분야의 연구를 통해 건축물 내진설계 분야에서의 국제적 위상 확립이 가능할 것임.

나. 제 2 중점분야

○ 정부 지원의 타당성

- 지진, 태풍 등의 자연재해로 인한 막대한 국가적 피해인명 및 재산 피해를 고려할 때 정부 지원이 절실히 요구됨. 또한 구조성능 평가 및 보강기준은 법제화가 필요한 부분으로서 공공성이 큼.

- 현재 내진보강에 관한 절차 및 적용 기준이 확립되어 있지 않은 관계로 많은 혼란이 발생 하고 있으며, 이와 같은 비효율성을 개선하기 위한 정부의 지원이 필요.
- 중요 공공건물의 구조안전성은 재난발생시 정부의 복구 정책수행 및 사회적 안전망을 유지하는 데 필수적인 요소임.
- 또한 민간건축물의 보강을 유도하여 재난 시 국가전체적인 안전성을 확보하기 위해서는 국가가 선도적인 역할을 수행하여야 하며, 보강 비용을 최소화하여 민간의 자발적인 보강을 정부가 유도해야 함.
- 특히 기존 건축물 보강 우선순위 판정 기준을 통해 향후 기존 건축물 구조보강에 소요되는 막대한 국가적 비용에 대한 효율적 자원배분 가능

○ 국가 경제적 중요성

- 기존 건축물의 지진 및 기후변화에 대한 대응을 위한 구조보강은 시장경제 원리의 적용이 힘든 산업분야임.
- 건축시공이나 건축설계 분야와는 달리 규모가 상대적으로 작은 국내 건축구조분야는 독자적으로 고급 내진보강 기술확보가 어려움.
- 따라서 고급 기술을 보유한 해외 엔지니어링 업체들에 의해 고부가가치의 관련 국내시장이 잠식될 수 있음.
- 높은 부가가치 창출이 가능한 건축구조 엔지니어링 기술확보에 따라 국내 독자개발 기술의 세계적 브랜드화 및 해외 건설시장에서의 국내업체 점유율 확대가 가능하며, 국가경제의 전략적 측면에서 정부 지원의 타당성이 높음.

다. 제 3 중점분야

- 국내의 경우 약 85%의 건축물은 구조설계가 적용되지 않은 소규모 건축물이고 전체 건축물 중 단층 건축물과 2~4층 건축물은 95% 이상(단층 건축물의 경우 약 64%)이며, 전체 건축물 중 1000m^2미만의 건축물은 94%이상으로 소규모 건축물의 분포는 전체 건축물 중 절대다수를 차지하고 있음
- 소규모 건축물은 구조설계 혹은 계산 없이 설계와 시공하는 것에 대한 법적 제한이 없기 때문에 상당수의 건축물이 중력에 대한 구조안전성 조차 확보하지 못하고 있는 것으로 파악되고 있어, 기후변화에 따른 각종 자연재해에 피해가 집중적으로 발생하고 있으며, 지진발생시 피해가 가장 극심할 것으로 예상되어 최우선적으로 내진안정성 확보 필요
- 정부 차원에서 소규모 건축물의 법적 설계기준 제정 등을 통하여 지진, 태풍, 폭우, 폭설 등의 자연재해로 인한 소규모 건축물의 피해 발생을 미연에 방지하는 것은 경제사회적 파급효과가 대단히 클 것으로 기대됨

2.1.3.3 경제성

가. 제 1 중점분야

지진 피해는 광범위한 지역에 걸쳐서 막대한 인명피해가 우려되며 국가 신경망의 마비와 중요재해구호시설의 기능손상으로 인한 국가적 재난상황이 발생할 수 있음.

- 해외의 피해사례에서 나타나듯이 지진발생으로 인해 발생된 경제적 손실과 복구 비용은 아이티의 경우 GDP의 120%에 달하는 피해비용이 발생하였으며, 일본 고베지진과 중국 쓰촨성 지진은 대략 140조원의 피해비용이 발생하였음.
- 일본 이와테현 지진과 중국 쓰촨성 지진은 규모가 거의 비슷하지만 지진피해상황은 이와테현 지진의 경우 인명손상이 수십에서 수백명에 불과하고 중국 쓰촨성지진의 경우는 사망자 7만명, 실종자 17,000명, 부상자 37만명에 달하였음.
- 따라서, 본 연구를 성공적으로 수행함으로써 국내 지진시 예상되는 막대한 경제적 피해를 예방할 수 있을 것이며, 본 연구를 통해 이루어질 기존 건축물의 성능평가 및 내진보강 등으로 인해 추가적인 고용유발 및 생산유발 효과를 기대할 수 있음.

나. 제 2 중점분야

○ 분석대상

- 본 중점분야의 연구대상인 기존 건축물 중 구조성능 개선이 시행될 우선순위가 높은 내진설계 미적용 건축물을 대상으로 분석하였으며, 총괄적인 비용/혜택 분석결과를 도출함.
- 내진설계 대상 12만 3201곳의 공공기관을 비롯한 주요시설물 가운데 내진보강이 필요한 시설물은 63%인 7만 7296곳으로 내진 보강에 총 27조원이 소요될 것으로 예측됨 (소방방재청 2010). 이 가운데 건축물은 약 6만동임.
- 민간건축물은 전체 내진설계 미적용 84만동(제1장 참조) 가운데 공공시설물 약 6만동을 제외한 78만동을 대상으로 함.

○ 구조성능 개선비용의 설정

- 기후변화를 포함하여 다양한 구조성능 개선 요구사항이 있으나, 재난의 심각성을 고려하여 내진보강에 필요한 비용을 중심으로 개선비용을 산출함.

○ 공공시설물 내진보강 수량 및 비용

- 2장에서 기술한 소방방재청의 내진보강 대상건축물 추산 및 보강계획(2010)을 참조함

○ 민간건축물 내진보강 수량 및 비용 :

- 수량: 본과제 종료시점부터 연간 내진보강 시행률이 0.4%씩 증가한다고 가정하였으며, 2035년까지 18년간 보강대상의 68.4%가 보강된다고 가정함.
- 보강비용: 공공시설물 예산 참조 시 1동당 평균 약 3억원 비용이 산출되며 이를 민간건축물 보강비용 평균단가로 적용함.

○ 비용절감 효과

- 시나리오1은 본과제의 수행결과로 공공건축물 보강비용의 10%, 민간건축물 보강비용의 10% 절감을 가정하였으며, 시나리오2는 민간건축물의 보강비용 절감효과를 20%로 가정함.
- 비용절감과 연구비 예산의 비율은 시나리오1과 시나리오2가 각각 1742 및 3343으로서 연구의 경제적 효용성은 대단히 높은 것으로 나타났으며, 이는 본과제가 가지는 공공성에 기인하는 바가 크다고 판단됨.

표 __ 제2중점분야 연구과제의 경제성 분석 (내진설계 미적용 기존 건축물의 내진보강 관련)

연도	내진설계 미적용 공공시설물 보강비용 (억원)				내진설계 미적용 민간건축물			절감 비용 (억원) (B)		연구 예산 (억원) (C)
	건축물 (학교외) (43437동)	학교 (15851동)	건물합 (59288동)	전체시설 (77296개소)	보강 시행률 (%)	보강 수량 (동)	보강 비용 (억원)	Scinario1 공공 10% 민간 10%	Scinario2 공공 10% 민간 20%	
2011	16849	3006	19855	30251	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	
2013					-	-	-	-	-	
2014					-	-	-	-	-	
2015					-	-	-	-	-	100
2016	33418	5962	39381	60000	-	-	-	-	-	
2017					-	-	-	-	-	
2018					0.4	3120	9360	1724	2660	-
2019					0.8	6240	18720	2660	4532	-
2020					1.2	9360	28080	3596	6404	-
2021 ~2025	33418	5962	39381	60000	12	93600	280800	32018	60098	-
2026 ~2030	33418	5962	39381	60000	22	171600	514800	55418	106898	-
2031 ~2035	33418	5962	39381	60000	32	249600	748800	78818	153698	-
계	150523	26854	177377	270251	68.4	533520	1600560	174233	334289	100
B/C	Scinario 1	174233억/100억 = 1742								
	Scinario 2	334289억/100억 = 3343								

다. 제 3 중점분야

- 국내 소규모 건축물의 분포 정도와 법적 설계기준이 명확히 설정되지 않은 실정에서 지진 및 기후변화에 따른 막대한 경제성 손실이 발생할 것으로 예상됨
- 미국은 과거 지진에 의해 우리나라의 소규모 건축물에 포함되는 구조물이 붕괴 혹은 심각한 손상이 발생함에 따라 많은 인명 및 재산 피해가 발생하였으며, 이후 저층 건축물에 대한 끊임없는 내진기준 개선의 노력을 통하여 막대한 경제적 • 인명적 손실을 감소시켰음
- 일본의 경우에도 내진설계법이 개정되기 이전의 구 내진설계가 적용된 건축물의 지진피해는 약 8%에 해당하며 소규모 건축물의 내진설계가 포함된 신 내진설계를 적용했을 때 0.4%로 건축물의 손상이 현저히 감소하였음
- 일본의 경우 미국과 마찬가지로 소규모 건축물에 대해서도 내진설계 혹은 구조설계 검토를 통해 내진성능을 확보하였기 때문에 피해 정도가 경제적 사회적 손실을 최소할 수 있었음
- 우리나라는 일본과는 달리 소규모 건축물에 대해서는 내진설계를 적용하지 않고 있기 때문에 지진이 발생했을 때 국내의 소규모 건축물에서 나타날 수 있는 경제적 손실은 이 보다 더 심각할 것으로 판단됨

2.2 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안

○ 기존 기술과 인프라 등의 활용 및 연계 방안에 대하여 각 중점분야 별로 기술하며, 기존 기술의 활용 및 연계방안, 기존 인프라의 활용 및 연계방안 순으로 기술하고자 함.

2.2.1 기존 기술의 활용 및 연계 방안

○ 각 분야별 기존 기술의 활용 및 연계방안에 대해서는 앞 서 언급한 연구 중복성 검토에서 수집한 기존 연구의 주요내용을 기술하고 각 중점분야 별 세세부 과제와의 활용 및 연계방안에 대하여 표로 정리함.

가. 제 1 중점분야

-지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
지진 및 기후변화에 대한 하중	■ 한반도 지진특성을 고려한 시설물 기초 지반의 내진설계기술 개발 (2007~2010)	■ 국내 지반 증폭현상 평가 실험 연구 ■ 국내지반 재분류 및 부지 고유의 설계응답스펙트럼 작성 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 지진시 국내지반조건에서의 지반 증폭현상 평가 및 실험 결과 활용 ■ 국내지반의 재분류 및 부지 고유의 설계응답스펙트럼 작성 기술을 국내 지반및 지진환경을 고려한 지진하중 정의에 연계 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 미국 FEMA 시리즈	■ 복합위험에 대비한 하중 기술	■ 기후변화를 포함한 복합위험에 대비한 하중 정의 및 대상 건축물 분류를 분석하여 국내 기후변화관련 연구에 활용
신축건축물 구조설계/기준 개선	■ 목표위험도 기반 내진설계체계 구축 (서울대학교)	■ 우리나라의 지진발생 빈도 및 강도를 고려한 시설물별 목표위험도기반 내진설계체계 구축 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 부재변형기반 성능중심 내진설계기술 개발(대구가톨릭대학교 산학협력단)	■ 간편한 부재변형 평가모델을 개발하고 내진설계 실무에 적용하는 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 간편한 평가모델 개발 기술 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 수직 및 수평 비정형 고층 공동주택의 내진성능 평가(한양대학교 산학협력단)	■ 비정형 고층 공동주택의 내진성능을 평가하는 해석기법을 개발하는 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 비정형 구조물 해석기술 활용 ■ 개발 비정형 공동주택 초과강도계수 및 반응수정계수 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 설계용 스펙트럼에 적합한 인공지진동파형의 작성과 고층 건축물 내진설계에 적용(동서대학교)	■ 과거 지진기록의 지진동 파형과 동일한 위상특성을 가지면서 설계용 가속도스펙트럼에 근접한 인공지진파동을 작성하는 방법에 관한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 한국형 내진설계스펙트럼 작성에 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 이상기후에 대비한 시설기준 강화 (한국건설기술연구원)	■ 이상기후에 대비한 제기준의 상향 조정 및 특별기준 제정을 위한 제안 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 이상기후 대비 설계기준 작성을 위한 자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
	■ 국내지진환경에 적합한 최대발생가능지진(MCE)의 설계응답스펙트럼 추정 (한국원자력연구원)	■ 펄스성분과 고주파성분의 각각의 응답스펙트럼을 구하여 이들의 조합으로 전체 지반운동의 응답스펙트럼을 계산하기 위한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 한국형 내진설계스펙트럼 작성에 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 차세대 지진위험도 작성을 위한 지진위험도 평가(한국지질자원연구원)	■ 각국 지진위험도 작을 바탕으로 입력 자료를 보완하고 한반도지진위험도 재작성을 위한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ General Acute Care Hospital Earthquake Survivability Inventory for California (ATC-23A, 23B)	■ 캘리포니아 주 병원건물 실태 조사	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 현황파악을 위한 데이터베이스 구축에 참조 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발(단국대학교 산학협력단)	■ 기존 건축구조물의 내진성능 등급화	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진성능 향상 프로그램 개발에 참조 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발(한국시설안전공단)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 연구에 참조 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 종합병원, 병원, 요양병원 내진설계 기준(한국의료복지시설학회)	■ 종합병원, 병원, 요양병원 내진설계 기준 안 제안	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계 및 내진보강 지침 개발에 참조
	■ Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines, Program Plan for New and Existing Buildings (ATC-58)	■ 구조/비구조 요소의 준정적 실험거동 ■ 구조/비구조 요소의 진동대 실험거동	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 연구에 참조 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ U.S.-Italy collaborative recommendations for improving the seismic safety of hospitals in Italy (ATC-51, 51-1, 51-2)	■ 이탈리아 의료시설의 지진에 대한 안전 확보를 위한 방안	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 연구에 참조 ■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 지진 후 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발에 참조 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 수직 및 수평 비정형 고층 공동주택의 내진성능 평가, 2009-2012 중견연구자 지원(고려대학교 산학협력단)	■ 비정형을 갖는 고층 공동주택 횡력저항시스템 조사 및 분류 ■ 지진하중 산정 및 내진성능평가방법 개발 ■ 내진설계계수의 제안 ■ 주요부재의 실험	■ 설계기준의 일반적 범주를 벗어난 비정형 건축 시스템의 거동특성 규명에 활용 ■ 비정형 공동주택에 대한 설계 자료 등을 활용해 변위에 기초한 비선형 지진거동 예측 및 설계법 수립에 활용할 수 있음
신축건축물의 진동제어장치 제작 및 설계 기술	■ 대공간 구조물의 진동제어를 위한 복합형 진동제어에 관한 연구 (영남대학교	■ 면진/제진시스템을 이용한 대공간 구조물의 최적진동제어 방식 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 대공간 구조물을 대상으로 한 진동제어장치의 최적진동제어 방식을 일반 신축 혹은 기존 구조물 적용에 대한 타당성 연구 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
	산학협력단)		
	■ 에너지흡수효율 극대화를 위한 면진장치 및 최적면진구조 설계기술 개발(포항산업과학연구원)	■ 국내 지진환경을 고려한 면진장치와 제진장치가 결합된 면진장치를 개발하고 성능평가 후 최적면진시스템 도출에 관한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 진동제어장치를 최적화 방법론 활용 ■ 면진장치의 국내적용성 분석에 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 점탄성 제진요소의 해석, 시험, 및 응용기술 개발(한국과학기술원)	■ 점탄성 제진요소에 대한 시험과 해석기법 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 점탄성 진동제어장치의 실험방법 개발 활용 ■ 점탄성 진동제어장치의 해석모델 개발의 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 건축 면진용 IRB 개발 (원사프트정공)	■ 건축구조물용 슬라이딩 면진장치 개발과 성능평가	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 슬라이딩 면진장치의 국내적용성 분석에 활용 ■ 슬라이딩 면진장치의 설계기법 개발 및 실험방법론 개발에 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 내구성이 우수한 면진/내진 장치용 폴리우레탄 디스크 제조기술 개발 (주원테크)	■ 국내지진환경을 고려한 폴리우레탄 디스크 면진장치를 개발하고 내진성능 평가	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 면진장치 내진성능 평가 방법 연계 및 면진장치 적용성 확대에 대한 방법 연계 ■ 기업참여 여부 타진 ■ 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 내진성능 향상을 위한 건축용 제진장치 개발 (동양대학교 산학협력단)	■ 제진장치의 특성을 분석하여 건축물에 적합한 제진장치 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 인터뷰를 통한 자문의견 수렴 ■ 제진장치 특성 분석자료 활용
	■ 대형구조물의 안전성 및 사용성 향상을 위한 경량 스마트 진동제어 장치(서일대학교 산학협력단)	■ 구조물의 진동제어가 가능한 소형 스마트 진동제어 장치 개발과 현장적용성 검토	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 인터뷰를 통한 자문의견 수렴 ■ 스마트 진동제어 장치를 비롯한 능동형 제진장치의 국내 적용성 분석에 활용
	■ 5층 철골건물의 지진응답 구현에 기반한 자기유변댐퍼의 통합성능 평가 (단국대학교 산학협력단)	■ 실물크기의 자기유변댐퍼의 현장적용성을 검증하고 통합제진기술을 확립하기 위한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 인터뷰를 통한 자문의견 수렴 ■ 자기유변댐퍼를 비롯한 능동형 제진장치의 국내 적용성 분석에 활용
	■ 내진 및 내풍 대책으로 적합한 신개념 스마트 제진장치의 실용화(세종대학교 산학협력단)	■ 스마트 제진장치의 개발과 설계절차 및 표준화 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 인터뷰를 통한 자문의견 수렴 ■ 능동형 진동제어장치 기술의 원리 및 설계방법 및 설계지침에 개발에 활용
	■ 제진구조물 설계절차 개발 (서울시립대학교 산학협력단)	■ IDA방식을 이용한 제진구조물의 설계절차 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 진동제어장치를 가진 구조물의 해석방법 활용 ■ 개발된 설계절차를 간편설계법과 연계 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 건축구조물의 진동제어 기술개발에 관한 연구(서울대학교)	■ 수동형 진동제어장치를 이용한 최적 알고리즘 구현에 관한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 수동형 진동제어장치의 국내적용성 분석에 활용 ■ 수동형 진동제어장치의 최적화 설계방법론 개발에 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
비구조재의 구조성능평가	■ 조적치장 벽체의 내진성능평가 (한양대학교)	■ 비내력벽의 성능평가	■ 조적조 벽체/끼움벽/허리벽의 내진성능 특성 이해 및 손상예측에 활용

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
및 설계기준	■ 조적 끼움벽 및 허리 벽을 가지는 철근콘크리트 골조 내진성능 평가(한국지진공학회)		
	■ 비내력벽을 가진 RC모멘트저항골조의 지진거동 평가(한국지진공학회)	■ 비내력벽의 성능평가	■ RC 모멘트 저항골조에 비내력벽이 미치는 영향 규명
	■ 비구조요소 (건식벽)의 내진성능 평가(한국지진공학회) ■ 외장재의 내진설계, (한국공간구조학회)	■ 비구조 외장재의 내진설계에 대한 고찰	■ 건식벽 등 비구조요소와 외장재의 내진설계 방식 이해 및 손상예측에 활용
	■ 지진발생시 아파트 옥탑층 물탱크의 구조적 영향 평가 (한국지진공학회) ■ 지진하중에 의한 내진 액세스플로어의 동적해석 (대한건축학회)	■ 설비의 주구조물에 대한 지진거동에 미치는 영향 분석 ■ Access Floor의 동적 해석	■ 액세스 플로어와 옥탑형 물탱크의 동적거동 특성 규명및 예측에 활용
건축물 구조특성 DB 구축	■ 내진설계기준연구 (건설교통부, 1997)	■ 지진에 대한 구조물의 성능 목표 및 기술 기준 제시	■ 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석에 활용 ■ 국내 구조시스템 및 구조부재의 성능평가에 활용
	■ 국외 설계기준 (IBC, FEMA 356, ASCE 7-10 등)	■ 건축물의 재료별, 구조시스템별 구조특성 자료를 활용하여 설계기준 개발	■ 국내 지진 및 기후환경에 대한 건축물의 구조적 거동 특성을 바탕으로 DB 구축에 활용 ■ 지진 및 기후변화에 대비한 구조/비구조재의 해석방법 개발 및 설계기준을 정립하는데 활용 ■ 중약진 지역 내진설계 기준/기술 특성이해에 활용 ■ 성능기반 내진설계기준 체계의 국내 도입 가능성 검토에 활용
	■ 국내 건축구조물의 지진취약도함수 개발 (소방방재청, 2009)	■ 지진피해 추정을 위한 시설물의 개별 특성에 따른 지진취약도함수 개발	■ 국내 지진가속도 데이터와 건축물별 성능을 바탕으로 지진취약도를 평가하고 지진피해 특성을 이해하는데 활용
	■ 건축구조기준 및 해설 (국토해양부, 2009)	■ 건축물의 구조적 안전성을 확보하기 위하여, 구조설계의 한계조건을 규정한 기준 및 해설	■ 국내 건축물이 목표로 하는 보편적 구조성능 규명 ■ 모의진동실험을 통한 실증자료를 바탕으로 국내건축물과 구조상세의 내진/내진동 특성 규명 ■ 국내 내진/내진동 설계절차와 상세의 간편성과 효율성 검토 ■ 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험을 통하여 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증에 활용
	■ 건축물 하중기준 및 해설 (대한건축학회, 2000)	■ 건축물에 작용한 각종 하중을 정의하는 건축물 하중기준 및 해설	■ 국내 건축물의 설계기준 분석에 활용 ■ 국내 비구조재에 대한 내진기준 분석에 활용 ■ 국내 실정에 맞는 비구조재 내진설계 항목 도출 ■ 국내 지진 및 기후환경 특성에 맞는 하중기준 개선에 활용

나. 제 2 중점분야

-기존 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안정성 확보 기술 및 제도 개발

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도	■ 주요 시설물의 내진설계기준의 재정비 (서울대학교)	■ 도시철도, 공항시설의 내진설계기준 제시 ■ 지진경보시스템 구축 및 시설물별 생애주기 및 공사비 분석 ■ 교량 및 건축물의 내진성능 평가방법	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 국내외 제도 및 가이드라인 조사에 포함 ■ 기존 건축물 구조안전 개선 절차 개발 시 참조할 기준으로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 건축물의 내진설계 제도 및 피난거리 개선연구 (대한건축학회, 한국지진공학회)	■ 기존 건축법 및 내진설계 관련 제 규정의 문제점 및 개선방향 제시 ■ 주요 건축물 유형의 내진성능 평가 및 보강방안 제시	■ 내진설계 관련하여 파악된 문제점을 기존 건축물 구조안전 개선절차 가이드라인 개발방향의 일부로 활용 ■ 내진성능 평가 및 보강방안 선정 시 주안점을 파악하는데 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 공공임대주택의 주거환경개선을 위한 리모델링 기술적용 및 법제도연구 (전남대학교)	■ 지방도시 공공임대 주택의 공유공간 확장형 리모델링 기술 ■ 리모델링 기술 보급과 커뮤니티 재생을 위한 지원정책 및 제도 연구	■ 구조안전 개선 촉진제도 관련 국내외 자료조사를 위한 참고문헌으로 활용 ■ 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 효과적인 인센티브 제도의 참고 대안으로서 활용 ■ 주거환경 개선과 구조안전성 개선의 복합적에 추진에 따른 장단점 검토에 활용
	■ 집합건축물의 유지관리 제도개선 (한국시설안전공단)	■ 집합 건축물 운영과 유지관리 실태 기반 최적 보수/보강 기법 ■ 효율적 유지관리 위한 라이프 싸이클 관점의 지침, 기준, 제도 개선	■ 민간 건축물 개선 시 중요 고려사항에 대한 파악에 활용 ■ 건물 유지관리의 관점에서 구조안전 개선의 적정 시기 및 보수보강 기법 파악 ■ 구조안전 개선 촉진제도 관련 선행연구로서 조사 분석
	■ 국가 내진성능 목표설정 연구개발 (서울대학교)	■ 해외 지진대책 및 국내 내진성능 연구동향 ■ 우리나라 지진재해도 검토 및 국가내진성능 목표 설정 ■ 시설물 별 내진성능 목표 설정	■ 해외의 건축물 구조안전 개선 촉진제도 기초 조사자료로 활용 ■ 건축물 구조안전 개선 촉진제도의 기본 목표 설정에 참고자료로 활용
	■ 긴급대응형 재난대피시설물 개발 (세명대학교산학협력단)	■ 지진, 쓰나미, 태풍, 방사능 유출, 한파, 한서 등 극한환경에 대비해 긴급 재난대피시설물을 개발 ■ 대규모 재난지역에 긴급히 설치할 수 있는 이동전개 가능한 재난대피시설물의 제작, 이동, 설치, 해체 방법을 제시.	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 지진, 쓰나미, 태풍, 방사능 유출, 한파, 한서 등 극한환경에 대비해 긴급 재난대피시설물에 대한 연구개발 결과와 재난발생 후 신속대응시스템과의 연계관계에 대한 타당성 분석 ■ 기 개발된 재난대피시설물 결과를 재난발생 후 신속대응시스템에의 적용가능성 검토 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 재난·재해 대비 임시거주공간 시스템 개발 (한국건설기술연구원)	■ 재난재해 구호용 modular housing 모델 연구개발 및 modular town 운영시스템 구축 ■ 전쟁재난 시 지하철역의 임시거주공간 전환 시스템 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 재난·재해 대비 임시거주공간 시스템에 대한 연구개발 결과와 재난발생 후 신속대응시스템과의 연계관계에 대한 타당성 분석 ■ 기 개발된 재난·재해 대비 임시거주공간 시스템 결과를 재난발생 후 신속대응시스템에의 적용가능성 검토 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
	■ 우리나라 중`저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수보강법 연구 (고려대학교산학 협력단)	■ 5층 이하의 우리 나라 철근 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 ■ 지진피해를 받은 건축물의 안전 진단 후 재사용여부 판단 기준 정립 ■ 재사용 시 효율적인 보수보강기법 제시	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기 개발 및 수행된 기존 건축물 내진성능 평가기술 분류 및 분석 ■ 피해건축물 구조성능 저감과의 상관관계 도출 및 잔존구조성능 평가 핵심기술 개발에 활용 ■ 기 개발 보수 및 보강기술 분류 및 분석 ■ 긴급복구 방법과의 상관관계 도출 ■ 재난 건축물 긴급 및 영구복구를 위한 기술 개발에 활용가능성 검토 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침	■ 기존 건축물의 내진성능평가 및 향상 요령 보완 개정	■ 기존 건축물(주로 저층구조물)의 내진성능평가 및 향상요령 제안	■ 성능기반평가기술 국내 도입 과정에서 보완되어야 할 점을 파악함. ■ 기존의 평가 및 향상 요령은 법제화된 '기준' 초안 작성 시 참고
	■ 국내 벽식 공동주택의 기본주기 실측에 관한 연구 (단국대학교 산학협력단)	■ 고층 공동주택을 대상으로 상시미진동시의 주기계측 및 설계식과의 비교	■ 구조시스템별 주기예측식 산정을 위한 기본 데이터로 활용 ■ 타 구조시스템의 주기실측을 위한 실험계획시 참고자료로 활용
	■ 필로티형 저층 RC 집합주택의 내진성능평가 및 사전.사후 내진 보강법 개발 (고려대학교)	■ 연층/약층 및 비틀림 비정형성을 가진 비내진 필로티형 저층 집합주택의 내진 성능의 평가	■ 필로티 구조의 단면상세별 구조부재의 성능데이터 구축을 위한 기본 데이터로 활용 ■ 상세가 다른 구조요소 및 타 구조시스템의 성능데이터 확보를 위한 실험계획시 참고자료로 활용 ■ 필로티 구조의 해석기법분석을 위한 기초자료로 활용
	■ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (국립방재연구소)	■ 목조건축물의 실측 및 동특성계측, 부재실험을 통한 내진성능의 평가	■ 목구조의 해석기법분석을 위한 기초자료로 활용 ■ 목구조의 구조요소별 성능데이터 구축을 위한 기본데이터로 활용
	■ 전단 및 휨파괴형 부재가 혼합된 저층 철근콘크리트 건물의 내진성능 평가법 (한남대학교)	■ 장주, 단주, 전단벽이 혼합된 저층 철근콘크리트조 건물의 내진성능 평가	■ 골조+전단벽 구조의 구조요소별 비선형거동분석을 위한 기초자료로 활용 ■ 골조+전단벽 구조의 해석기법분석을 위한 기초자료로 활용
기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준	■ 도심지 내 중, 저층 주요시설물(학교, 병원 등)의 응급복구 내진보강기술 개발 (경상대학교 산학협력단)	■ FRP 내력 패널 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 보강 상세 및 설계법 지침 개발에 참고
	■ 카본복합재료를 이용한 노후벽식 공동 주택의 리모델링을 위한 구조부재의 성능 향상을 통한 내진성능 확보(경희대학교 산학협력단)	■ 카본복합재료 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 보강 상세 및 설계법 지침 개발에 참고
	■ 우리나라 중`저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수보강법	■ 건물유형별 성능평가/ 미국 FEMA, 일본 내진진단법 적용/ 일본 내진진단법으로 보강	■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발에 수용하고 구체적인 상세 및 시방서 등을 추가함.

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
	연구(고려대학교 산학협력단)		
	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상법 정리	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발에 참고 ■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발에 참고
	■ 조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구(방재연구소)	■ 조적조 내진보강기법 분석	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발에 참고 ■ 기존 보강방안을 종합정리하여 우수한 보강법을 선별하고, 보강 상세 및 시방서를 제시
	■ 조적조 건물의 내진 성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너스 주택연구소)	■ 조적조 실태 파악/ 조적조 재료 실험/ 조적조 보강방안	
	■ 기존 건축물의 내진 성능 평가 및 향상요령 (한국시설안전공단)	■ 내진성능평가 및 향상법 제공	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발에 참고 ■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발에 참고 ■ 기존 보강방안을 종합정리하여 우수한 보강법을 선별하고, 보강 상세 및 시방서를 제시
	■ 리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발(단국대학교)	■ 내력벽 실험 / 댐퍼 보강	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 보강방안을 종합정리하여 우수한 보강법을 선별하고, 보강 상세 및 시방서를 제시
기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램	■ BIM기반 RC구조와 강구조 표준상세 및 데이터베이스 구축(건축구조기술사회 , 국토해양부)	■ IFC를 이용한 표준상세 DB구축	■ BIM기반 구조보강상세 3차원 라이브러리 구축 ■ 개발된 라이브러리 체계를 구조보강상세 DB구축에 활용
	■비정형통합설계시스템 세부과제(초고층설계연구단, 국토해양부)	■ 비정형 초고층 구조설계를 위한 통합설계시스템 개발	■ 파라메트릭 설계기법을 활용한 최적 보강방법 선정기술 ■ 비정형 초고층 구조시스템 선정을 위한 파라메트릭 설계기술 활용
진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술	■ 리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발(단국대학교 산학협력단)	■ 면진/제진장치를 이용한 노후화된 공동주택 보강기술에 관한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 진동제어장치의 기존 국내건축물 적용성 및 실험적 검증 방법에 대한 기초자료로 활용 ■ 기존 국내건축물 보강기술에 대한 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 물탱크를 이용한 기존 공동주택의 진동제어 기술 개발 (단국대학교 산학협력단)	■ 간편한 방식을 이용하여 기존 공동주택의 진동제어 방식에 관한 연구	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 소규모주택에 대한 진동제어 기술에 대한 기초자료로 활용 ■ 기존 공동주택에 대한 내진성능 파악 및 진동제어 방식에 대한 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴
	■ 에너지소산형 접합부를 가지는 외부골조 신설형 학교건축물 내진보강기술(인천대학교 산학협력단)	■ 에너지소산능력이 있는 접합부를 가진 외부골조에 대한 학교건축물 내진보강 기술 개발	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 저층의 철근콘크리트 건축물에 대한 진동성능확보 방안에 제시 시 기초자료로 활용 ■ 기존 건축물의 내진보강기법에 개발에 대한 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴

기술분류	기존 기술		활용 및 연계방안
	과제명	주요내용	
	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 기존기술 개발 보고서 고찰 ■ 기존 건축물의 내진성능평가 방법과 진동제어장치를 사용한 구조물의 내진성능 비교연구에 활용 ■ 기존 건축물의 내진보강기법에 개발에 대한 기초자료로 활용 ■ 서면 및 대면 인터뷰를 통한 자문의견 수렴

다. 제 3 중점분야

-소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조 안전성 확보 방안 구축

본 과제	기존 기술 (중복성 검토내용)		활용 및 연계방안
세세부 과제명	과제명	주요내용	
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ International Residential Code (ICC, 2012)	■ 미국의 건축 허가 과정 등을 제시 ■ 미국의 건축 감독관의 자격 조건, 역할 및 권한을 제시 ■ 소규모 주거형 건축물에 대한 하중 조건 및 적용 범주 제시	■ 미국의 선진화된 관리 제도 등을 벤치마킹함. ■ 하중 조건의 적용 과정을 조사하여 국내 상황에 적용가능한지 검토함.
	■ 내진설계기준연구 (한국건설기술연구원1997)	■ 지진에 대한 구조물의 성능 목표 및 기술 기준 제시	■ 기존에 개발된 연구를 분석하여 소규모 건축물에 적용가능한지 검토하기 위해 활용
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단, 2011)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 기존에 제시된 내진성능평가를 분석하여 소규모 건축물에 활용한지
	■ 국내 건축구조물의 지진취약도함수 개발 (방재 연구소, 2009)	■ 지진피해 추정을 위한 시설물의 개별 특성에 따른 지진취약도함수 개발	■ 제시된 확률적 접근방법을 활용한 기존 소규모 건축물의 내진성능 분석
	■ 목조건축물의 내진성능 평가항목 개발을 위한 조사연구 (방재 연구소, 2009)	■ 미국과 일본에서 사용하는 내진 진단법을 분석하여 일반적 평가항목과 구조적평가항목으로 분류하여 내진성능 평가 방법을 제안	■ 목조 건축물의 내진성능에 미치는 요소를 사전에 파악하기 위해서 활용함. 이를 감안하여 상세등 개발
	■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 ((사)구조기술회, (사)대한건축학회, 2010)	■ 기존 표준접합상세지침의 문제점과 개선방향 언급 ■ 지진하중에 저항하기 위한 기존 소규모 건축	■ 관련 연구에서 제시된 문제점을 고려하여 개선방안 마련 및 검증 실험 연구 수행

		물 구조 상세의 문제점과 개선방향 언급	
	■ International Existing Building Code (ICC , 2012)	■ 기존 건축물의 재료별 성능평가 및 해석 방법 제시	■ 국외 성능평가 방법 도입 검토 및 소규모 건축물에 적용 가능성 검토
3-3. 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (방재연구소, 2009)	■ 목조 건축물의 내진성능에 영향을 주는 항목 분석 ■ 내진성능에 영향을 미치는 주요변수를 바탕으로 내진성능평가 방법 제시 ■ 목조 골조-철근콘크리트벽체를 적용한 실험을 통해 내진거동 분석	■ 국내 환경을 고려하여 내진성능을 포함한 중력하중과 이상기후 현상에 영향을 받는 주요 요소 분석 ■ 실험 계획시 내진성능에 영향을 미치는 요소와 실험 방법등을 반영함
	■ Seismic Rehabilitation Guidelines for Detached, Single-Family, Wood-Frame Dwellings: ATC 50-1 (ATC, 2000)	■ 목조 건축물의 내진 성능에 영향을 미칠 수 있는 요소 정리 ■ 지진에 의한 피해 현황 보고	■ 목조 건축물에 대한 지진피해 현황 결과를 바탕으로 국내에 지지발생시 피해 예측 ■ 미국의 선진화된 기술을 벤치마킹.
	■ 조적조 건물의 내진 성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너스 주택연구소, 2006)	■ 조적조 건축물의 기초재료 실험 평가(모르타르, 벽돌 등) ■ 형상비에 따른 벽체의 실험적 구조성능 평가	■ 높이 형상비에 따른 실험결과를 바탕으로 그 외의 벽량/개구부 등을 고려한 성능 평가를 위한 실험 실시 ■ 관련 전문가와 협력 연구를 통해 실험계획 및 방법론 논의
	■ Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes: Developing Successful Risk Reduction Programs: FEMA P-774 (FEMA, 2009)	■ 무보강 조적조에 대한 피해현황 및 거동 분석	■ 강진 지역에 위치한 무보강 조적조 건축물의 내진 거동을 바탕으로 우리나라와 같은 중약진 지역의 내진 거동 예측에 활용 ■ 지진에 대한 무보강 조적조의 거동을 사전에 파악하여 국내에 널리 적용된 무보강 조적조 실험 계획 및 방법 결정시 활용 ■ 주요 구조부재의 참고 자료로 활용
	■ International Residential Code (ICC, 2012)	■ 미국의 주거형 건축물에 많이 적용되는 목구조 건축물의 기초 상세 제시	■ 테이블화된 구조상세 및 설계 프로세스에 대한 참고 자료로 활용

		■ 주거형 목조/콘크리트 건축물의 기초구조 상세 테이블 제시	
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구((사) 구조기술회, (사) 대한건축학회, 2010)	■ 기존의 조적조 및 철근콘크리트 벽체에 널리 사용되고 있는 기초 상세 분석 ■ 분석한 내용을 바탕으로 기초에 대한 기준의 제시	■ 기존에 사용된 기초 상세 분석에 대한 보고서 내용을 고려하여 재료에 따른 경제성과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 기초 상세 제시

2.2.2 기존 인프라의 활용 및 연계 방안

○ 국가 또는 기존 연구시설의 활용은 국가 가용자원의 사용이라는 측면에서 연구비 사용의 효율성을 높인다는 측면에서 중요할 뿐만 아니라 유사 연구 수행의 경험을 활용하여 시행착오 등을 최소화 할 수 있다는 점에서 연구의 집중도와 연구의 순도를 향상시킬 수 있다는 점에서도 중요함.

○ 각 중점분야의 세세부 과제별로 기존 인프라의 활용 및 연계방안에 대하여 표로 정리함.

가. 제 1 중점분야

-지진 및 기후변화 대비 한국형 건축물 구조설계기술 / 기준 선진화

기술 분류	개발 가능한 기술	기존 인프라	
		연구인력 인프라	실험시설
지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 조사와 지진하중 추정 기술	■ 지질 및 지반 등 전문가 활용 및 자문회의 ■ 지반 및 지진환경 전문가 자문회의	-
	■ 국내 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계스펙트럼과 국내 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 시간이력	■ 기존 실험 및 해석 전문가 활용 및 자문회의 ■ 구조물-지반 상호작용 전문가 활용 및 자문회의	-
	■ 기후변화 관련 특성조사와 설계고려방안	■ 기상청 등 인력 활용 ■ 기후변화 전문가 위탁 및 자문회의	-
	■ 기후변화관련 하중별 적용대상 건축물 정의	■ 공청회 및 자문회의	-
신축건축물 구조설계/기준 개선	■ Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 추축	■ 자문회의	-
	■ 이상기후 대비 건축 설계 기법 및 능력설계기법	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 면진 및 제진구조의 설계기준(안)	■ 공청회 및 자문회의	-

기술 분류	개발 가능한 기술	기존 인프라	
		연구인력 인프라	실험시설
	■ RC 및 강구조 내진상세(안)	■ 공청회 및 자문회의	■ 분산공유 실험실 및 각 대학 구조실험시설
	■ 특수구조물의 현황 파악을 위한 데이터베이스 구축 및 표준상세와 시공법 개발	■ 자문회의	■ 보건복지부 인프라 활용 ■ 각급 병원 및 산업시설 ■ 대학 내 연구실 ■ 장비생산/공급업체
	■ 구조-비구조 요소 간 interaction 모델 및 성능수준 한계 규명을 위한 해석/실험	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실 및 대학 실험실 활용
	■ 국가차원의 의료시설 비상관리 네트워크	■ 공청회 및 자문회의	■ 대학 내 연구실 ■ 국토해양부, 보건복지부
	■ 건축구조물의 비선형 지진거동 예측 해석법 개발과 변위기초 내진설계법 개발	■ 구조기술사회 등 구조실무 전문가 자문	■ 기존 해석 프로그램 활용
신축건축물의 진동제어장치 제작 및 설계 기술	■ 진동제어 구조시스템의 기본 설계요구조건과 해석방법론 개발	■ 기존 연구자료 수집 ■ 전문가 활용 및 자문회의	-
	■ 진동제어 구조시스템의 성능기준에 관한 연구	■ 공청회 및 자문회의 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	-
	■ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험과 진동대 실험	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 공개실험 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시단주기/장주기별, 재료별, 에너지소산 형태와 능력에 따른 구조물의 진동실험 매뉴얼	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 공청회 및 자문회의 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	■ 분산공유 실험실(하이브리드 구조실험센터 또는 첨단건설재료실험센터) 및 각 대학 구조실험시설
	■ 진동제어 구조시스템의 최적화와 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용	■ 기존 연구자료 수집 ■ 전문가 활용 및 자문회의	-
비구조재의 구조성능평가 및 설계기준	■ 비구조요소의 손상 예측을 위한 근사적 해석 절차 개발과 유형별 성능평가 실험법 표준화	■ 공청회 및 자문회의 ■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 비구조재가 건물구조 거동에 미치는 영향 연구	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 기존 비구조재의 유형별 성능기준 및 설계 기준	■ 공청회 및 자문회의	-
건축물 구조특성 DB 구축	■ 국내 신축건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석과 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석	■ 국내 학계·설계업계 전문가 자문회의 ■ 국내 출판 기술보고서 및 연구논문	-
	■ 대표적인 콘크리트 및 강 구조시스템에 대하여 1/3스케일의 모의진동실험을 통하여 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명	■ 분산공유형 국내실험 인프라와 연구인력	■ 분산공유 실험시설
	■ 국내 주요구조 부재와 비구조부재에 대한 부재실험(정적 반복하중실험)을 통하여 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 미국, 일본 등 국제 내진연구 네트워크 활용	■ 대학 구조실험시설

나. 제 2 중점분야

-기존 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안정성 확보 기술 및 제도 개발

기술분류	개발 가능한 기술	기존 인프라	
		연구인력 인프라	실험시설
지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도	■ 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선 우선순위 판정지침 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 기존건축물 구조안전 개선절차의 가이드라인 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 구조안전등급 표시 제도 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 구조종별 피해건축물 구조성능 조사 시스템 핵심기술에 관한 연구 및 최적 피해건축물 피해조사 시스템 개발에 관한 연구	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 피해건축물 강도저감계수 산정 기술 구축, 피해건축물 연성능력저감계수 산정법 구축 및 통합구조성능 저감계수 산정법 개발에 관한 이론/실험적 연구	■ 이론연구, 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실 및 각 대학 구조실험시설
	■ 피해건축물 잔존구조성능 평가, 피해건축물 위험도 판정 기술 및 계속사용을 위한 복구여부 기술에 관한 이론/실험적 연구	■ 이론연구, 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 피해건축물 긴급/영구복구 기준 정립, 피해건축물 긴급복구 기술 및 피해건축물 영구복구 기술 구축에 관한 이론/실험적 연구	■ 이론연구, 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 피해건축물 피해도 판정매뉴얼 제안, 피해건축물 복구지침서 제안 및 피해도판정 및 복구예제 작성에 관한 연구	■ 공청회 및 자문회의	-
국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침	■ 국내 건축물 고유의 구조요소에 대한 연도별 재료강도 및 성능데이터 DB 구축	■ 자문회의, 공동조사	대학 및 연구기관의 대형구조실험시설
	■ 국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 주기식 및 해석 기법 제시	■ 자문회의	대학 및 연구기관의 실험/계측장비
	■ 국내 비내진건축물의 성능기반평가지침 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준	■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발	■ 공청회 및 자문회의	대학 및 연구기관 구조실험시설
	■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발	■ 공청회 및 자문회의	대학 및 연구기관 구조실험시설
	■ 보강 상세 및 설계 기준 개발	■ 공청회 및 자문회의	대학 및 연구기관 구조실험시설
	■ 테스트베드 적용	■ 공청회 및 자문회의	-
기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램	■ 구조보강 전산활용 평가절차 및 개발	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 구조보강상세 수집 및 전산화	■ 구조보강 실무적용 상세 데이터 수집을 위한 자문회의 ■ 구조보강 실험데이터 수집을 위한 자문회의	■ 분산공유 실험실 및 각 대학, 연구기관 구조실험시설
	■ 기존건축물 구조성능평가 요소기술 및	■ 요소기술 개발계획 및	■ 분산공유 실험실 및 각 대학,

기술분류	개발 가능한 기술	기존 인프라	
		연구인력 인프라	실험시설
	활용기술	결과에 대한 자문회의	연구기관 구조실험시설
	■ 기존건축물 보강상세 BIM 및 라이브러리 구축	■ 요소기술 개발계획 및 결과에 대한 자문회의	■ 분산공유 실험실 및 각 대학, 연구기관 구조실험시설
	■ 기존건축물 구조해석 요소기술 및 구조모니터링 연계기술	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 국내외 파일럿 프로젝트	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 성능평가 및 구조보강 단위기술 통합	■ 공청회 및 자문회의	-
	■ 교육프로그램 개발 및 기술전파	■ 공청회 및 자문회의	-
진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장 반복가력실험	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 공개실험 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 공개실험 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	■ 분산공유 실험실(부산대학교 지진방재연구센타)및 각 대학 구조실험시설
	■ 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발	■ 실험계획 및 실험결과에 대한 자문회의 ■ 공청회 및 자문회의 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	■ 분산공유 실험실(하이브리드 구조실험센터 또는 첨단건설재료실험센터) 및 각 대학 구조실험시설
	■ 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립	■ 기존연구논문에 대한 자문 ■ 공청회 및 자문회의 ■ 연구결과 발표회 및 세미나	-

다. 제 3 중점분야

-소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조 안전성 확보 방안 구축

본 과제	기존 기술 (중복성 검토내용)		활용 및 연계방안
세세부 과제명	과제명	주요내용	
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ International Residential Code (ICC, 2012)	■ 미국의 건축 허가 과정 등을 제시 ■ 미국의 건축 감독관의 자격 조건, 역할 및 권한을 제시 ■ 소규모 주거형 건축물에 대한 하중 조건 및 적용 범주 제시	■ 미국의 선진화된 관리 제도 등을 벤치마킹함. ■ 하중 조건의 적용 과정을 조사하여 국내 상황에 적용가능한지 검토함.
	■ 내진설계기준연구 (한국건설기술연구원 1997)	■ 지진에 대한 구조물의 성능 목표 및 기술 기준 제시	■ 기존에 개발된 연구를 분석하여 소규모 건축물에 적용가능한지 검토하기 위해 활용
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단, 2011)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 기존에 제시된 내진성능평가를 분석하여 소규모 건축물에 활용한지

사양중심 구조기준 개발			
	■ 국내 건축구조물의 지진취약도함수 개발 (방재 연구소, 2009)	■ 지진피해 추정을 위한 시설물의 개별 특성에 따른 지진취약도함수 개발	■ 제시된 확률적 접근방법을 활용한 기존 소규모 건축물의 내진성능 분석
	■ 목조건축물의 내진성능 평가항목 개발을 위한 조사연구 (방재 연구소, 2009)	■ 미국과 일본에서 사용하는 내진 진단법을 분석하여 일반적 평가항목과 구조적평가항목으로 분류하여 내진성능평가 방법을 제안	■ 목조 건축물의 내진성능에 미치는 요소를 사전에 파악하기 위해서 활용함. 이를 감안하여 상세등 개발
	■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 ((사)구조기술회, (사)대한건축학회, 2010)	■ 기존 표준접합상세 지침의 문제점과 개선방향 언급 ■ 지진하중에 저항하기 위한 기존 소규모 건축물 구조 상세의 문제점과 개선방향 언급	■ 관련 연구에서 제시된 문제점을 고려하여 개선방안 마련 및 검증 실험 연구 수행
	■ International Existing Building Code (ICC , 2012)	■ 기존 건축물의 재료별 성능평가 및 해석 방법 제시	■ 국외 성능평가 방법 도입 검토 및 소규모 건축물에 적용 가능성 검토
3-3. 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (방재 연구소, 2009)	■ 목조 건축물의 내진성능에 영향을 주는 항목 분석 ■ 내진성능에 영향을 미치는 주요변수를 바탕으로 내진성능 평가 방법 제시 ■ 목조 골조-철근콘크리트벽체를 적용한 실험을 통해 내진거동 분석	■ 국내 환경을 고려하여 내진성능을 포함한 중력하중과 이상기후 현상에 영향을 받는 주요 요소 분석 ■ 실험 계획시 내진성능에 영향을 미치는 요소와 실험 방법 등을 반영함
	■ Seismic Rehabilitation Guidelines for Detached, Single-Family, Wood-Frame Dwellings: ATC	■ 목조 건축물의 내진성능에 영향을 미칠 수 있는 요소 정리 ■ 지진에 의한 피해 현황 보고	■ 목조 건축물에 대한 지진피해 현황 결과를 바탕으로 국내에 지지발생시 피해 예측 ■ 미국의 선진화된 기술을 벤치마킹.

	50-1 (ATC, 2000)		
	■ 조적조 건물의 내진 성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너스 주택연구소, 2006)	■ 조적조 건축물의 기초 재료 실험 평가 (모르타르, 벽돌 등) ■ 형상비에 따른 벽체의 실험적 구조성능 평가	■ 높이 형상비에 따른 실험결과를 바탕으로 그 외의 벽량/개구부등을 고려한 성능 평가를 위한 실험 실시 ■ 관련 전문가와 협력 연구를 통해 실험계획 및 방법론 논의
	■ Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes: Developing Successful Risk Reduction Programs: FEMA P-774 (FEMA, 2009)	■ 무보강 조적조에 대한 피해현황 및 거동 분석	■ 강진 지역에 위치한 무보강 조적조 건축물의 내진 거동을 바탕으로 우리나라와 같은 중약진 지역의 내진 거동 예측에 활용 ■ 지진에 대한 무보강 조적조의 거동을 사전에 파악하여 국내에 널리 적용된 무보강 조적조 실험 계획 및 방법 결정 시 활용 ■ 주요 구조부재의 참고 자료로 활용
	■ International Residential Code (ICC, 2012)	■ 미국의 주거형 건축물에 많이 적용되는 목구조 건축물의 기초 상세 제시 ■ 주거형 목조/콘크리트 건축물의 기초구조 상세 테이블 제시	■ 테이블화된 구조상세 및 설계 프로세스에 대한 참고 자료로 활용
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 ((사) 구조기술회, (사) 대한건축학회, 2010)	■ 기존의 조적조 및 철근 콘크리트 벽체에 널리 사용되고 있는 기초 상세 분석 ■ 분석한 내용을 바탕으로 기초에 대한 기준의 제시	■ 기존에 사용된 기초 상세 분석에 대한 보고서 내용을 고려하여 재료에 따른 경제성과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 기초 상세 제시

2.3 기술개발 추진방향

2.3.1 SWOT 분석

가. 제 1 중점 분야

지진 및 기후변화 대비 한국형 건축물 구조설계기술/기준 선진화	Strength	Weakness
	지진 및 이상기후에 대한 구조물의 구조성능확인을 위한 선진국수준의 실험 인프라가 구축 완료 내진공학에 관한 정보가 풍부함 국내 내진공학 전문가 Pool이 충분함 현재의 내진 또는 내진동 기준에 대한 문제점을 정확히 파악하고 있음	내진과 진동제어 관련 법적·제도적 장치 미흡 국내의 지진 정보가 부족함 기후변화, 비예측하중에 대한 설계기준과 경험이 부족함 미국 및 일본을 제외한 중 약진지역에 대한 타 선진국의 내진기준의 정보가 부족함
Opportunity	**SO 전략**	**WO 전략**
동북아 지역에서는 대규모 지진 또는 판내 비예측 지진으로 인한 피해 급증 지구 온난화에 따른 국지적 폭우, 돌풍에 따른 경제적 인명 피해 급증 우리나라에서도 지진 및 기후 변화에 대한 불안감이 커져 국가적으로 법적·제도적 노력이 확대될 예정	**체계적 구조설계-평가-보수·보강시스템 구축** 비예측 대형지진 대상 시스템 구축 이상기후 대상 시스템 구축 **연구방법 및 방향의 전환** 분산형 연구에서 통합 및 융합연구로 연구자 주도형에서 수요자 주도형으로	**선진국과 연계 활동 방안 구축** **법적·제도적 지원방안의 수립이 필요** 지진과 기후변화에 대비한 지원 국가적 차원에서의 법적·제도적 지원
Threat	**ST 전략**	**WT 전략**
현재 대형 지진발생시 효과적인 대처가 어려움 대형 지니 발생 시 큰 국가적 손실이 발생할 것으로 예측함	**국가 주요 기관에 대해서는 대형 지진 및 기후변화에 따른 피해에 완벽한 대비가 필요** **국내자문위원을 활용하여 지진 및 기후변화 안전성확보의 기준을 명확하게 제시**	**엔지니어링이 녹아든 모델 기준 선정** 유럽기준 뉴질랜드 기준 **중·약진 지역의 내진 및 진동제어 규준을 참고함** 호주 규준 참고 프랑스 규준 참고

나. 제 2 중점 분야

기존 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발	Strength	Weakness
	구조공학 전문가(학계) 풍부 국내 건축물 구조안전성의 문제점 파악 관련 중소기업 다수 다수의 구조보강 특허 보유	불확실한 자연재해에 관한 사회적 무관심 실제 지진 거동 및 피해 경험 부족 학계 위주의 연구 (실무/정책 연구 부족) 선진국 기준 도입에 따른 적용성 의문 리스크 관리 분야의 취약성 구조보강 기준의 부재 시장논리 부재 관련 기업의 영세성 고급 실무 기술자 부족

Opportunity	SO 전략	WO 전략
주변국 대지진에 의해 관심 증대 국내의 태풍/호우 피해 발생 내진보강 관련 법 제정 및 시행 관련 연구 기획 중	**구조성능 평가 및 보강 기술 선진화** 성능기반 기술 개발 내진성능 평가기술 고도화 **관련 절차의 법제화** 내진성능 평가 및 보강 절차 **구조안전성 개선 촉진 제도 개발** 건축물 구조안전 등급 표시 및 활용 건물주 인센티브 제도	**건축물 재해리스크 평가모델 개발** 직간접적 피해 산출기술 재해빈발 선진국 공동연구 **국내 비내진 건축물 구조성능 실증** 비내진 기존 건축물 강도 DB 구축 비내진 기존 건축물 구조상세 DB 구축 **기존 건축물 구조성능 평가 지침 개발** 지진 및 기후변화를 고려한 통합 구조안전성 평가 지침 개발

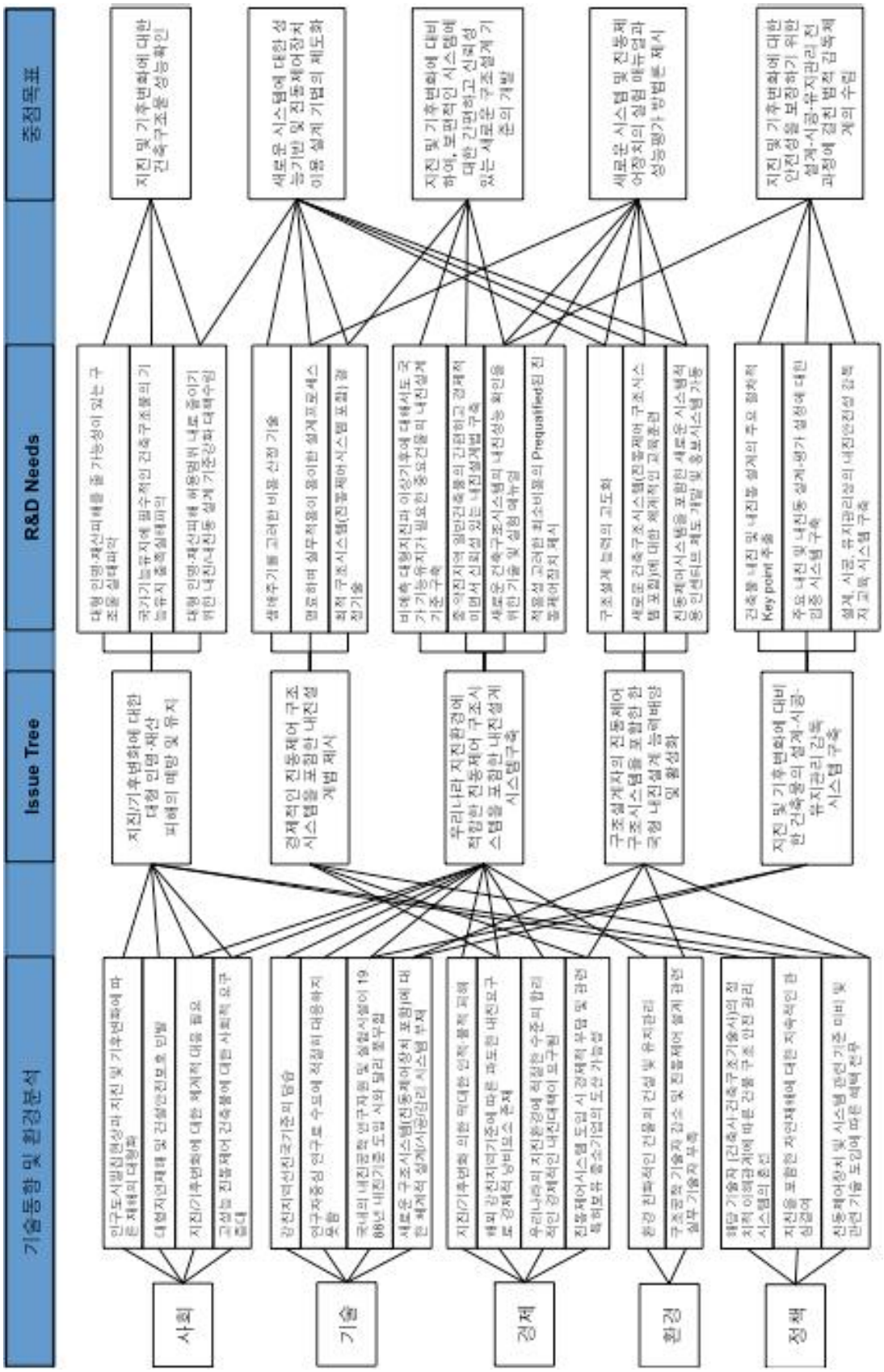
Threat	ST 전략	WT 전략
한정된 국가재정 및 경기침체 낮은 내진보강 시행비율 구조보강 기준의 부재에 따른 혼란 재해대응체계 미흡 자연재해 관심도의 단기적 속성 구조공학 기술자 감소 고도산업사회화에 따른 천문학적 피해 인구밀집 시설 증가	**성능기반 구조보강 기준 개발** 개선대상 우선순위 건축물 선정기술 중요 공공건축물 특화 보강지침 개발 민간 건축물 경제적 보강지침 개발 구조보강 설계기준 및 표준상세 개발 **관련산업 진흥책 수립** 구조성능 평가 및 보강 산업 육성책 (진단/설계/공사 계약제도 정비) 관련인력 육성책 수립	**최소 구조보강 기술 개발** 최소비용/최단기간 보통수준 기술자가 시행 가능 적용범위 규정/관련제도 예상 구조성능 제시 **구조안전등급 표시 제도 개발** 다중이용 시설 의무화 국가경제에 영향이 큰 건물 의무화 사회적 책임 규정 및 이행 촉진 **재난 후 신속대응 지침 개발** 피해 건축물의 잔존 구조성능 평가 응급 및 영구 복구 보수보강 공법 개발

다. 제 3 중점 분야

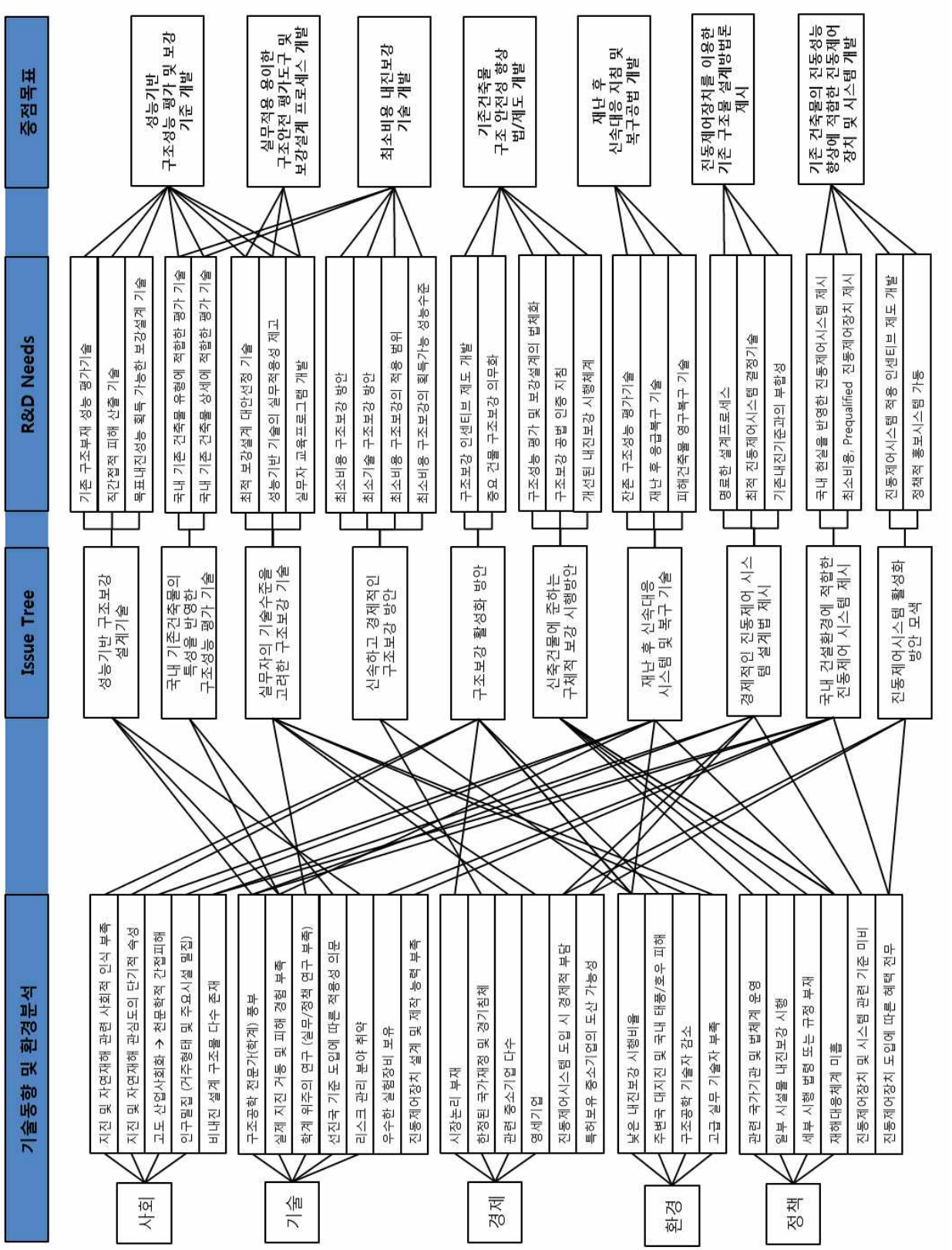
소규모 건축물의 기후변화 및 지진에 대한 구조 안전성 확보 방안 구축	Strength	Weakness
	• 대학과 연구소의 국내 최고의 구조 관련 전문가 팀에 의한 선진화된 기준 구축 • 국책연구기관의 참여로 인한 국가정책 방향 파악의 용이 • 건축물 구조 관련 첨단기술의 비약적인 발전	• 기존 소규모 건축물의 설계/시공 현황 자료 부족 및 선행 연구자료 부족 • 소규모 건축물관련 연구에 대한 학계와 실무자들간의 인식 차이 • 소규모 건축물의 구조안전성을 확인하고 관리하는 제도적 장치의 부재
Opportunity	**SO 전략**	**WO 전략**
• 국내외 재해/재난 위험도 증대 • 정부의 소규모 건축물의 구조기준에 관한 건축법 개정 노력 • 국내 건축물 분포 중 대다수인 소규모 건축물의 구조기준 마련시 파급효과가 대단히 큼	**<u>소규모 건축물의 설계 지침 선진화</u>** 소규모 건축물 의 구조안전성 확보를 위한 간소하나 통합적인 기준 제안 **<u>관련 기준 법제화</u>** 소규모 건축물 구조안전성 확보에 대한 국가적 대응노력과 정부정책 목표 연계 를 통한 지속 가능한 중장기 추진 전략 마련 **<u>건축물의 국가적 구조 안전망 구축</u>** 절대 다수인 소규모 건축물의 구조안전성을 확보 함으로서 국가 안전망 구축	**<u>소규모 건축물의 현황 파악</u>** 소규모 건축물이 실제 설계, 시공, 관리되는 현황을 면밀히 파악하여 기술적 및 정책적 연구방향 설정 **<u>소규모 건축물 관련 연구필요성 부각</u>** 구조안전성에 대한 대국민 홍보와 설계/시공업자 교육을 통한 연구의 당위성 부각 **<u>소규모 건축물의 관리 제도의 선진화</u>** 소규모 건축물의 구조안전성을 확인하는 제도적 행정관리 체계 구축
Threat	**ST 전략**	**WT 전략**
• 법 제도 및 행정절차의 미비로 인한 소규모 건축물 설계 및 시공 수준 낙후 • 소규모 건축물 구조안전성 확보에 따른 비용 증가의 우려 • 소규모 건축물 구조안전성 관련 시장 동력의 취약성	**<u>소규모 건축물의 설계 지침 간소화</u>** 소규모 건축물의 최적설계를 통한 비전문가도 쉽게 접근할 수 있는 간소화된 기준 구축 **<u>효율적인 보수/보강 방법 구축</u>** -기존 중대형 건축물과는 다른 소규모 건축물을 위해서 경제적이고 효율적인 자가 보수/보강 방안 강구 -선진국의 기술을 벤치마킹 하여 국내 건축환경에 부합하는 한국형 보강 기술개발	**<u>소규모 건축물의 구조안전성을 위한 최소 기준 마련</u>** -비용증가가 최소화된 경제적인 소규모 건축물 구조안전성 확보 방안 구축 -설계변수 그룹핑의 체계화를 통한 합리적인 표준 상세 구축 **<u>관련산업 진흥책 수립</u>** -구조 안전성을 확보한 소규모건축물에 대한 인센티브등의 정책적 지원 -관련 인력 육성 및 관련 산업 지원

2.3.2 Issue Tree

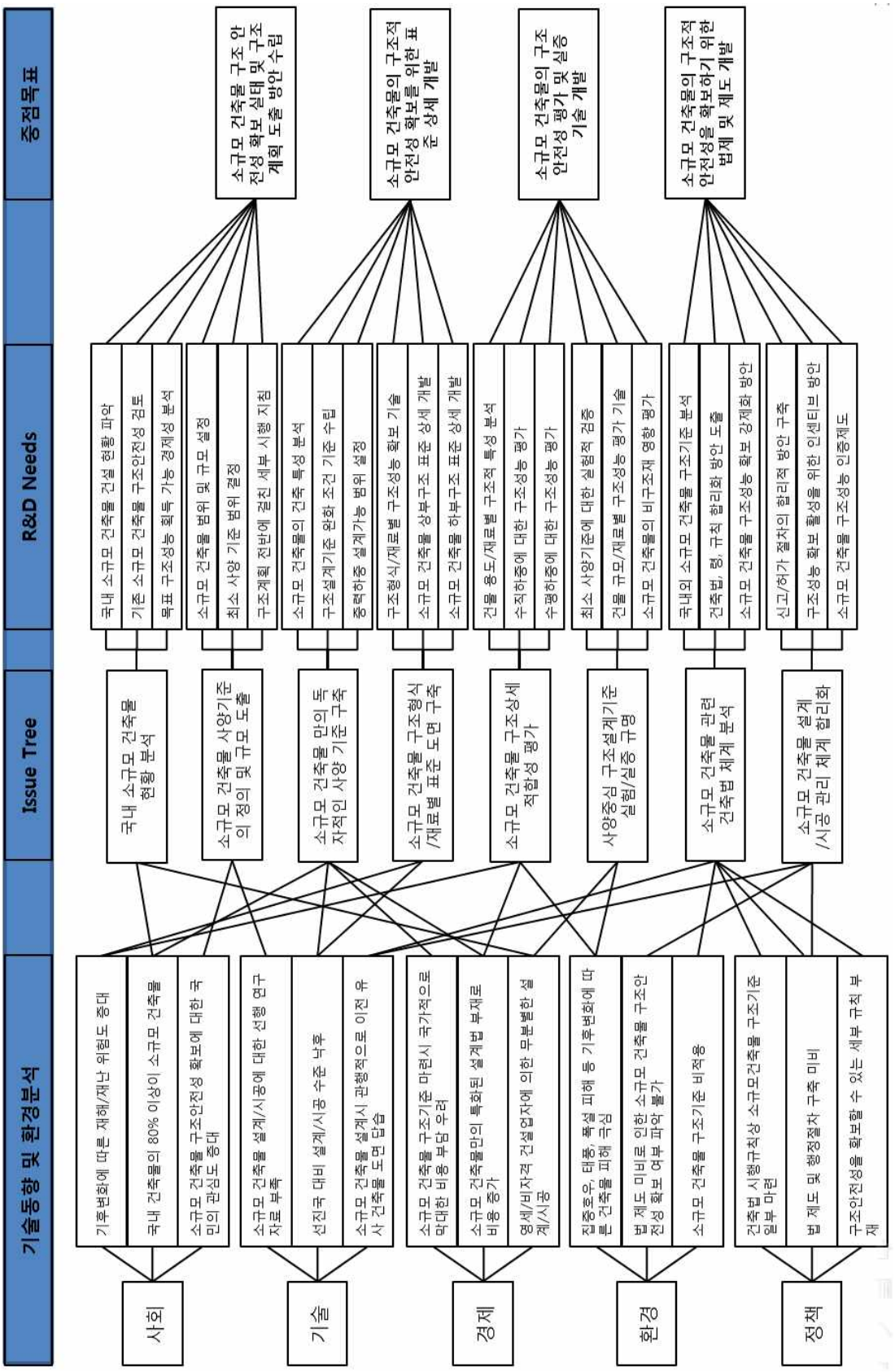
가. 제 1 중점 분야



나. 제 2 중점 분야


기술동향 및 환경분석
Issue Tree
R&D Needs
중점목표
사회
기술
경제
환경
정책
지진 및 자연재해 관련 사회적 인식 부족
지진 및 자연재해 관심도의 단기적 속성
고도 산업사회화 → 천문학적 간접피해
인구밀집 (겨주형태 및 주요시설 밀집)
비내진 설계 구조물 다수 존재
구조공학 전문가(학계) 풍부
설계 지진 거동 및 피해 경험 부족
학계 위주의 연구 (실무/정책 연구 부족)
선진국 기준 도입에 따른 적용성 의문
리스크 관리 분야 취약
우수한 실험장비 보유
진동제어장치 설계 및 제작 능력 부족
시장논리 부재
한정된 국가재정 및 경기침체
관련 중소기업 다수
영세기업
진동제어시스템 도입 시 경제적 부담
특허보유 중소기업의 도산 가능성
낮은 내진보강 시행비율
주변국 대지진 및 국내 태풍/호우 피해
구조공학 기술자 감소
고급 실무 기술자 부족
관련 국가기관 및 법체계 운영
일부 시설물 내진보강 시행
세부 시행 법령 또는 규정 부재
재해대응체계 미흡
진동제어장치 및 시스템 관련 기준 미비
진동제어장치 도입에 따른 혜택 전무
성능기반 구조보강 설계기술
국내 기존건축물의 특성을 반영한 구조성능 평가 기술
실무자의 기술수준을 고려한 구조보강 기술
신속하고 경제적인 구조보강 방안
구조보강 활성화 방안
신축건물에 준하는 구체적 보강 시행방안
재난 후 신속대응 시스템 및 복구 기술
경제적인 진동제어 시스템 설계법 제시
국내 건설환경에 적합한 진동제어 시스템 제시
진동제어시스템 활성화 방안 모색
기존 구조부재 성능 평가기술
직간접적 피해 산출 기술
목표내진성능 획득 가능한 보강설계 기술
국내 기존 건축물 유형에 적합한 평가 기술
국내 기존 건축물 상세에 적합한 평가 기술
최적 보강설계 대안선정 기술
성능기반 기술의 실무적용성 제고
실무자 교육프로그램 개발
최소비용 구조보강 방안
최소기술 구조보강 방안
최소비용 구조보강의 적용 범위
최소비용 구조보강의 획득가능 성능수준
구조보강 인센티브 제도 개발
중요 건물 구조보강 의무화
구조성능 평가 및 보강설계의 법체화
구조보강 공법 인증 지침
개선된 내진보강 시행체계
잔존 구조성능 평가기술
재난 후 응급복구 기술
피해건축물 영구복구 기술
명료한 설계프로세스
최적 진동제어시스템 결정기술
기존내진기준과의 부합성
국내 현실을 반영한 진동제어시스템 제시
최소비용 Prequalified 진동제어장치 제시
진동제어시스템 적용 인센티브 제도 개발
정책적 홍보시스템 가동
성능기반 구조성능 평가 및 보강 기준 개발
실무적용 용이한 구조안전 평가도구 및 보강설계 프로세스 개발
최소비용 내진보강 기술 개발
기존건축물 구조 안전성 향상 법/제도 개발
재난 후 신속대응 지침 및 복구공법 개발
진동제어장치를 이용한 기존 구조물 설계방법론 제시
기존 건축물의 진동성능 향상에 적합한 진동제어 장치 및 시스템 개발

다. 제 3 중점 분야


기술동향 및 환경분석
Issue Tree
R&D Needs
중점목표
사회
기술
경제
환경
정책
기후변화에 따른 재해/재난 위험도 증대
국내 건축물의 80% 이상이 소규모 건축물
소규모 건축물 구조안전성 확보에 대한 국민의 관심도 증대
소규모 건축물 설계/시공에 대한 선행 연구 자료 부족
선진국 대비 설계/시공 수준 낙후
소규모 건축물 설계시 관행적으로 이전 유사 건축물 도면 답습
소규모 건축물 구조기준 마련시 국가적으로 막대한 비용 부담 우려
소규모 건축물만의 특화된 설계법 부재로 비용 증가
영세/비자격 건설업자에 의한 무분별한 설계/시공
집중호우, 태풍, 폭설 피해 등 기후변화에 따른 건축물 피해 극심
법 제도 미비로 인한 소규모 건축물 구조안전성 확보 여부 파악 불가
소규모 건축물 구조기준 비적용
건축법 시행규칙상 소규모건축물 구조기준 일부 마련
법 제도 및 행정절차 구축 미비
구조안전성을 확보할 수 있는 세부 규칙 부재
국내 소규모 건축물 현황 분석
소규모 건축물 사양기준의 정의 및 규모 도출
소규모 건축물 만의 독자적인 사양 기준 구축
소규모 건축물 구조형식/재료별 표준 도면 구축
소규모 건축물 구조상세 적합성 평가
사양중심 구조설계기준 실험/실증 규명
소규모 건축물 관련 건축법 체계 분석
소규모 건축물 설계 합리화 /시공 관리 체계 합리화
국내 소규모 건축물 건설 현황 파악
기존 소규모 건축물 구조안전성 검토
목표 구조성능 획득 가능 경제성 분석
소규모 건축물 범위 및 규모 설정
최소 사양 기준 범위 결정
구조계획 전반에 걸친 세부 시행 지침
소규모 건축물의 건축 특성 분석
구조설계기준 완화 조건 기준 수립
중력하중 설계가능 범위 설정
구조형식/재료별 구조성능 확보 기술
소규모 건축물 상부구조 표준 상세 개발
소규모 건축물 하부구조 표준 상세 개발
건물 용도/재료별 구조적 특성 분석
수직하중에 대한 구조성능 평가
수평하중에 대한 구조성능 평가
최소 사양기준에 대한 실험적 검증
건물 규모/재료별 구조성능 평가 기술
소규모 건축물의 비구조재 영향 평가
국내외 소규모 건축물 구조기준 분석
건축법, 령, 규칙 합리화 방안 도출
소규모 건축물 구조성능 확보 강제화 방안
신고/허가 절차의 합리적 방안 구축
구조성능 확보 활성을 위한 인센티브 방안
소규모 건축물 구조성능 인증제도
소규모 건축물 구조 안전성 확보 실태 및 구조 계획 도출 방안 수립
소규모 건축물의 구조적 안전성 확보를 위한 표준 상세 개발
소규모 건축물의 구조적 안전성 평가 및 실증 기술 개발
소규모 건축물의 구조적 안전성을 확보하기 위한 법제 및 제도 개발

2.4 비전 및 기술발전 시나리오

2.4.1 비전

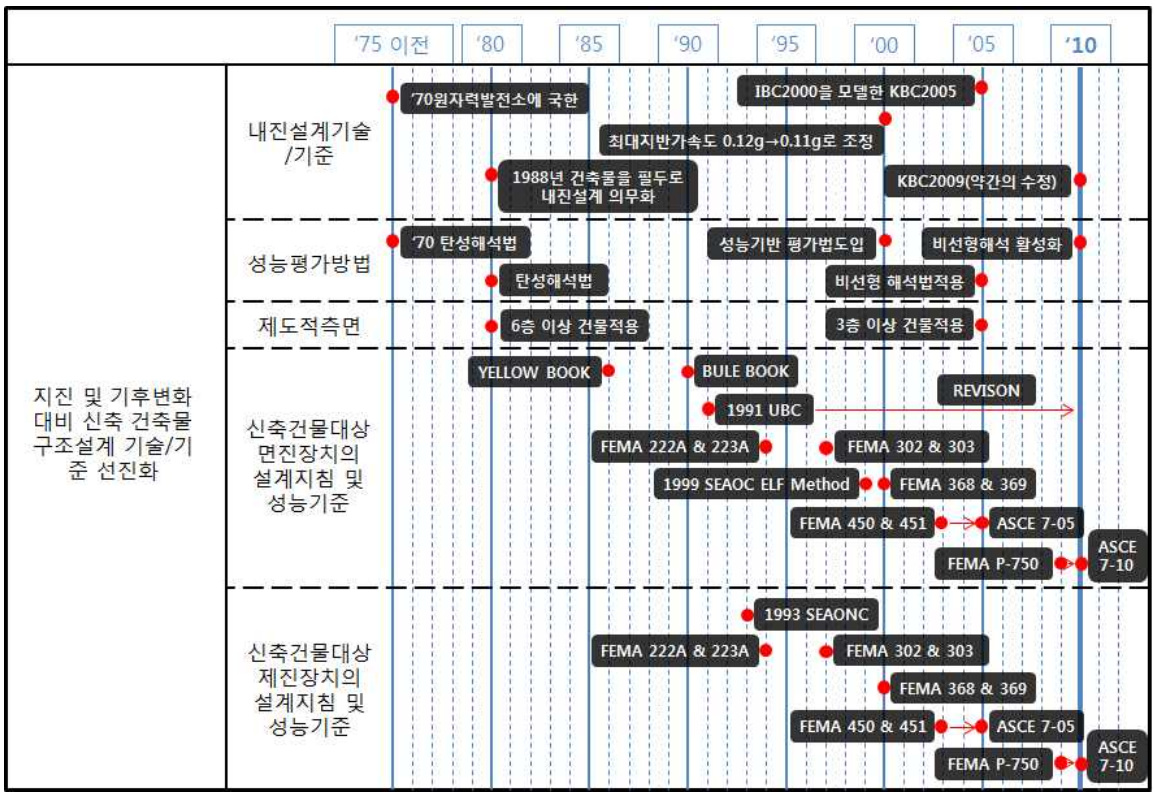
연구를 통하여 달성하고자 하는 비전, 미션, 연구목표와 연구전략을 제시하면 그림과 같다

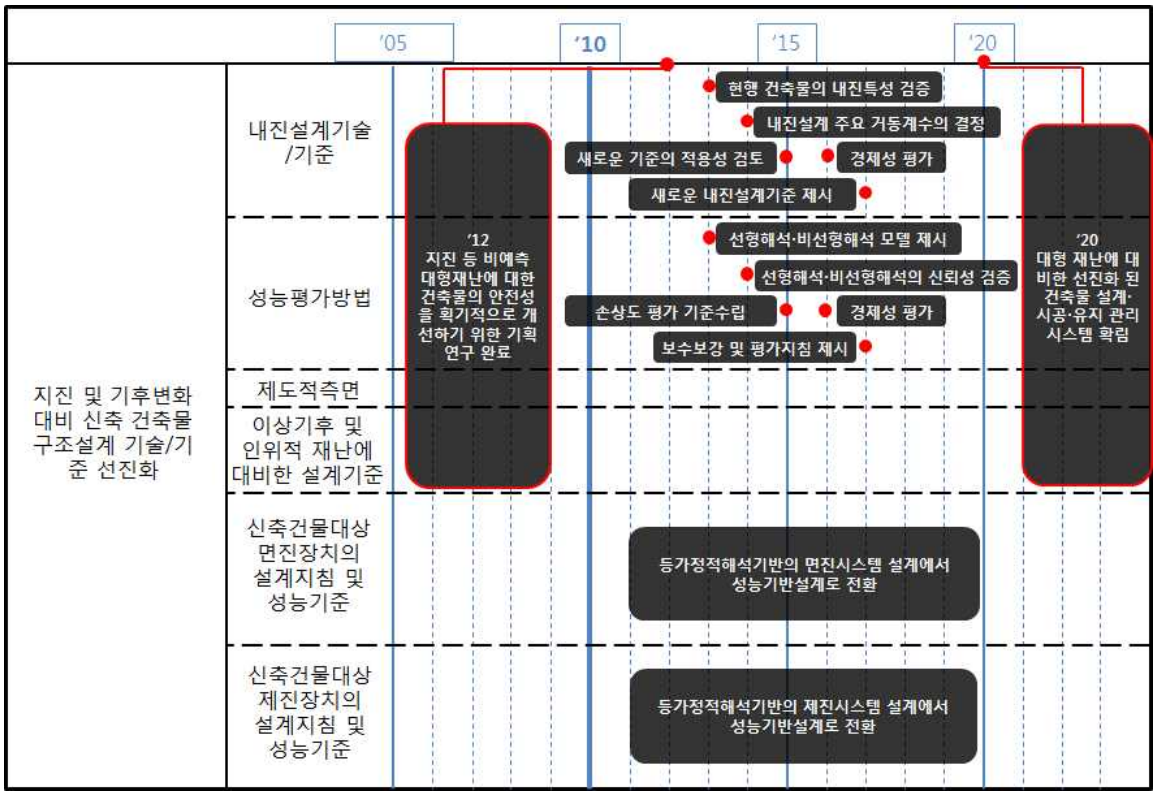


그림 2.1 건축물 구조안전성 향상 연구의 비전

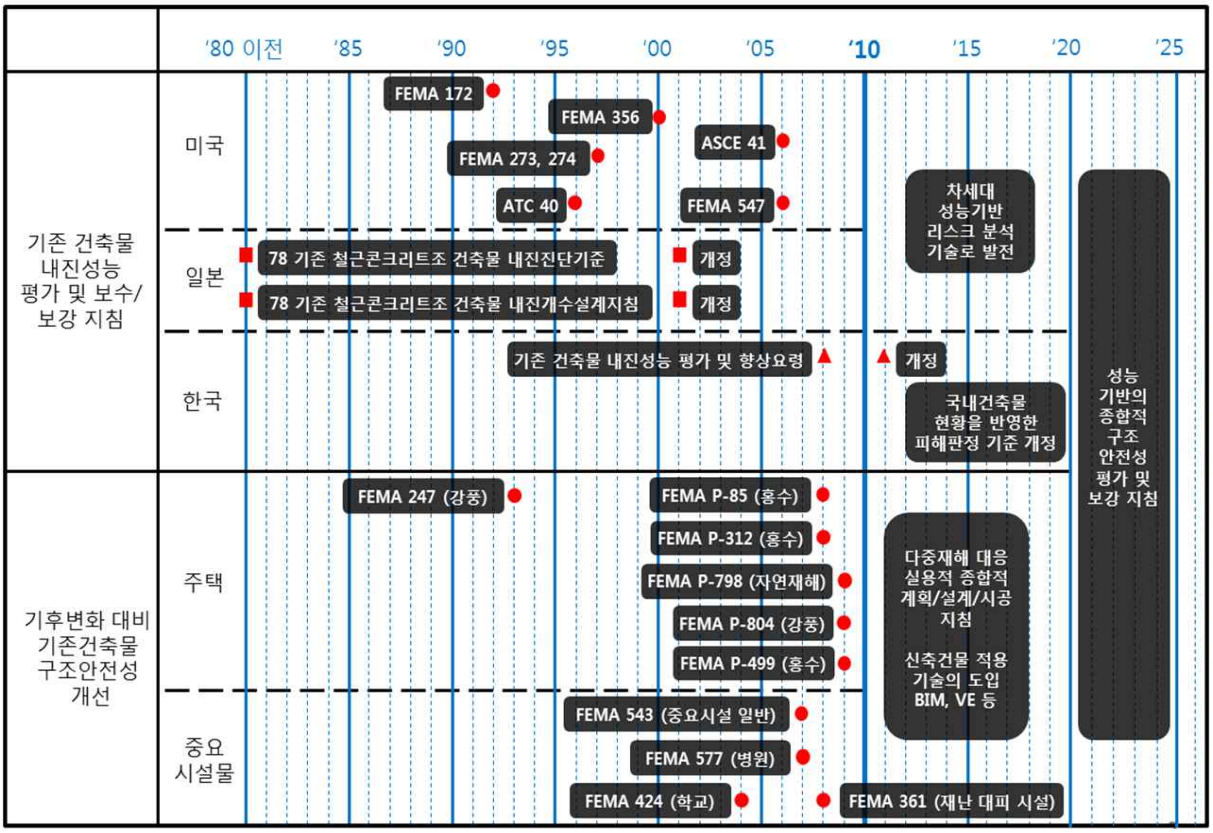
2.4.2 기술발전 시나리오

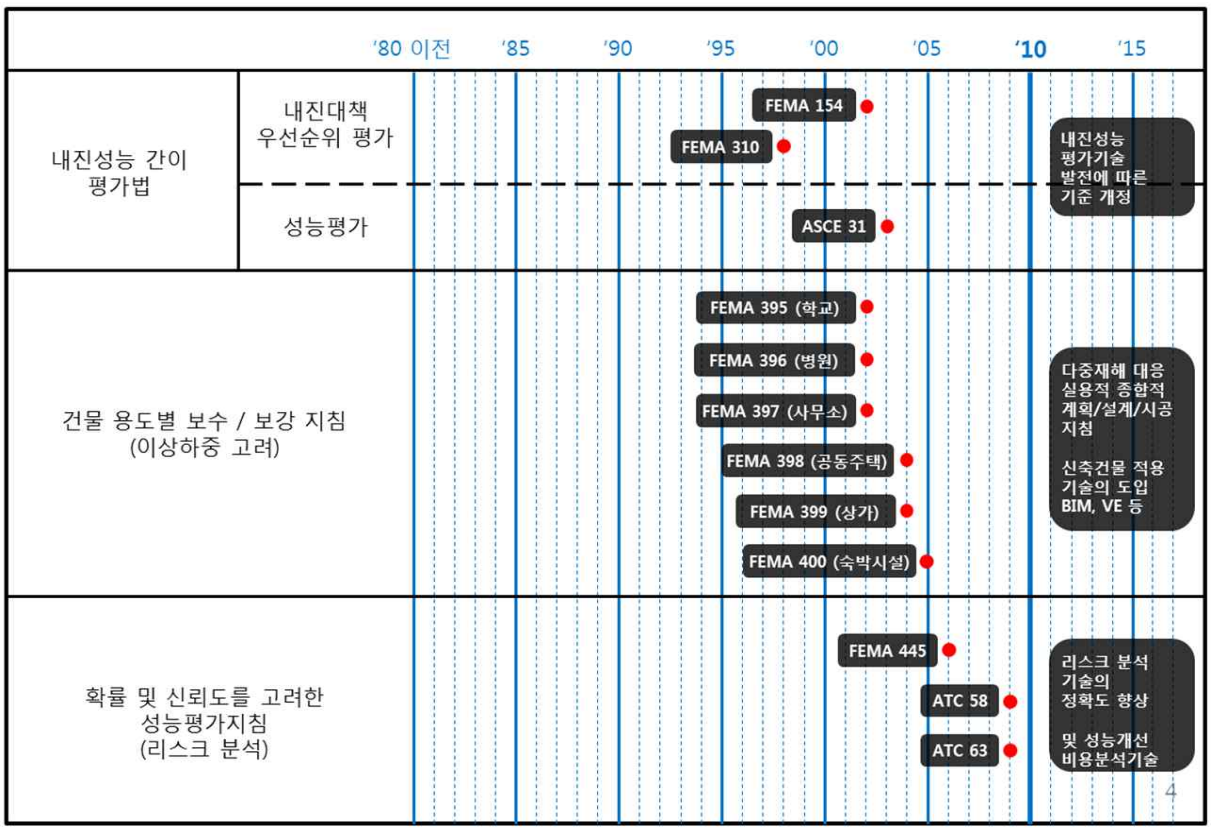
가. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술 / 기준 선진화

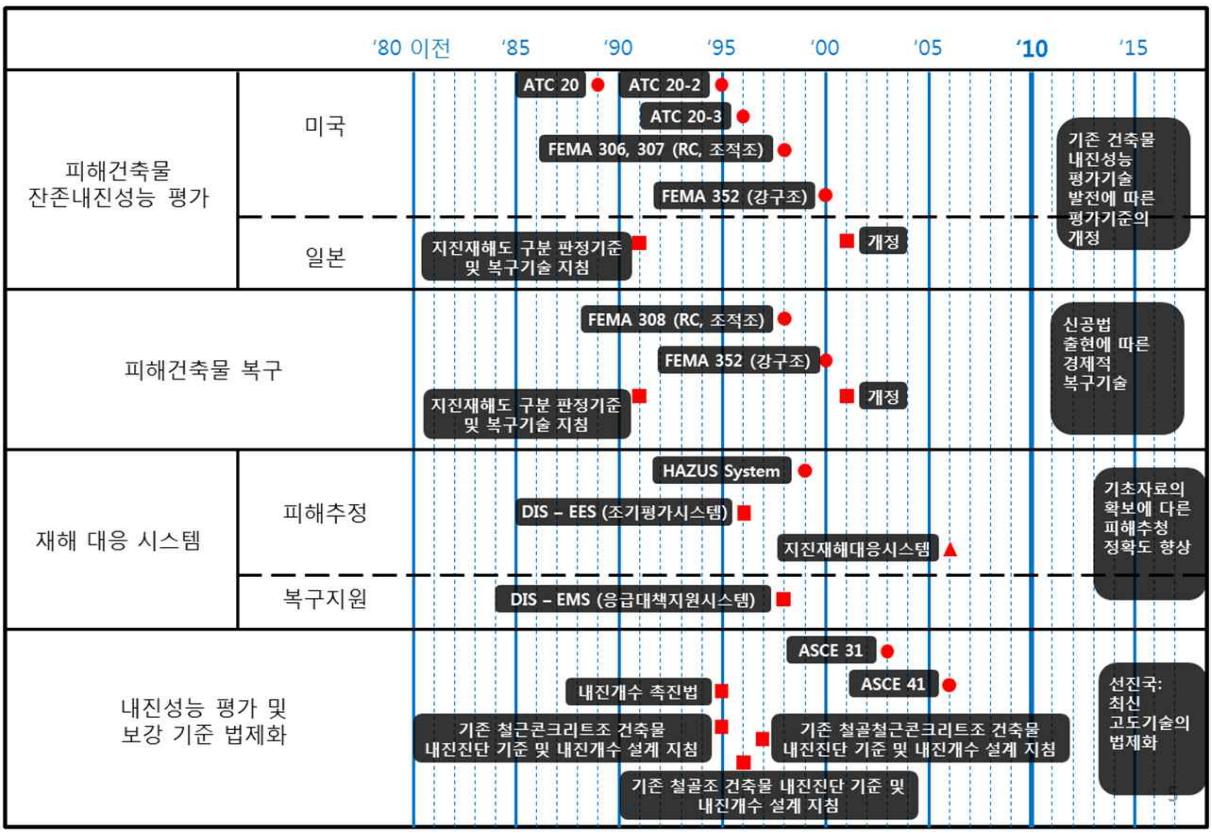


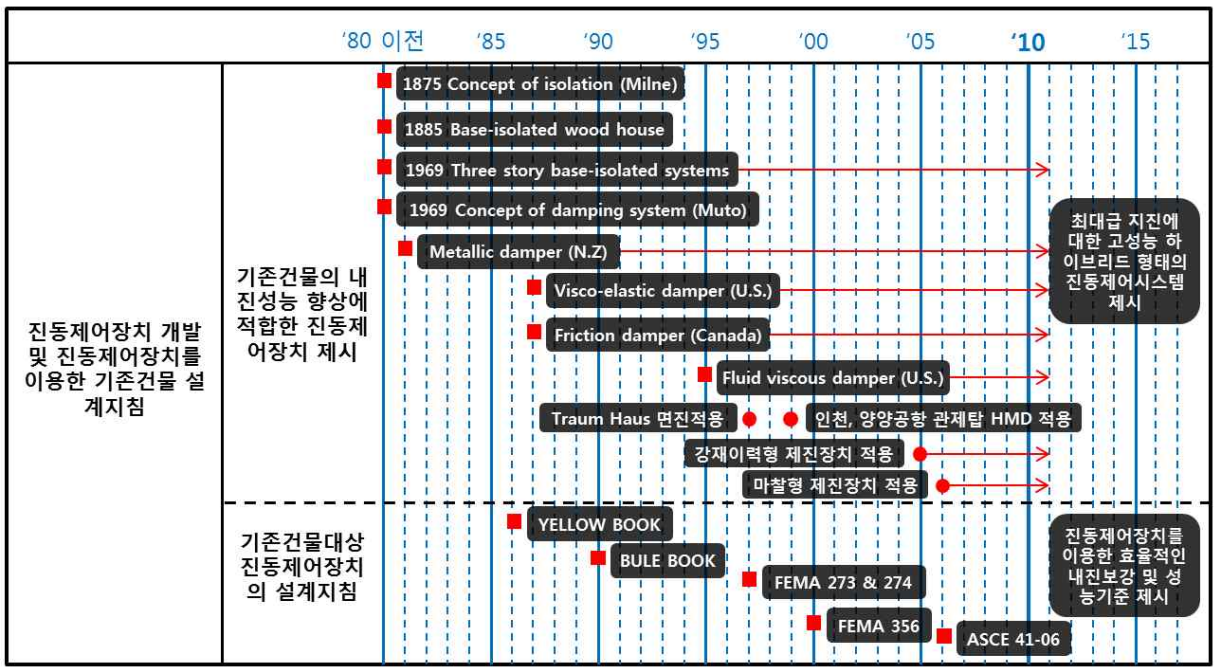


나. 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발

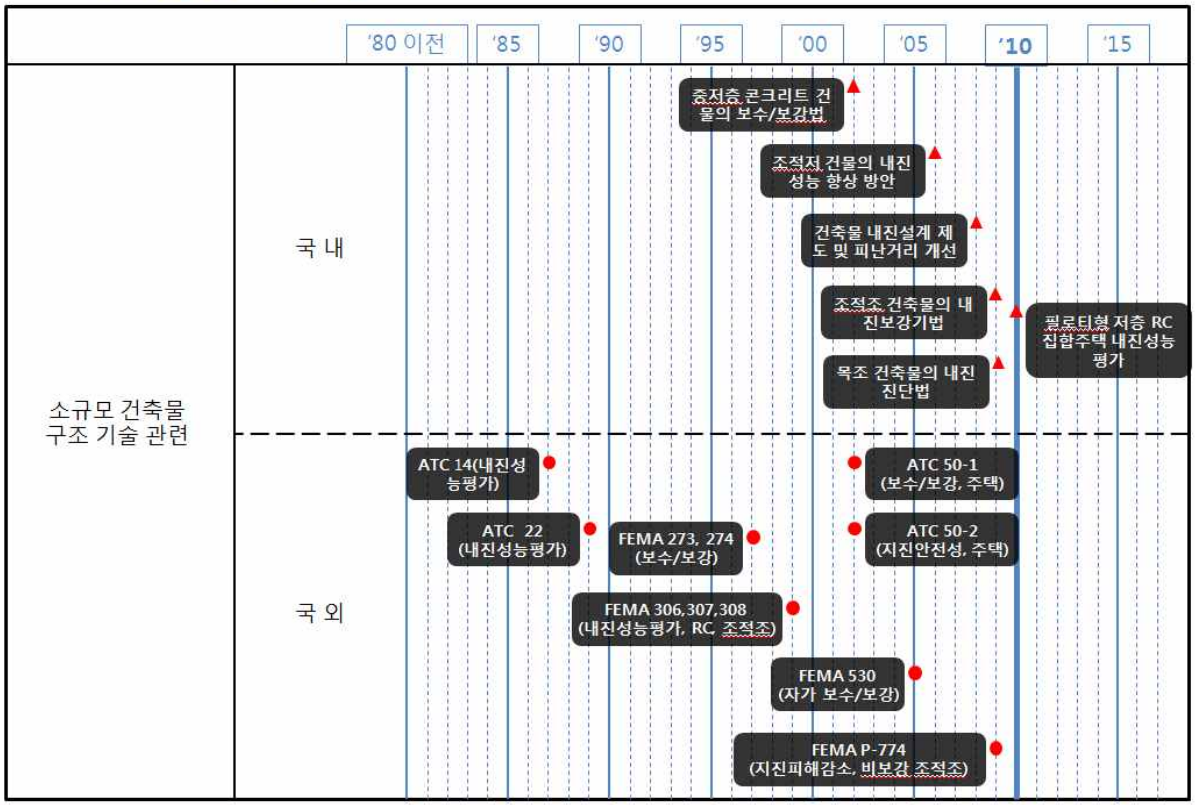


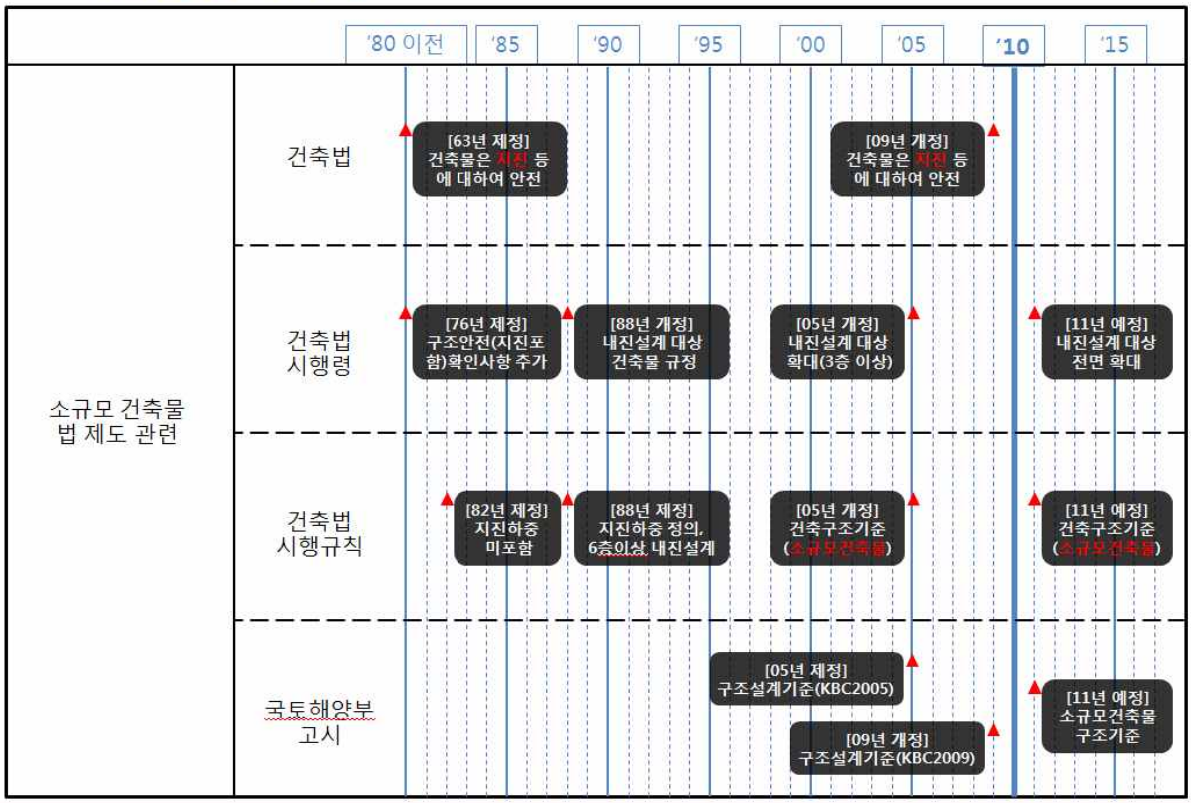



'80 이전
'85
'90
'95
'00
'05
'10
'15
피해건축물 잔존내진성능 평가
미국
일본
ATC 20
ATC 20-2
ATC 20-3
FEMA 306, 307 (RC, 조적조)
FEMA 352 (강구조)
개정
지진재해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침
기존 건축물 내진성능 평가기술 발전에 따른 평가기준의 개정
피해건축물 복구
FEMA 308 (RC, 조적조)
FEMA 352 (강구조)
개정
지진재해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침
신공법 출현에 따른 경제적 복구기술
재해 대응 시스템
피해추정
복구지원
HAZUS System
DIS – EES (조기평가시스템)
지진재해대응시스템
DIS – EMS (응급대책지원시스템)
기초자료의 확보에 다른 피해추정 정확도 향상
내진성능 평가 및 보강 기준 법제화
ASCE 31
ASCE 41
내진개수 촉진법
기존 철근콘크리트조 건축물 내진진단 기준 및 내진개수 설계 지침
기존 철골철근콘크리트조 건축물 내진진단 기준 및 내진개수 설계 지침
기존 철골조 건축물 내진진단 기준 및 내진개수 설계 지침
선진국: 최신 고도기술의 법제화


'80 이전
'85
'90
'95
'00
'05
'10
'15
진동제어장치 개발 및 진동제어장치를 이용한 기존건물 설계지침
기존건물의 내진성능 향상에 적합한 진동제어장치 제시
기존건물대상 진동제어장치의 설계지침
1875 Concept of isolation (Milne)
1885 Base-isolated wood house
1969 Three story base-isolated systems
1969 Concept of damping system (Muto)
Metallic damper (N.Z)
Visco-elastic damper (U.S.)
Friction damper (Canada)
Fluid viscous damper (U.S.)
Traum Haus 면진적용
인천, 양양공항 관제탑 HMD 적용
강재이력형 제진장치 적용
마찰형 제진장치 적용
최대급 지진에 대한 고성능 하이브리드 형태의 진동제어시스템 제시
YELLOW BOOK
BULE BOOK
FEMA 273 & 274
FEMA 356
ASCE 41-06
진동제어장치를 이용한 효율적인 내진보강 및 성능기준 제시

다. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축



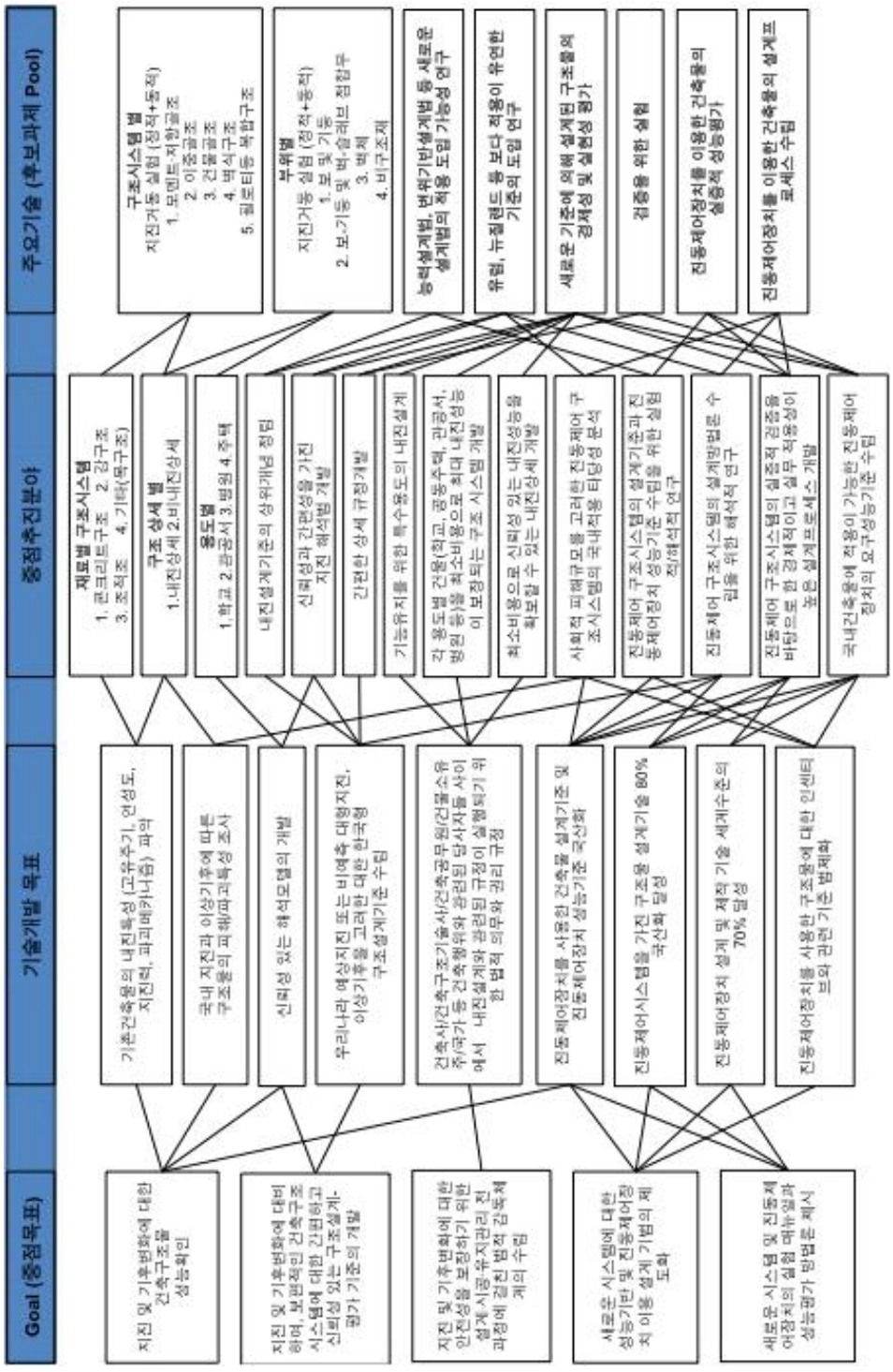


3. 연구개발과제 도출 및 연구추진체계 수립

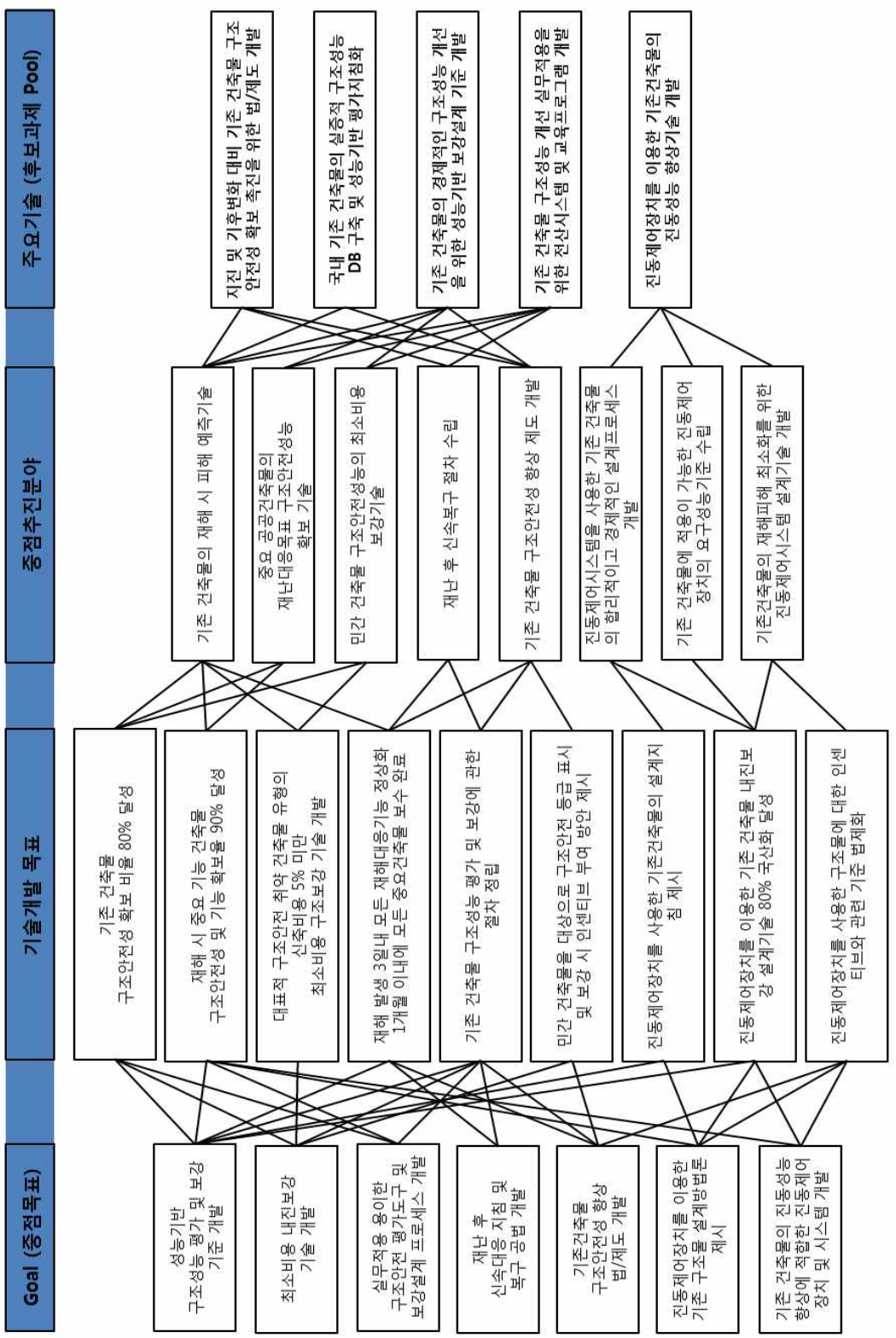
3.1 후보과제 도출

3.1.1 후보과제 도출

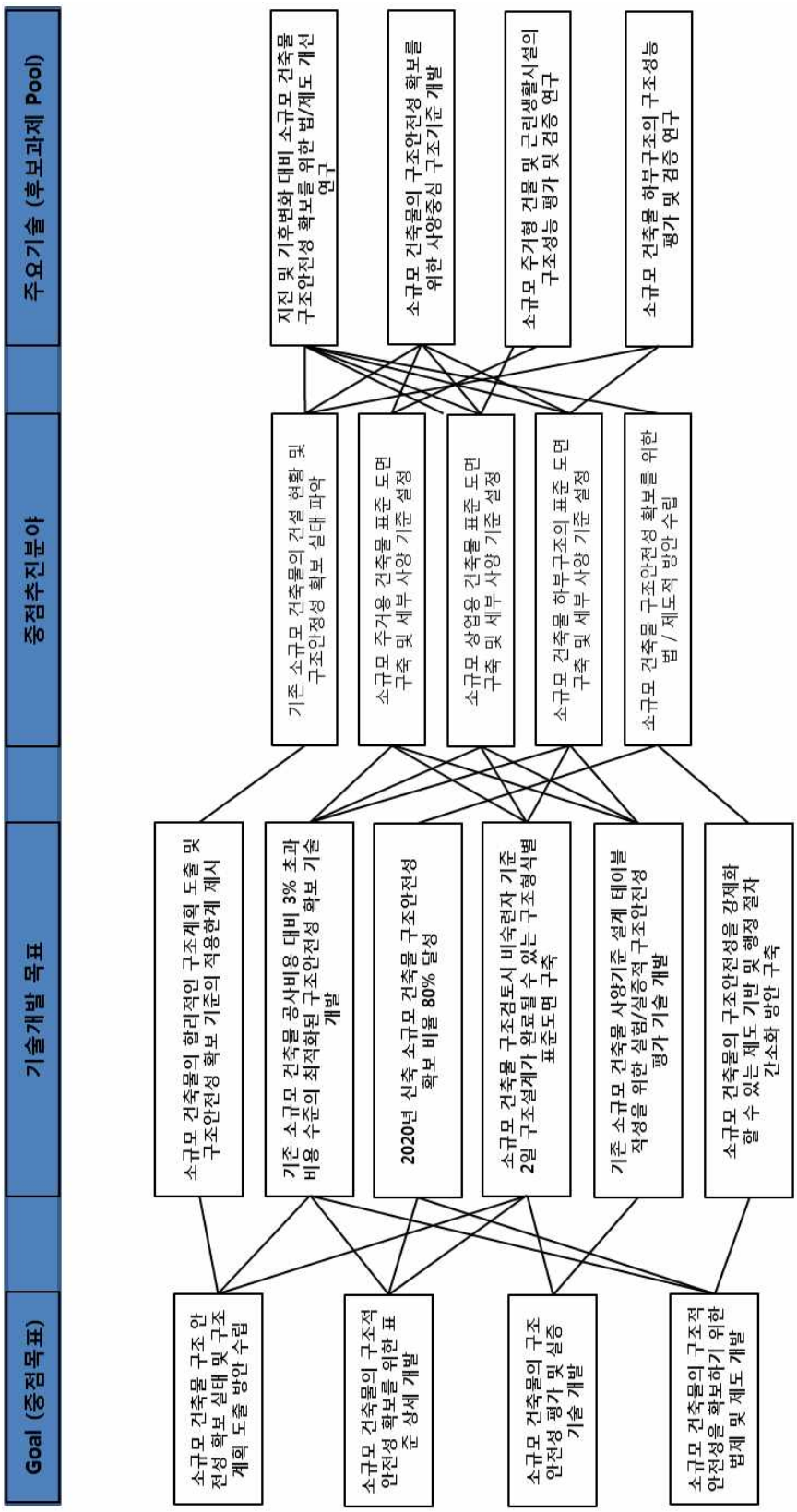
가. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화



나. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조 안전성 확보 기술 및 제도 개발



다. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축



3.1.2 후보과제 정의

가. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술 / 기준 선진화

연번	후보과제명	후보과제 정의
1-1	지진 및 기후변화 관련 하중 정의	▪ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 연구 ▪ 지진하중 추정 기술 및 내진 설계스펙트럼 개발 ▪ 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 연구 ▪ 적설, 바람, 홍수, 산사태 등 기후변화 특성 및 설계고려방안 연구 ▪ 기후변화관련 하중별 적용대상 건축물 정의 수립 ▪ 지진 및 기후 변화관련 하중 정의
1-2	지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	▪ 해외 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 ▪ 우리나라 건축물에 대한 능력 설계법의 도입가능성 연구 ▪ 우리나라 중·약진 지진 특성과 건축물 특성을 고려한 성능기반 내진설계기준 수립 ▪ 지진 및 자연재해 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 연구 ▪ 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 내진설계 기준 수립
1-3	지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계 기준 및 대응방안 연구	▪ 우리나라 주요 기간시설인 의료시설, 산업시설, 위험물시설 등의 지진 후 성능보장을 위한 데이터베이스 구축 ▪ 재난 후 즉시 성능보장이 필요한 건축시설물에 대한 관리체계 및 비상시 네트워크를 구축하여 국가적 재난 시 피해를 최소화 할 수 있는 방안을 연구 ▪ 성능기반의 비구조재 내진설계법 정립 ▪ 비정형 및 특수 건축물의 범주 설정 ▪ 비정형 및 특수 건축물의 비선형 지진거동 예측 해석법 및 Software 개발 ▪ 비정형 및 특수 건축물의 성능기반 내진설계법 개발 ▪ 비구조재의 효율적 분류법 개발 ▪ 비구조요소의 손상을 예측하기 위하여 사용할 수 있는 근사적 해석 절차 개발 ▪ 비구조재 손상을 야기하는 지진 입력의 특성 파악 ▪ 외장벽, 채움 골조벽 등 비구조재가 건물 주구조재의 지진거동에 미치는 영향 분석
1-4	지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선	▪ 지진대응선진국의 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 조사와 국내 적용성에 관한 연구 ▪ 기존 관련 법/제도의 문제점 파악 ▪ 연구성과물인 설계기준의 법제화 및 제도 정비를 위한 각 계 공감대 구축 방법론 ▪ 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선(안) 제시
1-5	지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	▪ 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석 ▪ 국내 기존 건축물의 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석 - 우리나라에서 상정하는 설계 및 최대지진 하에서 국내 기존 건축물의 동적 거동 (주기 등, 반응수정계수) 분석 및 검증 - 보편적 건축물(공동주택, 학교, 다가구주택, 관공서)의 구조특성 실태 조사 - 의료시설, 산업시설, 위험물시설 등 중요 재해구호시설의 구조특성 실태 조사 ▪ 대표적인 콘크리트 및 강 구조시스템에 대하여 1/3스케일의 모의 진동실험을 통하여 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명

		- 학교건물(콘크리트 골조), 아파트(전단벽+무량판), 모멘트골조(강구조), 가새골조 ▪ 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험(정적 반복하중실험)을 통하여 - 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증 - 횡력을 받는 무량판 구조의 부재실험과 성능 연구 - 약축 방향 모멘트 접합부에 대한 부재실험과 성능 연구
1-6	진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발 및 실증적 성능평가	▪ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험 - 진동제어장치를 적용한 건축물 구조형식별 다층 골조시스템의 실대형 반복가력실험과 실대형 반복가력실험에 사용된 진동제어장치와 골조의 접합부, 진동제어장치 자체의 구조성능파악을 위한 반복가력 실험과 관련된 연구 ▪ 진동제어 구조시스템의 진동성능 파악을 위한 진동대실험 - 진동제어장치를 적용한 건축물 구조형식별 다층 골조시스템과 특수구조물의 축소모형 진동대실험과 진동대실험에 사용된 진동제어장치와 골조의 접합부, 진동제어장치 자체의 구조성능파악을 위한 반복가력 실험과 관련된 연구 ▪ 진동제어장치의 동적응답파악을 위한 반복가력실험 - 기존에 개발된 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과에 대한 DB구축과 반복가력실험을 통한 다양한 에너지소산특성을 보유한 진동제어장치의 이력특성 파악과 Prequalified 진동제어장치 선정을 위한 반복가력실험과 관련된 연구 ▪ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 - 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존연구 DB구축과 동적응답특성과 관련된 설계식 도출과 구조형식별/진동제어장치 종류별 최적 수직/수평 배치에 관한 연구 ▪ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 - 성능목표별/주기별/재료별/에너지소산형태별 진동제어장치와 접합부의 해석모델을 개발하고, 구조형식과 진동제어장치의 조합에 따른 최대응답 감소비와 구조물 손상분포 제시에 관한 연구 ▪ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립 - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계프로세스 제시와 국내 대표 건축구조형식을 대상으로한 응답예측 정확도 검증 및 설계검토 지침 제시를 위한 연구

나. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조 안전성 확보 기술 및 제도 개발

연번	후보과제명	후보과제 정의
2-1-1	건축물 성능 개선 우선 순위 산정 지침 개발	공공 및 민간 건축물의 성능 개선을 효율적으로 추진하기 위한 우선 순위를 산정하는데 필요한 지침을 제공하기 위한 연구 개발
2-1-2	기존건축물 구조안전성 향상 촉진제도 개발	구조성능 평가 및 보수보강 절차의 가이드라인 및 관련 제도를 개발함. 기존 건축물을 대상으로 내진보강 인센티브 제도를 개발하고, 그 가운데 인명피해가 크게 예상되는 다중이용시설에 대해서는 구조성능 표시 및 확보에 대한 책임을 부여하는 제도를 개발함.
2-1-3	재난 발생 후 피해건축물 위험도 판정 및 긴급복구 방법 개발	지진, 폭설, 폭우, 폭발에 의해서 피해를 입은 건축물의 잔존구조 성능을 평가하여 구조피해 정도를 구분하여 계속사용을 위한 복구의 여부를 판정 하는 기술 및 긴급·영구복구를 위한 보수·보강 공법 개발
2-2-1	국내 기존 건축물의 실태조사 및 데이터베이스 구축	과거 국내의 비내진 건물에 사용된 재료의 강도 및 표준적인 배근을 도면 및 현장에서의 비파괴-파괴실험을 통해 조사하고 도면이 없는 건물의 성능평가에 활용할 수 있도록 연도별 표준재료강도 및 배근에 대한 기본값을 제시. 또한 파괴-비파괴시험결과의 분석을 통해 합리적인 비파괴검사 절차를 제시
2-2-2	국내 기존 건축물의 주요 구조요소의 실험기반 성능데이터 구축	넓은 후프근을 가진 기둥, 단근배근벽체, 기존 철골 및 RC 접합부, 비보강조적벽체 및 조적채움벽 등을 포함하여 국내외 성능평가규준에 데이터가 제시되지 않은 구조요소들에 대한 성능데이터를 과거 실험자료 조사 및 신규 부재실험을 통해 구축
2-2-3	국내 기존 건축물 고유의 구조적 특성을 반영할 수 있는 해석 모델 개발	기존 건축물의 유형별/연도별 횡하중저항요소의 배치 특성(과도한 조적 채움벽 및 허리벽, 'ㄱ' 또는 'ㄷ'자형 전단벽, 깊은 지하층의 영향 등)을 조사하고 이러한 특성을 가진 구조시스템의 거동특성을 해석 및 실험을 통해 분석한후 이를 적절히 모사할 수 있는 해석절차 및 기법을 제시
2-2-4	국내 기존 건축물의 진동시험기반 성능평가용 주기식 개발	얇은 벽체를 가진 벽식구조, 깊은 지하층의 영향, 주상복합건물, SRC구조 등 한국에서는 널리 사용되고 있으나 외국에서 사용하지 않는 구조부재 혹은 시스템을 가진 건물을 대상으로 실측 및 실험, 해석을 통해 지진 및 풍하중에 대한 성능평가용 기본주기식을 개발
2-2-5	국내 기존 건축물의 성능기반평가지침개발	국내 비내진건축물의 특성에 대한 상기 연구결과를 반영한 한국형 성능기반형 평가절차의 체계화 및 지침화
2-2-6	성능기반 평가기준의 테스트베드 적용	구조안전 개선사업 예정인 건물을 대상으로 개발된 성능기반평가지침 적용 및 피드백
2-3-1	기존 주요 공공 건축물의 성능기반 보강 지침 개발	재해 발생 시 필수 기능을 반드시 유지해야 하는 학교, 소방서, 경찰서, 대형병원, 방송국, 전화국과 같은 공공 건축물에 특화된 보강 지침을 제공하기 위한 연구 개발
2-3-2	기존 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발	국내 민간 건축물의 대부분을 차지하는 필로티, 비보강 조적 주택, 벽식 다세대/다가구 주택, 조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조로 이루어진 근린 상가 등을 최소 비용으로 수행할 수 있는 경제적 보강 지침을 제공하기 위한 연구 개발
2-3-3	기존 건축물 보강 상세 및 보강 설계기준 개발	보강을 필요로 할 때 보강 재료, 수준, 방법 등을 선택하는 설계법 및 보강 상세 지침을 제공하기 위한 연구 개발
2-3-4	보강 상세 및 보강 설계기준의 테스트베드 적용	테스트베드를 대상으로 2-1 세세부에서 개발된 성능기반 평가기준을 따라 평가한 후 2-2 세세부에서 개발된 보강설계법을 적용하여 보강 설계를 수행하여 보강 비용 및 시공성 평가
2-4-1	기존건축물 구조성능 평가절차의 실무적용을 위한 전산화 기술 개발	지진동 선정 및 보정, 비선형구조해석, 확률론에 근거한 리스크 평가 등 현재 실무자들이 활용하기 어려운 기술적 난점을 해결할 수 있는 전산활용 프로세스 및 평가도구 개발
2-4-2	기존건축물 보수보강설계의 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발	보강설계 대안생성 기법 및 최적 보강방법 선정기술 개발 및 BIM기반 구조보강상세 3차원 라이브러리 구축
2-4-3	구조모니터링 연계 실시간 구조해석 및 성능평가 기술	방재거점 등 주요 시설물의 사전에 설치된 센서로부터 수신한 데이터를 실시간으로 평가함으로써 신속한 대응이 가능하도록 하는 기술
2-4-4	실무자 대상 차세대 성능기반 구조평가기술	본 과제를 통해 개발되는 최신 기술을 실무기술자들이 용이하게 습득할 수 있는 교육프로그램 개발

	교육프로그램 개발	
2-4-5	구조성능 평가 및 보강 전산시스템의 파일럿 테스트	구조성능 평가 과정에 개발된 전산 시스템 및 보수보강 대안선정에 개발된 전산 시스템의 파일럿 프로젝트 적용을 통한 검증 및 보완
2-5-1	진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장 반복가력실험	현장반복가력 실험을 위한 철거대상 건축물선정과 다양한 진동제어장치를 설치하여 실물건축물 대상 반복가력실험과 관련된 연구
2-5-2	진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험	진동제어장치를 적용한 구조형식별 기존건축물의 축소모형 진동대실험과 진동대실험에 사용된 접합부와 진동제어장치의 반복가력실험에 관한 연구
2-5-3	기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발	기존건축물에 적용가능한 진동제어장치의 DB구축과 기존건축물의 진동성능을 향상시킬 수 있는 진동제어장치의 실험적/해석적 검증과 관련된 연구
2-5-4	진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립	진동제어장치를 이용한 기존건축물 내진보강 설계프로세스/ 설계지침/설계검토지침 제시를 위한 연구

다. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축

연번	후보과제명	후보과제 정의
3-1-1	국내 소규모 건축물의 샘플링을 통한 구조안전성 현황 파악에 관한 연구	우리나라 소규모 건축물의 설계/시공 상태 현황 파악 및 샘플링을 통한 내진성능에 관한 연구
3-1-2	소규모 건축물의 비정형성을 고려한 구조계획에 관한 연구	현재 건설되고 있는 소규모건축물의 골조시스템 현황과 비정형성의 유형별 문제점을 연구하여 합리적인 골조계획을 제안 및 소규모 건축구조 기준'의 적용한계 제안
3-1-3	소규모 건축물의 내진설계범주 결정에 관한 연구	지진위험도가 낮은 지역에 위치한 소규모 건축물에 대하여 중력하중을 고려한 설계를 통한 소규모 건축물의 요구 내진성능 수준 완화 연구 (SDC A,B고려) 중력하중 설계만으로 부족한 소규모 건축물에 대하여, 적합한 내진성능 수준 연구 및 내진설계범주 다양화 연구(SDC C,D,E 고려)
3-2-1	소규모 비보강 조적조(Brick) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 소규모 비보강 조적조 건축물의 내진 상세 제안을 위한 실험적/해석적 연구 및 표준 상세의 테이블화 (경제성 검토 포함)
3-2-2	소규모 보강 조적조(Block) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 소규모 보강 조적조 건축물의 내진 상세 제안을 위한 실험적/해석적 연구 및 표준 상세의 테이블화 (경제성 검토 포함)
3-2-3	소규모 목구조 건축물의 접합부 상세 및 설계 테이블화 연구	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 소규모 목구조 건축물의 접합부에 대한 성능 연구 및 내진 상세 제안을 위한 실험적/해석적 연구, 표준 상세의 테이블화 (경제성 검토 포함)
3-2-4	근대 한옥의 내진 설계 기준 및 내진성능 평가기법 개발에 관한 연구	근대 한옥의 내진설계 기준 및 내진성능 평가기법 개발과 보강방안 지침서 작성을 위한 연구 (경제성 검토 포함)
3-2-5	소규모 혼합 구조 시스템의 접합부 상세에 관한 연구 및 매뉴얼 개발	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 혼합구조 (모멘트구조+벽체구조시스템)의 설계 방안에 대한 연구 (경제성 검토 포함)
3-3-1	소규모 강구조 건축물의 표준 접합부 상세 개발 및 인증 방안에 관한 연구	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 소규모 강구조 건축물에 최적인 내진성능이 우수한 내진접합부의 개발, 표준 내진 접합상세 지침제안, 및 접합부 인증 취득 (경제성 검토 포함)
3-3-2	경량철골을 이용한 소규모 건축물의 구조시스템 개발 및 설계 매뉴얼 개발	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 경량철골 구조를 이용한 경제적인 구조 시스템 개발 및 표준 상세의 테이블화 (경제성 검토 포함)
3-3-3	소규모 철근콘크리트 건축물의 표준 상세 정밀화 연구 및 매뉴얼 개발	최소한의 구조안전 사양기준의 적용 범위 결정과 소규모 철근콘크리트 건축물에 대한 부재의 크기 및 길이에 따른 철근비 테이블 작성과 다양한 경간, 콘크리트 강도 및 철근을 고려한 적용성 검토 (경제성 검토 포함)
3-4-1	구조 안전성이 확보된 소규모 건축물의 최소 기초 상세 표준화 연구	최소한의 구조 안전성을 확보할 수 있는 소규모 건축물의 기초 상세에 대한 표준화 연구
3-4-2	국내 지반조건에 따른	국내 지반조건에 적합한 소규모 건축물의 표준 기초 상세 테이블

	표준 기초 상세 테이블 및 매뉴얼 작성	및 매뉴얼의 개발
3-4-3	소규모 건축물의 지하구조물 및 옹벽에 대한 표준 상세 및 매뉴얼 작성	소규모 건축물에 사용되는 지한구조물과 옹벽에 대한 최소 구조 안전성이 확보된 표준 상세 및 매뉴얼 개발
3-5-1	소규모 철근콘크리트 및 철골 건축물에 합리적인 보수/ 보강 방법 및 매뉴얼 개발	구조 안전성을 확보하기 위한 경제적이고 효과적인 소규모 건축물의 보수/보강 기술 개발 및 매뉴얼 개발
3-6-1	소규모 조적조 및 목구조 건축물의 자가 보수/보강 방법 및 매뉴얼 개발	일부 소규모 건축물에 대하여 거주자가 쉽게 수행하기 쉬운 구조 안전성 확보를 위한 자가 보수/보강 방법 및 매뉴얼 개발
3-7-1	소규모 건축물의 구조적 안전성을 확보 하기위한 제도화 및 법제화 연구	소규모 건축물의 구조적 안전성을 확보 하기위한 최소 사양중심의 ‘소규모 건축구조 기준‘ 정립 및 법제화 방안에 대한 연구 선진국의 소규모 건축물을 위한 구조 기준, 제도적 장치 및 행정절차 분석 국내 건축문화를 반영한 소규모 건축물을 위한 기준 및 매뉴얼 정비 소규모 건축물의 구조 안전성을 확인하기위한 행정절차 수립

3.2 후보과제 우선순위 선정

3.2.1 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화

가. 기술개발환경 Needs 가중치

기술개발환경 Needs		기술개발환경 Needs 평가항목 (5점 척도)					점수	순위	가중치 (0.2~1.0)
		국가 전략적 중요성	정책적 파급 효과	기술 개발의 성공 가능성	과학 기술적 파급 효과	사회 경제적 파급 효과			
기술 측면	생애주기를 고려한 비용 산정 기술	5	4	5	3	5	22	4	1
	명료하며 실무적용이 용이한 설계프로세스	4	5	5	4	5	23	3	1
	최적 구조시스템(진동제어시스템 포함) 결정기술	3	4	4	5	3	19	8	0.8
	비예측 대형지진과 이상기후에 대해서도 국가 기능유지가 필요한 중요건물의 내진설계 기준 구축	5	5	5	4	5	24	1	1
	중·약진지역의 일반건축물의 간편하고 경제적이면서 신뢰성 있는 내진설계법 구축	5	4	5	5	5	24	1	1
	새로운 건축구조시스템의 내진성능 확인을 위한 기술	3	3	5	5	3	19	8	0.8
	적용성 고려한 최소비용의 Prequalified된 진동제어장치 제시	3	3	4	5	4	19	8	0.8
산업 · 경제 측면	대형 인명·재산피해를 줄 가능성이 있는 구조물 실태파악	5	5	3	3	5	21	6	1
	국가기능유지에 필수적인 건축구조물의 기능유지 충족실태파악	4	5	5	4	4	22	4	1
정책 · 사회 측면	대형 인명·재산피해를 허용범위 내로 줄이기 위한 내진/내진동 설계 기준강화 대책수립	5	4	4	3	4	20	7	0.8
	구조설계 능력의 고도화	3	3	4	4	4	18	11	0.8
	새로운 건축구조시스템(진동제어 구조시스템 포함)에 대한 체계적인 교육훈련	3	4	3	3	4	17	14	0.6
	진동제어시스템을 포함한 새로운 시스템적용 인센티브 제도 개발 및 홍보시스템 가동	3	4	3	3	4	17	14	0.6
	건축물 내진 및 내진동 설계의 주요 절차적 Key point 추출	4	4	4	3	3	18	11	0.8
	주요 내진 및 내진동 설계-평가 설정에 대한 입증 시스템 구축	3	3	3	4	3	16	16	0.6
	설계, 시공, 유지관리상의 내진안전성 감독자 교육 시스템 구축	3	4	3	4	4	19	11	0.8

나. 후보과제 중요도 평가

기술개발환경 Needs		후보과제 중요도 평가 (5점 척도)					
		후보과제 1-1 지진 및 기후변화 관련 하중정의	후보과제 1-2 지진및기후변화에대비한 건축물구조설계/기준개선	후보과제 1-3 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립	후보과제 1-4 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성향상을 위한 법/제도 개선	후보과제 1-5 지진및기후변화에대한국내 건축물구조특성조사및실증	후보과제 1-6 진동제어장치를이용한건축물의설계프로세스 및 실증적 성능평가
		기초 원천	제도 정책	기초원천 / 응용개발	제도 정책	기초 원천	응용 개발
기술 측면	생애주기를 고려한 비용 산정 기술	4	3	3	2	3	3
	명료하며 실무적용이 용이한 설계프로세스	4	5	4	4	5	5
	최적 구조시스템(진동제어시스템 포함) 결정기술	4	5	5	3	4	5
	비예측 대형지진과 이상기후에 대해서도 국가 기능유지가 필요한 중요건물의 내진설계 기준 구축	4	5	4	3	4	4
	중·약진지역의 일반건축물의 간편하고 경제적이면서 신뢰성 있는 내진설계법 구축	5	5	4	4	4	5
	새로운 건축구조시스템의 내진성능 확인을 위한 기술	3	4	4	4	4	5
	적용성 고려한 최소비용의 Prequalified된 진동제어장치 제시	4	3	2	3	4	5
산업·경제 측면	대형 인명·재산피해를 줄 가능성이 있는 구조물 실태파악	3	3	4	5	5	3
	국가기능유지에 필수적인 건축구조물의 기능유지 충족실태파악	4	4	4	5	5	3
정책·사회 측면	대형 인명·재산피해를 허용범위 내로 줄이기 위한 내진/내진동 설계 기준강화 대책수립	4	5	5	5	4	4
	구조설계 능력의 고도화	4	5	4	3	5	5
	새로운 건축구조시스템(진동제어 구조시스템 포함)에 대한 체계적인 교육훈련	4	4	3	4	3	5
	진동제어시스템을 포함한 새로운 시스템적용 인센티브 제도 개발 및 홍보시스템 가동	4	4	3	4	5	5
	건축물 내진 및 내진동 설계의 주요 절차적 Key point 추출	5	5	5	5	4	4
	주요 내진 및 내진동 설계-평가 설정에 대한 입증 시스템 구축	4	5	4	3	4	5
	설계, 시공, 유지관리상의 내진안전성 감독자 교육 시스템 구축	4	5	4	5	4	4
점수		53.6	58.4	52.2	52	56.4	57.6
순위		4	1	5	6	3	2

다. 후보과제 연계성 및 기술개발 전략

		후보과제 1-1 지진 및 기후변화 관련 하중정의	후보과제 1-2 지진및기후변화에대비한 건축물구조설계/기준개선	후보과제 1-3 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립	후보과제 1-4 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성향상을 위한 법/제도 개선	후보과제 1-5 지진및기후변화에대한국내 건축물구조특성조사및실증	후보과제 1-6 진동제어장치를이용한건축물의설계프로세스 및 실증적 성능평가
과제간 연계 (중복) 검토	후보과제 1-1 지진 및 기후변화 관련 하중정의		●	●	●	○	○
	후보과제 1-2 지진및기후변화에대비한건축물구조 설계/기준개선	●		○	●	●	●
	후보과제 1-3 지진후성능보장을위한중요건물과 비구조재의지진대응방안 수립	●	○		○	○	●
	후보과제 1-4 지진및기후변화대비신축건축물 구조안전성향상을위한법/제도개선	●	●	○		○	○
	후보과제 1-5 지진및기후변화에대한국내건축물구 조특성조사및실증	○	●	○	○		-
	후보과제 1-6 진동제어장치를이용한건축물의설계 프로세스및실증적성능평가	○	●	●	○	-	
기술 수준	현재 최고기술 보유국가	미국	미국	미국	미국	미국	일본
	최고 기술수준 대비 현재기술수준	40	80	30	40	40	30
	기술개발완료 후 추정수준	80	100	80	100	80	70
기술 개발 전략	기존건축물의 내진특성 (고유주기, 연성도, 지진력, 파괴메카니즘) 파악			V		V	
	국내 지진과 이상기후에 따른 구조물의 피해/파괴특성조사			V			V
	신뢰성 있는 해석모델의 개발	V				V	V
	우리나라 예상지진 또는 비예측 대형지진, 이상기후를 고려한 한국형 구조설계 기준 수립	V	V				
	건축사/건축구조기술사/건축공무원/ 건물소유주/국가 등 건축행위와 관련된 당사자들 사이에서 내진설계와 관련된 규정이 실행되기 위한 법적 의무와 권리 규정	V	V		V		
	진동제어장치를 사용한 건축물 설계기준 및 진동제어장치 성능기준 국산화와 설계기준 80% 달성	V	V				V
	진동제어장치를 사용한 구조물에 대한 인센티브와 관련 기준 법제화		V		V		V

3.2.2 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발

가. 기술개발환경 Needs 가중치

기술개발환경 Needs		기술개발환경 Needs 평가항목 (5점 척도)					점수	순위	가중치 (0.2~1.0)
		국가 전략적 중요성	정책적 파급 효과	기술 개발의 성공 가능성	과학 기술적 파급 효과	사회 경제적 파급 효과			
기술 측면	건축물 피해산출 기술 (보수비용/사상자)	5	5	3	4	5	22	15	0.6
	구조재내진성능평가기술	5	3	5	5	5	23	9	0.8
	직간접적 지진피해 산출 기술	5	5	3	4	5	22	14	0.8
	목표내진성능획득가능한보강설계기술	5	4	5	5	5	24	4	1
	국내 건축물에 적합한 구조성능 평가 기술	4	4	5	5	4	22	13	0.8
	국내 건축물 상세에 적합한 구조성능 평가 기술	4	4	5	5	5	23	8	0.8
	잔존 구조성능 평가기술	5	4	4	3	4	20	19	0.6
	재난 후 응급복구 기술	5	4	4	3	4	20	18	0.6
	피해건축물 영구복구 기술	4	4	4	3	4	19	25	0.4
	최적 진동제어시스템 결정기술	5	2	4	3	5	19	24	0.4
	진동제어시스템 작동원리 이해	1	2	3	1	2	9	27	0.4
산업·경제 측면	최적 보강설계 대안선정 기술	4	4	5	4	5	22	12	0.8
	성능기반 기술의 실무적용성 제고	4	4	5	4	5	22	11	0.8
	실무자 교육프로그램 개발	4	4	4	3	5	20	17	0.6
	최소비용 내진보강 방안	5	5	5	5	5	25	3	1
	최소기술 내진보강 방안	5	5	5	5	5	25	2	1
	최소비용 내진보강의 적용 범위	3	5	5	5	5	23	7	1
	최소비용 내진보강의 획득가능 성능수준	3	3	5	5	3	19	23	0.4
	국내현실을 반영한 진동제어시스템 제시	4	3	4	3	5	19	22	0.4
	최소비용, Pre-qualified 진동제어시스템 제시	3	5	4	3	3	18	26	0.4
정책·사회 측면	건축물 중요도별 목표 내진성능 설정	5	5	5	3	5	23	6	1
	내진보강 인센티브 제도 개발	5	5	4	1	4	19	21	0.6
	중요 건물 내진보강 강제화	5	5	4	1	4	19	20	0.6
	내진성능 평가 및 보강설계 기준	5	5	5	5	5	25	1	1
	내진보강 공법 인증 기준	5	4	5	4	5	23	5	1
	현황에 근거한 내진보강 시행체계	5	5	5	2	5	22	10	0.8
	진동제어 시스템 적용대상 지정	4	5	5	3	4	21	16	0.6

나. 후보과제 중요도 평가

기술개발환경 Needs		후보과제 중요도 평가 (5점 척도)				
		후보과제 2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보촉진을 위한 법/제도 개발	후보과제 2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB구축 및 성능기반 평가지침화	후보과제 2-3 기존건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	후보과제 2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	후보과제 2-5 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능 향상기술 개발
		제도정책	기초원천	기초원천	응용개발	응용개발
기술 측면	건축물 피해산출 기술 (보수비용/사상자)	2	5	3	4	3
	구조재내진성능평가기술	4	5	5	5	4
	직간접적 지진피해 산출 기술	4	5	4	5	4
	목표내진성능획득가능한보강설계기술	4	5	5	4	5
	국내 건축물에 적합한 구조성능 평가 기술	4	5	5	5	4
	국내 건축물 상세에 적합한 구조성능 평가 기술	4	5	5	5	4
	잔존 구조성능 평가기술	5	4	3	4	2
	재난 후 응급복구 기술	5	4	4	4	3
	피해건축물 영구복구 기술	5	4	5	4	3
	최적 진동제어시스템 결정기술	2	3	4	4	4
	진동제어시스템 작동원리 이해	2	3	3	3	3
산업·경제 측면	최적 보강설계 대안선정 기술	4	5	5	5	4
	성능기반 기술의 실무적용성 제고	4	4	4	5	3
	실무자 교육프로그램 개발	4	4	3	5	3
	최소비용 내진보강 방안	3	5	5	5	4
	최소기술 내진보강 방안	3	5	5	5	3
	최소비용 내진보강의 적용 범위	5	5	5	3	3
	최소비용 내진보강의 획득가능 성능수준	4	5	5	3	4
	국내현실을 반영한 진동제어시스템 제시	3	3	4	4	5
	최소비용, Pre-qualified 진동제어시스템 제시	3	3	3	4	4
정책·사회 측면	건축물 중요도별 목표 내진성능 설정	5	5	4	3	3
	내진보강 인센티브 제도 개발	5	2	3	2	2
	중요 건물 내진보강 강제화	5	4	3	2	3
	내진성능 평가 및 보강설계 기준	5	5	5	4	4
	내진보강 공법 인증 기준	5	4	5	2	4
	현황에 근거한 내진보강 시행체계	5	3	3	2	3
	진동제어 시스템 적용대상 지정	4	3	3	3	3
가중치 적용 합산 점수		78.8	83.6	81.6	74.8	67.4
순위		3	1	2	4	5

다. 후보과제 연계성 및 기술개발 전략

		후보과제 2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보촉진을 위한 법/제도 개발	후보과제 2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB구축 및 성능기반 평가지침화	후보과제 2-3 기존건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	후보과제 2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	후보과제 2-5 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능 향상기술 개발
과제 간 연계 (중복) 검토	후보과제 2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발		●	●	○	○
	후보과제 2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	●		●	●	●
	후보과제 2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	●	●		●	●
	후보과제 2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	○	●	●		○
	후보과제 2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능 향상기술 개발	○	●	●	○	
기술 수준	현재 최고기술 보유국가	일본	미국	미국	미국	미국
	최고 기술수준 대비 현재기술수준	20	40	40	70	30
	기술개발완료 후 추정수준	90	90	100	150	70
기술 개발 전략	기존건축물 구조안전성 확보비율 80% 달성	V	V	V	V	V
	재해 시 중요 기능 건축물 구조성능 확보율 100% 달성	V	V	V	V	V
	대표적 구조안전 취약 건축물 유형의 신축비용 5% 미만 최소비용 구조보강 기술개발			V	V	V
	재해발생 3일 내 모든 재해대응 기능 정상화 및 1개월 이내에 모든 중요 건축물 보수 완료	V	V	V		V
	기존건축물 내진성능 평가 및 보강기준 법제화	V	V	V		V
	모든 민간 건축물에 적용가능한 내진보강 인센티브 또는 의무화 정책 개발	V				
	진동제어장치 설계기술 세계수준의 70% 달성	V		V	V	V

3.2.3 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축

가. 기술개발환경 Needs 가중치

기술개발환경 Needs		기술개발환경 Needs 평가항목 (5점 척도)					점수	순위	가중치 (0.2~1.0)
		정책적 파급 효과	기술 개발의 성공 가능성	과학 기술적 파급 효과	사회 경제 적 파급 효과	사회 경제적 파급 효과			
기술 측면	소규모건축물의건축특성분석	4	4	5	2	4	19	13	0.8
	구조설계기준완화조건기준수립	3	3	4	4	3	17	18	0.6
	중력하중설계가능범위설정	5	3	4	4	3	19	13	0.8
	구조형식/재료별구조성능확보기술	5	4	4	5	4	22	2	1
	소규모건축물상부구조표준상세개발	5	4	4	4	4	21	8	0.8
	소규모건축물하부구조표준상세개발	4	4	4	4	4	20	12	0.8
	건물용도/재료별구조적특성분석	3	3	4	3	3	16	20	0.6
	수직하중에 대한 구조성능 평가	3	3	4	3	3	16	20	0.6
	수평하중에대한구조성능평가	4	3	4	3	3	17	18	0.6
	최소사양기준에대한실험적검증	5	4	3	3	3	18	16	0.6
	건물규모/재료별구조성능평가기술	4	3	3	3	3	16	20	0.6
	소규모건축물의비구조재영향평가	4	3	3	3	3	16	20	0.6
산업·경제 측면	소규모건축물범위및규모설정	5	4	4	3	5	21	8	0.8
	최소사양기준범위결정	5	4	4	5	4	22	2	1
	구조계획전반에걸친세부시행지침	5	4	4	5	4	22	2	1
	국내소규모건축물건설현황파악	4	4	5	2	4	19	13	0.8
	기존소규모건축물구조안전성검토	4	4	4	3	4	19	13	0.8
	목표 구조성능 획득 가능 경제성 분석	3	4	4	3	4	18	16	0.6
정책·사회 측면	국내외소규모건축물구조기준분석	4	5	5	4	5	23	1	1
	건축법,령,규칙합리화방안도출	5	5	4	3	5	22	2	1
	소규모건축물구조성능확보강제화방안	5	5	4	3	5	22	2	1
	신고/허가절차의합리적방안구축	5	5	4	3	5	22	2	1
	구조성능확보활성을위한인센티브방안	5	5	3	3	5	21	8	0.8
	소규모건축물구조성능인증제	5	5	3	3	5	21	8	0.8

나. 후보과제 중요도 평가

기술개발환경 Needs		후보과제 중요도 평가			
		후보과제 3-1 지진및기후변화대비소규모건축물구조안전성확보를위한법/제도개선연구	후보과제 3-2 소규모건축물의구조안전성확보를위한사양중심구조기준개발	후보과제 3-3 소규모주거형건물및근린생활시설의구조성능평가및검증연구	후보과제 3-4 소규모건축물하부구조의구조성능 평가및검증연구
		제도 정책	기초 원천	기초 원천	기초 원천
기술측면	소규모건축물의건축특성분석	3	5	4	5
	구조설계기준완화조건기준수립	4	5	4	4
	중력 하중 설계 가능 범위 설정	3	5	5	4
	구조형식/재료별 구조 성능 확보 기술	3	5	5	4
	소규모건축물 상부 구조 표준 상세 개발	3	5	5	3
	소규모건축물 하부 구조 표준 상세 개발	3	5	5	5
	건물용도/재료별 구조적 특성 분석	3	4	5	4
	수직하중에 대한 구조 성능 평가	3	4	5	4
	수평하중에대한 구조 성능 평가	3	4	5	4
	최소사양기준에대한 실험적검증	3	4	5	4
	건물규모/재료별구조성능평가기술	3	4	5	4
	소규모건축물의비구조재영향평가	3	4	5	4
산업·경제 측면	소규모건축물범위및규모설정	4	5	4	4
	최소사양기준범위결정	4	5	4	4
	구조계획전반에걸친세부시행지침	4	5	4	4
	국내소규모건축물건설현황파악	3	5	4	4
	기존소규모건축물구조안전성검토	3	5	5	5
	목표 구조성능 획득 가능 경제성 분석	3	5	4	4
정책·사회 측면	국내외소규모건축물구조기준분석	5	4	3	3
	건축법,령,규칙합리화방안도출	5	3	2	2
	소규모건축물구조성능확보강제화방안	5	4	3	3
	신고/허가절차의합리적방안구축	5	3	2	2
	구조성능확보활성을위한인센티브방안	5	3	2	2
	소규모건축물구조성능인증제도	5	3	2	2
점수		71.6	82.2	74.6	68.4
순위		3	1	2	4

다. 후보과제 연계성 및 기술개발 전략

		후보과제 3-1 지진및기후변화 대비소규모건축 물구조안전성확 보를위한법/제 도개선연구	후보과제 3-2 소규모건축물의 구조안전성확보 를 위한사양중심구 조기준개발	후보과제 3-3 소규모주거형건 물및근린생활시 설의구조성능평 가및검증연구	후보과제 3-4 소규모건축물하 부구조의구조성 능 평가및검증연구
과제간 연계(중복) 검토	후보과제 3-1 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선연구		●	○	○
	후보과제 3-2 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양 중심 구조기준개발	●		●	●
	후보과제 3-3 소규모 주거형 건물 및 근린 생활 시설의 구조성능 평가 및 검증 연구	○	●		○
	후보과제 3-4 소규모 건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	○	●	○	
기술 수준	현재 최고기술 보유국가	미국	미국	미국	미국
	최고 기술수준 대비 현재기술수준	46	45	52	56
	기술 개발 완료 후 추정수준	100	95	90	90
기술 개발 전략	소규모 건축물의 합리적인 구조계획 도출 및 구조안전성 확보 기준의 적용한계 제시	V	V		
	기존 소규모 건축물 공사비용 대비 3% 초과 비용 수준의 최적화된 구조안전성 확보 기술 개발		V	V	V
	2020년 신축 소규모 건축물 구조안전성 확보 비율 80%달성	V	V	V	V
	소규모 건축물 구조 검토시 비숙련자 기준 2일 구조설계가 완료될 수 있는 구조형식별 표준도면 구축		V	V	V
	기존 소규모 건축물 사양 기준 설계테이블 작성을 위한 실험/실증적 구조안전성 평가 기술개발			V	
	소규모 건축물의 구조안전성을 강제화 할 수 있는 제도 기반 및 행정 절차 간소화방안 구축	V	V		

3.2.4 전체 세세부 과제 간 우선추진순위

○ 각 중점분야에서 도출된 우선순위와 전문가 자문을 종합하여 전체 세세부 과제의 우선추진순위를 다음과 같이 제안함

우선추진순위	세세부과제번호	과제명
1	[세세부과제 3-2]	소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발
2	[세세부과제 2-2]	국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB구축 및 성능기반 평가지침화
3	[세세부과제 1-2]	지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준개선
4	[세세부과제 2-3]	기존건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발
5	[세세부과제 3-3]	소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구
6	[세세부과제 1-6]	진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가
7	[세세부과제 1-5]	지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증
8	[세세부과제 2-1]	지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보촉진을 위한 법/제도 개발
9	[세세부과제 3-1]	지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구
10	[세세부과제 1-1]	지진 및 기후변화 관련 하중 정의
11	[세세부과제 3-4]	소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구
12	[세세부과제 1-3]	지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립
13	[세세부과제 2-4]	기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발
14	[세세부과제 2-5]	진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능 향상기술 개발
15	[세세부과제 1-4]	지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조안정성 향상을 위한 법/제도 개선

3.3 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드

3.3.1 과제 연구수행 체계

연구단	세부과제	세세부과제
지진 및 기후변화 대비 건축물 구조안전성 향상 기술 연구단	1. 지진 및 기후변화 대비 건축물 구조설계기술/기준 선진화	1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의 1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개발 1-3. 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립 1-4. 지진 및 기후변화에 대비한 신축 건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선 1-5. 지진 및 기후변화에 대한 내진설계 건축물의 구조특성 조사 및 실증 1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발 및 실증적 성능평가
	2. 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발	2-1. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발 2-2. 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화 2-3. 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발 2-4. 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발 2-5. 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능 향상기술 개발
	3. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보 기술 및 제도개발	3-1 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구 3-2 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발 3-3 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구 3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구

그림 3.2 연구단 구성 체계도



그림 3.3 연구단 운영 조직 체계도

○ 본 기획과제의 연구동향 분석결과와 학계 및 업계 전문가자문위원회와 전문가조사결과를 바탕으로 (1) 신축구조물/기존구조물/소규모구조물에 함께 적용될 수 있는 통합적이고 체계적인 설계기준을 정립하고 (2) 국내 고유 구조물 특성과 지진환경을 고려하여 실증된 내진성능을 바탕으로 한국형 설계기준을 개발하는 것을 연구목표로 정의함

○ 신축건축물/기존건축물/소규모건축물이 연구대상에 따라 중점연구분야를 구분하여 본 연구를 진행하게 될 연구단은 연구목적에 따라서도 구분할 수 있으며, 관련 후보과제는 다음과 같음.

- 건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 구축: 제 1중점분야의 1-4 후보과제, 제 2중점분야의 2-1 후보과제, 제 3중점분야의 3-1 후보과제
- 구조설계/진단 및 보수/보강 통합기준 개발: 제 1중점분야의 1-1, 1-2, 1-3 후보과제, 제 2중점분야의 2-2 후보과제, 제 3중점분야의 3-2 후보과제
- 구조성능 DB 및 기술적용 지침: 제 1중점분야의 1-5, 1-6 후보과제, 제 2중점분야의 2-3, 2-4, 2-5 후보과제, 제 3중점분야의 3-3, 3-4 후보과제

○ 모든 중점연구분야에서 법/제도, 설계 및 보수보강 기준, 구조성능 DB와 기술적용 지침과 같은 연구성과물을 낼 수 있도록 연구단 운영 조직 체계를 구축하여 국내의 모든 건축물(신축건축물/기존건축물/소규모건축물)에 대한 구조안전성을 확보할 수 있는 기술 정리/개발, 기준정리/개선과 적용을 위한 법/제도 개선을 달성할 수 있도록 함.

○ 제 1중점분야의 1-1 후보과제 (지진 및 기후변화 관련 하중정의)는 모든 세세부

연구과제의 근간이 될 수 있는 연구분야로 연구단 운영을 총괄하도록 하여 연구단 운영의 효율성을 극대화하도록 함.

3.3.2 후보과제 과제카드

가. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계기술 / 기준 선진화

1. 과제명	**1-1 지진 및 기후변화 관련 하중 정의**
2. 연구개발 목표	■ 지진 및 기후변화 관련 주요 자연재해의 설계하중 정의
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 선진국에서는 여러 위험요소를 동시에 고려하여 건축물을 설계하는 'multi-hazard(복합위험)' 설계 접근법의 필요성이 제기됨. ■ 미국의 FEMA에서는 2011년에 학교, 병원 등 중요 재해구호시설의 경우 지진과 함께 기타 자연재난에 대비하여 안전성 향상을 위한 설계 지침이 제시됨.
4. 기존기술 활용방안	■ 미국 FEMA 시리즈 중 지진 하중의 정의와 지진 대비 학교, 병원 등 주요 시설물의 안전성 향상을 위한 설계 지침들 활용 ■ 미국 FEMA 시리즈 중 적설, 바람(태풍), 홍수, 산사태 등에 대비한 피해 사례, 성능 확보 방안, 설계하중 지침들 활용 ■ 국내 내진 및 내풍 설계 기준을 기반으로 이상기후에 대비한 최소 설계 하중 확립
5. 기술개발 필요성	■ 최근 들어 국내를 포함한 전 세계적으로 지진과 이상기후에 의한 태풍, 폭설, 홍수, 산사태 등 우리 사회를 위협하는 리스크가 연쇄적으로 발생해 과거에 비해 광범위한 피해를 야기하고 있으므로 이에 대비한 설계하중의 정의가 필요함. ■ 전 세계적으로 뛰어난 내진설계 기술을 보유하는 등 그 어느 국가보다 자연재해에 철저하게 대비하고 있는 일본에서도 막대한 피해가 발생한 것은 지진, 쓰나미, 방사능 유출 등이 연쇄적으로 발발하며 기존 체계로는 사실상 적절한 대응이 불가능했기 때문임.
6. 주요 연구 개발내용	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 지진하중 정의 - 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 연구 - 국내 중·약진 지진특성을 반영한 지진하중 추정 기술 연구 - 국내 지진지해도 연구 및 개선 - 국내 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계스펙트럼 연구 - 지진 설계 하중 정의 ■ 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 - 적설, 바람 등 주요 기후변화 관련 특성 조사 및 설계고려방안 연구 - 홍수, 산사태 등 기타 기후변화 관련 특성조사 및 설계고려방안 연구 - 기후변화 관련 하중별 적용대상 건축물 (신축, 기존, 소규모 건축물) 정의 수립 - 기후변화 관련 하중 정의 ■ 국내 지반-건축물 상관관계 연구 - 국내 지반-건축물 상관관계와 지반 운동 시간이력 연구 - 국내 깊은 지하층에 따른 건축물의 영향 연구 - 국내 지하층 및 기초의 내진설계 특성 분석
7. 정부지원의 타당성	■ 경제적 측면: 여러 재해의 동시 발생으로 인한 인명, 재산, 복구비용의 피해규모가 막대함. ■ 산업적 측면: 건축물의 막대한 피해로 인해 사회기본산업의 마비 가능성 높음. ■ 정책적 측면: 사회적 혼란 방지와 국토 안전 확보 ■ 여러 재난의 불확실성, 상호작용성, 복잡성 등의 특성을 고려할 때 정부지원 하에 효

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">율적이고 체계적인 대응방안 수립이 필요함.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 국토해양부, 소방방재청, 지방자치단체와의 협조를 통해 다양한 재해, 재난 자료 확보 및 대응체계 융합
■ 다양한 분야의 국내 연구인력 및 인프라 활용
■ 해외 전문가 및 국제 연구 네트워크 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 지진 및 기후변화 등 자연재해에 대비한 건축물의 안전성 확보를 위한 설계하중기준 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 실무기술자: 여러 재해, 재난에 대비한 건축물 구조설계를 위한 매뉴얼 개발에 활용
■ 국가기관: 복합위험에 대비한 범국가적 융합방재체계 구현에 활용.</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>197.7</td><td>313.1</td><td>309.0</td><td>242.5</td><td>228.9</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>197.7</td><td>313.1</td><td>309.0</td><td>242.5</td><td>228.9</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,291.21</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,291.21</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">11.6 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 지진, 이상기후 등 재난의 다변화에 대처할 수 있는 설계하중의 기준 제시를 통해 사회 안전망에 기여
■ 중요 재해구호시설의 기능수행을 위한 규준 제정에 근거자료로 활용
■ 건축물 이외의 주요 사회기반시설의 안전성 향상 방안의 기초자료로 활용
■ 복합위험에 대비하는 방재 선진국화에 기여</td></tr>
</table>

1. 과제명	1-2 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계기준 개발
2. 연구개발 목표	■ 우리나라 중·약진 지진특성 및 기후변화 특성에 대비한 국내 건설환경에 적합한 합리적인 건축물 구조설계기준 개선. ■ 건축물에 적용하여 진동성능을 향상시킬 수 있는 진동제어장치 및 구조시스템 개발과 관련 성능기반 설계기준(안)과 간편 설계기준(안) 개발을 통한 건축물의 구조설계 합리화 및 선진화
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 지진 및 기후환경이 미국과 일본 등의 강진 지역과 상이함에도 불구하고 이들 국가의 설계기준을 답습하는 수준에 머물러 있는 수준임. 특히, 국내 지진 및 기후환경에 대한 분석 및 국내에서만 사용되는 구조 시스템의 구조특성에 대한 연구가 개별 연구자들에 의하여 일부 수행되어 왔으나, 이들 개별 연구결과를 종합적으로 분석하여 구조특성을 규명하여 국내 환경에 적합한 관련 기준을 작성하는 절차가 매우 미흡한 상황임. ■ 우리나라 건축물의 내진상세 설계 및 시공관행이 미국 및 일본의 절차를 답습하고 있는 상황이어서 관련 상세가 매우 복잡하고 어려워 이에 대한 이해 부족으로 설계자뿐만 아니라 시공 현장에서도 관련 상세 적용에 어려움을 겪고 있는 상황임.
4. 기존기술 활용방안	■ 국내외 지진 및 기후환경 특성과 관련한 구조설계 기준 및 개별 연구자들의 관련 연구결과 종합/분석하여 그 결과를 활용함 ■ 국내의 지진 및 기후환경특성과 국내의 건설환경에 특화된 내진설계 및 내진상세 관행과 관련한 개별 연구자들의 연구결과 종합/분석 및 결과 활용 ■ 건축구조기준 및 해설(국토해양부, 2009)과 국내 전문 학회 발간 관련 기준의 활용 및 선진화
5. 기술개발 필요성	■ 기상청 발표에 따르면 국내에서도 지진 발생 횟수가 최근 증가하고 있는 상황이으며 기후변화에 따른 폭우 및 산사태 등으로 많은 인명 및 재산 피해가 빈번하게 발생하고 있는 상황임. ■ 지진 및 기후환경 변화에 따른 건축물의 구조특성은 지역적 특성에 많은 영향을 받는 요소인데 비하여 국내 관련 건설환경은 미국 및 일본 등 강진 지역 선진국의 제도를 답습하고 있는 상황이어서 우리나라 지진 및 기후환경에 적합한 합리적이고 보다 단순한 실용적인 설계기준 및 내진상세 개발이 절실한 상황임.
6. 주요 연구 개발내용	■ 해외 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 ■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준 개발 - 국내 기존 건축물의 구조 특성 반영 - 우리나라 지진 및 기후환경에 적합한 국내 건설현장 특성을 고려한 RC 및 강구조 내진상세 단순화 ■ 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 개발 - 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 범위 정의 - 지진 이후 기능 유지를 위한 성능 수준 정의 ■ 진동제어 구조시스템의 설계요구조건, 해석방법론, 성능기준 연구 ■ 진동제어 구조시스템의 설계 기준 개발 ■ 복합하중에 대비한 건축물 설계 기준 개발 ■ 기존 설계기준과의 관계성 및 위상 정립 - Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 제시 - KBC와의 연계방안 제시 - 설계기준 관련 법적 제도적 개선안 수립
7. 정부지원의 타당성	■ 국내 지진 및 기후변화에 대한 한국형 건축물 구조설계기준과 관련한 기존 연구는 주로 개별 연구자들의 연구에 의한 개인 연구결과 수준에 있어 이들 연구결과를 종합/분석하고 시스템화하여 법제화를 하기 위한 기초작업에 사용하기 위해서는 정부 차원의 지원이 필요함. ■ 미국 내 강구조모멘트골조 내진상세 개발을 위하여 10년간 정부의 지원을 집중하여 그 결과를 법제화한 예에서 알 수 있듯이, 국내의 가용한 우수한 연구인력 및 실험시

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">설을 효율적으로 활용하여 국가적 차원의 지진 및 기후변화에 대한 건축물의 안전성 향상에 기여할 수 있는 제도를 마련하기 위해서는 정부차원의 집중이 관건임.
■ 국내 지진 및 기후변화에 대한 한국형 건축물 구조설계기준의 선진화를 위해서는 설계/시공/유지관리의 전 과정에 걸친 제도적 시스템의 구축이 동반되어야 하므로 정부차원의 연구비 지원, 정책적 지원 및 유관기관의 협력 유도가 필요함.
■ 진동제어시스템을 적용한 건축물의 점차 증가하고 있는 추세를 고려할 때, 이에 대한 명확한 성능기준과 이에 따른 설계지침이 필요하며, 성능기준과 한계상태 설정은 국민의 안전확보와 국가의 재산보호라는 측면에서 정부주도로 진행되어야 함.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 국내/외 구조설계 기준 및 관련 연구 데이터베이스 활용
■ 국내 연구인력 및 실험시설 인프라 활용
■ 해외 전문가 및 국제 연구 네트워크 활용
■ 기존의 설계사례를 분석하여 다양한 진동제어 시스템 설계에서 필요한 항목 발췌</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 우리나라 중·약진 지진특성 및 기후환경 특성에 대한 개선된 한국형 건축물 구조설계기준 및 구조상세기준의 제안</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 국내 지진 및 기후환경 특성을 고려한 건축물의 합리적이고 선진화된 한국형 설계기준 작성을 위한 자료 활용
■ 간편/단순화된 구조설계기준 및 구조상세를 실무설계자 및 건설회사에 제공함으로써 국내 건설산업의 국제적 경쟁력 확보가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>137.5</td><td>287.1</td><td>476.4</td><td>484.6</td><td>337.7</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>137.5</td><td>287.1</td><td>476.4</td><td>484.6</td><td>337.7</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,723.3</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,723.3</td><td>1,525.9</td><td colspan="2">16 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 국내 지진 및 기후환경특성을 고려한 건축물의 합리적이고 선진화된 설계기준 작성을 위한 기초자료를 제공함으로써 지진 및 기후환경에 대응하는 건축물의 안전성 확보
■ 합리적이고 실용적인 선진화된 한국형 구조설계기준 및 구조상세의 개발에 따른 관련 엔지니어 및 건설사의 국제 경쟁력 확보
■ 현재 국내 기준이 마련되어 있지 않은 진동제어장치를 사용한 건축구조물에 대한 설계지침 마련으로 고성능 진동제어 건축물 도입을 유도하여 각 종 재난으로 인한 직·간접적인 인명 및 경제적 피해규모를 최소화함과 동시에 국가적 위상 고취와 관련 분야 국가 경쟁력 강화에 기여함.</td></tr>
</table>

1. 과제명	1-3 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립
2. 연구개발 목표	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 내진설계기준 제안 ■ 지진 후 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발 ■ 기존 비구조재의 내진/내풍 구조성능기준 도출 ■ 현재 비구조재에 대한 국내기준의 보완 또는 국내 실정에 맞고 건축법상 구속력이 있는 새로운 비구조재 설계 기준 정립
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계는 구조물, 설비 및 고가의 장비 등이 결합된 고부가가치를 창출할 수 있는 연구 분야임에도 불구하고 우리나라의 내진설계기준 및 시행체계는 이 분야의 기술개발을 촉진하기에 충분치 못했음 ■ 미국 캘리포니아주는 병원 내진설계 및 보강을 위한 기준 및 이를 강제하기 위한 효율적인 행정시스템을 갖춘 세계 유일의 행정단위이며, 이탈리아는 2000대 초 ATC와 협동연구를 통해 캘리포니아주의 시스템을 벤치마킹함 ■ 비구조재 설계와 관련하여, 국내 내진 설계기준이 미비한 상태이며 그나마 현실적으로 매우 제한적으로 적용되고 있음. ■ 반면, 국의 비구조재에 대한 내진시방서에는 UBC, NEHRP, IBC, ASCE/SEI, ASME(보일러·압축용기用)등이 있음. 한편 FEMA 356에 비구조재의 성능수준이 정리되어 있으며 FEMA E-74에서는 기존 비구조재의 내진성능 향상을 위한 디테일이 상세히 규정되어 있음.
4. 기존기술 활용방안	■ 비상 시 의료시설 관리 경험이 있거나 관리시스템을 갖추고 있는 미국(ATC, FEMA, 캘리포니아 주 OSHPD), 일본, 캐나다, 이탈리아, 독일 등 사례 참조 ■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물 전문설계사무소 및 엔지니어링 회사의 know-how ■ 의료장비, 산업시설 및 위험물 제작 및 공급업체, 시공업체의 데이터베이스 ■ 소방 방재청의 “소방설비배관 내진설계 기준 의무화”, 보건복지부의 “병원시설 내진설계 기준정립” 등 각 기관 및 시설별로 비구조재 관련 내진설계 연구가 일부 수행되었으며, 본 연구는 이러한 기존 연구와 연계하여 수행할 필요가 있음. ■ 우리나라 실정에 맞고 건축법상 구속력이 있는 새로운 비구조재 설계 기준이 마련되면 우리나라와 같은 중·약진 지역에 있는 건축 비구조재에 대한 합리적인 내진성능 확보가 가능하고 설비도 이 기준에 따를 수 있음.
5. 기술개발 필요성	■ 의료시설물은 지진 등 자연재해가 발생한 이후에도 평상시와 다름없는 정상적인 기능을 수행할 수 있어야 할뿐만 아니라 자연재해로 말미암아 다친 많은 사람들을 추가로 보살펴야 하는 비상시의 기능도 감당하여야 하는 매우 특수한 시설임을 심각하게 고려하여야 함 ■ 우리나라 대부분의 의료시설, 산업시설 및 위험시설물은 아직 심각한 자연재해에 노출된 경험이 없으므로 이에 대한 대비가 충실치 못할 경우 지진과 같은 자연재해 앞에 속수무책일 가능성이 매우 큼 ■ 지진 및 기후변화에 대하여 비구조재가 피해를 입기 쉬움. 지진에 의해서 비구조재가 원래의 위치에서 분리, 이동, 전도되기 쉬우며 특히, 태풍에 의한 캐노피 부분의 천장틀 탈락, 외벽 커튼월의 과도한 변형에 의한 누수 등 비구조재의 성능저하가 문제됨. ■ 중급규모의 지진 또는 이에 상응하는 기후변화에서 주구조재들이 비록 구조적으로 안전하더라도 비구조재의 손상이 보수비용의 상당부분을 차지함. ■ 성능기반 내진설계법에서 비구조재가 매우 중요함. 즉 천장틀, 외장재, 그리고 커튼월 등 주요 비구조재에 대해서 각 비구조재의 성능특성을 별도로 규정하고 있음.
6. 주요 연구 개발내용	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축을 위한 대상 요소 inventory, 지속적 update를 위한 framework, 교육 및 정보수집 등 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 표준상세 및 시공법 ■ 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 interaction 모델 및 성능수준 한계 규명을 위한 해석/실험 ■ 의료시설, 산업시설 및 위험시설물의 내진설계기준 정비 및 설계철학 정립, 내진설계기준의 통합적 관리체계

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">■ 국가 차원의 의료시설 비상 네트워크 개발
■ 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화
- 천장틀 등 현수형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화
- 비내력 벽체, 커튼월 등 벽체형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화
- 엑세스 플로어 등 바닥 상부 고정형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화
■ 기존 비구조재의 유형별 성능기준 정립
- 기존 비구조재의 지진/풍하중에 대한 응답 평가
- 건축용 비구조재의 성능수준별 강도 및 변형 기준 정립
■ 설계 기준 마련
- 국내 실정에 맞는 비구조재 내진설계 항목 도출
- 주구조재의 기준 마련과 동시에 진행 할 수 있는 방법 모색
- 성능기반의 비구조재 내진설계법 정립
■ 내진 해석법 개발
- 비구조재의 손상 예측을 위해 사용할 수 있는 근사적 해석 절차 개발
- 비구조재 손상을 야기하는 지진 입력의 특성 파악
■ 비구조재가 건물구조 거동에 미치는 영향 연구
- 외장벽, 채움 골조벽 등 통상 구조거동에 영향을 주지 않는 것으로 인식되는 비구조재가 실제로 구조물의 지진거동에 미치는 영향 분석</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 본 연구는 우리나라 주요 기간시설인 의료시설, 산업시설, 위험물시설 등의 지진 후 성능보장을 위한 연구이므로 국가 재해관리 차원에서 정부의 적극적 지원 필요
■ 비구조재 및 건축물 점유물은 건축물 전체 비용의 80% 이상을 차지하며, 원전, 데이터 센터, 반도체 공장, 그리고 병원의 예비전력장치 등의 설비의 고장, 위험물 저장탱크의 파손, PC 파넬의 낙하, 은행전산망의 파괴에 의한 온-라인 뱅킹의 무력화 등은 국민의 인명 및 재산상에 직·간접적으로 막대한 피해를 초래하며 국방에도 심각한 문제를 초래할 가능성이 있음. 따라서 본 연구는 공공적 연구의 성격이므로 정부지원을 통해 개발할 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 본 연구는 산학연관 협동 연구를 통해 개발하는 것이 바람직함. 국토해양부, 보건복지부, 병원경영협회, 병원, 장비공급 및 시공업체, (구조)설계사무소, 연구소 및 기업의 협조 필요
■ 본 연구는 여러 종류의 비구조재들의 유형별로 연구를 수행해야 하므로 비구조재의 생산자(자재업체)의 참여가 필수적임. 또한 건축구조 전문가 (교수, 구조기술사, 연구원) 뿐만 아니라 건물 설비 및 전기 엔지니어 등 건축과 관련된 다양한 분야의 전문가들의 공동 연구를 통해 기술개발이 이루어질 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스
■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 표준상세
■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계기준
■ 내진설계기준 적용 보장을 위한 제도적 장치
■ 의료서비스 비상 네트워크
■ 국내 실정에 적합한 비구조재의 구조성능 평가법 및 해석방법
■ 국내 실정에 적합한 비구조재 설계기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 설계 및 시공 단계에서 활용
■ 병원, 산업체 및 정부기관 차원에서 활용
■ 내진보강 관련 산업에서 활용
■ 실무기술자 : 주구조재 내진 설계 시 비구조재 설계 병행
■ 국가기관 : 건축법상 구속력이 있는 비구조재 설계 기준 마련에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="5">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>95.7</td><td>249.9</td><td>290.7</td><td>219.2</td><td>164.0</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>95.7</td><td>249.9</td><td>290.7</td><td>219.2</td><td>164.0</td></tr>
<tr><td>총</td><td>정부</td><td colspan="2">1,019.5</td><td>총</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
</table>

	연구비 (백만원)	민간	-	**연구기간**	
		총합계	1,019.5	**연도별 평균소요인력**	9.2 **명**
11. 기대 및 파급효과	■ 의료시설, 산업시설, 위험물에 대한 (지방)정부 차원의 체계적인 지진대비 재난관리 ■ 의료시설, 산업시설 및 위험시설의 설계 및 시공품질 향상을 통한 산업경쟁력 향상 ■ 지진에 대한 국민 안전 수준 행상, 산업체 안전 수준 향상 ■ 우리나라와 같은 중·약진지역에 있는 일반적인 비구조재에 대해서는 지진이나 태풍 등에 의한 인명피해를 최소화 할 수 있음. ■ 소방서, 경찰서, 재난방지센터, 방송·통신사, 발전소, 상하수도 공급소, 위험물취급공장, 박물관 등과 같은 중요 구조물에 대해서는 기능성이 보장되도록 설계할 수 있음. ■ 자재업체의 경우 기존 제품에 비해 성능이 향상된 신제품 개발을 통해 새로운 시장창출이 가능하며, 엑세스 플로어나 천장틀 등의 자재를 일본을 비롯한 해외에 수출할 수 있음.				

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">1-4 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조안정성 향상을 위한 법/제도 개선</td></tr>
<tr><td>2. 연구개발 목표</td><td colspan="7">■ 지진 및 기후환경에 따른 신축 건축물의 구조안정성을 확보하기 위해서 설계/시공/유지관리의 전 과정에 걸쳐서 법, 제도적 시스템을 정비하고 정부 유관기관의 협력과 역할분담(안)을 제안함</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향</td><td colspan="7">■ 국가 재난 상황을 만들 수 있는 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 대해 정부차원에서의 적극적인 투자가 이루어지고 있음
■ 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 능동적인 대처를 유도하기 위한 인센티브 도입 등이 재난 대응 선진국을 중심으로 이루어지고 있음
■ 거대 자연력으로 인한 국민의 재산 보호 뿐만 아니라 국부 보호를 위하여 제도 또는 관리 주체를 일원화하고 있는 추세임</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">■ 국가 재난 대응 선진국의 법/제도 발전동향을 분석하여 국내 적용 타당성을 평가하고자 함
■ 법/제도 운영주체의 우수 교육/훈련 방법의 벤치마킹</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">■ 본 연구과제의 우수성과물을 효과적으로 적용하기 위하여 법/제도의 개선이 필요함
■ 개선된 법/제도의 효율적인 운영을 위하여 운영주체에 대한 체계적인 교육과 훈련이 필요함
■ 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 대한 구조안전성을 확보하고자 하는 노력을 유도할 수 있는 법/제도 개선이 필요함</td></tr>
<tr><td>6. 주요 연구 개발내용</td><td colspan="7">■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화
- 정부 및 관공서의 건축물 지진 및 이상기후 대응체계와 법제도 개선
- 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 국토해양부의 역할 규정 및 상향조정 제도화
- 구조설계기준의 개정 주기의 정례화
■ 신축 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화
- 내진등급/목표성능을 명시할 경우 최소인센티브 부여제도
- 높은 내진등급/목표성능 건축물의 경우 인센티브 부여제도
■ 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비
- 관련 공무원 교육프로그램 및 필수 교육시간</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 건축물의 구조안전성을 확보 및 향상을 유도할 수 있는 기술 적용을 강제화 또는 권장할 수 있는 법/제도 개선은 반드시 정부의 적극적인 지원으로 이루어져야 함</td></tr>
<tr><td>8. 기술 확보 전략</td><td colspan="7">■ 공청회와 세미나 그리고 설문조사 등을 통한 관련 전문가의 의견 수렴
■ 법과 제도 개선에 관여할 수 있는 관련 공공기관 담당자와 이에 경험이 있는 전문가 연구진 참여 유도
■ 법조계와 행정전문가의 자문의견</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 건축물 구조안전성 확보와 향상을 위한 법/제도 개선(안)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 건축물 구조 관련 법/제도를 개선하여 적극적인 구조안전성 확보 노력 유도</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억 원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만 원)</td><td>정부</td><td>-</td><td>213.8</td><td>219.0</td><td>278.7</td><td>1.8</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>-</td><td>213.8</td><td>219.0</td><td>278.7</td><td>1.8</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만 원)</td><td>정부</td><td colspan="2">713.3</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">713.3</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">6.4 명</td></tr>
</table>

11. 기대효과 및 파급효과	■ 법/제도 개선을 통한 공공기관 뿐만 아니라 민간 건축물에 대해 보다 적극적인 구조안전성 확보 노력을 유도하여 지진과 기후변화에 따른 거대 자연력에 대한 국민의 재산과 국부를 효율적으로 보호함 ■ 법/제도 개선에 따른 운영주체 일원화로 효과적인 국가 재난방지 시스템 구축

1. 과제명	1-5 지진 및 기후변화에 대한 내진설계 건축물의 구조특성 조사 및 실증
2. 연구개발 목표	■ 한국 지진환경 및 기후변화에 대한 국내 내진설계 건축물의 구조적 거동 특성을 재료별, 구조시스템별로 분석하여 안전성 확보 방안을 위한 DB 구축 ■ 국내의 대표적인 건축 구조시스템에 대하여 고스케일의 모의진동실험을 수행하여 한국의 지진환경에 대한 국내 내진설계 건축물의 진동특성을 실증
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 미국, 일본, 유럽 등 국외에서는 지진 및 기후변화에 대한 건축물의 재료별, 구조시스템별 재해 및 구조특성 자료를 다년간 축적하여 신뢰도 높은 DB를 구축하고, 이를 분석하여 설계기준 개정 시에 적극 활용하고 있음 (예, 2012 IBC) ■ 국내의 경우, 변화되고 있는 지진 및 기후환경에 대한 건축물의 구조적 거동 특성이 명확하게 분석, 정리되어 있지 않음. 특히, 국내 건설환경에 따른 국외와 다른 구조시스템 및 상세(필로티형 아파트, 전이구조, 철골모멘트 접합부 등)에 대한 구조특성 분석이 매우 미비함 ■ 국내와 하중조건과 건설환경에 기반하여, 학교, 아파트, 병원 등 주요 건축물과 구조상세의 내진/내진동 특성에 대한 실증적 자료 확보가 필요함
4. 기존기술 활용방안	■ 국내 지진 및 기후환경특성에 맞도록 내진/내진동 설계기준 개선 ■ 건축구조기준 및 해설 (국토해양부, 2009)의 선진화 ■ 국내 내진/내진동 설계절차와 상세의 간편성과 효율성 제고
5. 기술개발 필요성	■ 최근 20년간 동북아 지역에서는 일본 대지진/쓰나미, 중국 쓰찬성 지진 등 대규모 지진과 판내 비예측 지진으로 인한 피해가 급증하고 있으며, 지구 온난화에 따른 국지적 폭우, 돌풍, 산사태 등 2차 피해가 발생하여 기후변화에 따른 경제적 인명 손실이 급증하고 있음. ■ 지진 및 기후환경 변화에 대비하기 위해서, 국내 대표적 건축물의 내진/내진동 특성, 구조성능, 파괴메커니즘에 대한 실증 자료의 축적과 분석, 면밀한 검증이 필요 ■ 국내 고유 구조물 특성과 지진환경을 고려하여 내진성능의 실증이 중요하며, 이를 바탕으로 국내 고유의 설계기준을 개발하는 것이 본 연구의 핵심임
6. 주요 연구 개발내용	■ 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석 ■ 국내 내진설계 건축물의 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석 - 우리나라에서 상정하는 설계 및 최대지진 하에서 국내 기존 내진설계 건축물의 동적 거동 (주기 등, 반응수정계수) 분석 및 검증 - 현행 내진설계기준이 적용되고 있는 보편적 건축물(공동주택, 학교, 다가구주택, 관공서)의 구조특성 실태 조사 - 현행 내진설계기준이 적용되고 있는 의료시설, 산업시설, 위험물시설 등 중요 재해구호시설의 구조특성 실태 조사 ■ 현행 내진설계기준이 적용되고 있는 대표적인 콘크리트 및 강 구조시스템에 대하여 1/3스케일의 모의진동실험을 통하여 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명 - 학교건물(콘크리트 골조), 아파트(전단벽+무량판), 모멘트골조(강구조), 가새골조 - 내진 설계와 관련하여 세계적 권위의 해외 연구기관과 공동연구추진 계획 ■ 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험(정적 반복하중실험)을 통하여 현 내진상세의 내진/내진동 성능 검증 - 횡력을 받는 무량판 구조의 부재실험과 성능 연구 - 약축 방향 모멘트 접합부에 대한 부재실험과 성능 연구
7. 정부지원의 타당성	■ 기술 산업적 측면: 국내에는 실험 시설, 연구인력, 연구 정보 등 우수한 연구개발 인프라가 존재하지만, 민간 연구에 의해서는 본 연구에서 목표로 하는 대규모 실증실험의 수행이 어려움. 국내의 기존 연구개발 자원의 활용을 위해서는 정부자원의 집중이 관건임. ■ 정책적 측면: 국내 지진 및 기후변화에 대응하여 국내 건축물의 내진/내진동 성능의 확보를 위해서는 설계/시공/유지관리의 전 과정에 걸친 법적 제도적 시스템의 구축이 동반되어야 함. ■ 연구성과를 바탕으로 내진/내진동 설계기준을 개선하기 위해서는 정부의 연구비와 정책적 지원, 유관기관의 협력 유도가 선결 사항임.

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 국토해양부, 지방자치단체와의 협조를 통해 국내 건축물 자료 확보
■ 설계 및 시공관행 분석을 위해 민간업체의 협조 또는 공동연구 필요
■ 국토해양부, 지방자치단체와의 협조를 통해 국내 건축물 자료 확보
■ 국내 연구인력, 인프라 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 국내 대표적 구조시스템에 대하여 국내 지진 및 기후환경 특성에 대한 내진/내진동 거동 특성 실증 DB 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 학계/국가기관: 실증자료를 바탕으로 국내 내진/내진동 설계기준의 개선, 내진/내진동 구조상세의 간편화에 활용
■ 실무기술자: 국내 지진 및 기후환경에 적합한 간편 구조 상세의 개발과 건설시장 고부가가치화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>338.9</td><td>488.7</td><td>475.9</td><td>490.9</td><td>416.0</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>338.9</td><td>488.7</td><td>475.9</td><td>490.9</td><td>416.0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,210.4</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">–</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">14.2 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,210.4</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 국내 건축물의 구조특성 파악을 통해 설계 및 시공의 효율성(경제성과 안전성) 향상
■ 내진설계기준 향상 및 내진성능 평가/보강 방안의 기초자료로 활용
■ 중요 재해구호시설의 기능수행을 위한 규준 제정에 근거자료로 활용</td></tr>
</table>

1. 과제명	**1-6 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계 프로세스 개발 및 실증적 성능평가**
2. 연구개발 목표	■ 건축물의 진동제어성능에 대한 실증적 검증을 통한 신뢰성 높은 진동제어구조시스템 설계 유도 ■ 진동제어장치가 건축물의 구조성능에 미치는 영향을 파악하기 위한 구조성능실험 연구를 바탕으로 한 합리적이고 일관성 있는 진동제어장치 및 구조시스템의 구조안전성 확보 ■ 진동제어장치의 성능평가 가이드라인을 통한 진동제어 구조시스템의 최소 구조안전성 확보 및 고성능 진동제어 구조시스템 설계의 신뢰도 제고 ■ 진동제어장치를 이용한 건축물의 성능기반 설계프로세스 개발을 통한 고성능 진동제어 건축물의 최적 설계 유도 ■ 진동제어장치를 이용한 건축물의 간편 설계프로세스 개발을 통한 구조실무자 편이성을 극대화
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 진동제어장치의 건축물 내진성능 향상 정도에 대한 실증적 평가가 지속적으로 이루어지고 있음 ■ 비내진구조물에 대한 진동제어장치를 이용한 경제적이고 합리적인 보강 필요성 증대 ■ 미국/일본을 중심으로 성능기반 설계 기준이 제시되고 있으며, 성능설계에서 제시된 성능을 충족시키기 위해 진동제어장치를 이용하는 경우가 증대되고 있음. ■ 최근에는 2종류 이상의 진동제어장치를 복합적으로 사용하고 있으며, 일본의 경우 강구조의90%이상, RC조의 50%이상이 진동제어 구조로 설계되고 있음.
4. 기존기술 활용방안	■ 구조물 진동관련 우수한 기존 연구의 결과 활용 ■ 분산공유형 실험장비를 포함한 국내 연구기관에서 보유하고 있는 다수의 지진관련 실험기기의 활용 ■ 미국과 일본의 성능설계 기준 분석 및 제시된 성능레벨의 타당성 조사 및 분석 ■ 요구 성능레벨 검증 및 적합성 분석을 위한 기존 실험결과 활용 및 재분석 ■ 선진국의 진동제어 설계사례를 분석하여 설계프로세스 정립에 활용
5. 기술개발 필요성	■ 진동제어장치 자체 성능 뿐만 아니라 진동제어장치를 가진 건축물의 진동제어 성능에 대한 다양한 실험을 통한 검증이 필요함. ■ 국내 환경에 특화됨과 동시에 신뢰성 높은 진동제어장치 제작/설계를 위한 장치의 성능평가를 위한 실험매뉴얼과 체계적인 진동제어장치 성능기준과 조건 수립이 요구됨. ■ 자연재해에 대해 건축주의 요구성능을 실현시키기 위해 설계자가 건축주와의 합의 하에 다양한 재료와 구법을 사용하여 요구성능을 직접적으로 실현시키기 위한 창조적인 설계기법 즉 성능기반 설계법의 필요성이 증대되고 있음. ■ 복합 진동제어구조로 설계하는 경우 설계프로세스가 매우 복잡하고 설계체계가 정립되어 있지 않아 주로 해석에 의존하고 있으며, 설계경험을 바탕으로 한 시행착오에 의한 반복적 해석시간의 소요에 의해 장시간의 설계기간이 필요함. ■ 장시간의 구조해석에 앞서 진동제어 장치의 종류와 요구성능 산출 및 진동제어 장치 적용에 의한 효과를 간단하게 예측 및 검증할 수 있는 설계프로세스를 개발할 경우 진동제어 구조설계의 단순화 및 설계시간의 대폭적인 절감이 가능하여 외국에 비해 경쟁력을 가질 수 있음.
6. 주요 연구 개발내용	■ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험 ■ 진동제어 구조시스템의 진동성능 파악을 위한 진동대실험 ■ 진동제어장치의 동적응답파악을 위한 반복가력 실험 ■ 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 ■ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 ■ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립
7. 정부지원의 타당성	■ 진동제어장치에 대한 성능실험 매뉴얼 확립을 위해 민간 이익단체의 영향을 배제한 정부/지방자치단체의 공정한 매뉴얼 확립이 요구됨. ■ 성능기반 설계는 외국에서 최근 활발하게 논의되고 있으며, 향후 성능기반설계가 전세계적으로 주요 설계기법으로서의 역할을 할 것으로 기대됨. ■ 성능기반 설계법은 특정 기업이나 단체 차원에서 제시될 사항이 아니며, 건축구조 설계기술의 경쟁력을 확보하기 위해서는 정부주도의 관리 및 기준화가 필요함.

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 진동제어장치와 진동제어구조시스템의 성능평가기준에 대한 실증적 평가를 위한 해석적 연구와 실험
■ 선진국과의 공동연구 및 정보교류에 의한 설계프로세스의 기틀 마련
■ 진동해석에 필요한 모델링 기법 및 결과의 설계프로세스 적용기법 연구를 해외 공동연구 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 기존 진동제어장치 실험결과에 대한 DB
■ 진동제어장치의 성능실험 매뉴얼
■ 진동제어 구조시스템의 성능실험 매뉴얼
■ 진동제어장치 성능평가 기준(안)
■ 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계프로세스
■ 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계프로세스
■ 진동제어 구조시스템의 설계검토 지침</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 진동제어장치에 대한 실험매뉴얼 법적 고시
■ 진동제어장치에 대한 실험매뉴얼에 대한 기술강습회
■ 성능기반 설계기준 제정을 위한 기초자료로 활용
■ 성능기반 설계기술 보급을 위한 교육프로그램 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>176.5</td><td>476.9</td><td>692.9</td><td>1,121.2</td><td>478.9</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>176.5</td><td>476.9</td><td>692.9</td><td>1,121.2</td><td>478.9</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,946.4</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">–</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">16.6 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,946.4</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 진동제어 장치의 성능에 대한 신뢰성 제고와 관련 산업의 제작기술 고도화에 기여함.
■ 진동제어 장치 제작기술 향상에 따른 국제적 경쟁력 확보에 기여함.
■ 진동제어 장치 성능 표준화를 달성하여 구조물의 성능기준에 부합하는 진동제어 장치 보급에 기여하여 효율적인 진동제어 시스템 구축에 따른 국가경쟁력과 관련 기업 경쟁력 재고에 기여함.
■ 진동제어장치를 사용한 구조물의 설계 프로세스의 개발을 통해 효과적이고 경제적인 진동제어시스템 설계를 유도하여 국가 자원의 효율적인 사용을 유도함.
■ 지진이나 기타 기후변화에 대비할 수 있는 진동제어시스템 설계기술 함양을 통한 산업경쟁력을 고취하고, 진동제어 장치 제작 관련 산업 발전에 기여함.</td></tr>
</table>

나. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발

1. 과제명	2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발
2. 연구개발 목표	■ 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조보강 우선순위 판정 지침 개발 ■ 다중이용시설 및 중요 재해대응 건축물의 구조안전등급 표시제도 및 활용방안 개발 ■ 소규모를 포함한 민간 건축물의 구조보강 촉진을 위한 제도 개발 ■ 피해 건축물의 잔존 구조성능 조사 시스템 및 평가 매뉴얼 개발 ■ 피해 건축물의 긴급 및 영구적 복구 지침 개발
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 내진보강 관련 법/제도 - 미국 : 내진보강 절차 및 방법이 신축건물과 동등한 수준의 별도 기준으로 확립됨. - 일본 : "건축물의 내진개수 촉진에 관한 법률(내진개수촉진법)" 시행(1995.12.). 현행 신내진기준을 만족하지 않는 건축물에 대해 "기존 건축물의 내진진단기준 및 내진개수매뉴얼"을 바탕으로 적극적으로 내진진단 및 개수를 진행. - 국내 : 2008년 3월 지진재해 대책법 제정을 통해 공공건물의 내진보강을 의무화하였으나 구체적 시행방안은 법제화되지 못함. ■ 피해 건축물 복구 - 지진 및 기후변화에 따른 건축물 피해가 빈번한 국가들은 장기간의 건물 피해 DB 구축을 통해 피해도 판정 및 복구 기준을 실용화함.
4. 기존기술 활용방안	■ 외국의 경우에 강진지역의 특성상 지역사회가 내진보강의 필요성을 인지하고 있으나 국내에서는 중약진 지역의 특성상 내진보강의 필요성을 인지하지 못하고 있는 실정. ■ 내진보강 절차등에 관해 해외의 제도를 참조하되 국내 실정법에 맞춰 수정보완해야 함. ■ 해외의 기후변화 대응 구조안전성 확보방안 조사 분석. ■ 기존 구조성능 평가기술을 피해건물 잔존 구조성능평가 핵심기술 개발에 활용. ■ 기존에 개발된 보수·보강기술을 체계적으로 DB화하여 피해건물 복구기술로 활용.
5. 기술개발 필요성	■ 국내에서는 중약진 지역의 특성상 구조보강의 필요성을 인지하지 못하고 있음. ■ 기존 건축물의 구조보강은 시장경제 원리를 적용하기 힘든 산업분야로서 구조보강 활성화를 위해 국민적 인식의 개선이 필요. ■ 국내 건축물 중 내진보강 필요 시설물 7만7천 개소에 27조원의 천문학적 비용이 예상되며, 단기간에 보강이 어려우므로 우선순위를 판정하여 체계적인 시행 필요. ■ 대형 자연재해 발생 시 긴급대책 수행을 위해 건물 구조피해 정보의 신속 확보 필요. ■ 재난 현장에서의 구조피해 위험도 판정 및 복구를 위한 기준 및 매뉴얼 등 사전대책 마련 시급.
6. 주요 연구 개발내용	■ 기존 건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 지침 - 건축물의 용도, 사용연수 별로 구조성능 보강의 사회적, 경제적 영향 분석 - 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 지침 개발 - 기존건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 및 연차별 보강계획 수립 시범사업 ■ 건축물 구조안전등급 표시제 개발 - 구조안전등급 표시방법 및 판정지침 개발 - 구조안전등급 표시 의무적용 범위 설정(다중이용시설, 위험시설, 중요산업시설) ■ 소규모를 포함한 민간 건축물 구조안전성 개선 촉진제도 개발 - 국내 구조성능 평가 및 보수보강 현황과 해외 관련 제도 및 지침 조사 - 민간 건축물 보수보강 촉진을 위한 구조안전등급 활용방안 (재산가치, 보험료 산출) - 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도 개발 - 합리적이고 원활한 구조안전 개선 절차의 시행지침 개발 ■ 피해 건축물 위험도 판정 및 복구 지침 개발 - 피해 건축물 구조성능 조사 시스템 구축 - 피해 건축물 잔존구조성능 평가 및 복구여부 판정 지침 개발 - 피해 건축물 긴급 및 영구 복구 지침 개발
7. 정부지원의 타당성	■ 기존 건축물의 구조안전성 확보 관련 법제도 개발에 관한 연구로서 공공성이 강함 ■ 막대한 국가적 피해인명 및 재산 피해를 고려할 때 정부 지원이 절실히 요구됨.

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">■ 건축물 구조보강 우선순위는 정부의 정책결정에 중요한 근거자료가 됨.
■ 재해 발생 후 대응 시스템 부재에 따른 2차 피해 및 국가적 혼란 방지</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 내진보강 우선순위 판정에서 건축물의 사회적, 경제적 가치 반영을 위해 관련 전문가 참여.
■ 선진국의 제도 개발 및 시행 현황 조사를 위해 해외 실무자의 자문 실시
■ 법률 및 행정 전문가의 참여 방안 구축
■ 제도의 공론화 및 의견수렴을 위한 공청회 개최
■ 재해 빈발국의 전문가 참여 및 선진 해외기술 도입</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 기존 건축물 구조보강 우선순위 판정 지침
■ 기존 건축물 구조성능 평가 및 보강 시행절차의 가이드라인
■ 건축물 구조안전 표시제도
■ 민간건축물 구조안전성 개선 촉진제도
■ 지진 및 기후변화에 의한 피해 건축물 피해도 판정 매뉴얼
■ 피해 건축물의 긴급 및 영구적 복구 지침서</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 건축물 구조보강의 품질 및 신뢰도 향상
■ 민간건축물의 구조성능 개선 촉진 및 각종 사고 예방
■ 건물 가치 산정 및 보험 요율 산정에 구조안전등급 활용
■ 건축물 구조안전에 대한 일반인의 인식 개선
■ 위험도 평가에 따른 재해복구계획과 피난시설 설치계획의 확립
■ 피해건물 소유자에게 건축물 피해정보 제공
■ 재난발생 후 중앙정부 및 지자체의 신속한 후속 조치 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>273.6</td><td>359.8</td><td>367.7</td><td>352.7</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>273.6</td><td>359.8</td><td>367.7</td><td>352.7</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,353.9</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,353.9</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 민간 건축물의 구조성능 보강 비율 향상
■ 향후 기존 건축물 구조보강에 소요되는 막대한 국가적 비용에 대한 효율적 자원배분
■ 건축물 구조성능 보강 활성화에 따른 국가적 재해 위험도 감소
■ 피해건물의 신속한 피해도 판정에 따른 2차적 인명 및 재산손실 예방
■ 체계적 긴급복구 및 영구복구 계획에 따른 경제적인 피해 건축물 보수·보강 실현
■ 재해 대응책 완비를 통한 국가 신인도 및 국제경쟁력 제고</td></tr>
</table>

1. 과제명	2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화
2. 연구개발 목표	■ 조사 및 실험을 통해 국내 기존 건축물의 구조형식, 재료강도, 부재상세 등에 관한 실증적 DB를 구축하여 지진 및 기후변화가 유발하는 이상하중에 대한 구조성능 평가의 핵심적 기초자료를 확보함. ■ 지진 및 기후변화에 따른 이상하중에 대하여 국내 기존 건축물의 안전성을 정밀평가하기 위해 실증적 DB에 근거한 판정기준을 갖는 독자적 성능기반 구조성능 평가지침 개발 ■ 기존 성능기반 평가기술 및 성능평가 데이터에서 누락된 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재의 성능데이터와 주기 산정식을 제시하고 이에 특화된 평가모델을 구축함. ■ 실증적 DB에 근거한 구조성능 평가모델을 통해 대표적인 국내 기존 건축물 유형의 재해 취약도 평가절차를 제시함.
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 산업의 발전 및 도시화와 함께 지진 및 기후변화에 의한 환경하중 (풍하중 및 적설하중 등)의 증가함에 따라 이에 따른 인명, 경제적 피해가 예상되므로 향후 기존 건축물의 안전성 판정 및 보강에 대한 수요는 크게 증가할 것으로 예상됨 ■ 외국의 경우 정확한 평가를 위해 신축 건물용 설계기준과는 다른 기존 건축물용 성능평가기준이 따로 마련되어 있음. ■ 국내의 경우 기존 건축물의 성능평가기준의 부재에 따라 기존 건축물도 신축 건물용인 설계기준을 원용하여 검토하거나, 해외의 자료 및 절차를 사용하고 있음. ■ 외국의 절차에서는 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재에 대한 성능데이터가 누락되어 현재 성능평가 및 구조보강설계시 중요한 사항을 오용 또는 누락하는 사례가 많음
4. 기존기술 활용방안	■ 국내에서는 2011년에 한국시설안전공단의 내진성능 평가 및 보강요령이 개정되어 발표된 상태이나, 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재에 대한 성능데이터가 누락되어 있음. ■ 과거 국가개발 혹은 민간연구를 통해 일부 연구가 진행된 부분도 있어 이를 기초자료로 활용할 수 있으나 개별적으로 수행된 자료가 성능기반 평가법의 개념에 맞게 체계적으로 정리되어야 하며 누락부분에 대한 추가적인 연구가 필요함.
5. 기술개발 필요성	■ 저탄소배출요구 및 환경문제, 경제적인 상황에 의해 건설시장이 신축보다는 기존 건물의 보수로 변화될 것으로 예상되고 있음. 하지만 국내 기존 건물의 특성을 반영하여 성능을 평가하기 위한 기초자료 및 성능데이터, 해석방법이 제시되지 않고 있으며 통일된 성능평가지침도 부재한 상태임. ■ 현재 국내 내진성능 및 이상하중에 대한 저항성능의 평가기술은 미국과 일본의 기술을 도입한 것으로서 방법론은 적용가능하나 구체적인 성능판정 지표는 국내 건축물의 실정을 반영하여 개정 혹은 추가되어야 할 필요가 있음. ■ 국내 건축물의 구조성능 평가를 위해서는 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재에 대한 데이터가 필수적으로 요구됨
6. 주요 연구 개발내용	■ 국내 기존 건축물의 구조형식, 규모, 용도별 재료강도, 부재상세 DB 구축 ■ 국내 기존 건축물 특유의 상세를 갖는 주요 구조요소의 실험기반 성능평가 DB 구축 ■ 국내 기존 건축물의 구조적 특성을 반영할 수 있는 구조안전 평가모델 개발 ■ 국내 기존 건축물의 진동시험기반 성능평가용 주기식 개발 ■ 국내 기존 건축물의 성능기반 평가기준개발 ■ 성능기반 평가기준의 테스트베드 적용 ■ 대표적 기존 건축물 유형의 재해 취약도 평가절차 제시
7. 정부지원의 타당성	■ 기존 건축물의 지진 및 기후변화에 대한 대응을 위한 구조보강은 시장경제 원리의 적용이 힘든 산업분야임. ■ 막대한 국가적 피해인명 및 재산 피해를 고려할 때 정부 지원이 절실히 요구됨. ■ 내진성능 평가 및 보강기준은 법제화가 필요한 부분으로서 공공성이 큼 ■ 중요 공공건물의 구조안전성은 재난발생시 정부의 복구 정책수행 및 사회적 안전망을 유지하는 데 필수적인 요소임 ■ 민간건축물의 보강을 유도하여 재난시 국가전체적인 안전성을 확보하기 위해서는 국

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">가가 선도적인 역할을 수행하여야 함</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 제1중점 분야의 신축건물 설계기준과 통일성을 가질 수 있도록 상호 협조
■ 관련학회 및 단체, 기술력을 가진 엔지니어링 업체와 산학 공동연구
■ 지진재해 리스크 평가기술을 보유하고 있는 내진 선진국과의 공동연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">■ 국내 기존건축물의 성능기반 구조성능 평가지침
■ 국내 기존건축물의 재료강도 및 구조요소 성능 DB</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">■ 국가기관 : 기존건축물 구조성능 개선 관련 법제도 시행을 위한 통일된 지침으로 활용
■ 실무기술자 : 통일된 건축물 구조성능 평가 및 보강 지침으로 활용
■ 일반국민 : 구조성능 평가의 정확도 향상을 통해 보강비용의 적정화 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>357.0</td><td>555.6</td><td>484.6</td><td>471.9</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>357.0</td><td>555.6</td><td>484.6</td><td>471.9</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,869</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">16.5 명</td></tr>
<tr><td>총 합계</td><td colspan="2">1,869</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 기존 건축물 구조성능 DB 확보를 통한 평가결과 신뢰도 향상 및 적정한 보강비용 투자
■ 지진 및 기후변화 대응 구조성능 평가지침 제정에 따른 관련 실무자의 시행착오 해소
■ 민간 및 중요 공공 건축물의 구조성능 확보에 따른 국가적 재해 안전성 향상</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발</td></tr>
<tr><td>2. 연구개발 목표</td><td colspan="7">■ 지진 및 기후변화에 대비하여 기존 건축물의 용도 및 중요성에 따라 특화된 경제적 구조성능 개선 지침을 제시하고 신축 건물과 동등한 수준의 구조보강 설계기준, 보강상세 및 시방서를 개발함.</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향</td><td colspan="7">■ 국내 건축물의 대다수는 내진설계가 반영되지 않아 보강이 절실한 실정이나 이중 민간 건축물의 비율이 높아 실제 보강이 이루어지지 않고 있음
■ 민간 건축물은 소유주의 경제적 사정을 고려하여 최소 비용으로 최소 구조성능을 확보하는 방안 마련이 필요
■ 공공 건축물의 경우는 일반 민간 건축물과는 다른 재난 발생 시 기능 유지가 매우 중요함으로 이에 적합한 보강이 이루어져야 함
■ 해외의 주요 내진선진국에서도 내진보강 기준은 마련되어 있으나 단기간에 최소의 비용으로 내진성능을 향상시키기 위한 보강기술은 체계적으로 개발되어 있지 않음.
■ 보강에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으나 국내 실정에 맞는 보강 상세와 이를 구조물에 장착하기 위한 설계법이 정립되어 있지 않음</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">■ 국내에서는 2011년에 시설안전공단의 내진성능 평가 및 보강요령이 개정되어 발표된 상태이나, 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재에 대한 성능데이터가 누락되어 있음.
■ 과거 국가개발 혹은 민간 연구을 통해 일부 연구가 진행된 부분도 있어 이를 기초자료로 활용할 수 있으나 개별적으로 수행된 자료가 전체평가법의 개념에 맞게 체계적으로 정리되어야 하며 누락부분에 대한 추가적인 연구가 필요함.</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">■ 민간 건축물은 건축주의 경제적 부담을 최소화 하면서 인명 안전을 보장할 수 있는 보강 설계법 및 상세를 제공하여 구조성능 개선을 적극적으로 유도할 필요가 있음.
■ 중요 건축물의 경우 재해 발생 후 필수 기능을 반드시 유지해야 하므로 이를 보장할 수 있는 보강 방법 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요 연구 개발내용</td><td colspan="7">■ 기존 주요 공공 건축물의 기능 유지를 위한 보강 지침 개발
■ 민간 취약 건축물의 인명 안전을 위한 최소 비용 보강 지침 개발
■ 공공 및 민간 건축물 구조보강 설계기준, 보강상세 및 시방서 개발
■ 테스트베드를 대상으로 보강설계 적용 및 경제성, 시공성 평가</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 신축건축물의 구조설계기준과 같이 기존건축물의 보강 상세 및 보강설계기준도 정부가 제공해야 함
■ 중요 공공건물은 재난 발생 시 정부의 복구 정책을 수행하는 데 필수적인 요소이므로 기능 유지를 위한 성능확보가 필수임
■ 민간 건축물의 보강 비용을 최소화하여 민간의 자발적인 보강을 정부가 유도해야 함</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 2-3 세세부에서 개발된 기존 건축물 구조성능 평가지침을 구조보강 설계기준에 통합
■ 제1중점 분야의 신축건물 설계기준과 통일성을 가질 수 있도록 상호 협조
■ 구조보강의 경제적 효과 연구를 위해 건설관리 분야와 융복합 기술개발 필요
■ 관련 학회 및 기술력을 가진 엔지니어링 업체와 산학 공동연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침
■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침
■ 기존 건축물 구조보강 설계기준
■ 보강상세 및 시방서</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 국가기관 : 공공건물 보강 지침으로 활용
■ 실무기술자 : 보강설계의 통일된 기준 및 시방서로 활용
■ 일반국민 : 경제적 보강방법을 통해 건축물 구조안전성 증대</td></tr>
<tr><td rowspan="4">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>148.2</td><td>511.3</td><td>537.4</td><td>288.5</td><td>455.4</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>148.2</td><td>511.3</td><td>537.4</td><td>288.5</td><td>455.4</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>1,940.7</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td>0</td></tr>
<tr><td>총 합계</td><td>1,940.7</td><td>연도별
평균소요인력</td><td>14.6 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="5">■ 경제적 보강방법을 통해 민간 건물의 보강 비율 증대
■ 지진 및 기후변화 대응한 정부의 구조 보강 관련 업무의 시행착오 해소 및 투명성 증대
■ 중요 건축물의 구조성능 확보에 따라 국가적 재난 시 신속한 복구활동 보장</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발</td></tr>
<tr><td>2. 연구개발 목표</td><td colspan="7">■ 지진 및 기후변화에 대비하여 개발되는 최신 구조보강기술을 현업 실무기술자들이 용이하게 사용할 수 있도록 첨단 정보기술을 적용한 전산활용 실무수행 도구를 개발하여 건설산업의 국가경쟁력 제고.
■ 기존건축물 구조보강 절차에 관하여 민간 기술자와 관련 공무원 각각에 특화된 교육프로그램 개발.</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향</td><td colspan="7">■ 차세대 성능기반평가기법 등 고도화된 평가기술이 이미 개발되거나 개발 중에 있으나 대부분 학술적인 측면에 치중되어 있음.
■ 최근 공공발주의 경우 BIM 등 최신 정보기술이 건설 분야에 활용되고 있음.
■ 공사물량 및 공기를 최소화할 수 있는 기술력 보유여부가 해외 Pre-con 서비스 시장 진출의 중요한 기술적 요소가 되고 있음.</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">■ 2010년부터 진행되고 있는 국토부의 “BIM기반 RC구조와 강구조 표준상세 및 데이터베이스 구축”과제의 연구결과를 활용하여 구조보강에 적절한 BIM 활용방안 개발.</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">■ 기존 건축물의 합리적 구조안전성 평가를 수행하기 위해서는 차세대 성능기반평가기법의 도입이 필요하지만, 비선형해석이나 확률론 등 고도의 지식과 기술이 요구되어 현재 실무기술자들이 이를 실제 업무에 직접 활용하기에는 다소의 어려움이 존재함.
■ 관련 공무원이 기존 건물 구조보강 업무를 원활하게 관리 감독하는 데에 있어 건물 신축과의 차이점 이해 및 성능기반 보강기술의 기본지식 습득 필요.
■ 세계적 수준의 국내 정보기술을 구조실무분야에 적극적으로 도입하여 고도화된 평가 및 보강기술을 일반 실무자들도 용이하게 이용할 수 있는 실용화 기술 개발 필요.
■ 강진 지역 등을 포함하는 해외 시장에 진출하기 위해서는 다양한 재해에 대비할 수 있는 최고 수준의 실무 기술력을 독자 확보할 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td>6. 주요 연구 개발내용</td><td colspan="7">■ 기존건축물 구조성능 평가절차의 실무적용을 위한 전산화 기술 개발
■ 기본건축물 보수보강설계의 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발
■ 구조모니터링 연계 실시간 구조해석 및 성능평가 기술
■ 실무자 대상 차세대 성능기반 구조성능 평가기술 교육프로그램 개발
■ 관련 공무원 대상 성능기반 구조보강 기술 및 절차 교육프로그램 개발
■ 성능기반 평가기준의 테스트베트 적용</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 건축시공이나 건축설계 분야와는 달리 규모가 상대적으로 작은 국내 건축구조분야는 독자적 기술 확보가 어려움.
■ 고급 기술을 보유한 해외 엔지니어링 업체들에 의해 고부가가치의 관련 국내시장 잠식.
■ 높은 부가가치 창출이 가능한 건축구조 엔지니어링 기술확보에 따라 해외 건설시장에서의 국내업체 점유율 확대 가능.
■ 구조성능 보강 업무의 원활하고 투명한 추진을 위해 관련 공무원 교육 필요</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 해외에서 기 개발된 기술은 국제 공동연구를 통해 직접 도입
■ S/W개발 전문업체와의 공동연구를 통해 개발된 기술의 신속한 사업화 추진
■ 관-산-학 전문가 연계를 통한 실효성 있는 교육프로그램 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 구조성능평가 전산 시스템
■ 구조보강 대안선정 전산 시스템
■ 고급기술자 양성을 위한 전문교육 프로그램
■ 관련 공무원 교육프로그램</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 실무기술자: 실제 프로젝트에 적용하여 납기 단축 및 품질 향상
■ 국가기관: 구조보강 적합성의 용이한 확인</td></tr>
<tr><td rowspan="4">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>-</td><td>246.5</td><td>266.7</td><td>230.7</td><td>174.3</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>-</td><td>246.5</td><td>266.7</td><td>230.7</td><td>174.3</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>918.3</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td>-</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td>918.3</td><td>연도별
평균소요인력</td><td>9.8 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="5">■ 최신 구조평가 및 보강 기술을 실무에 용이하게 활용
■ 전산화 기술의 적극적 도입에 따른 국내 독자개발 기술의 세계적 브랜드화 및 이를 통해 관련 해외시장 점유율 확대
■ 전문 지식을 갖춘 공무원의 관리감독을 통해 국가적 재해 안전성 제고</td></tr>
</table>

1. 과제명	**2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발**	
2. 연구개발 목표	■ 국내 중저층 노후 건축물의 적합한 진동제어장치의 개발 및 적용을 통한 진동성능향상 및 비예측하중에 대한 구조성능향상 ■ 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능향상을 향상을 위한 설계프로세스 확립	
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 우리나라는 건축물의 진동제어시스템이 1990년대에 도입되기 시작하여 2008년 중국 쓰촨성 지진과 2011년 일본 동북부지역 대지진의 영향으로 제진장치에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이나, 연구실적과 적용실적이 매우 부족하며 기술개발 현황 또한 도입단계임. ■ 최근 서울시의 내진보강계획(2040년까지 내진성능확보율 80% 달성목표), 교육과학부 및 교육청의 내진보강계획 등 최근 내진평가 및 내진보강에 대한 수요가 급증하고 있음. ■ 최근 들어 지진에 의한 피해를 줄이기 위해 지진에너지를 효과적으로 소산시킬 수 있는 제진장치의 사용이 본격적으로 논의되고 있으나 비선형성으로 입력에너지를 소산시키는 저항시스템의 비선형거동을 해석적으로 고려해야 하는 설계는 국내 뿐만 아니라 해외 구조엔지니어가 제진구조물을 설계하는데 많은 어려움을 겪고 있음.	
4. 기존기술 활용방안	■ 진동제어장치 모델링 이론 및 해석이론을 국내 건축물 적합한 진동제어장치개발 시 활용 ■ 최근 국내의 경우 진동제어장치를 개발이 다수 이루어졌으며 세계 유일의 구조시스템인 국내 아파트와 학교내진보강사업에 활용되고 있음. 이런 기존 진동제어장치에 대해 조사평가하여 활용가능한 진동제어장치는 적극적으로 수용 ■ 일본, 미국의 경우 1980년대 후반부터 진동제어장치를 이용한 구조물의 설계/건설되어져 왔으며 그 설계법 및 해석법에 관한 기준도 작성되어 현재 FEMA273/274, 일본의 성능설계규정법 등 다수의 기준이 제시되어져 있으며, 그 효과도 충분히 검토되어져 왔으므로, 이런 선진기술을 바탕으로 국내 건설환경에 적합한 설계프로세스의 확립하려고 함.	
5. 기술개발 필요성	■ 도시에 밀집된 공동주택은 노후화가 상당히 진전되고 있으며, 특히 도시지진을 포함한 비예측하중에 대한 내진안전성을 확보할 필요성이 있하며, 아이티와 터키의 지진 피해사례에서 보듯이 노후화 된 건축물은 지진에 취약하여 큰 피해가 발생됨. ■ 강진지역에 위치한 미국 및 일본과 같은 선진국에 비해 상대적으로 뒤쳐진 지진안전장치와 시스템을 우리나라의 지진환경과 건설환경에 맞도록 고도화함에 따라 국내 건축물에 적합한 진동제어기술력 확보 측면에서 필요함. ■ 중/약진 지역에 특화된 진동제어장치 및 시스템 개발과 관련된 기술력 증진을 바탕으로 우리나라와 유사한 건축물 환경의 국가에 대한 관련 제품의 수출가능성 확대 및 국가이미지 제고측면에서 필요함. ■ 중요 건물이나 역사유적물의 피해방지 필요	
6. 주요 연구 개발내용	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장 반복가력실험 ■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험 ■ 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발 ■ 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립	
7. 정부지원의 타당성	■ 노후화된 대부분의 건축물의 중저층 주택으로 민간자본에 의한 기술개발은 한계가 있으므로 정부차원의 기술개발에 대한 지원이 절실히 요구됨 ■ 진동제어장치에 대한 표준적인 설계프로세스나 기준은 정부차원의 지원이 필요함	
8. 기술확보 전략	■ 해석 및 평가 모델을 초기에 구축하여 축소 및 실물 실험을 통해 진동제어장치의 성능을 검증과 동시 안정성확보 ■ 전문가의 의견 수렴 및 공청회	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	**최종성과물**	■ 진동제어장치의 기존구조물 적용을 위한 설계지침 ■ 진동제어장치의 기존구조물 적용을 위한 설계프로세스 ■ 진동제어장치의 기존구조물 적용을 위한 설계검토 지침

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">■ 진동제어장치를 사용한 설계 및 시공기술 지침 및 사업체계 관리 까지의 총체적인 기술지침 제시
■ 새로운 시장개척 및 가치창출 및 진동제어장치를 사용한 구조물의 설계기준 제정에 필요한 기초자료 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도</td><td>2차년도</td><td>3차년도</td><td>4차년도</td><td>5차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>70.5</td><td>256.6</td><td>357.2</td><td>556.9</td><td>256.6</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>70.5</td><td>256.6</td><td>357.2</td><td>556.9</td><td>256.6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,497.7</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10.2 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,497.7</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">■ 기존구조물의 구조안전성 향상에 기여할 수 있는 진동제어 장치를 제시하여 지진을 포함한 기후변화에 따른 재난으로 인한 인명, 경제적 피해 최소화에 기여함.
■ 기존구조물의 구조안전성 향상에 기여할 수 있는 진동제어 장치 표준화에 기여함.
■ 진동제어 장치 관련 제작회사 산업경쟁력 확보에 기여함.</td></tr>
</table>

다. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축

1. 과제명	**3-1 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구**	
2. 연구개발 목표	■ 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 ■ 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 ■ 소규모건축물 구조기준 적용 확산을 위한 정부지원정책 마련	
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 우리나라는 “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙”에서 소규모건축물의 구조기준을 제시하고 있지만 이는 구조성능을 확보할 수 없는 유명무실한 구조기준으로 실무에서 전혀 반영이 되고 있지 않음 ■ 국토해양부에서는 건축법상 구조안전대상확인 건축물의 규모와 범위를 확대하는 건축법의 개정과 최근 수행된 “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 (국토해양부, 2010)”의 법제화를 추진하였으나 반영되지 않음 ■ 일본의 경우 소규모 건축물에 대한 최소 사양기준이 건축법에 명시되어 있고, 미국의 경우에는 IRC와 같이 주거용 건축물에 설계기준에서 표준 상세 및 사양 기준이 매우 상세하게 기술하고 있으며 설계/시공단계에서부터 완공 이후에도 주기적인 점검을 통하여 기준반영여부를 확인하는 통합 시스템을 운영하고 있음 ■ 유럽의 경우 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 별도의 제도를 마련하고 있지 않지만 건물 규모와 관계없이 내진성능을 포함한 포괄적인 설계기준을 구축하고 있음	
4. 기존기술 활용방안	■ 최근의 소규모건축물의 구조에 대한 연구는 (사)한국건축구조기술사회/(사)대한건축학회에서 수행한「소규모건축물 내진설계 개선방안 연구」와 그 부록「소규모건축물의 구조기준」이 있으나 아직 고시되지 않아 적용실적이 없지만 그 연구결과를 최대한 활용할 계획임. ■ 소규모건축물의 구조기준이 마련되어 있는 일본과 미국의 법제화 방안을 검토하여 활용방안을 모색	
5. 기술개발 필요성	■ 소규모건축물의 구조안전성 확보를 위한 구조기준의 설정을 통해 구조 안전성을 확보할 수 있는 최소 사양 구조기준이 마련되어도 법제화 방안이 마련되어 있지 않으면 유명무실한 연구 결과로 실무에서 사장될 가능이 큼. ■ 따라서, 현형 건축법 구성체계를 유지하면서 합리적이고 체계화된 소규모건축물 구조기준 관련 법제도 개선 연구가 필요함 ■ 또한, 소규모 건축물의 구조기준에 대한 법제화 방안이 마련된다 할지라도 설계자와 민간시공업자의 반발이 예상되므로 이를 최소화할 수 있는 행정적 절차와 정부지원정책을 마련할 필요성이 있음 ■ 아울러, 소규모 건축물에 대한 건축 인허가시 제정된 구조기준이 적합하게 적용되었는지의 여부를 확인할 수 있는 제도적 기틀 마련 필요	
6. 주요연구 개발내용	■ 국내외 소규모건축물 구조기준에 관한 법 적용 비교/분석 ■ 국내외 소규모건축물 구조안전성 확보를 위한 제도적/행정적 절차 분석 ■ 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 ■ 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 경제성 분석 ■ 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 ■ 소규모건축물 구조기준 적용 확산을 위한 정부 지원정책 마련	
7. 정부지원의 타당성	■ 소규모건축물의 구조안전성 확보와 활성화를 실현하기 위해서는 정부의 강력한 정책이 필요하며, 지방자치단체의 행정절차의 간편화를 통한 제도 마련이 필수적임 ■ 소규모건축물의 구조기준을 적용한 건축물에 대하여 세제해택, 세금 감면과 같은 정부의 지원정책이 마련되어야 실무에서 활성화가 가능함	
8. 기술확보 전략	■ 국토해양부, 지방자치부 등 운용 부처와 연계하여 추진 ■ 건축사, 구조기술사, 민간건설업자 등 건축실무 담당자의 공청회를 통한 의견 수렴	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	**최종성과물**	■ 소규모건축물 구조기준 법제화 방안 ■ 소규모건축물 구조기준 관련 행정제도 및 절차 개선안 ■ 건축 인허가시 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="5">할 수 있는 행정제도 및 절차
■ 소규모건축물 구조기준 적용 확산을 위한 정부지원 정책안
■ 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 경제성 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 소규모건축물의 설계/시공에 활용
■ 지방자치단체의 건축인허가에 활용
■ 기타 건축법 개정시 참고자료로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>124.4</td><td>305.8</td><td>0.0</td><td>273.5</td><td>232.6</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>124.4</td><td>305.8</td><td>0.0</td><td>273.5</td><td>232.6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">936.4</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">1-2, 4-5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">936.4</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">10.5 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">■ 소규모건축물 구조성능 확보율이 현행대비 현저히 증대
■ 정부의 소규모건축물 관리체계의 합리화 및 절차의 간소화
■ 소규모건축물 경제성 분석을 통한 민간건설업체 비용부담 최소화</td></tr>
</table>

1. 과제명	3-2 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발
2. 연구개발 목표	■ 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 분석을 위한 데이터베이스 구축 ■ 소규모건축물의 용도 또는 구조형식에 따른 표준화된 구조상세 및 테이블 개발 ■ 「소규모건축물의 구조기준(안)」 및 구조기준 해설 개발 ■ 소규모 건축물의 대표적 표준도면 제안
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 미국의 경우, model codes중 하나를 적용하여 소규모 건축물을 포함한 모든 건축물의 구조 및 내진 성능을 충분히 확보하도록 규정되어 있음. 단 1,2 가구의 단독 주택과 3층 이하의 연립주택은 International Residential Code(IRC)와 같이 소규모 건축물에 특화된 간소화된 code를 따를 수 있도록 함. 적용 방법에는 차이가 있지만 예외 없이 모든 건축물이 구조 성능을 확보하고 있음. ■ 구조 기준이 엄격히 적용되고 있는 미국에서도 최근에 국내의 소규모 건축물에 포함되는 지진에 의한 저층 건축물의 피해가 심각한 것으로 나타남 ■ 미국의 대규모 프로젝트에 의해 발간된 ATC와 FEMA보고서에서는 기존 및 신축 소규모 건축물의 구조 안전성 확보를 위한 가이드라인을 제시하고 있으나, 국내의 경우 선진국에 비해 소규모 건축물에 대한 연구가 거의 없는 실정임. 이에 따라 국내 건축상황에 적합한 간편화된 구조 설계법이 필요함 ■ 국내에서 다수의 소규모 건축물이 증축 등의 리모델링 공사 중 붕괴되어 인명피해를 발생함. 이를 통해 중력 하중에 대해서도 소규모 건축물은 충분한 구조 성능이 확보되지 않은 상태로 설계/시공/증축 등의 건축 행위가 이루어지고 있음 ■ 국내 소규모건축물은 건축법시행령에서 구조안전의 확인을 필요로 하지 않기 때문에 설계자는 시공과정에서 중력하중에 붕괴되지 않으면 준공 후에도 구조적으로 안전하리라는 잘못된 경험으로 설계함. ■ 시공자는 설계도서대로만 시공하면 된다는 안일한 생각으로 건설되고 있어 준공후의 추가 활하중 등 수직하중 뿐만 아니라 태풍 및 지진 등의 수평하중에 대하여 구조안전의 문제가 제기되고 있으나 소규모건축물의 골조시스템과 구조상세에 대한 기술개발과 연구가 거의 없음.
4. 기존기술 활용방안	■ 건축법시행령에 따라 그동안 소규모건축물은 구조안전의 확인을 요구하지 않아 기존 기술이 거의 없고 경험상의 현장공법만 존재. ■ 최근의 소규모건축물의 구조에 대한 연구는 (사)한국건축구조기술사회/(사)대한건축학회에서 수행한「소규모건축물 내진설계 개선방안 연구」와 그 부록「소규모건축물의 구조기준」의 연구결과를 최대한 활용할 계획임. ■ 국립방재연구소에서 수행된 일부 목조 건축물의 내진성능 평가기술이 개발되었으며, 이를 소규모 목조 건축물에 활용할 필요가 있음 ■ 또한 국립방재연구소에서 수행된 조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구, 조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현방안을 위한 연구, 지진피해 취약도함수 국산화 연구: 저층 구조물의 지진취약도함수 도출 기법 비교검토에 대한 연구를 소규모 건축물에 적용성검토를 통하여 활용할 필요가 있음. ■ 국내에서 강구조 및 철근 콘크리트 건축물에 대한 연구가 많이 수행되어왔지만 소규모 건축물에 국한된 연구는 실시되지 않음. 그러나, 3층 또는 5층 이하의 건축물을 대상으로 한 연구를 적극 활용하여 본 과제의 주요내용인 구조 상세의 테이블 개발 및 해석 연구에 반영 할 필요가 있음. ■ 국내 소규모 건축물중에 대다수를 차지하는 조적조(보강/무보강)건축물의 경우 FEMA306의 보고서에 언급된 건축물의 성능 평가 방법과 지침서를 참고하고, FEMA P-774의 보고서에서 언급된 무보강 조적조에 대한 시공시 주의사항 및 지진 안전성 확보를 위한 방안등을 참고하여, 우리나라 건축양식을 고려하여 활용할 필요가 있음 ■ 미국의 IRC2012는 1,2가구 단독 주택과 3층 이하 연립주택의 건축물에 대하여 구조상세를 규모 및 형태에 따라 테이블화하여 유동적으로 적용 가능하도록 함. IRC2012에서 구조 상세를 표준화시키는 과정을 참고하여 국내 소규모 건축물에 적합한 표준상세 개발에 활용
5. 기술개발	■ 2011년 동일본 대지진/쓰나미, 온난화에 따른 폭우, 산사태 등 최근 지진 및 기후의

<table>
<tr><td>필요성</td><td colspan="2">환경변화가 급속히 진행되고 있으며, 소규모 건축물의 피해현황이 큰 것으로 파악됨.
■ 서민과 주로 관련된 소규모 건축물의 피해는 경제적 손실뿐만 아니라 사회적 반향이 매우 크므로, 소규모 건축물의 구조적 안정성을 확보할 수 있는 최소한의 방안을 마련하여 향후의 재해에 대비할 필요가 있음.
■ 건축물의 위치, 중요도, 층수, 규모 그리고 형태 등을 고려한 구조 안전 사양기준의 적용 범위를 결정하여 경제성과 구조 안전성을 동시에 확보할 필요가 있음
■ 중력하중에 안전하게 구조 설계가 수행되더라도 지진에 의한 수평적 비정형성이나 수직적 비정형성으로 인한 비틀림 거동 및 일부 주요 부재에 응력집중으로 예상치 못한 결과를 초래 할 수 있음.
■ 구조 상세에 대한 정보 없이 증축등의 건축 행위를 하는 것은 시공시 안전사고를 발생시킬 수 있으며 추후에 사용자의 생명도 보장 할 수 없음. 표준 상세의 개발을 통해 추후에 행해질 수 있는 리모델링에도 매우 유용하게 사용될 수 있음
■ 국내의 건축물 중 85% 이상이 소규모 건축물에 포함되며 인력부족으로 현재 구조 엔지니어가 모든 건축물을 현재 기준에 따라 설계하는 것은 어려움. 표준 상세 및 매뉴얼의 개발은 구조 설계 등의 업무에 효율을 극대화 시켜 줄 수 있음.</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="2">■ 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 분석을 위한 데이터베이스 구축
- 소규모건축물의 용도/구조형식별 DB구축
- 소규모건축물의 구조재료별 골조시스템 및 시공 실태 현황 조사
■ 국외 소규모 건축물 관련 구조기준 분석 및 국내 적용성 검토
■ 소규모건축물의 구조기준 적용 범주 제안
- 지역 및 지반조건에 따른 소규모건축물 적용 하중 정의
- 소규모건축물의 골조 배치형태(비정형성)에 따른 문제점 파악
- 소규모건축물의 재료, 규모, 용도, 적용하중 및 구조배치형태에 따른 기준 적용 범주 제안
■ 사양중심의 소규모건축물 구조기준(안) 개발
- 소규모건축물의 구조재료/용도별 구조성능 기준 연구
- 수직하중에 대한 최소 사양 기준 제안 및 표준화
- 지진 및 폭설등 이상하중을 고려한 성능기준 및 해석적 방법론 연구
- 구조재료 및 비정형성을 고려한 설계요구조건 정립
- 구조재료/용도별 구조시스템 설계방안 정립
- 단순하고 경제적인 부재 및 접합부의 사양중심 설계 테이블화
- 경제성, 시공성, 설계편의성을 반영한 구조안전 사양 기준(안) 및 해설 개발
- 체크리스트, 매뉴얼, 예제 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="2">■ 경제적 측면: 자연재해에 의한 대규모 피해 방지 및 복구비용 절감 효과
■ 산업적 측면: 실무자를 위한 편리한 기준 및 상세 제공, 소규모 건축물 활성화
■ 정책적 측면: 주로 서민과 관련된 소규모 건축물을 대상으로 자연재해에 대한 최소한의 구조적 안전성을 확보를 통해 국가 안전망 수립
■ 상기 세가지 측면에서의 중요성과 더불어, 시장동력으로 수행하기에는 어려운 소규모 건축물이 대상이므로 정부가 지원해야 할 연구개발 기술임.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="2">■ 구조설계 현황 파악을 위하여 국토해양부, 지방자치단체 및 민간업체 협조 필요
■ 소규모 건축물의 건축설계 및 시공성을 반영하기 위하여 산, 학, 연 공동연구 필요</td></tr>
<tr><td>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td>■ 소규모 건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 데이터베이스
■ 소규모건축물의 용도 또는 구조형식에 따른 최소사양기준 정립
■ 소규모건축물의 용도 또는 구조형식에 따른 표준화된 구조상세 및 테이블
■ 소규모건축물의 기초형식별 표준 구조상세
■ 소규모건축물의 지하구조 지중구조부재별 표준 구조상세
■ 「소규모건축물의 구조기준(안)」 및 구조기준해설</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 실무자들로 하여금 사양중심의 소규모건축물 구조기준(안)을 간편하게 사용할 수 있도록 하여, 그동안 사각에 놓여있었던 소규모건축물의 구조안전성 확보
■ 기존 소규모 건축물의 구조 안전성 분석을 통해 보수/보강 계획 수립에 활용
■ 서민형 소규모건축물에 대한 현황 DB구축으로 인한 향후 정책적 조사/연구에 유용하게 활용될 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>406.6</td><td>438.9</td><td>434.1</td><td>375.0</td><td>248.6</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>406.6</td><td>438.9</td><td>434.1</td><td>375.0</td><td>248.6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,903.2</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,903.2</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">13.6 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 서민 주거형 건축물 및 근린생활시설로 널리 사용되는 소규모 건축물에 대한 구조 안전성 확보를 통한 재해시 인명 및 재산 피해 최소화
■ 기후변화 및 지진등의 재해에 대한 사회불안요소제거를 통해 서민들의 삶의 질 향상
■ 전 국토의 건축물에 대한 국가 안전망 수립에 기여
■ 국내 소규모 건축물의 설계 및 시공 기법의 선진화</td></tr>
</table>

1. 과제명	**3-3 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구**
2. 연구개발 목표	■ 기존 소규모 건축물의 용도 또는 구조형식별 구조안정성 평가 ■ 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구
3. 기술개발 및 산업 / 시장 동향	■ 국내의 경우, 건축법상 모든 건축물의 지진 등에 대한 구조안전을 확보하도록 규정되어 있으나, 현실적으로 지진 및 기후변화 등에 대하여 소규모 건축물의 안전 확보를 위한 기준 및 방안이 없음. 최근에 개정된 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙을 살펴보면 소규모 건축물(2층 이하, 연면적 1000m^{2}이하인 건축물)은 구조 안전성에 대한 확인절차를 명시하고 있지 않음 ■ 국토해양부를 중심으로 “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 (국토해양부, 2010)”가 수행되었지만 이를 뒷받침할 수 있는 실험적 근거를 제시하지 않음. ■ 미국에서는 대규모 프로젝트에 의해 국내 소규모 건축물에 널리 적용되는 목조/조적조에 대한 ATC와 FEMA보고서를 발간하였으며 주요 내용은 조적조 또는 목조 건축물의 구조 안전성 확보를 위한 가이드라인을 제시하고 이에 대한 실험을 통한 검증 및 실제 피해 현황을 통한 거동 분석을 포함하고 있음 ■ 또한, 미국의 International Residential Code(IRC)는 FEMA 등에 의해 수행된 연구 결과를 반영하고 있기 때문에 IRC로 설계된 건축물은 충분한 구조 안전성을 확보하고 있음 ■ 따라서, 국내 건축설계 및 시공실태를 반영한 소규모 건축물의 적절한 구조성능 평가가 수행되어야 함. 또한 한국형 소규모 건축물 사양기준 등에 대한 실험적 검증을 통하여 소규모 건축물의 최소 구조안전성을 확보할 필요가 있음
4. 기존기술 활용방안	■ 국내에는 소규모 건축물에 대한 연구 자료가 거의 전무한 실정이나 미국의 ATC 50-1과 ATC 50-2의 보고서, 또는 FEMA 307과 FEMA P-774 보고서에서 언급된 목조 단독주택과 조적조 건축물의 지진 거동을 참고하여 실험계획 등에 활용할 수 있음 ■ 중층 이상의 철근 콘크리트와 강구조 건축물에 대한 연구는 다양하게 수행되고 있음. 그러나, 이러한 연구의 결과들을 대부분 3층 이상의 건축물을 대상으로 하고 있으며 2층 이하의 건축물에 대한 연구는 거의 없는 실정임. 소규모 건축물에 적용되는 상세는 현재 수행되고 있는 연구와 상이할 것으로 예상되지만 기존 연구 내용을 벤치마킹 할 수 있음
5. 기술개발 필요성	■ 최근 국외에서 발생한 지진, 폭우, 산사태 등 최근 지진 및 기후의 환경변화가 급속히 진행되고 있으며, 소규모 건축물의 피해현황이 큰 것으로 파악됨 ■ 전문가에 의한 충분한 구조검토 없이 설계되는 소규모건축물은 비합리적인 설계가 되기 쉬우며, 특히 지진 등과 같은 이상하중에 대한 안전성을 담보하기 어려울 것으로 판단됨 ■ 따라서, 서민이 주로 사용하는 소규모 건축물의 피해 방지를 위한 연구는 서민의 인명손실 방지와 사회적 반향이 크기 때문에 반드시 수행되어야 함 ■ 기존에 실험적 검증 없이 제시된 기준 등을 고려한 소규모 건축물의 경우 증축등의 리모델링 공사시 구조 안전성의 미확보로 건축물이 붕괴되는 사고가 빈번함 ■ 국토해양부를 중심으로 “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 (국토해양부, 2010)”가 수행되었지만 이를 뒷받침할 수 있는 근거자료가 부족함. 실험등의 검증연구가 반드시 수행될 필요가 있음 ■ 기 연구에서 새롭게 개발 될 소규모 건축물 설계 테이블을 적용한 건축물의 구조 안전성을 검증할 필요성이 있음
6. 주요연구 개발내용	■ 소규모 건축물 구조상세의 적합성 평가 - 소규모 조적조/목구조(한옥제외)/강구조/철근콘크리트조의 구조적 특성 분석 - 면적/규모/형상 등을 고려한 대표 구조물 선정 - 소규모건축물의 수직하중에 대한 구조성능 평가 - 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 평가 ■ 사양중심 설계테이블의 실험적 검증 연구 - 소규모건축물의 수직하중에 대한 최소 사양기준에 대한 실험적 검증

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">- 면적/규모/형상 등을 고려한 사양별 상세에 대한 실험적 검증
- 조적조 소규모건축물의 벽량/벽률을 고려한 내진성능 검증
- 목구조(한옥제외) 및 강구조(경량철골조) 소규모건축물의 구조시스템/접합부에 대한 실험적 검증
- 끼움벽이 있는 철근콘크리트조 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 검증
- 지진하중에 대한 소규모건축물의 비구조재의 영향 평가
■ 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">■ 기후변화 및 지진 등에 대한 피해를 외국의 사례를 비추어보면, 소규모 건축물의 손상에 의한 사회적, 경제적 피해가 극심함. 따라서 이는 국민을 아우르는 공공적인 사안으로서 정부의 지원하에 연구개발 되어야 하는 사안으로 민간업체가 자발적으로 수행하기에는 어려운 소규모 건축물을 대상으로 하기 때문에 정부가 지원해야 할 기술임</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">■ 기존에 수행된 연구 등을 바탕으로 소규모 건축물의 구조성능 평가 및 검증에 적용가능성을 파악하여 활용함
■ 소규모 건축물의 건축설계 및 시공성을 반영하기 위하여 산, 학, 연 공동연구 및 지자체, 중소건축업자등의 협력 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">■ 소규모 건축물의 구조 성능 분석 보고서
■ 사양중심 설계안의 검증 보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 기존 소규모 건축물의 구조 성능에 대한 정보를 실무자와 공유하여 구조 설계와 시공시 이를 반영하도록 함
■ 새롭게 개발된 소규모 건축물의 설계 테이블의 구조 안전성 확보에 대한 증거 자료로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>187.1</td><td>584.0</td><td>591.1</td><td>500.9</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>187.1</td><td>584.0</td><td>591.1</td><td>500.9</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,863.1</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,863.1</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">13.3 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">■ 구조 안전성 확보를 통한 재난시 인명적, 사회적 손실 최소화
■ 체계적 기준을 통해 기존 과다설계의 경우 경제적 비용 절감 가능
■ 경제성과 안전성을 동시에 확보하는 소규모 건축물의 보급 확대
■ 자연재해에 대한 서민 거주 안전성 확보를 통해 사회불안요소 제거를 통해 삶의 질 향상</td></tr>
</table>

1. 과제명	**3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구**	
2. 연구개발 목표	■ 상부구조 형식에 대응하는 하부구조의 구조안전성 평가 ■ 지반조건에 따른 소규모 건축물의 하부구조에 대한 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	■ 기존 “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 - 제3장 소규모건축물의 구조기준”에서는 하부구조에 대한 구조기준이 마련되어 있지 않음 ■ 최근에 수행된 “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구(국토해양부, 2010)”에서는 하부구조 표준 상세가 제시되어 있지만 기존 일반구조 상세를 그대로 답습하고 있음 ■ 유럽의 구조설계기준(EUROCODE8-Part5)의 경우 기초, 옹벽, 지반에 대한 설계기준이 있으나 표준상세를 제시하고 있지 않음 ■ 미국의 주거용 건축물 설계기준(IRC)의 경우 건축물 기초에 대한 표준상세 및 설계테이블을 제공하여 구조성능을 확보할 수 있도록 제공하고 있음	
4. 기존기술 활용방안	■ “소규모건축물 내진설계 개선방안 연구 (국토해양부, 2010)”에서 제시한 하부구조에 관한 연구결과를 활용함 ■ 기존 일반 건축물 하부구조 연구내용을 활용하여 소규모건축물에 특화된 하부구조 구조성능 평가 기술에 활용함 ■ 미국의 “International Residential Code(2012)”를 분석하여 국내 적용성을 검토하여 활용함	
5. 기술개발 필요성	■ 우리나라의 “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙”에서 제시하는 소규모건축물 구조기준에서는 하부구조에 대한 규정이 마련되어 있지 않아 하부구조의 구조적 안전성을 확보할 수 없음 ■ 최근 해외의 대규모 지진 및 지반의 동결융해, 폭우로 인한 지하수위의 변동 등 기후변화에 대응한 지하구조의 안전성을 확보할 수 있는 최소한의 사양 기준의 마련이 필요 ■ 우리나라의 경우 산간지역이 많고 여름 장마철 폭우로 인한 산사태, 지반붕괴, 토사의 쓸림 등으로 인한 지하구조의 피해가 다수 발생하고 있으며, 지하구조의 피해는 상부구조의 붕괴에 직접적으로 연동되므로 지하구조의 구조안전성 확보에 대한 대책 마련이 시급함 ■ 건축물의 상부구조와는 달리 하부구조는 구조적 손상이 발생한 이후 보수 보강이 어렵기 때문에 신축시 구조 안전성 확보가 필수적임	
6. 주요연구 개발내용	■ 기존 소규모건축물 기초구조 및 지하구조의 구조성능 평가 ■ 국내 지반조건에 따른 기초 구조형식별(독립기초, 줄기초, 온통기초) 소규모건축물 표준 기초상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 ■ 국내 지반조건에 따른 각 지중구조부재별(지중보, 지중벽체) 소규모건축물 표준 지하구조 상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 ■ 개발된 표준 하부구조에 대한 현장 적용 실험을 통한 구조성능 평가 및 검증 ■ 산간지역과 산사태 위험지역에 위치한 소규모건축물의 하부구조 피해방지를 위한 공법 개발	
7. 정부지원의 타당성	■ 기초와 지하외벽과 같이 지반에 접해 있는 지하구조물의 경우 건축물 사용연한이 끝날 때까지 영구히 지속되는 구조부분으로서 자연재해 또는 구조내력 부족으로 인한 사용연한 내의 손상 발생시 상부구조에 비해 보수가 어렵고 복구비용이 현저하게 증가되므로 정부 주도의 연구와 관리가 필요함	
8. 기술확보 전략	■ 국내 학계 및 구조기술자 등의 전문가 그룹 뿐 만 아니라 민간 시공업자의 참여를 유도하여 실무적이고 실용적인 지하구조 표준 상세를 제시	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	**최종성과물**	■ 소규모건축물의 기초형식별 구조 성능 분석 보고서 ■ 소규모건축물 하부구조에 대한 사양중심 설계안의 검증 보고서

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">■ 소규모건축물 하부구조기준의 설계 테이블 작성에 활용
■ 소규모건축물의 지하구조물 설계 및 시공에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>447.5</td><td>426.9</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>447.5</td><td>426.9</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">874.4</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">2 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">874.4</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">14 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및
파급효과</td><td colspan="7">■ 지하구조물의 구조안전성이 확보되어 자연재해로 인한 건축물 붕괴 가능성 예방
■ 설계 표준화로 인한 지하구조물의 보수 및 유지관리가 용이</td></tr>
</table>

3.3.3 후보과제 중복성 검토

가. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
1-1 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 지진하중의 정의와 내진 설계스펙트럼 개선 ■ 설계기준에 적용할 기후변화 하중의 정의	■ 유사 과제 없음		■ 지진 및 기후변화 하중과 관련된 유사과제 없음
1-2 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	■ 해외 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 ■ 우리나라 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계기준 개발 ■ 우리나라 건축물에 대한 능력 설계법의 도입가능성 연구 ■ 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 연구 ■ 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 내진설계 기준 수립 ■ 진동제어 구조시스템 설계기준(안) 제시	■ 한반도 지진특성을 고려한 시설물 기초 지반의 내진설계기술 개발 2007~2010	■ 지진시 국내지반조건에서의 지반 증폭현상 평가 및 실험 ■ 국내지반의 재분류 및 부지 고유의 설계응답스펙트럼 작성 ■ 기초지반 내진설계기준 보완	■ 유사 과제는 기초 및 지반의 설계스펙트럼 작성을 주요 목표로 하며, 본 기획연구와 일부 유사한 내용이 있음. 따라서, 위 연구내용 중 지반 스펙트럼 개발 내용을 본 기획연구의 내용에 반영하여 연계하고, 건축물의 내진설계를 위한 구조설계기준 개정에 활용하여 개발할 필요가 있음.
		■ 에너지흡수효율 극대화를 위한 면진장치 및 최적면진구조 설계기술 개발(포항산업과학연구원)	■ 국내 지진환경을 고려한 면진장치와 제진장치가 결합된 면진장치를 개발하고 성능평가 후 최적면진시스템 도출에 관한 연구	■ 다양한 건축물에 대한 적용성 검토 미비 ■ 다양한 진동제어장치에 대한 통합적인 설계기술 개발 미비
1-3 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 연구	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 표준내진상세 개발 구조-비구조 요소 간 일체성확보를 위한 interaction 모델 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계 기준 국가 차원의 의료시설 비상 네트워크 개발	■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 지진 후 성능보장과 관련된 유사 과제 없음		■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 지진 후 성능보장과 관련된 유사 과제 없음
	■ 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화 ■ 기존 비구조재의 지진/풍하중에 의한 응답 평가 ■ 건축용 비구조재의 성능수준별 강도 및 변형 기준 정립 ■ 천장틀 등 현수형 비구조재의 구조성능 향상법 개발	■ 건축물 천장구조의 세계표준화를 위한 Clip 및 auto-locking sys.개발, 2007.산학연 공동기술개발	■ 자동식 체결 클립 개발	■ 본 과제는 천장틀 시스템 개발과 관련된 과제로 지진 및 기후변화와 관련해 기존 비구조재의 평가 및 성능개선 등과 관련된 유사 연구사례는 없음.

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
	■ 비내력 벽체, 커튼월 등 벽체형 비구조재의 내진, 내풍성능 향상법 개발 ■ 엑세스 플로어 등 바닥 상부 고정형 비구조재의 내진성능 향상방안 도출			
	■ 설계기준의 범위를 벗어난 새로운 건축 구조시스템의 내진 설계기준 수립 ■ 건축물의 효율적인 지진 해석법 연구 ■ 비선형 해석 software를 사용한 다양한 형태의 건축구조물의 내진특성평가지진거동 예측 해석법 및 software 개발 ■ 경제성을 최우선으로 한 건축물의 내진설계 및 보수보강법 개발	■ 수직 및 수평 비정형 고층 공동주택의 내진성능 평가, 2009-2012 중견연구자 지원	■ 비정형을 갖는 고층 공동주택 횡력저항시스템 조사 및 분류 ■ 지진하중 산정 및 내진성능평가방법 개발 ■ 내진설계계수의 제안 ■ 주요부재의 실험	■ 유사 과제는 비정형 공동주택을 주로 다루며, 본 기획연구에서 제안된 과제는 설계기준의 범주를 벗어난 건축 시스템의 전반적인 내진설계를 다루므로 차별성이 있음.
1-4 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선	■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화 ■ 신축 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화 ■ 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비	■ 유사 과제 없음		■ 지진 및 기후변화 하중과 관련된 유사과제 없음
1-5 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	■ 학교건물 (콘크리트 골조) 모의진동실험 ■ 아파트 (전단벽+무량판) 모의진동실험 ■ 모멘트골조 (강구조) 모의진동실험 ■ 가새골조 지진모의실험 ■ 국내 얇은 구조벽체에 대한 부재실험과 부재내진특성 연구	■ 지진모의실험을 통한 고층 철근콘크리트 공동주택의 내진특성 평가 2009~2012	■ 고층 RC공동주택 지진모의 실험 예비연구 ■ 15층 규모 내력벽식 RC공동주택 지진모의실험에 의한 내진특성평가 ■ 필로티를 갖는 내력벽식 구조의 내진특성 평가 ■ 30층 주택 평가 ■ 공동주택 내진안전성 평가	■ 유사 과제는 철근콘크리트 공동주택에 대한 지진모의실험을 평가를 주로 다루며, 본 기획연구에서는 주거용 외의 일반적인 국내 건축물의 진동특성을 모의진동실험을 통해 평가함
1-6 진동제어장치를 이용한 건축물 설계프로세스	■ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험	■ 점탄성 제진요소의 해석, 시험, 및 응용기술 개발(한국과학기술원)	■ 점탄성 제진요소에 대한 시험과 해석기법 개발	■ 요소기술에 대한 연구로 건축물과의 상호작용에 관한 연구 미비

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
개발과 실증적 성능평가	■ 진동제어 구조시스템의 진동성능 파악을 위한 진동대 실험 ■ 진동제어장치의 동적응답파악을 위한 반복가력실험 ■ 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 ■ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 ■ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립	■ 건축 면진용 IRB 개발(원사프트정공)	■ 건축구조물용 슬라이딩 면진장치 개발과 성능평가	■ 장치개발에 초점이 맞추어져 다양한 구조물에 대한 적용성 연구 미비
		■ 내구성이 우수한 면진/내진 장치용 폴리우레탄 디스크 제조기술 개발(주원테크)	■ 국내지진환경을 고려한 폴리우레탄 디스크 면진장치를 개발하고 내진성능 평가	■ 장치개발에 초점이 맞추어져 다양한 구조물에 대한 적용성 연구 미비
		■ 내진성능 향상을 위한 건축용 제진장치 개발(동양대학교 산학협력단)	■ 제진장치의 특성을 분석하여 건축물에 적합한 제진장치 개발	■ 제진장치 개발이 연구 초점이므로 제진장치의 사용으로 인한 구조물의 성능평가법 제시 부재
		■ 대형구조물의 안전성 및 사용성 향상을 위한 경량 스마트 진동제어 장치(서일대학교 산학협력단)	■ 구조물의 진동제어가 가능한 소형 스마트 진동제어 장치 개발과 현장 적용성 검토	■ 다양한 진동제어 장치에 대한 연구데이터 부족과 대형구조물이라는 한정된 목표에 적용성 검토
		■ 5층 철골건물의 지진응답 구현에 기반한 자기유변댐퍼의 통합성능 평가 (단국대학교 산학협력단)	■ 실물크기의 자기유변댐퍼의 현장적용성을 검증하고 통합제진기술을 확립하기 위한 연구	■ 진동제어장치로 자기유변댐퍼만 사용하여 장치의 제한성과 5층 철골건물을 대상으로 하여 대상건물이 한정적임
		■ 내진 및 내풍 대책으로 적합한 신개념 스마트 제진장치의 실용화(세종대학교 산학협력단)	■ 스마트 제진장치의 개발과 설계절차 및 표준화 연구	■ 능동형제진장치의 요소기술에 대한 연구로 수동형제진장치에 대한 연구 미비
		■ 건축 구조물의 스마트 진동제어기술 개발 (단국대학교 산학협력단)	■ 능동형 진동제어장치를 이용한 건축구조물의 진동제어 기술에 관한 연구	■ 수동형 진동제어장치에 대한 고려가 없으며, 광범위한 건축구조물에 대한 해석적 연구 부재
		■ 제진구조물 설계절차 개발 (서울시립대학교 산학협력단)	■ IDA방식을 이용한 제진구조물의 설계절차 개발	■ 한국의 현실적 상황에 대한 미흡한 반영
		■ 건축구조물의 진동제어 기술개발에 관한 연구(서울대학교)	■ 수동형 진동제어장치를 이용한 최적 알고리즘 구현에 관한 연구	■ 진동제어장치의 다양성 결여

나. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조 안전성 확보 기술 및 제도 개발

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	■ 구조적 피해를 입은 건축물의 피해도를 평가하여 복구여부를 판정하는 지침 개발 ■ 긴급 및 영구복구를 위한 보수/보강 지침 개발	■ 긴급대응형 재난대피시설물 개발 (세명대학교 산학협력단, '11.9~'14.9)	■ 지진, 쓰나미, 태풍, 방사능 유출, 한파, 한서 등 극한환경에 대비해 긴급 재난대피시설물을 개발 ■ 대규모 재난지역에 긴급히 설치할 수 있는 이동전개 가능한 재난대피시설물의 제작, 이동, 설치, 해체 방법을 제시.	■ 본 유사과제는 재난 및 재해 발생시 긴급대응형 재난대피 시설물 내지는 임시거주공간 시스템을 개발 연구로써 본 연구에서 목적으로 하고 있는 재난발생 후 신속대응 시스템 및 긴급보수방법을 제시하는 기술과는 연관성을 논하기 어려움.
		■ 재난·재해 대비 임시거주공간 시스템 개발 (한국건설기술연구원, '11.7~'14.7)	■ 재난재해 구호용 modular housing 모델 연구개발 및 modular town 운영시스템 구축 ■ 전쟁재난 시 지하철역의 임시거주공간 전환 시스템 개발	
		■ 우리나라 중`저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수보강법 연구 (고려대학교 산학협력단, '96.11~'01.6)	■ 5층 이하의 우리 나라 철근 콘크리트 건축물의 지진피해 예측 ■ 지진피해를 받은 건축물의 안전 진단 후 재사용여부 판단 기준 정립 ■ 재사용시 효율적인 보수보강기법 제시	• 기존 연구는 콘크리트 건축물을 대상으로 하나 후보과제는 조적조 건물등을 포함하는 포괄적 연구임. • 기존 연구는 피해 건물 재사용을 위한 위한 보수보강을 위한 것이나 본 과제는 지진 시 긴급복구 방안을 개발하는 것이 차별화되는 부분임.
	■ 효율적인 기존 건축물 구조성능 확보를 위한 보강 우선순위 판정지침 개발 ■ 공공 및 민간 건축물 구조성능 평가 및 보수보강 절차의 가이드라인 개발 ■ 공공 및 다중 이용시설의 구조안전 표시제도 및 활용방안 개발 ■ 다중 이용시설의 구조성능 확보에 관한 사회적 책임 부여 제도 개발 ■ 민간 건축물 구조성능 보강 시 인센티브 부여 제도 개발	■ 주요 시설물의 내진설계기준의 재정비 (한국건설기술연구원, '00.9~'01.12)	■ 도시철도, 공항시설의 내진설계기준 제시 ■ 지진경보시스템 구축 및 시설물별 생애주기 및 공사비 분석 ■ 교량 및 건축물의 내진성능 평가방법	• 후보과제는 내진성능 평가 기술이 아닌 관련 절차와 제도에 관한 연구로서 기존과제와 전혀 다른 분야의 과제임.
		■ 건축물의 내진설계 제도 및 피난거리 개선연구 (대한건축학회, 한국지진공학회, '07.11~'08.11)	■ 기존 건축법 및 내진설계 관련 제 규정의 문제점 및 개선방향 제시 ■ 주요 건축물 유형의 내진성능 평가 및 보강방안 제시	• 기존 과제는 신축건물 내진설계 관련 제도가 연구 대상인데 반해 후보과제는 기존건축물 구조성능 관련 제도에 관한 연구임 • 후보과제는 기술이 아닌 제도에 관한 연구임
		■ 공공임대주택의 주거환경개선을 위한 리모델링 기술적용 및 법제도연구 (전남대학교, '11.9~'14.9)	■ 지방도시 공공임대 주택의 공유공간 확장형 리모델링 기술 ■ 리모델링 기술 보급과 커뮤니티 재생을 위한 지원정책 및 제도 연구	• 후보과제는 임대주택 뿐만이 아닌 건축물 전반의 구조성능 보강을 촉진하기 위한 것으로서 연구범위에서 차별화가 됨. • 후보과제는 주거환경 전반이 아닌 구조안전 집중적 연구

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
		■ 집합건축물의 유지관리 제도개선 (한국시설안전공단, '04.7~'06.7)	■ 집합 건축물 운영과 유지관리 실태 기반 최적 보수/보강 기법 ■ 효율적 유지관리 위한 라이프 싸이클 관점의 지침, 기준, 제도 개선	• 후보과제는 건축물 구조성능 보강을 촉진하기 위한 것으로서 안전성 개선을 목적으로 제도를 개발하는 것이나 기존 연구는 주거환경의 개선 및 유지비용 절감에 관한 제도 연구로서 연구목적이 상이함.
		■ 국가 내진성능 목표설정 연구개발 (서울대학교, '07.8~'09.5)	■ 해외 지진대책 및 국내 내진성능 연구동향 ■ 우리나라 지진재해도 검토 및 국가내진성능 목표 설정 ■ 시설물 별 내진성능 목표 설정	• 기존연구는 각종 시설물의 내진성능 목표에 관한 것이고, 후보과제는 건축물 재해위험도 저감을 위한 실질적 제도와 정책을 개발한다는 점에서 차이가 있음.
2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	■ 국내 기존 건축물 재료강도 데이터 베이스 구축 ■ 국내 건축물 특유의 상세를 가진 주요 구조요소의 성능평가데이터 구축 ■ 국내 건축물의 구조적 특성을 반영할 수 있는 구조성능 평가모델 개발 ■ 국내건축물의 성능평가용 주기식 개발 ■ 국내 기존건축물의 성능기반 평가지침 개발	■ 기존 건축물의 내진성능평가 및 향상요령 보완 개정 (한국시설안전공단, '09.1~'10.12)	■ 기존 건축물(주로 저층구조물)의 내진성능평가 및 향상요령 제안	■ 본 후보과제는 유사과제와 달리 한국적 특수성을 가진 국내 건축물 구조성능에 대한 실증적 자료를 제시하고, 평가판정 기준에 이를 반영하도록 함. ■ 본 후보과제는 '요령'이 아닌 법제화된 '기준'을 개발하는데 목표를 둠.
		■ 국내 벽식 공동주택의 기본주기 실측에 관한 연구 (단국대학교, '09.5~'10.4)	■ 고층 공동주택을 대상으로 상시미진동시의 주기계측 및 설계식과의 비교	■ 유사과제는 국내의 공동주택을 대상으로 하고 있으나 지진이 아닌 상시미진동시의 주기산정에 한정됨
		■ 필로티형 저층 RC 집합주택의 내진성능평가 및 사전.사후 내진 보강법 개발 (고려대학교, '07.9~'10.8)	■ 연층/약층 및 비틀림 비정형성을 가진 비내진 필로티형 저층 집합주택의 내진성능의 평가	■ 유사과제는 각기 특수한 구조형식(필로티, 목조, 저층 RC조)만을 대상으로 하고 있음. ■ 유사과제는 평가개념에 따른 내진성능 평가법이 아닌 서로 다른 평가법의 개념(내진설계기준, 일본의 내진평가기법)에 따른 내진평가법을 제안함. ■ 본 후보과제는 한국적인 특수성을 가진 국내의 건축물을 포함한 모든 구조형식에 적용되는 성능기반 내진평가 기법을 개발하고 '기준'으로서 법제화하는데 목표를 두고 있다는 점에서 유사과제와 차별화됨. 다만, 기존과제에서 수행한 실험데이터는 활용가능함.
		■ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (국립방재연구소, '09.1~'09.12)	■ 목조건축물의 실측 및 동특성계측, 부재실험을 통한 내진성능의 평가	
		■ 전단 및 휨파괴형 부재가 혼합된 저층 철근콘크리트 건물의 내진성능 평가법 (한남대학교, '04.11~'07.11)	■ 장주, 단주, 전단벽이 혼합된 저층 철근콘크리트조 건물의 내진성능 평가	

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	■ 기존 주요 공공 건축물의 기능 유지를 위한 보강 기준 개발/ ■ 민간 취약 건축물의 인명 안전을 위한 최소 비용 보강 기준 개발/ ■ 신축 건축물과 동등한 수준의 기존 건축물 구조보강 표준상세 및 설계기준 개발	■ 도심지 내 중, 저층 주요시설물(학교, 병원 등)의 응급복구 내진보강기술 개발 (경상대학교 산학협력단, '11.9~'14.9)	■ FRP 내력 패널 개발	■ 본 후보과제는 특정 구조 보강재의 개발보다는 건물의 용도에 특화되어 경제적으로 적정 성능 수준을 확보하기 위한 보강설계 방법 및 보강방법 선정 지침을 제시하고 법제화된 보강설계 기준을 개발하는데 차이가 있음.
		■ 카본복합재료를 이용한 노후벽식 공동주택의 리모델링을 위한 구조부재의 성능향상을 통한 내진성능 확보(경희대학교 산학협력단, '04.12~'05.12)	■ 카본복합재료 개발	
		■ 우리나라 중`저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수보강법 연구(고려대학교 산학협력단, '96.11~'01.6)	■ 건물유형별 성능평가/ 미국 FEMA, 일본 내진진단법 적용/ 일본 내진진단법으로 보강	■ 후보과제는 건물 유형별로 성능평가 및 보강 방안에 접근하는 방식은 수용하되 보강 전후의 건물 모두를 동일한 절차에 따라 성능평가를 수행하는 통일성 있는 보강설계 기준 개발
		■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단, '99.12~'02.12)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상법 정리	■ 후보과제는 실제 활용 가능한 구체적인 보강설계 방안을 법제화된 '설계기준' 형태로 제시하도록 한다는 점에서 기존 연구와 차이가 있음.
		■ 조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구 (방재연구소, '09.1~'09.12)	■ 조적조 내진보강기법 분석	■ 후보과제는 민간 건물에 맞는 보강기법을 추출하여 보강된 건물의 성능향상 수준을 평가하고 설계지침과 시방서를 제시함.
		■ 조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너 종합건축사사무소, '05.7~'07.7)	■ 조적조 실태 파악/ 조적조 재료 실험/ 조적조 보강방안	
		■ 기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상요령 (한국시설안전공단, '09.1~'10.12)	■ 내진성능평가 및 향상법 제공	■ 기존 과제는 내진성능 향상요령이 개론 수준의 내용을 담고 있어서 실무 적용에 한계가 있으나 본 후보과제는 건물의 용도 및 중요성에 따른 특화된 성능개선 방안 개발함. ■ 본 후보과제는 '요령'이 아닌 법제화된 보강설계 '기준'을 개발하는데 목표를 둠.
		■ 리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및	■ 내력벽 실험 / 댐퍼 보강	■ 본 후보과제는 비용을 최소화하고 성능을 극대화하는 보강 방안을 제시하고 최종적으로는 법제화된

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
		차세대 보강기술 개발 (단국대학교, '02.6~'07.6)		보강설계 기준을 개발하는데 차이가 있음.
2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	■ 기존건축물 구조성능 평가절차의 실무적용을 위한 전산화 기술 개발 ■ 기존건축물 보수보강설계의 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발 ■ 구조모니터링 연계 실시간 구조해석 및 성능평가 기술 ■ 실무자 기술자 및 관련 공무원 대상의 특화된 구조성능 개선절차 교육프로그램 개발 ■ 성능기반 평가기준의 테스트베드 적용	■ BIM기반 RC구조와 강구조 표준상세 및 데이터베이스 구축 (한국건축구조기술사회, '10.12~'12.07	■ 개방형 BIM 기반 설계단계별 골조설계 지침서 ■ 개방형 BIM 기반 설계단계별 구조설계도서 지침서 ■ RC구조 배근상세 데이터베이스와 강구조 접합상세 데이터베이스 ■ 한국형 골조설계정보 개방형 정보모델 ■ 개방형 BIM 기반 골조설계 교육프로그램 및 교재 ■ 한국형 골조설계정보 개방형 정보모델의 표준화이다	■ 기존과제는 설계단계에서의 BIM기반 구축 및 데이터베이스 구축에 중점을 두고 있지만 본 과제에서는 유지관리 및 구조보강을 위한 BIM활용에 그 목적이 있으므로 차별성이 있음
		■ 교량의 건전성 평가를 위한 IT 기반 스마트 계측 및 모니터링 시스템의 개발	■ PSC 교량의 스마트 계측 및 현장적용 ■ PSC 교량의 손상에 따른 거동 해석엔진 ■ 계측신호를 활용한 위험경보 및 모니터링, 건전성 평가기법 개발	■ 기존과제는 교량의 유지관리를 위한 시스템개발에 그 목적이 있지만 본 과제에서는 건축물을 그 대상으로 하고 있으며 또한 상시 유지관리보다는 재해시 피해 건축물의 대응책 제시에 중점을 두고 있음
		■ 건설교통분야 연구인력 양성 프로그램 개발	■ 건설교통 R&D의 현황과 미래전망에 근거한 현실성 있는 인력양성 프로그램 개발 ■ 건설교통 R&D의 발전에 기여할 수 있는 실효성 있는 인력양성 프로그램 개발 ■ 필요 예산 확보 및 실행 가능한 구체적 인력양성 프로그램 개발	■ 기존과제는 연구인력을 양성하기 목적인데 반하여 본 과제에서는 실무자를 대상으로 교육하는 프로그램을 개발함
2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능 향상기술 개발	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장 반복가력실험 ■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험 ■ 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발 ■ 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립	■ 리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발 (단국대학교 산학협력단, '02.6~'07.6)	■ 면진/제진장치를 이용한 노후화된 공동주택 보강기술에 관한 연구	■ 기존 구조물의 최적보강시스템 제시와 관련 기준(안) 개발이 목표인 본 연구과제에서는 다양한 진동제어장치에 대한 성능을 제시하므로 차별성이 명확함
		■ 물탱크를 이용한 기존 공동주택의 진동제어 기술 개발 (단국대학교	■ 간편한 방식을 이용하여 기존 공동주택의 진동제어 방식에 관한 연구	■ 유사과제는 제한적인 진동제어방식 사용하였으며, 진동성능 또한 한정적임

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
		산학협력단, '03.12~'06.12)		
		■ 에너지소산형 접합부를 가지는 외부골조 신설형 학교건축물 내진보강기술 (인천대학교 산학협력단, '10.5~'13.4)	■ 에너지소산능력이 있는 접합부를 가진 외부골조에 대한 학교건축물 내진보강 기술 개발	■ 유사과제는 학교건축물이라는 대상건물이 제한적
		■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단, '99.12~'02.12)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 본 후보과제는 단순 정리를 넘어서 건물의 특성에 맞는 실제 적용가능한 성능평가 및 보강 방안 제시하여 차별성을 둠

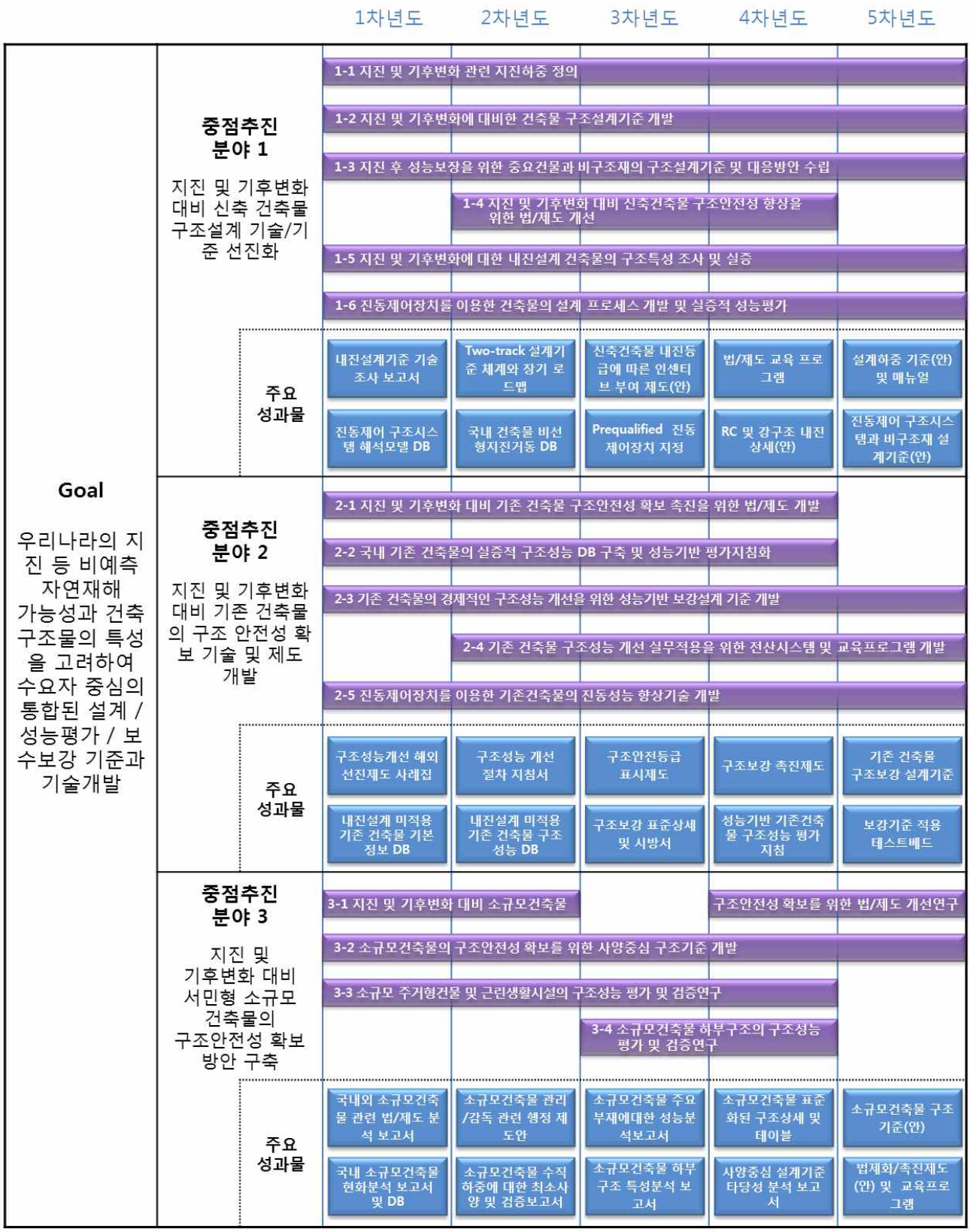
다. 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보방안 구축

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ 국내외 소규모건축물 구조기준에 관한 법 적용 비교/분석 ■ 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 ■ 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 타당성 분석 ■ 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 ■ 소규모 건축물 구조 기준의 정부 지원 정책 방안 제시	■ 내진설계기준연구 (한국건설기술연구원 1997)	■ 지진에 대한 구조물의 성능 목표 및 기술 기준 제시	■ 모든 건축물을 대상으로 하는 것이 아닌 소규모 건축물에 가장 합리적인 기준 및 성능 목표 제시
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	■ 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공실태 분석을 위한 데이터베이스 구축 ■ 지역 및 지반조건에 따른 소규모건축물 적용하중 정의 ■ 소규모건축물의 재료, 규모, 용도, 적용하중 및 구조배치형태에 따른 기준의 적용 범주 제안 ■ 수직하중 및 이상기후에 대한 최소 사양 기준 제안 및 표준화 ■ 지진 및 폭설 등 이상하중을 고려한 성능기준 제시 및 해석적 방법론 연구 ■ 단순하고 경제적인 부재 및 접합부의 사양중심 설계 테이블화 ■ 경제성, 시공성, 설계편의성을 반영한 구조안전 사양 기준(안) 및 해설 개발 (체크리스트, 매뉴얼, 예제 개발)	■ 기존 건물에 대한 내진성 평가기법 개발 (한국시설안전공단, 2011)	■ 국내외 내진성능평가 및 향상 방법 정리	■ 모든 건축물을 대상으로 하는 내진성능평가 기법이 아닌 소규모 건축물 전용 내진성능평가 방법 개발과 기존 방식의 간략화
		■ 국내 건축구조물의 지진취약도함수 개발 (방재 연구소, 2009)	■ 지진피해 추정을 위한 시설물의 개별 특성에 따른 지진취약도함수 개발	■ 소규모 건축물에 적합한 내진성능평가 방법과 더불어 구조 성능평가 방식을 제시
		■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 ((사)구조기술회, (사)대한건축학회, 2010)	■ 기존 표준접합상세지침의 문제점과 개선방향 언급 ■ 지진하중에 저항하기 위한 기존 소규모 건축물 구조 상세의 문제점과 개선방향 언급	■ 현재 소규모 건축물 관련 표준접합상세지침은 전체 건축물을 대상으로 하므로 소규모 건축물에 국한된 건축물의 표준 접합부 상세 개발과 이에 적합한 인증방안을 제시. ■ 구조 성능에 영향을 줄 수 있는 벽체 또는 계단 등의 요소를 감안한 소규모 철근 콘크리트 건축물에 보다 실용적인 표준 상세 개발을 목표로 함.
		■ 목조건축물의 내진성	■ 미국과 일본에서 사	■ 국내 상황에 적합하고 효율적으

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
		능 평가항목 개발을 위한 조사연구 (방재연구소, 2009)	용하는 내진 진단법을 분석하여 일반적 평가항목과 구조적평가항목으로 분류하여 내진성능평가 방법을 제안	로 내진성능을 파악할 수 있는 목조 건축물에 대한 내진성능평가 방법을 제시
		■ 조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너스 주택연구소, 2006)	■ 국내외 조적조 건축물의 지진피해 현황 조사 ■ 국내 조적조 건축물의 벽량, 규모등을 정리	■ 소규모 조적조 건축물에 적합한 구조 안전성 평가 및 구조 상세 제시 ■ 구조 성능에 영향을 미칠수 있는 다양한 요인을 제시하여 이를 연구에 반영
3-3. 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 선정된 재료별 대표 소규모 건축물의 구조 특성 분석 ■ 기존 소규모건축물의 수직하중 및 횡하중에 대한 구조성능 평가 ■ 구조재료별 사양중심 설계테이블의 실험적 검증 연구 ■ 지진하중에 대한 소규모건축물의 비구조재의 영향 평가 ■ 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석	■ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (방재 연구소, 2009)	■ 목조 골조-철근콘크리트벽체를 적용한 실험을 통해 내진거동 분석	■ 기존 연구과제는 한옥을 대상으로한 전통 목구조 건축물의 내진성능 검토에 대한 실험이며 본 연구과제에서는 한옥을 제외한 서양식 목구조를 대상으로함. 또한, 벽체를 포함한 주요구조부재 수준의 실험적 연구를 수행할 예정.
		■ 필로티형 저층 RC 집합주택의 내진성능평가 및 사전.사후 내진보강법 개발 (고려대학교, 2008~2010)	■ 비정형성을 갖는 저층 RC 집합주택에 대한 축소 실험을 통한 구조물의 거동 분석 및 성능 평가	■ 기존 연구과제는 5층 비정형 철근콘크리트조 건축물에 대한 실험적 연구로서 2층 소규모 건축물에 대한 실험적 연구를 수행하며 수직 비정형외에 수평비정형(평면)에 대한 영향을 반영
		■ 조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구 (간삼파트너스 주택연구소, 2006)	■ 조적조 건축물의 기초재료 실험 평가(모르타르, 벽돌 등) ■ 형상비에 따른 벽체의 실험적 구조성능 평가	■ 기존 연구과제는 형상비에 따른 구조성능을 실험적으로 분석한 것으로 본 과제는 벽량 등을 고려한 횡 저항능력 검토를 위한 실험적 연구와 개발된 표준상세를 적용하여 성능을 검증하는 실험이 주요 내용임.
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 기존 소규모건축물 기초구조 및 지하구조의 구조성능 평가 ■ 국내 지반조건에 따른 기초 구조 및 지하구조에 대한 소규모건축물 표준 상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증	■ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 ((사)구조기술회, (사)대한건축학회, 2010)	■ 기존의 조적조 및 콘크리트 벽체에 사용된 기초의 최소 사양기준의 제시	■ 기존에 개발된 표준 기초상세는 층만 고려하여 결정되었지만 건축물의 규모, 높이 그리고 지반조건에 따른 기초의 표준 상세를 다룸

본 과제		유사 국가 R&D 과제		차별성
세세부 과제명	주요내용	과제명	주요내용	
	■ 개발된 표준 하부구조에 대한 현장 적용 실험을 통한 구조성능 평가 및 검증 ■ 산간지역과 산사태 위험지역에 위치한 소규모건축물의 하부구조 피해방지를 위한 공법 개발			

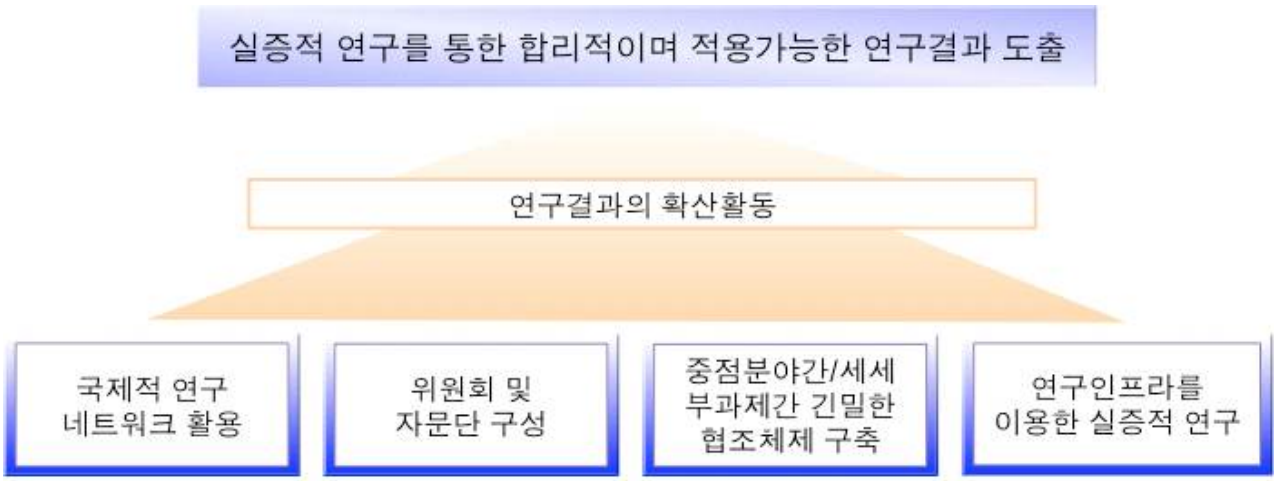
3.4 연구개발과제 및 로드맵



3.5 연구추진체계

○ 실증적인 연구를 통한 합리적이며 적용가능한 연구결과 도출을 위한 연구추진체계는 아래와 그림과 같으며, 주요 연구추진체계는 국제적 연구네트워크 활용, 각종 위원회 및 자문단 구성, 중점분야 또는 세세부 과제간의 긴밀한 협조체제 구축, 연구인프라를 이용한 실증적 연구로 세분할 수 있음

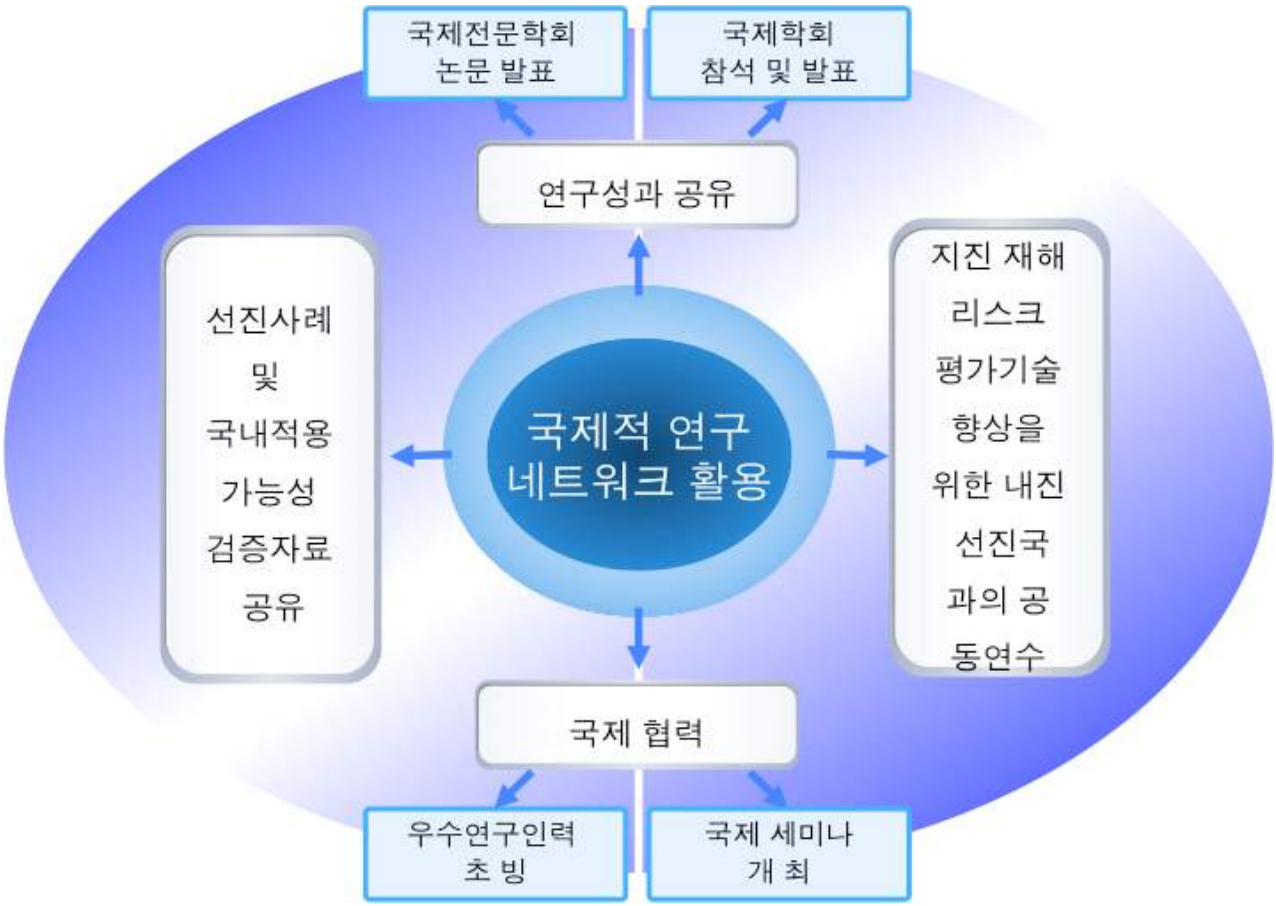
○ 또한 연구성과물을 세미나, 공청회 등 다양한 확산활동을 통하여 실무에 적용할 수 있도록 홍보활동을 수행하여야 함



연구추진체계

○ 관련분야 국내·외 연구네트워크 가동

- PEER 등 국제적인 전문학회와의 협력과 WCEE 등과 같은 국제학술대회 참여/발표를 통한 지진/지반/구조물에 대한 국제적 연구성과 공유
- 미국, 일본 등 고스케일의 모의진동실험을 수행한 경험이 있는 연구조직의 초빙과 정기적 세미나를 통한 국제 협력 강화
- 오스트레일리아, 유럽 등 중약 지진대의 연구팀과 공동으로 중약 지진대 건축물의 고유 동적특성, 피해특성을 분석하고 내진설계기준과 기술을 공동개발
- 지진재해 리스크 평가기술을 보유하고 있는 내진 선진국과의 공동연구
- 해외 선진 사례 조사 및 국내 적용 가능성에 관한 철저한 검증을 위한 기초자료 공유



연구네트워크를 이용한 다양한 연구수행과 국제적 협력방안

○ 연구성과 공유 및 연구진행의 효율성 증대를 위한 중점분야간 (또는 중점분야 내 세세부과제간) 긴밀한 협조체제 구축

- 제 1 중점분야는 국내 기후 관련 하중 특성과 피해를 규명함에 있어 타 중점분야에 연구결과를 지속적으로 업데이트하며 논의할 수 있는 기회를 만들고, 지진 및 기후변화 하중의 정의에 관한 연구에 있어 타 중점분야의 연구원과 충분한 협의를 함
- 제 1 중점분야와 제 2 중점분야에 포함되어 있는 진동제어장치 및 시스템관련 연구과제는 상호 밀접한 관련이 있으므로 연구결과의 통일성과 합리성을 극대화하고 중복 연구를 최소화하기 위하여 세세부 연구과제 뿐만 아니라 중점분야 간 연구원 중복을 허용할 수 있어야 함.
- 제 3 중점분야에서 개발되는 소규모 건축물에 관한 평가 및 보강 기술이 제 2 중점분야의 평가 및 보강 기술과 일관성을 갖는 결과물이 될 수 있도록 긴밀한 협조체제를 구축함

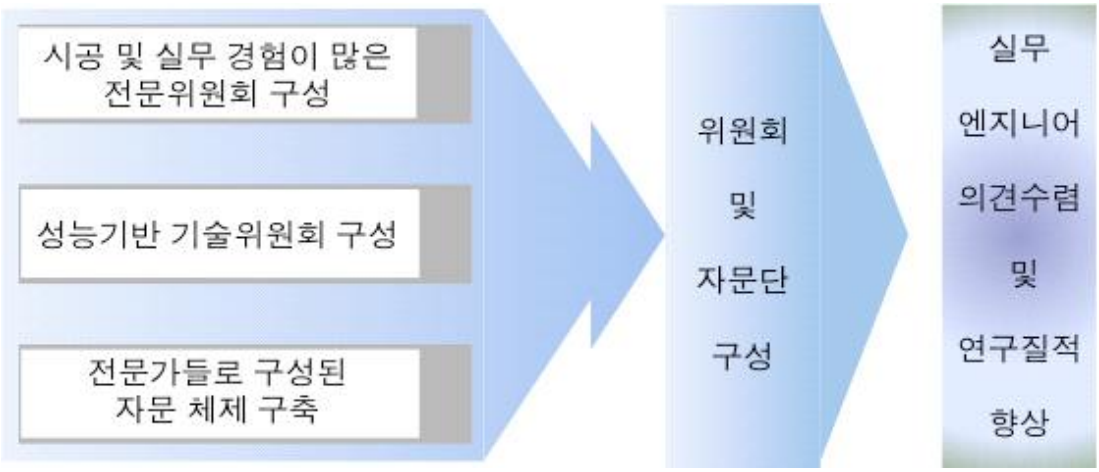
- 정기적인 자체 워크샵을 통해 세세부 과제간 연구 성과 점검
- 세세부 과제간 연구성과물 및 정보 공유 시스템 구축



긴밀한 협조체계 구축

○ 실무 엔지니어의 다양한 의견수렴과 연구의 질적 수준향상을 위한 위원회 및 자문위원 구성

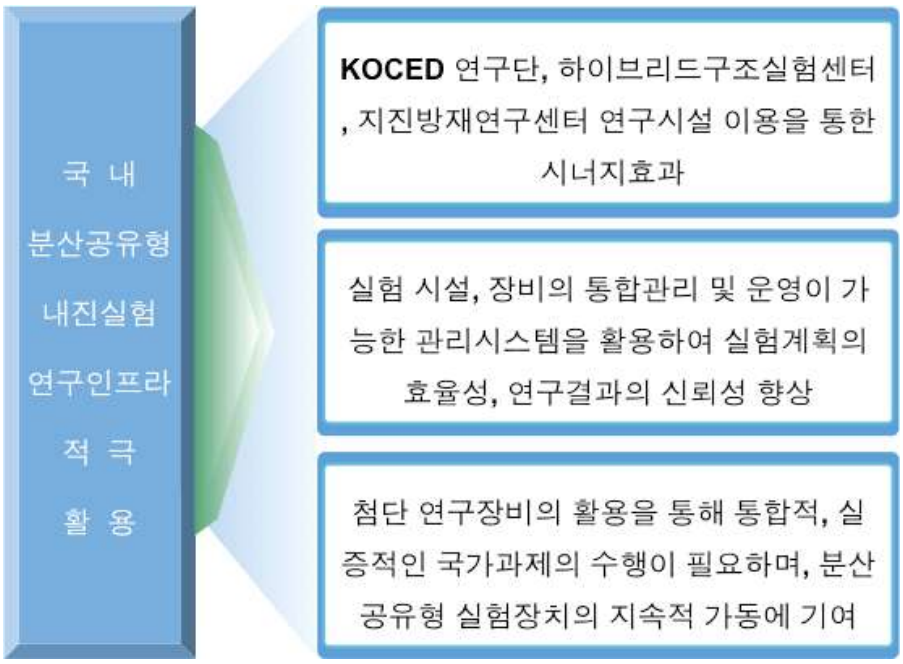
- 국내 건축구조물과 구조부재의 거동특성을 체계적으로 분석할 수 있는 시공 및 실무 경험이 많은 전문기술위원회의 구성과 운영
  - 건설업체의 참여를 통한 국내 보편적 구조시스템과 고유의 구조시스템의 분류, 해외와 다른 국내 고유 구조상세 조사를 전담
  - 국내 기업에서 출판된 기업 보고서를 일괄 분석
  - 관련 학계와 산업계의 협조를 통한 DB의 현실성 증대
  - 구축된 DB를 웹 기반으로 국내 연구자들에게 제공
- 기존건축물의 구조성능 평가 및 보강 설계 기술과 피해 건축물의 평가 및 복구 기술 및 관련 제도가 일관성을 갖도록 성능기반 기술위원회 구성 및 운영
  - 평가기술과 보강설계 기술은 상호 뗄 수 없는 밀접한 관계를 가짐
  - 평가기술, 보강기술, 진동제어 기술 및 제도 부문의 3개 전문위원회 운영
  - 전문 위원회 간 긴밀한 협조 체제 구축
  - 관련 산업계의 참여를 통해 실용성 증대
- 건축 전반에 걸친 전문가들로 구성된 자문 체계 구축



위원회 및 자문단 구성

○ 국내 분산공유형 내진실험 연구인프라 적극 활용

- 지진 및 기후 변화 대비 건축물의 실증적 검증을 위한 세계적 수준의 실험설비를 갖추고 있는 KOCED 연구단, 하이브리드구조실험센터, 지진방재연구센터 등의 연구참여를 통한 시너지효과
- 실험센터의 시설 및 장비의 통합관리 및 운영이 가능한 관리시스템을 활용하여 실험계획의 효율성, 연구결과의 신뢰성을 향상
- 지진 및 기후변화 대비 건축물의 구조안전성 확보를 위해서는, 국비를 통하여 구축한 약 100억원대의 첨단 연구장비를 적극 활용하여 통합적, 실증적인 국가과제의 수행이 필요하며, 분산공유형 실험장치의 지속적 가동에 기여함

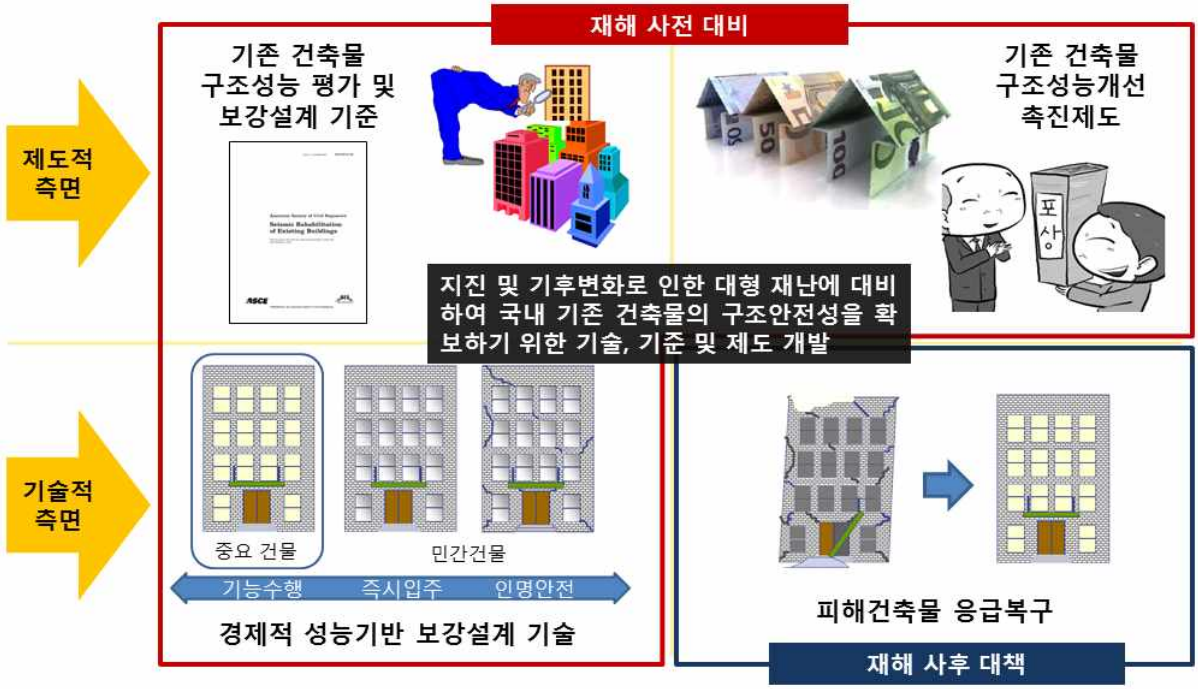


기존 연구 인프라 이용

○ 적극적인 연구결과 확산활동

- 지속적인 국내외 전문가 초청 세미나 및 워크샵 개최
- 파일럿 테스트를 통한 현장 적용성 검증 및 구조안전성 개선 모범사례 구축

4. 연구 목표 및 범위



- ○ 본 기획연구는 제도적 측면과 기술적 측면에서 지진 및 기후변화로 인해 발생할 수 있는 거대 자연력에 대해 국내 건축물의 구조안전성을 확보 또는 향상시킬 수 있는 연구과제를 제안하고자 함.
- ○ 제도적 측면에서는 신축 건축물/기존 건축물/소규모 건축물의 구조안전성을 향상시킬 수 법/제도와 국토해양부의 거대 자연력에 대한 대응시스템을 개선할 수 있는 합리적인 안을 제시하고, 건축주가 능동적으로 구조안전성 확보 또는 향상을 위한 노력을 경주할 수 있는 제도를 개발하고자 함.
- ○ 이를 장려할 수 있는 구조성능개선 및 향상 기술 적용을 위한 제도/장치를 개발하고자 함.
- ○ 건축물의 기능수행 정도에 따라 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 대응할 수 있는 성능수준을 결정하여 경제적 구조설계가 가능하도록 하는 구조설계기준과 지침을 제시하고자 함.
- ○ 성능기반 구조설계기준과 지침을 기술적으로 뒷받침할 수 있는 기존에 개발된 요소기술의 데이터 베이스를 구축하고 향 후 필요한 기술을 개발하고자 함.
- ○ 또한 지진 및 이상기후에 따른 비예측하중으로 인한 건축물의 피해를 최소의 시간과 최소의 비용으로 복구할 수 있는 방법론과 이를 가능하게 하는 기술을 개발하고자 함.
- ○ 건축물의 구조안전성 향상 연구과제의 성실한 연구수행을 통하여 이상의 달성하고자 하는 연구목표와 연구범위에 대하여 중점분야별로 다음 절부터 기술함.

4.1 연구 목표, 연구범위

○ 본 기획연구에서 제안하는 지진 및 기후변화에 대한 건축물의 구조안전성 향상 연구과제의 성실한 수행을 통하여 아래 표와 같은 정량적인 연구목표를 달성하자 함.

Issue	As is	To be
민간 및 공공 건축물 내진비율	**내진설계 적용비율 2.3%** **중요 공공건축물 적용비율 17%**	**20년 후 민간건축물 내진 비율 80%** **20년 후 공공건축물 내진 비율 100%**
기존 건축물 내진성능 평가기준 제정	**법제화된 평가기준 부재** ■ 신축건물 내진설계 기준 적용 - 노후 비내진 건축물 과대평가 ■ 시설안전공단 평가요령(2011) - 강진지역(미/일) 해외기준 답습 - 국내적합성 및 과다보강 문제 - 법적 구속력 없음	**내진성능 평가기준 제정** ■ 국내건축물의 특성을 반영 ■ 적합한 절차의 법제화 ■ 내진보강 신뢰도 확보
기존 건축물 보강상세 및 설계기준 제정	**법제화된 보강설계기준 부재** ■ 시설안전공단 향상요령(2011) - 포괄적 규정으로서 실무기술자 활용 불가능 ■ 각종 보강재 생산 업체의 검증되지 않은 사양 및 공법을 믿고 따를 수밖에 없음. ■ 보강된 내진성능의 수준 불명확 ■ 경제성에 관한 객관적 비교평가 분석 부재	**신축건물 수준의 보강설계 기준 제정** ■ 국내건축물의 특성을 반영 ■ 신축건물 수준의 상세기준 제공 ■ 각종 보강재 생산업체의 품질기준 제공 ■ 재해 시 중요기능 공공건축물 - 목표내진성능 정의 및 확보방안 제시 ■ 민간 건축물 - 경제적 내진보강 위한 공법, 비용, 성능 제시
재난 후 피해 판정 및 복구 지침 개발	**재난 후 건물의 구조 손상도 판정 및 보강 지침 부재** ■ 재난 후 사회적 혼란 불가피	**재난 후 피해건축물 위험도 판정 및 긴급복구 지침 제정** ■ 국가 비상사태 대처능력 확보
민간건축물 보강 촉진제도	**지진재해대책법 상에 세제 혜택 제시** ■ 관련 후속대책 부재	**재산가치 반영을 통한 적극적 촉진제도** ■ 건축물의 구조안전 등급화 ■ 구조안전 등급 활용 제도 도입 ■ 건물 거래가격 반영방안 ■ 보험료 반영 방안
기존 건축물 구조안전성 확보 우선순위 판정	**국내 건축물 97.7% 내진설계 미적용** ■ 천문학적 보강비용 투입 필요	**구조보강 우선순위 판정 지침 개발** ■ 효율적 국가예산 집행 및 국가안전망 조기 확보

○ 표에 제시하고 있는 정량적인 연구목표를 달성하기 위하여 각 중점분야 별 연구목표와 범위는 다음과 같음.

4.1.1 제1중점분야

세세부 과제명	연구목표 및 범위
1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 지진하중 정의 수립 ■ 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 수립
1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	■ 우리나라 중·약진 지진특성 및 기후변화 특성에 대비한 국내 건설환경에 적합한 합리적인 건축물 구조설계기준 정립 ■ 기존 KBC 설계기준과의 관계성 및 위상 정립 ■ 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 내진설계기준 정립 ■ 건축물의 높이, 횡력 및 중력저항시스템 별 동적특성이 반영된 설계기준(안) 개발 ■ 진동제어장치는 세계 연구·시장동향과 국내지진환경을 고려하여 수동형 진동제어장치를 우선적으로 고려하되, 능동형 진동제어장치에 대한 적용성을 파악한 후 이에 대한 연구 진행
1-3. 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 연구	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 내진설계기준 제안 ■ 지진 후 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발 ■ 국내 지진환경 및 기후변화에 대한 건축용 비구조재의 성능평가를 위한 실험법 표준화 ■ 기존 비구조재의 내진/내풍 구조성능기준 검토 ■ 현재 비구조재에 대한 국내기준의 보완 또는 국내 실정에 맞고 건축법상 구속력이 있는 새로운 비구조재 설계기준 정립
1-4. 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선	■ 지진 및 기후환경에 따른 신축건축물의 구조안정성을 확보하기 위해서 설계/시공/유지관리의 전 과정에 걸쳐 법, 제도적 시스템을 정비하고 정부 유관기관의 협력과 역할분단(안) 제안 ■ 국내에 건설될 신축건축물의 구조안정성과 관련 있는 법/제도를 검토하여 개선(안) 도출
1-5. 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	■ 한국 지진환경 및 기후변화에 대한 신축 국내 건축물의 구조 거동특성을 재료별 구조시스템별로 분석하여 DB 구축 ■ 국내 대표적인 건축구조시스템에 대하여 고스케일의 모의진동실험을 수행하여 한국의 지진환경에 대한 국내 건축물의 진동특성을 실증 구축된 DB와 실증자료는 구조설계기준 개발의 자료로 직접 활용됨
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	■ 진동제어장치와 이를 포함한 진동제어 구조시스템의 건축물의 진동제어성능에 대한 실증적 검증을 통한 신뢰성 높은 진동제어구조시스템 설계 유도 ■ 진동제어장치가 건축물의 구조성능에 미치는 영향을 파악하기 위한 구조성능실험 연구를 바탕으로 한 구조형식별 진동제어장치의 실험매뉴얼 개발과 성능평가 기준(안)을 통한 합리적이고 일관성 있는 진동제어장치 및 구조시스템의 구조안전성 확보 ■ 진동제어장치의 성능평가 가이드라인을 통한 진동제어 구조시스템의 최소 구조안전성 확보 및 고성능 진동제어 구조시스템 설계의 신뢰도 제고 ■ 국내지진환경과 건설환경을 고려하여 적용성이 높은 진동제어장치와 이를 포함하는 구조시스템 ■ 진동제어장치와 이를 포함한 구조시스템, 장치와 구조부재와의 접

	합부의 구조성능 파악을 위한 실험수행 ■ 진동제어장치를 이용한 건축물의 성능기반 설계프로세스 개발을 통한 고성능 진동제어 건축물의 최적 설계 유도 ■ 진동제어장치를 이용한 건축물의 간편 설계프로세스 개발을 통한 구조실무자 편이성을 극대화 ■ 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계검토 매뉴얼 제시에 따른 진동제어 구조시스템의 구조안전성 및 신뢰성 제고 ■ 강도기반/변위기반/에너지기반 진동제어 구조시스템 설계프로세스를 아우르는 선진 설계프로세스 개발

4.1.2 제2중점분야

세세부 과제명	연구목표 및 범위
2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	■ 지진 및 기후변화 대비 기존건축물 구조보강 우선순위 판정지침 개발 ■ 다중이용시설 및 중요 재해대응 건축물의 구조안전등급 표시제도 및 활용방안 개발 ■ 민간 건축물의 구조보강 촉을 위한 다양한 법/제도 개발 ■ 재해발생 후 신속 복구를 위한 지침 확보 ■ 연구범위 - 국내의 관련 실태와 해외 법/제도 조사 - 보강우선순위 및 구조안전등급 판정을 위한 경제/사회/제도적 근거 - 다양한 구조보강 촉진 법/제도의 제안 및 법적/실효적 타당성 검토 - 피해 건축물의 위험도 판정 및 복구를 위한 지침서 개발
2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	■ 조사 및 실험을 통해 국내 기존 건축물의 구조형식, 재료강도, 부재상세 등에 관한 실증적 DB를 구축하여 지진 및 기후변화가 유발하는 이상하중에 대한 구조성능 평가의 핵심적 기초자료를 확보함. ■ 국내 기존 건축물의 구조 안전성을 정밀평가하기 위해 실증적 DB에 근거한 판정기준을 갖는 독자적 성능기반 구조성능 평가지침 개발 ■ 국내 기존 건축물의 실증적 DB에 근거하여 국내 기존 건축물에 특화된 구조성능 평가모델을 구축하고 대표적인 건축물 유형의 재해 취약도 평가절차를 제시함. ■ 연구범위 - 실증적 DB 구축 대상: 내진설계되지 않은 기존 건축물 - 성과물(평가지침)의 적용대상: 기존 건축물 전체 - 기존 구조성능 평가기술의 종합 및 국내 DB 미반영 부분의 보완 - 테스트베드를 통한 성능평가 모델 및 평가지침의 적용성 검증
2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	■ 지진 및 기후변화에 대비하여 기존 건축물의 용도 및 중요성에 따라 특화된 구조성능 개선 지침 제시. ■ 민간 취약 건축물의 보강 촉진을 위한 최소비용 구조성능 개선 지침. ■ 신축 건물과 동등한 수준의 구조보강 설계기준, 보강상세 및 시방서를 개발함. ■ 연구범위

	- 성과물(구조보강 설계기준)의 적용대상: 기존 건축물 전체 - 기존 구조성능 개선기술을 종합 및 보완하여 성능기반 설계기준화 - 테스트베드를 통한 경제적 보강지침 및 설계기준의 적용성 검증
2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	■ 지진 및 기후변화에 대비한 최신 구조보강기술을 현업 실무기술자들이 용이하게 사용할 수 있도록 첨단 정보기술을 적용한 전산활용 실무수행 도구를 개발하여 건설산업의 국가경쟁력 제고. ■ 기존건축물 구조보강 절차가 원활히 수행되도록 민간 기술자와 관련 공무원 각각에 특화된 교육프로그램 개발. ■ 연구범위 - 2-2 및 2-3 세세부에서 개발된 구조성능 평가 및 보강 지침과 보강상세의 실무적용 전산화 - 민간 기술자 교육프로그램 : 최신 성능평가 및 보강 기술의 활용방법 - 관련 공무원 교육프로그램 : 기획부터 실시까지 구조성능 개선의 전반적 절차와 구조안전 기초교육
2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발	■ 국내 중저층 노후 건축물의 적합한 진동제어장치의 개발 및 적용을 통한 진동성능향상 및 비예측하중에 대한 구조성능향상 ■ 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능향상을 향상을 위한 설계프로세스 확립 ■ 연구범위 - 기존 건축물중 우선순위가 높은 것으로 파악되는 건축물(기존 공동주택, 중저층 노후건축물, 역사유적물 등)에 대한 진동제어장치 및 이를 포함하는 기존 건축물의 구조시스템 - 기존 건축물에의 건설환경과 국내 지진환경에 특화된 진동제어장치 및 장치와 건축물의 접합방식

4.1.3 제3중점분야

세세부 과제명	연구목표 및 범위
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 ■ 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 - 국내외 소규모건축물 구조기준에 관한 법 적용 비교/분석 - 국내외 소규모건축물 구조안전성 확보를 위한 제도적/행정적 절차 분석 ■ 소규모건축물 구조기준 적용 확산을 위한 정부지원정책 마련
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	■ 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 분석을 위한 데이터베이스 구축 ■ 국외 소규모 건축물 관련 구조기준 분석 및 국내 적용성 검토 ■ 소규모건축물의 구조기준 적용 범주 제안 - 재료, 용도, 규모, 적용하중 및 비정형성에 따른 기준의 적용 범위 결정 ■ 사양중심의 소규모건축물 구조기준(안) 개발 - 주요 구조부재에 대한 재료별 구조 상세의 테이블화 - 경제성 및 안전성을 확보 할 수 있는 사양중심 구조기준(안) 개발

3-3. 소규모 주거용건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검중연구	■ 소규모 건축물의 용도 또는 구조형식별 구조안정성 평가 - 소규모 조적조/목구조(한옥제외)/강구조/철근콘크리트조의 구조적 특성 분석 - 소규모건축물의 수직하중에 대한 구조성능 평가 - 비내진 소규모 건축물의 횡하중에 대한 구조성능 평가 - 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 평가 ■ 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구 - 사양중심 부재 또는 접합부 상세의 실험적 구조성능 검증 - 면적/규모/형상 등을 고려한 사양별 상세에 대한 실험적 검증 ■ 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 상부구조 형식에 대응하는 하부구조의 구조안전성 평가 - 국내 지반조건에 따른 기초 구조형식별(독립기초, 줄기초, 온통기초) 소규모건축물 표준 기초상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 ■ 지반조건에 따른 소규모 건축물의 하부구조에 대한 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구 - 국내 지반조건에 따른 각 지중구조부재별(지중보, 지중벽체) 소규모건축물 표준 지하구조 상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 ■ 새롭게 개발된 소규모 건축물의 사양 중심 설계 테이블을 적용한 하부구조에 대한 구조 성능 검증 실험

4.2 세부과제별 연구내용

○ 앞서 제안한 연구목표를 달성하기 위한 연구내용을 정리하면 다음과 같음.

중점 분야	주요 연구내용
1. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계기술/기준 선진화	◆ 최근 한국의 이상기후 특성, 지진환경, 건축물 특성에 적합한 구조설계 기술과 기준을 선진화하는 것을 연구 목표로 하며, 본 중점분야에서 연구하고자 하는 세부 연구내용은 다음과 같음. ◆ 현행 내진설계기준의 검증/보완 및 선진화 계획 수립 ◆ 국내 건축물 구조시스템 진동특성 실증 ◆ 지진 및 기후변화에 대비한 진동제어시스템을 포함한 건축물의 구조설계/기준 개선 ◆ 연구성과의 효율적인 적용을 위한 법/제도 개선(안) 제시 ◆ 진동제어장치를 이용한 신축건축물의 설계프로세스 개발과 장치와 시스템의 실증적 성능평가 ◆ 지진 및 기후변화에 대비한 비구조재의 구조성능평가, 설계기준 정립, 성능개선 연구 ◆ 의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 구조 설계/기준 개발 및 정비 ◆ 복합위험에 대비한 건축물 구조 설계 기준 개발 연구 ◆ 지진 재난 복구 시설물(critical facility)에 대한 특별기준 제정
2. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 기술 및 제도 개발	◆ 국내 비내진 기존 건축물의 구조성능을 현장조사 및 실험을 통해 실증 ◆ 기존 건축물 구조안전성의 성능기반 평가기술 및 보강설계 기준 개발 ◆ 중요 건축물의 재해 발생 후 필수기능 유지를 위한 보강상세 및 설계법 개발 ◆ 민간 건축물 대상의 경제성을 우선적으로 고려하는 보강상세 및 설계법 개발 ◆ 기존 건축물 구조성능 보강 실무적용을 위한 전산시스템 개발 ◆ 재난발생 후 피해 건축물의 구조안전 위험도 판정기술과 응급 및 영구복구방법 개발 ◆ 기존 건축물 구조안전성 확보 우선순위 판정지침 및 촉진제도 개발 ◆ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술 및 설계 프로세스 개발
3. 소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보 방안 구축	◆ 국내 건축물의 시방특성을 반영한 소규모 건축물의 현황 파악 및 DB 구축 ◆ 소규모 건축물의 용도 또는 구조별 구조안전성 확보를 위한 사양중심 설계방안 정립 및 실험적 성능 검증 연구 ◆ 기존 소규모 건축물의 단순 성능평가 기법 및 경제적 보수/보강 기법 개발 ◆ 소규모 건축물 구조기준의 법제화/제도화 개선방안 연구

4.2.1 제1중점분야

가. 연구내용

세세부 과제명	연구내용
1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 지진하중 정의 - 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 연구 - 국내 중·약진 지진특성을 반영한 지진하중 추정 기술 연구 - 국내 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계스펙트럼 연구 - 국내 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 시간이력 연구 - 지진 설계 하중 정의 ■ 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 - 적설, 바람 등 주요 기후변화 관련 특성 조사 및 설계고려방안 연구 - 홍수, 산사태 등 기타 기후변화 관련 특성조사 및 설계고려방안 연구 - 기후변화관련 하중 정의
1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	■ 해외 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 - 국내 내진설계 기준분석 및 예제설계를 통한 내진설계 기준 개선방안 연구 - 일본 및 중국 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 - 미국 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 - 호주 및 뉴질랜드 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 - 유럽 내진설계 기준의 분석 및 예제 설계를 통한 장단점 분석 ■ 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 연구 - 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 범위 정의 - 지진 이후 기능 유지를 위한 성능 수준 정의 ■ 복합하중에 대비한 건축물 설계(1-1 세세부에서 정의한 이상기후 또는 이상하중의 범위를 고려해야함) - 지진, 적설, 바람하중에 대한 이상기후 대비 기본적인 건축물 설계고려 방안 연구 - 홍수, 산사태 등에 대한 이상기후 대비 포괄적인 건축물 설계 고려 방안 연구 ■ 기존 설계기준과의 관계성 및 위상 정립 - Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 제시 - 설계기준 관련 법적 제도적 개선안 수립 ■ 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 내진설계 기준 수립 - 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 성능기반 설계기준(안) 수립 - 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 간편 설계기준(안) 수립 ■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준 개발 - 국내 기존 건축물의 구조 특성 반영 - 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계스펙트럼 연구 및 내진설계스펙트럼 수립 - 우리나라 건축물에 대한 능력 설계법의 도입가능성 연구 - 지진 및 기후환경과 국내 건설현장 특성을 고려한 RC 및 강구조 내진상세 단순화 - 국내·외 내진설계 기준 분석을 통하여 현행 국내 KBC 기준과 연계하여 KBC 기준의 총괄적인 체계 개선방안 도출 ■ 진동제어 구조시스템의 기본 설계요구조건에 관한 연구 - 횡력저항시스템과 진동제어시스템의 기본 설계요구조건 도출 - 횡력저항시스템의 최소 밑면전단력 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 해석 방법론에 관한 연구 - 진동제어 구조시스템 해석모델에 대한 기존 연구 DB 구축 - 해석방법별 진동제어시스템 해석모델 수립에 대한 요구조건 제시 - 해석방법별 진동제어구조시스템의 허용성능기준 제시 ■ 진동제어 구조시스템 설계기준(안) 제시 - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계기준(안) - 진동제어 구조시스템의 설계기준에 대한 다양한 확산활동

세세부 과제명	연구내용
1-3. 지진 후 성능 보장을 위한 중요 건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축 - 내진설계 대상 요소 inventory 구축 - 데이터베이스의 지속적 update를 위한 framework 개발 - 방문 관찰 및 설계도서 등을 통한 정보수집 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 내진설계기준 제안 - 지진에 의한 피해 유형 및 특성 데이터베이스 구축 - 표준 상세 및 시공법 개발 - 구조-비구조 요소 간 interaction 모델 개발 - 성능수준 유지를 위한 거동한계 규명 - 내진설계기준 정비 ■ 지진 후 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발 - 내진설계기준 적용 확인을 위한 제도적 장치 개발 - 국내 의료시설의 내진성능 향상 프로그램 개발 - 지진 재난 시 의료시설의 비상관리 네트워크 개발 ■ 지진 및 기후변화 관련 하중에 따른 비구조재의 거동특성 규명 - 외장벽, 채움 골조벽 등 통상 구조거동에 영향을 주지 않는 것으로 인식되는 비구조재가 실제로 구조물의 지진거동에 미치는 영향 분석 - 비구조재의 거동특성 규명 실증 실험(1-6과제와 공동연구) ■ 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화 - 천장틀 등 현수형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화 - 비내력 벽체, 커튼월 등 벽체형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화 - 엑세스 플로어 등 바닥 상부 고정형 비구조재의 성능평가 실험법 표준화 ■ 기존 비구조재의 유형별 성능기준 분석 - 기존 비구조재의 지진/풍하중에 대한 응답 조사 - 건축용 비구조재의 성능수준별 강도 및 변형 기준 조사 ■ 비구조재 설계기준 마련 - 국내 실정에 맞는 비구조재 내진설계 항목 도출 - 주구조재의 기준 마련과 동시에 진행 할 수 있는 방법 모색 - 성능기반의 비구조재 내진설계법 정립 ■ 내진해석법 개발 - 비구조요소의 손상 예측을 위해 사용할 수 있는 근사적 해석 절차 개발 - 비구조재 손상을 야기하는 지진 입력의 특성 파악
1-4. 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안정성 향상을 위한 법/제도 개선	■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화 - 정부 및 관공서의 건축물 지진 및 이상기후 대응체계와 법제도 개선 - 국토해양부 지진 및 이상기후 대응시스템 역할 규정 및 상향조정 제도화 - 구조설계기준의 개정 주기의 정례화 ■ 신축 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화 - 내진등급/목표성능을 명시할 경우 최소인센티브 부여제도 - 높은 내진등급/목표성능 건축물의 경우 인센티브 부여제도 ■ 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비 - 관련 공무원 교육프로그램 및 필수 교육시간

세세부 과제명	연구내용
1-5. 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	■ 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석 ■ 국내 신축 건축물의 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석 - 우리나라에서 상정하는 설계 및 최대지진 하에서 국내 신축 건축물의 동적 거동 (주기, 반응수정계수 등) 분석 및 검증 - 보편적 건축물(공동주택, 학교, 다가구주택, 관공서)의 구조특성 실태 조사 - 의료시설, 산업시설, 위험물시설 등 중요 재해구호시설의 구조특성 실태 조사 ■ 대표적인 콘크리트 및 강구조시스템에 대하여 1/3스케일의 모의진동실험을 통하여 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명 - 학교건물(콘크리트 골조), 아파트(전단벽+무량판), 모멘트골조(강구조), 가새골조가 주요 실험연구의 대상 ■ 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험(정적 반복하중실험)을 통하여 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증 - 횡력을 받는 무량판 구조의 부재실험과 성능 연구 - 약축 방향 모멘트 접합부에 대한 부재실험과 성능 연구
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	■ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험 - 진동제어 장치를 적용한 구조형식별 다층 골조시스템의 실대형 반복가력 실험 - 다층 골조시스템의 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력 실험 - 다층 골조시스템에 사용한 진동제어장치의 일축 반복가력실험 ■ 진동제어 구조시스템의 진동성능 파악을 위한 진동대실험 - 진동제어장치를 적용한 구조형식별 다층 골조 시스템의 축소모형 진동대 실험 - 진동제어장치를 적용한 고층구조물을 포함한 특수구조물의 축소모형 진동대 실험 - 진동대실험에 사용한 진동제어 장치와 접합부를 포함한 실험체의 구조성능 실험 - 진동대실험에 사용한 진동제어 장치의 일축 성능 실험 ■ 진동제어장치의 동적응답파악을 위한 반복가력 실험 - 반복가력실험을 통한 다양한 진동제어장치의 이력특성 파악 - Prequalified 진동제어장치 선정을 위한 반복가력 실험 - 기존 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과에 대한 DB 구축 ■ 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시 - 진동제어장치의 성능목표별/주기별/재료별/에너지소산형태별 성능실험매뉴얼 개발 - 진동제어 구조시스템의 성능실험 매뉴얼 개발 - 진동제어장치 성능평가 기준(안) 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 - 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존 연구 DB 구축 - 진동제어 구조시스템의 동적 응답특성에 관한 설계식 제시 - 구조형식별 최적진동제어시스템 제시 - 구조형식별/진동제어장치종류별 최적 수직/수평 배치 제시 ■ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 - 성능목표별, 주기별, 재료별, 에너지소산형태별 진동제어장치의 해석모델 제시 - 진동제어장치와 접합부 해석모델 개발 - 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 최대응답 감소비 제시 - 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 구조물 손상분포 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립 - 강도기반/변위기반/에너지기반 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 문헌연구 - 건축구조시스템별 진동제어 구조시스템 설계프로세스의 응답예측의 정확도 평가 - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계프로세스 - 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계프로세스 - 진동제어 구조시스템의 설계검토 지침 - 진동제어 구조시스템의 성능기반/간편 설계법에 의한 설계 예제 및 구조성능 평가

세세부 과제명	연구내용
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	■ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 - 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존 연구 DB 구축 - 진동제어 구조시스템의 동적 응답특성에 관한 설계식 제시 - 구조형식별 최적진동제어시스템 제시 - 구조형식별/진동제어장치종류별 최적 수직/수평 배치 제시 ■ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 - 성능목표별, 주기별, 재료별, 에너지소산형태별 진동제어장치의 해석모델 제시 - 진동제어장치와 접합부 해석모델 개발 - 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 최대응답 감소비 제시 - 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 구조물 손상분포 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립 - 강도기반/변위기반/에너지기반 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 문헌연구 - 건축구조시스템별 진동제어 구조시스템 설계프로세스의 응답예측의 정확도 평가 - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계프로세스 - 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계프로세스 - 진동제어 구조시스템의 설계검토 지침 - 진동제어 구조시스템의 성능기반/간편 설계 예제 및 구조성능 평가

나. 연차별 계획

세세부 과제명	연차별 연구내용				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 연구 ■ 기후변화 관련 특성 조사 연구	■ 국내 중·약진 지진특성을 반영한 지진하중 추정 기술 연구 ■ 적설, 바람 등 주요 기후변화 관련 설계고려방안 연구	■ 국내 중·약진 지진특성을 반영한 내진 설계스펙트럼 연구 ■ 산사태, 홍수 등 기타 기후변화 관련 설계고려방안 연구	■ 국내 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 시간이력 연구 ■ 기후변화관련 하중별 적용대상 건축물 (신축, 기존, 소규모 건축물) 정의 수립	■ 지진 설계 하중 정의 ■ 기후변화관련 하중 정의
1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	■ 국내·외 내진설계 기준분석 및 예제설계 ■ 지진 이후 기능유지 필수 건축물 범위정의 ■ 횡력저항시스템과 진동제어시스템의 기본 설계요구조건 도출 ■ 진동제어 구조시스템 해석모델에 대한 기존 연구 DB 구축	■ 국내·외 내진설계 기준 장·단점 분석 ■ 지진 이후 기능 유지 위한 성능 수준 정의 ■ 이상기후 대비 기본적인 건축물 설계 고려 방안 ■ Two-track 설계기준 체계와 장기 로드맵 제시 ■ 횡력저항시스템의 최소 밑면전단력 제시 ■ 지진 발생 시 횡력저항시스템과 진동제어 구조시스템의 손상정도 평가 I	■ 현행 국내 내진설계 기준 개선방안 연구 ■ 이상기후 대비 포괄적인 건축물 설계 고려 방안 연구 ■ 설계기준 관련 법적 제도적 개선안 수립 ■ 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 간편 설계 연구 ■ 우리나라 건축물에 대한 능력 설계법의 도입 가능성 연구 ■ 지진 발생 시 횡력저항시스템과 진동제어 구조시스템의 손상정도 평가 II ■ 내진설계기준과 어울리는 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계기준(안) I	■ 면진 및 제진을 사용한 성능기반 설계기준(안) 수립 ■ 국내 건설현장 특성 고려 RC 및 강구조 내진상세 단순화 ■ 지진 발생 시 횡력저항시스템과 진동제어 구조시스템의 손상정도 평가 III ■ 내진설계기준과 어울리는 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계기준(안) II ■ 내진설계기준과 어울리는 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계기준(안) I	■ 면진 및 제진을 사용한 간편 설계기준(안) 수립 ■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계기준(안) 작성 ■ 진동제어 구조시스템의 성능기준(안) 제시 ■ 내진설계기준과 어울리는 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계기준(안) II ■ 진동제어 구조시스템의 설계기준에 대한 다양한 확산활동
1-3. 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 연구	■ 내진설계 대상 요소 inventory 구축 ■ 데이터베이스의 지속적 update를 위한 framework 개발 ■ 지진에 의한 피해 유형 및 특성 데이터베이스 구축 ■ 비구조요소의 손상예측을 위한 근사적 해석 절차 개발	■ 방문 관찰 및 설계도서 등을 통한 정보수집 (3차년도 계속) ■ 표준 상세 및 시공법 개발 ■ 비구조재가 건물구조 거동에 미치는 영향 연구 ■ 기존 국내 지진관련 실험데이터 기반 비선형 지진거동 예측 해석법 적합성 검증	■ 방문 관찰 및 설계도서 등을 통한 정보수집 ■ 구조-비구조 요소 간 interaction 모델 개발 ■ 내진설계기준 적용 확인을 위한 제도적 장치 개발 ■ 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화	■ 성능수준 유지를 위한 거동한계 규명 ■ 국내 의료시설의 내진성능 향상 프로그램 개발 ■ 기존 비구조재의 유형별 성능기준 정립 ■ 변위기초 내진설계 예제 개발	■ 내진설계기준 정비 ■ 국내 의료시설의 비상관리 네트워크 개발 ■ 설계 기준 마련 ■ 비정형 건축물 변위기초 설계법 기준 정립
1-4. 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선		■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 조사 및 개선방안에 대한 설문조사 ■ 재난대응선진국의 내진등급에 따른 인센티브 제도 조사	■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 일원화 및 개선안 제시 ■ 신축 건축물 내진등급에 따른 인센티브 부여 제도 제시	■ 법/제도 개선안에 대한 확산활동 ■ 법/제도 담당 공무원 교육프로그램 개발	
1-5. 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	■ 국내 건축물의 구조설계 및 시공관행 분석 ■ 주요 구조부재에 대한 부재실험 (콘크리트)	■ 국내 신축 건축물의 재료별 구조시스템별 구조특성 분석 DB구축 ■ 주요 구조부재에 대한 부재실험 (콘크리트)	■ 대표적인 콘크리트 구조시스템에 대한 모의진동실험 (모멘트골조) ■ 국내 주요 구조부재에 대한 부재실험 (강구조) ■ 지반-구조물 상호작용 해석 및 실증 연구	■ 대표적인 콘크리트 구조시스템에 대한 모의진동실험 (아파트) ■ 국내 주요 구조부재에 대한 부재실험 (강구조) ■ 지반-구조물 상호작용 해석 및 실증 연구	■ 대표적인 콘크리트 구조시스템에 대한 모의진동실험 (학교건물) ■ 기타 구조 및 비구조재 성능 실험

세세부 과제명	연차별 연구내용				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	■ 기존 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과에 대한 DB 구축 ■ 성능목표별, 주기별, 재료별, 에너지소산형태별 진동제어장치의 해석모델 제시	■ 반복가력실험을 통한 다양한 진동제어장치의 이력특성 파악 ■ 진동대실험체 설계 및 해석 I ■ 다층 진동제어 구조시스템 구조성능실험체 설계 및 해석 ■ 진동제어장치와 접합부 해석모델 개발 ■ 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존 연구 DB 구축	■ Prequalified 진동제어장치 선정을 위한 반복가력 실험 ■ 진동대실험체 설계 및 해석 II ■ 진동대실험에 사용한 진동제어 장치의 일축 성능 실험 ■ 진동대실험에 사용한 진동제어 장치와 접합부를 포함한 실험체의 구조성능 실험 ■ 다층 진동제어 구조시스템 구조성능실험체 설계 및 해석 ■ 다층 골조시스템에 사용한 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력실험 ■ 다층 골조시스템에 사용한 진동제어장치의 일축반복가력실험 ■ 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 최대응답 감소비 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 동적 응답특성에 관한 설계식 제시	■ 진동제어장치를 적용한 구조형식별 다층 골조 시스템의 축소모형 진동대 실험 I ■ 진동제어 장치를 적용한 구조형식별 다층 골조시스템의 실대형 반복가력 실험 I ■ 진동제어장치의 성능목표별/주기별/재료별/에너지소산형태별 성능실험 매뉴얼 개발 ■ 진동제어 구조시스템의 성능실험 매뉴얼 개발 ■ 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 구조물 손상분포 제시 ■ 구조형식별 최적진동제어시스템 제시 ■ 건축구조시스템별 진동제어 구조시스템 설계프로세스의 응답예측의 정확도 평가	■ 진동제어장치를 적용한 구조형식별 다층 골조 시스템의 축소모형 진동대 실험 II ■ 진동제어장치를 적용한 고층구조물을 포함한 특수구조물의 축소모형 진동대 실험 ■ 진동제어 장치를 적용한 구조형식별 다층 골조시스템의 실대형 반복가력 실험 II ■ 진동제어장치 성능평가 기준(안) 제시 ■ 구조형식별/진동제어장치종류별 최적 수직/수평 배치 제시 ■ 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계프로세스 ■ 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계프로세스 ■ 진동제어 구조시스템의 설계검토 지침
연차별 주요성과물	■ 구조실험보고서 ■ 의료시설, 산업시설, 위험물시설의 지진에 의한 피해 유형 사례 ■ 진동제어 구조시스템 해석모델에 대한 기존 연구 DB ■ 기존 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과 DB ■ 진동제어장치의 해석모델에 관한 연구보고서 ■ 내진설계기준 기술조사 보고서(자료조사) ■ 지진 이후 기능유지 필수 건축물 기술 보고서(범위) ■ 비구조재 근사 해석 예제집	■ 구조실험보고서 ■ 지진하중 예측기술 ■ 국내 건축물 비선형 지진거동 DB ■ 의료시설, 산업시설, 위험물시설의 표준 상세 ■ 진동제어 구조시스템의 기본 설계요구조건에 관한 연구보고서 ■ 진동제어장치와 접합부 해석모델에 관한 보고서 ■ 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존 연구 DB ■ 지진 이후 기능유지 필수 건축물 기술 보고서(성능수준) ■ 내진설계기준 기술조사 보고서(비교/분석) ■ Two-track 설계기준 체계와 장기 로드맵 ■ 단일 비구조재 요소 손상 시 전체 구조물의 기능에 미치는 영향 분석 ■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 조사 및 개선방안 분석	■ 구조실험보고서 ■ 기후변화관련하중 예측기술 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험물시설의 데이터베이스 ■ 진동제어 구조시스템의 해석 방법론에 관한 연구보고서 ■ Prequalified 진동제어장치에 관한 보고서 ■ 진동제어장치의 동적 응답에 관한 연구보고서 ■ 내진설계기준 기술조사 보고서(법적 제도적 개선안) ■ 이상기후 대비 건축물 설계 고려 방안 ■ 한국형 건축물 능력설계 기법 모형 ■ 현수형 비구조재의 성능평가 실험법 ■ 벽체형 비구조재의 성능평가 실험법 ■ 바닥 상부 고정형 비구조재의 성능평가 실험법 ■ 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 일원화 및 개선안 ■ 신축 건축물 내진등급에 따른 인센티브 부여 제도	■ 구조실험보고서 ■ 지진하중 시뮬레이션 프로그램 ■ 국내 의료시설의 내진성능 향상 프로그램 ■ 진동제어장치 성능실험 매뉴얼 ■ 진동제어장치와 구조시스템의 상호작용에 관한 연구보고서 ■ 면진 및 제진을 사용한 성능기반 설계기준(안) ■ RC 및 강구조 내진상세(안) ■ 내진/내풍 위험요소 및 손상에 따른 성능기준 분류 ■ 구조재의 내진/내풍 취약성 자료 수집 후 전산 DB 구축 ■ 법/제도 담당 공무원 교육프로그램	■ 구조실험보고서 ■ 설계하중 기준(안) 및 매뉴얼 ■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험물시설의 내진설계기준 ■ 국내 의료시설의 비상관리 네트워크 ■ 진동제어 구조시스템의 성능기준(안) ■ 진동제어 구조시스템의 통합형 간편 설계기준(안) ■ 진동대실험에 관한 실험보고서 ■ 다층 진동제어 구조시스템 실험보고서 ■ 진동제어장치 성능평가 기준(안) ■ 진동제어 구조시스템 최적화에 관한 연구보고서 ■ 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계지침과 설계검토지침 ■ 면진 및 제진을 사용한 간편 설계기준(안) ■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계기준(안) ■ 비구조재 설계 기준(안) ■ 성능기반 비구조재 내진/내풍설계법

4.2.2 제2중점분야

가. 연구내용

세세부 과제명	연구내용
2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	■ 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 지침 개발 - 공공 및 민간 건축물 용도, 건축년도, 사용연수 분석 - 건축물 구조성능 보강의 사회적, 경제적 영향 분석 - 구조성능 보강 우선 순위 판정 지침 개발 ■ 기존건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 시범사업 - 특정 행정구역 내 전체 기존 건물 대상으로 우선순위 판정 지침 시범 적용 - 우선순위에 따른 연차별 보강계획 및 보강비용 개략 산출 ■ 공공 및 민간 기존건축물 구조안전 개선절차의 가이드라인 개발 - 국내 구조성능 평가 및 보수보강 현황조사 - 국내외 관련 제도 및 가이드라인 조사 - 기존 건축물 구조안전 개선 절차에 관한 지침 개발 ■ 구조안전등급 표시제도 개발 - 주요 대상건물군별 구조안전등급 표시 방법 개발 - 주요 대상건물군별 구조안전의 범위 설정 및 등급판정 지침 개발 - 구조안전등급 표시제도 의무적용 범위설정 (다중이용시설, 위험시설, 중요산업시설) - 민간건축물 구조안전 표시 활성화 및 활용 방안 개발 ■ 소규모를 포함한 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도 개발 - 보수보강 유도에 효과적인 인센티브 발굴 - 구조안전등급의 재산가치 또는 보험요율 등에 반영 방안 - 각종 촉진 제도의 법적/실효적 타당성 검토 ■ 재난 후 피해건축물 잔존구조성능 평가지침 개발 - 국외 피해건축물의 위험도 판정 절차 및 기술의 조사/분석 - 피해건축물의 구조성능 조사 시스템 구축 - 구조 실험 및 해석을 통한 피해건축물 구조성능 저감계수 개발 - 피해건축물의 피해도 평가 및 복구 여부 판정 지침 개발 - 피해건축물 피해도 판정 예제 작성 ■ 피해건축물 긴급 및 영구 복구 지침 개발 - 피해건축물 긴급 및 영구 복구기술 조사 및 분석 - 피해규모별 긴급 및 영구 복구 지침 개발 - 피해건축물 복구기술 예제 작성
2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	■ 국내 기존 건축물의 실태조사 및 데이터베이스 구축 - 내진설계되지 않은 공공 및 민간 건축물의 건축연도 및 유형(구조형식, 규모, 용도)별 분류 - 분류에 따른 부재별 실태조사(재료강도, 배근) 및 기본재료강도 제시 (도면조사 및 현장 비파괴검사, 코어테스트) - 재료강도 및 배근 파악을 위한 합리적인 비파괴검사 절차의 개발 (재료실험 및 부재규모 mockup test) ■ 국내 기존 건축물의 주요 구조요소의 실험기반 성능데이터 구축 - 내진설계되지 않은 건축물의 연도별 설계 및 시공 특성 조사

	- 구조성능 파악을 위한 성능데이터 부족요소 파악 - 과거 실험자료 조사 및 신규 부재실험을 통한 성능데이터 구축 ■ 국내 기존 건축물 고유의 구조적 특성을 반영한 구조성능 평가모델 개발 - 과거 국내 건축물의 구조설계상의 특수성 조사 - 구조시스템 별 해석 기법에 따른 결과의 비교 분석 - 과거 실험자료 조사 및 구조실험을 통해 구조시스템별 적정 해석기법 제시 - 대표적 기존 건축물 유형의 재해 취약도 평가절차 제시 ■ 국내 기존 건축물의 진동시험 기반 성능평가용 주기식 개발 - 기존 주기식의 근거자료 파악 및 외국 건축물과 국내건축물과의 차이 분석 - 실측자료 조사 및 계측, 구조체의 진동실험을 통한 유형별 국내 건축물의 기본 주기식 제안 - 상세성능평가를 위한 주기산정절차 제시: 해석모델로부터 주기를 산정할 경우 구조요소, 비구조요소의 모델링기법 제시 ■ 국내 건축물의 실증적 구조성능을 반영한 성능기반 구조성능 평가지침 개발 - 국내 비내진 건축물의 실증적 구조성능을 반영한 판정기준 수립 - 건물 유형별 평가를 통한 설계기준과의 성능기반 평가기준의 부합성 검토 ■ 성능기반평가 기준의 테스트베드 적용 - 구조안전 개선사업 예정인 대상 건물 선정 - 원구조성능 평가에 개발된 평가지침 적용 및 피드백
2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발: 학교, 소방서 및 경찰서, 대형 병원, 방송국 및 전화국 건축물을 대상 - 공공 건축물의 용도별 필수 기능 요소 파악 - 공공 건축물의 구조성능 부족 사항 파악 - 공공 건축물의 필수 기능 확보 보강 방안 수립 ■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발: 비보강 조적 주택, 필로티, 벽식 다세대/다가구, 조적채움벽을 가지는 RC 상가 건축물을 대상 - 민간 건축물의 용도별 구조 특성 파악 - 민간 건축물의 구조성능 부족 사항 파악 - 민간 건축물의 최소 구조성능 확보 보강 방안 수립 ■ 보강설계 기준, 보강상세 및 시방서 개발 - 보강 재료 및 수준에 따른 보강 방법 선택 방안 수립 - 실험을 통한 보강 상세의 성능 및 시공성 검증 - 신축건물과 동등한 수준의 설계기준 개발 - 주요 보강방법의 표준상세 및 시방서 개발 - 2-3 세세부에서 개발된 성능기반 평가지침을 구조보강 설계기준에 통합 ■ 구조보강 설계기준 및 표준상세의 보강 설계기준의 테스트베드 적용 - 2-3 세세부와 동일한 테스트베드를 대상으로 보강설계 수행 - 보강설계안의 구조성능 평가과정에 2-3세세부에서 개발된 성능기반 평가기준 적용 - 대안설계별 보강비용 및 시공성 평가
2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	■ 구조성능평가 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발 - 실무적용을 위한 차세대 성능기반 구조성능 평가절차의 전산화 기술 - 구조모니터링 연계 실시간 구조해석 및 성능평가 기술 ■ 구조보강 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발 - 보강설계 대안생성 기법 및 최적 보강방법 선정기술 개발 - BIM기반 구조보강상세 3차원 라이브러리 구축 ■ 실무자 대상 차세대 성능기반 구조성능 평가 및 보강 기술 교육프로그램 개발 - 국내 건축물의 실증적 구조성능 교육프로그램 개발 - 구조성능 평가 및 보강설계 교육용 교재 개발 - 구조성능 평가 및 보강 실무적용 전산시스템 교육용 교재개발

	■ 관련 공무원 대상으로 구조성능 개선 기술 및 보강 절차 교육프로그램 개발 - 구조성능 개선을 위한 기획 및 실시 단계별 절차 교육 - 지진 및 기후변화의 건축물 영향 및 구조성능 기초 교육 ■ 성능기반 구조성능 개선을 위한 전산활용 기술의 테스트베드 적용 - 개발된 전산활용 시스템의 활용성 검증 및 보완
2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장반복가력실험 - 현장 반복가력 실험을 위한 폐교 또는 철거예정인 구조물 선정 - 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 현장반복가력 실험 - 현장반복가력실험에 사용한 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 구조성능실험 - 현장반복가력실험에 사용한 진동제어장치의 일축가력실험 ■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험 - 구조형식별 기존건축물에 진동제어장치를 적용한 축소모형 진동대실험 - 진동대실험 대상 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력실험 ■ 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발 - 기존건축물에 적용 가능한 기존 진동제어장치 대한 DB 구축 - 기존건축물의 진동성능향상에 기여 가능한 진동제어장치와 해석모델 개발 - 기존건축물의 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 응답감소비와 손상분포 제시 - 기존건축물의 진동성능향상을 위한 구조형식별 최적 진동제어장치 제시 ■ 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립 - 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침 - 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계프로세스 - 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토지침

나. 연차별 계획

세세부 과제명	연차별 연구내용				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	■ 기존 건축물 구조성능 개선 절차 해외제도 조사 ■ 기존 건축물 구조성능 개선 촉진에 관한 해외 제도 조사 ■ 구조종별 피해건축물 구조성능 조사 시스템 개발	■ 건축물 구조성능 보강의 사회적, 경제적 영향 분석 ■ 기존 건축물 구조안전 개선 절차에 관한 지침 개발 ■ 피해건축물 구조성능 저감계수 산정법	■ 구조성능 보강 우선순위 산정 지표 개발 ■ 대상건축물 용도별 구조안전 표시방법 및 판정기준 개발 ■ 피해건축물 잔존구조성능 평가 기술	■ 구조안전 표시 제도 의무적용 범위 설정 ■ 구조안전 확보 인센티브 제도 제안 및 타당성 평가 ■ 피해건물 긴급 및 영구 복구 기술	
2-2 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	■ 국내 비내진 건축물의 실태조사 ■ 과거 실험자료 조사/DB화 및 누락사항 파악 ■ 국내외 성능기반평가 기술의 분석 및 국내 건축물에 적용 시 부족사항 파악	■ 기존 건축물 연도 및 유형별 기본 재료강도 제시 ■ 구조실험을 통해 기존 연구에서 누락된 구조성능 DB 보완 구축 ■ 구조시스템별 진동특성 계측	■ 구조시스템별 해석기법에 따른 영향파악 ■ 구조시스템별 주기식 제안 및 검증 ■ 구조시스템별 구조안전 평가모델 제안 및 검증	■ 국내 비내진건축물의 구조요소별 성능데이터 구축 및 검증 ■ 기존 건축물의 성능기반 평가지침 개발 ■ 평가지침의 파일럿 테스트 및 보완	
2-3 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발	■ 공공 및 민간 건축물 용도, 건축년도, 사용연수 등 분석 ■ 공공 건축물의 용도별 필수 기능 요소 및 요구성능 파악	■ 공공 건축물의 기능수행 대비 구조성능 부족 사항 파악 및 보강방안 실험 ■ 민간 건축물의 구조성능 부족 사항 파악 및 보강방안 실험	■ 보강 재료 및 수준에 따른 보강 방법 선택 방안 수립 ■ 보강 방법을 기존 건축물에 적용하는 설계법 개발	■ 공공 건축물의 필수 기능 확보 보강 방안 수립 ■ 민간 건축물의 최소 구조성능 확보 보강 방안 수립	■ 용도별 구조보강 지침과 구조성능 평가 지침의 설계기준화 ■ 개발된 보강 상세 및 설계법의 테스트베드 적용
2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산 시스템 및 교육프로그램 개발		■ 전산 활용 평가절차 개발 ■ 보강상세 BIM 기술 ■ 구조해석 요소기술	■ 성능평가 요소기술 전산화 ■ 구조모니터링 연계 기술 ■ 보강상세 라이브러리	■ 최적 보강대안 선정 기술 ■ 보강설계 단위기술 통합 시스템 개발 ■ 국내 파일럿프로젝트	■ 실무 기술자 교육프로그램 개발 ■ 관련 공무원 교육프로그램 개발 ■ 해외 파일럿프로젝트 ■ 기술상용화 및 전파
2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발	■ 현장 반복가력 실험을 위한 폐교 또는 철거예정인 구조물 선정	■ 현장반복가력 실험체 계획 및 해석 ■ 진동대실험체 계획 및 해석	■ 현장반복가력실험 적용 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 구조성능실험 ■ 현장반복가력실험에 사용한 진동제어장치의 일축가력실험 ■ 진동대실험에 사용한 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력실험 ■ 기존건축물에 적용 가능한 기존 진동제어장치 DB 구축 ■ 기존건축물의 진동성능향상에 기여할 수 있는 진동제어장치와 해석모델 개발	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 현장반복가력 실험 I ■ 구조형식별 기존건축물에 진동제어장치를 적용한 축소모형 진동대실험 I ■ 기존건축물의 구조형식과 진동제어시스템 조합별 응답감소비와 손상분포 제시 ■ 기존건축물의 진동성능향상을 위한 구조형식별 최적 진동제어장치 제시 ■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계프로세스	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 현장반복가력 실험 II ■ 구조형식별 기존건축물에 진동제어장치를 적용한 축소모형 진동대실험 II ■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침 ■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토지침
연차별 주요성과물	■ 구조성능개선 해외선진 제도 사례집 ■ 피해건축물 구조성능 조사 시스템 ■ 내진설계 미적용 기존 건축물 기본정보 DB ■ 기존 건축물 요구성능 수준 보고서 ■ 현장 반복가력 실험 대상 선정	■ 구조성능 개선 절차 지침서 ■ 내진설계 미적용 기존 건축물 구조성능 DB ■ 취약한 핵심 구조요소 보강방안 수립 ■ 성능평가 및 보강 요소기술 전산모듈 ■ 현장반복가력 실험계획서	■ 구조보강 우선순위 판정기준 ■ 구조안전등급 표시제도 ■ 건물 피해도 판정 매뉴얼 ■ 기존 건축물 구조안전 평가모델 개발 ■ 구조보강 표준상세 및 시방서 ■ 성능평가 전산시스템 ■ 기존건축물에 적용 가능한 기존 진동제어장치 DB ■ 기존건축물 적용가능 진동제어장치 시작품	■ 구조보강 촉진제도 ■ 피해건물 복구지침 ■ 성능기반 기존건축물 구조성능 평가지침 ■ 공공건축물 기능수행 보강지침 ■ 민간건축물 최소비용 보강지침 ■ 보강설계 통합시스템 ■ 구조형식별 최적 진동제어장치에 관한 연구보고서	■ 기존 건축물 구조보강 설계기준 ■ 보강기준 적용 테스트베드 ■ 실무자 및 공무원 교육프로그램 ■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침 ■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토지침

4.2.3 제3중점분야

가. 연구내용

세세부 과제명	연구내용
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ 소규모 건축물의 구조적 안전성을 확보하기 위한 사양규정 법제화 방안 - 국내외 소규모건축물 구조기준에 관한 법 적용 비교/분석 - 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 - 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 타당성 분석 ■ 소규모 건축물의 설계/시공시 구조 기준의 활용을 위한 행정 및 제도 절차 마련 - 국내외 소규모건축물 구조안전성 확보를 위한 제도적/행정적 절차 분석 - 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 ■ 소규모 건축물 구조 기준의 정부 지원 정책 방안 제시
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	■ 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 분석을 위한 데이터베이스 구축 ■ 국외 소규모 건축물 관련 구조기준 분석 및 국내 적용성 검토 ■ 소규모건축물의 구조기준 적용 범주 제안 - 지역 및 지반조건에 따른 소규모건축물 적용 하중 정의 - 기존 소규모건축물의 구조재료별 골조시스템 및 현장 조사를 통한 시공 실태에 대한 현황 파악 - 소규모건축물의 평면/입면 배치형태(비정형성)에 따른 문제점 파악 - 소규모건축물의 재료, 규모, 용도, 적용하중 및 구조배치형태에 따른 기준의 적용 범주 제안 ■ 사양중심의 소규모건축물 구조기준(안) 개발 - 소규모건축물의 구조재료/용도에 따른 구조성능 기준 연구 - 수직하중에 대한 최소 사양 기준 제안 및 표준화 - 지진 및 폭설 등 이상하중을 고려한 성능기준 제시 및 해석적 방법론 연구 - 구조재료 및 비정형성을 고려한 설계요구조건 정립 - 구조재료/용도별 구조시스템 설계방안 정립 - 단순하고 경제적인 부재 및 접합부의 사양중심 설계 테이블화 - 경제성, 시공성, 설계편의성을 반영한 구조안전 사양 기준(안) 및 해설 개발 (체크리스트, 매뉴얼, 예제 개발)
3-3. 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 소규모 건축물의 구조안정성 평가 - 소규모 조적조/목구조(한옥제외)/강구조/철근콘크리트조의 구조적 특성 분석 - 면적/규모/형상 등을 고려한 대표 구조물 선정 - 기존 소규모건축물의 수직하중에 대한 구조성능 평가 - 기존 비내진 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 평가 ■ 사양중심 설계테이블의 실험적 검증 연구 - 소규모건축물의 수직하중에 대한 최소 사양기준에 대한 실험적 검증 - 면적/규모/형상 등을 고려한 사양별 상세에 대한 실험적 검증 - 조적조 소규모건축물의 벽량/벽률을 고려한 내진성능 검증 - 목구조(한옥제외) 및 강구조(경량철골조) 소규모건축물의 구조시스템/접합부에 대한 실험적 검증 - 끼움벽이 있는 철근콘크리트조 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 검증 - 지진하중에 대한 소규모건축물의 비구조재의 영향 평가

	■ 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 상부구조 형식에 대응하는 하부구조의 구조안전성 평가 - 소규모건축물 기초구조 및 지하구조의 구조성능 평가 ■ 지반조건에 따른 소규모 건축물의 하부구조에 대한 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구 - 국내 지반조건에 따른 기초 구조형식별(독립기초, 줄기초, 온통기초) 소규모건축물 표준 기초상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 - 국내 지반조건에 따른 각 지중구조부재별(지중보, 지중벽체) 소규모건축물 표준 지하구조 상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 ■ 새롭게 개발된 소규모 건축물의 사양 중심 설계 테이블을 적용한 하부구조에 대한 구조 성능 검증 실험 - 개발된 표준 하부구조에 대한 현장 적용 실험을 통한 구조성능 평가 및 검증 - 산간지역과 산사태 위험지역에 위치한 소규모건축물의 하부구조 피해방지를 위한 공법 개발

나. 연차별 계획

세세부 과제명	연차별 연구내용				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	■ 국내외 소규모건축물 구조기준관련 법 적용의 분석 ■ 국내외 소규모건축물 관련 제도적/행적적 절차 벤치마킹	■ 소규모건축물의 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정절차에 대한 연구	■	■ 소규모건축물 구조기준 적용시의 타당성 및 문제점 분석	■ 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 ■ 소규모건축물 구조기준 활성화시키기 위한 정부 지원정책 및 교육프로그램 마련
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	■ 국외 소규모 건축물에 대한 구조기준 분석 및 적용성 검토 ■ 구조 재료/시스템별 기존 소규모 건축물의 분포 현황조사 ■ 기존 소규모 건축물의 시공실태 분석을 위한 현장 조사 ■ 소규모 건축물의 중력하중에 대한 구조성능 분석	■ 소규모건축물 구조기준 적용 범주에 대한 연구 ■ 소규모 건축물 효과적인 구조성능 분석을 위한 해석적 방법론에 대한 연구 ■ 소규모건축물의 평면/입면 배치형태(비정형성)에 대한 구조 성능 검토 ■ 수직하중에 대한 최소사양 기준 제안 및 표준화	■ 지역 및 지반조건에 따른 소규모건축물 적용하중 정의 ■ 이상 하중(지진, 폭설 등)에 대한 기존 소규모 건축물의 구조 안전성 검토 ■ 비정형성을 고려한 설계요구조건 정립 ■ 주요 구조부재에 대한 구조 상세의 표준화 및 테이블화를 위한 해석 및 실험 기반 DB구축	■ 지진 및 폭설등 이상하중을 고려한 성능기준 제시 ■ 구조재료/용도별 구조시스템 설계방안 정립 ■ 단순하고 경제적인 부재 및 접합부의 사양중심 설계 테이블화에 대한 연구 ■ 소규모 건축물 하부구조 기준(안) 및 해설 개발	■ 소규모 건축물 구조기준(안) 및 해설 개발 ■ 체크리스트, 및 예제 개발
3-3. 소규모 주거용건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	■ 소규모 건축물의 재료별 구조 특성 분석 ■ 규모/형상 등을 고려한 구조 재료별 대표 건축물 결정	■ 기존 소규모 건축물의 중력하중에 대한 구조성능 분석을 위한 실험연구 ■ 수직하중에 대한 최소사양기준에 대한 실험적 검증 ■ 횡하중(지진) 및 이상하중(폭설, 홍수 등)에 대한 선정된 대표 건축물의 성능 평가를 위한 실험계획	■ 횡하중(지진) 및 이상하중(폭설, 홍수 등)에 대한 대표 건축물에 대한 실험을 통한 성능평가 ■ 면적/규모/형상 등을 고려한 사양별 구조 상세에 대한 실험적 검증	■ 지진하중에 대한 소규모 건축물의 비구조재의 영향 평가 ■ 기존 소규모건축물과 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석	
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구			■ 국내외 소규모 건축물 하부구조 특성 분석 ■ 지반조건을 고려한 소규모 건축물의 하부구조 해석 모델 및 기법 연구	■ 국내 소규모 건축물 하부구조의 표준상세 제안 및 실험적 검증	
연차별 주요성과물	■ 국내외 소규모건축물 관련 법/제도 분석 보고서 ■ 국내 소규모건축물 현황 분석 보고서 및 데이터베이스 ■ 구조재료별 면적/규모/형상등을 고려한 대표 소규모 건축물 ■ 소규모건축물 재료별 구조특성에 대한 보고서	■ 소규모건축물 관리/감독 관련 행정 제도안 ■ 소규모건축물에 특화된 간편 해석 기술 ■ 소규모 건축물의 수직하중에 대한 최소사양기준안 ■ 수직하중에 대한 구조안전성 실험 결과 보고서	■ 이상기후(지진등 포함)에 대한 소규모건축물의 구조성능 분석 보고서 ■ 소규모건축물의 주요 구조부재에 대한 실험적 성능 분석 보고서 ■ 소규모 건축물 하부구조 특성분석 보고서	■ 지진 및 폭설등의 이상하중에 대한 소규모 건축물의 구조성능기준 ■ 횡하중에 대한 구조성능 검증 실험 보고서 ■ 소규모 건축물의 하부구조 관련 구조해석 요소기술 ■ 개발된 사양중심 소규모 건축물 구조 기준 적용에 대한 타당성 분석 보고서	■ 소규모건축물의 표준화된 구조상세 및 테이블 ■ 소규모 건축 구조 기준(안) ■ 기준의 법제화 및 촉진 제도(안) ■ 비구조전문가를 위한 교육프로그램

4.3 세부과제별/연차별 성과목표 및 성과지표

4.3.1 제1중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	성과지표 (KPI)	정의	성과목표	해당 연차 (1~5차년)
1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	지진하중 정의	기술요소 분석 및 예측 Report	국내 지반 및 지진환경을 고려한 지진특성 분석, 지진하중 추정 기술, 내진 설계스펙트럼 산정 기술 개발	3건 이상	1-3차년도
		SW 개발	국내 지반-건축물 상호작용을 고려한 지반 운동 시간 이력 산정 프로그램 개발	1건 이상	4차년도
		지침/매뉴얼	지진설계하중 산정하는 지침과 매뉴얼 개발	1건 이상	5차년도
	기후변화 관련 하중 정의	기술요소 분석 및 예측 Report	기후변화 관련 특성 조사 및 설계 고려방안 분석	2건 이상	1-3차년도
		기술요소 분석 및 예측 Report	기후변화 관련 하중별 적용대상 건축물 (신축, 기존, 소규모 건축물) 정의 수립	1건 이상	4차년도
		지침/매뉴얼	기후변화 관련 설계하중을 산정하는 지침과 매뉴얼 개발	1건 이상	5차년도
1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	내진설계기준 기술조사 보고서	자료 조사 건수	국·내외 내진설계 기준 관련한 자료 수집 및 정리	10건 이상	1차년도
		비교·분석 건수	국·내외 내진설계 기준 관련한 자료의 비교·분석	10건 이상	2차년도
		법적·제도적 개선안 건수	국·내외 내진설계 기준 관련한 자료의 비교·분석 결과를 바탕으로 한 국내 내진설계 법적·제도적 개선안	1건 이상	3차년도
	지진 이후 기능유지 필수 건축물 기술 보고서	지진 이후 기능유지 필수 건축물의 범위 건수	지진 이후 기능유지가 필수적인 건축물의 범위를 정의	1건 이상	1차년도
		지진 이후 기능유지 필수 건축물의 성능수준 건수	지진 이후 기능유지가 필수적인 건축물의 성능 수준을 정의	1건 이상	2차년도
	Two-track 설계 기준체계와 장기 로드맵	Two-track 설계 기준체계 정립 건수	기존 설계기준과의 관계성 및 위상 정립을 위한 Two-track 설계 기준체계의 정립	1건 이상	2차년도
		장기 로드맵 건수	기존 설계기준과의 관계성 및 위상 정립을 위한 장기 로드맵 설정	1건 이상	2차년도

	이상기후 대비 건축 설계 기법	이상기후 대비 기본적인 건축물 설계 고려 방안 건수	지진, 적설, 바람 하중에 대한 이상기후 대비 기본적인기본적인 건축물 설계 고려 방안	1건 이상	2차년도
		이상기후 대비 포괄적인 건축물 설계 고려 방안 건수	홍수, 산사태 등에 대한 이상기후 대비 포괄적인 건축물 설계 고려 방안	1건 이상	3차년도
	건축물 능력 설계 기법 개발	건축물 능력 설계 기법 개발 건수	우리나라 건축물에 대한 능력 설계법의 도입 가능성을 연구하고 능력설계 기법을 개발함	1건 이상	3차년도
	RC 및 강구조 내진상세(안)	RC 내진상세(안) 개발 건수	국내 건설현장 특성을 고려한 RC 구조물의 내진상세를 단순화 함	1건 이상	4차년도
		강구조 내진상세(안) 개발 건수	국내 건설현장 특성을 고려한 강구조물의 내진상세를 단순화 함	1건 이상	4차년도
	지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안)	설계 기준(안) 건수	지진 및 기후변화에 대비한 한국형 건축물 설계 기준(안) 작성	1건 이상	5차년도
	면진 및 제진을 사용한 설계기준(안)	면진 및 제진을 사용한 성능기반 설계기준(안) 건수	1-1과제와 공동으로 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 성능기반 설계기준(안) 수립	1건 이상	4차년도
		면진 및 제진을 사용한 간편 설계기준(안) 건수	1-1과제와 공동으로 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 간편 설계기준(안) 수립	1건 이상	5차년도
	진동제어장치 구조시스템 해석모델에 대한 기존연구 DB	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	1차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 1건	1차년도
		데이터 베이스	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	1차년도
	진동제어 구조시스템 기본설계요구조건에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	2차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 2건	2차년도
	진동제어 구조시스템 해석 방법론에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 3건	3차년도

1-3. 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립	의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 표준 상세	지침 또는 보고서	산업체에서 활용할 수 있는 의료시설, 산업시설 위험물 시설의 표준 상세 제안	1건 이상	2차년도
	국내 의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 데이터베이스	DB 구축	국내 의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 현황 파악을 위한 정보 수집 정리	2건 이상	3차년도
	내진설계기준 적용 확인을 위한 제도적 장치	제도개선/매뉴얼	의료시설, 산업시설, 위험물 시설에 대한 내진설계 실시 여부 확인을 위한 제도적 장치 마련	각 1건 이상	3차년도
	국내 의료시설의 내진성능향상 프로그램	제도개선/매뉴얼	최신의 내진설계 기준이 발효되기 전에 건립되어 이미 서비스 중에 있는 의료시설의 내진성능 향상을 위한 프로그램	각 1건 이상	4차년도
	국내 의료시설, 산업시설, 위험물 시설의 내진설계 기준	설계기준	내진설계 관련 기준들을 통합적으로 관리할 목적의 체계를 포함하는 설계기준	1건 이상	5차년도
	지진에 대비한 비상 대책 모형	국가차원의 네트워크	지진 후 의료서비스 지속을 위한 국가 차원의 네트워크	1건 이상	5차년도
	성능평가용 실험법	실험 절차 메뉴얼	성능 평가를 위한 실험절차 제시	1건 이상	3차년도
	내진/내풍 구조성능 분류	전산 DB	자연재해가 초래할 인명, 재산피해 및 보수비용 추정을 위한 성능분류	1건 이상	4차년도
	설계기준	기준(안)	국내 실정에 부합하는 설계기준 항목 도출	1건 이상	5차년도
1-4. 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선	건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 개선을 위한 법/제도(안) 제시	설문조사 분석보고서	대응시스템 개선을 위한 법/제도에 대한 의견수렴	1건 이상	2차년도
		법/제도 개선(안)	대응시스템 개선과 능동적인 대응을 위한 법/제도 개선안 도출	법 및 제도 1건 이상	3차년도
	건축물 지진안전성 확보를 위한 확산 활동	교육프로그램 제시	관련 공무원 교육프로그램 개발	1건 이상	4차년도
		공청회 또는 세미나	개선된 법과 제도에 대한 확산활동	2건 이상	4차년도
1-5. 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	주요 건축물 별 구조 및 시공특성 분석	건축물 구조 시스템 및 시공특성 보고서	보편적 건축물과 의료/산업/위험물 시설 등 재해구호 시설에 대한 구조시스템과 시공관행 분석	1건 이상	1차년도
		건축구조 부재/비구조 부재 별 DB구축	보편적 건축물과 의료/산업/위험물 시설 등 재해구호	분야별 1건 이상	1-3차년도

			시설에 대하여 구조 부재 /비구조 부재의 특성을 제시하는 DB 프레임웍 구축		
	주요 건축구조시스템 및 구조/비구조 부재의 성능평가	구조실험보고서	대표적인 콘크리트 및 강구조시스템에 대한 모의진동실험보고서 발간	분야별 1건 이상	1-5차년도
		구조상세 개선 건수	구조성능과 시공성이 개선된 구조상세와 실증 결과 제시	4건 이상	1-4차년도
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	진동제어장치의 해석모델에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	1차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 1건	1차년도
	진동제어장치와 접합부의 해석모델에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	2차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 1건	2차년도
	진동제어 구조시스템 최적화에 관한 기존연구 DB	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	2차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 1건	2차년도
		데이터 베이스	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	2차년도
	진동제어장치와 구조시스템의 상호작용에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 3건	2~4차년도
	진동제어 구조시스템 최적화에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	5차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 3건	4~5차년도
	진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계지침과 설계검토지침	학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 2건	4~5차년도
		공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	5차년도
		설계지침	기준으로 규정화한 성과를 평가하기 위한 지표	3건	4~5차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	5차년도
	기존 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과 DB	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	1차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학	게재논문건수 1건	1차년도

			술지에 게재된 논문 건수		
		데이터 베이스	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	1차년도
	Prequalified 진동제어장치에 관한 보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 3건	1~3차년도
		공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	3차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1회	3차년도
	진동제어장치의 동적응답에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 3건	1-3차년도
	진동제어장치 성능실험매뉴얼	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 2건	3차년도
		공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	3차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1회	3차년도
		매뉴얼	기준으로 규정화한 성과를 평가하기 위한 지표	1건	3차년도
	진동대실험에 관한 실험보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4-5차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 5건	3-5차년도
		공개실험	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	5차년도
	다층 진동제어 구조시스템 실험보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 5건	3-5차년도
		공개실험	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	4-5차년도
	진동제어장치 성능평가 기준(안)	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	5차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수	게재논문건수 2건	4~5차년도
		공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	5차년도
		기준(안)	기준으로 규정화한 성과를 평가하기 위한 지표	1건	5차년도

		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	5차년도

4.3.2 제2중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	성과지표 (KPI)	정의	성과목표	해당 연차 (1~5차년)
2-1. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조 안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	기존건축물 구조성능 보강 우선순위 판정지침	우선순위 판정 기준에 반영된 변수	구조적인 것 뿐만 아니라 사회적, 경제적 요소를 고려한 지표	변수 3개 이상 반영	3차년도
		우선순위 판정 지침의 시범적용 실적	판정 지침을 특정 지역의 건물군에 적용하여 실효성을 검증한 실적	우선순위 판정지침 적용대상 건물 수 100개 동 이상	4차년도
	기존 건축물 구조성능 평가 및 보수보강 절차의 가이드라인	기존 건축물 구조안전 개선 절차에 관한 지침서	기존 건축물 구조안전 개선에 관련된 평가/계획/설계/시공/감리를 포괄하는 일련의 의사결정 방법 및 절차에 관한 지침서	1건	2차년도
	구조안전등급 표시제도	구조안전등급 표시방법 및 판정 지침	기존 건축물의 구조안전성을 등급화하고 각 등급에 관한 판정 기준을 지침화	1건	3차년도
		구조안전등급 표시 의무화 건축물 범위	구조안전등급 표시를 의무화하는 건축물 범위	1건	4차년도
		구조안전등급 표시 활성화 및 활용방안	구조안전등급 향상 노력을 유발할 수 있는 등급표시 활용방안	3건	4차년도
	민간건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도	구조안전 개선 인센티브 제도	구조안전 개선에 대한 인센티브 부여를 통해 구조안전 개선을 활성화하기 위한 제도(안)	3건	4차년도
	피해건축물 구조성능조사 시스템	구조종별 구조성능 조사 시스템 개발건수	RC, S, 조적, 목조, 기타 피해건축물 구조 종별 구조성능 조사 시스템 개발결과	3건이상	1차년도
	구조성능 저감계수 및 잔존성능 평가법	강도/연성능력 저감계수 산정법 개발건수	피해건축물의 강도 및 연성능력 저감을 정량적으로 평가가 가능 계수산정법 개발결과	2건이상	2차년도
		잔존구조성능 평가기술 보고서	피해건축물에 잔존하는 구조성능을 평가하는 기술 구축결과	1건이상	3차년도
	피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술지침서	긴급/영구복구기술 개발 건수	피해건축물 긴급 및 영구복구를 위한 기술 개발 결과	2건이상	4차년도

		피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술 지침서 개발건수	재난발생 후 신속 대응시스템 및 긴급복구 기술 개발 결과	2건이상	4,5차년도
2-2. 국내 기존건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가 지침화	국내 건축물 고유의 구조요소에 대한 연도별재료강도 및 성능데이터 DB	재료강도 DB	연도별 구조재료별 재료강도의 DB 및 기본재료강도의 제시	변수 2개이상 (연도별, 구조재료별)	2차년도
		비내진 상세의 구조요소 성능데이터 DB	재료별, 상세별 비내진구조요소의 의 성능데이터 제시	변수 3개이상 (재료강도별, 상세별, 하중조건별)	2차년도
	국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 주기식 및 해석 기법 제시	구조시스템별 기본주기식	국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 주기식 제시	4개이상	3차년도
		지침서	국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 적절한 해석 기법제시	4개이상	
	국내 기존 건축물의 성능기반평가지침 개발	지침서	국내 건축물 고유의 특성을 반영한 성능평가지침서	1건	4차년도
2-3. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선을 위한 경제적 성능기반 보강 설계 기술 개발	기존 주요 공공 건축물의 보강 기술	대상 건축물 수	재해 발생 시 필수 기능을 반드시 유지해야 하는 건축물 종류	4개 이상	1차년도
		지침서	필수 기능 유지를 위한 보강 지침서	1건	4차년도
	민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 기술	대상 건축물 수	최신 내진설계기술이 반영되지 못한 취약 건축물 종류	4개 이상	1차년도
		보강 방법의 경제성	민간이 자발적으로 수행할 정도의 보강 비용	건당 1000만원 이하	4차년도
		지침서	최소 비용으로 보강을 하기 위한 지침서	1건	4차년도
	보강 상세 및 설계 기술	보강 상세 수	보강 개료 및 방법별로 특화된 상세	10개 이상	3차년도
		지침서	보강 상세 및 설계 지침서	1건	3차년도
	테스트베드 적용	적용 실적	개발된 기술의 실제 적용 사례	1건	5차년도
2-4. 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	구조성능평가 전산시스템	구조성능평가 단위모듈 개발건수	구조성능평가 실무적용 단위모듈 개발	3건이상	2차년도
		구조성능평가 인터페이스 개발건수	단위모듈 및 상용 프로그램 간의 연계 프로그램 개발	3건이상	3차년도
		실무적용기술 교육프로그램 개발건수	개발기술을 실무기술자들이 용이하게 습득할 수 있는 교육프로그램 개발	1건이상	5차년도
		파일럿프로젝트	개발기술의 국내외	2건이상	4,5차년도

		적용건수	프로젝트 적용		
	구조보강 대안선정 전산 시스템	구조보강상세 라이브러리	RC, S, 조적 등 구조 종별 보강상세 DB구축 건수	3건이상	3차년도
		최적 구조보강방법 선정모듈	유형별 최적화 모듈 개발 건수	3건이상	4차년도
2-5. 진동제어장치를 이용한 기존 건축물의 진동성능 향상기술 개발	현장반복가력 실험 대상 선정	MOU	양해각서 및 사용허락서	1건	1차년도
	현장반복가력 실험 계획서	계획서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	2차년도
	기존건축물에 적용 가능한 기존진동제어장치 DB	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 1건	3차년도
		데이터 베이스	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
	기존건축물에 적용 가능한 진동제어장치 시작품	시작품	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	3차년도
		특허	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	2건	3차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 2건	3차년도
	구조형식별 최적 진동제어장치에 관한 연구보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 3건	3~4차년도
	현장반복가력 실험 보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 5건	3-5차년도
		공개실험	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	4-5차년도
	진동대 실험보고서	연구보고서	해당과제를 통한 연구결과 평가 지표	1건	4차년도
		학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 5건	3-5차년도
		공개실험	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	4-5차년도
	진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침	학술지 논문건수	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문건수	게재논문건수 2건	4~5차년도
		공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	5차년도
		설계지침	기준으로 규정화한 성과를 평가하기 위한 지표	1건	5차년도
		세미나	연구성과 공유 및	2회	5차년도

			확산을 위한 지표		
	진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토 지침	공청회	연구성과 공유 및 전문가의견 수렴을 위한 지표	1회	5차년도
		지침	기준으로 규정화한 성과를 평가하기 위한 지표	1건	5차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2회	5차년도

4.3.3 제3중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	성과지표 (KPI)	정의	성과목표	해당 연차 (1~5차년)
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	국내외 소규모건축물 관련 법/제도 분석 보고서	연구보고서	관련 연구 결과를 평가하기 위한 지표	1건	1차년도
	소규모건축물 관리/감독관련 행정 제도안	제도 및 정책 개선안	해당 연구과제에 대한 연구결과 평가지표	1건 이상	2차년도
		공청회	관련 전문가 의견 수렴을 위한 지표	1건 이상	2차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건 이상	2차년도
	개발된 소규모 건축물 구조기준 적용의 타당성 분석 보고서	연구보고서	관련 연구 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	4차년도
	기준의 법제화 및 촉진제도(안)	제도 및 정책 개선안	제도 개선안 및 촉진안 제안 건수	1건 이상	4차년도
		공청회	관련 전문가 의견 수렴을 위한 지표	1건 이상	4차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건 이상	5차년도
	비구조전문가를 위한 교육프로그램	연구보고서	관련 연구 결과를 평가하기 위한 지표	1건	5차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건	5차년도
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	소규모 건축물의 용도 및 구조재료별 현황 분석과 시공 실태 조사 보고서	데이터베이스 구축	현장 및 통계 조사를 통한 DB구축 건수	1건	1차년도
		연구보고서	관련 연구 결과를 평가하기 위한 지표	1건	1차년도
	소규모건축물에 특화된 간편 해석 기술	소프트웨어(S/W) 개발	해당 과제(또는 사업)를 통해 산출된 소프트웨어(S/W) 등록 건수	2건 이상	2~3차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	2~3차년도
	중력하중에 대한	연구보고서	분석 결과를 평가	2건	2차년도

	소규모 건축물의 최소사양기준(안)		하기 위한 지표		
		구조설계지침서	표준/기준의 규정/지침 건수	1건 이상	2차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 산정	2건 이상	2차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건 이상	3차년도
	수직 및 횡하중에 대한 소규모 건축물의 구조 성능 검증	연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	2건 이상	3차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	3차년도
		구조설계지침서	표준/기준의 규정/지침 건수	2건 이상	4차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	2건 이상	4차년도
	소규모 건축물 하부구조 표준상세	구조설계지침서	표준/기준의 규정/지침 건수	1건 이상	4차년도
		연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	4차년도
	소규모 건축물 통합 구조 기준(안) 및 해설	건축구조기준안	표준/기준의 규정/지침 건수	1건 이상	5차년도
		공청회	관련 전문가 의견 수렴을 위한 지표	1건 이상	5차년도
		연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	5차년도
		체크리스트	표준/기준의 시공 매뉴얼 건수	2건 이상	4~5차년도
	개발된 소규모 건축물 구조기준 적용 범용 예제 개발	세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건 이상	5차년도
		연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	5차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	5차년도
3-3. 소규모 주거용건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구	소규모건축물 재료별 구조특성에 대한 보고서	연구 보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	1차년도
	구조재료별 면적/규모/형상등을 고려한 대표 소규모 건축물 선정	대표건축물	대표건축물 선정 건수	4건 이상	1차년도~2차년도
		연구 보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	1차년도
	수직 및 횡하중 에 대한 기존 소규모 건축물의 실험 분석	연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	2건 이상	2차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	2차년도
	면적/규모/형상	연구보고서	분석 결과를 평가	2건 이상	3차년도

	등을 고려한 표준화된 구조상세 검증		하기 위한 지표		
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	3차년도
	횡하중에 대한 소규모 건축물의 비구조재 관련 실험 평가	연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	2건 이상	4차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	4차년도
	기존 소규모 건축물 및 신축 소규모 건축물의 구조 성능 분석	연구보고서	분석 결과를 평가하기 위한 지표	1건 이상	4차년도
		현장 적용 시험	현장 적용 건수 측정	2건 이상	4차년도
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구	기존 소규모 건축물의 하부구조 분석 보고서	데이터베이스 구축 건수	현장 및 통계 조사를 통한 DB구축 건수	1건 이상	3차년도
		연구보고서	분석 결과를 평가하기위한 지표	1건 이상	3차년도
	소규모 건축물 하부구조 관련 구조해석 요소 기술	연구보고서	분석 결과를 평가하기위한 지표	1건 이상	4차년도
		소프트웨어(S/W) 개발	해당 과제(또는 사업)를 통해 산출된 소프트웨어(S/W) 등록 건수	1건 이상	4차년도
	표준화된 구조상세 및 설계 테이블	구조 설계 지침서	지역, 용도 및 규모에 따른 보다 상세한 최소사양기준 정립에 대한 지침서 건수	1건 이상	4차년도
		세미나	연구성과 공유 및 확산을 위한 지표	1건 이상	4차년도
	표준화된 하부구조 상세 실험 검증	현장 적용 시험	구조 기준등의 효과적인 적용을 위한 현장 적용 시험 건수	2건 이상	4차년도
		연구보고서	분석 결과를 평가하기위한 지표	1건 이상	4차년도
		학술지 논문건수(국내/해외)	국내외 학술지 논문게재 건수	2건 이상	4차년도

5. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안

5.1 성과분석 및 검증방안

5.1.1 제1중점분야

○ 개발된 기술들의 표준 및 검증을 위한 시나리오를 바탕으로, 관련 평가방법 및 평가기준을 정립하고 실용화를 추진하여야 한다. 평가항목은 크게 목표 달성도, 결과물의 수준, 결과물의 활용도, 주요 성과지표의 4가지로 구성된다. 기본적인 평가방법은 표 6.1과 같고, 중점분야별로 개발 기술의 특성에 따라 별도의 세부 평가방법을 제시한다.

표 5.1 평가항목 및 평가방법에 대한 기본 개념

평가항목	평가방법
목표 달성도	▪ 주관연구기관에서 근거자료 제시 후, 평가위원회에서 평가
결과물 수준	▪ 사업수행 방안의 현실설, 경제성, 효율성을 분석하여 평가 ▪ 설계기준 및 지침의 정확성, 합리성, 명확성, 실용성 등을 분석·평가
결과물 활용도	▪ 실제적용 확인, 기술이전 확인
주요 성과지표	▪ 기준 및 지침, 매뉴얼, 논문, 특허, 프로그램, 시제품, 표준 상세, DB 건 수 등으로 평가

○ 평가는 3가지 유형으로 학술평가, 현장평가, 전문가 그룹 자문평가로 나뉘며, 학술평가는 과업성과에 대한 학술논문 발표 및 학회지 논문게재를 통하여 연구결과에 대한 독창성과 가치를 객관적으로 확보하기 위한 평가를 의미한다. 또한, 학술논문 발표 및 학회지 논문게재를 통해 여러 전문가의 의견과 비판을 수용해가면서 완성도를 높여 간다.

○ 본 과제는 지진 및 기후변화에 대비한 설계기준 및 지침을 확립하고, 성능평가와 설계 등을 위한 여러 도구를 개발하는 데 초점을 맞추고 있다. 따라서, 개발된 성과물의 현장 실무 활용성에 대하여 평가가 이루어져야 한다. 상세 도면 및 시제품 제작, 포로토타입 적용, 엔지니어링 테스트베드 등을 통하여 개발기술에 대한 현장평가를 연구기관 자체적으로 시행한다.

○ 최종적으로, 개발된 기술의 적정성과 실효성 등에 대한 평가는 분야별 전문가로 구성된 평가단에 의해 평가 받아야 한다.

○ 제1중점분야에서는 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계기술/기준 선진화를 목표로 한다. 설계하중과 구조설계/상세에 대한 기준, 성능평가 및 보강 등에 대한 기술문서, 건축물 내진/내진동 거동 특성 실증 DB, 기술개발과 관련된 학술성과 등을 주요 성과지표로 하여 평가한다. 또한, 개발된 설계기술/기준 및 성능평가 지침 등의 프로토타입 또는 실제 사례 적용 활동, 기술지도 및 기술이전 등의 활동을 통하여 기술의 활용성에 대하여 평가한다. 또한 지진 및 기후변화에 대비하여 건축물 구조안전성을 효과적으로 확보하기 위하여 진동제어장치 및 시스템을 개발한다. 진동제어 구조와 관련된 설계기준과 지침, 성능평가 및 진동제어장치 매뉴얼 등의 기술문서, 기술개발과 관련된 학술성과 등을 주요 성과지표로 하여 평가한다. 또한, 핵심 요소기술의 프로토타입 또는 실제 사례 적용 활동, 기술지도 및 기술이전 등의 활동을 통하여 기술의 활용성에 대하여 평가한다.

○ 설계기준 및 지침은 최종성과물로서 평가·검증되며, 연구수행 기간 중의 평가(연차 평가 등)에서는 개발된 요소기술, 기술문서 및 학술성과 등에 대한 평가 위주로 진행되어야 하며, 기술 및 설계기준/지침 개발 과정의 적정성과 실효성은 전문가 평가단에 의해 평가·검증받아야 한다.

표 5.2 제1중점분야 평가방법

평가항목		평가 기준	근거	평가 점수				
				아주미흡 (1)	미흡 (2)	보통 (3)	우수 (4)	아주우수 (5)
목표 달성도	지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화	완성도	주관연구기관 평가위원회 평가	평가위원회 평가결과 수용				
결과물 활용	핵심 요소기술의 활용성	사례적용	건수	-	1	2	3	> 4
	기술지도/이전/평가 (강연회,세미나 포함)	관련문서	건수	-	1	2	3	> 4
주요 성과지표	SCI 논문	제출	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 학술지 논문	제출	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 학술대회 논문	발표	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 특허	출원	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	기술문서 / 보고서	등록	등록확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	설계기준 / 지침	내부기준	내부확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	DB	내부기준	내부확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상

5.1.2 제2중점분야

○ 연구성과의 분석 및 검증에 관련된 평가항목은 크게 목표 달성도, 결과물 수준, 결과물 활용도 및 주요지표의 4개 부문으로 눌 수 있으며 상세한 평가방법은 아래 표와 같다. 평가 근거는 전문가 평가, 기술이전, 현장적용, 시뮬레이션, 논문 및 특허 등을 활용할 수 있으며, 일부는 정성적 평가를 일부는 정량적 평가에 적용된다.

표 5.3 제2중점분야 항목별 평가방법

평가항목	평가방법
목표 달성도	▪ 주관연구기관에서 근거자료 제시 후 평가위원회에서 평가
결과물 수준	▪ 실측, 현장시험, 적합성 시험 데이터 분석하여 평가 ▪ 사업수행 방안의 현실성, 경제성, 효율성을 분석하여 평가 ▪ 설계기준 및 편람의 정확성, 합리성, 명확성, 실용성 등을 분석/평가
결과물 활용도	▪ 설계적용 확인, 현장적용 확인, 기술이전으로 평가
주요 지표	▪ 기준 및 편람, 수행계획서, 논문, 특허, 기술문서, 프로그램, 표준화 등록건수, 시스템 구현.

○ 2-1 세세부 과제 : 보강 우선순위 산정지표는 대표성을 갖는 표본 구역을 설정하여 현장적용함으로써 변별력 및 타당성을 검증하고 보완한다. 절차나 제도와 관련해서는 안을 확정하기 전에 전문가 평가를 통해 충분한 피드백 과정을 거치는 것이 필요하며, 구조안전성 개선의 절차에 관한 지침은 여러 테스트베드에 적용해 봄으로써 현장적용성을 검증할 수 있다. 피해건축물의 피해도 판정 및 보강은 연구내용의 특성상 테스트베드 적용이 불가능하므로, 개별 요소기술에 대한 실험 및 시뮬레이션을 통해 학술평가, 전문가평가를 시행하고 최종적인 지침서의 현장적용성에 대해서는 지진빈발국의 전문가를 초빙하여 전문가 평가를 실시한다.

○ 2-2 세세부 과제 : 비내진 기존 건축물의 재료강도 및 부재성능의 DB나 성능평가용 주기식 등은 국내 기존 건축물의 특성을 충분히 반영하는지 판단하기 위해서 표본집단 선정의 충실도 및 실험조건의 적합도를 평가해야 한다. 이를 위해서는 학술평가 및 전문가평가를 통해서 연구결과의 타당성을 검증할 필요가 있다. 성능기반 평가지침의 경우에는 각 요소기술의 테스트결과가 적절하게 지침화되었는지 전문가평가가 필요하며, 실무 엔지니어에 의한 현장적용성에 대해서는 기술이전 및 테스트베드 적용을 통해 검증한다.

○ 2-3 세세부 과제 : 개별 요소 보강설계 기술의 정확성, 합리성, 효율성 등은 부재 수준에서 실험 및 수치해석 결과를 학술평가 및 전문가평가를 통해 검증한다. 공공 및 민간 건축물 보강기술의 경우에 기술이전 및 테스트베드 적용을 통한 현장 평가를 실시한다.

○ 2-4 세세부 과제 : 구조보강 실무적용을 위한 전산 시스템은 충분한 시뮬레이션을 통해 소프트웨어상의 오류에 대한 검증을 거쳐야하며, 기술이전을 통해 실무자로부터 완성도를 검증받고 보완한다. 최종적으로는 테스트베드 적용을 통해 현장 평가를 시행한다.

○ 2-5 세세부 과제: 목표달성도 평가를 수행하는 평가위원은 PM을 포함하여 진동제어구조시스템분야의 전문가, 구조실무 전문가, 관련 분야 정책수립 관계자로 구성되며, 주관연구기관에서 제시하는 객관적인 실적자료와 자문회의 등에서 나온 의견에 근거하여 연구목표 달성여부를 종합적으로 평가하도록 체계를 구축한다. 주요지표의 학술논문은 학술논문 발표 및 학회지 논문게재를 통해 여러 전문가의 의견을 수렴하여 연구의 완성도를 높여가는 정도를 보여 주는 척도이며, 특허는 연구성과물의 독창성을 평가하는 척도로 활용될 수 있으며, 시작품은 진동제어구조시스템의 적용가능성에 대한 평가척도로 활용될 수 있다.

표 5.4 제2중점분야 성과별 평가방법

평가항목		평가기준	평가근거	평가점수				
				매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
목표 달성도	기존 건축물 구조안전성 확보비율	과제 종료 후 10년 내 예상치	전문가 평가	20% 미만	35%	50%	65%	80% 이상
	진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강 설계능력구축 (설계지침서)	완성도	전문가 평가	설계 미흡	설계 가능	검증 완료	실무적용가능	적용실적 있음
	진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강 설계검토 능력 구축 (설계지침서)	완성도	전문가 평가	설계 미흡	설계 가능	검증 완료	실무적용가능	적용실적 있음
결과물 수준	비내진 기존 건축물의 재료 및 부재 성능 DB	표본의 충실성 실험조건의 적합성	전문가 평가	지침서 적용 불가	자료 보완 필요	일부 기존 건축물 적용 가능	모든 기존 건축물 적용 가능	현장시험 대체 가능
	개별 보강기술	완성도	전문가 평가	보강효과와 경제성 모두 미흡	보강효과 미흡, 경제성 보통 이상	보강효과 보통, 경제성 보통	보강효과 우수, 경제성 보통	보강효과와 경제성 모두 우수
	구조보강 실무적용 전산 시스템	완성도	시뮬레이션 건수	5	10	15	20	25
	구조안전성 개선 촉진제도	실무 현장 적용성	전문가 평가	폐기	전면 개정 후 재평가	일부 보완 후 재평가	일부 보완 후 적용	바로 적용
결과물 활용도	성능기반 구조성능 평가지침	지침의 적합성 실무 현장 적용성	전문가 평가	폐기	전면 개정 후 재평가	일부 보완 후 재평가	일부 보완후 적용	바로 적용
			기술이전 건수	1	2	3	4	5
			현장적용 건수	2	4	6	8	10
	개별 보강기술	실무 현장 적용성 경제성	기술이전 건수	1	2	3	4	5
			현장적용 건수	2	4	6	8	10
	보강 우선순위 산정지표	지표의 변별력	시범사업 적용	폐기	전면 개정 후 재평가	일부 보완 후 재평가	일부 보완후 적용	바로 적용
	구조보강 실무적용 전산 시스템	실무 현장 적용성	기술이전 건수	1	2	3	4	5
			현장적용 건수	2	4	6	8	10
	피해건축물 조사시스템	타당성, 실무적용성	지진빈발국 전문가 평가	폐기	전면 개정 후 재평가	일부 보완 후 재평가	일부 보완후 적용	바로 적용
	피해도 평가 및 복구 기술 지침서	타당성, 실무적용성	지진빈발국 전문가 평가	폐기	전면 개정 후 재평가	일부 보완 후 재평가	일부 보완후 적용	바로 적용
	기존 건축물 구조성능 평가 및 보수보강 절차	실무 현장 적용성	현장적용 건수	2	4	6	8	10
	연구성과물 검증 노력 (공청회)	관련문서	건수	-	-	1	2	≥3
	연구성과물 공유 및 확산 노력 (세미나 및 책자)	관련문서	건수	-	1	2	3	≥4
	연구성과물 공유 및 확산 노력 (공개실험)	관련문서	건수	-	1	2	3	≥4
주요 지표	학술지 논문	게재	건수	2	4	6	8	10 이상
	학술대회 논문	발표	건수	3	6	9	12	15 이상
	프로그램	등록	건수	1	2	3	4	5 이상
	특허	출원	건수	1	2	3	4	5 이상

5.1.3 제3중점분야

○ 제3중점분야에서는 소규모 건축물의 지진 및 기후변화에 대한 구조안전성 확보 방안 구축을 목표로 한다. 국내 소규모 건축물 DB, 설계 지침, 구조성능평가 기준/지침, 표준 상세 및 설계 매뉴얼 등에 대한 기술문서, 기술개발과 관련된 학술성과 등을 주요 성과지표로 하여 평가한다. 또한, 개발된 설계 지침/매뉴얼과 구조성능평가/보강 기술의 프로토타입 또는 실제 사례 적용 활동, 기술지도 및 기술이전 등의 활동을 통하여 기술의 활용성에 대하여 평가한다.

○ 설계 지침 및 매뉴얼은 최종성과물로서 평가·검증되며, 연구수행 기간 중의 평가(연차 평가 등)에서는 개발된 요소기술, 기술문서 및 학술성과 등에 대한 평가 위주로 진행되어야 하며, 최종 목표 기술 및 설계기준/지침의 개발 과정의 적정성과 실효성은 전문가 평가단에 의해 평가·검증받아야 한다.

표 5.5 제3중점분야 평가방법

평가항목		평가 기준	근거	평가 점수				
				아주미흡 (1)	미흡 (2)	보통 (3)	우수 (4)	아주우수 (5)
목표 달성도	소규모 건축물 구조안전성 확보 방안 구축	완성도	주관연구기관 평가위원회 평가	평가위원회 평가결과 수용				
결과물 활용	핵심 요소기술의 활용성	사례적용	건수	-	1	2	3	> 4
	기술지도/이전/평가 (강연회,세미나 포함)	관련문서	건수	-	1	2	3	> 4
주요 성과지표	SCI 논문	제출	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 학술지 논문	제출	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 학술대회 논문	발표	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	국내외 특허	출원	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	기술문서 / 보고서	등록	등록확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	설계기준 / 지침	내부기준	내부확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	DB	내부기준	내부확인	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상
	정책 제안	내부기준	건수	60%미만	60~80%	80~100%	100~120%	120%이상

5.2 실용화 방안

5.2.1 제1중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	활용방안
1-1. 지진 및 기후변화 관련 하중 정의	■ 지진하중 정의	■ 국내 지진환경 변화에 따른 건축물의 합리적인 내진설계를 위한 기준/지침/매뉴얼 개발 시에 설계하중으로 적용 ■ 건축물 내진설계기준의 개정 및 보완의 근거자료로 활용 ■ 복합위험에 대비한 범국가적 융합 방재체계 구현에 설계하중으로 활용
	■ 기후변화 관련 하중 정의	■ 기후변화에 따른 태풍, 폭설, 홍수, 산사태, 등 재해, 재난에 대비한 건축물 구조설계를 위한 설계하중과 대상건축물을 정의하는데 활용 ■ 복합위험에 대비한 범국가적 융합 방재체계 구현에 하중으로 활용
1-2. 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선	■ 한국형 건축물 능력 설계 기법 모형	■ 한국형 건축구조설계기준 수립 시 지진하중분야에 활용 ■ 내진성능평가 및 내진설계기법 관련 기술 구축을 위한 기초자료 활용 ■ 향후 건축물 내진설계 실무 및 보수보강을 포함한 유지관리를 위한 평가자료 활용한국형 건축물 능력설계법 가능성 검토를 통하여 향후 한국형 건축구조설계기준 수립을 위한 기초자료 활용 ■ 성능기반설계법(Performance Based Design Method) 개발을 위한 기초자료 활용 ■ 건축물 내진설계 실무 및 보수보강을 포함한 유지관리를 위한 설계자료 활용
	■ RC 및 강구조 내진상세(안)	■ 현행 복잡한 RC 및 강구조 내진상세를 단순화하여 안전하면서도 효율적인 내진상세를 개발하여 건축물 내진과 관련한 설계·시공·유지관리 분야의 효율성 확보 ■ 한국형 건축구조설계기준, 강구조설계기준 및 철근콘크리트설계기준의 작성을 위한 자료로 활용 ■ 내진설계 분야의 표준화를 위한 기초자료로 활용
	■ 면진 및 제진을 사용한 설계기준(안)	■ 건축물 내진설계 실무 및 내진 보수보강을 위한 설계기준으로 활용 ■ 면진 및 제진장치를 사용한 건축물 성능기반설계법 적용을 위한 활용 ■ 면진 및 제진장치를 사용한 다양한 건축물 성능평가기준을 마련하기 위한 자료로 활용
	■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안)	■ 국내 내진설계기준의 선진화를 위한 장기적 Framework 구축 자료 활용 ■ 한국형 건축구조설계기준 수립을 통한 건축구조 분야 설계·시공·유지관리 분야의 효율성 확보 ■ 기후변화에 대비한 계획, 설계, 유지관리 기술 및 방재시스템 개발에 활용
	■ 진동제어장치 구조시스템 해석모델에 대한 기존연구 DB	■ 진동제어구조시스템의 설계기준(안)의 기초자료로 활용 ■ 성과물의 구조엔지니어와 공유를 통하여 진동제어장치 적용타당성 검토의 기초자료 활용
	■ 진동제어 구조시스템 기본설계요구조건에 관한 연구보고서	■ 진동제어구조시스템 설계기준(안)의 기초자료로 활용 ■ 진동제어구조시스템의 최대지진에 대한 안전성확보 판단에 활용
	■ 진동제어 구조시스템 해석 방법론에 관한 연구보고서	■ 진동제어구조시스템 설계기준(안)의 기초자료로 활용 ■ 진동제어구조시스템의 경제성 평가의 직접적인 자료로 활용 ■ 지진을 비롯한 비예측하중으로 인한 국가재난피해 발생시 피해 예측 자료로 활용

1-3. 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 현황파악에 활용 ■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 통계에 활용 ■ 궁극적으로는 국가 차원의 재난 대처에 활용
	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 표준상세	■ 최소한의 내진성능 품질을 유지하기 위하여 ■ 경제적인 설계와 시공을 위하여 ■ 관련 산업의 발전을 위하여
	■ 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계기준	■ 재난에 의한 평상 시 기능의 훼손을 최소화하기 위하여 ■ 내진성능의 균일성 확보하기 위하여 ■ 안전하고 경제적인 설계 및 시공을 위하여
	■ 내진설계기준 적용 보장을 위한 제도적 장치	■ 내진설계부터 시공에 이르는 전 과정을 통합적으로 관리하기 위하여 ■ 건축가, 엔지니어, 시공자, 공무원 등 모든 주체가 일목요연하게 이해할 수 있도록 ■ 결국은 내진설계 및 내진보강의 최소한의 품질확보를 위하여
	■ 의료서비스 비상대책 네트워크	■ 재난 시 비상관리 체계가 원활히 작동할 수 있도록 ■ 국가적 재난관리 수준의 향상을 위하여 ■ 재난 시 국가적 손실을 최소화하기 위하여
	■ 국내 실정에 적합한 비구조재의 구조성능 평가법 및 해석방법	■ 실무 기술자가 주구조재 내진설계시 비구조재 설계도 병행할 수 있게 함.
	■ 국내 실정에 적합한 비구조재 설계기준	■ 국가기관이 건축법상 구속력이 있는 비구조재 설계기준을 마련할 때 활용할 수 있게 함.
1-4. 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선	■ 법/제도 개선안에 대한 교육프로그램과 다양한 확산활동	■ 관련 분야 종사자를 대상으로 한 설문조사와 전문가의 인터뷰 등을 통한 법/제도 개선안에 대한 사회적 공감대 형성 ■ 법/제도 개선안에 대한 교육프로그램을 개발하여 관련 공무원과 관련 분야 종사자에 지속적인 교육실시 ■ 공청회와 세미나를 통한 확산활동
1-5. 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증	■ 국내 대표적 구조시스템, 그리고 국내 지진 및 기후환경 특성에 대한 내진/내진동 거동특성 실증 DB 구축	■ 국내 내진/내진동 설계기준의 개선 - 본 연구과제의 각 세부과제에 기초 데이터 제공 - 국내 건축물 특성에 대한 DB를 활용하여 국내 설계기준의 개선에 활용 ■ 건설시장의 고부가가치화 - 국내 지진 및 기후환경 특성에 맞도록 구조상세의 간편화에 활용 (2 중점과제에서 활용) - 기술이전 추진을 통하여 중약진 지역 해외공사 수주 및 구조설계 경쟁력 향상 - 실무기술자의 창의력을 보장하는 방향으로 구조설계기술을 개발 (2 중점과제에서 활용) - 간편 구조상세의 개발을 통해서 경제적 보수보강공법의 개발의 근거제공과 경제성에 기여 (2, 3 중점과제에서 활용)
1-6. 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가	■ 진동제어장치의 해석모델에 관한 연구보고서	■ 진동제어장치의 신뢰성 확보 ■ 진동제어 구조시스템 설계프로세스의 기초자료로 활용 ■ 진동제어 구조시스템 해석모델 구축에 활용 ■ 진동제어 구조시스템 설계식 개발의 근거자료로 활용
	■ 진동제어장치와 접합부의 해석모델에 관한 연구보고서	■ 합리적이고 실증적인 진동제어장치 해석결과 DB구축에 활용 ■ 진동제어장치의 성능평가 기초자료로 활용 ■ 진동제어장치 효율성 판단의 근거자료로 활용
	■ 진동제어 구조시스템 최적화에 관한 기존연	■ 성과물의 구조엔지니어와 공유를 통하여 진동제어장치 적용타당성 검토의 기초자료 활용

	구 DB와 연구보고서	■ 진동제어장치의 최적설계를 위한 참조자료로 활용 ■ 진동제어 구조시스템 설계지침과 설계검토지침의 기초자료로 활용
	■ 진동제어장치와 구조시스템의 상호작용에 관한 연구보고서	■ 진동제어구조시스템 설계프로세스 수립 시 진동제어장치 효율 평가자료로 활용 ■ 최적진동제어시스템 선정의 기초자료로 활용 ■ 진동제어장치 최소성능기준의 판단근거로 활용 ■ 구조형식별 진동제어시스템 적용 타당성 판단 근거로 활용 ■ 진동제어시스템 적용대상구조물의 데이터베이스 구축에 활용
	■ 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계지침과 설계검토지침	■ 진동제어구조시스템 성능기반 설계지침의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어구조시스템의 설계식을 포함한 설계프로세스의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어장치 최소요구성능기준 확보여부 확인에 활용 ■ 진동제어구조시스템 간편 설계지침의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어구조시스템의 설계식을 포함한 설계프로세스의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어장치 최소요구성능기준 확보여부 확인에 활용
	■ 기존 진동제어장치에 대한 이력특성과 실험결과 DB	■ 진동제어장치를 이용한 구조설계로 활용 가능하며, 진동제어장치 선택에 편리성을 제고 ■ 진동제어장치의 선택의 폭을 확대시키며, 실험으로 검증된 진동제어장치를 제공함에 따라 구조설계 참고자료로 활용
	■ Prequalified 진동제어장치에 관한 보고서	■ 진동제어장치 설계의 근거자료 활용 ■ 신뢰성 있는 진동제어 구조시스템의 설계의 근거자료로 활용
	■ 진동제어장치 성능실험 매뉴얼	■ 진동제어장치의 최소 요구되는 내진성능기준 확보에 직접적인 성능검토 자료로 활용 ■ 공공건축물을 포함한 중요 건축물의 발주처에 성능실험 매뉴얼을 공유하여 성능확보를 위한 최소한의 설계지침으로 활용 ■ 성능기반 설계가 요구되는 고성능 진동제어장치의 설계 기초자료로 활용 ■ 진동제어장치의 설계식을 포함한 제작 및 설계프로세스의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어장치 최소한의 요구되는 성능기준 확보여부에 대한 구조엔지니어의 확인에 활용
	■ 진동대실험과 다층 진동제어 구조시스템에 관한 실험보고서	■ 진동제어 구조물의 성능에 대한 실증적 검증자료로 활용 ■ 진동제어장치의 설계기준(안) 가이드라인 설정에 대한 기초자료로 활용
	■ 진동제어장치 성능평가 기준(안)	■ 진동제어장치를 장착한 구조시스템의 예상되는 내진성능의 기본자료로 활용 ■ 진동제어장치의 설계기준(안) 가이드라인 설정에 대한 기초자료로 활용 ■ 진동제어장치를 장착한 구조시스템의 경제성 평가의 직접적인 자료로 활용 ■ 진동제어장치를 장착한 구조시스템의 최대지진에 대한 인명피해/붕괴방지 성능목표의 만족여부에 대한 기초자료로 활용 ■ 구조형식별 진동제어장치의 적용 타당성에 대한 판단 근거로 활용 ■ 진동장치의 성능목표 대비 적용대상 구조물의 데이터 베이스 구축에 활용 ■ 진동제어장치 성능기반 설계지침의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어장치 최소 요구성능 기준 확보여부 확인에 활용

5.2.2 제2중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	활용방안
2-1. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발	■ 기존건축물 구조성능 보강 우선순위 산정지침	■ 정부 차원의 건축물 보강 계획 입안 시 우선 순위 산정의 기본 지침으로 사용 ■ 민간 및 공공 건축물 보강 업무 시 효율적인 예산 분배 유도
	■ 기존 건축물 구조성능 평가 및 보수보강 절차의 가이드라인	■ 행정기관에서 건축물 구조안전성 개선 업무 지침으로 활용 ■ 건축물 구조안전성 개선 시 적정한 절차를 따름으로써 불필요한 비용의 낭비를 방지 ■ 구조안전성 개선 과정의 시행주체 및 자격요건을 명시하여 단계별 책임소재를 명확히 하고 품질의 신뢰도를 제고
	■ 건축물 구조안전등급 표시제도	■ 건축물 관련 보험 요율 산정에 활용 ■ 건축물 매매 시 가치 산정에 반영 ■ 건축물 구조안전의 공공적 성격에 대한 사회적 인식 제고 ■ 일반 건축주로 하여금 소유 건축물 구조안전성 개선 유도
	■ 민간건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도	■ 민간 건축물의 구조안전성 개선 시 적정 인센티브 지급 ■ 민간 건축물의 구조성능 개선 촉진 ■ 민간 건축물의 구조보강을 통한 각종 사고 예방 ■ 구조 보강 관련 산업의 활성화를 통해 포화상태에 이른 국내 건설업계에 새로운 시장 창출
	■ 피해건축물 구조성능조사 시스템	■ 재난 피해건축물의 구조성능 조사 시스템 구축에 따른 재난최소화 유도 ■ 재난 피해건축물의 구조성능 조사 시스템 구축에 따른 도시민의 안전성 확보 ■ 재난 피해건축물의 구조성능 조사 시스템 구축에 따른 재난대응 신속화에 활용
	■ 구조성능 저감계수 및 잔존성능 평가법	■ 건축물 구조성능 저감계수 평가법 구축에 의한 재난건축물의 효과적인 내력저감 성능 확보가능 ■ 건축물 구조성능 저감계수 평가법 구축에 의한 합리적인 복구법 유도 ■ 재난건축물의 잔존성능 평가에 의한 잔존수명 예측에 활용
	■ 피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술지침서	■ 재난 건축물 피해도 판정 매뉴얼 구축에 의한 정부의 신속한 재난대응에 활용 ■ 재난 건축물 복구지침서 구축에 따른 경제적인 복구방법 강구 가능 ■ 재난 건축물 피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술지침서 개발에 의한 도시민의 재난에 의한 안전성 및 피해 최소화 유도
2-2. 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화	■ 국내 건축물 고유의 구조요소에 대한 연도별 재료강도 및 성능데이터 DB 구축	■ 국내 비내진건축물의 성능기반평가법의 기본데이터로 활용 ■ 구조부재에 대한 상세정보가 없을 경우에도 연도별 기본재료강도 및 성능데이터를 사용하여 개략적인 성능평가가 가능하도록함
	■ 국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 주기식 및 해석 기법 제시	■ 실무기술자들이 성능평가 및 보강설계시 상세 절차를 규정하는 지침으로 활용
	■ 국내 기존 건축물의 성능기반 평가지침 개발	■ 담당 기관의 건축물 내진평가시 기본 지침으로 사용 ■ 실무기술자들이 성능평가 및 보강계획 시 참고할 수 있는 지침으로 사용 ■ 향후 건축물의 구조성능인증 평가에 적용
2-3. 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선을 위	■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 기술	■ 개별 공공 건축물의 보강을 위한 기본 지침으로 사용 ■ 공공 건축물의 보강에 대한 정부 차원의 관심 유도
	■ 민간 취약 건축물의 최	■ 개별 민간 건축물의 보강을 위한 기본 지침으로 사용

한 경제적 성능 기반 보강설계 기술 개발	소 비용 보강 기술	■ 개별 민간 건축주들의 자발적인 건축물 보강 유도 ■ 민간 건축물에 대한 정부 지원 비용 산정의 기본 지침으로 사용
	■ 구조보강 설계기준 및 표준상세	■ 담당 기관의 건축물 보강 계획 검토 시 기본 지침으로 사용 ■ 정부 기관의 공인 보강 상세 및 설계법 제공 ■ 기술자들이 실무에서 보강 계획 시 적용할 기준으로 사용
	■ 테스트베드 적용	■ 보강 방안의 경제성 및 시공성 검증 절차의 사례로 이용
2-4. 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발	■ 구조성능평가 단위모듈 및 통합시스템	■ 리모델링에 따른 기존 건축물의 구조안전성 검토에 활용 ■ 재해발생시 신속한 잔존내력평가를 통해 피해건물의 행정조치에 대한 적절한 의사결정 가능 ■ 신축건축물의 인허가과정 등에서 구조설계의 적정성 검토에 활용
	■ 구조보강설계 단위모듈 및 통합시스템	■ 다양한 구조보강 상세를 포함하는 라이브러리 구축에 따라 구조보강의 경제성 확보와 이를 통한 리모델링 사업의 활성화 도모 ■ 국책과제 및 민간기업의 투자를 통해 수행된 연구개발성과를 통합한 라이브러리 구축에 따라 그동안 축적된 건설관련 연구성과물의 실용화 확산 ■ 파라메트릭 설계기법과 같은 최첨단 기술도입에 따라 구조공학기술의 고급화 및 이를 통한 고부가가치 업역 창출
	■ 구조보강 기술 및 절차 교육프로그램 개발	■ 실무 기술자의 최신 기술 현업적용 지원 ■ 관련 공무원의 특화된 교육을 통해 구조보강 업무의 원활하고 투명한 추진
2-5. 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능 향상기술 개발	■ 기존건축물에 적용가능한 기존진동제어장치 DB	■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물 내진보강설계에 참고자료로 활용 ■ 성과물의 구조엔지니어와 공유를 통하여 진동제어장치 적용타당성 검토의 기초자료 활용
	■ 기존건축물에 적용가능한 진동제어장치 시작품	■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물 내진보강설계에 참고자료로 활용 ■ 관련산업의 활성화 및 일자리 창출에 활용
	■ 구조형식별 최적 진동제어장치에 관한 연구보고서	■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물 내진보강설계지침과 설계검토지침의 기초자료로 활용
	■ 현장반복가력 실험보고서	■ 진동제어장치 성능의 신뢰성 제고에 활용 ■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강 설계의 참고자료로 활용
	■ 진동대 실험보고서	■ 진동제어장치 성능의 신뢰성 제고에 활용 ■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강 설계의 참고자료로 활용
	■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침	■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강설계자료로 활용 ■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 최소성능기준 제시 및 확보여부확인에 활용 ■ 진동제어장치를 이용 기존건축물의 안정성 증진에 활용
	■ 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토 지침	■ 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 내진보강설계프로세스의 실제구조물 적용에 활용 ■ 진동제어장치의 최소요구성능기준 확보여부 확인에 활용

5.2.3 제3중점분야

세세부 과제명	개발대상기술 (대표 성과물)	활용방안
3-1. 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구	소규모 건축물 행정 및 제도 관련 정책 개정안 개발된 사양중심 소규모 건축물 구조 기준 적용에 대한 타당성 분석 보고서 비구조전문가를 위한 교육프로그램 기준의 법제화 및 촉진제도(안)	■ 소규모 건축물 관련 국가 정책 자료의 참고로 활용 ■ 건축법, 건축법 시행령, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 등 소규모 건축물 관련 법령 수정(안)의 참고자료 활용 ■ 각 지방자치단체에 보급, 활성화 ■ 학회/협회 등에서 개최되는 세미나 및 교육과정의 자료로 활용 ■ 언론, 웹 서비스를 통한 정책 홍보 및 관련 정보 제공
3-2. 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발	국내 소규모건축물 현황 분석 보고서 및 데이터베이스 소규모건축물에 특화된 간편 해석 기술 소규모 건축물의 수직하중에 대한 최소사양기준안 이상기후(지진등 포함)에 대한 소규모건축물의 구조성능 분석 보고서 지진 및 폭설등의 이상하중에 대한 소규모 건축물의 구조성능기준 소규모건축물의 표준화된 구조상세 및 테이블 소규모 건축 구조 기준(안) 및 해설	■ 소규모 건축물 재난/재해 안전망 구축 기본 자료로 활용 ■ 관련 DB 구축으로 향후 건설시장 예측자료로 활용 ■ 신축 소규모 건축물 설계/시공에 활용 ■ 관련 설계소프트웨어의 배포를 통한 적용 확산 ■ 소규모 주택단지 및 전원주책단지 건설에 보급 확산 ■ 소규모 건축물 설계/시공의 표준화/규격화를 통한 건설 시장 활성화 ■ 설계표준도면 구축으로 국방부 설계표준 도서의 대체 자료로 활용 ■ 각 구조사무소 배포를 통한 실무 적용 활성화
3-3. 소규모 주거용건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증 연구	구조재료별 면적/규모/형상등을 고려한 대표 소규모 건축물 기존 소규모건축물의 주요 구조부재에 대한 성능 보고서 수직하중 및 이상 하중 에 대한 제안된 상세의 구조안전성 개발된 소규모 건축물 표준 구조 상세 적용에 따른 검증 결과	■ 소규모 건축 구조 기준(안)의 근거 자료로 활용 ■ 관련 자료의 공유로 소규모 건축물 관련 연구 활성화 ■ 신축 소규모 건축물 설계/시공에 활용 ■ 전문가/비전문가 대상 교육 자료로 활용 ■ 참여업체와 공동 기술개발 후 기술이전 추진 ■ 언론, 웹 서비스를 통한 정책 홍보 및 관련 정보 제공
3-4. 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증 연구	기존 소규모 건축물의 하부구조 분석 소규모 건축물의 하부구조 관련 구조해석 요소 기술 표준화된 구조상세 및 테이블 개발된 소규모 건축물 표준 구조 상세 적용에 따른 검증 결과	■ 소규모 건축물 구조 기준(안)중 기초 및 지하구조 기준에 적용 ■ 신축 주거용 건축물 설계/시공에 활용 ■ 관련 설계소프트웨어의 배포를 통한 적용 확산 ■ 전문가/비전문가 대상 교육 자료로 활용 ■ 설계/시공관련자 교육을 통한 관련 기술 보급 ■ 참여업체와 공동 기술개발 후 기술이전 추진

6. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

6.1 연구일정 및 인력투입계획

6.1.1 연구일정

가. 제1중점분야

세부과제	연구내용	연구일정																			
		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
1-1	■ 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 및 기후변화 관련 특성조사	■	■	■	■																
	■ 국내 중·약진 지진특성을 반영한 지진하중 추정 기술 연구 및 내진 설계스펙트럼 연구					■	■	■	■	■	■	■	■								
	■ 기후변화 관련 설계고려방안 연구					■	■	■	■	■	■	■	■								
	■ 국내 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 시간 이력 연구													■	■	■	■				
	■ 기후변화관련 하중별 적용대상 건축물 정의 수립													■	■	■	■				
	■ 지진 및 기후변화 관련 하중 정의																	■	■	■	■
1-2	■ 내진설계기준 기술조사 보고서	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
	■ 지진 이후 기능유지 필수 건축물 기술 보고서	■	■	■	■	■	■	■	■												
	■ Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 작성					■	■	■	■												
	■ 이상기후 대비 건축 설계 기법 개발					■	■	■	■	■	■	■	■								
	■ 건축물 능력 설계 기법 개발									■	■	■	■								
	■ 면진 및 제진을 사용한 설계기준(안) 작성					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■ RC 및 강구조 내진상세(안) 작성													■	■	■	■				
	■ 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안) 작성																	■	■	■	■

세부 과제	연구내용	연구일정																			
		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
1-3	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축																				
	■ 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 구조-비구조 요소 간 일체성 확보																				
	■ 지진 후 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발																				
	■ 비구조요소의 손상 예측을 위한 근사적 해석 절차 개발																				
	■ 비구조재가 건물구조 거동에 미치는 영향 연구																				
	■ 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화																				
	■ 기존 비구조재의 유형별 성능 기준 정립																				
	■ 설계 기준 마련																				
1-4	■ 건축물 지진 및 이상기후 대응 시스템의 개선 및 일원화																				
	■ 신축건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여 제도화																				
	■ 정부 및 관공서의 건축물 지진 안전성 확보를 위한 교육제도 정비																				
1-5	■ 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석																				
	■ 국내 기존 건축물의 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석																				
	■ 대표적 콘크리트 및 강구조 시스템에 대해 1/3스케일의 모의 진동실험을 통한 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명																				
	■ 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험(정적 반복하중실험)을 통한 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증																				
	■ 국내 기타구조 및 비구조부재에 대한 부재 실험(정적 반복																				

세부 과제	연구내용	연구일정																			
		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
	하중실험)을 통한 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증																				
1-6	■ 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━				
	■ 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구					━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━
	■ 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립													━	━	━	━	━	━	━	━
	■ 진동제어장치의 동적응답파악을 위한 반복가력실험	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━								
	■ 진동제어 구조시스템의 진동성능 파악을 위한 진동대실험					━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━
	■ 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험					━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━
	■ 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시													━	━	━	━	━	━	━	━

나. 제2중점분야

세부과제	연구내용	연구일정																			
		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
2-1	■ 지진 및 기후변화 대비 기존건축물 구조성능 보강 우선 순위 산정 지침 개발																				
	■ 기존건축물 구조안전 개선절차의 가이드라인																				
	■ 구조안전등급 표시 제도 개발																				
	■ 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도 개발																				
	■ 피해건축물의 구조성능 조사 시스템 구축																				
	■ 피해건축물 구조성능 저감계수 산정법																				
	■ 피해건축물의 위험도 판정 및 계속사용을 위한 복구여부 기술																				
	■ 긴급 및 영구 복구 기술																				
	■ 피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술 지침 개발																				
2-2	■ 국내 건축물 고유의 구조요소에 대한 연도별재료강도 및 성능데이터 DB 구축																				
	■ 국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 구조성능 평가모델 개발																				
	■ 국내 비내진건축물의 성능기반평가 지침 개발																				
2-3	■ 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발																				
	■ 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발																				
	■ 보강 상세 및 설계법 지침 개발																				
	■ 테스트 베드 적용																				
2-4	■ 구조보강 실무수요 조사 및 실무적용 전산화 절차 개발																				
	■ 성능평가 및 구조보강 실무적용 요소기술 개발																				
	■ 성능평가 활용기술 개발 및 보강상세 라이브러리 구축																				
	■ 실무적용기술 융복합 및 파일럿 프로젝트 적용																				
	■ 실무전문가 육성프로그램 개발 및 기술상용화																				
2-5	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 현장반복가력실험																				
	■ 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 축소모형 진동대실험																				
	■ 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발																				
	■ 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계프로세스 수립																				

다. 제3중점분야

세부과제	연구내용	연구일정																			
		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
3-1	■ 국내외 소규모건축물 관련 법/제도 분석																				
	■ 소규모건축물 관리/감독관련 행정 제도안																				
	■ 개발된 소규모 건축물 구조기준 적용의 타당성 분석																				
	■ 기준의 법제화 및 촉진제도(안)																				
	■ 비구조전문가를 위한 교육프로그램																				
3-2	■ 소규모 건축물의 용도 및 구조재료별 현황 분석과 시공 실태 조사																				
	■ 소규모건축물에 특화된 간편 해석 기술																				
	■ 중력하중에 대한 소규모 건축물의 최소사양기준(안)																				
	■ 수직 및 횡하중에 대한 소규모 건축물의 구조 성능 검증																				
	■ 소규모 건축물 하부구조 표준상세																				
	■ 소규모 건축물 통합 구조 기준(안) 및 해설																				
	■ 개발된 소규모 건축물 구조기준 적용 범용 예제 개발																				
3-3	■ 소규모건축물 재료별 구조특성 분석																				
	■ 구조재료별 면적/규모/형상등을 고려한 대표 소규모 건축물 선정																				
	■ 수직 및 횡하중 에 대한 기존 소규모 건축물의 실험 분석																				
	■ 면적/규모/형상 등을 고려한 표준화된 구조상세 검증																				
	■ 횡하중에 대한 소규모 건축물의 비구조재 관련 실험 평가																				
	■ 기존 소규모 건축물 및 신축 소규																				

	모 건축물의 구조 성능 분석	
3-4	■ 기존 소규모 건축물의 하부구조 분석	
	■ 소규모 건축물 하부구조 관련 구조해석 요소 기술	
	■ 표준화된 구조상세 및 설계 테이블	
	■ 표준화된 하부구조 상세 실험 검증	

6.1.2 인력투입계획

(단위 : 명)

중점분야	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1중점	26	80	99	96	69	370
1-1	6	14	14	12	12	58
1-2	6	17	19	19	19	80
1-3	3	11	12	10	10	46
1-4	0	10	10	12	0	32
1-5	7	13	25	13	13	71
1-6	4	15	19	30	15	83
2중점	36	75	79	83	31	304
2-1	15	20	20	20	0	75
2-2	9	19	19	19	0	66
2-3	11	15	16	16	15	73
2-4	0	12	12	8	7	39
2-5	1	9	12	20	9	51
3중점	24	46	46	53	22	191
3-1	6	14	0	11	11	42
3-2	10	17	17	13	11	68
3-3	8	15	15	15	0	53
3-4	0	0	14	14	0	28
합계	86	201	224	232	122	865

6.2 과제별 소요예산

6.2.1 연구비 총괄

(단위 : 백만원)

중점 분야	1차년		2차년		차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1중점	946.3	-	2,029.6	-	2,463.9	-	2,837.2	-	1,627.3	-	9,904.2	-
1-1	197.7	-	313.1	-	309.0	-	242.5	-	228.9	-	1,291.2	-
1-2	137.5	-	287.1	-	476.4	-	484.6	-	337.7	-	1,723.3	-
1-3	95.7	-	249.9	-	290.7	-	219.2	-	164.0	-	1,019.5	-
1-4	0.0	-	213.8	-	219.0	-	278.7	-	1.8	-	713.3	-
1-5	338.9	-	488.7	-	475.9	-	490.9	-	416.0	-	2,210.4	-
1-6	176.5	-	476.9	-	692.9	-	1,121.2	-	478.9	-	2,946.4	-
2중점	849.2	-	1,929.7	-	2,013.7	-	1,900.7	-	886.3	-	7,579.6	-
2-1	273.6	-	359.8	-	367.7	-	352.7	-	0.0	-	1,353.9	-
2-2	357.0	-	555.6	-	484.6	-	471.9	-	0.0	-	1,869.0	-
2-3	148.2	-	511.3	-	537.4	-	288.5	-	455.4	-	1,940.7	-
2-4	0.0	-	246.5	-	266.7	-	230.7	-	174.3	-	918.3	-
2-5	70.5	-	256.6	-	357.2	-	556.9	-	256.6	-	1,497.7	-
3중점	718.1	-	1,328.7	-	1,472.6	-	1,576.4	-	481.3	-	5,577.1	-
3-1	124.4	-	305.8	-	0.0	-	273.5	-	232.6	-	936.4	-
3-2	406.6	-	438.9	-	434.1	-	375.0	-	248.6	-	1,903.2	-
3-3	187.1	-	584.0	-	591.1	-	500.9	-	0.0	-	1,863.1	-
3-4	0.0	-	0.0	-	447.5	-	426.9	-	0.0	-	874.4	-
합계	2,513.6	-	5,288.0	-	5,950.2	-	6,314.2	-	2,994.8	-	23,060.9	-

6.2.2 세부과제별 소요예산

가. 제1중점분야

■ 1-1 지진 및 기후변화 관련 하중 정의

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역												비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-1	인건비	책임연구원	67,290	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	67,290	5.21%
		선임연구원	51,597	2	20	3	20	3	20	2	20	2	20	123,833	9.59%
		연구원	34,491	2	28	5	31	5	31	4	35	4	35	221,646	17.17%
		연구보조	25,869	1	35	5	35	5	35	5	35	5	35	190,656	14.77%
	소 계			62,128		143,732		143,732		126,916		126,916		603,425	46.73%
	직접비	기자재/시설비		23,744		23,744		21,917		7,915		7,915		85,233	6.60%
		재료/전산처리비		17,412		17,412		16,073		8,706		26,118		85,721	6.64%
		시작품제작비		7,787		15,574		14,376		38,935		0		76,672	5.94%
		여비		8,490		4,412		4,565		6,054		9,657		33,178	2.57%
		수용비/수수료		13,000		13,000		12,000		6,500		13,000		57,500	4.45%
		기술정보활동비		32,500		13,000		12,000		6,500		6,500		70,500	5.46%
		연구활동비		15,071		15,453		15,143		10,385		17,079		73,131	5.66%
	소 계			118,004		102,595		96,074		84,995		80,269		481,937	37.32%
	간접비			17,555		26,764		29,210		30,632		21,692		125,853	9.75%
	위탁연구개발비			0		40,000		40,000		0		0		80,000	6.20%
합 계				197,687		313,091		309,016		242,543		228,877		1,291,215	100.00%

■ 1-2 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선

(단위 : 천원)

세부 과제	비목		예산 내역												비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-2	인건비	책임연구원	67,290	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	67,290	3.90%
		선임연구원	51,597	1	20	2	20	2	20	2	20	2	20	92,875	5.39%
		연구원	34,491	2	27	7	35	7	35	7	35	7	35	355,145	20.61%
		연구보조	25,869	2	40	7	35	9	35	9	35	9	35	328,559	19.07%
	소 계			63,076		182,002		199,597		199,597		199,597		843,869	48.97%
	직접비	기자재/시설비		0		0		0		0		0		0	0.00%
		재료/전산처리비		8,336		8,336		141,708		141,708		8,336		308,424	17.90%
		시작품제작비		0		0		0		0		0		0	0.00%
		여비		7,842		10,489		13,859		15,259		13,838		61,286	3.56%
		수용비/수수료		6,224		6,224		6,224		6,224		6,224		31,118	1.81%
		기술정보활동비		37,341		46,054		62,236		62,236		68,459		276,327	16.03%
		연구활동비		10,668		17,368		22,583		22,884		23,126		96,629	5.61%
	소 계			70,411		88,471		246,610		248,311		119,983		773,784	44.90%
	간접비			3,984		16,651		30,173		36,698		18,165		105,671	6.13%
	위탁연구개발비			0		0		0		0		0		0	0.00%
합 계				137,471		287,124		476,380		484,606		337,745		1,723,324	100.00%

■ 1-3 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립

(단위 : 천원)

세부 과제	비목		예산 내역											비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-3	인건비	책임연구원	67,290	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	67,290	6.60%
		연구원	51,597	1	20	1	25	1	25	1	25	1	20	59,337	5.82%
		연구보조원	34,491		20	4	38	5	40	4	38	3	37	211,591	20.75%
		보조원	25,869	1	11	5	40	5	39	4	40	5	40	198,295	19.45%
	소 계			26,653		130,626		145,484		120,508		113,242		536,512	52.62%
	직접비	기자재/시설비		7,424		14,338		16,544		12,849		5,459		56,615	5.55%
		재료/전산처리비		24,398		16,700		11,539		9,404		4,553		66,594	6.53%
		시작품제작비		3,381		25,936		51,288		26,471		6,833		113,908	11.17%
		여비		3,831		10,420		10,111		5,030		3,196		32,589	3.20%
		수용비/수수료		2,355		4,488		4,343		3,408		1,838		16,432	1.61%
		기술정보활동비		7,717		9,357		7,711		5,700		4,426		34,911	3.42%
		연구활동비		5,621		11,288		10,889		8,201		5,342		41,341	4.05%
	소 계			54,727		92,527		112,425		71,063		31,647		362,391	35.55%
	간접비			5,691		19,911		26,626		23,052		12,536		87,816	8.61%
	위탁연구개발비			8,615		6,856		6,210		4,593		6,533		32,808	3.22%
합 계				95,686		249,920		290,745		219,216		163,958		1,019,527	100.00%

■ 1-4 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역											비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-4	인건비	책임연구원	67,290	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	6,729	0.94%
		연구원	51,597	0	0	3	30	3	30	2	30	0	0	123,833	17.36%
		연구보조원	34,491	0	0	3	35	3	35	4	38	0	0	124,857	17.50%
		보조원	25,869	0	0	4	37	4	37	5	40	0	0	127,653	17.90%
	소 계			0		120,604		120,604		141,864		0		383,072	53.70%
	직접비	기자재/시설비		0		27,230		27,230		36,306		0		90,784	12.73%
		재료/전산처리비		0		40,182		40,182		53,575		0		133,939	18.78%
		시작품제작비		0		0		0		0		0		0	0.00%
		여비		0		3,171		3,689		5,980		0		12,840	1.80%
		수용비/수수료		0		3,600		3,600		4,800		0		12,000	1.68%
		기술정보활동비		0		6,600		6,600		8,800		0		22,000	3.08%
		연구활동비		0		4,953		6,143		9,385		0		20,481	2.87%
	소 계			0		85,736		87,444		118,846		0		292,044	40.94%
	간접비			0		7,445		10,930		17,975		1,826		38,176	5.35%
	위탁연구개발비			0		0		0		0		0		0	0.00%
합 계				0		213,785		218,978		278,685		1,826		713,292	100.00%

■ 1-5 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증

(단위 : 천원)

세부 과제	비목		예산 내역											비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-5	인건비	책임연구원	67,290	1	30	1	30	3	20	1	30	1	30	121,122	5.48%
		연구원	51,597	2	33	3	35	3	10	3	35	3	35	212,064	9.59%
		연구보조원	34,491	2	45	4	49	9	30	4	49	4	49	325,166	14.71%
		보조원	25,869	2	42	5	50	10	15	5	50	5	50	255,114	11.54%
	소 계			106,847		206,036		188,511		206,036		206,036		913,466	41.33%
	직접비	기자재/시설비		29,284		31,536		32,876		31,536		22,526		147,758	6.68%
		재료/전산처리비		26,118		28,127		24,109		28,127		20,091		126,572	5.73%
		시작품제작비		85,657		100,632		107,820		92,246		71,880		458,235	20.73%
		여비		13,235		14,995		13,324		16,639		11,117		69,310	3.14%
		수용비/수수료		1,950		2,100		1,800		2,100		1,500		9,450	0.43%
		기술정보활동비		13,000		14,000		18,000		14,000		10,000		69,000	3.12%
		연구활동비		28,071		30,953		28,342		32,385		22,577		142,328	6.44%
	소 계			197,315		222,343		226,271		217,033		159,691		1,022,653	46.26%
	간접비			34,763		60,327		61,110		67,866		50,258		274,324	12.41%
	경비													0	0.00%
합 계				338,925		488,706		475,892		490,935		415,985		2,210,443	100.00%

■ 1-6 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발 및 실증적 성능평가

(단위 : 천원)

세부 과제	비목		예산 내역											비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
1-6	인건비	책임연구원	67,290	0	0	1	20	2	20	4	20	1	20	107,664	3.65%
		선임연구원	51,597	1	30	2	30	4	30	6	30	2	30	232,187	7.88%
		연구원	34,491	1	36	4	40	5	45	8	40	4	40	311,960	10.59%
		연구보조	25,869	2	31	8	45	8	46	12	45	8	45	436,926	14.83%
	소 계			43,800		193,404		261,204		396,924		193,404		1,088,737	36.95%
	직접비	기자재/시설비		12,176		24,371		36,609		61,015		24,371		158,542	5.38%
		재료/전산처리비		8,036		16,073		24,109		40,182		16,073		104,473	3.55%
		시작품제작비		91,292		182,585		273,878		456,463		182,585		1,186,803	40.28%
		여비		2,738		7,143		11,396		19,996		7,643		48,916	1.66%
		수용비/수수료		3,841		7,681		11,519		19,198		7,681		49,920	1.69%
		기술정보활동비		7,041		14,081		21,118		35,197		14,081		91,518	3.11%
		연구활동비		5,172		15,154		25,939		45,379		16,780		108,424	3.68%
	소 계			130,296		267,088		404,568		677,430		269,214		1,748,596	59.35%
	간접비			2,443		16,456		27,153		46,816		16,245		109,113	3.70%
	위탁연구개발비			0		0		0		0		0		0	0.00%
합 계				176,539		476,948		692,925		1,121,170		478,863		2,946,446	100.00%

나. 제2중점분야

■ 2-1 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역											비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
2-1	인건비	책임연구원	67,290	3	13	3	20	3	20	3	20			147,365	10.88%
		선임연구원	51,597	1	15	2	30	2	30	2	30			100,614	7.43%
		연구원	34,491	3	25	6	30	6	30	6	30			208,500	15.40%
		연구보조	25,869	8	29	9	30	9	30	9	30			267,561	19.76%
	소 계			119,807		201,411		201,411		201,411				724,040	53.48%
	직접비	기자재/시설비		26,000		24,000		26,000		15,000				91,000	6.72%
		재료/전산처리비		15,000		15,000		17,000		17,000				64,000	4.73%
		시작품제작비		13,200		13,400		15,000		15,000				56,600	4.18%
		여비		29,000		24,000		25,000		21,000				99,000	7.31%
		수용비/수수료		8,688		8,688		8,688		8,688				34,754	2.57%
		기술정보활동비		26,000		24,000		24,600		26,000				100,600	7.43%
		연구활동비		21,721		21,721		21,721		21,721				86,884	6.42%
	소 계			139,609		130,809		138,009		124,409				532,838	39.36%
	간접비			14,221		27,562		28,282		26,922				96,987	7.16%
	위탁연구개발비														0.00%
합 계				273,637		359,782		367,702		352,742				1,353,865	100.00%

■ 2-2 국내 기존건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화

(단위 : 천원)

세부과제	비목		단가(연급여)	예산 내역										소 계	비 율(%)
				1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도			
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
2-2	인건비	책임연구원	67,290	3	20	4	20	4	20	4	20			201,870	10.80%
		선임연구원	51,597	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00%
		연구원	34,491	2	30	7	40	7	40	7	40			311,158	16.65%
		연구보조	25,869	4	38	8	40	8	40	8	40			287,663	15.39%
	소 계			100,538		233,384		233,384		233,384				800,691	42.84%
	직접비	기자재/시설비		134,000		140,000		80,000		75,000				429,000	22.95%
		재료/전산처리비		25,000		40,000		40,000		35,000				140,000	7.49%
		시작품제작비		16,000		20,000		20,000		18,000				74,000	3.96%
		여비		12,600		16,700		14,200		14,600				58,100	3.11%
		수용비/수수료		7,532		10,607		10,607		10,607				39,353	2.11%
		기술정보활동비		18,000		23,000		21,000		21,000				83,000	4.44%
		연구활동비		18,831		26,517		26,517		26,517				98,382	5.26%
	소 계			231,963		276,824		212,324		200,724				921,835	49.32%
	간접비			24,482		45,360		38,910		37,750				146,502	7.84%
	위탁연구개발비														0.00%
합 계				356,983		555,568		484,618		471,858				1,869,028	100.00%

■ 2-3 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선을 위한 경제적 성능기반 보강설계 기술 개발

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역												비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
2-3	인건비	책임연구원	67,290	4	15	4	25	4	25	4	25	4	25	309,534	15.95%
		선임연구원	51,597	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
		연구원	34,491	2	25	4	30	4	30	4	30	4	30	185,010	9.53%
		연구보조	25,869	5	25	7	43	8	46	8	46	7	35	363,373	18.72%
	소 계			90,380		186,624		203,874		203,874		173,164		857,917	44.21%
	직접비	기자재/시설비		0		120,000		120,000		0		98,000		338,000	17.42%
		재료/전산처리비		0		93,400		93,400		0		80,000		266,800	13.75%
		시작품제작비		7,200		20,100		20,100		7,200		20,100		74,700	3.85%
		여비		7,100		9,000		10,000		9,600		8,700		44,400	2.29%
		수용비/수수료		6,923		7,801		8,836		8,836		6,994		39,390	2.03%
		기술정보활동비		11,000		13,500		15,400		15,800		14,700		70,400	3.63%
		연구활동비		17,307		19,503		22,091		22,091		17,484		98,475	5.07%
	소 계			49,530		283,304		289,827		63,527		245,978		932,165	48.03%
	간접비			8,246		41,332		43,710		21,080		36,254		150,622	7.76%
	위탁연구개발비														0.00%
합 계				148,156		511,260		537,411		288,481		455,396		1,940,704	100.00%

■ 2-4 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역												비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
2-4	인건비	책임연구원	67,290			1	25	1	25	1	25	1	25	67,290	7.33%
		선임연구원	51,597			1	25	1	25	1	30	0	0	41,278	4.50%
		연구원	34,491			5	35	5	35	3	45	3	45	213,844	23.29%
		연구보조	25,869			5	41	5	41	3	48	3	48	181,258	19.74%
	소 계					143,414		143,414		115,859		100,984		503,670	54.85%
	직접비	기자재/시설비				5,600		6,000		6,600		6,800		25,000	2.72%
		재료/전산처리비				0		0		0		0		0	0.00%
		시작품제작비				5,000		5,000		5,000		1,500		16,500	1.80%
		여비				8,000		7,000		7,000		5,000		27,000	2.94%
		수용비/수수료				5,209		5,209		3,555		2,663		16,635	1.81%
		기술정보활동비				49,000		68,000		68,000		40,000		225,000	24.50%
		연구활동비				13,022		13,022		8,888		6,657		41,588	4.53%
	소 계					85,831		104,231		99,043		62,620		351,723	38.30%
	간접비					17,264		19,104		15,830		10,700		62,898	6.85%
	위탁연구개발비														0.00%
합 계						246,509		266,749		230,732		174,304		918,291	100.00%

■ 2-5 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능 향상기술 개발

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산 내역												비 율 (%)
			단가 (연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소 계	
				인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)	인원	참여율 (%)		
2-5	인건비	책임연구원	67,290	1	10	1	20	1	20	1	20	1	20	60,832	4.06%
		선임연구원	51,597	0	0	1	20	2	30	3	20	1	20	82,555	5.51%
		연구원	34,491	0	0	3	44	3	35	6	25	3	44	178,129	11.89%
		연구보조	25,869	0	0	4	50	6	47	10	47	4	50	296,540	19.80%
	소 계			7,000		120,604		153,044		216,804		120,604		618,055	41.27%
	직접비	기자재/시설비		4,000		8,000		12,000		20,000		8,000		52,000	3.47%
		재료/전산처리비		4,000		8,000		12,000		20,000		8,000		52,000	3.47%
		시작품제작비		38,109		76,205		114,318		190,529		76,205		495,365	33.08%
		여비		2,560		5,121		7,681		12,801		5,121		33,283	2.22%
		수용비/수수료		1,920		3,840		5,786		9,612		3,840		24,998	1.67%
		기술정보활동비		3,520		7,041		10,561		17,601		7,041		45,764	3.06%
		연구활동비		4,800		9,600		14,466		24,030		9,600		62,496	4.17%
	소 계			58,909		117,807		176,812		294,573		117,807		765,906	51.14%
	간접비			4,546		18,181		27,325		45,477		18,181		113,710	7.59%
	위탁연구개발비														0.00%
합 계				70,455		256,592		357,181		556,854		256,592		1,497,671	100.00%

다. 제3중점분야

■ 3-1 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산내역												비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
3-1	인건비	책임연구원	67,290	1	10	1	10			1	20	2	10	40,374	4.31%
		선임연구원	51,597	1	20	2	20			2	20	2	10	61,916	6.61%
		연구원	34,491	2	40	5	39			4	43	3	40	195,219	20.85%
		연구보조	25,869	2	39	6	40			4	46	4	43	173,890	18.57%
	소계			64,640		156,454				140,582		109,724		471,400	50.34%
	직접비	기자재/시설비		12,375		9,900				44,083		44,900		111,258	11.88%
		재료/전산처리비													0.00%
		시작품제작비				80,000				40,000		40,000		160,000	17.09%
		여비		7,162		7,988				6,718		5,312		27,181	2.90%
		수용비/수수료		8,058		5,991				5,039		3,187		22,275	2.38%
		기술정보활동비		11,639		7,988				5,505		5,843		30,975	3.31%
		연구활동비		13,430		14,978				12,597		7,968		48,972	5.23%
	소계			52,664		126,845				113,942		107,210		400,660	42.79%
	간접비			7,110		22,473				19,014		15,701		64,298	6.87%
	위탁연구개발비														0.00%
합계				124,414		305,772		0		273,538		232,635		936,358	100.00%

■ 3-2 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산내역												비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
3-2	인건비	책임연구원	67,290	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	133,907	7.04%
		선임연구원	51,597	2	20	3	20	3	20	2	30	2	30	143,440	7.54%
		연구원	34,491	3	40	5	40	5	40	4	45	3	45	288,172	15.14%
		연구보조	25,869	3	39	7	40	7	40	5	45	4	45	280,977	14.76%
	소계			119,200		200,804		200,804		176,644		149,044		846,496	44.48%
	직접비	기자재/시설비		132,375		39,900		9,900		39,900		9,900		231,975	12.19%
		재료/전산처리비		60,096		51,801		60,060		37,838		37,838		247,633	13.01%
		시작품제작비				58,600		81,000		50,000				189,600	9.96%
		여비		11,536		11,536		11,536		9,603		9,244		53,455	2.81%
		수용비/수수료		12,978		8,652		7,210		7,202		5,546		41,589	2.19%
		기술정보활동비		18,746		11,536		10,094		7,869		6,059		54,304	2.85%
		연구활동비		21,630		21,630		21,630		18,006		13,866		96,762	5.08%
	소계			257,361		203,655		201,430		170,418		82,453		915,318	48.09%
	간접비			30,078		34,485		31,821		27,903		17,127		141,414	7.43%
	위탁연구개발비														0.00%
합계				406,639		438,944		434,055		374,965		248,624		1,903,228	100.00%

■ 3-3 소규모 주거용건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산내역											비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
3-3	인건비	책임연구원	67,290	2	10	2	20	2	20	2	20			94,206	5.06%
		선임연구원	51,597	2	10	2	20	2	20	2	20			72,236	3.88%
		연구원	34,491	2	40	5	40	5	40	5	40			234,539	12.59%
		연구보조	25,869	2	38	6	50	6	50	6	50			252,502	13.55%
	소계			71,260		194,074		194,074		194,074				653,482	35.08%
	직접비	기자재/시설비		42,375		69,900		68,250		64,083				244,608	13.13%
		재료/전산처리비				63,063		60,060		39,768				162,891	8.74%
		시작품제작비		20,000		158,521		175,556		115,194				469,271	25.19%
		여비		7,701		10,998		10,998		10,998				40,694	2.18%
		수용비/수수료		8,663		8,248		6,874		8,248				32,033	1.72%
		기술정보활동비		12,514		10,998		9,623		9,011				42,145	2.26%
		연구활동비		14,439		20,621		20,621		20,621				76,301	4.10%
	소계			105,692		342,349		351,982		267,923				1,067,944	57.32%
	간접비			10,098		47,567		45,062		38,945				141,672	7.60%
	위탁연구개발비														0.00%
합계				187,050		583,990		591,118		500,942				1,863,098	100.00%

■ 3-4 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구

(단위 : 천원)

세부과제	비목		예산내역												비율(%)
			단가(연급여)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	
				인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)	인원	참여율(%)		
3-4	인건비	책임연구원	67,290					1	10	1	15			16,823	1.92%
		선임연구원	51,597					2	20	2	20			40,762	4.66%
		연구원	34,491					5	40	5	38			134,342	15.36%
		연구보조	25,869					6	40	6	41			124,346	14.22%
	소계							156,454		159,819				316,273	36.17%
	직접비	기자재/시설비						68,250		64,082				132,332	15.13%
		재료/전산처리비						12,012		6,327				18,339	2.10%
		시작품제작비						142,859		127,532				270,391	30.92%
		여비						7,988		8,257				16,245	1.86%
		수용비/수수료						4,993		6,193				11,185	1.28%
		기술정보활동비						6,990		6,766				13,755	1.57%
		연구활동비						14,978		15,482				30,460	3.48%
	소계							258,070		234,639				492,708	56.35%
	간접비							32,952		32,457				65,409	7.48%
	위탁연구개발비														0.00%
합계								447,476		426,915				874,390	100.00%

7. 과제 RFP 및 평가기준

7.1 본 과제 RFP

7.1.1 제1중점과제

중점 과제명	제 1 중점 과제 : 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조설계 기술/기준 선진화
(1) 연구개발 목표	
	• 국내 고유 구조물 특성과 지진환경을 고려하여 내진성능을 실증하고, 이를 바탕으로 신축건축물/기존건축물/소규모건축물에 통합적으로 적용되는국내 고유의 구조설계기준을 개발 • 현행 KBC와의 연계를 고려한 내진설계기준의 검증/보완 및 선진화 • 국내 건축구조시스템의 동적 거동 특성과 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계기준 개발 • 지진 및 자연재난 후 성능보장이 필요한 의료시설, 위험물시설, 산업시설의 설계방안과 진동제어장치를 이용한 구조물의 진동제어 성능향상 방안 구축
(2) 연구개발의 필요성 및 기술개요	
연구개발의 필요성	• 지진 및 기후변화 관련 하중 정의 - 국내를 포함한 전 세계적으로 지진과 이상기후에 의한 태풍, 폭설, 홍수, 산사태 등 우리 사회를 위협하는 리스크가 연쇄적으로 발생해 광범위한 피해를 야기하고 있으므로 이에 대비한 최적 설계 기준이 필요함 - 동북아 지역에서 대규모 지진 또는 판내 비예측지진으로 인한 피해가 우려되며, 지구온난화에 따른 국지적 폭우, 돌풍에 따른 경제적 인명피해가 급증함에 따라 도시지진 발생 시 고도산업사회에 따라 인구밀집지역에서 천문학적인 경제적 피해가 우려되므로 이에 대한 대비가 필요함 - 지진 및 기후의 환경변화에 대비해 건축물의 안전성을 확보하기 위해서 우선적으로 하중에 대한 정의가 필요함 • 우리나라 중·약진 지진특성 및 기후변화 특성에 대비한 국내 건설환경에 적합한 합리적인 건축물 구조설계기준의 개선 - 국내 구조설계기준이 국내 고유의 지진환경, 기후변화에 대한 건축구조물의 동적거동과 성능을 반영할 수 없는 미국 및 일본 등 강진 지역 선진국의 제도를 답습하고 있는 상황이어서 우리나라 지진 및 기후환경에 적합한 합리적이고 보다 단순한 실용적인 설계기준 및 내진상세 개발이 필요함 - 건축물이 확보해야할 최소 요구 성능을 제시하고 있는 기존 설계기준으로는 자연재해 발생 시 구조물의 손상을 피할 수 없으며, 이로 인한 2차 피해가 훨씬 크게 나타나고 있으므로 이에 대한 적극적인 대응을 위한 정부차원의 지원이 필요함. - 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력으로부터 건축물의 피해를 최소화하기 위하여 구조설계기준과 함께 법/제도의 개발이 시급함 • 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립 - 의료시설, 산업시설 및 위험시설물은 지진 등 자연재해가 발생한 이후에도 평상시와 다름없는 정상적인 기능을 수행할 수 있어야 할 뿐만 아니라 자연재해로 말미암아 다친 많은 사람들을 추가로 보살펴야 하는 비상시의 기능도 감당하여야 하는 매우 특수한 시설임을 심각하게 고려하여야 함 • 진동제어장치를 이용한 건축물의 진동성능에 대한 실증적 성능평가와 설계프로세스를 정립에 관한 연구 - 진동제어장치 자체 성능 뿐만 아니라 진동제어장치를 가진 건축물의 진동제어 성능에 대한 다양한 실험을 통한 검증이 필요함 - 국내 환경에 특화됨과 동시에 신뢰성 높은 진동제어장치 제작/설계를 위한 장치의 성능평가를 위한 실험매뉴얼과 체계적인 진동제어장치 성능기준과 조건 수립이 요구됨

기술개요	• 지진 및 기후변화 관련 하중 정의 - 국내 지반 및 지진환경을 고려하여 건축물 구조설계를 위한 지진하중 정의 - 국내 기후환경의 변화를 고려하여 폭설, 태풍, 홍수, 산사태 등의 위험에 대비하여 건축물 구조설계를 위한 하중을 정의하고 적용대상 건축물 정의 • 우리나라 중·약진 지진특성 및 기후변화 특성에 대비한 국내 건설환경에 적합한 합리적인 건축물 구조설계기준 개선 - 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준 개발 - 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 개발 - 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 설계 기준 개발 • 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립 - 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 현황파악과 지속적 관리를 위한 체계 구축과 의료서비스의 비상 관리체계 구축 - 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진성능 향상 방안 도출 및 관련 산업발전 도모 - 비구조재의 성능평가를 표준화된 실험법을 통하여 행하고 성능기준을 도출하고 설계기준을 정립함 • 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물의 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선 - 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화 - 신축 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화 - 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비 • 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증 - 한국 지진환경 및 기후변화에 대한 기존 국내 건축물의 구조적 거동 특성을 재료별, 구조시스템별로 분석하여 안전성 확보 방안을 위한 DB 구축 - 국내의 대표적인 건축 구조시스템에 대하여 고스케일의 모의진동실험을 수행하여 한국의 지진환경에 대한 국내 건축물의 진동특성을 실증 • 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가 - 진동제어 구조시스템의 최적화와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 - 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험과 동적 실험 - 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 개발과 설계프로세스 수립
(3) 연구개발 내용	
세부과제 1	**[세부과제 1] 지진 및 기후변화 관련 하중 정의** ▷ 연구개발 배경 • 현재 국내 내진설계를 위한 지진하중은 외국의 지반 및 지진환경을 기반으로 한 하중을 적용하고 있어 합리적이지 못하므로 국내 환경에 적합한 지진하중을 정의할 필요가 있음 • 선진국에서는 여러 위험요소를 동시에 고려하여 건축물을 설계하는 'multi-hazard(복합위험)' 설계 접근법의 필요성이 제기됨 ▷ 연구개발 내용 • 국내 지반 및 지진환경을 고려한 지진하중 정의 - 국내 지반 및 지진환경을 고려한 중·약진 지진특성 연구 - 국내 중·약진 지진특성을 반영한 지진하중 추정 기술과 설계스펙트럼 연구 - 국내 지반-건축물 상호작용과 지반 운동 시간이력 연구 - 지진 설계 하중 정의 • 기후변화관련 하중과 적용대상 건축물 정의 - 적설, 바람, 홍수, 산사태 등 주요 기후변화 관련 특성 조사 및 설계고려방안 연구 - 기후변화관련 하중별 적용대상 건축물 정의 수립과 하중 정의
세부과제 2	**[세부과제 2] 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선** ▷ 연구개발 배경 • 국내 지진발생 빈도 증가에 따른 건축물의 지진 안전에 대한 요구가 증대하고 있어 지진 안정성 확보가 필요하며, 기후변화에 따른 건축물의 자연 재해와 피해가 급증하고 있으므로 이에 대한 적극적인 대응이 필요함 • 지진 및 기후환경이 미국과 일본 등의 강진 지역과 상이함에도 불구하고 이들 국가의 설계기준을 답습하는 수준이며, 현행 설계기준에는 현장 적용이 어려운 강진지역의 설계상세가 다수 포함되어 있음

	▷ 연구개발 내용 • 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준 개발 - 국내 기존 건축물의 구조 특성 반영 - 우리나라 지진 및 기후환경에 적합한 국내 건설현장 특성을 고려한 RC 및 강구조 내진상세 단순화 • 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 설계 기준 개발 - 지진 이후 기능 유지가 필수적인 건축물의 범위 정의와 성능 수준 정의 • 면진 및 제진을 사용한 구조시스템의 설계 기준 개발 • 복합하중에 대비한 건축물 설계 기준 개발 • 기존 설계기준과의 관계성 및 위상 정립 - Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 제시 - KBC와의 연계방안 제시 - 설계기준 관련 법적 제도적 개선안 수립
세부과제 3	**[세부과제 3] 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립** ▷ 연구개발 배경 • 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 내진설계는 강한 지진이 발생할 경우에도 최소 안전장치로서 제 기능을 수행할 수 있도록 설계되어야 함에도 불구하고 현재 이러한 설계가 이루어졌다고 확신하기 힘듦 • 지진 및 기후변화에 기인한 주구조재의 피해경감에만 관심이 있고 비구조재는 제작자나 시공자에게만 맡겨짐에 따라 지진 발생 시 성능을 예측할 수 없으므로 국내 실정에 맞고 건축법상 구속력이 있는 비구조재 설계 기준 정립이 필요함 ▷ 연구개발 내용 • 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 데이터베이스 구축 • 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 구조-비구조 요소 간 일체성 확보를 위한 내진설계기준 제안과 성능 보장을 위한 관리체계 및 비상대책 모형 개발 • 비구조재 성능 평가 및 전체 건물거동에 미치는 영향 연구 - 비구조재의 유형별 성능평가 실험법 표준화 - 기존 비구조재의 유형별 내진/내풍 성능기준 정립 • 설계기준 마련 - 국내 실정에 부합하는 비구조재 내진/내풍 설계 항목 도출 - 성능기반의 비구조재 내진/내풍 설계법 정립
세부과제 4	**[세부과제 4] 지진 및 기후변화 대비 신축 건축물 구조안정성 향상을 위한 법/제도 개선** ▷ 연구개발 배경 • 국가 재난 상황을 만들 수 있는 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 대해 정부차원에서의 적극적인 투자가 전세계적으로 이루어지고 있으며, 이런 투자의 결과물을 효과적으로 건축물에 적용하기 위하여 법/제도의 개선이 요구됨 • 지진 및 기후변화로 인한 거대 자연력에 능동적인 대처를 유도하기 위한 인센티브 도입 등이 재난 대응 선진국을 중심으로 이루어지고 있으므로 우리나라도 이에 대한 시급한 조치가 필요함 ▷ 연구개발 내용 • 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템의 개선 및 일원화 - 정부 및 관공서의 건축물 지진 및 이상기후 대응체계와 법제도 개선 - 건축물 지진 및 이상기후 대응시스템 국토해양부의 역할 규정 및 상향조정 제도화 • 신축 건축물의 내진등급에 따른 인센티브 부여제도화 - 내진등급/목표성능을 명시할 경우 최소인센티브 부여제도 - 높은 내진등급/목표성능 건축물의 경우 인센티브 부여제도 • 정부 및 관공서의 건축물 지진안전성 확보를 위한 교육제도 정비
세부과제 5	**[세부과제 5] 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증** ▷ 연구개발 배경 • 미국, 일본, 유럽 등 국외에서는 지진 및 기후변화에 대한 건축물의 재료별, 구조시스템별 재해 및 구조특성 자료를 다년간 축적하여 신뢰도 높은 DB를 구축하고, 이를 분석하여 설계기준 개정 시에 적극 활용하고 있는데 비해, 국내의 경우 변화되고 있는 지진 및

	기후환경에 대한 건축물의 구조적 거동 특성이 명확하게 분석, 정리되어 있지 않음 • 국내와 하중조건과 건설환경에 기반하여, 학교, 아파트, 병원 등 주요 건축물과 구조상세의 내진/내진동 특성에 대한 실증적 자료 확보가 필요함 ▷ 연구개발 내용 • 국내 건축물의 구조설계 및 시공 관행 분석 • 국내 기존 건축물의 재료별(RC, 강재, 합성), 구조시스템별 구조특성 분석 - 우리나라에서 상정하는 설계 및 최대지진 하에서 국내 기존 건축물의 동적 거동 (주기 등, 반응수정계수) 분석 및 검증 - 보편적 건축물(공동주택, 학교, 다가구주택, 관공서 등)과 중요도가 높은 구조물(의료시설, 산업시설, 위험물시설 등)의 구조특성 실태 조사 • 대표적인 콘크리트 및 강 구조시스템에 대하여 고스케일의 모의진동실험을 통하여 부재, 접합부, 시스템의 동적 특성과 성능을 실험적으로 규명 • 국내 주요구조 부재에 대한 부재 실험(정적 반복하중실험)을 통하여 현 구조상세의 내진/내진동 성능 검증
세부과제 6	**[세부과제 6] 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가** ▷연구개발 배경 • 비교적 최근에 진동제어장치가 건축물에 적용되기 시작하였으므로, 실험적 연구를 통한 설계방법론 개발과 관련 구조기준 수립이 요구됨 • 이미 개발되었거나, 향 후 개발될 진동제어장치의 성능을 평가함에 있어 합리적이고 체계적인 절차가 없어 장치의 신뢰성이 의문 시 됨에 따라 구조시스템과의 상관관계를 고려하여 장치의 성능평가를 할 수 있는 실험매뉴얼 작성이 필요하며, 다양한 진동제어장치의 이력특성을 고려한 성능평가 기준 제정이 요구됨 ▷연구개발 내용 • 진동제어 구조시스템의 최적화에 관한 연구 - 진동제어 구조시스템 최적화에 대한 기존 연구 DB 구축 - 구조형식별/진동제어장치종류별 최적 수직/수평 배치 제시 • 진동제어장치와 구조시스템과의 상호작용에 관한 연구 - 성능목표별, 주기별, 재료별, 에너지소산형태별 진동제어장치의 해석모델 제시 - 구조형식과 진동제어시스템의 조합에 따른 최대응답 감소비와 구조물 손상분포 제시 • 진동제어 구조시스템의 설계프로세스 수립 - 건축구조시스템별 진동제어 구조시스템 설계프로세스의 응답예측의 정확도 평가 - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반 설계프로세스와 간편 설계프로세스 개발 • 손상수준과 성능평가를 위한 다층 진동제어 구조시스템의 구조성능실험과 동적실험 - 진동제어 장치를 적용한 구조형식별 다층 골조시스템의 실대형 반복가력 실험 - 다층 골조시스템에 사용한 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력 실험 - 진동제어장치를 적용한 구조형식별 다층 골조 시스템의 축소모형 진동대 실험 - Prequalified 진동제어장치 선정을 위한 반복가력 실험 • 진동제어 구조시스템 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시 - 진동제어장치의 성능목표별/주기별/재료별/에너지소산형태별 성능실험 매뉴얼 개발 - 진동제어 구조시스템의 성능실험 매뉴얼 개발 및 성능평가 기준(안) 제시
(4) 연구개발 추진방법	
추진전략	• 중점과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 추진 ▸ 1단계: 기초 연구 단계(1, 2차년도) - 국내외 내진설계 기준을 분석 및 지진 이후 기능유지 필수 건축물을 정의 - Two-track 설계기준체계와 장기 로드맵 작성 - 한국형 내진설계스펙트럼 작성 ▸ 2단계: 심화 연구 단계(3, 4차년도) - 이상기후 대비 포괄적인 건축물 설계 고려 방안 연구 - 설계기준 관련 법적 제도적 개선안 수립 - 면진 및 제진을 사용한 구조시스템 설계 연구 ▸ 3단계: 연구 완성 단계(4, 5차년도) - 면진 및 제진을 사용한 성능기반 설계기준(안) 수립

	- 국내 건설현장 특성 고려한 단순화된 RC 및 강구조 내진상세(안) 수립 - 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안) 수립 - 세부과제 2: 중약진 지역에 대한 경제적 내진설계 방법론 정립을 위한 연구기관 물색과 공동연구추진을 권장함 - 세부과제 3: 크게 3개 단계로 연구를 추진하고자 함. 제1단계는 현황파악으로 1차 년도부터 3차 년도까지 수행할 예정이며, 제2단계는 구조물, 설비, 장비 간 일체성 확보를 위한 방안을 연구하는 단계로 1차 년도부터 5차 년도까지 수행할 예정이고, 제3단계는 내진설계 관리체계 및 비상 네트워크 구축을 연구하는 단계로 3차 년도부터 5차 년도까지 수행할 예정이며, 비구조재에 대해서는 이론적/실험적 연구를 병행하여 내진/내풍 설계항목을 도출하고자 함 - 세부과제 4: 관련 분야 종사자를 대상으로 한 설문조사와 전문가와 촛점그룹의 자문의견을 수렴하여 건축물 구조안전성을 확보/향상 시킬 수 있는 법/제도 개선안 제시함 - 세부과제 5: 국내 건축물 구조특성 조사와 DB 구축, 고스케일의 구조시스템과 부재실험을 주요 연구내용으로 하되, 타 세부과제와의 연구 연관성을 고려하여 연구추진계획을 수립함. 특히 내진설계와 관련하여 세계적 해외 연구기관과 공동연구 추진을 적극 검토하여야 함 - 세부과제6: '진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 수립'는 연구결과가 건축물 구조설계 실무에 사용될 수 있는 방안과 확산활동이 구체적으로 제시되어야 하며, '진동제어장치를 이용한 건축물의 진동성능에 대한 실증적 성능평가와 진동제어장치의 실험매뉴얼 및 성능평가 기준(안) 제시'는 국내에서 주로 사용되는 구조형식을 대상으로 한 실험적 연구 계획이 상세하게 제시되어야 함 • 기 수행되었거나 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 • 연구성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 KOCED(분산공유형 건설연구 인프라 구축사업)의 6개 실험센터를 적극 활용할 수 있는 방안 제시
추진체계	• 본 과제는 표준화 및 실용화 중심의 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 관련분야의 선도적 위치에 있는 해외 주요 기관 및 산·학 전문가와의 공동연구도 추진할 수 있음 • 과제 성격에 따라 학제간 연구진 구성이 필요하며, 법/제도 시스템의 개선, 성능기준 마련, 성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력투입 방안 제시가 필요하며, 전문가 활용 등을 통한 다양한 전문연구인력의 참여를 유도할 수 있는 방안이 제시되어야 함 • 연구책임자(기관)은 세부과제를 법제도/설계 및 보수보강기준/구조성능 DB와 기술적용지침의 연구분야로 분류하고 중점연구 내 유기적 연구 협조가 가능하도록 연구 추진을 하여야 함 • 타 중점연구와 연구내용이 중복되지 않고 연구결과의 통일성 확보가 가능하도록 연구역할을 분담하고 연구추진을 하여야 함
(5) 최종 성과물	
주요 목표성과물	• [세부과제 1] 지진 및 기후변화 관련 하중 정의 - 지진 및 기후변화 등 자연재해에 대비한 건축물의 안전성 확보를 위한 설계하중정의 - 기후변화관련 하중을 적용할 대상건축물 정의 • [세부과제 2] 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 구조설계/기준 개선 - 한국형 건축물 능력 설계 기법 모형 - RC 및 강구조 내진상세(안) - 면진 및 제진을 사용한 설계기준(안) - 지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안) • [세부과제 3] 지진 후 성능보장을 위한 중요건물과 비구조재의 구조설계기준 및 대응방안 수립 - 국내 의료시설, 산업시설, 위험시설물의 표준상세와 내진설계기준 - 내진설계기준 적용 보장을 위한 제도적 장치 - 국내 실정에 적합한 비구조재의 구조성능 평가법, 해석방법 과 설계기준 • [세부과제 4] 지진 및 기후변화 대비 신축건축물 구조안전성 향상을 위한 법/제도 개선 - 건축물 구조안전성 확보/향상을 위한 법/제도 개선(안)

- 유관기관 담당자의 교육프로그램

- [세부과제 5] 지진 및 기후변화에 대한 국내 건축물 구조특성 조사 및 실증
  - 국내 대표적 구조시스템의 내진/내진동 거동 특성 결과보고서
  - 웹기반 구조시스템/부재 성능 DB 구축
  - 구조실험보고서
- [세부과제 6] 진동제어장치를 이용한 건축물의 설계프로세스 개발과 실증적 성능평가
  - 진동제어 구조시스템의 통합형 성능기반/간편 설계지침 및 설계검토 지침서
  - Prequalified 진동제어장치 선정
  - 진동제어장치 성능실험 매뉴얼 및 성능평가 기준(안)

(6) 연구기간 및 지원예산

전체

- 총 연구기간 : 5년
  - 총 연구비 규모 : 99.04 억원
- 연구비 예산 (단위 : 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	[합계]
세부과제1	1.98	3.13	3.09	2.43	2.29	12.91
세부과제2	1.37	2.87	4.76	4.85	3.38	17.23
세부과제3	0.96	2.50	2.91	2.19	1.64	10.20
세부과제4	0.00	2.14	2.19	2.79	0.02	7.13
세부과제5	3.39	4.89	4.76	4.91	4.16	22.10
세부과제6	1.77	4.77	6.93	11.21	4.79	29.46
[총계]	9.46	20.30	24.64	28.37	16.27	99.04

(7) 기 타

- 중점과제별 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 기획연구 최종보고서를 참조하여 작성
  - 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
  - 연차별 예산은 제시된 소요예산 범위 내에서 편성

※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정 및 연구단 운영계획에 따라 변경 가능

- 연구 책임자(기관)는 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 신청용 연구개발계획서에 제안하여야 함, 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용할 계획임

※ 목표대비 실적 평가자료 등으로 활용하여 인센티브 및 제재조치 강구 등

- 향후 본 중점과제는 연구단 내 타 중점과제 연구내용의 연계·조정 및 이에 따른 예산조정이 가능함
- 추후 연구단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 중점과제 내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 기업 참여시 기업부담금은 전문기관의 “건설교통기술 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가적인 부담 가능
- 연구책임자(기관)는 연구단의 총괄과제를 함께 수행함. 총괄과제의 역할은 (1) 연구단 전체에 공통된 연구내용인 1세부과제의 수행과 (2) 법제도/설계 및 보수보강기준/구조성능 DB와 기술적용지침 3개 분야에서 연구단 전체 세부과제 간의 연구중복성 방지 및 원활한 연구진행을 도모하며 (3) 실험연구와 해석연구의 상호연계성을 강화하기 위하여 연구단 차원의 TF를 구성 운영하는 것임
- 면제진 진동제어 분야의 원활한 연구를 위하여 관련 세부과제간에 연구원의 중복이 가능함
- 1세부과제에서 지진 등 하중산정을 위해서는 한국지진공학회, 한국지반공학회 등 유관기관과 협력하여 국내 지진 및 지반 데이터베이스 공유, 지진재해도 개선을 수행함

7.1.2 제2중점과제

중점 과제명	제 2 중점 과제 : 기존 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안정성 확보 기술 및 제도 개발
(1) 연구개발 목표	
	• 예측 불가능한 재난이 발생하기 전에 조속히 광범위한 기존 건축물의 구조안전성을 확보하기 위하여 구조성능 개선을 촉진하기 위한 법/제도를 개발함 • 국내 기존 건축물의 구조안전성을 실증하고, 이를 반영하여 아직 제정되지 못한 구조보강 설계기준을 개발함으로써 건축물 보강이 적정 수준에서 이루어질 수 있도록 함 • 관공서, 병원 등 공공성을 갖는 주요 건축물은 재해 발생 시 본연의 기능을 수행할 수 있는 수준으로 구조성능을 확보하고, 민간 건축물은 최소비용으로 필수적인 구조성능을 확보할 수 있도록 재해발생 이전의 구조보강 및 이후의 복구지침을 제시함
(2) 연구개발의 필요성 및 기술개요	
연구개발의 필요성	• 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발 - 내진보강이 필요할 것으로 예상되는 국내 건축물의 수량 및 비용이 방대하여 우선순위를 정하여 체계적인 시행이 필요함 - 기존 건축물의 구조보강은 시장경제 원리를 적용하기 힘든 산업분야로서 제도적 측면에서의 활성화 노력이 필요함 - 재해 발생 후 피해 건축물의 복구를 위한 지침이 없어 비상 시 큰 혼란이 예상됨. • 국내 기존 건축물의 구조성능 실증 및 구조보강 설계기준화 - 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB를 구축하고 특화된 성능평가모델을 제시함 - 이를 반영한 법제화된 구조보강 설계기준을 제정하여 실무 기술자 및 관련 기관의 혼란을 해소하고 적정한 방법과 수준에서 보강이 이루어질 수 있도록 함 • 건축물의 용도 및 특성에 따른 맞춤형 보강 상세 및 설계법 개발 - 중요 건축물의 재해 발생 후 필수 기능 유지를 보장할 수 있는 보강 방법이 필요함 - 민간 건축물의 비용을 최소화 하면서 인명 안전을 보장할 수 있는 보강 설계법 및 상세를 제공하여 구조성능 개선을 적극적으로 유도함 • 전산시스템 기반 기존 건축물 구조성능 보강 실무적용 기술 및 교육프로그램 개발 - 세계적 수준의 구조업무 전산화 기술을 실무분야에 적극적으로 도입하여 고도화된 평가 및 보강기술을 일반 실무자들도 용이하게 이용할 수 있는 실용화 기술 개발 필요 - 관련 공무원과 실무기술자 특화 교육을 통해 구조성능 개선이 원활해지도록 함 • 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발 - 진동제어장치를 사용한 기존 건축물의 내진보강기술에 관련된 국가차원의 설계기준이 없는 상황으로서 설계지침 및 전문가에 의한 설계검토 절차의 제시가 절실히 요구됨 - 국내의 지진환경과 국내 주요 구조형식에 최적화된 진동제어장치의 개발이 필요함
기술개요	• 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발 - 용도 및 규모별로 구조보강의 사회/경제적 영향에 따른 구조보강 우선순위 판정기준 - 공공 및 민간 기존 건축물 구조안전 개선절차의 가이드라인 개발 - 소규모를 포함한 기존 건축물의 구조안전 등급 표시 및 개선 시 인센티브 제도 개발 - 피해건축물의 피해도 평가 및 복구 기술 • 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화 - 국내 비내진 기존 건축물의 재료강도 및 주요 구조요소 성능의 실험기반 DB 구축 - 국내 비내진 기존 건축물의 고유한 성능평가모델 제시 - 구조성능 DB 및 성능평가모델의 성능기반 구조성능 평가지침화 • 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발 - 중요건축물의 재해 발생 시 필수기능 유지에 기술적으로 최선인 보강 상세 및 설계법 - 경제성이 우선적으로 고려된 민간 건축물 보강 상세 및 설계법 - 평가지침과 보강설계법을 종합하여 구조보강 설계기준, 표준상세 및 시방서 개발 • 기존 건축물 구조성능 개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발 - 차세대 성능기반 구조성능 평가 및 설계 절차의 실무적용을 위한 전산화 - 구조안전 개선절차의 실무자 및 관련 공무원 특화 교육프로그램 개발

	• 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발 - 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 현장 및 축소모형 실험 - 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 및 설계프로세스 개발
(3) 연구개발 내용	
세부과제 1	**[세부과제 1] 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조안전성 확보 촉진을 위한 법/제도 개발** ▷연구개발 배경 • 우리나라는 현행 기준상 내진설계가 필요하나 적용되지 않은 국내 기존 건축물의 수량이 80만여 동에 달하는 반면에 중약진 지역의 특성상 내진보강의 필요성을 충분히 인지하지 못하고 있는 실정이기 때문에 구조보강의 활성화를 위한 법/제도 측면의 접근이 요구됨. • 민간건물은 구조안전의 필요성을 환기하기 위한 제도적 장치와 내진보강을 촉진할 수 있는 실효성 있는 인센티브 제도의 개발이 요구됨 • 공공건물은 보강 우선순위 판정을 통해 계획적인 보강을 시행하는 것이 한정된 자원의 효율적 배분 측면에서 반드시 필요함 • 재해 빈발 선진국에서는 재해 발생 시 중요한 기능을 하는 관공서, 병원 등의 기능 정상화를 위해 피해도 판정 및 복구 지침을 시행하고 있음 ▷연구개발 내용 • 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물 구조성능 개선 우선순위 판정 지침 개발 - 공공 및 민간 건축물의 용도, 사용기간별 구조성능 개선의 사회/경제적 영향 분석 - 구조성능 보강 우선순위 판정 지침 개발 및 시범적용 • 공공 및 민간 기존건축물 구조안전 개선절차의 가이드라인 개발 - 계획에서 실시까지 구조보강 실무 전과정의 국내외 현황 조사 - 기존 건축물 구조안전 개선 절차에 관한 지침 개발 • 구조안전등급 표시제도 개발 - 주요 대상건물군별 구조안전등급 표시방법 및 판정기준 개발 - 구조안전등급 표시제도 의무적용 범위설정 • 소규모를 포함한 민간 건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도 개발 - 보수보강 유도에 효과적인 인센티브 제안 및 타당성 검토 - 구조안전등급 표시제도의 활용방안 개발 • 재해 발생 후 건축물 피해도 판정 및 복구 지침 개발 - 피해건축물 잔존구조성능 평가 및 복구여부 판정 지침 개발 - 피해건축물 긴급 및 영구복구 지침 개발
세부과제 2	**[세부과제 2] 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화** ▷연구개발 배경 • 산업 발전 및 도시화와 함께 지진 및 기후변화에 의한 환경하중(풍하중 및 적설하중 등) 증가에 따라 큰 인명 및 경제적 피해가 예상되어 기존 건축물 평가 및 보강 수요 증가 • 외국의 경우 정확한 평가를 위해 신축건물용 설계기준과 동등한 수준의 기존 건축물용 구조성능 평가기준이 따로 마련되어 있음 • 국내의 경우 기존 건축물의 성능평가 기준의 부재에 따라 기존 건축물도 신규건물용인 설계규준을 원용하여 검토하거나, 해외의 자료 및 절차를 사용하는 사례가 빈번함 • 외국에 절차에서는 국내 건축물 특유의 상세를 가진 부재에 대한 성능데이터가 누락되어 현재 성능평가 및 구조보강설계 시 중요한 사항을 오용 또는 누락하는 사례가 많음 ▷연구개발 내용 • 국내 기존 건축물의 실태조사 및 데이터베이스 구축 - 내진설계되지 않은 공공 및 민간 건축물의 건축연도 및 유형별 분류 - 분류에 따른 부재별 재료강도 및 배근상태 조사 및 기본값 제시 - 재료강도 및 배근 파악을 위한 합리적인 비파괴검사 절차의 개발 • 국내 기존 건축물의 주요 구조요소의 실험기반 성능데이터 구축 - 내진설계되지 않은 건축물의 연도별 설계 및 시공 특성 조사 - 과거 실험자료 조사 및 추가적 부재 실험을 통한 성능데이터 구축 • 국내 기존 건축물 고유의 구조적 특성을 반영할 수 있는 구조성능 평가모델 개발 - 과거 국내 건축물의 구조설계상의 특수성 조사 - 과거 실험자료 조사 및 추가적 구조실험을 통해 건물 유형별 구조성능 평가모델 제시

	• 국내 기존 건축물의 진동시험 기반 성능평가용 주기식 개발 - 실측자료 조사, 계측 및 구조체 진동실험을 통한 국내 건축물 주기 산정식 제안 - 주기산정을 위한 구조해석모델의 구조 및 비구조 요소 모델링 기법 제시 • 국내 건축물의 성능기반 평가지침 개발 - 국내 비내진 건축물의 구조적 특성을 고려한 성능기반 평가기준 개발 - 성능기반평가 기준의 파일럿 테스트
세부과제 3	**[세부과제 3] 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발** ▷연구개발 배경 • 내진설계 미적용 국내 건축물은 민간 비율이 높아 보강 비율이 미미하며, 최소비용으로 민간 건축물의 필수 구조성능을 확보하는 체계화된 방안 필요 • 공공 건축물의 경우는 일반 민간 건축물과는 달리 재난 발생 시 기능 유지가 매우 중요하므로 이에 적합한 보강을 통해 예고 없는 재난에 대한 대비를 완료하여야 함 • 향후 내진보강 수요의 큰 증가가 예상되나 국내 건축물 특성에 맞는 표준 보강상세와 이를 구조물에 장착하기 위한 법제화된 설계기준이 정립되어 있지 않음 ▷연구개발 내용 • 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침 개발 - 대상: 학교, 소방서 및 경찰서, 대형 병원, 방송국 및 전화국 건축물 - 용도별 필수기능 요소 대비 실증적 구조성능의 미달 사항 파악 - 공공 건축물의 필수 기능 확보 보강 방안 수립 • 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침 개발 - 대상: 비보강 조적 주택, 필로티, 벽식 다세대/다가구, 조적채움벽 있는 RC 상가 건물 - 용도별 구조특성에 따른 필수 성능수준 정립 및 실증적 구조성능의 취약성 파악 - 민간 건축물의 최소비용 구조성능 확보 보강 방안 수립 • 구조보강 표준상세 및 설계기준 개발 - 보강재료 및 보강수준에 따른 보강방법 선정 지침 제시 - 표준보강 상세 개발 및 실험을 통한 성능 및 시공성 검증 - 성능기반 평가지침을 포함한 구조보강 설계기준 개발 • 구조보강 표준상세 및 설계기준의 테스트베드 적용 - 민간 및 공공 건축물 테스트베드 선정 - 구조보강 표준상세와 설계기준을 활용한 구조보강 대안설계 수행 - 비용 및 시공성 평가를 통해 우수대안설계 선정 및 적용
세부과제 4	**[세부과제 4] 기존 건축물 구조성능개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발** ▷연구개발 배경 • 기존 건축물의 합리적 구조안전성 평가를 수행하기 위해서는 비선형해석이나 확률론 등 고도의 지식과 기술이 요구되어 실무기술자들이 현업에 활용하기에 어려움이 있음 • 해외건설시장 진출을 위해서는 다양한 재해에 대비하는 기술력을 확보할 필요가 있으며, 이를 위해 고도화된 구조성능 평가 및 보강 기술을 일반 실무자들 수준에서 실용화 • 신축과는 차이점을 가지는 구조성능 개선의 계획부터 시공까지 일련의 절차에서 업무 혼란을 방지하고 투명성 확보를 위해 실무자와 관련 공무원 각각에 특화된 교육 필요 ▷연구개발 내용 • 구조성능 평가 실무적용을 위한 전산화 기술 개발 - 실무적용을 위한 차세대 성능기반 구조성능 평가절차의 전산화 기술 - 구조모니터링 연계 실시간 구조해석 및 성능평가 기술 • 구조성능 보강 실무적용을 위한 전산활용 기술 개발 - 보강설계 대안생성 기법 및 최적 보강방법 선정기술 개발 - BIM기반 구조보강상세 3차원 라이브러리 구축 • 구조성능 개선 기술 및 보강 절차 교육 프로그램 개발 - 구조성능 개선을 위한 계획 및 실시 단계별 절차 교육 프로그램 - 구조성능 개선 관련 실무자 및 공무원 각각에 특화된 교육용 교재 개발
세부과제 5	**[세부과제 5] 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발** ▷연구개발 배경 • 재해 시 기능수행을 위해 보다 높은 수준의 진동제어능력이 요구되는 중요 국가기관이나 병원, 방송국에 대하여 진동제어장치를 사용한 효율적인 보강방법이 필요함

	• 건축물의 진동성능보강을 위하여 사용되는 진동제어 구조시스템에 대한 설계지침서가 거의 없는 현 실정을 고려할 때 이에 대한 국가차원에서의 연구 지원이 필요함 • 대부분이 해외에서 수입하여 국내 적용된 진동제어장치는 국내 건설 및 지진 환경을 적절히 반영하지 모하여 이에 대한 국가차원에서의 연구개발 지원이 요구됨 ▷연구개발 내용 • 진동제어장치를 적용한 기존건축물의 내진성능평가를 위한 실험 - 폐교 또는 철거예정인 기존건축물의 진동제어장치를 적용한 현장반복가력 실험 - 구조형식별 기존건축물에 진동제어장치를 적용한 축소모형 진동대실험 - 진동대실험에 사용한 진동제어장치와 접합부를 포함한 실험체의 반복가력실험 • 기존건축물에 적용이 가능한 진동제어장치 개발 - 기존건축물의 진동성능향상에 기여할 수 있는 진동제어장치와 해석모델 개발 - 기존건축물의 진동성능향상을 위한 구조형식별 최적 진동제어장치 제시 • 진동제어장치를 이용한 내진보강 설계지침 개발 - 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침 및 설계검토지침
(4) 연구개발 추진방법	
추진전략	• 중점과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 추진 - 세부과제1: 기존 건축물 구조안전성 개선 관련 제도는 타당성 검토를 위해 관련 전문가의 활용계획을 구체적으로 제시해야 함. 피해 건축물 위험도 판정 및 복구방법 개발은 재난 빈발국가와의 공동연구 또는 전문가 활용 계획이 포함되어야 함 - 세부과제 2: 국내 기존 건축물의 구조성능 실증은 기존 건축물에 대한 조사 및 실험이 주가 되므로 조사 및 실험의 범위, 방법 및 일정이 구체적으로 포함되어야 하며, 기존 연구자료의 활용방안이 포함되어야 함 - 세부과제 3: 건축물의 용도 및 특성에 따른 맞춤형 보강 상세 및 설계법 개발은 구조성능 향상 방안의 실험적 검증, 보강 상세 및 설계기준 개발, 테스트베드 적용까지의 일련의 절차가 차질 없이 이루어지도록 세밀한 계획이 필요함 - 세부과제4: 개발된 전산 시스템의 체계적 검증을 위해 파일럿 테스트를 포함한 구체적인 계획 필요. 교육프로그램 개발에는 계획, 시공 분야의 전문가 참여 필요 - 세부과제5: 철거예정인 건축물을 대상으로 실제 건축물에 진동제어장치를 적용하여 검증하기 위해 체계적인 실험계획을 제시하여야 함. 진동제어장치의 기존건축물 적용을 위한 설계지침서 및 설계검토지침 제시에 필요한 실험 및 해석적 검증방안 필요 • 실용화와 관련한 성과목표 및 지표를 연차별로 구체적으로 제시하고 그 달성도를 증명할 수 있는 시험적용, 테스트베드 등을 포함하는 연구개발로 추진해야 함 • 기 수행되었거나 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 • 연구성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 KOCED(분산공우형 건설연구 인프라 구축사업)의 6개 실험센터를 적극 활용
추진체계	• 본 연구는 공공성이 강한 실용화 중심의 연구개발 사업으로 산/학/연 공동연구를 기본으로 하며, 필요 시 기존건축물 구조안전성 확보 분야에서 선도적 위치에 있는 해외 주요 기관 및 전문가와의 공동연구를 추진할 수 있음 • 과제 성격에 따라 학제간 연구진 구성이 필요하며, 법/제도 시스템의 개선, 성능기준 마련, 성과물의 표준화 및 실용화 등을 위한 조직체계 및 인력투입 방안 제시가 필요하며, 전문가 활용 등을 통한 다양한 전문연구인력의 참여를 유도할 수 있는 방안이 제시되어야 함 • 본 연구에서 도출되는 기존건축물의 구조성능 평가지침, 구조보강 설계기준, 피해 건축물의 평가 및 복구 기술 및 각종 관련 제도가 성능기반 기술로서 일관성을 가질 수 있도록 연구내용의 구성, 조직체계 및 인력투입 방안의 제시가 필요함 • 지진 및 기후변화 하중의 정의 및 비구조재의 내진성능에 관한 연구를 수행하는 제1중점분야 및 소규모 건축물에 관한 평가 및 보강 기술을 개발하는 제3중점분야와 일관성을 갖는 기준 및 제도를 연구성과물로 도출할 수 있도록 긴밀한 협조 방안 제시가 필요함
(5) 최종 성과물	
주요	[세부과제 1] 지진 및 기후변화 대비 기존건축물 구조안전성확보 촉진을 위한 법/제도 개발 - 기존건축물 구조성능 보강 우선순위 판정지침

목표성과물

- 기존 건축물 구조성능 평가 및 보강 시행절차의 가이드라인
- 건축물 구조안전 등급표시 및 개선촉진 제도
- 지진 및 기후변화에 의한 건축물 피해 판정 및 복구 매뉴얼

[세부과제 2] 국내 기존 건축물의 실증적 구조성능 DB 구축 및 성능기반 평가지침화

- 국내 건축물의 연도별 재료강도 DB
- 국내 건축물 고유의 특성을 갖는 구조요소의 성능 DB
- 국내 기존 건축물의 성능기반 구조성능 평가지침

[세부과제 3] 기존 건축물의 경제적인 구조성능 개선을 위한 성능기반 보강설계 기준 개발

- 기존 주요 공공 건축물의 보강 지침
- 민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 지침
- 기존 건축물 구조보강 설계기준
- 기존 건축물 구조보강 표준상세 및 시방서

[세부과제 4] 기존 건축물 구조성능개선 실무적용을 위한 전산시스템 및 교육프로그램 개발

- 기존 건축물 구조성능평가 전산 시스템
- 기존 건축물 구조보강 대안선정 전산 시스템
- 구조보강 고급기술자 양성을 위한 전문교육 프로그램
- 구조보강 관련 공무원 교육프로그램

[세부과제 5] 진동제어장치를 이용한 기존건축물의 진동성능향상 기술개발

- 기존건축물에 적용가능한 진동제어장치 DB
- 기존건축물에 적용가능한 진동제어장치 시작품 및 관련 특허
- 진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계 및 검토 지침서

(6) 연구기간 및 지원예산

전체

- 총 연구기간 : 5년
  - 총 연구비 규모 : 75.80 억원
- 연구비 예산 (단위 : 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	[합계]
세부과제1	2.74	3.60	3.68	3.53	0.00	13.54
세부과제2	3.57	5.56	4.85	4.72	0.00	18.69
세부과제3	1.48	5.11	5.37	2.88	4.55	19.41
세부과제4	0.00	2.47	2.67	2.31	1.74	9.18
세부과제5	0.70	2.57	3.57	5.57	2.57	14.98
[총계]	8.49	19.30	20.14	19.01	8.86	75.80

(7) 기 타

- 중점과제별 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 기획연구 최종보고서를 참조하여 작성
  - 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
  - 연차별 예산은 제시된 소요예산 범위 내에서 편성

※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정 및 연구단 운영계획에 따라 변경 가능

- 연구 책임자(기관)는 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 신청용 연구개발계획서에 제안하여야 함, 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용할 계획임

※ 목표대비 실적 평가자료 등으로 활용하여 인센티브 및 제재조치 강구 등

- 향후 본 중점과제는 연구단 내 타 중점과제 연구내용의 연계·조정 및 이에 따른 예산조정이 가능함
- 추후 연구단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 중점과제 내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 기업 참여시 기업부담금은 전문기관의 “건설교통기술 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가적인 부담 가능면제진 진동제어 분야의 설계-실험-평가에 대한 유기적 연구를 위하여, 세부과제 간 연구원의 중복이 가능함
- 연구책임자(기관)은 총괄과제에서 운영하는 분야별 연구조정에 참여하여 타 중점 연구과제와 연구의 내용과 범위를 조정토록 함

7.1.3 제3중점과제

중점 과제명	제 3 중점 과제 : 지진 및 기후변화 대비 서민형 소규모 건축물 구조안전성 확보 기술 및 제도개발
(1) 연구개발 목표	
	• 국내 건축물의 시방특성을 반영한 소규모 건축물의 현황 파악 • 소규모 건축물에 특화된 구조계산이 필요 없는 사양중심 구조기준 확보 • 기존 소규모 건축물의 간소한 구조안전성 평가 방안 확보 • 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물의 구조적 안전성 확보를 통한 완전한 국가 건축물 안전망 구축
(2) 연구개발의 필요성 및 기술개요	
연구개발의 필요성	• 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구 - 소규모 건축물 사양기준의 실무 적용 활성화를 위한 법제화 방안이 마련되어야 함 - 소규모 건축물에 대한 설계자와 민간시공업자의 반발을 최소화 할 수 있는 행정적 절차와 정부지원정책을 마련해야 함 • 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발 - 소규모 건축물은 구조의 안전 확인의 제외 대상이기 때문에 설계/시공이 관습적으로 이루어지고 있어 현재의 구조기준으로는 구조성능을 확보할 수 없음 - 따라서, 현행 소규모건축물에 대한 면밀한 현황조사가 필요하며, 이를 바탕으로 데이터 베이스 구축이 필요하며 구조안전성을 신속히 평가할 수 있는 요소기술이 필요함 - 국내의 건축물 중 85%이상으로 추정되는 소규모 건축물은 전문인력 부족으로 구조계산 및 설계를 하는 것은 불가능함. 따라서, 실증적 연구 결과를 바탕으로 효율성, 경제성 및 안전성을 동시에 확보 할 수 있는 사양중심의 구조기준(안)이 요구됨 • 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구 - 현재 사용중인 또는 기존에 시공된 소규모 건축물에 대한 실험 연구를 바탕으로 한 구조 성능 분석이 수행되어야함 - 새롭게 개발될 사양중심의 구조상세 테이블을 위한 실험 연구에 의한 실증적 근거를 제시되어야하며 이에 대한 적용을 통해 검증 연구가 수행되어야함 • 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구 - 우리나라의 지리적, 기후적 특성상 지하구조의 피해가 다수 발생하고 있어 이에 따른 대책 마련이 시급함 - 건축물의 상부구조와는 다르게 하부구조는 구조적 손상이 발생한 이후 보수 보강이 어렵기 때문에 신축시 구조 안전성 확보가 필수적임
기술개요	• 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구 - 소규모건축물의 구조기준의 적용한계(정형건축물의 범주)를 제안함 - 소규모 건축물의 사양규정 법제화 방안 마련 - 사양 규정을 활용할 수 있는 행정절차와 정부지원방안 수립 • 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발 - 기존 소규모 건축물의 시공 실태 및 특성 분석 및 평가 - 소규모건축물의 구조재료/용도/규모/적용하중/비정형성에 따른 기준의 적용 범주 제안 - 소규모 건축물에 특화된 구조해석 요소 기술의 개발 - 수직하중에 대한 소규모 건축물의 최소사양기준 및 이상하중(지진, 폭설 등)에 대한 소규모 건축물의 성능기준 제시 - 구조계산없이 안전성과 경제성을 동시에 확보할 수 있는 사양중심 구조기준(안) 제시 • 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구 - 대표성을 갖는 소규모건축물의 수직 및 횡하중에 대한 거동특성 및 구조안전성 분석 - 수직 및 횡하중에 대한 새롭게 개발될 사양중심 설계테이블을 적용한 주요 구조부재의 실험적 검증 연구 - 횡하중 재하실험을 통한 소규모 건축물에 적용되는 비구조재의 영향 평가 - 새롭게 개발될 사양중심 설계테이블을 적용한 구조 시스템수준의 실험 연구 • 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구 - 지반조건에 따른 소규모 건축물의 하부구조의 최소 구조 안전성 확보 방안을 제시 - 소규모 건축물의 하부구조에 대한 표준 상세 및 설계 테이블 제시
(3) 연구개발 내용	

세부과제 1	**[세부과제 1] 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구** ▷연구개발 배경 • 현행 건축법 체계하에서는 소규모 건축물의 구조 안전성 확보가 어려움 • 현행 법과 제도는 전체 건축물의 85%를 차지하는 소규모 건축물에 대한 설계/시공 등의 관리가 효율적으로 수행되기 어려움 ▷연구개발 내용 • 소규모 건축물의 구조적 안전성을 확보하기 위한 사양규정 법제화 방안 - 소규모건축물 구조기준의 체계적 법제화 방안 마련 - 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 타당성 분석 • 소규모 건축물의 설계/시공시 구조 기준의 활용을 위한 행정 및 제도 절차 마련 - 국내외 소규모건축물 구조안전성 확보를 위한 제도적/행정적 절차 분석 - 소규모건축물 구조기준의 적용 여부를 감독/평가할 수 있는 행정제도 및 절차 구축 • 소규모 건축물 구조 기준의 정부 지원 정책 방안 제시
세부과제 2	**[세부과제 2] 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발** ▷연구개발 배경 • 소규모 건축물은 구조설계를 강제화하고 있지 않으므로 구조안전 및 경제성에 대한 검증 없이 설계/시공됨 • 관습적인 설계와 시공에 의해 지어진 소규모 건축물의 구조 안전성을 예측할 수 없음. • 기존 소규모 건축물에 대한 구조안전성 검토가 실시되어야하며 이를 위한 간편 성능평가 기술이 요구됨 • 신축 소규모 건축물에 특화된 구조계산이 필요 없는 사양중심 구조기준이 필요함 ▷연구개발 내용 • 소규모건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 분석을 위한 데이터베이스 구축 • 소규모건축물의 구조기준 적용 범주 제안 - 지역 및 지반조건에 따른 소규모건축물 적용 하중 정의 - 기존 소규모건축물의 구조재료별 골조시스템 및 시공 실태에 대한 현황 파악 - 소규모건축물의 평면/입면 배치형태(비정형성)에 따른 문제점 파악 - 소규모건축물의 재료, 규모, 용도, 적용하중 및 구조배치형태에 따른 적용 범주 제안 • 사양중심의 소규모건축물 구조기준(안) 개발 - 소규모건축물의 구조재료/용도에 따른 구조성능 기준 연구 - 수직하중에 대한 최소 사양 기준 제안 및 표준화 - 구조재료 및 비정형성을 고려한 설계요구조건 정립 - 구조재료/용도별 구조시스템 설계방안 정립 - 단순하고 경제적인 부재 및 접합부의 사양중심 설계 테이블화 - 경제성, 시공성, 설계편의성을 반영한 구조안전 사양 기준(안) 및 해설 개발 (체크리스트, 매뉴얼, 예제 개발)
세부과제 3	**[세부과제 3] 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구** ▷연구개발 배경 • 현행 소규모 건축물의 경우 행정 제도의 간소화를 위해 기존 건축물의 구조 상세 등을 알 수 없기 때문에 성능을 예측하기 위한 실험이 필요 • 국내의 경우 소규모 건축물에 특화된 기준이나 검증 연구가 미흡한 실정임. • 현재 구조기준등에 관한 규칙에 제시된 소규모 건축물의 구조기준은 안전성에 대한 실험적 검증이 부족함 • 소규모 건축물에 대한 상세를 포함한 사양적 기준 개발은 실험적인 검증 연구가 필요함 ▷연구개발 내용 • 소규모 건축물의 구조안정성 평가 - 소규모 조적조/목구조(한옥제외)/강구조/철근콘크리트조의 구조적 특성 분석 - 면적/규모/형상 등을 고려한 대표 구조물 선정 및 구조성능 실증/평가 • 사양중심 설계테이블의 실험적 검증 연구 - 소규모건축물의 수직하중에 대한 최소 사양기준에 대한 실험적 검증 - 면적/규모/형상 등을 고려한 사양별 상세에 대한 실험적 검증 - 조적조 소규모건축물의 벽량/벽률을 고려한 내진성능 검증

	- 목구조(한옥제외) 및 강구조(경량철골조) 소규모건축물의 구조시스템/접합부에 대한 실험적 검증 - 끼움벽이 있는 철근콘크리트조 소규모건축물의 횡하중에 대한 구조성능 검증 - 지진하중에 대한 소규모건축물의 비구조재의 영향 평가 • 개발된 사양기준에 따른 소규모건축물의 구조성능 비교분석
세부과제 4	**[세부과제 4] 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구** ▷연구개발 배경 • 우리나라의 지리적, 기후적 특성상 지하구조의 피해가 빈번하게 발생하고 있음 • 현 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 3장에서는 기초에 대한 구조 안전성 검토에 대한 근거없이 최소사양만을 제시하고 있으며 이에 대한 구조적인 근거가 필요함 • 하부구조는 구조적 손상이 발생한 이후 보수 보강이 어려움 ▷연구개발 내용 • 상부구조 형식에 대응하는 하부구조의 구조안전성 평가 - 소규모건축물 기초구조 및 지하구조의 구조성능 평가 • 지반조건에 따른 소규모 건축물의 하부구조에 대한 사양중심 설계테이블 개발을 위한 실험적 검증 연구 - 국내 지반조건에 따른 기초 구조형식별(독립기초, 줄기초, 온통기초) 소규모건축물 표준 기초상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 - 국내 지반조건에 따른 각 지중구조부재별(지중보, 지중벽체) 소규모건축물 표준 지하구조 상세 개발과 구조실험을 통한 성능 검증 • 소규모 건축물의 사양 중심 설계 테이블을 적용한 하부구조에 대한 구조 성능 검증 실험 - 개발된 표준 하부구조에 대한 현장 적용 실험을 통한 구조성능 평가 및 검증
(4) 연구개발 추진방법	
추진전략	• 중점과제 연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획을 수립하여 추진 - 세부과제 1의 '지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구'는 세부과제 2의 최종 성과물인 소규모 건축물 구조기준(안)을 효과적으로 적용할 수 있는 제도적/행정적 절차 및 체계적 법제화 방안이 확보되어야함 - 세부과제 2의 '소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발'은 복잡한 구조계산 없이 설계의 편의성, 구조적 안전성, 경제성을 모두 만족시킬 수 있는 설계방안을 마련하여 최종 성과물인 소규모 건축물 구조기준(안)을 구축해야함. 이를 위해 총괄적 관리 추진방안이 포함되어야 함 - 세부과제 3의 '소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구' 및 세부과제 4의 '소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구'는 세부과제 2의 최종 성과물인 소규모 건축물 구조기준(안)에 대한 실증적인 근거와 검증을 수행하기 위해 세부과제 2와 면밀한 연계가 요구됨 • 세부과제 2에 있어서 전체 건축물의 85%이상을 차지하는 소규모 건축물의 구조형식, 년식, 지역등 면밀한 현황분석이 이루어 져야하며, 향후 소규모 건축물 관련 연구나 정책에 근간이 될수 있게끔 데이터베이스 구축을 염두해 두고 추진 • 세부과제 2와 3의 연구범주는 소규모 건축물의 모든 구조형식을 포함하여 추진하여야 하며, 이에 대한 협력방안을 구체적으로 명시하여 추진 • 3중점과제 연구책임자는 각 세부과제들이 연구기간 내에 수행될 수 있도록 연구일정 및 추진계획을 수행해야함. 또한 타 중점분야의 연구책임자와 유기적인 협력 필요 • 기 수행되었거나 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 • 연구성과물 도출에 소요되는 각종 시험평가는 KOCED(분산공우형 건설연구 인프라 구축사업)의 6개 실험센터를 적극 활용
추진체계	• 본 중점분야 연구단은 소규모 건축물의 구조안전성을 확보하여 정부의 완전한 국가 건축물 안전망 달성에 일조하기 위한 연구개발사업으로 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 소규모 건축물에 특화된 선도적인 기술과 제도를 보유한 해외 주요 기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음 • 과제의 성격에 따라 학제간 연구진 구성이 필요하며, 법·제도 시스템의 개선, 기준마련 등을 위한 추진체계 및 인력투입 방안 제시가 필요

- 국내 실정에 맞는 기술개발 및 기준마련을 위하여 소규모 건축에 대한 한국 건축문화를 고려한 실증적 연구로 추진되어야 함

(5) 최종 성과물

주요 목표성과물

- [세부과제 1] 지진 및 기후변화 대비 소규모 건축물 구조안전성 확보를 위한 법/제도 개선 연구
  - 소규모건축물 구조기준 법제화 방안
  - 건축 인허가시 소규모건축물 구조기준 적용여부를 감독/평가할 행정제도 및 절차
  - 소규모건축물 구조기준 적용 확산을 위한 정부지원 정책안
  - 소규모건축물 구조기준 적용에 따른 타당성 분석
- [세부과제 2] 소규모 건축물의 구조안전성 확보를 위한 사양중심 구조기준 개발
  - 소규모 건축물의 용도/구조형식별 현황 및 시공 실태 데이터베이스
  - 소규모건축물의 용도 또는 구조형식에 따른 최소사양기준 정립
  - 소규모건축물의 용도 또는 구조형식에 따른 표준화된 구조상세 및 테이블
  - 소규모건축물의 하부구조 표준 구조상세
  - 「소규모건축물의 구조기준(안)」 및 구조기준해설
- [세부과제 3] 소규모 주거형건물 및 근린생활시설의 구조성능 평가 및 검증연구
  - 소규모 건축물의 구조 성능 분석 보고서
  - 사양중심 설계안의 검증 보고서
- [세부과제 4] 소규모건축물 하부구조의 구조성능 평가 및 검증연구
  - 소규모건축물의 기초형식별 구조 성능 분석 보고서
  - 소규모건축물 하부구조에 대한 사양중심 설계안의 검증 보고서

(6) 연구기간 및 지원예산

전체

- 총 연구기간 : 5 년
  - 총 연구비 규모 : 55.77억원
- 연구비 예산 (단위 : 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	[합계]
세부과제1	1.24	3.06	0.00	2.74	2.33	9.36
세부과제2	4.07	4.39	4.34	3.75	2.49	19.03
세부과제3	1.87	5.84	5.91	5.01	0.00	18.63
세부과제4	0.00	0.00	4.47	4.27	0.00	8.74
[총계]	7.18	13.29	14.73	15.76	4.81	55.77

(7) 기 타

- 중점과제별 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 기획연구 최종보고서를 참조하여 작성
  - 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
  - 연차별 예산은 제시된 소요예산 범위 내에서 편성

※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정 및 연구단 운영계획에 따라 변경 가능

- 연구 책임자(기관)는 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 신청용 연구개발계획서에 제안하여야 함, 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용할 계획임

※ 목표대비 실적 평가자료 등으로 활용하여 인센티브 및 제재조치 강구 등

- 향후 본 중점과제는 연구단 내 타 중점과제 연구내용의 연계·조정 및 이에 따른 예산조정이 가능함
- 추후 연구단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 중점과제 내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 연구책임자(기관)은 총괄과제에서 운영하는 분야별 연구조정에 참여하여 타중점 연구과제와 연구의 내용과 범위를 조정토록 함

7.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준설정

7.2.1 제1중점분야

(1) 제안공모과제 성과목표

○ 본 중점연구 분야에서는 최근 우리나라의 이상기후 특성, 지진환경, 건축물 특성에 적합한 구조설계기준을 개발하는 것을 연구 목표로 함

(2) 성과목표 및 지표

표 7.1 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-1 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
지진하중 정의 및 표준인공지진파 개발	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)	1	1	1			3
	일반	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수				1		1
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1
기후변화 관련 하중 정의	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1	1	1		3
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1

표 7.2 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-2 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
내진설계기준 기술조사 보고서	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1	1			2
지진 이후 기능유지 필수 건축물 기술 보고서	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)	1	1				2
건축물 능력 설계 기법 개발	핵심	7-2 계획설계 기법 개발			1			1
RC 및 강구조 내진상세(안)	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급			1	1		2
지진 및 기후변화에 대비한 건축물 설계 기준(안)	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1
진동제어구조시스템 성능기준	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1				1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)		2				2
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적		1				1
	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화		1				1
진동제어구조시스템 성능기반 설계지침	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)					1	1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					3	3
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1

표 7.3 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-3 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
지진 위험도 평가 모형	핵심	7-2 계획설계 기법 개발	1	1				2
의료시설 데이터베이스	핵심	5-5 시험/조사 DB구축 및 활용 실적			2			2
내진설계 및 보강 관리체계 및 지침 제안	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화				1	1	2
지진에 대비한 비상 대책 모형	핵심	20-2 재해·재난 예방 및 경감 효과					2	2
성능평가용 실험법	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급			1			1
내진/내풍 구조성능 분류	핵심	5-5 시험/조사 DB구축 및 활용 실적				1		1
비구조 부재 설계기준	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1
비선형 지진거동 예측 해석법	핵심	7-2 계획설계 기법 개발		1				1
비정형 건축물 변위기초 설계법	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화			1			1
비정형 건축물 변위기초 평가법	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1

표 7.4 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-4 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
주요 건축물 별 구조 및 시공특성 분석	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)	1					1
	일반	5-5 시험/조사 DB구축 및 활용 실적	1	1	2			4
주요 건축구조시스템 및 구조/비구조 부재의 성능 평가	일반	5-3 시험/조사/관측 기준 개발 실적		1	1	1	1	4
	핵심	7-2 계획설계 기법 개발	1	1	1	1		4

표 7.5 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-5 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
건축물 구조안전성 확보/향상을 위한 법/제도 개선(안)	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1				1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적		1	1			2
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급			2			2
유관기관 담당자의 교육프로그램	일반	15-3 전문가 의견반영 실적				1		1
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급				1		1

표 7.6 제1중점분야의 성과목표 및 지표(1-6 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
진동제어 성능평가 구조형식별 프로토타입 분석	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)	1					1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)	1					1
특수구조형식의 진동제어시스템 적용성 분석	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1				1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)		1				1
진동제어장치의 진동저감효율 분석	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)		1				1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)		2				2
진동제어시스템 해석모델 수립	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)			1			1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)			2			2
진동제어구조시스템 동적응답특성 분석	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)			1			1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)			3			3
진동제어시스템 해석모델 구축	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)				1		1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)				3		3
특수구조형식의 진동제어시스템 진동성능평가	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)				1		1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)				3		3
구조형식별 진동제어성능평가	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)				1		1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)				4		4
진동제어구조시스템 설계식 개발	핵심	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)					1	1
	일반	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)					2	2
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					1	1
진동제어구조시스템 성능기반설계검토 매뉴얼	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)					1	1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					2	2
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1
진동제어구조시스템 간편설계검토 매뉴얼	일반	15-2 기술 동향 조사 실적(국내/국외)					1	1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					2	2
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1
진동제어구조시스템 설계 보편화	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					1	1
진동제어장치의 성능목표별 성능실험 매뉴얼	일반	7-3 수치해석 건수			2			2
	핵심	19-1 지침/메뉴얼의 개발 및 보급					1	1
진동제어장치를 장착한 구조시스템의 성능 기준안	일반	7-3 수치해석 건수			2			2
	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1
초고층구조물과 소규모건축물에 대한 제진장치의 성능기준안	일반	7-3 수치해석 건수			2			2
	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1

(3) 선정 근거

구분	표준성과지표
성과지표	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)
지표해설	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측정방법	국내외 학술지 논문게재 건수와 함께 연구비당 논문 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 산정 ① 국내외 학술지 논문게재 건수 ② 총 학술지 논문게재 건수/총 연구사업비(단위:1억원) ③ 총 학술지 논문게재 건수/사업 참여연구원 수

구분	표준성과지표
성과지표	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수
지표해설	해당 과제(또는 사업)가 평가대상기간 동안 등록한 소프트웨어(S/W) 건수 ① 국내 소프트웨어(S/W) 등록 건수: 대한민국에서 지적재산권을 행사하기 위해 대한민국 특허청에 소프트웨어(S/W) ② 국제 소프트웨어(S/W) 등록 건수: 미국, 일본, 유럽 등 국외에서 지적재산권을 행사하기 위해 각 국가의 특허청에 소프트웨어(S/W)
측정방법	해당 과제(또는 사업)를 통해 산출된 소프트웨어(S/W) 등록 건수와 함께 연구비당 소프트웨어(S/W) 등록 건수, 참여연구원당 소프트웨어(S/W) 등록 건수를 기재 ① 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수 ② 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수/총 연구사업비(단위:1억원) ③ 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수/사업 참여연구원 수

구분	표준성과지표
성과지표	5-3 시험/조사/관측 기준 개발 실적
지표해설	해당 과제를 통한 시험/조사/관측에 필요한 규격 및 기준개발 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	시험/조사/관측 기준 개발 건수

구분	표준성과지표
성과지표	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적
지표해설	연구를 위해 획득한 시험/조사/관측 자원 또는 연구수행과정 및 연구수행결과 발생한 연구자원을 데이터베이스화하여 적절히 관리하고 활용하는 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	연구자원의 DB 구축 여부, DB 활용도(시험자원의 신규 등록 건수, 연구분야별 자원 확보 건수 등)

구분	표준성과지표
성과지표	7-2 계획설계 기법 개발
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 결과로 설계 목표에 따른 제품(또는 구조물) 설계를 위한 독창적인 기법개발 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	계획설계 기법의 개발 건수나 계획설계 기법의 우수성으로 측정(전문가 설문 등 이용)

구분	표준성과지표
성과지표	7-3 수치해석 건수
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 과정에서 제품(또는 구조물)의 기술개발 및 설계시공을 위한 수치해석(연약지반 해석, 지반진동 예측, 터널 공기압 측정 등) 실적성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	수치해석 건수

구분	표준성과지표
성과지표	15-2 기술 동향 조사(국내/국외)
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 과정에서 현재의 시장 및 기술 동향과 향후 전망 등에 대한 분석의 실시 여부와 분석결과의 적절성을 평가하기 위한 지표
측정방법	해당 과제(또는 사업) 수행 과정에서의 시장/산업/기술 동향조사 건수 및 분석결과의 적절성 정도로 측정(전문가 설문 등 이용)

구분	표준성과지표
성과지표	15-3 전문가 의견반영 실적
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 과정에서 신뢰성과 실용성을 확보하기 위해 다양한 계층의 전문가 의견을 수렴한 실적을 평가하기 위한 지표
측정방법	전문가 의견수렴 반영(설문조사, 회의 등) 건수

구분	표준성과지표
성과지표	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화
지표해설	해당 과제(또는 사업)을 통해 획득한 연구결과를 정부 및 국가기관에서 표준/기준으로 규정/지침/편람/시방서화 한 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	표준/기준의 규정/지침/편람/시방서 건수

구분	표준성과지표
성과지표	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 개발결과가 지침/매뉴얼로 개발된 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	관리 지침/매뉴얼 개발 건수

구분	표준성과지표
성과지표	20-2
지표해설	해당 과제(또는 사업) 기술개발 결과물이 재해, 재난의 예방 및 경감에 기여한 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	해당 과제(또는 사업) 결과의 적용으로 인한(또는 기대되는) 재해·재난 피해(인명, 재산) 규모 감소율(%)

7.2.2 제2중점분야

(1) 제안공모과제 성과목표

○ 지진 및 기후변화로 인한 대형 재난에 대비하여 국내 기존 건축물의 구조안전성을 확보하기 위한 기술, 기준 및 제도 개발

(2) 성과목표 및 지표

표 7.7 제2중점분야의 성과목표 및 지표(2-1 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
기존건축물 구조성능 보강 우선순위 판정지침	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급			3	1		4
기존 건축물 구조성능 평가 및 보수보강 절차의 가이드라인	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급		1				1
	일반	15-2 기술 동향 조사 (국내/국외)	1					1
구조안전등급 표시제도	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급			1			1
	일반	3-1 연구개발 관련 홍보건수				1		1
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적				3		3
민간건축물 구조안전성 개선에 대한 인센티브 제도	일반	3-1 연구개발 관련 홍보건수				3		3
	일반	3-2 기술확산을 위한 상호교류정도				1		1
피해건축물 구조성능조사 시스템	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급	3					3
	일반	5-3 시험/조사/관측 기준 개발 실적	1					1
구조성능 저감계수 및 잔존성능 평가법	핵심	7-2 계획설계 기법 개발		2				2
	일반	연구보고서 (고유)			1			1
피해도 판정 매뉴얼 및 복구기술지침서	핵심	7-2 계획설계 기법 개발			2			2
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급			1	1		2

표 7.8 제2중점분야의 성과목표 및 지표(2-2 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
국내 건축물 고유의 구조요소에 대한 연도별재료강도 DB	핵심	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적		2				2
비내진 구조상세 성능데이터 DB	핵심	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적		3				3
국내 건축물 고유의 구조시스템에 대한 주기식 및 해석 기법 제시	핵심	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적			4			4
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급			4			4
국내 비내진건축물의 성능기반평가지침 개발	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화				1		1

표 7.9 제2중점분야의 성과목표 및 지표(2-3 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
기존 주요 공공 건축물의 보강 기술	일반	15-3 전문가 의견반영 실적	4					4
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급				1		1
민간 취약 건축물의 최소 비용 보강 기술	일반	15-3 전문가 의견반영 실적	4			3		7
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급				1		1
보강 상세 개발	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화			10			10
보강 설계 기술	핵심	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화					1	1
테스트베드 적용	핵심	테스트베드 구축 (고유)					1	1

표 7.10 제2중점분야의 성과목표 및 지표(2-4 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
구조성능평가 단위 모듈	일반	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수		3				3
구조성능평가 인터페이스	일반	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수			3			3
실무적용기술 교육프로그램	일반	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수					1	1
구조성능평가 전산 시스템	핵심	파일럿프로젝트 적용건수 (고유)			2			2
구조보강 대안선정 전산 시스템	핵심	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적			3			3
	일반	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수				3		3

표 7.11 제2중점분야의 성과목표 및 지표(2-5 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
현장반복가력 실험 대상 선정	핵심	테스트베드 구축 (고유)	1					1
기존건축물에 적용가능한 기존진동제어장치 DB	일반	연구보고서 (고유)			1			1
	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)			1			1
	핵심	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적			1			1
기존건축물에 적용가능한 진동제어장치 시작품	일반	시제품 제작 (고유)			1			1
	핵심	4-1 특허출원 건수 (국내/국외)			2			2
	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)			2			2
구조형식별 최적 진동제어장치에 관한 연구보고서	일반	연구보고서 (고유)				1		1
	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)				1	2	3
현장반복가력 실험보고서	일반	연구보고서 (고유)				1		1
	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)			1	2	2	5
	일반	3-2 기술확산을 위한 상호교류정도				1	1	2
진동대 실험보고서	일반	연구보고서 (고유)				1		1
	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)			1	2	2	5
	일반	3-2 기술확산을 위한 상호교류정도				1	1	2
진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계지침	일반	1-1 학술지 게제 논문건수 (국내/국외)				1	1	2
	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					3	3
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급					1	1
진동제어장치를 이용한 기존구조물 내진보강 설계검토 지침	일반	15-3 전문가 의견반영 실적					3	3
	핵심	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급					1	1

(3) 선정 근거

구분	표준성과지표
성과지표	1-1 학술지 게재 논문건수(국내/해외)
지표해설	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측정방법	국내외 학술지 논문게재 건수와 함께 연구비당 논문 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 산정 ① 국내외 학술지 논문게재 건수 ② 총 학술지 논문게재 건수/총 연구사업비(단위:1억원) ③ 총 학술지 논문게재 건수/사업 참여연구원 수

구분	표준성과지표
성과지표	2-8 소프트웨어(S/W) 등록 건수
지표해설	해당 과제(또는 사업)가 평가대상기간 동안 등록한 소프트웨어(S/W) 건수 ① 국내 소프트웨어(S/W) 등록 건수: 대한민국에서 지적재산권을 행사하기 위해 대한민국 특허청에 소프트웨어(S/W) ② 국제 소프트웨어(S/W) 등록 건수: 미국, 일본, 유럽 등 국외에서 지적재산권을 행사하기 위해 각 국가의 특허청에 소프트웨어(S/W)
측정방법	해당 과제(또는 사업)를 통해 산출된 소프트웨어(S/W) 등록 건수와 함께 연구비당 소프트웨어(S/W) 등록 건수, 참여연구원당 소프트웨어(S/W) 등록 건수를 기재 ① 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수 ② 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수/총 연구사업비(단위:1억원) ③ 총 소프트웨어(S/W) 등록 건수/사업 참여연구원 수

구분	표준성과지표
성과지표	3-1 연구개발 관련 홍보건수
지표해설	연구개발 성과에 대해 대국민, 정부 등을 대상으로 홍보, 교육 등의 노력을 기울였는지의 여부
측정방법	학술회의, 간담회, 세미나, 워크샵, 박람회, 공청회 등의 개최 건수 또는 정기간행물 발간 건수 등

구분	표준성과지표
성과지표	3-2 기술확산을 위한 상호교류정도
지표해설	연구기관(대학, 연구소) 및 기업 등 간의 기술개발 정보 교류정도
측정방법	연구기관 및 기업 등과의 개발기술 상호교류 실적

구분	표준성과지표
성과지표	4-1 특허출원 건수 (국내/국외)
지표해설	해당 사업의 평가대상기간 동안 출원된 특허건수 ① 국내 특허출원 건수: 대한민국에서 지적재산권을 행사하기 위해 대한민국 특허청에 출원된 특허 ② 국제 특허출원 건수: 미국, 일본, 유럽 등 국외에서 지적재산권을 행사하기 위해 각 국가의 특허청에 출원한 특허
측정방법	해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수와 함께 과제당 특허출원 건수, 연구비 당 특허출원 건수, 참여연구원 당 특허출원 건수를 기재 ① 총 특허출원 건수 ② 총 특허출원 건수/사업의 총 과제 수 ③ 총 특허출원 건수/ 총 연구사업비 (단위:1억원) ④ 총 특허출원 건수/사업 참여연구원 수

구분	표준성과지표
성과지표	5-3 시험/조사/관측 기준 개발 실적
지표해설	해당 과제를 통한 시험/조사/관측에 필요한 규격 및 기준개발 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	시험/조사/관측 기준 개발 건수

구분	표준성과지표
성과지표	5-5 시험/조사 DB 구축 및 활용 실적
지표해설	연구를 위해 획득한 시험/조사/관측 자원 또는 연구수행과정 및 연구수행결과 발생한 연구자원을 데이터베이스화하여 적절히 관리하고 활용하는 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	연구자원의 DB 구축 여부, DB 활용도(시험자원의 신규 등록 건수, 연구분야별 자원 확보 건수 등)

구분	표준성과지표
성과지표	7-2 계획설계 기법 개발
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 결과로 설계 목표에 따른 제품(또는 구조물) 설계를 위한 독창적인 기법개발 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	계획설계 기법의 개발 건수나 계획설계 기법의 우수성으로 측정(전문가 설문 등 이용)

구분	표준성과지표
성과지표	15-2 기술 동향 조사(국내/국외)
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 과정에서 현재의 시장 및 기술 동향과 향후 전망 등에 대한 분석의 실시 여부와 분석결과의 적절성을 평가하기 위한 지표
측정방법	해당 과제(또는 사업) 수행 과정에서의 시장/산업/기술 동향조사 건수 및 분석결과의 적절성 정도로 측정(전문가 설문 등 이용)

구분	표준성과지표
성과지표	15-3 전문가 의견반영 실적
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 수행 과정에서 신뢰성과 실용성을 확보하기 위해 다양한 계층의 전문가 의견을 수렴한 실적을 평가하기 위한 지표
측정방법	전문가 의견수렴 반영(설문조사, 회의 등) 건수

구분	표준성과지표
성과지표	18-2 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화
지표해설	해당 과제(또는 사업)을 통해 획득한 연구결과를 정부 및 국가기관에서 표준/기준으로 규정/지침/편람/시방서화 한 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	표준/기준의 규정/지침/편람/시방서 건수

구분	표준성과지표
성과지표	19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 개발결과가 지침/매뉴얼로 개발된 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	관리 지침/매뉴얼 개발 건수

구분	고유지표
성과지표	연구보고서
지표해설	총괄과제의 고유지표 개발한 기술에 대한 평가분석이 포함된 단계별 보고서
측정방법	보고서 권수

구분	고유지표
성과지표	테스트베드 구축
지표해설	테스트베드 건설의 성공여부
측정방법	테스트베드 건설이 성공적으로 수행되었을 때, 1건으로 측정, 반대의 경우는 0건.

구분	고유지표
성과지표	시제품제작
지표해설	성능 검증을 위한 시제품의 제작 건수
측정방법	목표로 한 성능의 검증이 성공적으로 수행되었을 때 1건으로 측정.

구분	고유지표
성과지표	파일럿 프로젝트 적용
지표해설	개발된 파일럿 프로젝트 적용 건수
측정방법	파일럿 프로젝트에 적용이 성공적으로 수행되었을 때 1건으로 측정.

7.2.3 제3중점분야

(1) 제안공모과제 성과목표

○ 본 중점연구 분야에서는 지진 및 이상기후를 포함한 외부 요인에 대하여 소규모 건축물의 구조 안전성을 확보 할 수 있는 구조설계기준을 개발하는 것을 연구 목표로 함

(2) 성과목표 및 지표

표 7.12 제3중점분야의 성과목표 및 지표(3-1 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
국내외 소규모건축물 관련 법/제도 분석 보고서	일반	연구보고서	1					1
소규모건축물 관리/감독관련 행정 제도안	핵심	제도 및 정책 개선안		1				1
	일반	공청회		1				1
	일반	세미나		1				1
개발된 소규모 건축물 구조기준 적용의 타당성 분석 보고서	일반	연구보고서				1		1
기준의 법제화 및 촉진제도(안)	핵심	제도 및 정책 개선안				1		1
	일반	공청회				1		1
	일반	세미나					1	1
비구조전문가를 위한 교육프로그램	일반	연구보고서					1	1
	일반	세미나					1	1

표 7.13 제3중점분야의 성과목표 및 지표(3-2 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
소규모 건축물의 용도 및 구조재료별 현황 분석과 시공 실태 조사 보고서	핵심	데이터베이스 구축	1					1
	일반	연구보고서	1					1
소규모건축물에 특화된 간편 해석 기술	핵심	소프트웨어(S/W) 개발		1	1			4
	핵심	학술지 논문건수(국내/해외)		1	1			2
중력하중에 대한 소규모 건축물의 최소사양기준(안)	일반	연구보고서	1	1				2
	핵심	학술지 논문건수(국내/해외)		1				1
	핵심	구조설계지침서		2				2
	일반	세미나			1			1
수직 및 횡하중에 대한 소규모 건축물의 구조 성능 검증	일반	연구보고서		1	1			2
	핵심	학술지 논문건수(국내/해외)			2			2
	핵심	구조설계지침서				2		2
	일반	세미나			1	1		2
소규모 건축물 하부구조 표준상세	핵심	구조설계지침서				1		1
	일반	연구보고서				1		1
소규모 건축물 통합 구조 기준(안) 및 해설	핵심	건축구조기준안					1	1
	일반	공청회					1	1
	일반	연구보고서					1	1
	일반	체크리스트				1	1	4
개발된 소규모 건축물 구조기준 적용 범용 예제 개발	일반	세미나					1	1
	일반	연구보고서					1	1
	핵심	학술지 논문건수(국내/해외)					2	2

표 7.14 제3중점분야의 성과목표 및 지표(3-3 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
소규모건축물 재료별 구조특성에 대한 보고서	일반	연구보고서	1					1
구조재료별 면적/규모/형상등을 고려한 대표 소규모 건축물 선정	핵심	대표 건축물	2	2				4
	일반	연구보고서	2					2
수직 및 횡하중 에 대한 기존 소규모 건축물의 실험 분석	일반	연구보고서		1	1			2
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)		1	1			2
면적/규모/형상 등을 고려한 표준화된 구조상세 검증	일반	연구보고서			1	1		2
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)			1	1		2
횡하중에 대한 소규모 건축물의 비구조재 관련 실험 평가	일반	연구보고서		1	1			2
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)			1	1		2
횡하중에 대한 소규모 건축물의 비구조재 관련 실험 평가	일반	연구보고서			1	1		2
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)				2		2
기존 소규모 건축물 및 신축 소규모 건축물의 구조 성능 분석	일반	연구보고서				2		2
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)				2		2

표 7.15 제3중점분야의 성과목표 및 지표(3-4 세부)

성과목표	지표 구분	성과 지표	연차별 목표치					최종 목표치
			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
기존 소규모 건축물의 하부구조 분석 보고서	일반	데이터베이스 구축 건수			1			1
	핵심	연구보고서			1			1
소규모 건축물 하부구조 관련 구조해석 요소 기술	핵심	연구보고서			1			1
	핵심	소프트웨어(S/W) 개발				1		1
표준화된 구조상세 및 설계 테이블	핵심	구조 설계 지침서				1		1
	일반	세미나				1		1
표준화된 하부구조 상세 실험 검증	핵심	현장 적용 시험			1	1		2
	일반	연구보고서				1		1
	일반	학술지 논문건수(국내/해외)			1	1		2

(3) 선정 근거

구분	표준성과지표
성과지표	학술지 논문건수(국내/해외)
지표해설	국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측정방법	국내외 학술지 논문게재 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 산정

구분	표준성과지표
성과지표	연구보고서
지표해설	관련 연구 결과를 평가하기 위한 지표
측정방법	연구보고서 제출 및 등록 건수

구분	표준성과지표
성과지표	제도 및 정책 개선안
지표해설	제도 개선안 및 촉진안 제안 건수
측정방법	관련 연구과제에 대한 제도 개선안 및 촉진안 제안 건수

구분	표준성과지표
성과지표	공청회
지표해설	관련 전문가 의견 수렴을 위한 지표
측정방법	전문가 의견수렴 반영 건수

구분	표준성과지표
성과지표	데이터베이스 구축
지표해설	해당 연구와 관련한 DB 구축
측정방법	현장 및 통계 조사를 통한 DB구축 건수

구분	표준성과지표
성과지표	소프트웨어(S/W) 개발
지표해설	해당 과제(또는 사업)가 평가대상기간 동안 개발한 소프트웨어(S/W) 건수
측정방법	해당 과제(또는 사업)를 통해 산출된 소프트웨어(S/W) 등록 건수와 함께 연구비당 소프트웨어(S/W) 등록 건수, 참여연구원당 소프트웨어(S/W) 등록 건수를 기재

구분	표준성과지표
성과지표	대표건축물
지표해설	해당과제에 관련된 대표건축물 선정건수
측정방법	대표건축물 선정건수

구분	표준성과지표
성과지표	구조설계지침서
지표해설	해당 과제(또는 사업)을 통해 획득한 연구결과를 정부 및 국가 기관에서 표준/기준으로 규정/지침 한 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	표준/기준의 규정/지침 건수

구분	표준성과지표
성과지표	건축구조기준안
지표해설	해당 과제(또는 사업)의 개발결과가 기준으로 개발된 성과 및 새롭게 제시한 기준안이 현재 기준에 반영된 것을 평가하기 위한 지표
측정방법	표준/기준의 규정/지침 건수

구분	표준성과지표
성과지표	체크리스트
지표해설	해당 과제(또는 사업)을 통해 획득한 연구결과를 정부 및 국가 기관에서 표준/기준으로 시방서화 한 성과를 평가하기 위한 지표
측정방법	표준/기준의 시방서 건수

첨부. 기술개발 동향 및 환경분석

A.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석

A.1.1 정책

가. 국내 정책동향

1) 국내 기준

○ 국내 내진설계기준 수립 배경

- 우리나라에서는 지난 1988년부터 내진설계가 의무화되었다. 내진설계가 의무화된 계기는 1978년의 충남 홍성지진과 1985년 멕시코 지진이라 할 수 있다. 당시 건설부는 대한건축학회에 용역을 수행하게 하여 우리나라에 적절한 내진설계기준을 마련하였으며, 진도 7이상의 지진에 건물의 안전을 목표로 내진설계를 의무화하였다. 건축법시행령과 건축물구조기준 등에 관한 규칙에 반영하게 된 것이다. 다만 지진의 위험이 적은 강원도와 전라남도, 제주도는 진도 6의 지진에 대한 구조물의 안전을 목표로 하였음.
- 이 법규가 마련되기 전인 86년에는 21층 이상 건물과 16층 이상 아파트는 내진설계를 해야 한다는 고층 건축물 내진설계지침을 제정하여 매우 제한적으로 내진설계를 적용하였다. 특히 86년 이전에 지어진 아파트나 대부분의 건물은 내진설계가 반영되지 않았다고 볼 수 있으며 현재 지하철, 빌딩, 교량. 경부고속철도등 대부분 국가 주요 시설에 내진설계가 되어 있지 않아 중간규모의 지진이 발생하여도 그 안전성을 확신할 수 없어 이에 대한 대책마련이 시급함.

○ 국내 내진설계기준 적용범위

- 내진기준의 적용대상에 대하여 2005년 이전까지는 6층 이상이거나 연면적 10만㎡ 이상의 건축물에만 제한적으로 적용하였다. 따라서 2005년 이전에 지어진 건물들 중 6층 미만이거나 연면적이 10만㎡ 미만의 건축물은 지진에 대한 안전성을 보장할 수 없으므로 이에 대한 대비가 필요할 것이라고 판단된다. 표 2.1에 서 나타난 바와 같이 2008년 이전까지는 3층 미만의 건물에는 내진설계가 적용 되지 않았으므로, 이에 대 한 대책도 시급하다고 할 수 있다. 따라서 차후에 내진 설계 개정 작업뿐 만 아니라 내진설계가 적용이 강제 조항이 아니었으므로 내진설계가 적용되지 않은 건물에 대하여 보강 및 보수 방법이 수립되어야 한다.

표 2.1 우리나라의 내진설계 (한상환, 이한선, 2007)

연도	변화내용
1962	건축법 제정 - 구조계산 시 지진에 대하여 검토하도록 하였으나, 구체적 검토기준은 없었음.
1988	내진설계 계산 기준을 구체적으로 정함.
1988	건축법시행령 개정(공포 후 6개월 후 시행) - 우리나라의 설계기준 : 미국의 ATC 3-06 기준을 적용 (진도7)
2000	내진설계기준 부분 개정(6층 이상 연면적 1만㎡ 이상)
2005	건축구조설계기준(Korean Building Code) 제정(3층 이상 연면적 1000㎡ 이상)
2009	건축구조설계기준(Korean Building Code) 개정 (상세 지진재해도 채용, 내진설계범주 'D'에 대한 시스템 제한과 높이제한 설정)

○ 국내 설계지진의 변화

- 1985년 멕시코 지진 이전까지만 해도 우리나라에서는 일반적으로 지진에 대한 위험도가 낮다고 생각하여 구조물 설계 시 지진의 영향을 고려하지 않았다. 그러나 1985년 멕시코지진에서 보여준 막대한 인명과 재산피해에 자극을 받아 기본적으로 ATC 3-06(ATC, 1978)과 UBC 85를 참고하여 관계법령에 내진설계관련 조항이 처음으로 추가되었음
- 이후 1997년 건교부가 한국지진공학회에 의뢰하여 이루어진 내진설계 상위개념 관련 내진설계기준연구(한국지진공학회, 1997)가 수행된 바 있으며, 이후 2000년에는 대한건축학회에서 다른 하중기준들과 함께 내진설계기준도 기본골격은 AIK 1988과 같고 지엽적인 부분만 보완하였음
- 그 후 발전된 내진공학의 내용을 제대로 수용하고 있지 못하고, 우리나라에서 새롭게 채용되고 있는 구조시스템을 반영하기에는 부족한 점이 많았기 때문에, 새롭게 변화된 내진공학의 기술수준과 설계개념을 도입하고 다양한 구조시스템의 발전에 부응하기 위해 2002년부터 대한건축학회에서 내진설계기준 개선을 위한 연구(대한건축학회, 2004)를 수행하였음
- KBC 2005(대한건축학회, 2004)의 내진설계기준이 전면 개정되었으며 많은 부분이 IBC 2000(ICC, 2000)에 의한 방법에 따름

○ AIK 1988

- 표 2.2는 우리나라 내진설계기준에서 설계지진력을 구하는 방법의 변화이며, 1985년 멕시코지진에 의한 피해로부터 우리나라에도 내진설계의 필요성이 제기되어 짧은 기간 동안의 연구를 통해 작성된 기준임
- 그 동안 우리나라에서 발생했던 지진에 대한 자료가 거의 없는 상태였기 때문에 주로 미국의 ATC 3-06과 UBC 85를 바탕으로 제정되었으며 동적계수를 기본진

동주기의 제곱근에 반비례하도록 하였는데, 이 이유는 경제적인 부담을 줄이면서 고층건물의 안정성을 확보하기 위해서임

- 지반은 3 가지로 분류하였으며, 허용응력 설계수준의 지진하중을 나타낸다.

표 2.2 우리나라의 밑면전단력 변화

기준	지진의 강도	밑면전단력
AIK 88	허용응력 수준	$V = \frac{AIS}{1.2\sqrt{TR}} W \leq \frac{1.75AI}{R} W$ 또는 $V = \frac{1.5AIS}{R} W$ A : 지역계수 (0.12, 0.08), I : 중요도계수 S : 지반계수 (3그룹), R : 반응수정계수 T : 고유주기
EESK 97 (상위개념)*	강도설계 수준	$V = \frac{C_v I}{RT} W \leq \frac{2.5 C_a I}{R} W$ C_a, C_v : 지진계수, I : 중요도계수. R : 반응수정계수 T : 고유주기 지반분류 : 6그룹 ($S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$)
AIK 2000	허용응력 수준	$V = \frac{AIS}{1.2\sqrt{TR}} W \leq \frac{1.75AI}{R} W$ A : 지역계수 (0.11, 0.07), I : 중요도계수 S : 지반계수 (4그룹), R : 반응수정계수 T : 고유주기
KBC 2005 KBC 2009	강도설계 수준	$V = \frac{S_{D1}}{(R/I_E)T} W \leq \frac{S_{DS}}{R/I_E} W$ S_{D1}, S_{DS} : 응답스펙트럼 가속도, 지반분류 : 5그룹 (S_A, S_B, S_C, S_D, S_E)

* 이 연구보고서는 내진설계 상위개념만 규정하여 실제 하위내진기준으로 시행되지 못하고 있음.

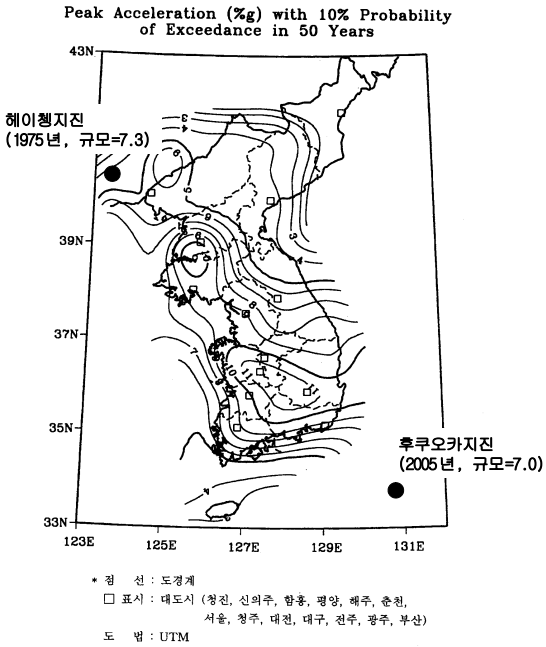
○ EESK 1997

- 1988년 우리나라에서 내진기준이 제정된 이래 전 세계적으로 대형 지진이 많이 발생하였고, 그 동안 내진공학의 발전을 토대로 한국지진공학회(Earthquake Engineering Society of Korea : EESK)에서 내진설계 상위개념과 관련하여 수행한 내진설계기준연구(한국지진공학회, 1997)에서 지진하중 결정방법을 제시함
- 이 방법은 UBC 97의 방법을 채택하였으며, 지진의 세기를 우리나라 수준에 맞도록 조정한 것으로 지역계수는 기존 AIK 1988에 비하여 0.01g가 낮추어 졌으며, 위험도 계수는 500년 재현주기일 때 1이고, 2400년 재현주기 지진에 대해서 2를 적용하였음
- 지반의 종류도 기존의 3 가지에서 6 가지로 대폭 증가하였으며, 표 2.3은 EESK 97에서 제시한 지진계수를 보여주는데, UBC 97에서의 Zone 1과 Zone 2A의 지진계수값에 보간법을 적용하여 구한 것임을 알 수 있음
- 그림 2.1는 EESK 97에서 제시한 우리나라의 확률론적 지진재해도로서 설계된 기간동안에 어떤 장소에서 지진에 의한 지반운동의 최고가속도가 정해진 확률에 의해 초과할 값을 등가속도 곡선으로 나타낸 것으로 한반도 북부지방과 대한해협으

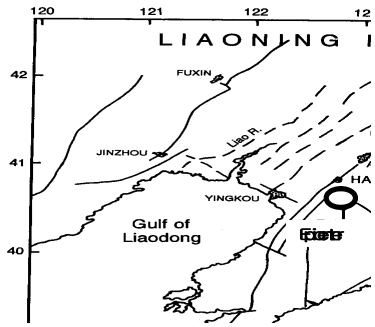
로 갈수록 지반가속도는 감소하는 것으로 나타나고 있으나, 이미 1975년 헤이쳉 지진과 2005년 후쿠오카지진이 각각 신의주 북서부지역과 대한해협에서 발생한 것으로 보아 이 지진재해도는 수정해야할 필요성이 있음

표 2.3 우리나라의 지진계수 C_a, C_v (EESK 97)

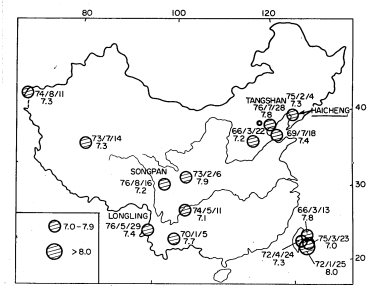
지반종류	지진지역 1 (0.11)		지진지역 2 (0.07)	
	C_a	C_v	C_a	C_v
S_A	0.09	0.09	0.05	0.05
S_B	0.11	0.11	0.07	0.07
S_C	0.13	0.18	0.08	0.11
S_D	0.16	0.23	0.11	0.16
S_E	0.22	0.37	0.17	0.23
S_F	0.22	0.37	0.17	0.23



(a) 평균재현주기 500년의 지진지반운동



(b) 헤이칭지진의 진앙



(c) 중국의 지진발생 현황

그림 2.1 500년 재현주기의 지진재해도와 한반도 인근 지진발생현황 (Lomnits, 1994)

○ AIK 2000

- 대한건축학회 (Architectural Institute of Korea: AIK)에서 2000년에 우리나라의 다른 하중기준들과 함께 내진설계기준도 일부 개정하였음
- AIK 2000에서는 1997년 한국지진공학회에서 내진설계상위개념과 관련하여 수행한 내진설계기준연구(1997)를 바탕으로 지역계수가 AIK 1988에 비하여 0.01g가

낮추어 졌으며, 허용응력수준의 지진하중을 사용함

- AIK 1988과 비교하면, 15층 이상의 아파트의 중요도계수가 도시계획구역에 위치하는 경우 1.2에서 1.5로 증가되었으며, 지반의 종류도 UBC 94와 동일하게 4개로 세분되었음
- 내진저항시스템에서는 모멘트골조를 보통모멘트골조와 연성모멘트골조로 구분하였으며, 이에 대한 상세 요구조항을 해설에 포함하였고 동적해석법 부분에서는 AIK 1988에 비하여 보다 명확하게 응답스펙트럼법을 포함한 해석법을 포함하였음

○ KBC 2005

- 우리나라 KBC 2005의 내진기준은 IBC 2000과 같은 새로운 설계지진의 정의를 그대로 받아들이고 있으며, 표 2.4의 지진위험계수에서 보듯이 2400년 재현주기 지진의 최대지반 가속도는 500년 재현주기 최대지반가속도의 2배에 해당하고, 이 지진에 대해 인명안전 수준의 안전성을 확보하기 위해 이것의 2/3배를 곱한 지반가속도는 현재 설계지반가속도의 (4/3)배가 되는 것을 알 수 있음 (표 2.5의 M=1.33참조)
- AIK 2000에서는 지진의 크기를 유효지반 가속도로 정한데 반하여 KBC 2005에서는 단주기와 장주기 설계스펙트럼 가속도 S_{DS}와 S_{D1} 두개의 계수로 정하고 설계스펙트럼 가속도는 지반종류와 지진지역에 따라 표 2.5와 같이 구하며, KBC 2005에서 지반종류는 EESK 97의 6 가지 중 S_F를 사용하지 않고 5 종류로 분류함
- IBC 2000의 내진용도그룹을 KBC 2005에서는 내진등급이라고 지칭하고 내진등급과 설계 시 예상되는 최대 응답 가속도 S_{DS}와 S_{D1}을 사용하여 내진설계범주를 구한 후 이에 따라 해석법과 구조시스템 제한사항을 정하였으며, 그림 2.2는 AIK 2000과 KBC 2005의 선형탄성 설계스펙트럼을 도식적으로 비교하여 나타내고 있음
- 그림 2.3은 우리나라의 지진지역 1에서 탄성스펙트럼을 지반조건에 따라 비교한 결과로 AIK 2000의 경우 단주기에서 최대 스펙트럼 가속도는 일정한 반면, KBC 2005의 경우 지반조건에 따라 단주기 영역에서 최대스펙트럼 가속도가 크게 증가함을 알 수 있음
- 그림 2.3(a)의 AIK 2000스펙트럼은 허용응력 설계수준이므로 강도설계 수준인 그림 2.3(b)와 비교하기 위해서는 1.4배를 해야 하며, 이 그림으로부터 단주기 영역에서 부드러운 지반의 경우 스펙트럼 가속도는 3배 증가한 것을 발견할 수 있는데, 이것은 저층 건축물의 리모델링 시 연성증가보다 강도증가의 보강책을 사용할 경우 구 내진기준에 따를 때보다 강도를 3배 증가시켜야 함을 뜻함
- 표 2.6에서 지반조건, 지진지역과 내진등급에 따라 KBC 2005에서 정하는 내진설

계범주를 정리하였으며, 우리나라 공동주택은 15층 이상이 대부분이기 때문에 내진등급 “특”에 해당하고, 일부 15층 미만인 아파트는 내진등급 Ⅰ에 해당하며, 15층 미만의 아파트의 경우 지진지역 1에서는 지반조건이 S_A, S_B이면 내진설계범주 C이하, 지반조건이 $S_C \sim S_E$이면 내진설계범주 D에 속하고, 지진지역 2에서는 지반조건이 $S_A \sim S_C$이면 내진설계범주 C이하 이며, 우리나라의 고층 공동주택의 대부분이 내진설계범주 D에 속하게 됨을 알 수 있음

표 2.4 지진 위험도 계수

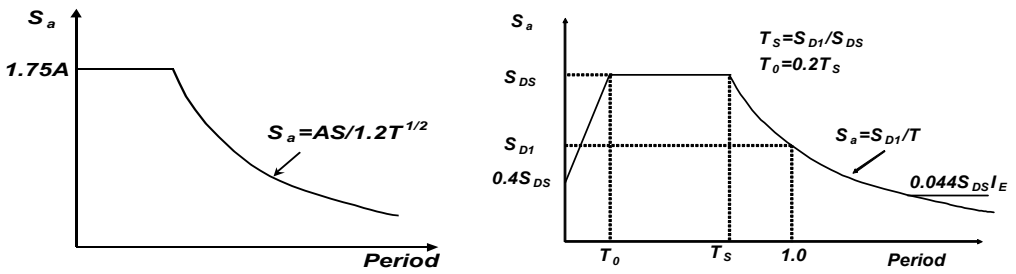
재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수,I	0.40	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0

표 2.5 설계스펙트럼 가속도 (KBC 2005 (대한건축학회, 2004))

지반종류	지진지역 1 (A=0.11)		지진지역 2 (A=0.07)	
	S_{DS}	S_{D1}	S_{DS}	S_{D1}
S_A	2.0MA	0.8MA	1.8MA	0.7MA
S_B	2.5MA	1.0MA	2.5MA	1.0MA
S_C	3.0MA	1.6MA	3.0MA	1.6MA
S_D	3.6MA	2.3MA	4.0MA	2.3MA
S_E	5.0MA	3.4MA	6.0MA	3.4MA

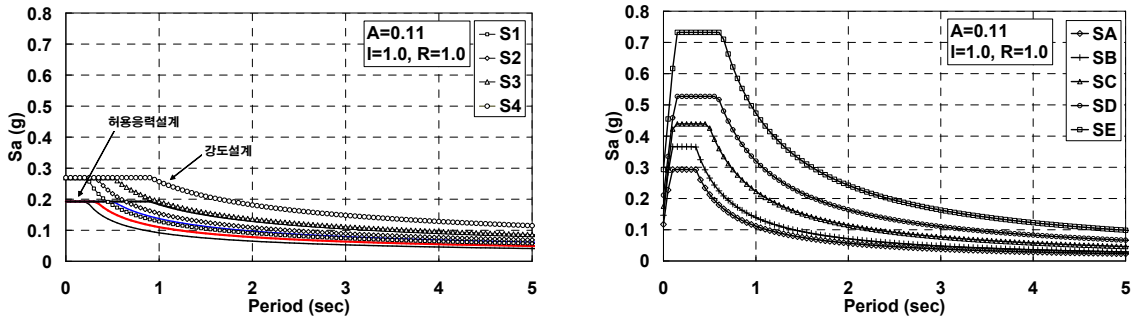
표 2.6 내진등급에 따른 내진설계범주

지반조건	지진지역 1					지진지역 2				
	S_{DS}	S_{D1}	내진등급			S_{DS}	S_{D1}	내진등급		
			특	Ⅰ	Ⅱ			특	Ⅰ	Ⅱ
S_A	0.293	0.117	C	B	B	0.168	0.065	C	B	B
S_B	0.366	0.146	D	C	C	0.233	0.093	C	B	B
S_C	0.439	0.234	D	D	D	0.279	0.149	D	C	C
S_D	0.527	0.336	D	D	D	0.372	0.214	D	D	D
S_E	0.732	0.497	D	D	D	0.559	0.317	D	D	D



(a) AIK 2000 (b) KBC 2005

그림 2.2 우리나라 기준에서 제시하는 탄성스펙트럼



(a) AIK 2000 (허용응력수준) (b) KBC 2005 (강도설계수준)

그림 2.3 탄성스펙트럼 비교

○ KBC 2009

- 현행 기준에서는 50년간 발생확률이 2%인 지진, 즉 재현주기 2400년의 지진위험도를 갖는 최대 예상 지진 (Maximum Considered Earthquake, MCE) 을 정의하고 있고 이에 대한 가속도 스팩트럼 값을 제공하고 있으며, 설계지진하중 (가속도 스팩트럼)은 최대 예상지진하중의 값에 2/3 감소계수를 적용하여 결정하도록 하고 있음
- 이는 내진설계 조항에서 기본적으로 구조물에 대한 내진설계 시 구조물의 붕괴를 일으키는 지진하중 값에 대하여 1.5배의 지진하중에도 저항할 수 있도록 여유분을 설계 식에 보유하고 있다고 가정하여 결정된 값임
- 또한 2009 기준에서는 내진 설계 범주(Seismic Design Categories, SDC)를 내진 중요도 그룹과 지진의 세기에 따라서 결정하도록 하고 있음. SDC는 최근 개발된 성능에 기초한 내진설계개념을 기준에 도입한 것으로 SDC가 등급이 올라 갈수록 건물 사용구조시스템의 제한, 해석방법, 그리고 설계 및 상세규정이 강화되어 내진설계범주가 높아질수록 높은 수준의 성능을 보장하기 위함임
- 표 2.7에는 2000년 기준과 2005년 기준 그리고 2009년 기준의 큰 변경사항을 나타낸 것으로 2009 내진기준의 지진구역 및 이에 따른 지역계수 값은 표 2.8와 같이 구분한 것으로 기존의 지역계수의 2배를 적용하고 있으며, 표 2.8의 지역계수 S는 재현주기가 2400년인 지진 위험도로 정의된 최대예상지진의 유효지반 가속도임
- 2009기준에서는 그림 2.4의 상세 지진위험도를 이용하여 유효지반가속도 값 결정할 수 있지만, 상세지진위험도를 이용한 값은 표 2.8의 값의 80%이상이어야 함을 규정하고 있으며 2000 내진기준에서 건물이 위치할 지역의 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 표 2.9와 같이 5종으로 분류하도록 하고 있음
- 2009 내진기준에서는 건물의 중요도에 따라 기존 기준과 같이 지진력을 증가시

키도록 하고 있는데 앞서도 언급한 것처럼 건물의 중요도와 설계지진하중이 결정되면 내진설계등급 (SDC)를 결정할 수 있으며, SDC의 등급은 A. B, C, 그리고 D로 총 네 가지로 분류 하고 있고 D가 가정 높은 등급으로 SDC 분류표는 표 2.10와 2.11와 같음

- 2008 기준이 기존 기준들에 비하여 크게 발전된 부분은 다양한 구조시스템을 허용하였고 이에 대한 반응수정계수와 초과강도계수 그리고 변위증폭계수를 마련하였으며 각 시스템별 높이제한 사항도 SDC 등급에 따라 마련하였다는 점이며, 이를 통하여 구조 엔지니어들은 보다 넓은 폭에서 시스템을 선정할 수 있을 것으로 판단됨

표 2.7 지진하중의 최소 허용기준 (한상환, 이한선, 2007)

구분	내진기준2000	내진기준2005	내진기준2008	내진기준2000에 대한 내진기준2005 변경사항	내진기준2005에 대한 내진기준2008 변경사항
지진응답계수	$C \le 1.75$	$C_s \ge 0.044\, S_{ds} I_E$	$C_s \ge 0.01$	-	최소값 축소
주기 산정법	$T \le 1.2\, T_a$	$T \le 1.2\, T_a$	$T \le C_u T_a$	동일	주기상한계수 C_u 도입
설계 값의 산정	-	$C_m = V / V_t$	$C_m = 0.85\, V / V_t$	-	보정계수 변화
횡 변위 제한	0.010h	0.010h, 0.015h, 0.020h	0.010h, 0.015h, 0.020h	내진등급에 따라 구분	동일
비정형 구조물	수직, 수평 비정형 검토	수직, 수평 비정형 검토	수직, 수평 비정형 검토	구조물의 강성과 건물 형태의 비정형성을 고려	동일
피로티 구조물	제한사항 없음	특별지진하중 (*초과강도계수*)비정형검토	특별지진하중 (*초과강도계수*)비정형검토	부재크기의 증대 불안정 구조물의 자양	동일
최대 지진하중	500년 재현주기	2400년 재현주기의 2/3	2400년 재현주기의 2/3	33% 증가	동일
지역계수	재현주기 500년 지진위험도의 유효지반 가속도	재현주기 500년 지진위험도의 유효지반 가속도	재현주기 2400년 지진위험도의 최대지진 유효지반 가속도	동일	2배 증가 상세 지진재해도 이용 가능
지반종류	S1, S2, S3, S4	S_A, S_B, S_C, S_D, S_E	S_A, S_B, S_C, S_D, S_E	설계 초기 진단파 속도측정 충실하고 면밀한 지반조사	지반 분류는 지표면을 기준으로 정함
설계범주	없음	A, B, C, D	A, B, C, D	설계 범주에 따라 구체적 설계방법 제시	내진설계 범주 "D"에 대한 시스템 제한과 높이 제한 설정
내진등급	특, (I), (II)	특, I, II	특, I, II	15층 이상 오피스텔, 3층 이상 학교로 강화됨	도시계획구역과 그 외 구역 구분이 없어짐 15층 이상 아파트와 오피스텔이 1등급으로 하향조정
설계 스펙트럼 가속도	지반 가속도에 근거	건물의 가속도로 표현	건물의 가속도로 표현	단주기 영역, 연약지반 영역의 지진력 증폭 고려	설계 스펙트럼 산정식 변화 증폭계수 F_a, F_v 사용

표 2.8 지진구역 구분 및 지역계수 (대한건축학회, 2010)

지진구역	행정 구역	지역계 S
1	지진구역 2를 제외한 전 지역	0.22
2	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.14

※ 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시,
전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

표 2.9 지반의 분류 (대한건축학회, 2010)

지진구역	행정 구역	지역계 S
1	지진구역 2를 제외한 전 지역	0.22
2	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.14

※ 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시,
전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

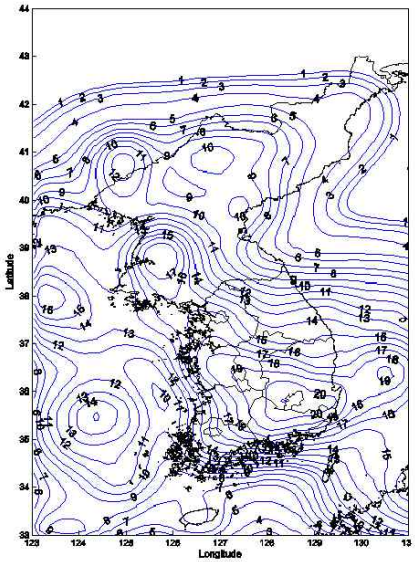


그림 2.4 재현주기 2400년 최대예상지진의 유효지반가속도 (S) (대한건축학회, 2010)

표 2.10 단주기에서 설계스펙트럼가속도에 따른 내진설계범주 (대한건축학회, 2010)

S_{DS}의 값	내진등급		
	특	I	II
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D	D
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	D	C	C
$0.17 \leq S_{DS} < 0.33$	C	B	B
$S_{DS} < 0.17$	A	A	A

표 2.11 주기 1초에서 설계스펙트럼가속도에 따른 내진설계범주 (대한건축학회, 2010)

S_{DS}의 값	내진등급		
	특	I	II
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D	D
$0.14 \leq S_{D1} < 0.20$	D	C	C
$0.07 \leq S_{D1} < 0.14$	C	B	B
$S_{D1} < 0.07$	A	A	A

○ 고유주기 산정

- 건물의 고유주기T는 지진응답결정에 매우 중요한 역할을 하므로 이의 정확한 예측은 신뢰할 만한 방법을 따라야 하나, 재료적인 특성, 지반기초 상황, 비구조요소의 영향 등에 의해서 통상 가장 정확하리라고 생각되는 3차원 고유치 해석도 실제건물의 고유주기를 잘 나타낸다고 장담할 수 없고 오히려 과거 지진에 의해 계측된 응답을 근거로 한 경험식이 더 유효할 수 있음
- 이러한 경험식을 이용하여 얻은 밑면전단력은 일반적으로 동적 고유치해석을 통해 얻은 값보다 큰 값이나, 최종 설계단계에서는 모드해석방법과 구조역학의 원리를 이용한 해석방법을 이용하여 얻은 건물주기를 사용하여 어느 정도 지진하중을 감소시키는 것을 허용하되 근사해석법 등을 포함하는 동적해석기법을 통하여 얻은 주기 (T)가 경험식으로부터 구한 주기 (T_a)의 1.2 ~ 1.5배를 초과하지 못하도록 제한하고 있음
- 표 2.12은 네 기준의 고유주기 산정 경험식을 비교하는데, 네 기준 모두 거의 동일하나, IBC 2006에 이르러 크게 바뀐 것을 알 수 있으며, 동적해석 시 등가정적 해석법에 따라 구한 밑면전단력(V)이 시간이력해석결과 나타난 밑면전단력(V_t) 밑면전단력보다 크면, 설계층전단력, 모멘트, 층간변위, 층변위 등에 대해 다음과 같은 보정계수 C_m을 곱하여 사용할 것을 규정하였다. 표 2.13은 UBC 94, UBC 97, IBC 2000, 그리고 IBC 2006에서 제시하는 고유주기 산정방법과 동적해석법에 따라 구한 결과값을 조정하기 위한 보정계수(C_m)를 비교하고 있음

표 2.12 고유주기 산정식 비교

UBC 97, AIK 2000, IBC 2000, KBC 2005	IBC 2006
$T_a = C_t(h_n)^{3/4}$ C_t = 0.0731 : RC MRF = 0.0488 : 기타 RC 건물 = $0.0743\sqrt{A_c}$ (전단벽 구조)* $A_c = \Sigma A_e[0.2 + (D_e/h_n)^2]$ $D_e/h_n \le 0.9$ h_n : 건물의 기초에서 건물의 최상층까지 높이 (m), A_e: 1층에서 지진방향에 평행한 전단벽의 전단 단면적 (m2) D_e: 1층에서 지진하중 방향에 평행한 전단벽의 길이	$T_a = C_T(h_n)^x$ C_t = 0.0466, x = 0.9 : RC MRF C_t = 0.0488, x = 0.75 : 기타골조 $T_a = \frac{0.0019}{\sqrt{C_w}} h_n$ $C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{h_n}{h_i}\right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0.83\left(\frac{h_i}{D_i}\right)^2\right]}$ A_B : 건물 밑면의 면적 (ft^2), A_i : 전단벽의 웨브부분 면적 (ft^2), D_i : 전단벽의 길이 (ft), h_i : 전단벽의 높이 (ft), x: 지진방향에 평행한 전단벽의 개수

* :IBC 2000에서는 전단벽구조의 고유주기 경험식을 언급하고 있지 않음.

MRF : 모멘트저항 골조

표 2.13 미국기준에서 고유주기 산정과 보정계수

기준	UBC 94	UBC 97	IBC 2000	IBC 2006
T	T_a	T_a	$C_u T_a$ $C_u = 1.2 \sim 1.7$	$C_u T_a$ $C_u = 1.4 \sim 1.7$
C_m	$\frac{V}{V_t}$: 비정형건물 $\frac{0.9V}{V_t}$: 정형건물	$\frac{V}{V_t}$: 비정형건물 $\frac{0.9V}{V_t}$: 정형건물 $\frac{0.8V}{V_t}$: 정형건물	$\frac{1}{1.2C_u}\frac{V}{V_t}$	$\frac{0.85}{C_u}\frac{V}{V_t}$

V는 T_a로 계산된 밑면전단력

- 우리나라는 UBC 97과 IBC2000의 고유주기 산정법을 그대로 적용하고 있는데, 현재 우리나라에서 많이 지어지고 있는 벽식 아파트 또는 필로티형 건물, 초고층 건물에 적용되는 구조시스템에 대한 고유주기 산정법이 제시되어 있지 않고 있음

○ 지반 종류의 분류

- KBC 2005에서 도입된 지반계수는 이와 같은 새로운 내용을 반영한 것으로서 지표 상부 30m에 대한 지반 특성에 따라 결정되며, 지반 특성은 전단파 속도, 표준관입시험, 비배수 전단 강도 등에 따라 결정됨.
- S_{DS}와 S_{D1}은 0.2초 고유주기와 1초 고유주기의 건물이 탄성적으로 지진에 반응할 때 예상되는 최대응답가속도를 뜻하며, 이것은 지반의 종류 (S_A, S_B, S_C, S_D, S_E)에 따라 표 2.14와 같음

○ 중요도계수

- 지진에 대한 건축물의 일반적인 내진설계철학은 1) 약진에 대해서는 구조재 및 비구조재의 손상이 발생하지 않아야 하고, 2) 중간정도의 지진에 대해서는 비구조재의 손상은 허용하나 구조재의 손상은 허용하지 않으며, 3) 건물이 위치한 지반에서 발생하거나 발생할 수 있는 최대지진에 대해서는 일부 구조재 또는 비구조재가 손상되더라도 붕괴되지 않도록 하는 것으로 (SEAOC, 1999). 이러한 설계철학은 근래 성능기반설계개념으로 발전하였으며, 이 성능기반설계개념은 그림 2.5와 같은 행렬형태로 나타낼 수 있음
- 보통 건축물이 아닌 보다 중요하거나 파괴 시 유독물질을 배출할 수 있는 건축물에 대해서는 Essential/Hazard Objective를 적용하며, 마찬가지로 사회전체의 기능에 필수적인 건물 (병원, 소방서 등)에 대해서는 최대지진에 대해서도 자기 기능을 수행할 수 있어야 하는데, 현행 설계기준은 설계지진 하나에 대해서만 성능수준을 검토할 것을 요구하는 형식을 취하므로 중요도계수를 달리 적용하여 이를 가능하게 함

표 2.14 지반등급 및 정의

지반종류		지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균 지반 특성		
AIK 2000	IBC 2000 (KBC 2005)		전단파속도 (m/초)	표준관입시험 $\overline{N}$ ($\overline{N}_{CH}$)	비배수전단강도 (kPa) $\overline{s}_u$
S_1	S_A	경암 지반	1500초과	–	–
	S_B	보통암 지반	760에서 1500		
S_1 S_2	S_C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360에서 760	> 50	> 100
	S_D	단단한 토사 지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S_3 S_4	S_E	연약한 토사 지반	180미만	< 15	< 50
	S_F*	–	1. 액상화가 쉽고, 매우 민감한 점토 및 약하게 결합되어 붕괴되기 쉬운 지반 등 지진하중에 대하여 잠재적인 파괴나 붕괴위험이 있는 지반 2. 토탄이나 유기질이 다량 함유된 점토 3. 매우 두껍고 중간정도 굳은 점토		

* KBC 2005에서는 삭제

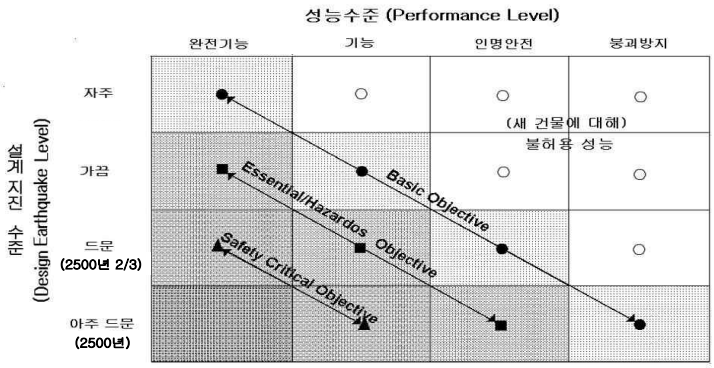


그림 2.5 건축물의 성능목표 (SEAOC, 1995)

표 2.15 중요도 계수

기준	그룹	계수	용도
AIK 2000 (도시계획구역)	특	1.5	연면적 1,000m2 이상인 위험물 저장 및 처리시설, 종합병원, 병원, 방송국, 전신전화국, 발전소, 소방서, 공공업무시설, 및 노약자시설
	1	1.2	연면적 5,000m2 이상의 관람시설, 운동시설, 운수시설, 전시시설 및 판매시설
	2	1.0	중요도 구분 (특) 및 (1)에 해당하지 않는 건축물
KBC 2005 (도시계획구역)	특	1.5	지진 후 피해복구에 필요한 중요시설을 갖추고 있거나 유해물질을 다량 저장하고 있는 구조물
	1	1.2	지진으로 인한 피해를 입을 경우 대중에게 큰 위험을 초래할 수 있는 구조물
	2	1.0	내진용도그룹 어디에도 해당되지 않는 구조물

○ 시간이력해석용 설계지진파

- 내진설계에 대한 다른 기준들과 마찬가지로 KBC 2005에서 제시하는 시간이력해석법도 IBC 2000의 내용과 동일하며, 시간이력해석은 최소한 3개 이상의 계측된 지진기록을 바탕으로 구성한 지반진동 시간이력성분을 이용하여 수행하되, 적절한 시간이력은 예상최대지진과 부합되는 규모, 단층까지의 거리, 진원메카니즘을 가져야 함
- 세 쌍의 지진을 이용하여 해석할 경우에는 최대응답을 사용하여 설계하고, 7개 이상의 지진을 이용하여 해석할 경우에는 평균응답을 사용하여 설계하며, 세 쌍의 지진시간이력을 구할 수 없는 경우 요구되는 수만큼 적절한 인공지진의 시간이력을 사용하여야 하고, 조정된 각 쌍의 수평성분시간이력에 대하여 5%감쇠 응답스펙트럼을 SRSS방법을 이용하여 작성한 후, 시간이력은 주기 0.2T초부터 1.5T초 사이 스펙트럼의 평균값이 예상최대지진의 2/3의 5%감쇠스펙트럼의 1.4배 이상 되도록 조정하여 하며, 각 쌍의 시간이력은 비틀림 효과를 고려하여 해석모델에 동시에 작용하여야 함
- 시간이력해석결과 나타난 밑면전단력(V_t)는 등가정적해석법에 의한 밑면전단력보다 클 필요는 없음

○ 비구조재 분야 내진설계기준

- 중급규모의 지진에서 주구조재들이 비록 구조적으로 안전하더라도 비구조재의 손상에 따른 인명피해와 경제적 손실은 매우 크다는 점을 인식하여 우리나라의 비구조재에 대한 내진규준은 다음과 같이 발전을 거듭함
- 2000년: “건축물 하중 기준 및 해설”에 비구조재에 대한 내진기준이 약간 있으며 이는 미국의 UBC88과 Tri-Services Manual의 시방규정에서 발췌한 것임
- 2005년: “건축구조설계기준” 은 미국의 UBC97의 발췌이며 건축, 기계 및 전기 비구조요소와 공작물의 내진설계로 나누어져 있음
- 2009년: “건축구조기준” 은 미국의 ASCE/SEI 7-05의 일부를 발췌한 것이며 “건축구조설계기준(2005)”와 약간의 변화가 있지만 기본적으로 동일함
- 각종 비구조재에 대한 내진설계는 건축구조 기준에 명시돼 있지만 관계법령에서 구체적인 내용이 없어 현재 각종 비구조재에 대한 내진설계가 미비한 실정이며, 현실적으로 지금까지 주구조재의 피해경감에만 노력을 쏟았을 뿐 비구조재의 내진대책은 비구조재의 제작자나 시공자에게만 맡겨져 비구조요소의 손상에 대해서 소극적으로 대처하고 있는 실정임
- 따라서 건축물의 비구조요소 내진설계 및 내진시공의 의무화를 법제화하는 연구가 필요하며, 일례로 소방방재청은 “소방설비배관 내진설계 기준 의무사항 법제화”를 촉구하고 있음

○ 진동제어장치 및 시스템 관련

- 진동제어장치 및 시스템과 관련된 기준이 전무한 상태임

○ 기존구조물 내진평가 및 내진보강 관련

- 지진재해대책법 제정(2008년 3월 28일)을 통하여 지진재해경감을 위한 국가 및 재난관리책임기관의 책무 근거 마련. 지진 및 지진해일 관측망 종합계획과 지진관측 시설 표준화. 기존 시설물의 내진보강기본계획 수립 및 내진보강사업 추진함
- 현행 지진재해대책법은 공공건물에 대해서 내진보강대책을 세우도록 하고 있으며 이에 의해 정부의 각 기관에 의해 내진평가 및 보강에 대한 연구 및 용역이 발주되고 있음 (2040년까지 내진성능확보율 80% 달성목표로 한 서울시의 내진보강계획, 교육과학부 및 교육청의 내진보강 그린스쿨사업, 복지부의 병원 내진설계기준 제정계획, 표 2.16 참조)

표 2.16 교육과학부 및 교육청의 내진보강계획

구분		'10	'11	'12	'13	'14	계
시범사업	학교수(교)	16	·	·	·	·	16
	특 교(억원)	83.2	·	·	·	·	83.2
내진보강사업	학교수(교,동)	61(110)	124(223)	127(229)	124(223)	121(218)	557(1,002)
	사업비(억원)	263.9	595.6	616.4	605.5	594.6	2,676

○ 소규모 건축물 관련

- 국내의 건축법을 살펴보면 건축허가와 건축신고에 대한 조항이 있음. 표 2.17는 건축허가와 건축신고 제도를 비교한 것으로, 건축허가는 모든 건축물을 대상으로 하지만 건축법 시행령에서 정의하는 소규모 건축물은 건축신고 대상 건축물임
- 2005년에 개정된 “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙”에서 “건축법 시행령” 제32조 1항의 내진설계 대상이 아닌 건축물의 구조기준으로서 ‘소규모건축물’ 개념을 최초로 도입되었으며, 소규모 건축물에 해당하는 목구조 · 조적식구조 · 보강블록구조 · 콘크리트구조의 구조기준 등을 규정함.
- 제 21조 내지 제 55조의 규정의 내용이 실질적으로 내진설계를 하지 않아도 내진성능을 확보할 수 있는 기준으로서의 효력 부여하고 있으며 내진설계 이전에 작성되었던 일반 건축물에 대한 최소 구조 요구사항을 그대로 담고 있어, 내진성능의 확보를 위한 실질적인 방안을 언급하고 있지 않음.

표 2.17 건축허가 및 건축신고와 관련된 건축법, 건축법 시행령 그리고 건축 시행규칙 정리

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th colspan="3">건축 허가</th><th colspan="2">건축 신고</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">적용 범위</td><td rowspan="2">6층 이상</td><td rowspan="2">3층~5층</td><td colspan="3">소규모 건축물 (3층 미만, 연면적 1000m2미만)</td></tr>
<tr><td>200m^2~1000m^2</td><td>200m^2 이하</td><td>기타*</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계도 작성</td><td colspan="4">건축사</td><td>의무 대상 아님</td></tr>
<tr><td colspan="2">구조계산서**</td><td rowspan="2">구조 기술사 (내진 설계 포함)</td><td rowspan="2">건축사 또는 구조기술사 (내진 설계 포함)</td><td colspan="3" rowspan="2">의무 대상 아님</td></tr>
<tr><td colspan="2">구조도***</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공사 관리</td><td></td><td colspan="3">공사 감리</td><td colspan="2">건축 지도원 (건축직렬의 공무원, 건축 학식이 풍부한자)</td></tr>
<tr><td>세부 내용</td><td colspan="3">1) 허가대상 건축물: 건축사
2) 다중이용건축물: 건설기술관리법에 따른 건축감리전문회사 및 종합감리전문회사</td><td colspan="2">1) 건축물의 시공지도와 위법시공 단속
2) 건축물 대지, 높이 및 형태, 구조안전 및 화재 안전, 건축설비 등이 법령등에 적합하게 유지,관리되고 있는지의 확인, 지도 및 단속</td></tr>
<tr><td colspan="2">필요 서류</td><td colspan="3">건축계획서, 배치도 평면도, 입면도, 단면도 구조도, 구조계산서, 시방서 등을 제출</td><td>건축계획서, 배치도, 평면도, 입면도, 단면도만 제출</td><td>표준설계도서에 따라 건축한 건축물: 건축계획서 및 배치도만 제출</td></tr>
</table>

* 기타:

1) 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물

2) 산업단지에 건축하는 2층 이하 그리고 연면적 500m^{2}이하의 건축물

3) 읍, 면지역의 연며적 200m^2 이하의 창고 및 연면적 400m^{2}이하의 축사, 작물 재배사

** 구조계산서

1) 구조내력상 주요한 부분의 응력 및 단면 산정 과정

2) 내진설계의 내용(지진에 대한 안전 여부 확인 대상 건축물)

*** 구조도

1) 구조내력상 주요한 부분의 평면 및 단면

2) 주요부분의 상세도면

3) 구조안전확인서

- 소규모 건축물의 경우 건축신고의 행정 절차를 거치면 되기 때문에 구조 안전성을 확인하기 위한 구조 계산서를 작성할 필요 없으며, 건축신고의 경우 건축법에서 정의하는 설계도서를 제출할 필요가 없으므로 건축신고 대상 건축물인 소규모 건축물은 건축물의 배치도와 평면도만 제출하며 건축물의 공사용 도면, 구조 계산서, 시방서 등의 서류를 생략함
- 또한, 건축 시공 단계에서 건축허가의 절차를 위해서는 공사 감리가 의무화되어 있고 이에 대한 보고서를 사용승인을 위해 제출해야하지만 소규모 건축물과 같은 건축신고 대상 건축물은 공사 감리를 수행할 필요가 없기 때문에, 소규모 건축물

은 현 우리나라의 건축법으로는 구조 안전성과 시공 등에 대하여 관리할 수 있는 행정적 그리고 제도적 장치가 없음

2) 국내 정책 변천

○ 풍수해대책법(1967년 2월 28일 제정)

- 국토와 국민의 생명·신체 및 재산을 재해로부터 보호하기 위하여 방재계획의 수립과 재해예방·재해응급대책·재해복구 기타 재해대책에 관하여 필요한 사항을 규정함

○ 자연재해대책법 제정(1995년 12월 6일 풍수해대책법을 전면 개정함)

- 이 법은 자연재해로부터 국토와 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위한 방재조직 및 방재계획 등 재해예방·재해응급대책·재해복구 기타 재해대책에 관하여 필요한 사항을 규정함
- "재해"라 함은 태풍·홍수·호우·폭풍·해일·폭설·가뭄 또는 지진(지진해일을 포함) 기타 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 피해를 지칭함. 1995년 일본 고베지진이후 지진방재종합대책 근거 마련되어 이후 매년 개정됨(1996 - 2005년)
- 2011년 3월 7일 일부개정을 통하여 현 자연재해대책법의 토대가 마련되었으며, 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설(基幹施設)을 보호하기 위하여 자연재해의 예방·복구 및 그 밖의 대책에 관하여 필요한 사항을 포함시켰으며, 자연재해를 태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일, 조수(潮水), 대설, 낙뢰, 가뭄, 지진(지진해일을 포함), 황사, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해로 규정하고 “풍수해”(風水害)란 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 말함
- 사전재해영향성검토란 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해 유발 요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책을 마련하였으며, 자연재해 극복을 위하여 방재책임자의 권리와 역할을 명확하게 규명하여 방재책임자라 함은 중앙행정기관의 장, 특별시장·광역시장 및 도지사(시·도지사), 시장·군수 및 구청장(자치구의 구청장), 대통령령으로 정하는 행정기관의 장과 단체등의 장 기타 법령에 의하여 재해예방·재해응급대책·재해복구에 관한 책임이 있는 기관·단체 등을 말하며, 방재시설이라 함은 재해방지의 기능을 수행하고 있는 시설로서 대통령령으로 정하는 것을 말함

○ 지진방재종합대책 수립 추진(2005년 3월 22일)

- 소방방재청, 지방자치단체 및 민간전문가로 구성된 지진방재종합개선기획단을 발족(2005년 5월 30일)

- 후쿠오카 근해지진 발생 시 국무총리 지시. 지진방재종합개선기획단 구성·운영(2005년 5월 30일 - 12월 31일). 소방방재청, 자치단체, 삼성방재연구소 등 민간 전문가로 구성. NSC, 방송위원회, 교육부, 국방부, 해수부, 건교부, 산자부, 농림부, 기상청 등 10개 부처 40명 비상근으로 참여함. 지진방재종합대책 국무회의 보고·확정(2006년 4월 11일)
- 지진재해대책법 제정(2008년 3월 28일): 지진재해경감을 위한 국가 및 재난관리 책임기관의 책무 근거 마련. 지진 및 지진해일 관측망 종합계획과 지진관측 시설 표준화. 기존 시설물의 내진보강기본계획 수립 및 내진보강사업 추진. 지진피해 경감을 위한 지진재해대응체계의 구축 근거 마련. 현행 지진재해대책법은 공공건물에 대해서 내진보강대책을 세우도록 하고 있음. 이에 의해 정부의 각 기관에 의해 내진평가 및 보강에 대한 연구 및 용역이 발주되고 있음 (2040년까지 내진성능확보율 80% 달성목표로 한 서울시의 내진보강계획, 교육과학부 및 교육청의 내진보강 그린스쿨사업, 복지부의 병원 내진설계기준 제정계획, 표 2.16 참조)

표 2.18 교육과학부 및 교육청의 내진보강계획

구분		'10	'11	'12	'13	'14	계
시범사업	학교수(교)	16	·	·	·	·	16
	특 교(억원)	83.2	·	·	·	·	83.2
내진보강사업	학교수(교,동)	61(110)	124(223)	127(229)	124(223)	121(218)	557(1,002)
	사업비(억원)	263.9	595.6	616.4	605.5	594.6	2,676

○ 지진과 기후변화에 대한 구조안전성 확보를 위한 대응 및 대책 발표

- 홍성지진 시의 정부의 정책적 대응방안(1978년 10월 7일): 지진피해에 대한 정부의 본격적 정책적 대응방안으로는 최초. 각종 매스컴을 통해 가옥을 점검하고 가스의 누설 여부를 확인토록 계도, 재해대책본부 설치, 홍성국민학교와 홍성중학교의 6개 교실에 대해 학생 출입을 통제함(10월 7일 19시). 홍성읍 민방위 3개대 135명은 파손가옥과 지방문화재(1972.10.14 지정)인 홍주 성곽 위험부위 수리 및 경찰서 등 15개 주요 기관에 대한 안전진단 실시함(10월 8일). 홍성읍 민간안전대책위원회(회장 전용섭외 20명)를 구성, 민방위대원 150명이 홍주성 주변잡목 제거 및 상부 비닐 덮개 씌우기, 상수도, 배수로, 축대 보수, 성곽주변 위험가옥 거주자 20세대 104명을 대피시켰음. 또한 성곽주변 도로를 차단하고 위험표지관 등을 설치하여 피해 확산방지에 주력하였음(10월 9일). 중앙합동조사반 지진피해 조사함(10월 10일). 우리나라의 지진 안정성 문제가 사회적으로 크게 부각되었으

며, 홍성 지진 이후 시설물에 대한 내진설계가 의무화됨(1988년 내진설계 제정)

- 일본 후쿠오카 북서쪽 해역에서 규모 7.0의 지진발생(2005년 3월 20일): 부산, 울산 등 우리나라 일부 지역에 진도 III～V 정도로 감지되는 간접적인 영향을 미쳐 국민을 불안케 하는 심리적 요인으로 작용하기도 하였음. 이 지역은 판의 경계에서 약간 떨어져 있어 수백 년간 중소규모의 지진만 발생하는 등 우리나라와 비슷한 지진발생 경향을 보이던 곳이었는데, 금번에 규모 7.0의 지진이 발생하여 우리나라에서도 대규모 지진발생 가능성이 있음을 예시한 지진이라는 지적이 있음. 또한 우리나라 동남쪽 인근지역에서 지진이 발생하여 동해안 및 남해안도 지진해일피해 위험지역이 될 수 있어 내륙지역뿐만 아니라 해안지역도 더 이상 지진 안전지대가 아니라는 전문가들의 인식 확산, 우리나라 지진방재대책에 대한 국민들의 의아심, 정책이슈 등 전반적인 상황을 고려하여 재난총괄기관인 소방방재청에서는 지진재난으로부터의 피해저감과 확산방지를 위하여 국가차원의 지진 및 지진해일 대응체계 재정비 등 지진방재에 대한 전반적인 로드맵 작성을 위한 체제에 돌입함
- 오대산지진 시의 정부의 정책적 대응방안(2007년 1월 20일): 기상청이 본격적으로 계기관측을 시작한 1978년 이후 강원도 지역에서 발생한 최대 규모의지진임(M=4.8). 지진대책에 관한 정부의 본격적인 정책적 대응방안의 중요성에 대한 기틀을 마련함. 기상청 지진속보(1분7초: 기준 2분내) 및 지진통보(5분30초: 기준 5분내) 전파(기상청). 지진 통보 접수 및 NDMS 대응 메시지, 재난방송 요청, 동보팩스 발송, 아카넷 방송, 크로샷 전파, CBS 송출(21:06～21:13). 중앙재난안전대책본부 및 자치단체 비상근무 실시. 울진원전(96㎞) 안전점검을 위한 전문가(3인) 투입(과기부, 1월 20일 23:00). 지진대책 관계차관회의 개최(국무조정실장 주재, 1월 22일 10:30). 지진대책 관계차관회의 개최(국무총리 주재, 1월 22일 15:30). 오대산 지진 현장조사 실시(1월 25일～26일, 2개반 9명 : 지질, 토목, 구조 전문가 6명). 노후화된 조적조 건물의 지진 취약성 재확인. 기존주택과 건물에 대한 적절한 내진보강대책 필요. 지진발생시 행동요령에 대한 주민 홍보 및 교육 필요성 대두됨
- 기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책 마련 공청회 개최(2011년 10월 28일): 소방방재청은 국무총리실과 공동주관으로 10월28일(금) 기후변화에 따라 매년 반복되는 대규모 재난을 근본적으로 예방하기 위해 내년부터 5년간 연간 약6조원 규모의 예산을 투자해 20대 중점과제 150여개 세부계획을 추진하는 내용의「기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책(안)」을 마련하여 공청회를 실시함. 재난관리 개선 종합대책(안)은 기후변화 대응 방재기준 선진화 및 재해예측능력 제고, 재해로부터 안전한 도시 만들기, 하천·산림·농림지 등 재해에 강한 국토조성, 통합적 재난대응 체계구축, 재난복구 및 인프라 기반 강화에 역점을 둠
- 민간소유 건축물 내진보강시 지방세 감면 등 인센티브 제공 (소방방재청장 주재

로 열린 지진재해대책회의 내용 중. 소방방재청 > 알림광장 > 보도·브리핑 > 네마뉴스 2010년 1월 25일): “2층 이하 건축물도 내진설계 대상건축물에 포함되고 민간소유 건축물이 내진 보강시에는 지방세 감면 등 인센티브가 제공된다. 소방방재청은 25일 박연수 소방방재청장 주재로 17개 관련부처 관계자들과 지진방재종합대책 보고회를 개최하고 이 같은 내용의 내진보강 종합대책을 발표했다. 우선 건축법 시행령을 개정해 현재 3층 이상(또는 연면적 1000㎡)의 건축물로 한정된 내진설계 대상 시설물을 1~2층도 포함하고 향후 부처협의를 통해 구체적인 방안을 마련키로 했다. 특히 민간건물 내진보강에 따른 건물소유주 등 민간인의 비용부담을 덜기 위해 지진재해대책법을 개정, 지방세 감면 등 인센티브를 제공하기로 했다.”

- 지진방재대응체제 구축에 13.5억원(NEWSIS 뉴시스 보도자료 2008년 9월 30일): “기획재정부는 30일 지진방재대응체계 구축을 위해 내년 13억5000만원 규모의 예산을 투입하는 2009년 예산·기금안을 국무회의에 보고했다고 밝혔다. 정부는 지진 계측자료 관리 및 피해예측 시스템 구축을 통해 사전예고와 긴급 대피 등의 지진 대응능력 제고에 나설 방침이다. 이를 위해 학교와 공공기관 등의 주요시설물에 대한 내진 성능 평가가 내년부터 진행되며, 오는 2010~2014년까지 시행될 5개년 내진보강 기본계획 수립도 추진된다. 이에 따라 정부는 내년 한 해 내진보강 기본계획을 수립하는데 3억원, 계측자료 분석 및 피해 예측 등의 지진대응 통합시스템을 구축하는데 10억원, 지진피해조사단을 운영하는데 5000만원을 지원할 예정이다.”
- 지진재해에 강한 국가건설을 위한 범정부적 지진방재종합대책 수립·추진(연합뉴스 보도자료 2006년 4월 12일): “내륙지역도 더 이상 지진 안전지대가 아니라는 인식이 확산되어 지진방재종합대책을 수립·추진한다. 소방방재청(청장 문원경)에서는 관계공무원 및 민간전문가들이 참여하는 지진방재종합개선기획단을 구성·운영하면서 8개 분야 25개 개선과제를 선정, 업무와 제도를 개선하는 종합대책을 마련하여 공청회를 개최하고 관계 부·처·청의 의견을 수렴하여 지진방재종합대책을 수립·추진하게 되었다. 국가차원의 내진 성능 목표설정 및 법 제정 등 각종 제도정비로 지진재해에 강한 국가건설을 목표로 한다.”
- 내년 소방방재청 예산 9468억원 편성. 올해보다 27.9% 늘어…재해예방인프라 구축 등 역점(공감코리아 > 정책정보 > 사회 2011년 10월 18일): “소방방재청장은 재해예방투자 확대 및 소방방재기술 경쟁력 강화를 위해 2012년도 정부 예산안을 2011년도 7405억원 대비 2063억원이 증액된 9468억원을 편성했다. 이는 전년 대비 27.9% 증액된 규모로, 정부 총지출 증가율 5.5%를 훨씬 상회하는 수준이다. 특히, 내년도 예산안은 재난에 강한 나라 건설을 위한 재해예방인프라 구축, 국가 비상사태시 국민보호역량 제고 및 소방선진화 추진, 재난취약계층 및 취약지역의 안전사고 예방 강화, 실용적·과학적 재난관리 기술개발 및 정보화사

업 추진’ 등에 중점을 두고 편성했다. 분야별로는 방재관리 예산은 2011년 대비 34.1% 증액된 8011억원을 편성해 기후변화에 따른 태풍, 집중호우 및 지진 등 자연재난에 적극 대응한다. 아울러 2012년에는 기존의 재해예방사업 외에 급경사지 붕괴위험지역과 서민밀집위험지역 정비를 통해 국민의 인명과 재산피해를 줄인다.”

○ 정책변화를 그림 2.6에 정리함

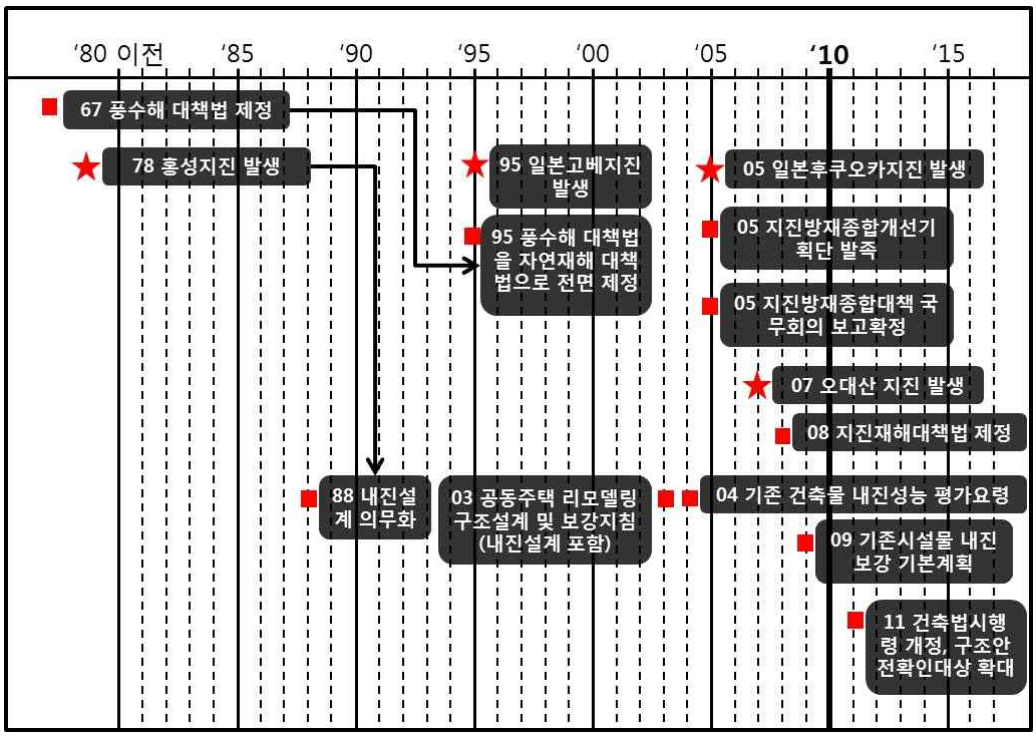


그림 2.6 지진을 포함한 기후변화를 고려한 국내 건축물 구조안전성 확보를 위한 정책동향

○ 내진설계 기준 제정 및 개정 이전에 건설된 건축물에 대한 내진보강대책 필요한 시점에서 정부는 다음과 같은 계획을 수립하였음: 공동주택의 리모델링을 위한 구조설계 및 보강지침 (건설교통부, 2003). 기존 건축물의 내진성능 평가 요령 (건설교통부, 2004). 기존 시설물 내진보강 기본계획(소방방재청, 2009) 수립하였지만 법제화된 내진성능평가 기준이나 보강설계 기준이 부재함에 따라 중복투자가 이루어지는 등 실제 시행 시 많은 혼란을 겪고 있어 내진평가 및 보강방법의 기본적인 절차를 규정하는 합의된 기준의 제정이 필요하며 평가 및 보강방법의 유효성을 검증하기 위한 인증시스템/제도의 마련이 필요함. 또한 민간건물에 대해서는 법적으로 내진보강을 강제할 수 없으므로 내진보강 촉진제도의 마련이 필요함

○ 국토해양부에서는 건축법시행령 일부개정령(안)을 입법 예고(2011년 5월)하여 구조안전확인대상 건축물 확대를 추진: 현 건축법 시행령 32조1항에서는 구조의 안

전확인대상을 3층이상, 연면적 1천 제곱미터 이상으로 규정하고 있는 반면, 개정안에서는 원칙적으로 건축물의 건축 또는 대수선시 구조의 안전을 확인(내진 포함)하도록 하고, 구조안전확인의 면제 대상 건축물을 규정하고 있음

○ 국내에서 이루어진 내진성능평가관련 연구: 6건 정도로 주로 학계와 산업체 연구소, 한국시설안전공단에서 산발적으로 이루어짐. 이중 모든 구조종별 성능평가방법을 다룬 경우는 일부이며 나머지는 철근콘크리트조, 조적조 등의 일부만을 대상으로 함.

○ 서울시의 내진보강계획(2040년까지 내진성능확보율 80% 달성목표): 교육과학부 및 교육청의 내진보강계획 등 최근 내진평가 및 내진보강에 대한 수요가 급증하고 있음. 그러나 내진설계기준을 원용하거나 통일되지 않은 규정을 사용하여 내진평가 및 보강설계가 이루어지고 있어 보강에 따른 내진성능향상의 확인, 신뢰성 및 일관성 있는 보강설계가 어려움.

○ 기존 건축물의 내진성능 평가, 보수 및 보강기술: 건설산업 전체의 패러다임 변화를 유도하는 국가경쟁력 상승을 주도할 중요한 기술임에도 불구하고, 국내에서는 기술 및 제도의 체계화와 내진설계규준과 동등한 자격을 가지는 기준화의 단계까지 이르지 못함.

○ 고층건물 건설의 활발한 진행과 학교건물 내진보강 대책발표 이후 진동제어 장치 사용의 급증에도 불구하고 진동제어장치에 대한 국내기준은 전무한 실정이며, 관련 장치에 대한 성능입증에 필요한 근거자료 또한 전무한 실정

나. 해외 정책동향

(1) 일본

○ 건축기준법

- 1995년에 발생한 고베지진에서는 지진에 의한 직접적으로 사망한 사람의 약 9%가 주택 및 건축물의 도괴 등에 의한 것으로 이런 지진에 의한 피해를 경감하기 위해서 2006년부터 내진원년이라 하여 주택을 포함한 건축물의 내진화를 추진하고 있으며, 국토교통성은 내진개수촉진법을 개정하여 계획적인 내진화를 촉진하기 위해 지방공립단체에 내진개수촉진계획의 책정을 요구하고 있는 상황이며 내진진단, 개수의 보조나 세제 지원조치 등의 정비를 추진하고 있음
- 일본의 건축기준법은 우리나라와 유사하게 건축물의 계획, 설비, 방재, 구조, 내구성 등 새로운 건축물을 건설하는데 필요한 법적 규칙을 정하는 법령으로 구성됨(표 2.19 참조)

• 최상위의 법으로서 건축기준법이 있고, 이것을 구체적으로 시행하는 방법론으로 시행령, 고시, 통달, 조례, 행정지도 등으로 제시되고, 구조계산 및 설계에 관한 사항들은 각 관련학회의 기준, 설계지침 등으로 정하고 있다.

표 2.19 일본 건축기준법의 체계

번 호	명칭
1	건축기준법
2	건축기준법 시행령
3	건축기준법 시행규칙
4	건설대신 고시
5	건설성 주택국장 통달
6	지방자치단체 조례
7	특정행정청의 행정지도
8	관련학회의 규준, 지침, 시방서 등

○ 새로운 내진설계법

• 1981년에 건축기준법시행령이 대개정되어 건물의 동적응답특성을 반영한 새로운 내진규정으로 변하였으며, 1998년의 건축기준법개정에서는 성능기준화의 방향이 제시되어 건물이 성능기준을 만족하고 있는가를 몇 가지 루트로 검증할 수 있는 성능기준에 기초한 내진설계 절차는 다음 그림 2.7과 같음

• Hyogo남부지진(1995년) 이후 건물의 구조설계자와 건축주 간에 건물에 작용하는 지진동의 크기와 그 때 예상되는 손상정도에 관하여 공통인식이 없었던 것이 문제로 제기되어 설계자와 건축주 또는 거주자가 상호 이해를 하고 나서 건물의 설계가 진행되어야 함을 인식하고, 현행 건축기준법에서는 대지진에 대해서는 구조체가 손상되는 것은 어쩔 수 없음을 인식하고 발생 가능한 최대급의 지진동에 대하여 인명을 지키는 것을 내진설계의 목적으로 규명함

• 지진이라는 현상이 명확히 규정하기 어려운 것이고 언제, 어느 정도 크기의 지진이 발생할 것인가를 결정하기 어렵고, 이때 건물의 피해레벨을 예상하기 어려우며 만약 예상을 할 수 있어도 그것을 표현하기 어렵다는 점을 인식하여 설계자와 건축주가 건물의 내진성에 대하여 공통의 인식을 가질 수 있도록 하기 위해 내진메뉴화가 제안됨

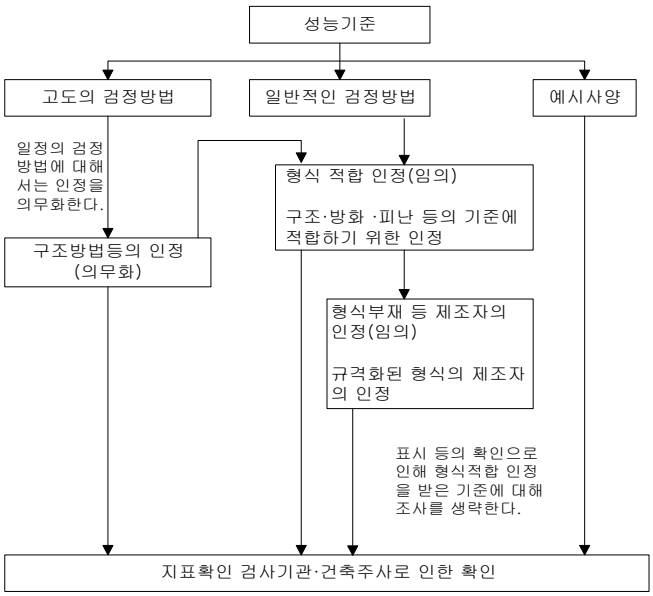


그림 2.7 성능기준에 기초한 내진규정의 흐름

- 표 2.20은 일본건축학회의「건축 및 도시의 방재성 향상에 관한 제안(제3차 제언)」에서 나온 지진메뉴의 시안으로 내진등급은 1급에서 5급까지의 5단계 메뉴화되었으며, 각각의 지진동크기에 대응한 손상의 정도는 무피해에서 대파·도괴가지의 4단계이고 이들의 내용에 대해서는 「성능손상의 이미지」에 나타나 있음

표 2.20 내진메뉴

		지진동의 강도					
		D	C	B	A	S	
내진등급	내진 5급	무피해	경미한 손상	중간손상		대파·붕괴	
	내진 4급	무피해		경미한 손상	중간손상	대파·붕괴	
	내진 3급	무피해		경미한 손상		중간손상	대파·붕괴
	내진 2급	무피해			경미한 손상	중간손상	대파·붕괴
	내진 1급	무피해				경미한 손상	중간손상

주) 그림 중 5단계의「지진동의 크기」는 건물이 건설되는 장소의 조건에 따라 판단되는 아래에 기술한 지진동의 크기를 나타낸다.
D : 건물의 공용기간 중에 발생 가능성이 자주(수회) 있는 지진동, C : B와 D의 중간 지진동
B : 건물의 공용기간 중에 발생 가능성이 가끔(1회 정도) 있는 지진동, A : 건물의 공용기간 중에 발생할 가능성이 드문 지진동
S : 건물의 공용기간 중에 발생할 가능성이 아주 드문 지진동

○ 성능규정형 설계법

- 현재 사용되고 있는 건축구조설계의 체계는 사양규정형의 설계체계라고 불리고 있으며 설계부터 시공까지 각종 기·규준이 준비되어 있고 규격·치수도 세부적으로 규정되어 있으므로 균질한 일정레벨의 성능을 가진 건물을 대량으로 건축하기에

좋은 방법이나 각 규정과 그것으로부터 얻을 수 있는 부재의 강도나 인성 등의 성능과의 관계가 명확하지 않아 설계된 건물의 구조성능을 정량적으로 파악하기 어려운 문제가 있으며, 한신·아와지 지진의 결과를 보아도 획일적인 내진 GRADE로는 한계가 있다는 이유로 인하여 새로운 설계법의 연구가 시작되어 성능규정형 설계법이 제시되었으며 다음과 같은 절차로 진행됨

- 계획건물의 요구성능을 정하고 건물의 제원을 설정하여 필요한 해석을 수행한 후 해석결과에 따라 보유성능을 평가하여 보유성능이 요구성능을 만족시키도록 설계함 (그림 2.8 참조)

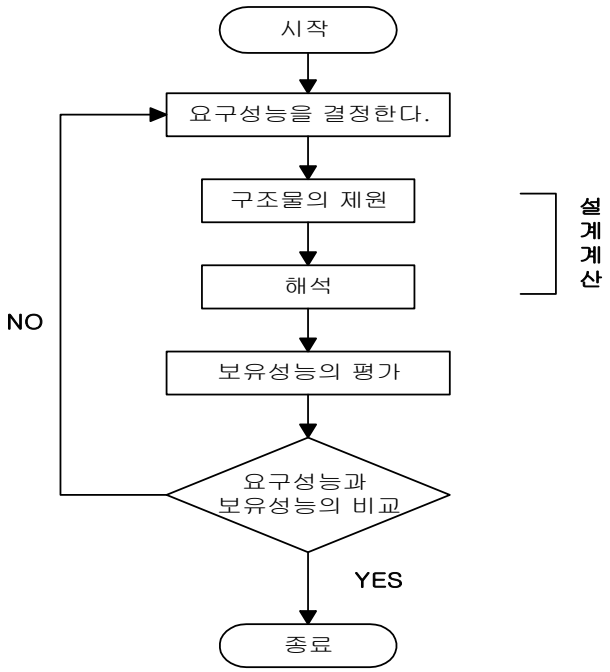


그림 2.8 성능설계의 흐름도

- 요구성능은 하중레벨과 성능레벨의 양쪽에서 결정하며, 여러 하중(상시, 눈, 지진, 풍)에 대해 몇 가지의 하중의 크기(하중레벨)를 고려하며, 각 하중레벨을 대상으로 하고 기둥이나 보 등의 주요구조, 가벽이나 마감재와 같은 비구조부재, 설비 등에 대하여 안전성, 업무계속, 거주성 등 여러 관점에서 설정된 요구성능을 건물 전체의 구조성능과 함께 표 2.21과 같은 MATRIX 형태로 표현함

표 2.21 지진시 주요구조에 대한 요구성능 MATRIX의 예

하중레벨		L_1	L_2	L_3	L_4
재현기간		20년	100년	500년	1000년
50년간의 초과확률		92%	39%	9.5%	4.9%
주요구조의 등급	A	· 무피해 · 변형제한*	· 무피해 · 변형제한*	· 계속사용 가능 · 상시하중 지지부재의 탄성잔류변형 제한	· 보수후 사용 가능 · 잔류변형 제한
	B	· 무피해 · 변형제한*	· 계속사용 가능 · 상시하중 지지부재의 탄성잔류변형 제한	· 보수후 사용 가능 · 잔류변형 제한	· 비도괴 · 인명보호
	C	· 계속사용 가능 · 상시하중 지지부재의 탄성잔류변형 제한	· 보수후 사용 가능 · 잔류변형 제한	· 비도괴 · 인명보호	-
	D	· 보수후 사용 가능 · 잔류변형 제한	· 비도괴 · 인명보호	-	-

*표는 비구조부재와 관련되어 결정되는 criteria로서 획일적으로 제한치는 아니다.

○ 진재대응 설계지침

- 이 지침은 지금까지 명확하지 못한 내진안전성을 지진동의 크기와 허용할 수 있는 상태의 관계로 명확하게 한 새로운 개념의 설계방법으로 사양의 규정에 따르는 지금까지의 내진설계기준의 틀을 넘는 지진의 크기에 따라 여러 피해를 예측하여 그것에 따른 건물의 상태를 확보하는 것과 동시에 지진발생시의 비상조치 및 life line 정지 시에 필요한 비축능력까지를 포함한 진재대응이라는 새로운 개념을 도입함
- 제안지침은 “minimum기준”과 “요구성능 대응설계법”으로 이루어져 있는데 minimum기준은 건물 GRADE에 상관없이 지켜야 할 최저수준을 정한 것이며, 요구성능대응설계법은 발주자와 협의하여 허용될 수 있는 피해의 정도를 확보해야 할 기능을 유지하기 위한 제안수단을 의미함
- 그림 2.9는 진재대응 흐름도를 표 2.22와 2.23은 요구성능 분류와 건축물의 등급 목표를 나타냄

표 2.22 요구성능의 분류

Rank	지진입력레벨(X)	대상범위(Y)	상태(Z)
a	극대지진	건물 전체 범위	기능의 유지
b	대지진	발주자의 지정범위	보수후 재사용 가능
c	중지진	피난등에 관련되는 범위	피난가능
d			도괴방지

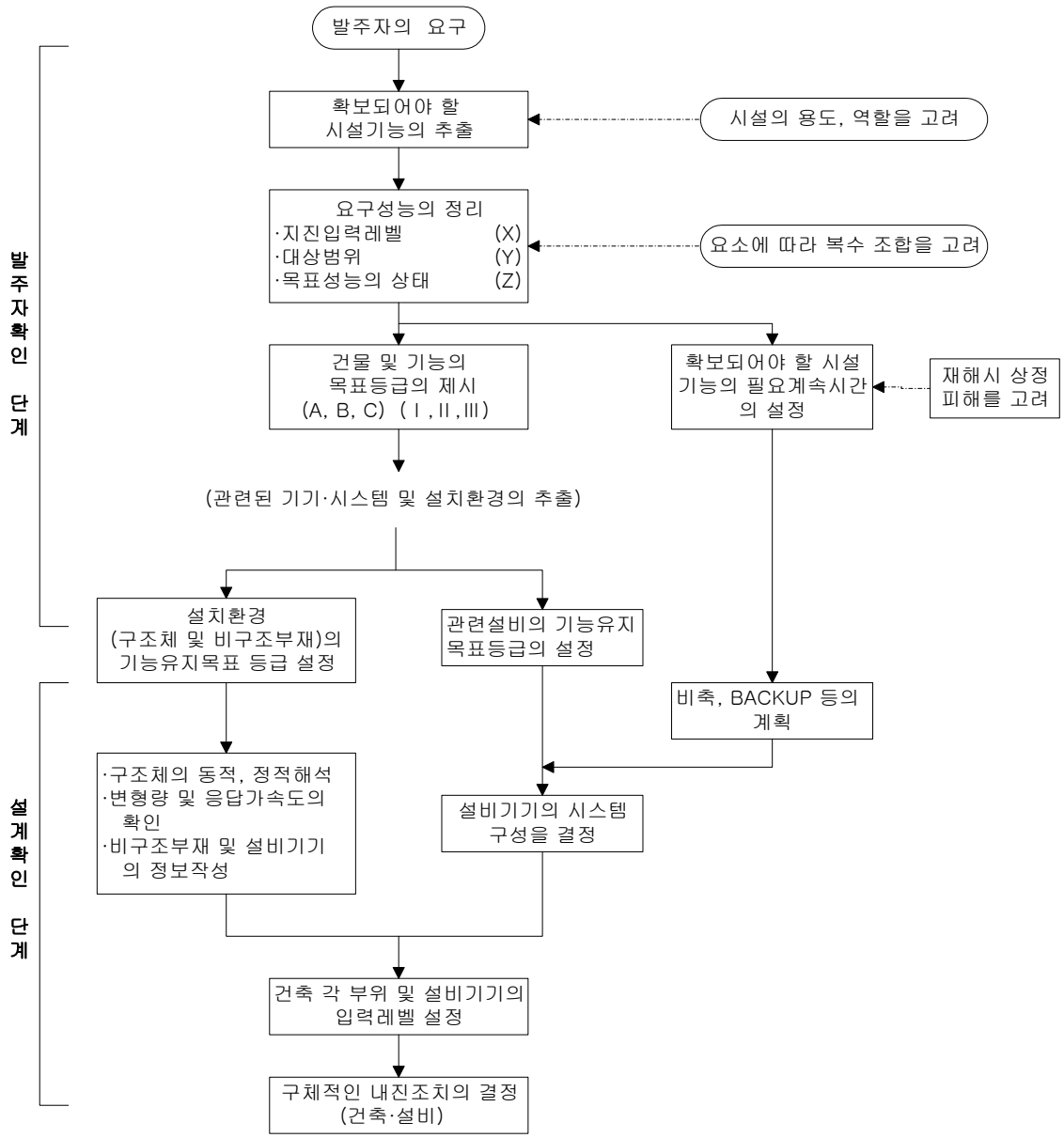


그림 2.9 진재대응계획의 흐름

표 2.23 건물의 목표 등급

Grade	적용건물의 예	Grade에 대응한 요구성능 Rank { X, Y, Z }
A	발주자가 지정한 건물	{ a a a }
		{ a b a } 와 { b a a }
B	다수가 이용하는 건물에서 정령에서 정하는 규모 이상의(학교, 체육관, 병원, 관람장, 집회장, 전시장, 백화점, 사무소, 기타)	{ a b b } 와 { b b a } 와 { c a a }
		{ a b b } 와 { b a b } 와 { c a a }
		{ a c c } 와 { b b b } 와 { c a a }
C	A, B 이외의 건물	{ a c d } 와 { b c c } 와 { c a a }
요구성능 : 지진입력레벨 (X), 대상범위 (Y), 목표성능·상태 (Z)		

○ 비구조재 분야 내진설계기준

- 일본에서는 건축기준법, 건축기준법 시행령, 건설성 고시, 그리고 건설성 주택국 건설지도 과장 통지 등에서 옥상에 돌출된 물탱크, 급배수 및 배관설비, 냉각탑설비, 승강기, 굴뚝 등의 비구조재에 대한 내진규준이 있음

○ 진동제어장치 및 시스템 관련 정책

- 지방공립단체도 내진개수에 보조제도의 정비를 진행하고 있으며, 아울러 2002년 10월부터 주택의 품질확보 촉진 등에 관한 법률에 따라 주택성능제도가 실시하고 있고, 2008년부터 면진건축물인지 아닌지에 대한 성능표시방법이 추가되었으며, 지진보험에 있어서도 면진건축물의 경우 내진등급할인과 건축년 할인제도가 도입됨 (표 2.24 참조)
- 제진장치 시장 선점을 위해 약 10년 전부터 내진설계 및 관련 부품산업 육성위한 국가 차원의 지원이 이루어지고 있으며, 면진협회 및 건축학회를 중심으로 해외 전문가 및 엔지니어를 대상으로 초청교육을 실시하고 있고 일본의 기준 및 부품을 세계 표준으로 만들기 위한 노력을 적극적으로 하고 있음

표 2.24 일본의 면진건축물의 내진등급할인률

할인제도	할인율
면진건축물 할인(주택성능표시제도의 면진건축물)	30%
내진등급할인(주택성늦표시제도의 내진등급 1~3)	10~30%
내진진단할인(내진진단 또는 내진개수에 의해 현형내진기준에 적합하고 있는 것을 확인한 주택)	10%
건축년 할인(년 6월1일 이후에 신축된 주택)	10%

○ 기존건축물의 내진보강방법

- 표 2.25는 기존건축물의 내진보강과 관련한 각 종 지침이며, 노후화 된 공동주택에 대해 "개수(改修)에 의한 성능의 종합적 개선" 차원에서 내진성능, 베리어프리(Barrier Free) 성능, 방범성능, 에너지절약 성능, 정보통신 성능, 생활공간, 옥외환경 등 7가지의 항목을 위주로 종합적 개선을 정책적으로 추진하고 있음
- 특히 환태평양조산대에 위치한 일본은 지진에 대한 위험도가 매우 높기 때문에 구 내진기준에 의해서 건설된 내진설계가 충분히 수행되지 않은 되지 않은 건축물이나 현행 내진설계기준에 미달하는 건축물에 대해 내진보강을 유도하여 국가적으로 지진에 대한 안전성을 높여 국민의 재산과 생명을 보호하고 있음. 일본에서 이러한 내진보강이 가능하게 된 것은 기존 건물에 막대한 피해를 준 1968년 도카치오키(十勝沖)지진 이후 내진규정을 재평가함과 동시에 새로운 내진성능 평

가법 및 보강매뉴얼이 제안되었으며, 1977년 각종 연구 성과를 통일한 "기존 건축물의 내진진단기준 및 내진개수매뉴얼"이 개발되었으며, 이 내진진단법은 1980년대 이후 시즈오카현(靜岡縣)을 중심으로 치바현(千葉縣) 및 토쿄(東京) 등 다수 지역의 수많은 건물에 적용되었음

- 1995년 고베지진이후에는 그 타당성이 입증되어 “건축물의 내진개수(耐震改修) 촉진에 관한 법률(내진개수촉진법)이 시행(1995년 12월 25일) 되어 현행의 신내진기준을 만족하지 않는 건축물에 대해서는 "기존 건축물의 내진진단기준 및 내진개수매뉴얼"을 바탕으로 적극적으로 내진진단이나 내진개수를 진행시키는 것으로 되어 있음. 이러한 기준의 제정 및 법규을 통해 실질적인 내진보강이 가능하게 되었고, 내진보강에 대한 양질의 관리도 가능하게 되었음
- 일본에서는 지진피해를 받은 건물의 내진성능을 잔존내진성능을 바탕으로 평가하여 응급복구 및 영구적인 보강의 판단여부를 결정하기 위한 「지진피해를 받은 건축물의 지진피해도 구분판정 기준 및 복구기술지침」을 1991년 제정하고 2001년에 개정하여 현재 정착단계에 있음. 이 지침은 2004년 니이카타지진 및 2011년 동일본태평양연안지진 등에서 지진피해를 받은 건물의 효과적인 응급복구 및 보강계획에 유용하게 적용되었음

표 2.25 일본에서 개발된 내진성능 평가/내진보강/지진피해 건축물 기준 및 지침

기존 건축물 내진성능 평가 기준	기존 건축물 내진보강 기준, 지침	지진피해 건축물 내진성능 평가 기준
		

○ 소규모 건축물 관련

- 일본의 건축기준법은 우리나라와 유사하게 건축물의 계획, 설비, 방재, 구조, 내구성 등 새로운 건축물을 건설하는데 필요한 법적 규칙을 정하는 법령으로 구성됨
- 국내 기준과 비교했을 때 건축물의 규모 및 용도와는 상관없이 2층 이상 그리고 연면적 200m^{2}이상의 건축물에 대하여 내진설계를 수행하도록 규정함
- 건물용도에 따른 중요도를 정의하지 않으며, 지진 시 건물 피해 정도에 따라 중요도를 결정하고 있음
- 또한, 건축물 높이가 60m이상인 고층 건물의 경우에는 그림 2.8과 같이 특별히

건설대신이 인정하는 방법에 의해 동적 해석을 포함한 상세한 내진 구조계획 및 내진계산을 하여 건축인증센터의 인증을 받도록 하고 있음

(2) 미국

○ 내진기준 관련

- 미국의 내진설계규준은 1927년에 처음으로 분명하게 성문화되었으며, 그 이후로 지진에 대한 구조물의 성능관찰, 실험 및 해석에 의한 연구자료 등에 기초하여 수차 개정되어 왔다. 건축물 규준의 주요 발전은 주로 미국 서부지역에서 발생한 주요 지진(1925년 Santa Barbara 지진, 1933년 Long Beach 지진, 1971년 San Fernando 지진 등)과 밀접하게 연관되어 있음
- 50개 주정부에서 주로 사용하고 있는 건축물 규준을 표 2.26에서 제시함

표 2.26 미국 내 건축물 규준

주	UBC[1]	NBC[2]	SBC[3]	주	UBC[1]	NBC[2]	SBC[3]
Alabama			★	Montana	★		
Alaska	★			Nebraska	★		
Arizona	★			New Hampshire	★		
Arkansas			★	New Jersey		★	
California	★			New Mexico		★	
Colorado	★			New York[4]	★		
Connecticut		★		North Carolina			★
Florida		★		North Dakota	★		
Georgia			★	Ohio		★	
Hawaii			★	Oklahoma		★	
Idaho	★			Oregon	★		
Illinois	★			Pennsylvania		★	
Indiana		★		Rhode Island		★	
Iowa	★			South Carolina			★
Kansas	★			South Dakota	★		
Kentucky	★			Tennessee			★
Louisiana		★		Texas	★		
Maine			★	Utah	★		
Maryland		★		Vermont		★	
Massachusetts		★		Virginia		★	
Michigan		★		Washington	★		
Minnesota		★		West Virginia		★	
Mississippi	★			Wisconsin			
Missouri			★	Wyoming	★		

1. Uniform Building Code (UBC)
2. National Building Code (NBC)
3. Standard Building Code (SBC)
4. 뉴욕시는 1996년 2월에 1991 UBC에서 많은 내진 규준을 채택

• 미국의 내진규준의 변천과정은 표 2.27와 같음

표 2.27 미국 내진규준의 변천과정

년도	특기사항	규준 및 내용
1927	[UBC] 첫 발간 (PCBOC)	$F = CW$, C : foundation-dependent factor
1933	Long Beach 지진 발생 (캘리포니아)	
	[Riley Act]	$V = 2\,\% \; W_{TOTAL}$ for buildings in California
	[City of Los Angeles]	$V = 8\,\% \; (W_{DL} + W_{LL})$
1935	[UBC] 지진 지역 계수 도입	$V = 8 \sim 16\,\% \; (W_{DL} + 50\,\% \; W_{LL})$ for zone 3 Z = 1, 2, 4 in zone 1, 2, 3
1943	[City of Los Angeles] 간접적인 동적 응답 고려	$V = 3.4 \sim 13\,\% \; W_{DL}$ depending on N $C = \frac{0.6}{N+4.5}$, $N \leq$13 stories
1949	[UBC]	$C = \frac{0.15Z}{N+4.5}$
1952	[ASCE + SEAOC] 횡하중-주기 관계식 최초 제안	$C = \frac{K}{T}$, $K =$ 0.015 (buildings) and 0.025 (others)
1957	[SEAOC] 내진규준 개발 착수	
1959	[SEAOC] Blue Book 초판 구조시스템 형식 최초 고려 (K계수)	$V = KCW$, $C = \frac{0.05}{\sqrt[3]{T}}$ $K =$ 1.33(bearing wall), 0.80(dual system), 0.67(moment-resisting frame), 1.00(others)
1960	[SEAOC] Commentary 첫 발간	
1961	[UBC] 1959 Blue Book 도입	$V = ZKCW$, Z = 0.25, 0.50, 1.0 in zone 1, 2, 3
1966	[SEAOC] 철근콘크리트 연성상세 도입	
1971	San Fernando 지진 발생	
1974	[SEAOC] 횡변위 제한 최초로 정량화	$V = ZIKCSW$, $C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$
1976	[UBC] 지반계수(S)와 중요도계수(I) 도입 1974 Blue Book의 횡변위제한 도입	$V = ZIKCSW$, ($V = 2 \sim 18\,\% \; W_{DL}$)
1978	[ATC] ATC-3-06 발간 (R 계수 도입)	$V = C_s W = \frac{1.2A_vS}{RT^{2/3}}$
1985	[BSSC] NEHRP 규준안 초판	
1988	[SEAOC] ATC-3-06과 1985 NEHRP 수용	$V = \frac{ZIC}{R_w} W = \frac{1.25ZIS}{T^{2/3}R_w} W$, Z= 0.2~0.4 (California)
	[UBC] 대폭 개정 / ATC-3-06 수용 (R을 대신한 R_w 도입)	$V = \frac{ZIC}{R_w} W$
1989	Loma Prieta 지진 발생	
1994	Northridge 지진 발생	
	[NEHRP] 1991 NEHRP 대폭 개정	$V = C_s W$, $C_s = \frac{1.2C_v}{RT^{2/3}} \leq \frac{2.5C_a}{R}$
1997	[UBC] 강도설계법으로 개정	$V = \frac{C_vI}{RT} W$

O 2006 International Building Code (IBC 2006)

• IBC 2006(ICC, 2006 및 ASCE, 2005)은 기본적인 틀은 IBC 2000에서 큰 변화가 없으나, 장주기영역에서 제시한 최소값 제한이 삭제되고, 변위일정영역이 신설됨

• 비틀림 증폭계수의 적용방법은 UBC 97에서 제시하였던 방법을 사용함

• 기준의 주요한 내용을 그림 2.10과 2.11에 도시하였으며, 표 2.28는 미국에서 사

용하는 내진기준에서 정의하고 있는 밑면전단력의 변화를 정리하고 있음

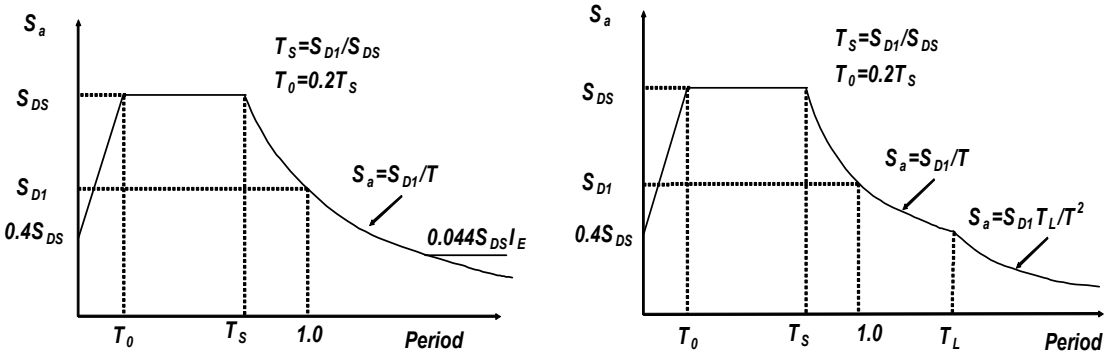
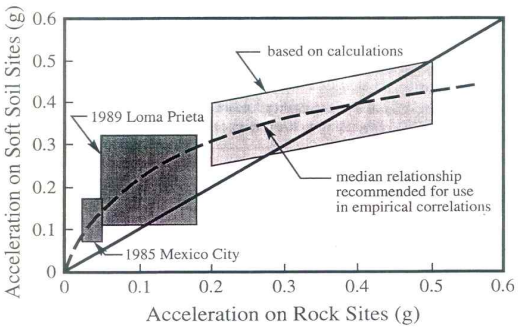
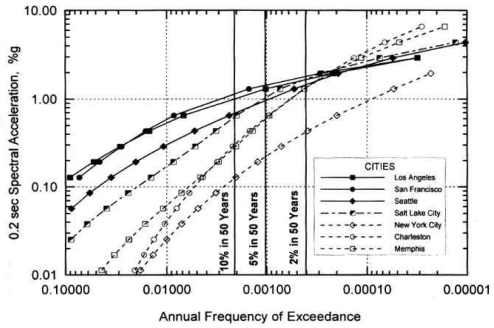


그림 2.10 미국 기준에서 제시하는 탄성응답스펙트럼



(a) 암반과 연약지반에서 최대지반 가속도의 비교 (Dobry, 2000)



(b) 지진의 연간 초과빈도와 스펙트럼 가속도

그림 2.11 최대지반가속도 및 스펙트럼 가속도

표 2.28 미국의 밑면전단력 변화

UBC 94	UBC 97	IBC 2000
허용응력 수준	강도설계 수준	강도설계 수준
$V=\frac{1.25ZIS}{T^{2/3}R_w}W \le \frac{2.75ZI}{R_w}W$ Z : 지역계수 I : 중요도계수 S : 지반계수 (4그룹 S_1, S_2, S_3, S_4) R_w : 반응수정계수 T : 고유주기	$V=\frac{C_vI}{RT}W \le \frac{2.5C_aI}{R}W$ C_a, C_v : 지진계수 I : 중요도계수 R : 반응수정계수 T : 고유주기 지반종류 : 5종류 (S_A, S_B, S_C, S_D, S_E)	$V=\frac{S_{D1}}{(R/I_E)T}W \le \frac{S_{DS}}{R/I_E}W$ S_{D1}, S_{DS} : 응답스펙트럼 가속도 I_E : 중요도계수 R : 반응수정계수 T : 고유주기 지반종류 : 6종류 ($S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$)

○ 비구조재 분야 내진설계기준

- 미국의 비구조재에 대한 내진시방서에는 UBC, NEHRP, IBC, ASCE/SEI, ASME (보일러, 압축용기) 등이 있으며, FEMA 356에 비구조재의 성능수준이 정리되어 있고 FEMA 412, 413, 그리고 416에 기계설비, 전기설비, 그리고 파이프의 내진 장치 설치 지침이 있음
- ASCE 7-10에서는 비구조재의 수직, 수평 설계하중과 개별 비구조재에 대한 사양적 내진설계를 포함하고 있고 비구조 요소는 비구조재 요소 앵커관련 규정과 건축요소 관련 규정(외부 벽체 요소 및 접합부, 유리, 면외 휨, 천장시스템내진브레이스, 벽체와의 접합 상세 등 포함, 액세스 플로어, 파티션 등), 기계 및 전기요소 내진설계 규정(기계요소, 전기요소, 장치 support, 파이프 및 덕트, 스프링클러 시스템 등) 등을 포함하고 있음
- 미국의 FEMA E-74는 비구조재의 피해 유형을 Life safety, Property Loss, Functional Loss등으로 구분하여 대상별로 다르게 대응할 것을 규정하고 있으며, 비구조재의 지진피해 유형은 다음 표와 같음

표 2.29 비구조재의 지진피해 유형

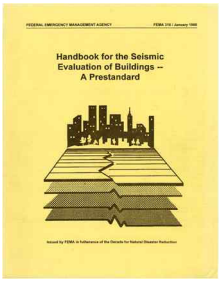
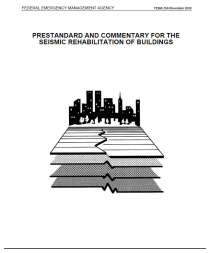
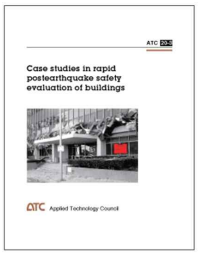
	Life Safety(LS)	Property Loss	Functional Loss(FL)
정의	Could anybody be hurt by this component in an earthquake?	Could a large property loss result?	Could the loss of this component cause an outage or interruption?
피해유형	- 중량물(중량외장재, 조명기구등) 낙하에의한인명피해발생 - 비구조재의낙하에의한피난(Exit) 방해 - Fire protection pipe등의피해에 의한화재발생	- 천장등의낙하물에의한재산피해발생 - Water pipe/Sprinkler 파괴에 의한배관피해및수피해 - 빌딩의사용물(가구, 장비, 컴퓨터등) 피해	- 지진발생이후건물의기능수행 - 구조/비구조요소의피해가 미미한경우에도즉시기능수행이어려운경우발생
주요 대상 건축물 및 사례	- 주택, 학교, 공연장 등 다중 이용 시설	- 고가의산업설비(반도체공장 등) 피해 -도서관, 미술관등 (1989 Loma Prieta지진시도서관피해사례)	- 소방서, 병원등즉시기능수행건축물 (1994 Northridge지진시10여개주요병원의피해사례)

○ 기존건축물의 내진보강방법

- 기존건축물의 내진성능 평가/내진보강/지진피해와 관련된 미국의 기준과 지침을 표 2.30에 나열하였으며 발전추세는 그림 2.12에 나타냄
- ATC-40 에서는 기존 철근콘크리트 구조물의 내진보강 및 성능향상을 위하여 건물의 강도와 강성을 증가시키는 방법, 건물의 변형능력을 향상시키는 방법외에도 면진장치나 제진장치를 설치하는 방법 등에 따른 평가기법을 제시하고 있고, 특히 FEMA 274 에서는 기존의 면진장치나 제진장치 등을 이용한 구조물의 설계방법을 명시하여 구조설계에 활용하고 있음

- 미국에서는 기존 건축물에 대한 내진평가 및 내진보강기준이 신규건물의 내진설계기준과 동등한 법적지위를 가지는 규정으로 제정되어 있음. 신규건물을 대상으로 한 내진설계기준으로는 ASCE 7, 기존 건물의 내진평가기준으로는 ASCE 31, 내진보강을 위해서는 ASCE 41이 모델코드로 제정되어 있음
- 미국에서는 지진발생 후 건축물의 여진에 대한 안전성평가를 위한 지침서(ATC 20, ATC 20-3)가 개발되어 있으며, 연방재난관리국(FEMA)에서 건축물의 구조유형별 지진 취약성과 적합한 보강법, 필요한 상세 등의 기술/지침서를 지속적으로 개발하고 있음

표 2.30 미국에서 개발된 내진성능 평가/내진보강/지진피해 건축물 기준 및 지침

기존 건축물 내진성능 평가 기준	기존 건축물 내진보강 기준, 지침	지진피해 건축물 내진성능 평가 기준
		
ASCE 31-03	ASCE 41-06	ATC 20-3

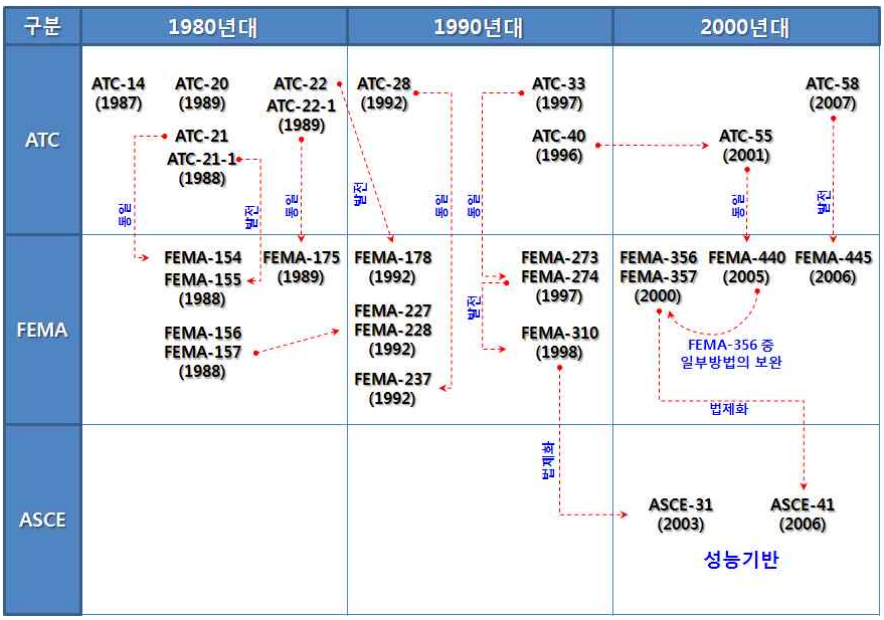
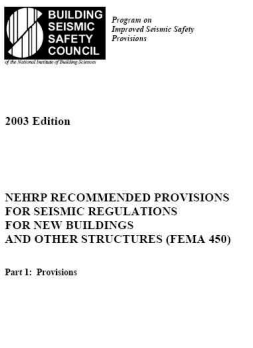
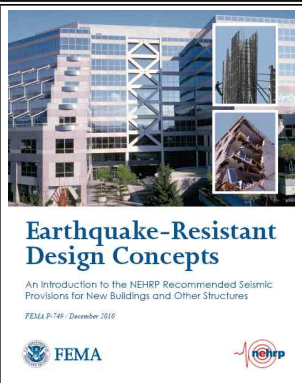


그림 2.12 미국에서의 기존 건축물 내진성능 평가/보강 기술 발전

○ 진동제어장치 및 시스템 관련

- 미국과 유럽의 경우 진동제어장치를 사용한 건물에 대하여 일본과 같은 할인율 적용과 같은 직접적인 인센티브를 주는 것 보다는 표 2.31과 같이 명확한 지침 및 기준제정을 통하여 효율적인 건축물 진동설계를 유도하고 있음

표 2.31 진동제어장치를 사용한 건축물에 대한 해외기준 및 지침

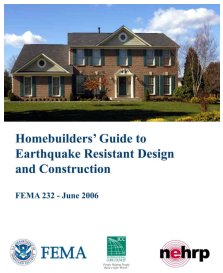
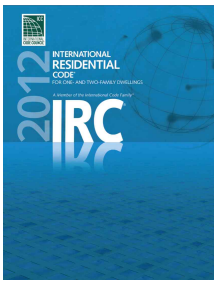
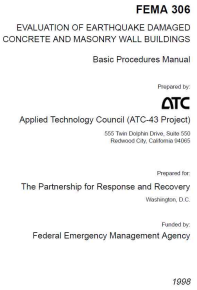
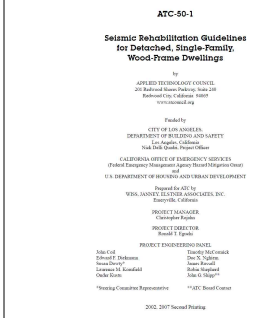
진동제어장치를 사용한 건축물의 설계지침		진동제어장치를 사용한 건축물의 설계기준	
			
FEMA 450	FEMA P-749	ASCE 7-05	ASCE 7-10

- 미국의 국가재난 방재청에 해당하는 FEMA에서는 대학연구소와 연계하여 진동제어장치의 많은 이론적 배경을 뒷받침하는 연구가 진행되었으며 설계기준의 정립과 성능평가 기준 (FEMA 302, 368, ASCE 7)도 마련함
- ASCE 7-10의 제진구조물 설계
  - 제진구조물을 제진시스템과 지진력 저항시스템으로 구분하여 설계하도록 하고 있으며, 구조해석은 탄성해석 또는 비선형 해석 모두를 사용할 수 있지만, 탄성해석을 할 경우 제진장치의 사용 개수와 지진력 저항시스템의 정형성에 대한 요구조건을 만족해야 함
  - 제진구조물 설계에서 탄성해석을 사용할 경우 제진시스템의 비선형성을 이용하여 에너지소산능력과 추가감쇠비를 평가하고 지진력 저항시스템의 밑면전단력을 계산하여 지진력 저항시스템을 설계하도록 함
  - 제진시스템은 변위의존형 제진장치와 속도의존형 제진장치를 가진 구조체로 구분하고 변위의존형 및 속도의존형 제진장치의 해석적 모델은 실험 데이터와 허용오차 내에서 일치해야 하고, 강도, 강성, 이력곡선형상과 관련된 모든 중요한 특성치를 잘 반영해야 함을 명시하고 있으며, 해석이나 실험에서 지진력저항시스템과의 연결부재의 비탄성 응답이 제진장치의 이력거동에 해로운 영향을 미치는 경우 제진시스템의 부재는 탄성을 유지하도록 설계하도록 명시하고, 해석에 사용되는 제진장치의 강성과 감쇠특성은 관련기준에서 정하는 제진장치의 실험에 따라 증명되어야 함
  - 비선형해석에서는 해석모델에 사용되는 제진장치의 성능과 제진시스템의 세부사항은 관련기준에서 명시된 제진장치실험을 기초로 하여야 하며, 제진장치의 비선형 하중-변위 특성은 장치의 특성에 따른 주파수, 진폭 및 지진력 적용 기간을 명확히 고려할 수 있도록 모델링되어야 함

○ 소규모 건축물 관련

- 1971년 San Fernando 지진이후에 HUD(Housing and Urban Development)부서와 NSF(National Science Foundation)의 재정적인 지원 하에 주거형 건축물에 대한 연구가 시작됨
- 이러한 연구결과를 바탕으로 주거형 건축물에 대한 지침서는 잠재적인 지진 피해를 감소시키기 위해서 주택 건설업자들이 쉽게 따라할 수 있도록 1980년에 최초로 제작됨
- 그 이후에 두 가지 주요 변화가 있었는데, 첫 번째는 추후 시공을 위해 목조 건축물에 대한 엔지니어링 기반 설계 지침의 개발이며, 두 번째 주요 변화는 ICC(International Code Council)에 의한 IRC2000(International Residential Code)의 개발과 출판으로 이전의 기준은 적절한 지진하중을 반영하지 못했지만 IRC에서는 NEHRO Recommended Provisions와 적절한 지진 위험도를 반영하였고, 한, 두가구 주택 건축물의 내진기준과 시공에 대한 지침중 하나로 주택 건설업자, 건축주 그리고 비전문 엔지니어에 의해 사용가능하도록 제작됨
- 1989년 Loma Prieta와 1994년 Northridge 지진에 의해 수 많은 콘크리트 벽과 조적조 건축물 미국 연방 재난 보조금(Federal disaster assistance funding)에 의해 보수되었으나, 적합한 기준을 근거로 하지 않았기 때문에 균열이 발생한 콘크리트와 조적조 벽 건축물의 보수와 관련한 기준에 대하여 논란이 발생하여 미 연방재난국(Federal Emergency Management Agency)는 지진으로 손상된 콘크리트와 조적 벽의 성능 평가와 보수에 대한 연구(ATC-43)를 1996년에 시작함
- ATC-43 프로젝트는 지진 피해에 대한 조사와 평가 그리고 지진에 손상된 건축물의 보수와 보강과 관련된 내용을 언급함
- 이러한 연구를 통해 FEMA 306, FEMA 307 그리고 FEMA 308의 보고서가 발간되어 FEMA 306은 기본 지침서로써 손상 평가와 추후 성능 해석과정 그리고 실험과 조사 지침 등을 포함하고 있음
- FEMA 307은 FEMA 306에서 제시된 기본 지침서에 대한 수학적인 근거 등을 포함하였고 FEMA 308에서는 지진에 의해 손상된 건축물의 보수에 대한 내용을 제시함
- 연구, 지침서 그리고 기준 (표 2.32 참조)을 개발을 통해 미국의 경우 소규모 주거형 건축물에 대해서도 지진하중을 포함한 건축물에 심각한 손상을 입힐 수 있는 하중으로부터 건축물의 안전성을 확보하고 있음
- 현재 소규모 건축물의 지진하중 고려대상과 결정과정을 그림 2.13에 나타내었으며, 표 2.33는 미국과 국내기준에 의한 소규모 건축물에 대한 적용범위를 비교하였음

표 2.32 미국의 소규모 건축물 관련 구조 기준과 내진 및 보강 지침

소규모 주거형 건축물의 구조 기준		조적조 건축물의 내진평가 및 보강	목조 건축물의 내진평가 및 보강
			
FEMA 232	IRC2012	ATC 43 Project (FEMA 306, 307 & 308)	ATC 50 Project (ATC 50-1 & ATC 50-2)

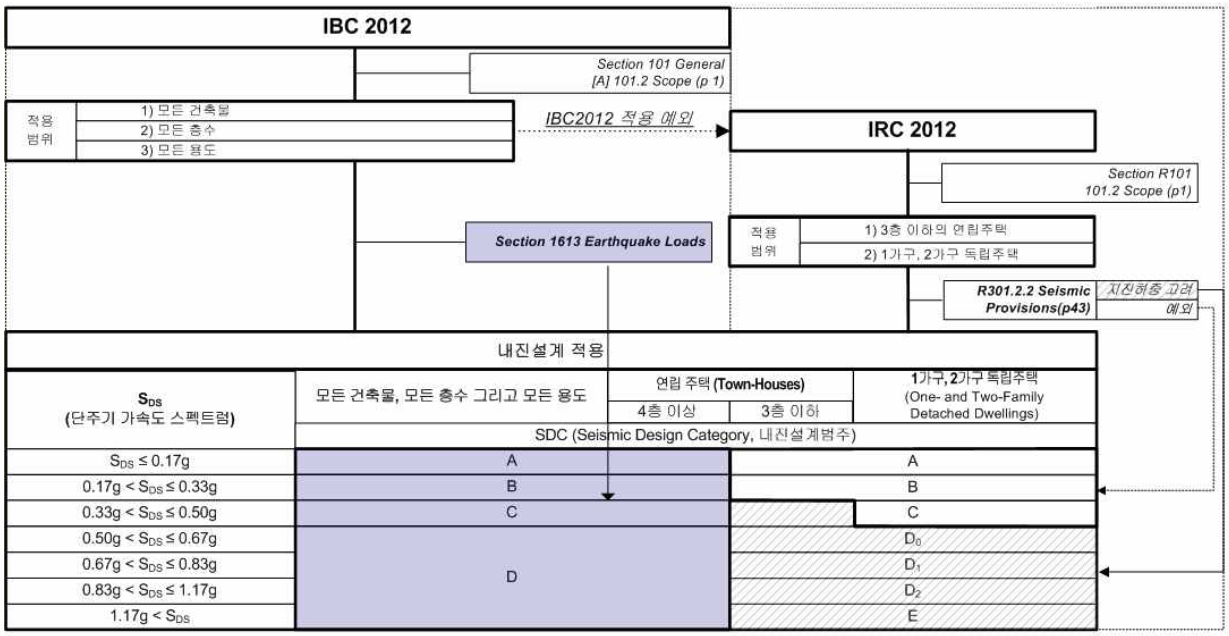


그림 2.13 IBC2012와 IRC2012의 지진하중 고려 대상과 결정 과정

표 2.33 미국과 국내의 내진설계 적용범위 비교

항 목	미 국		국 내
	IBC2012	IRC2012	
적 용 범 위	예외 항목을 제외한 모든 건축물	1) IRC2012의 301.2.2절에서 결정된 SDC C, D_0, D_1 그리고 D_2에 위치한 연립주택 2) SDC C. D_0, D_1 그리고 D_2에 위치한 한가구 또는 두가구 독립주택	1) 3층 이상 2) 연면적 1000m^2이상 3) 높이가 13m이상 4) 처마높이 9m이상
예 외 사 항	1) SDC A, B 그리고 C에 위치하거나단주기 스팩트럼(SS)이 0.4g미만인 지역의 한 가구 또는 두 가구 독립주택 2) IBC2012의 2308절(Conventional Light-Frame Construction)에 따라 설계 혹은 시공된 목재 골조 건물의 내진 저항 시스템 3) 임시로 사람이 거주하기 위한 곡물 저장 창고 4) 응답특성과 환경적 요인에 대한 특별 고려사항이 필요한 구조물	구조 시스템에 상관없이 SDC C에 위치한 한가구 또는 두가구 단독 주택	
예 외 종 합	1) 구조 시스템에 상관없이 SDC A, B에 위치한 IRC2009의 대상 건축물 2) 구조 시스템에 상관없이 SDC C에 위치한 한가구 또는 두가구 단독 주택 3) IBC2012의 2308절의 목재 골조 건물의 내진 저항 시스템 4) 임시로 사람이 거주하기 위한 곡물 저장 창고 5) 응답특성과 환경적 요인에 대한 특별 고려사항이 필요한 구조물		1) 3층 미만 2) 연면적 1000m^2미만 3) 높이가 13m 미만 4) 처마높이 9m 미만

(3) 중국

○ 구조기준 체계

- 중국의 경우 내진설계기준으로 현재 건축내진설계규범(Code for Seismic Design of Building: GB 50011-2001)을 사용
- 중국의 내진설계기준의 적용 범위는 내진진도와 제한 높이 등에 따라 제한되어있음. 이에 대한 자세한 내용은 아래의 ⅰ)부터 ⅲ)까지 그리고 표 2.34에 간략히 언급됨
- 국내의 건축법 시행령에 나타난 것과는 달리 지진의 진도와 구조시스템에 따른 건축물의 사용 높이를 제한함

ⅰ) 내진진도 6도 이상인 경우

ⅱ) 내진진도에 따른 재료에 따른 시스템별 제한사항이 있음

ⅲ) 제한 높이를 초과하는 경우 유효한 대책을 수립

표 2.34 철골조와 콘크리트 전단벽으로 혼합된 철골조 고층건물의 사용높이

(단위 : m) (GB 50011)

구조종류	구조시스템	非抗震設防	抗震設防烈度		
			6, 7	8	9
철골조	프레임	110	110	90	70
	프레임-支撐	260	220	200	140
	각종튜브	360	300	260	180
콘크리트 전단벽을 포함한 철골조	철골프레임-콘크리트 전단벽 철골프레임-콘크리트 코어 벽체	220	180	100	70
	철골프레임 튜브-콘크리트 코어 벽체	220	180	150	70

* 注: 표 중 높이는 실외 지평부터 건축물의 처마까지의 높이를 뜻함.

○ 내진설계

• 내진설계 건물 분류

- 중국의 건축물은 사용용도의 중요성에 따라 甲, 乙, 丙, 丁 4가지 종류로 분류
- 甲급 건축은 규모가 큰 건축공정 및 지진 발생 시 큰 피해를 줄 수 있는 건축의 의미; 乙급 건축은 지진 시 사용공능을 중단할 수 없으며 최대한 빨리 회복할 수 있는 건축을 의미; 丁급 건축은 내진설계가 이차적인 건축을 의미; 丙급 건축은 갑, 을, 정류 이외의 일반건축을 의미

• 내진설계 대상이 되는 건축행위의 범주

- 중국 전 지역에 대한 내진진도를 정의하고 있으며, 내진진도 6도 이상인 경우에 내진설계를 하도록 규정하고 있으며, 내진진도와 설계지진가속도와의 관계를 표 2.35에 나타냄

• 내진설계대상 지진의 규모

- 중국기준에서는 건물의 용도에 따라 지진규모(3수준)에 따른 설계법(2단계)을 결정함

ⅰ) 지진규모 분류: 약진(63%/50year), 중진(10%/50year), 강진(2～3%/50year)

ⅱ) 설계법: 1단계 설계법 (탄성설계: 내력/변위검토), 2단계 설계법(탄성내력설계/비탄성변위검토)

표 2.35 내진진도와 설계지진가속도와의 대응 관계 (GB 50011)

내진진도	6	7	8	9
설계지진기본가속도	0.05g	0.10g(0.15g)	0.20g(0.30g)	0.40g

○ 진동제어장치 및 시스템 관련

- 아직 명확한 진동제어장치 및 시스템에 관한 설계기준은 없으나, 비선형해석을 통한 성능기반 설계법을 준용하여 사용하고 있음

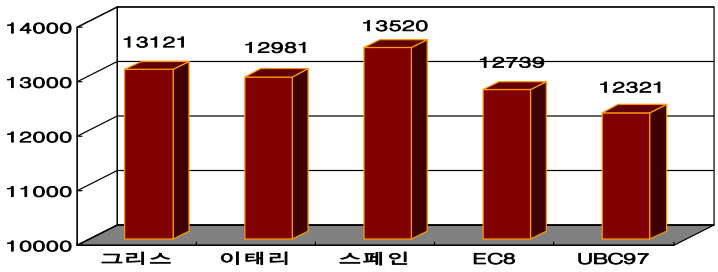
(4) 유럽

○ 지진환경과 지진관련 연구단체

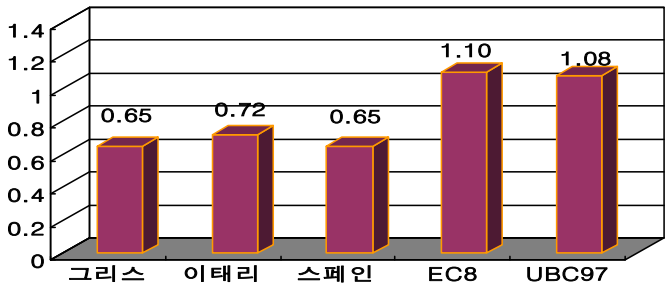
- 매년 전 세계에서 발생하는 지진에너지의 4% 정도가 유럽에서 발생되고 있으며, 그 중 거의 대부분의 지진활동이 유라시아판과 아프리카 판이 충돌하는 부근에 위치하고 있는 지중해 지역에 집중되어 있으며, 이 중 그리스는 지진활동도가 가장 높은 지역에 해당하고, 터키, 알바니아와 구 유고 지역은 강진이 일어나는 곳임
- 유럽 내에는 수많은 연구기관 및 대학들 간의 연구가 공동으로 진행되고 있으며, 지진 연구와 관측에 관한 기관들도 유럽 내에서 서로 협력관계를 유지하고 있는데, 그 중 ESC(European Seismological Commission)는 유럽내 국가들의 지진연구의 질을 높이고자 1952년에 설립되어 IASPEI(International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior)와 긴밀한 관계를 유지하고 있으며, 지중해연안 국가와의 협력을 도모하기 위해 CSEM/EMSC(European-Mediterranean Seismological Center)를 1976년에 설립됨
- 1989년 JRC(Joint Research Centre)에서 수행한 COST 프로젝트 이후로, 유럽 내 내진공학 관련 기관들의 공동 연구가 활발하게 진행되었으며, 1991년에는 EC(European Commission)에서 내진 구조물에 대한 표준화 작업이 수행되었으며, 여기서 HCM(Human Capital Mobility) 프로그램이 착수되어, 유럽 내 수많은 대학과 연구소간의 협동연구가 활발히 수행되고 있으며, 1992년에 이태리 Ispra에 ELSA(European Laboratory for Structural Assessment)가 개소되어 내진공학 관련 실험이 활발하게 진행되고 있음

○ 건축물에 대한 내진 규준

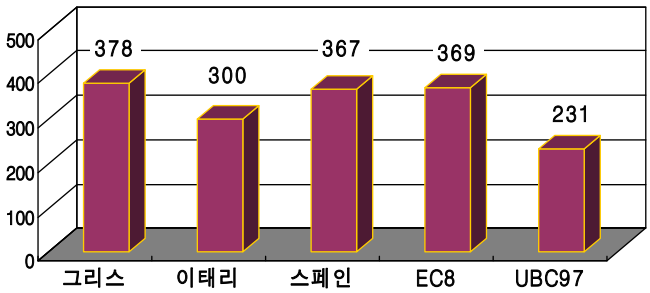
- 이태리에서 1909년 16만명의 인명피해가 발생한 Messina 지진 이후, 지진 피해에 대한 경험을 기초로 횡력 계수를 8.3%에서 12.5%로 증가하였으며, 1950년대에는 밑면전단력 계수를 구조물의 동적 특성과 연관시켜 높이에 따른 횡력 분포에 모드의 영향을 고려하게 됨
- 유럽 각 국의 내진규준의 차이점 중 하나 인 주기산정식을 비교하면 표 2.36과 같으며, 이를 바탕으로 설계 지진지역 0.15g에 위치한 지상 10층의 철근 콘크리트 사무실 건물을 대상으로 유럽 각국의 내진규준을 비교한 결과를 그림 2.14에 나타냄



(a) 지진하중 비교



(b) 고유주기 비교



(c) 밑면전단력 비교

그림 2.14 유럽 각 국의 지진력 비교

표 2.36 고유주기 산정식 비교

구조 시스템	Eurocode	그리스	이태리	스페인	프랑스
RC 골조	$0.075 \cdot H^{\frac{3}{4}}$	$0.09\frac{h_n}{\sqrt{B}}\sqrt{\frac{h_n}{h_n+\rho B}}$	$0.1\frac{H}{\sqrt{B}}$	$0.09\frac{H}{\sqrt{L}}$	$0.09\frac{H}{\sqrt{L}}$
RC 전단벽	$0.075/\sqrt{A_c} \cdot H^{\frac{3}{4}}$			$0.06\frac{H}{\sqrt{L}}$	$0.08\frac{H}{\sqrt{L_x}}\sqrt{\frac{H}{L_x+H}}$
기타	$0.050 \cdot H^{\frac{3}{4}}$			-	$0.10\frac{H}{\sqrt{L_x}}$

A_c ; 1층 전단벽 유효 단면적의 합 (m2)

H, h_n ; 건물높이 (m)

ρ ; 기본층에서 전단벽 면적 / (전단벽+기둥) 면적

L , L_x ,B ; 건물 평면길이 (m)

○ Eurocode 8

- Eurocode8(EC8)은 유럽 각국의 내진 규준을 통합하기 위해 만들어지고 있으며 몇 년전 EC 8이 개발되었을 당시 최첨단의 연구 자료들이 사용되었음
- EC8은 캘리포니아와 일본에서 발생했던 최근의 지진 후에 좀 더 발전된 지진공학 분야의 연구결과를 반영하고 있고 적용에 있어서 미숙련 설계자들도 동역학 분야에서 이론지식을 갖고 있다면, 규준적용에 큰 어려움이 없도록 만들어졌지만, 연성설계를 적용하는데 많은 어려움이 있음
- 그림 2.15와 같이 EC8은 인명을 보호하고 피해를 최소화하며, 민간인 보호를 위한 구조물은 기능을 유지할 수 있도록 지진에 대한 구조물의 성능이 인명안전, 손상제한, 및 기능유지에 적합하도록 그 설계목표를 분명히 제시하고 있으며, 설계목표는 구조물에 대한 2가지 기본적인 설계요구조건 즉, 붕괴방지 (No Collapse)와 손상제한 (Damage Limitation)으로 표현되며, 붕괴방지에 대한 요구조건은 설계지진에 대해서 구조물에 국부적인 또는 전체적인 붕괴가 발생하지 않도록 하기 위한 것이며, 손상제한에 대한 요구조건은 설계지진에 비해 발생확률이 큰, 즉 짧은 재현주기를 갖는 지진에 의한 손상발생 및 이로 인한 사용성 제한을 방지하기 위한 것임

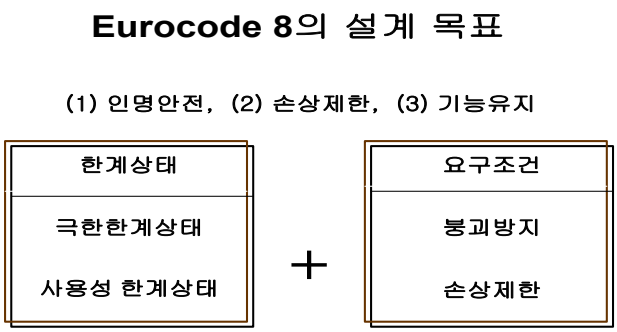


그림 2.15 Eurocode 8의 설계목표

- 지진지역의 지반운동을 묘사함에 있어서 통일성을 부여하기 위해, EC8에서는 암반 또는 단단한 지반에서의 유효최대 지반가속도를 사용하여, 설계지진을 묘사하도록 규정하고 있으며, 그 외의 상세한 규정에 대해서는 각 국가의 자율에 맡기고 있음
- EC8에서는 여러 규준에서와 같이, 반응수정계수와 유사한 거동계수(Behavior Factor, 그림 2.16 참조)를 도입한 설계스펙트럼을 제시하고 있으며, EC8에서는 설계자로 하여금 각 설계특성에 맞는 연성등급을 선택할 수 있도록 허용하여 최적의 설계결과를 도출할 수 있도록 설계의 유연성을 부여하는데 일련의 내진설계 행위를 그림 2.17에 도시하였음

◆ 구조물의 비선형응답에 따른
저항능력과 연성의 상호관계를 표현

$$q = q_0 \, k_D \, k_R \, k_W \geq 1.5$$

Frame System	$q_0 = 5.0$
Dual System	$q_0 = 4.5 - 5.0$
Wall System	$q_0 = 4.0 - 5.0$

그림 2.16 거동계수(Behavior Factor)

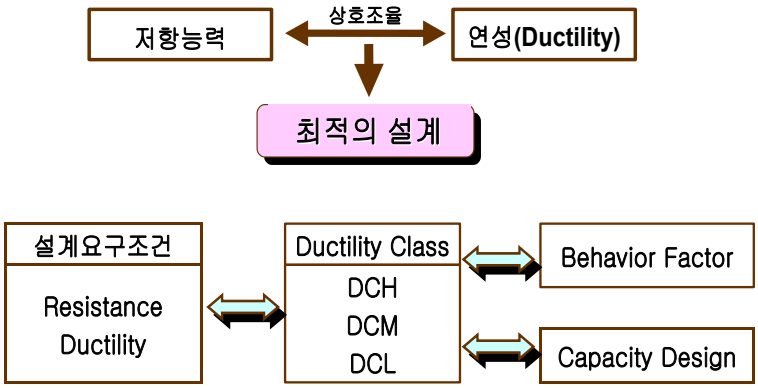


그림 2.17 연성등급(Ductility Class)

○ 진동제어장치 및 시스템 관련

• EC8에서는 아직 명확한 진동제어장치 및 시스템에 관한 설계기준은 없음

(5) 뉴질랜드

○ 뉴질랜드는 자연재해에 의한 충격을 감소시키기 위한 건물의 설계기준과 그 활용에서는 세계 제일의 수준임

○ 콘크리트 구조물 설계에 이용되는 NZS (New Zealand Standards)

• NZS의 기본개념

- NZS는 구조물의 설계목표를 사용성 한계상태(Serviceability Limit State)와 한계상태(Limit State)를 구분하여 성능(performance)을 제시하는 일종의 성능기반 설계법임
- 사용성 한계상태는 약진에서의 구조물의 손상 방지(No Damage)를 위한 것이며, 극한한계상태(Ultimate Limit State)는 강진에서의 구조물의 붕괴 방지(No Collapse)를 위한 것으로 구조물의 성능은 이 두 가지 한계상태 모두에 대해 적절히 검토되어야 함을

명시하고 있음

- NZS의 한계상태 (Limit State)
  - 사용성 한계상태 (Serviceability Limit State)
  - 손상 제어 한계상태(Damage Control Limit State)
  - 극한 한계상태(Ultimate Limit State)
- NZS의 한계상태와 관련하여 고려해야 하는 구조적 특성
  - 강성 (Stiffness): 횡하중의 작용시 구조물의 변형 정도에 대해 신뢰성 있는 추론을 하기 위해서, 설계자는 구조물의 강성을 고려하여야 함
  - 강도 (Strength): 구조물이 구조물의 탄성 동적 응답 동안 발생되는 내적 거동(internal action)에 저항하기 위한 적절한 강도를 가져야 한다는 것을 의미함
  - 연성 (Ductility): 구조물 혹은 그 구성 요소(component)의 비선형 능력, 또는 재료의 비선형 특성을 연성으로 표현하며, 연성은 큰 변위를 견딜 수 있는 능력과 이력 거동(hysteretic behavior)에 의해 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 내포하므로, 극한 한계상태를 고려할 경우 연성은 구조물의 가장 중요한 특성임
- NZS의 구조 연성계수 (Structural Ductility factor)
  - 구조 시스템을 구조물의 연성에 따라 탄성 응답 구조물, 제한된 연성을 가진 구조물, 완전 연성의 구조물의 세 가지로 분류하며 구조물은 연성에 따라 적용되는 설계 지진력이 달라지고, 상세설계도 차이를 가지며 구조물의 분류와 그에 따른 연성계수는 표 2.37와 같음

표 2.37 콘크리트의 구조연성계수, μ

구조물의 유형	콘크리트 구조물	PSC 구조물
1. 탄성 응답의 구조물	1.25	1.0
2. 제한된 연성의 구조물		
(a) 모멘트 저항 골조	3	2
(b) 벽체	3	-
(c) 내력벽 (Cantilevered face loaded walls)	2	-
3. 연성 구조물		
(a) 모멘트 저항 골조	6	5
(b) 벽체	$5/Z$	-
2개 이상의 독립벽체	$5/Z$	-
2개 이상의 연결(coupled) 벽체	$5/Z \le (3A+4)X \le 6/Z$	-
단일 독립벽체	$4/Z$	-

Note

$1.0 \le Z = 2.5 - 0.5A_r \le 2.0$

$1/3 \le A = TL/M_0 \le 2/3$

$A_r = h_w / L_w$

h_w 밑면에서 최상부까지의 벽체의 수직높이

L_w 벽체의 수평 길이

T 연결벽체의 밑면의 축하중

L 연결벽체의 수직기준축의 거리

M_o 연결구조벽체를 포함한 밑면의 전체 전도모멘트

- NZS의 설계 스펙트럼 / 횡력계수
  - NZS의 설계 스펙트럼은 기본지진위험 가속도계수 $C_h(T, \mu)$ 값을 기본으로 하며 기타 계수를 이용하여 건물의 중요도, 구조물이 위치한 지역 등을 반영하고, 사용성 한계상태와 극한 한계상태 두 가지 경우 모두에 대해 설계 스펙트럼을 고려하여야 하며, 극한 한계상태의 경우 구조물의 연성이 반영됨
  - 등가 정적 해석법의 횡력계수는 구조물의 주기 중 고유주기 T_1 만을 고려한 값으로 구조물의 주기와 연성은 기본지진위험 가속도계수 $C_h(T, \mu)$ 에 직접적으로 반영됨
  - 모드 반응 스펙트럼 해석법의 설계 스펙트럼의 경우, 극한 한계상태에서 구조물의 연성을 반영하기 위해 스케일 계수 S_m 을 사용함
- 해석법
  - NZS는 설계지진응답의 해석법으로 등가 정적 해석법, 모드반응 스펙트럼 해석법(Modal Response Spectrum Method), 시간이력 해석법(Time History Method)의 세 가지 해석법을 제시하고 있으며, 구조물의 규모, 정형성 등을 고려하여 적절한 해석법을 이용하도록 규정하고 있음

○ 진동제어장치 및 시스템 관련

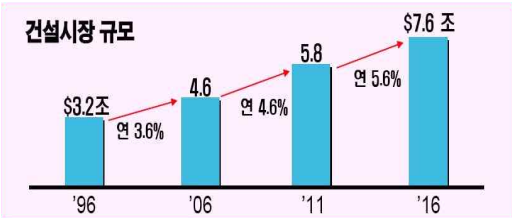
- 지진의 위험이 큰 뉴질랜드에서는 1994년 조사된 보고서에 따르면 국회의사당 건물을 비롯해 13동의 건물에 면진시스템이 적용되었으며 매 년마다 한 개 이상의 건물이 면진시스템을 이용하여 새로 지어지거나 보강공사가 이루어질 것으로 예측됨

A.1.2 시장 및 산업구조 분석

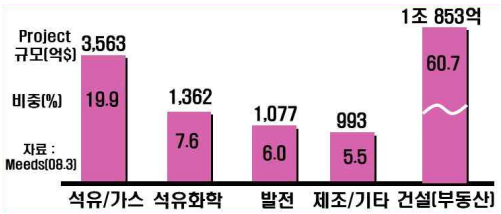
가. 제 1 중점분야

○ 세계건설시장 동향 및 전망

- 글로벌 인사이트 전망에 따르면, 세계 건설 시장 규모는 연평균 4~5%의 높은 성장세가 예상되며, 건설 시장 규모는 2006년 4조 6천억 달러에서 2016년에는 7조 6천억 달러에 이를 것으로 전망됨(그림 2.18 참조)



세계 건설시장 규모 전망 (출처 : Global Insight, 26, September 2007)



GCC 6개국의 향후 10년간 초대형 프로젝트 규모($억) (출처 : Meeds(2008))

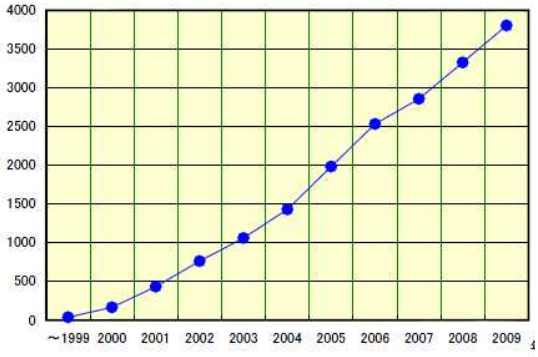
그림 2.18 세계 건설시장 동향 및 전망

- 도시화가 급격히 진행되고 있는 아시아, 중동, 중남미를 중심으로 높은 성장률이 예상되며, 건설 투자가 투자 규모의 약 60%로 예상되며 이 지역들은 환태평양 지진대 및 알프스 지진대에 위치하여 지진이 빈번하게 발생하는 지역으로 대형 인프라 구조물의 내진 안전성 확보를 위한 기술 개발 및 설계 적용 경쟁이 치열할 것으로 판단됨
- 건설 시장에서 구조 부문이 차지하는 비율은 약 30%정도인 약 2조 2천억 달러로 전망되며, 구조설계 등 기술 적용을 위한 컨설팅 비용이 약 천억 달러, 첨단 장치 및 부품 제조 관련 산업이 약 5천억 달러, 내진 설계 및 장치 제작에 의한 시장 규모는 약 6천억 달러로 추정됨
- 본 연구를 통하여 성능기반 설계법과 함께 지진을 포함한 기후변화에 대비할 수 있는 세계수준의 기준이 수립되면 건축 엔지니어링 분야의 국제적인 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 판단됨

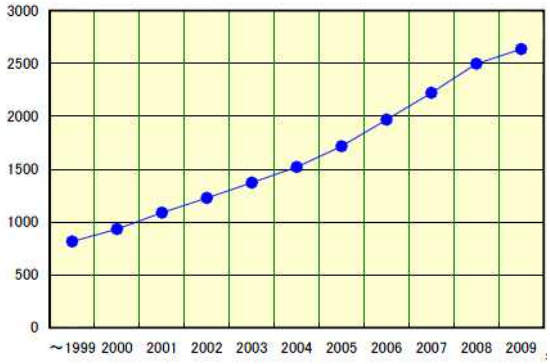
○ 진동제어장치에 대한 시장 예측

- **일본 진동제어 장치 시장 예측**
  - 1983년 제1호 면진주택으로부터 현재까지 2000동 이상 지어졌으며 그 성능이 평가되어졌다. 2000년도에 건설성 고지 제 2009호 “면진건축물의 구조방법에 관한 안전상 필요한 기술적 기준을 정하는 건” 및 동고지 제 1446호에 의한 면진재료의 대신인정에 의해 종래의 평가인증 심사를 필수조건이었던 건물이 고지 2009호의 조건을 만족

하면 확인 신청으로 건축될 수 있으며, 면진장치에 대한 일본 내 연도별 사용추이는 아래 그림 2.19에 정리함



면진건축물(주택) 년도별 추이(누적)



면진건축물(건축물) 년도별 추이(누적)

그림 2.19 진동제어장치 관련 일본시장 동향 및 전망

- 또한 2004년 국토교통성 고지 제 1160호의 추가에 의해 주택의 폭풍시의 변형제어장치에 관하여 완화되어 설계가 용이하게 되었음
- 특히 면진구조협회에서는 면진건물 및 제진건물의 데이터를 협회 회원 중심으로 수집하여 2009년까지의 면진건물 동수는 약 2600동, 주택으로 약 3800동, 합하여 6400동 정도에 이르고 있음
- 현재 면진구조는 연간 약 150동, 제진구조는 신축건물의 경우는 약 200동, 내진보강의 경우는 약 500동 정도가 적용되고 있으며 연간 약 4,000억 엔(약 4.8조 원)의 시장을 형성하고 있음
- 면진구조를 채용한 건물용도별로 나타낸 것이다. 현재 집합주택이 43%으로 가장 많으며 사무소 28% 등 면진건축물의 적용용도가 확대되어 가고 있는 상황임

• **미국 및 유럽의 시장환경**

- 진동제어장치가 사용되는 경우는 고층구조물이나 역사적 가치가 있는 구조물과 중요시설물 등에 주로 적용되고 있으나, 최근에는 목조 혹은 저층의 변형능력이 적은 구조물을 위하여 변위증폭형 진동제어장치가 개발되어 적용되기도 함
- 특히 미국의 경우 진동제어장치가 있는 경우의 해석 및 설계기술에 관한 많은 연구가 진행되어 이 분야의 세계최고수준의 기술을 확보한 상태이며, 해석기술은 소프트웨어의 개발로 이어져 SAP2000,NSR, 3D-BASIS-TABS등의 상용 소프트웨어에 진동제어 시스템을 가진 건축물을 해석하고 설계할 수 있는 모델이 탑재되어 있는 실정임
- 시장에서 진동제어장치에 대한 요구가 급증하고 있어 소프트웨어 및 설계 기술의 개발 및 확보가 계속 이루어질 전망임
- 진동제어 장치로 면진구조가 적용된 구조물의 예는 미국과 유럽에서 약 715개의 건축물에 이르는 것으로 보고되고 있으며 이러한 구조물의 양은 일부 제한된 곳에서 조사한 것이라는 것을 참조할 때 그 수는 매우 크며 계속 크게 증가하는 것으로 예상할 수 있음

- 가장 널리 사용되는 있는 면진제품중의 하나인 LRB(Lead rubber bearing)는 뉴질랜드에서 개발되었으며, LRB 상품은 국제적으로 특허와 면허를 가지고 있고 이러한 특허료로 일본에서만 약 US dollar 1 billion의 금액을 지불받고 있으며, 면진에 대한 공학적 컨설팅 서비스에 대한 연간 수출량의 US dollar 5 million로 추정되며, 기타 제작비용 등을 고려하게 되면 연간 면진구조로부터 벌어들이는 금액은 US dollar 12 million을 상회하고 있음
- 중국에서는 미끄러짐의 접촉면에 특별히 고려된 모래를 사용하여 최소 3개의 건축물이 건설되었으며 남아프리카에서는 탄성 베어링이 부착된 스테인레스 스틸의 표면위에 납-동의 물질을 이용한 플레이트를 사용하여 핵원전 발전소를 건설한 예가 있음

• **국내 시장환경, 산업구조 및 경쟁력**

- 그림 2.20에서 보는 바와 같이 자연재해를 비롯한 다양한 환경, 사회, 기술적 요인으로 인한 건축물 피해는 해마다 증가하고 있는 추세임
- 대형 인프라 구조물을 대상으로 한 국내 시장 규모는 연간 10조원 이상으로, 이 중 구조설계 분야의 시장은 약 3천억 원에 이르고 있음. 국내는 구조물 진동제어성능 관련 실험결과 및 진동제어 구조시스템 설계기술이 부족하여 약 70~80% 정도가 외국 설계사에 의존하고 있으며 규모는 약 2천억원 정도임
- 또한 진동제어용 장치/부품은 대부분 외국 제품에 의존하고 있으며 설계에 반영된 부품 비용은 약 1,500억원 정도로 추정됨
- 진동제어장치 중 하나인 면진기술은 2000년도에 대한주택공사를 중심으로 기술개발 및 실용화연구가 수행되면서 건축물에 적용되기 시작했으며, 면진기술은 트라움하우스를 출발로 현재 김포 고촌지구의 현대아파트, 충남 서산 임대아파트 내 주민복지관, 부산대학교 양산캠퍼스 지진모사실험동, 양재동 Win&P 타워빌딩, 동일하이빌 하월곡 2구역 주상복합아파트 등 대형 건물에 대한 적용되었음
- 하지만 국내 면진장치 대부분이 토목구조물에 적용된 반면 건축분야의 시장은 아직 적용 초기단계이다. 면진제진협회가 국내 면진시장 동향을 분석한 결과, 시장의 형성은 아직까지 토목구조물에 의존하고 있으며 그 규모가 연간 약 400억원에 이르는 것으로 조사되었으며, 건축물의 경우 연간 2~3개동 정도 설계가 되고 있는 것으로 파악돼 2004년과 비교해 설계 건수가 점차 증가하고 있는 상황임
- 이 같은 추세가 지속될 경우 오는 2015년에 건축 및 토목구조물의 면진산업 시장 규모는 연간 800억원, 설계 건수 연간 50개 정도 예상되며 특히 내진설계 이전에 지어진 건물들의 리모델링이 활성화되면 시장 규모는 더욱 증대될 것으로 전망되고 있음
- 면진장치의 가격은 건물 중력에 의한 하중 톤당 50,000원 정도이며 이를 면진구조시스템에 적용되었을 때 10,000톤 정도로 설정할 결우 건물 1동에 투입되는 면진장치의 가격은 평균 약 5억원으로 이를 예상되는 국내시장에 대입했을 때 2015년 예상되는 규모는 400억 정도로 예상됨
- 우리나라의 해외 건설 시장 수출규모는 2008년 약 470억 달러에 달하고 있으나, 이는 거의 대부분 시공분야이며, 국내 독자의 대형 인프라 구조물에 대한 내진 설계 능력이 확보되지 않으면 향후 고전이 예상됨

- 2016년부터 내진 기술 관련 시장의 10%의 점유율을 확보된다면 약 600억 달러의 추가적 기술 수출을 기대할 수 있는 고부가 가치 신성장 동력 사업이며 본 연구센터의 기여도를 0.1로 설정할 경우, 연간 약 60억 달러의 해외 기술 수출 효과가 발생할 것으로 기대됨
- 국내에 면진제진과 관련 다수의 적용실적이 있지만 현행 건축기준에는 기술과 관련해 구체적인 설계기준이 아직까지 마련되지 않았고, 대부분의 설계와 시공이 국외의 기준과 지침을 바탕으로 수행되고 있어 산업 활성화에 가장 큰 걸림돌이 되고 있음
- 최소한의 법적 조치를 확보하는 차원에서라도 관련 기술기준이 시급한 상황임

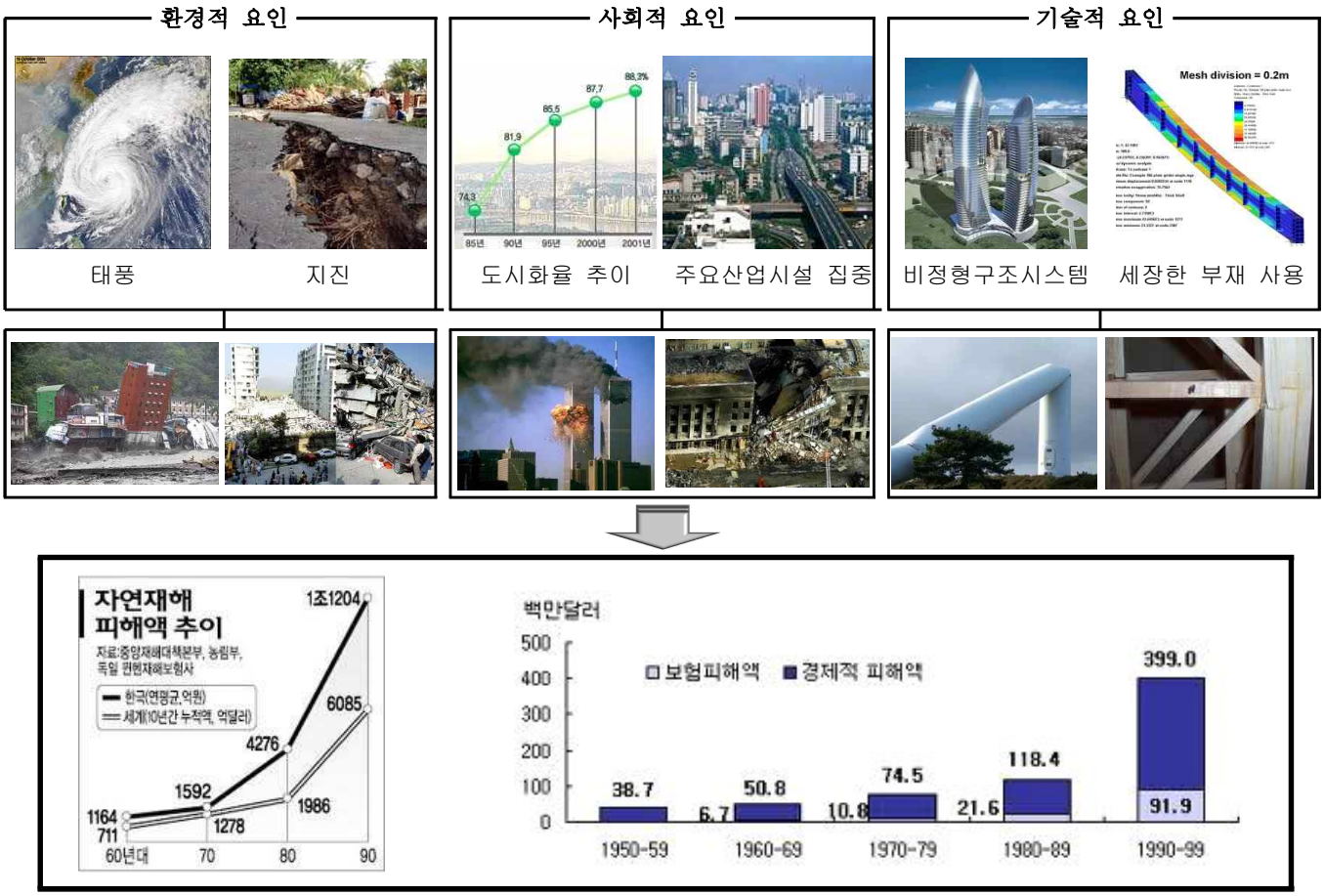


그림 2.20 건축구조물의 대규모 피해가능성

나. 제 2 중점분야

○ 내진보강대상 주요시설물

- 내진설계 대상 12만 3201곳의 공공기관을 비롯한 주요시설물 가운데 내진보강이 필요한 시설물은 63%인 7만 7296곳으로 내진 보강에 총 27조원이 소요될 것으로 예측됨
- 지난 2010년 7월 국내 공공건축물의 내진보강사례 16건에 총 내진보강 공사비를 총 연면적으로 나눈 평균 내진보강 단가를 약 6만 1800원/m2으로 내진보강 필요건물 개수에 적용하여 산출된 비용임(표 2.38참조)

표 2.38 건축관련 시설물별 내진보강 표준단가 (소방방재청, 2010)

시 설 물		규 격	단 가	비 고
건축물		연면적	76,000원/m2	철근콘크리트 프레임 구조 기존 내진보강 사례 분석
		연면적	84,850원/m2	목조 구조 기존 내진보강 사례 분석
		연면적	160,000원/m2	조적조 구조 기존 내진보강 사례 분석
도시철도	건축물	연면적	76,000원/m2	건축물의 내진보강 단가 적용
철도시설	건축물	개소	5.1억원/개소	국토해양부 내진보강 계획 평균단가 (내진보강 계획 - 7개소 35.67억원)
항만시설	여객선 터미널	면적	76,000원/㎡	건축물 내진보강 단가 적용
학교시설		개소	4.8억원/개소	교과부 내진보강 단가 (4.8억원/개소) 적용
병원시설		개소	2.6억원/개소	건축물 내진보강 단가 적용

※) 상기 공사비는 직접공사비에 대한 것으로 총 공사비는 진단비용 및 내진성능평가 및 내진보강 설계비를 고려하여 10% 할증하여야 함

○ 주요 구조물 내진보강 예산

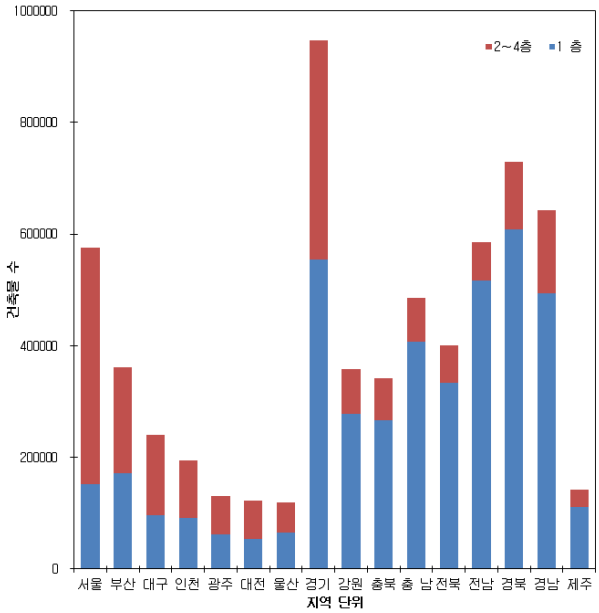
- 소방방재청 추정 예산, 2010
  - 내진 보강이 필요한 공공건축물은 4만 3437곳으로 총 11조 1613억 원, 학교시설 1만 5851곳에 7조 6129억원 소요비용 추정됨(소방방재청, 2010)
  - 정부에서는 2011 ~ 2015년 계획기간 중 총 약 3조 251억원을 주요시설물 내진보강에 투자할 계획이며 부처별로는 국토부(5,812억원), 교과부(3,006억원), 지식경제부(870억원), 환경부(825억원), 농식품부(350억원), 보건복지부(122억원) 순이며, 시도별로는 경기(4,734억원), 서울(4,503억원), 부산(1,651억원), 대구(1,094억원), 인천(1,019억원) 순이고, 시설물별로는 건축물(1조 6,849억원)과 학교시설(3,006억원), 그리고 토목시설물(5,695억원) 순임. 2016년 이후에는 5년 단위로 4단계에 걸쳐 약 24조원을 투자할 계획임 (소방방재청, 2010)
- 교육과학기술부 추정 예산
  - 2009년 학교시설 내진보강 사업 기본계획을 마련함
  - 지진발생 시 대규모 피해가능성이 있는 8,486동 중 우선 2014년까지 2,676억여 원을 투입하여 1,003동(557 학교) 시설의 내진보강 사업을 추진한 이후, 다수의 댐퍼 및 기존 구조보강 업체 들이 내진보강 사업으로 그 영역을 확장하고 있음
  - 하지만 내진보강 사업이 주로 시공에 중점을 두고 있어 내진보강에서 중요한 단계인 내진성능평가와 내진보강 설계에는 해당 전문가인 건축구조기술사들의 진입이 극히 제한적인 상황임

다. 제 3 중점분야

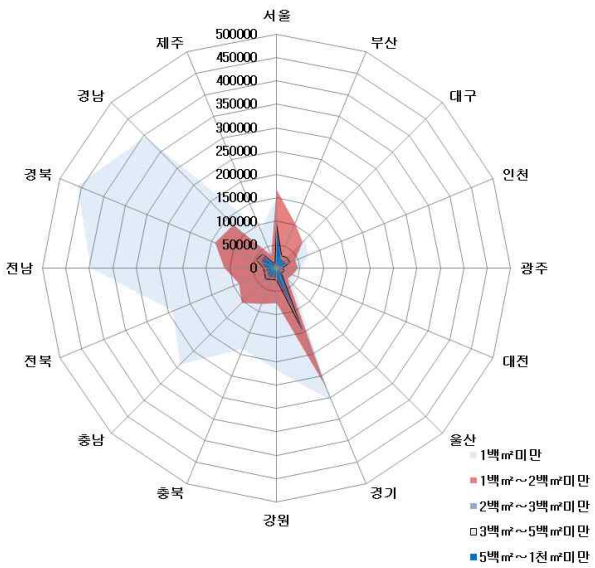
○ 향 후 소규모 건축물에 대한 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 향상 연구 성과물에 대한 시장성을 국내 건축물 현황을 통하여 추정하고자 함

○ 국내 건축물 현황

- 우리나라 전국의 건축물 현황 조사를 위해 국토해양부의 자료를 바탕으로 국내 건축물의 현황을 파악함
- 국토해양부 국토정책국 도시정책관 건축기획과에서 국내 건축물의 용도별, 층수별, 연면적별, 소유구분별 분포를 조사한 결과, 표 2.39은 전체 건축물의 층별 동수를 조사한 자료이고, 그 중 저층구조물에 해당하는 1~4층의 건축물을 그림 2.21과 같이 나타냄. 전체 건축물 중 단층인 건축물이 차지하는 비율은 무려 64%나 되며 2~4층의 건축물을 포함하면 95%이상이 되는 것을 알 수 있음
- 표 2.40는 전체 건축물의 연면적별 동수를 조사한 자료이고, 그 중 연면적이 1000m^{2}미만에 해당하는 건축물을 그림 2.21와 같이 제시함. 전체 건축물 중 연면적이 1000m^{2}미만인 건축물이 차지하는 비율은 94%이상인 것으로 조사됨
- 저층 건축물(4층 이하)은 약 94%이상을 차지하는 것으로 나타났으며 이중 건축법 시행령에서 정의하는 소규모 건축물이 상당수 일 것으로 예상됨. 소규모 건축물은 구조설계 혹은 계산 없이 설계와 시공하는 것에 대한 법적 제한이 없기 때문에 상당수의 건축물이 중력에 대한 구조안전성 조차 확보하지 못하고 있는 것으로 예상 됨



국내 저층 건축물 분포 (단위: 동)



연면적별 국내 건축물 분포 (단위: m^2)

그림 2.21 국내 소규모 건축물 현황

표 2.39 층수별 건축물 분포 (단위: 동)

(자료: 국토해양부)

구 분 Division	계 Total	1층	2층이상 4층이하	5 층	6층이상 10층이하	11층이상 20층이하	21층이하 30층이상	31층이상	기타
합계	6,676,518	4,265,431	2,113,762	125,642	58,471	70,049	12,285	753	30,125
	100.0%	63.9%	31.7%	1.9%	0.9%	1.0%	0.2%	0.0%	0.5%
서울	656,931	151,902	424,150	45,434	19,034	12,571	2,849	217	774
	9.8%	2.3%	6.4%	0.7%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
부산	384,263	172,053	188,756	10,953	5,786	3,498	1,894	163	1,160
	5.8%	2.6%	2.8%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
대구	252,832	96,818	143,592	5,538	1,944	3,312	576	57	995
	3.8%	1.5%	2.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
인천	211,494	91,660	102,514	9,189	3,326	3,422	891	69	423
	3.2%	1.4%	1.5%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
광주	138,220	62,856	67,479	2,872	1,397	2,841	275	-	500
	2.1%	0.9%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
대전	129,955	53,987	68,180	2,532	1,738	2,516	422	17	563
	1.9%	0.8%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
울산	126,268	65,894	53,720	2,339	1,676	1,512	323	14	790
	1.9%	1.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
경기	1,012,975	553,838	393,439	21,845	10,239	20,553	3,690	145	9,226
	15.2%	8.3%	5.9%	0.3%	0.2%	0.3%	0.1%	0.0%	0.1%
강원	366,761	278,849	80,013	2,960	1,445	2,298	60	-	1,136
	5.5%	4.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
충북	348,788	266,156	75,622	2,410	1,322	2,279	90	13	896
	5.2%	4.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
충남	498,011	406,695	79,706	3,052	1,640	3,051	207	14	3,646
	7.5%	6.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
전북	409,254	334,226	66,548	2,725	1,182	2,601	47	-	1,925
	6.1%	5.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
전남	593,863	516,359	68,957	2,177	1,372	2,111	81	2	2,804
	8.9%	7.7%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
경북	740,652	608,154	120,951	4,461	1,878	2,672	281	30	2,225
	11.1%	9.1%	1.8%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
경남	660,422	494,574	148,598	6,073	3,567	4,594	599	12	2,405
	9.9%	7.4%	2.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
제주	145,829	111,410	31,537	1,082	925	218	-	-	657
	2.2%	1.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

주 : 수록된 수치는 '10. 12월말 기준으로 '11년에 조사한 자료임

표 2.40 연면적별 건축물 분포

(자료: 국토해양부)

구분 Division	계 Total	1백㎡미만	1백㎡이상 2백㎡미만	2백㎡이상 3백㎡미만	3백㎡이상 5백㎡미만	5백㎡이상 1천㎡미만	1천㎡이상 3천㎡미만	3천㎡이상 1만㎡미만	1만㎡이상
합계	6,676,518	3,232,586	1,547,111	495,640	611,430	407,811	218,836	120,011	43,093
	100.0%	48.4%	23.2%	7.4%	9.2%	6.1%	3.3%	1.8%	0.6%
서울	656,931	150,584	167,706	111,097	92,537	75,462	33,124	18,004	8,417
	9.8%	2.3%	2.5%	1.7%	1.4%	1.1%	0.5%	0.3%	0.1%
부산	384,263	184,80	103,717	21,076	28,223	23,062	13,094	6,808	3,482
	5.8%	2.8%	1.6%	0.3%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%
대구	252,832	85,891	78,658	21,970	31,476	17,896	9,336	5,234	2,371
	3.8%	1.3%	1.2%	0.3%	0.5%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%
인천	211,494	73,336	42,713	20,672	31,095	23,846	10,733	6,807	2,292
	3.2%	1.1%	0.6%	0.3%	0.5%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%
광주	138,220	53,612	46,216	7,897	12,792	7,133	5,071	3,695	1,804
	2.1%	0.8%	0.7%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
대전	129,955	44,091	36,894	9,460	18,013	10,756	5,322	3,811	1,608
	1.9%	0.7%	0.6%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%
울산	126,268	50,691	33,315	9,681	14,054	9,149	5,234	2,869	1,275
	1.9%	0.8%	0.5%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
경기	1,012,975	307,687	274,624	100,728	144,020	96,621	45,988	32,661	10,646
	15.2%	4.6%	4.1%	1.5%	2.2%	1.4%	0.7%	0.5%	0.2%
강원	366,761	218,660	75,199	20,833	25,375	13,114	8,578	3,975	1,027
	5.5%	3.3%	1.1%	0.3%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%
충북	348,788	187,814	82,873	21,760	26,709	14,489	9,401	4,546	1,196
	5.2%	2.8%	1.2%	0.3%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%
충남	498,011	291,449	105,111	25,867	33,163	21,948	12,830	6,000	1,643
	7.5%	4.4%	1.6%	0.4%	0.5%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%
전북	409,254	240,102	86,618	20,879	27,638	16,832	11,193	4,420	1,572
	6.1%	3.6%	1.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%
전남	593,863	397,184	111,551	23,545	28,432	16,554	11,377	4,075	1,145
	8.9%	5.9%	1.7%	0.4%	0.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%
경북	740,652	460,392	141,973	35,915	46,782	30,083	16,949	6,556	2,002
	11.1%	6.9%	2.1%	0.5%	0.7%	0.5%	0.3%	0.1%	0.0%
경남	660,422	396,791	130,426	36,922	42,270	24,886	17,390	9,283	2,454
	9.9%	5.9%	2.0%	0.6%	0.6%	0.4%	0.3%	0.1%	0.0%
제주	145,829	89,501	29,517	7,338	8,851	5,980	3,216	1,267	159
	2.2%	1.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%

주 : 수록된 수치는 '10. 06월말 기준으로 '10년에 조사한 자료임

A.1.3 기술동향 분석 - 연구논문

비예측 하중을 포함한 건축물의 구조안정성 확보를 위한 기획연구와 관련하여 내진성능평가 및 내진보강에 관한 최근 12년간 (2000. 1. 1 ~ 2011. 8.30) 국제학술지 및 국제학술대회에 발표된 논문을 SCOPUS DB를 통하여 검색하여 분석함. 검색 상세조건 및 결과는 표 2.41과 같음.

표 2.41 논문분석 검색조건

중점 분야	검색어	저자	편수	국가 수	기관 수
제 1 중점 분야	abnormal, unpredictable loads	81	31	13	43
	concret, design		4557		
	Vibration Control, Damper	160*	668	34*	160*
	Isolation	151*	447	42*	123*
제 2 중점 분야	Seismic Performance Evaluation	3101	1272	241	1199
	Seismic Retrofit	2017	949	177	923
제 3 중점 분야	Seismic & low-rise	1310	646	119	649

* 2편이상 제출

가. 제 1 중점 분야

(1) 콘크리트 구조분야

○ 콘크리트구조의 경우 총 4557편의 논문이 출판되었으며, 그중 저널이 3048편, 프로시딩이 1509편 출판되었음. 국내의 경우 총 출판 논문수는 75편

○ 논문 분석

- 그림 2.22과 같이 내진설계, 내진평가, 지진해석 순으로 많은 논문이 출판됨

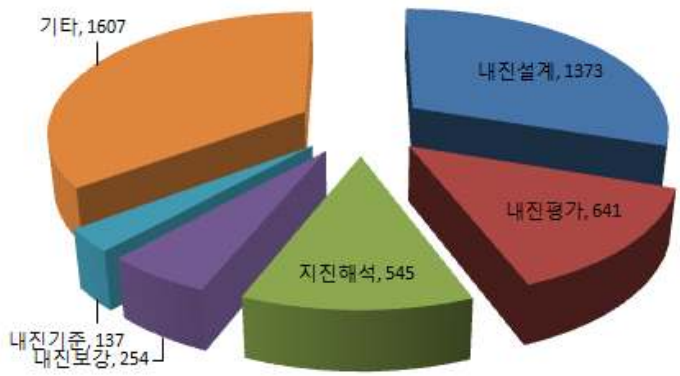


그림 2.22 내용별 논문 분류 (콘크리트구조)

- 골조, 벽체, 기둥, 보의 부재 순으로 많은 논문이 출판되었으며, 2009년도에 가장 많은 논문인 386편이 출판됨(그림 2.23과 2.24참조)
- 국가별로는 중국, 미국 순으로 다수의 논문을 출판됨(그림 2.25참조)

- 기관별로는 Tongji University, Tsinghua University, Beijing University of Technology 등 상위 4개 기관이 중국기관임(그림 2.26참조)

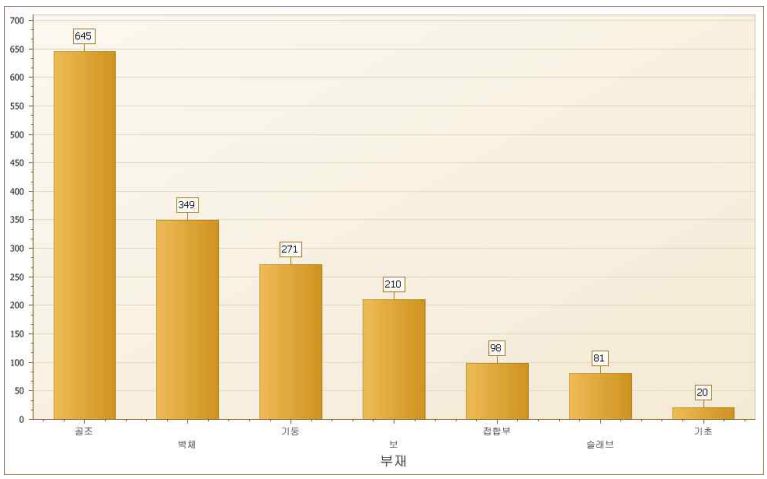


그림 2.23 적용 대상별 논문 분류(콘크리트구조)

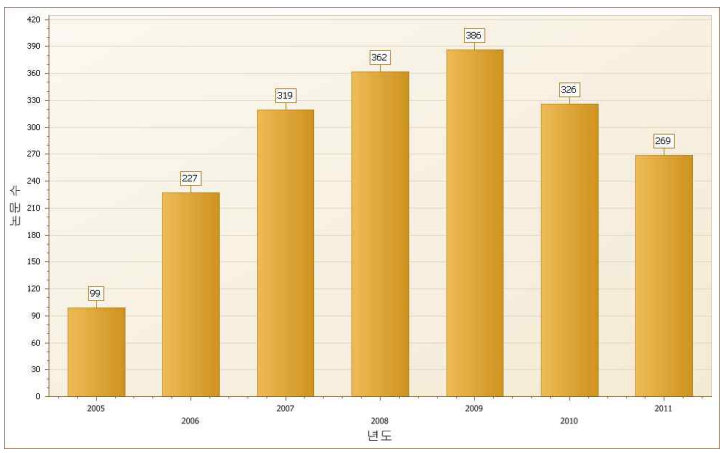


그림 2.24 Seismic RC Design 분야 연도별 논문 수(콘크리트구조)

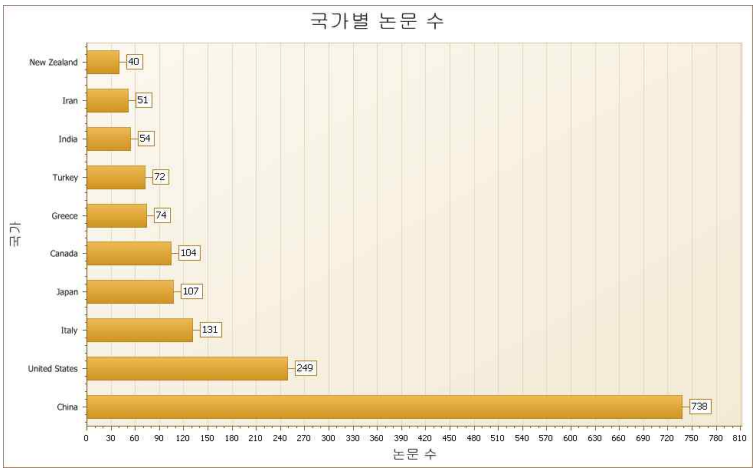


그림 2.25 Seismic RC Design 분야 국가별 논문 수(콘크리트구조)

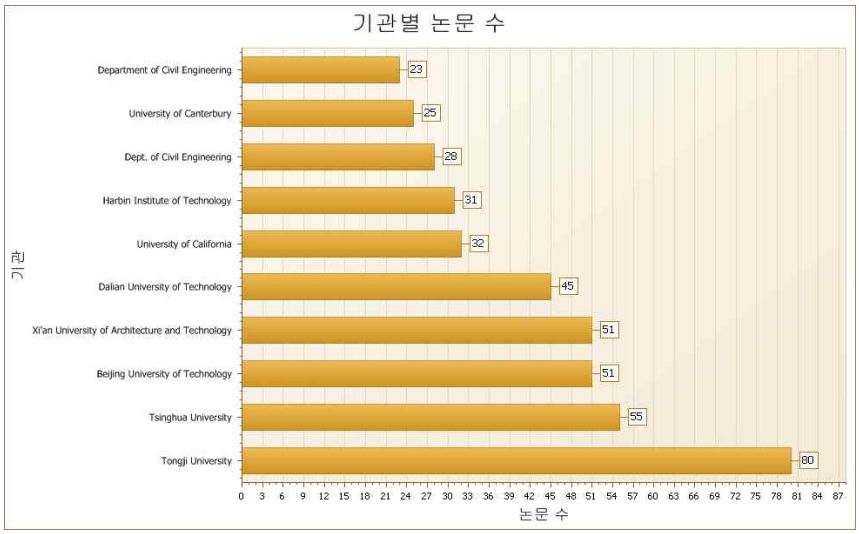


그림 2.26 Seismic RC Design 분야 기관별 논문 수(콘크리트구조)

(2) 강구조분야

○ 강구조의 경우 총 3303편의 논문이 출판되었으며, 그중 저널이 1913편, 프로시딩이 1390편 출판되었음. 국내의 경우 총 출판 논문수는 65편임

○ 논문 분석

- 강구조의 경우 내진설계, 내진평가, 지진해석 순으로 많은 논문이 출판됨(그림 2.27 참조)

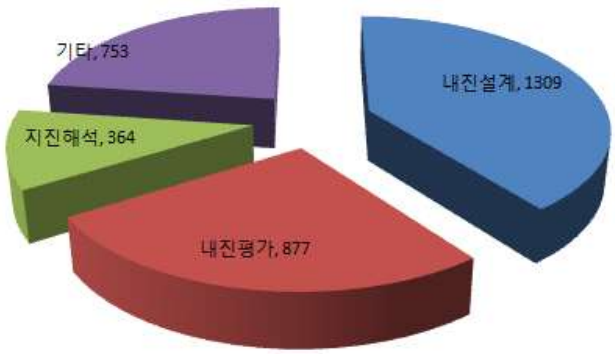


그림 2.27 내용별 논문 분류 (강구조)

- 골조, 기둥, 보, 벽의 부재 순으로 많은 논문이 출판되었으며, 2009년도에 가장 많은 논문인 283편이 출판됨(그림 2.28과 2.29참조)
- 국가별로는 중국, 미국 순으로 다수의 논문을 출판하였음(그림 2.30참조)
- 관별로는 Tongji University, Tsinghua University 등이 다수의 논문을 출판함(그림 2.31참조)

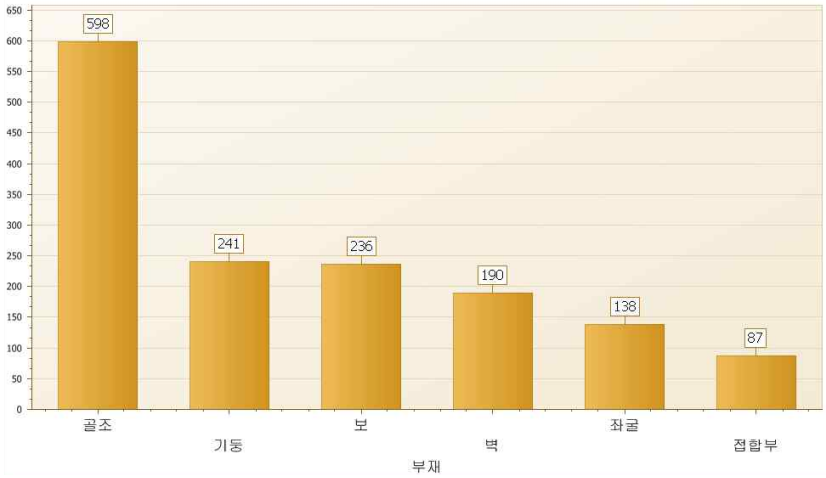


그림 2.28 적용 대상별 논문 분류(강구조)

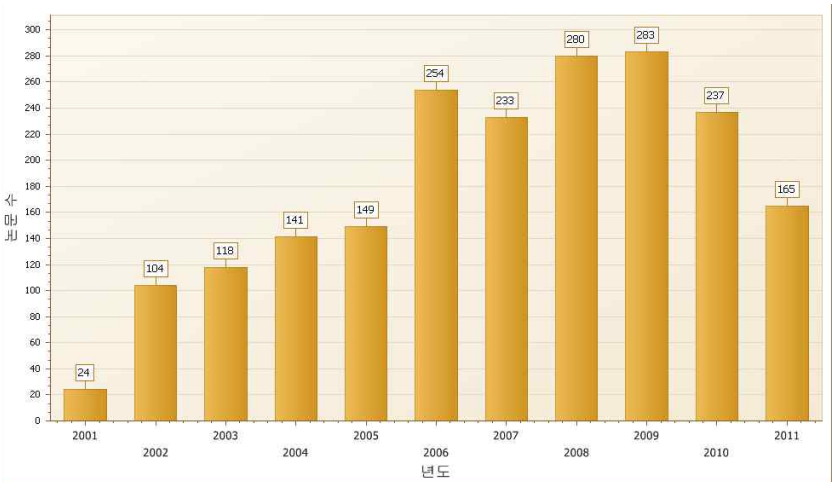


그림 2.29 Seismic RC Design 분야 연도별 논문 수(강구조)

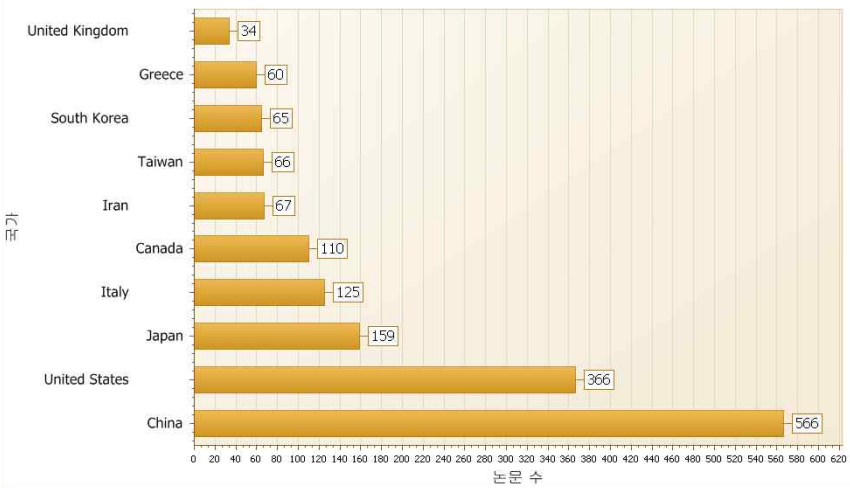


그림 2.30 Seismic RC Design 분야 국가별 논문 수(강구조)

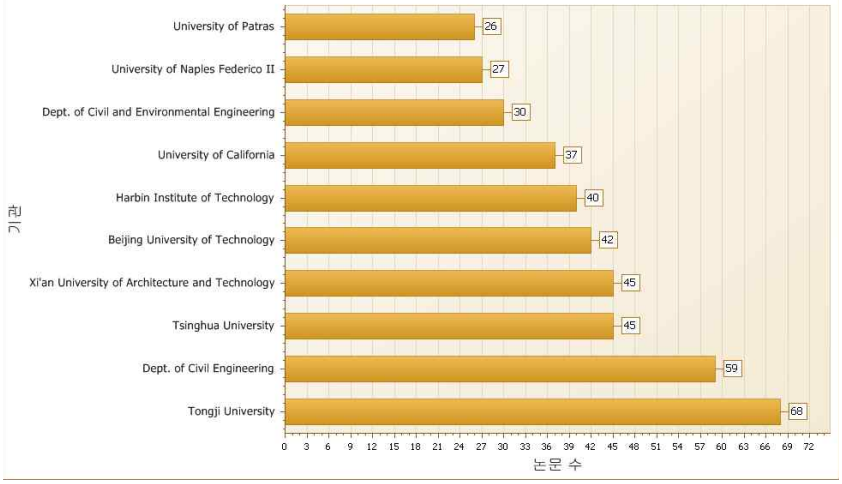


그림 2.31 Seismic RC Design 분야 기관별 논문 수(강구조)

(3) 비구조재 분야

○ 국내의 논문들은 주로 비구조재의 지진 거동 등을 다루고 있으며, 미국의 경우는 보다 다양한 분야에서 비구조요소의 내진성능 평가 및 설계와 관련된 연구들이 이루어졌고, 특히 미국의 경우 비구조요소의 설계기준 및 표준화된 성능평가법 등과 관련된 연구가 다수 이루어진 것으로 분석됨

○ 논문 분석

- 년도별 논문 현황을 살펴보면, 1990년대 이후 관련 연구가 증가하며 2000년대 이후 다수의 연구들이 이루어진 것을 볼 수 있으며, 2008년 이후에는 연간 약 40여 건의 관련 논문들이 발표된 것으로 보아 선진국에서도 최근에 관련된 연구들이 집중되고 있는 것으로 분석됨(그림 2.32 참조)



그림 2.32 연도별 논문 현황

○ 국내와 국외의 비구조재 내진성능과 관련된 주요 논문들은 다음과 같음

• 국내

- 비구조재의 내진설계 필요성에 관한 일반 학술기사

김장훈, 비구조요소의 내진설계, 대한건축학회지 48권 8호, 2004년 8월, 53-56.

김대곤, 비구조재 및 비건물재의 내진설계 필요성, 대한건축학회지 52권 10호, 2008년 10월, 49-52.

- 비내력벽

고현 외 3인, 비내력벽을 가진 RC모멘트저항골조의 지진거동 평가, 한국지진공학회 논문집, 14권 5호, 2010년 10월, 13-22.

이태형 외 1인, 비구조요소 (건식벽)의 내진성능 평가, 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 14권 5호, 2010년 10월, 13-22.

이상현 외 4인, 조적 끼움벽 및 허리 벽을 가지는 철근콘크리트 골조 내진성능 평가, 한국지진공학회 추계학술발표회 논문집, 14권 5호, 2010년 10월, 13-22.

진희종, 조적치장 벽체의 내진성능평가, 한양대학교 석사학위논문, 2009.

- 외장재

김태영 외 1인, 외장재의 내진설계, 한국공간구조학회지, 7권 1호, 2007년 2월, 21-25.

- 물탱크

윤석한 외 2인, 지진발생시 아파트 옥탑층 물탱크의 구조적 영향 평가, 한국지진공학회 논문집, 3권 1호, 1999년 3월, 29-39.

- 통신설비

이상무 외 1인, 통신설비 적용 내진 규격기준 프레임워크, 한국지진공학회 논문집, 12권 2호, 2008년 4월, 45-52.

- 소방 시설

신이철 외 4인, 소방시설 내진설계의 필요성과 기준정비에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 23권, 2호, 6-12, 2009.

- 파이프

정우영 외 1인, 철근콘크리트 구조물 내 부착된 수계 관망시스템의 내진거동 및 손상예측, 한국지진공학회 논문집, 15권 3호, 2011년 6월, 37-43.

이동명, 수계파이프 시스템의 내진설계에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지, 22권, 1호, 10-15, 2008.

- Access Floor

임호철 외 4인, 지진하중에 의한 내진 액세스플로어의 동적해석, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 구조계 31권, 1호, 2011, 4월 30일,

.설비 지지용 rack

구청수, 지진대비 비구조요소 보강사례, 한국방재학회지, 6권, 4호, 2006년, 65-72.

(삼성전자 기흥반도체의 장비 및 설비 지지철골 rack에 대한 학술기사.)

• 국외

- 비내력벽

Nsksdhims, M. et al., Test on full-scale three-story steel moment frame and

assssment of ability of numerical simulation to trace cyclic inelastic behavior, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol 35, 2006, 3-19.
Lang, A.F. et al., Seismic performance evaluation of gypsum wallboard partitions, Proceedings of 8th US National Conference on Earthquake Engineering (EERI), San Francisco, CA, USA, Paper No. 1353, 2006.
Pujol S. et al., The test of a full-scale three-story RC structure with masonry infill walls, Engineering Structures 32(2010), 3112-3121.
- 병원 설비
G.P. Cimellaro, C. Fumo, A.M. Reinhorn and M. Bruneau, Quantification of Disaster Resilience of Health Care Facilities, MCEER-09-0009, 9/14/2009, 212 pages.
Monti, G. et al., A procedure for assessing the functional reliability of hospital systems, Structural Safety, Vol. 18 No 4, 1996, 277-292.
- 천장
H. Badillo-Almaraz, A.S. Whittaker, A.M. Reinhorn and G.P. Cimellaro, Seismic Fragility of Suspended Ceiling Systems, MCEER-06-0001, 2/4/2006, 252 pages.
.앵커링 되어있지 않은 비구조재의 미끄러짐 실험
W.H. Chong, T.T. Soong, Sliding Fragility of Unrestrained Equipment in Critical Facilities, MCEER-00-0005, 6/28/2000, 140 pages.
Chaudhuri S.R., et al., Characterizing frictional behavior for use in predicting the seismic response of unattached equipment, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25(2005), 591-604.
- 면진장치/감쇠기가 비구조 요소에 미치는 영향
Wanitkorkul A. et al., Influence of passive supplemental damping systems on structural and nonstructural seismic fragilities of a steel building, Engineering Structures 30(2008), 675-682.
Lu L.Y. et al., Predictive control of smart isolation system for precision equipment subjected to near-fault earthquake, Engineering Structures 30(2008), 3045-3064.
- 탱크 지지구조
Sezen, H. et al., Dynamic analysis and seismic performance evaluation of above-ground liquid-containing tanks, Engineering Structures 30(2008), 794-803.
- 창유리
Sucuoglu H. et al., Behaviour of window glass panels during earthquake, Engineering Structures, Vol 19 No 8, 1997, 685-694.
Pantelides C P. et al., Development of a loading history for seismsic testing of architectural glass in a shop-front wall system, Engineering Structures, Vol 18 No 12, 1996, 917-935.
- 지붕에 사용되는 비구조재 보드의 내진 영향
Mastrogiuseppe S, et al., Influence of nonstructural components on roof diaphragm stiffnessw and fundamental periods of single-storey steel buildings, Journal of

Constructional Steel Research, 64(2008), 214-227.

- Code 검토

Medina R.A., et al., Floor response spectra for light components mounted on regular moment-resisting frame structures, Engineering Structures, 28(2006), 1927-1940.

Mosqueda G., et al. Full-Scale Experimental Facility and Loading Protocols for Seismic Performance Assessment of Nonstructural Systems, Structures Congress/North American Steel Construction Conference; NASCC 2010 , pp.2621 - 2632 , 2010

- 비선형 비구조 요소

Villaverde R., et al., Simple method to estimate the seismic nonlinear response of nonstructural components in buildings, Engineering Structures, 28(2006), 1209-1221.

(4) 진동제어장치 및 시스템 관련

○ 연차별 논문발표 동향

- 그림 2.33에서 보는 바와 같이 2006년을 기점으로 발표 논문 수 급격히 증가하고 있으며, 2011년 논문 수는 조사시점을 감안하면 약 320편(Damper관련 159편, Isolation관련 161편) 정도 예상되며, 표 2.41에 제외된 일본어로 작성된 논문(5098편)을 고려하면 진동제어 관련 논문은 총 6200편 정도 예상되며, 지속적인 증가 예상됨

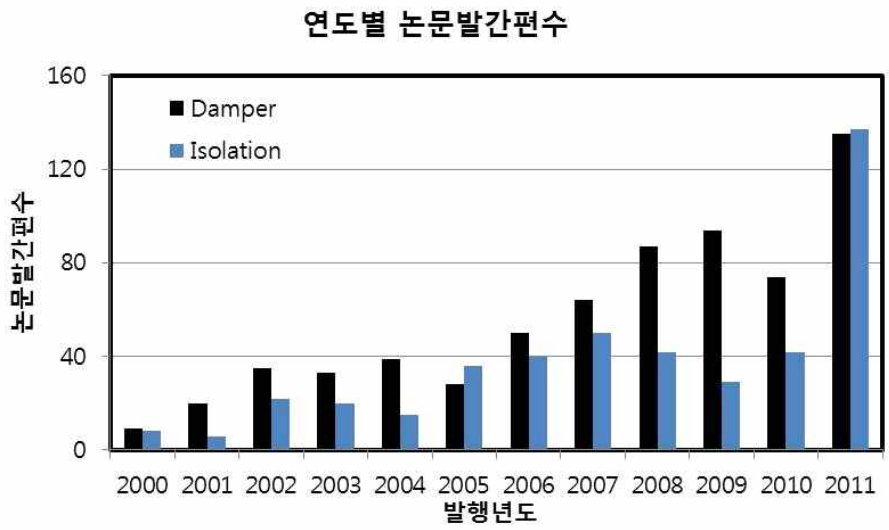


그림 2.33 연간 진동제어 장치 및 시스템 관련 연구논문 편수 변화 (2000~2011)

○ 국가별 논문발표 동향

- 그림 2.34에서 보는 바와 같이 중국, 미국, 일본 순으로 논문 발표를 많이 하였으

나, 일본어로 발표한 논문을 포함하면 일본의 논문 발표 편수가 독보적임

- 우리나라의 경우에 중국, 미국, 일본 다음으로 많은 논문을 발표하였으나, 지진발생 빈도를 고려하면 논문 발표 편수가 상대적으로 많은 편임
- 이는 진동제어장치 및 시스템에 대한 국가/사회적 관심도 뿐만 아니라 국내 연구진의 관련분야에 대한 우수한 연구역량을 반영하고 있은 것으로 보임

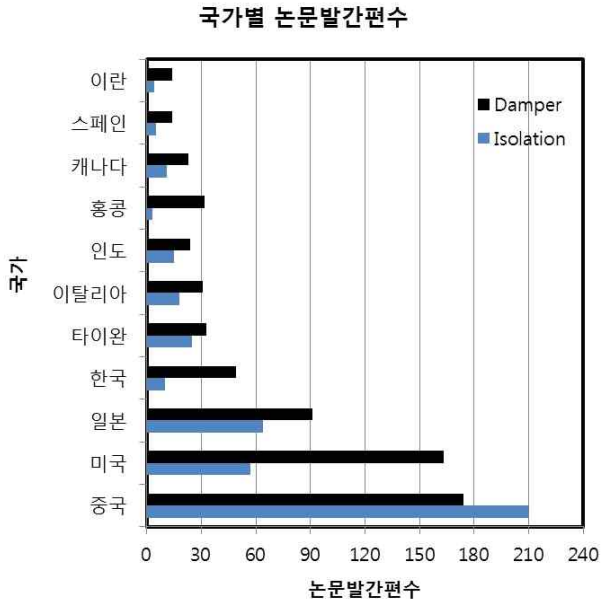


그림 2.34 진동제어 장치 및 시스템 관련 국가별 연구논문 편수 (2000~2011)

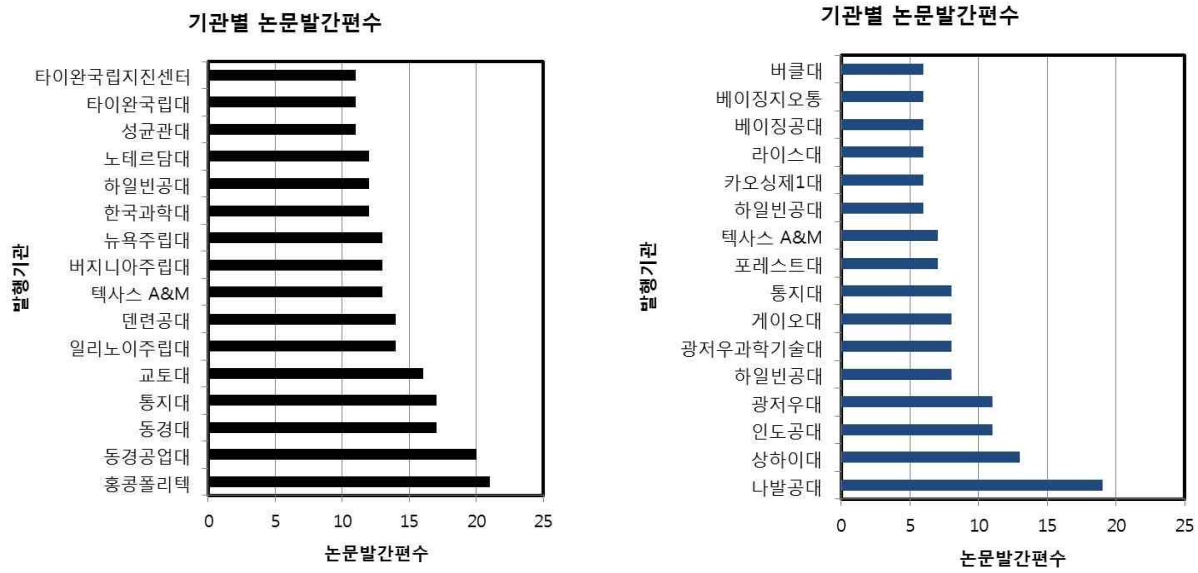
○ 기관별 논문발표 동향

- 그림 2.35에서 보는 바와 같이 중국에 위치한 연구기관이 최다 논문발표 편수를 기록하였는데 이는 중국내 쓰촨성 지진이후 지진에 대한 연구관심도 증가를 반영하는 것으로 판단되며, 그 외 미국, 일본, 대만 등 강진지역에 위한 국가의 연구기관이 상위권에 있음
- 국내에서도 성균관 대학교와 한국과학기술대가 각 각 11위와 14위에 랭크됨

○ 진동제어장치 종류별 논문발표 동향

- 그림 2.36와 표 2.42는 최근 6년동안 발표된 진동제어 장치관련 논문을 진동제어 장치의 종류별로 분류하여 추세를 표시함
- 진동제어 장치별 논문발표 추세점성댐퍼(Viscous Damper, VD)에 대한 연구논문 발표 급격한 증가 추세인데, 이는 점성댐퍼가 바람과 지진을 포함한 다양한 진동원에 대한 구조물 진동제어 성능을 보유하고 있으며, 고층건물에 대한 우수한 진동제어 성능에 기인하는 것으로 판단됨
- 능동형 댐퍼 뿐만 아니라 수동형 댐퍼에 대한 연구도 지속적으로 수행되고 있음

- 고무계열을 이용한 면진장치 및 시스템에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 면진장치와 댐퍼를 함께 사용하는 하이브리드 계열의 면진장치 및 시스템에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있음



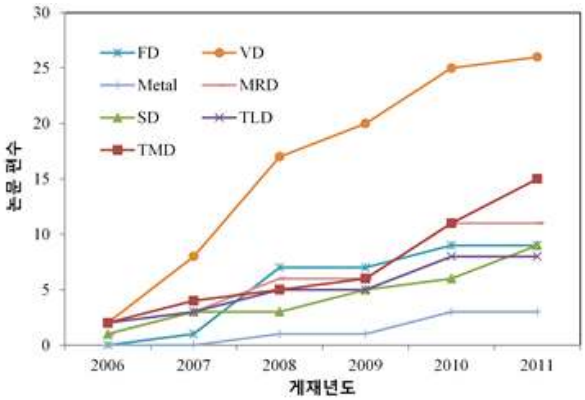
댐퍼관련 논문발표 기관 면진관련 논문발표 기관

그림 2.35 진동제어 장치 및 시스템 관련 기관별 연구논문 편수 (2000~2011)

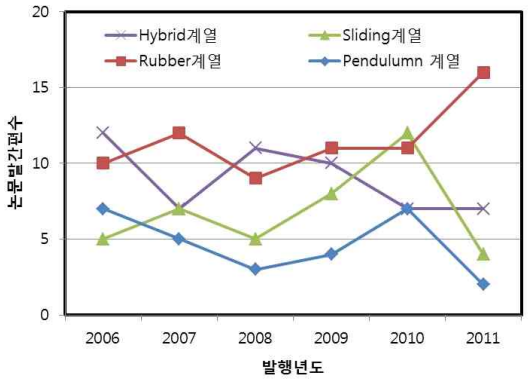
표 2.42 진동제어장치 및 시스템 관련 발행기관별/장치 종류별 논문 편수

Types		ASCE	EESD	ES	SDEE	total
Passive Energy Dissipation Devices	Friction Dampers	24	13	18	1	56
	Metallic Dampers	2	1	6	0	9
	Viscous Damper	41	23	20	2	86
	Oil Damper	2	4	1	0	7
	Tuned Mass Dampers	31	49	37	1	118
	Tuned Liquid Dampers	17	19	33	0	69
Active Energy Dissipation Devices	Semi-Active Dampers	2	2	3	0	7
	Fluid viscous dampers	10	12	8	0	30
	MR Dampers	13	10	7	1	31
	Active Variable Stiffness	0	4	5	0	9
	Active Mass Damper	4	34	19	0	57
	Hybrid Mass Damper	1	11	9	0	21

ASCE: Journal of structural engineering, ASCE, EESD: Earthquake engineering and structural dynamics
ES: Engineering structures, SDEE: Soil dynamics and earthquake engineering



댐퍼종류별 논문발표 추세



면진종류별 논문발표 추세

그림 2.36 진동제어 장치 및 시스템 종류별 연구논문편수 변화 (2006~2011)

○ 진동제어장치 종류별 최신 연구논문 주제

- 표 2.43는 진동제어장치별 최신 연구논문 주제를 정리하였으며, 고성능 및 적용성을 우선시하는 진동제어장치 개발 및 설계방법론 제시를 목표로 하는 다수의 논문이 발표되고 있는 추세임

표 2.43 최신 진동제어장치 연구논문 주제

Types		Titles	저자 / Journal
Passive Energy Dissipation Devices	Friction Dampers	Modeling Combined Friction-Viscous Damping in Response of Hollow Core Composite Insulators	(G. P. Cimellaro,H. Roh,M. Fahad,A. M. Reinhorn, and A. Schiff) Proceedings of the 2010 Structures Congress
		Optimal Tuning of Amplitude Proportional Coulomb Friction Damper for Maximum Cable Damping	(F. Weber, J. Høgsberg, and S. Krenk) J. Struct. Eng. 136, 123 (2010)
		Seismic Rehabilitation of Extreme Soft-Story School Building with Friction Dampers Using the ASCE 41 Standard	(P. E. Oyen and J. C. Parker) Proceedings of the 2009 ATC & SEI Conference on Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures
		Friction Damped Posttensioned Self-Centering Steel Moment-Resisting Frames	(Hyung-Joon Kim and Constantin Christopoulos) J. Struct. Eng. 134, 1768 (2008)
	Metallic Dampers	Damping Parameter Identification and Study of Metal Foam Filled Steel Tube	(Yongqing Tu and Guangyuan Wang) J. Mater. Civ. Eng. 22, 397 (2010)
		Effect of Supplemental Viscous Damping on the Seismic Response of Structural Systems with Metallic Dampers	(Ramiro Vargas and Michel Bruneau) J. Struct. Eng. 133, 1434 (2007)
		Experimental study of structure with "dual function" metallic dampers	(Li H.N., Li G.) Engineering structures v.29 no.8 , pp.1917 - 1928 , 2007
	Viscous Damper	Seismic Design of a 15 Story Hospital Using Viscous Wall Dampers	(James Newell, Jay Love, Mark Sinclair, Yu-Ning Chen, and Amarnath Kasalanati) Structures Congress 2011
		Modeling Combined Friction-Viscous Damping in Response of Hollow Core	(G. P. Cimellaro, H. Roh, M. Fahad, A. M. Reinhorn, and A. Schiff)

Types		Titles	저자 / Journal
		Composite Insulators	Structures Congress 2010
		Stochastic Response of an Inclined Shallow Cable with Linear Viscous Dampers under Stochastic Excitation	(Qiang Zhou, Søren R. K. Nielsen, and Weilian Qu) J. Eng. Mech. 136, 1411 (2010)
		Design and Experimental Investigation on a New Type of SMA-Fluid Viscous Damper	(S. Yan, Q. Wang, and W. Wang) Earth and Space 2010
	Oil Damper	Switching Oil Damper with Built-in Controller for Structural Control	(Haruhiko Kurino, Jun Tagami, Kan Shimizu, and Takuji Kobori) J. Struct. Eng. 129, 895 (2003)
		Vibration of Inclined Sag Cables with Oil Dampers in Cable-Stayed Bridges	(Y. L. Xu and Z. Yu) J. Bridge Eng. 3, 194 (1998)
	Tuned Mass Dampers	Adaptive Compensation for Detuning in Pendulum Tuned Mass Dampers	(A. J. Roffel, R. Lourenco, S. Narasimhan, and S. Yarusevych) J. Struct. Eng. 137, 242 (2011)
		Seismic Energy Dissipation of Inelastic Structures with Multiple Tuned Mass Dampers	(Kevin K. F. Wong and Jerod Johnson) J. Eng. Mech. 135, 265 (2009)
		Seismic Energy Dissipation of Inelastic Structures with Tuned Mass Dampers	(K. K. F. Wong) J. Eng. Mech. 134, 163 (2008)
	Tuned Liquid Dampers	Prediction of Tuned Liquid Damper Damping Force Based on Back Propagation Neural Network	(Wei Peng and C. S. Cai) Earth and Space 2010
		The Behaviour of Tuned Liquid Dampers — Experiment and Analytical Solution	(D. Ostermann) TCLEE 2009
		Fundamental Frequency of Water Sloshing Waves in a Sloped-Bottom Tank as Tuned Liquid Damper	(Meziane Idir, Xiaohua Ding, Menglin Lou, and Genda Chen) Proceedings of the 2009 Structures Congress
	Tuned Liquid Column Dampers	Alternative Approach to Optimal Tuning Parameter of Liquid Column Damper for Seismic Applications	(Aparna Ghosh and Biswajit Basu) J. Struct. Eng. 133, 1848 (2007)
		Semiactive Tuned Liquid Column Dampers: Experimental Study	(Swaroop K. Yalla and Ahsan Kareem) J. Struct. Eng. 129, 960 (2003)
		Optimum Absorber Parameters for Tuned Liquid Column Dampers	(Swaroop K. Yalla and Ahsan Kareem) J. Struct. Eng. 126, 906 (2000)
	Semi-Active Fluid Dampers	Semi-Active Vibration Control of Stay Cables Incorporated with Magneto-Rheological Fluid Damper	(M. Liu, H. Li, G. Song, and J. P. Ou) Proceedings of the 11th International Conference on Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments 2008
		Analytical Modeling of Regenerative Chatter Reduction in Milling Using Magneto-Rheological Fluids Actuation by Semi-Active Damping Control	(Oscar Martínez, Luyu Li, Gangbing Song, Alex Elias, and Ciro Rodríguez) Proceedings of the 11th International Conference on Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments 2008
	Fluid viscous dampers	Design and Experimental Investigation on a New Type of SMA-Fluid Viscous Damper	(S. Yan, Q. Wang, and W. Wang) Earth and Space 2010
		Fluid Dynamics and Behavior of Nonlinear Viscous Fluid Dampers	(Chien-Yuan Hou) J. Struct. Eng. 134, 56 (2008)
		Experimental and Theoretical Investigations of Equivalent Viscous Damping of Structures with TLCD for Different Fluids	(Shane Colwell and Biswajit Basu) J. Struct. Eng. 134, 154 (2008)
	Magnetorheological Dampers	Vibration Control of Stay Cables of the Shandong Binzhou Yellow River Highway Bridge Using Magnetorheological Fluid Dampers	(Hui Li, Min Liu, Jinhai Li, Xinchun Guan, and Jinping Ou) J. Bridge Eng. 12, 401 (2007)
		Cable Vibration Control with a Magnetorheological Fluid Based Tuned Mass Damper	(W. J. Wu and C. S. Cai) Earth & Space 2006
		Experimental Study of Sliding Base-Isolated Buildings with	(Sanjay Sahasrabudhe and Satish Nagarajaiah)

Types		Titles	저자 / Journal
		Magnetorheological Dampers in Near-Fault Earthquakes	J. Struct. Eng. 131, 1025 (2005)
		Response Control of Full-Scale Irregular Buildings Using Magnetorheological Dampers	(Osamu Yoshida and Shirley J. Dyke) J. Struct. Eng. 131, 734 (2005)
	Active Variable Stiffness	Improvement of near-fault seismic isolation using a resettable variable stiffness damper	(Lu L.Y., Lin G.L.) Engineering structures v.31 no.9 , pp.2097 - 2114 , 2009
		Short time Fourier transform algorithm for wind response control of buildings with variable stiffness TMD	(Nagarajaiah S., Varadarajan N.) Engineering structures v.27 no.3 , pp.431 - 441 , 2005
		Feed-forward control of active variable stiffness systems for mitigating seismic hazard in structures	(Pnevmatikos N.G., Kallivokas L.F., Gantes C.J.) Engineering structures v.26 no.4 , pp.471 - 483 , 2004
		Control of seismic-excited buildings using active variable stiffness systems	(J. N.Y., J. C.W., Z. L.) Engineering structures v.18 no.8 , pp.589 - 596 , 1996
	Active Mass Damper	Active Multiple Tuned Mass Dampers: A New Control Strategy	(Chunxiang Li, Yanxia Liu, and Zhaomin Wang) J. Struct. Eng. 129, 972 (2003)
		Rule-Based Control Algorithm for Active Tuned Mass Dampers	(Masato Abé) J. Eng. Mech. 122, 705 (1996)
		Control of Buildings Using Active Tuned Mass Dampers	(C. C. Chang and Henry T. Y. Yang) J. Eng. Mech. 121, 355 (1995)
	Hybrid Mass Damper	Hybrid Base Isolation-Passive Mass Damper Systems	(Y. Arfiadi and M. N. S. Hadi) Computing in Civil and Building Engineering (2000)

나. 제 2 중점 분야

(1) 내진성능평가 분야

○ 연차별 논문발표 동향

- 논문수가 연도별로 급격히 증가하여 2009년에 최다 논문 발표되었고, 2010년 들어서 주춤한 상태이나 2011년 논문 수는 조사시점 감안하여 200편 정도 예상됨

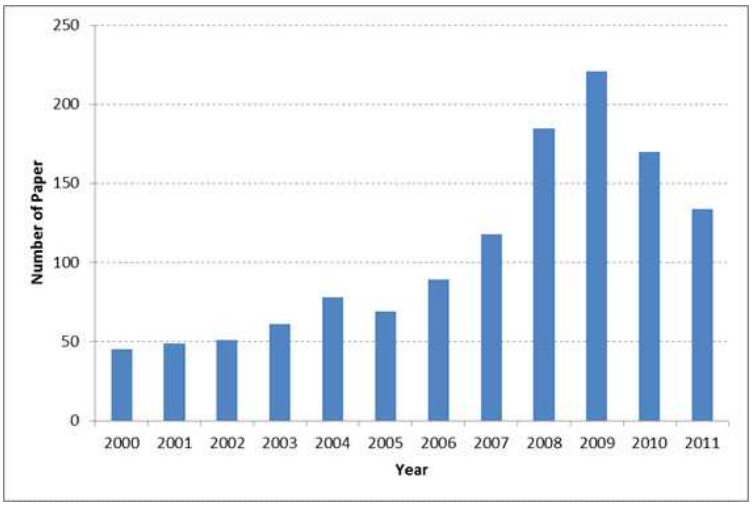


그림 2.37 연간 내진성능평가 관련 연구논문 편수 변화 (2000~2011)

○ 국가별 논문발표 동향

- 최다논문 발표국은 미국으로 중국, 일본, 이탈리아 순으로서 지진 빈발국임
- 우리나라의 경우에 캐나다와 동률 5위임
- 지진발생 빈도를 고려하면 논문 발표 수는 다수이며, 국가/사회적 관심도를 반영하고 있는 것으로 보임

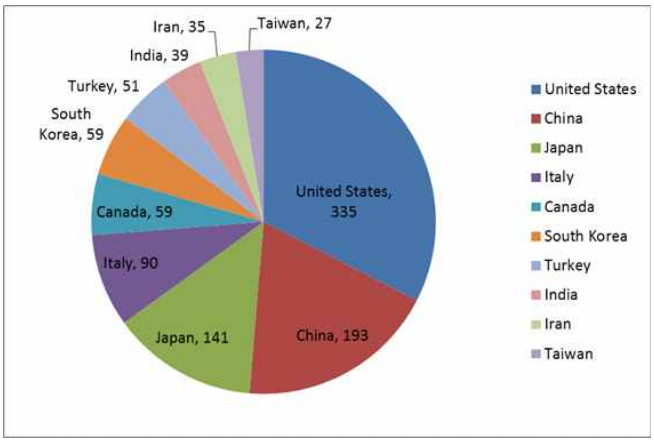


그림 2.38 주요 국가의 내진성능평가 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

○ 국가간 네트워크 분석

- 논문편수 10위권 내 국가는 모두 미국과 공동 논문 발표하였으며, 공동논문 발표수가 5개국 이상인 국가는 일본, 이탈리아, 캐나다, 터키 순이며, 우리나라는 미국, 일본, 터키 3국과 공동 논문 발표함
- 특히 논문 발표 수 상위권 국가 중 2위 중국과의 공동연구 없음

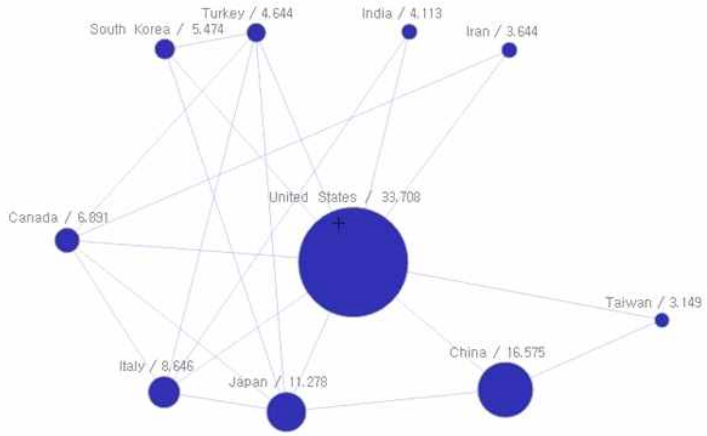


그림 2.39 주요 국가의 내진성능평가 관련 연구논문 네트워크 분석 (2000~2011)

○ 기관별 논문발표 동향

- 캘리포니아 대학이 최다로서 강진 지역의 특수성이 반영된 것으로 판단되며, 미국이 9개, 중국이 4개, 일본은 1개 대학이 20위권에 포함되며, 국내에서도 성균

관 대학교가 11위에 랭크됨

표 2.44 주요 연구기관의 내진성능평가 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

순위	연구기관	편수
1	University of California	42
2	Tongji University	26
3	Dalian University of Technology	20
4	Georgia Institute of Technology	18
5	Harbin Institute of Technology	17
6	Stanford University	14
7	Tokyo Institute of Technology	14
8	Middle East Technical University	13
9	Xi'an University of Architecture and Technology	13
10	University of Illinois at Urbana-Champaign	12
11	**Sungkyunkwan University**	**11**
12	Texas A and M University	11
13	University of Canterbury	11
14	University of Washington	11
15	University at Buffalo	10
16	University of Illinois	10
17	University of Naples Federico II	10
18	University of Salerno	10
19	Lehigh University	9
20	National Technical University of Athens	9

○ 키워드 분석 - 저자 키워드

• 저자 키워드 빈도수

- 10 편 이상 채택된 키워드 중에서는 seismic performance, performance evaluation 등 포괄적인 키워드가 상위권을 점유함.
- Pushover analysis, Nonlinear analysis 등 구조해석관련 키워드가 상위권에 포함됨.
- 기타 20 편 미만 키워드는 편수의 차이가 크지 않음
- 지진 후 복구를 위한 잔존성능 평가와 관련된 키워드로는 post-earthquake, restoration이 각각 1건, 1건으로서 관련 연구가 매우 부족한 것으로 나타남

- Cost 관련하여 대부분 LCC 분석에 관한 것으로서 11건임

• 저자 키워드 증가율
  - 10편 이상 채택된 저자 키워드 (author keyword) 대상
  - 2000~2005년 논문 수(A) 대비 2006~2011년 논문 수(B)의 증가율(B/A)을 조사함.
  - 5배 이상 증가한 키워드는 다음과 같음 (다수 키워드 순)

  Seismic performance evaluation

  Reliability

  Fragility

  Incremental dynamic analysis

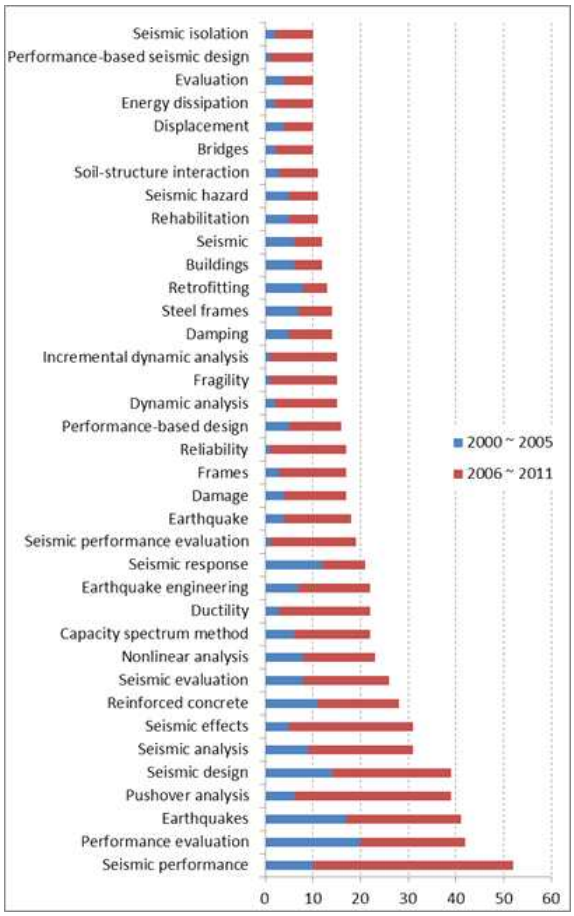
  Performance-based seismic design

  Dynamic analysis

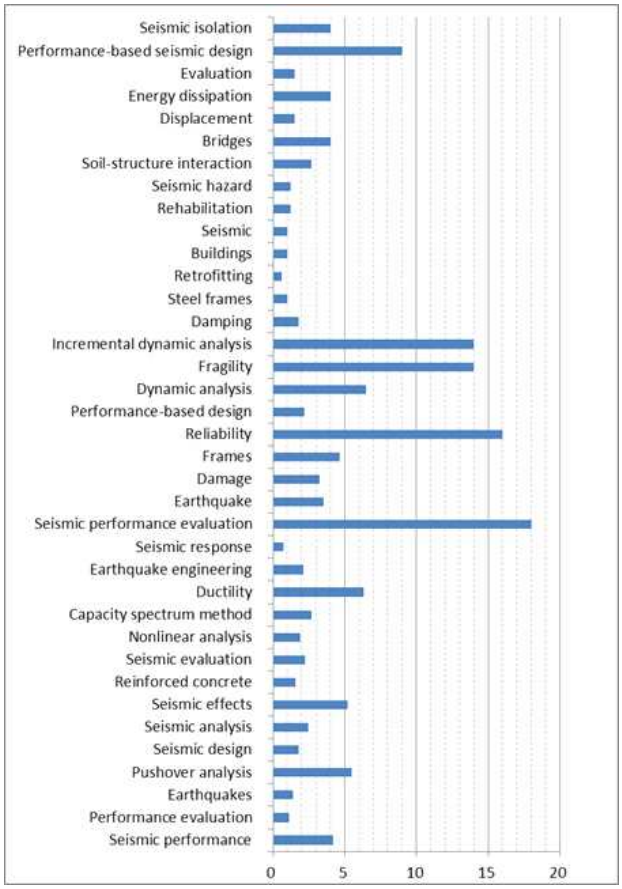
  Ductility

  - Reliability, Fragility, Incremental dynamic analysis 등 지진의 세기와 특성에 내재된 불확실성을 고려한 확률적 평가와 관련된 논문이 크게 증가함을 알 수 있음
  - 아울러서 성능기반 내진설계 관련 논문의 증가는 기존건축물의 내진성능 평가기법을 신축건물의 내진설계로 확장하여 전체적으로 일관성 있는 차세대 내진 코드의 개발 움직임과 관련이 있다고 판단됨
  - 그 밖에 12년간 논문 편수로 볼 때에 Pushover Analysis 관련 논문이 많은 것으로 나타났으나 최근 들어서는 동적해석 방향으로 연구가 확장되고 있음을 알 수 있음
  - 또한 건축물의 연성도를 주제로 하는 논문이 크게 증가하였으며, 내진성능 평가 시 가장 중요한 지표인 변형능력에 대한 관심이 높아지고 있음을 알 수 있음

○ 키워드 분석 - 인덱스 키워드
• 검색결과에 포함된 인덱스 키워드 중 30위권을 조사함
• 빈도수 1위 및 4위 키워드가 각각 seismology 및 seismic waves로서 국내 지진의 진원, 전파 특성 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단됨
• 비 공학 분야의 키워드로서 지진의 경제, 사회적 영향을 평가하는 Risk assessment 관련 연구가 포함되어 있음 (전체 논문의 6%)
• 지진 후 복구를 위한 잔존성능 평가와 관련된 키워드로는 post-earthquake, restoration이 각각 0건, 3건으로서 관련 연구가 매우 부족한 것으로 나타남
• Cost 관련하여 97건으로서 점차 증가하는 추세임.



내진성능평가 관련 연구논문의 주요 저자 키워드 빈도수 (2000~2011)



내진성능평가 관련 연구논문의 저자 키워드 빈도수 증가율

그림 2.40 주요 국가의 내진성능평가 관련 연구논문 분석 (2000~2011)

(2) 내진보강 분야

○ 내진보강은 기존 건축물에 강성과 강도를 증가시켜 건축물의 내진성능을 향상시키는 방법과 진동제어장치를 사용하여 건축물의 진동성능을 향상시켜 지진에 대한 저항력을 증대시키는 방법이 있으며, 이 중 진동제어장치에 대한 동향조사는 제 1 중점분야에서 언급하였기 때문에 제 2 중점분야에서는 별도의 기술을 생략함

○ 연차별 논문발표 동향

- 전체적으로 2009년까지는 증가추세로 볼 수 있으나,
- 반면에 2009년 이후 감소 추세임
- 2011년 논문 수는 조사 시점을 감안하여도 연말에 약 100편 수준 예상
- 기술이 안정화 단계에 들어서고 있는 것으로 판단됨

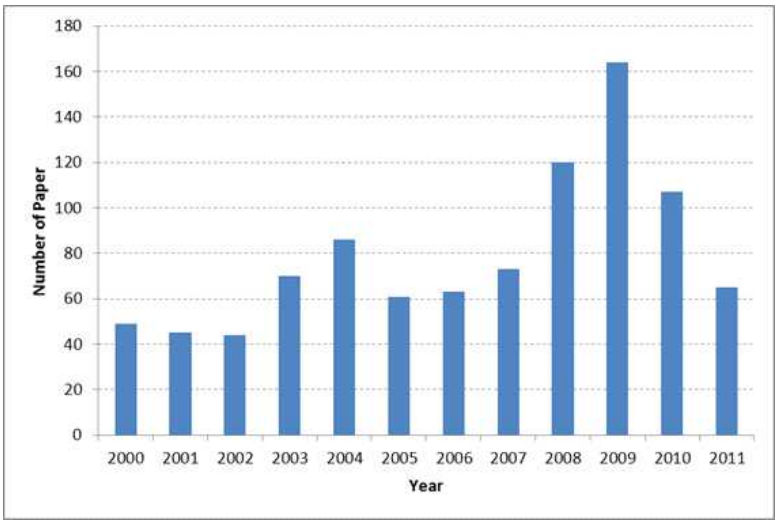


그림 2.41 연간 내진보강 관련 연구논문 편수 변화 (2000~2011)

○ 국가별 논문발표 동향

- 최다 논문 발표국 : 미국
- 일본, 중국, 이탈리아 순으로서 지진 빈발국임
- 내진성능 평가와 비교 시 일본과 중국의 순위가 바뀜
- 보강에 관해서는 일본의 기술력이 앞서가고 있음을 알 수 있음
- 우리나라는 캐나다에 이어 발표 순위 6위임
- 지진 발생빈도를 고려 시 다수의 논문을 발표하고 있으나 성능 평가 논문 수에 비하면 약 1/2 수준으로서 상대적으로 적은 편임

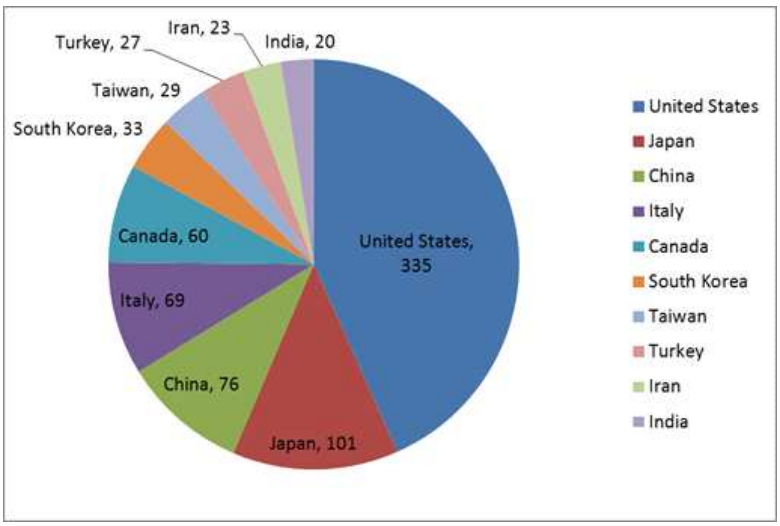


그림 2.42 주요 국가의 내진보강 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

○ 국가간 네트워크 분석

- 논문 편수 10위권 이내 국가는 모두 미국과 공동논문을 발표함
- 일본, 중국이 4개국과 공동논문을 발표하였으며, 캐나다, 대만은 3개국, 우리나라와 터키는 2개국과 공동논문을 발표하였음
- 3위권 이상의 경우에 4개국 이상과 공동논문을 발표하였으며, 다양한 국제공동연구가 성과 증대에 도움이 될 것으로 판단됨
- 우리나라는 상위권 국가 중 중국과의 공동연구가 없음

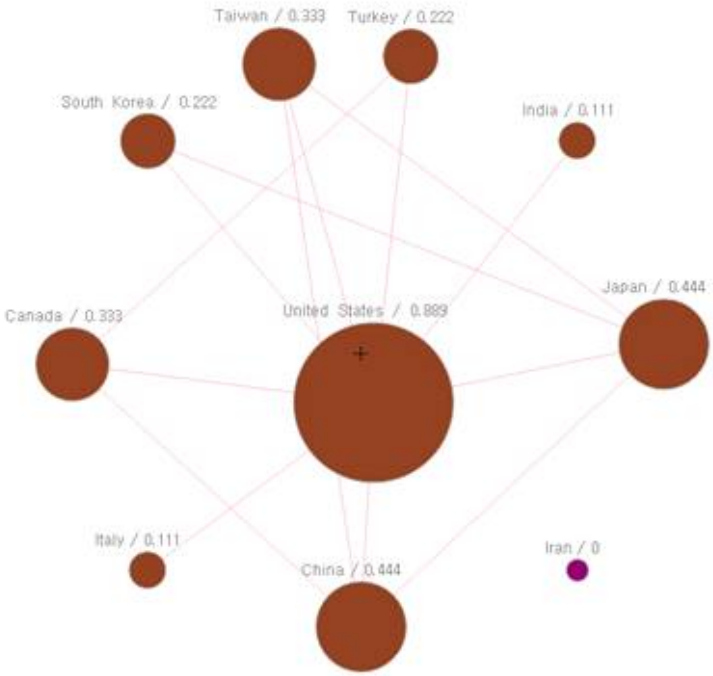


그림 2.43 주요 국가의 내진보강 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

○ 기관별 논문발표 동향

- 미국 캘리포니아 대학이 최다 논문발표 기관으로 나타났으며, 강진지역의 특수성을 반영하고 있다고 보임
- 미국 대학이 7개로서 가장 많은 기관이 20위권에 포함되어 있음
- 대학 이외의 기관(연구소나 기업)이 4개 포함되어 성능평가에 비해 실용화에 초점이 맞춰진 연구가 이루어지고 있는 것으로 추정됨

표 2.45 주요 연구기관의 내진보강 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

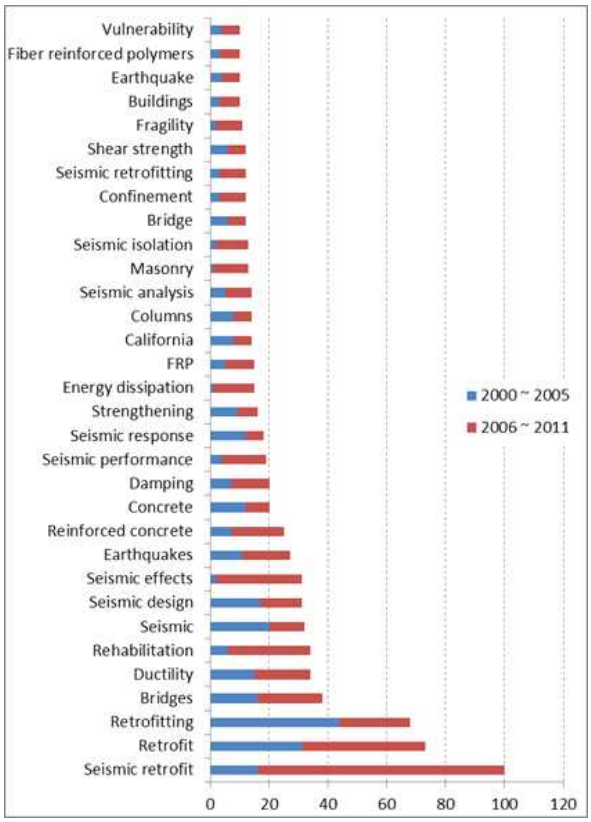
순위	연구기관	편수
1	University of California	45
2	Georgia Institute of Technology	27
3	University of British Columbia	18
4	Tokyo Institute of Technology	16
5	University at Buffalo	16
6	University of Canterbury	13
7	Middle East Technical University	11
8	Kyoto University	10
9	University of Nevada	10
10	National Taiwan University	8
11	Rice University	8
12	University of Utah	8
13	Degenkolb Engineers	7
14	Harbin Institute of Technology	7
15	Hunan University	7
16	National Center for Research on Earthquake Engineering	7
17	Rutherford and Chekene	7
18	Sharif University of Technology	7
19	Stanford University	7
20	Texas A and M University	7

○ 키워드 분석 - 저자 키워드

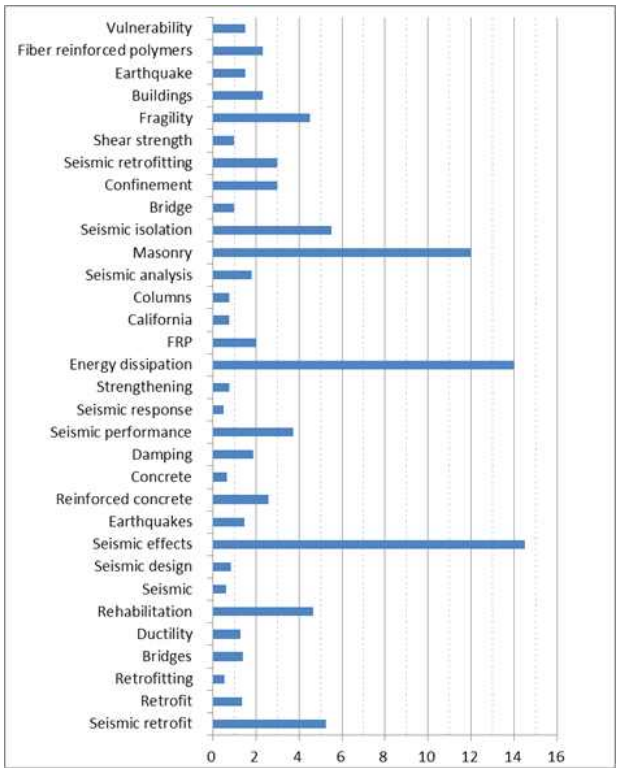
• 저자 키워드 빈도수

- 10편 이상 채택된 저자 키워드 (author keyword) 조사
- Seismic retrofit, Retrofit 등 일반적인 키워드가 최상위권 점유함
- Reiforced concrete, Masonry 등의 키워드가 포함되어 Steal에 비해 상대적으로 중요한 연구대상으로 인식됨
- Damping, Energy dissipation 등이 포함되어 감쇠효과에 대한 관심도를 반영하고 있으나 특정한 형식의 댐퍼가 키워드 상위권에 포함되지는 않음
- 특정한 내진보강 방법을 의미하는 키워드로서는 FRP, Fiber reinforced polymer가 포함되어 집중적인 연구대상이 되었음을 알 수 있음
- 지진 후 복구와 관련된 키워드로는 post-earthquake 및 restoration이 각각 0건, 1건으로서 관련 연구가 매우 부족한 것으로 나타남
- Cost 관련하여 대부분 LCC 분석에 관한 것으로서 20건(약 2%)임

- 저자 키워드 증가율
  - 10편 이상 채택된 저자 키워드 (author keyword) 대상
  - 2000~2005년 논문 수(A) 대비 2006~2011년 논문 수(B)의 증가율(B/A)을 조사 함.
  - Seismic effects가 가장 큰 폭으로 증가하여 지진의 영향에 대해 광범위한 주제의 연구가 이루어지고 있는 것으로 판단됨
  - 보다 기술적인 키워드로서 Energy dissipation이 두 번째 증가율을 보이고 있으며, 에너지 소산을 통한 내진보강 효과에 대한 관심이 크게 증가한 것으로 판단됨
  - 세 번째로는 Masonry가 가장 큰 증가율을 보이고 있어서 지진에 취약한 조적조 건물의 보강에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있음
  - 그 밖에 Seismic isolation이 증가율 4위로서 면진에 대한 관심도가 매우 높아졌음



내진보강 관련 연구논문의 주요 저자 키워드 빈도수 (2000~2011)



내진보강 관련 연구논문의 저자 키워드 빈도수 증가율

그림 2.44 주요 국가의 내진성능보강 관련 연구논문 분석 (2000~2011)

○ 키워드 분석 - 인덱스 키워드

- 검색결과에 포함된 인덱스 키워드 중 30위권을 조사함
- 빈도수 1위 키워드가 seismology로서 국내 지진의 진원, 전파 특성 등에 대한 연구가 내진보강의 기초자료로서 필요할 것으로 판단
- 특정 내진보강 방법에 연관된 키워드로는 Fiber reinforced plastics가 유일함
- 지진 후 복구를 위한 잔존성능 평가와 관련된 키워드로는 post-earthquake 및

restoration이 각각 0건, 3건으로서 관련 연구가 매우 부족한 것으로 나타남

- Cost 관련된 키워드의 빈도 수는 총 141건으로서 점차 증가하는 추세임

표 2.46 내진보강 관련 연구논문의 Cost 관련 저자 키워드 (2000~2011)

저자 키워드	SUM
Cost	2
Cost-effectiveness	2
Benefit cost ratios	1
Benefit-cost analysis	1
Benefit-cost ratio	1
Construction costs	1
Cost control	1
Cost minimization	1
Cost-benefit	1
Costs	1
Knowledge acquisition cost	1
Life cycle cost analysis	1
Life-cycle cost	1
Life-cycle cost analysis	1
Life-cycle-cost	1
Low-cost housing	1
Minimum-cost optimization	1
Optimum life-cycle cost	1
SUM	20

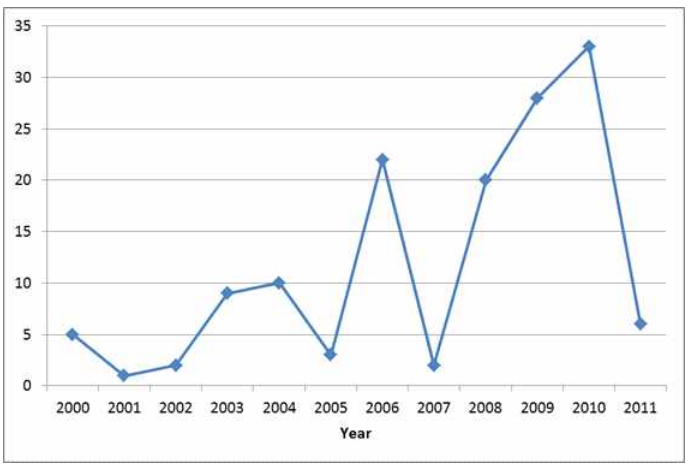


그림 2.45 내진보강 관련 연구논문의 주요 인덱스 키워드 중 Cost 관련 키워드 빈도수 (2000~2011)

(3) 홍수에 대한 건축물 구조 안전성 분야

○ 연차별 논문발표 동향

- 연차별 발표 논문 수는 지속적으로 증가하여 기후변화 등으로 인한 관심 증가를 나타낸다고 볼 수 있음.
- 전체 논문 수는 지진 또는 바람 관련 연구의 20~25% 이하의 낮은 수준임.

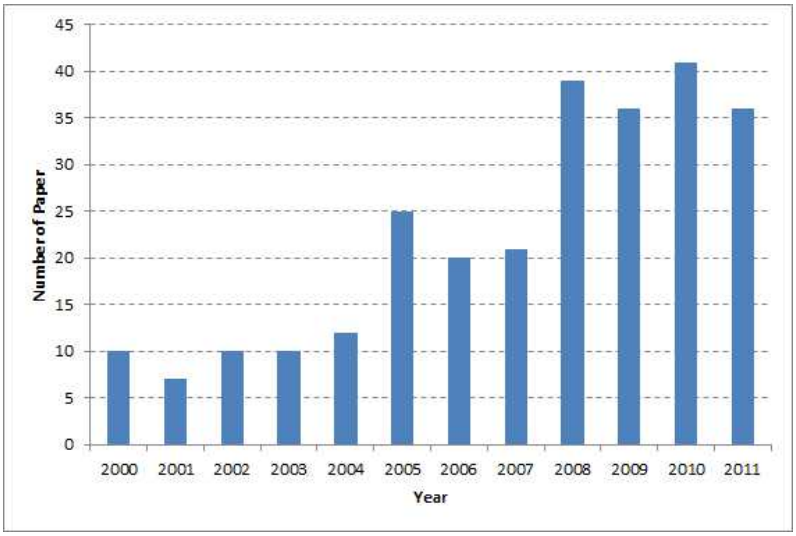


그림 2.46 홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 편수 변화 (2000~2011)

○ 국가별 논문발표 동향

- 최다논문 발표국 : 미국, 중국, 영국, 독일 순임
- 우리나라는 18위권으로서 2000년 이후 3편의 논문만 발표함
- 수해 발생 빈도를 고려하면 논문 발표 수는 매우 적음
- 국가 간 네트워크 분석
  - 미국과 영국을 중심으로 네트워크가 형성되고 있음
  - 태평양 주변국과 유럽 중심의 두 종의 네트워크가 주류를 이루고 있음
  - 일본의 경우에 타 국가와의 공동 연구가 없다는 것이 특징임
  - 따라서 미국, 영국과 공동 연구를 시작하는 것이 유리할 것으로 판단됨

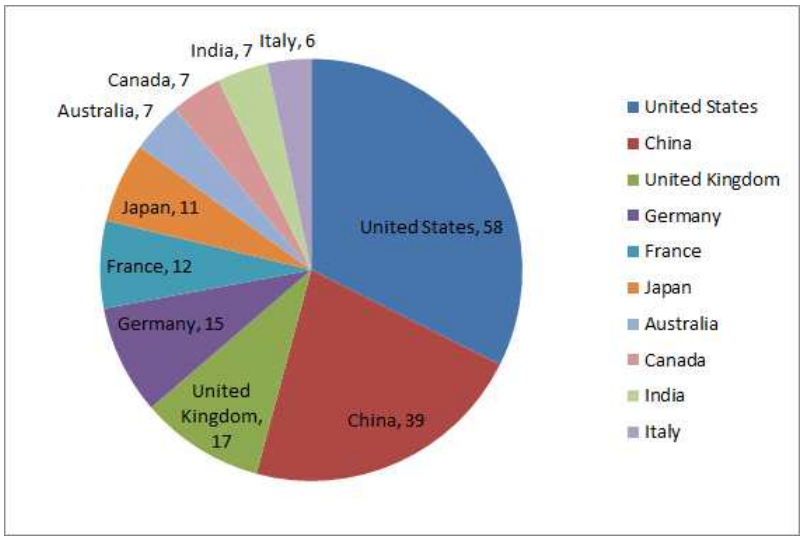


그림 2.47 주요 국가의 홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

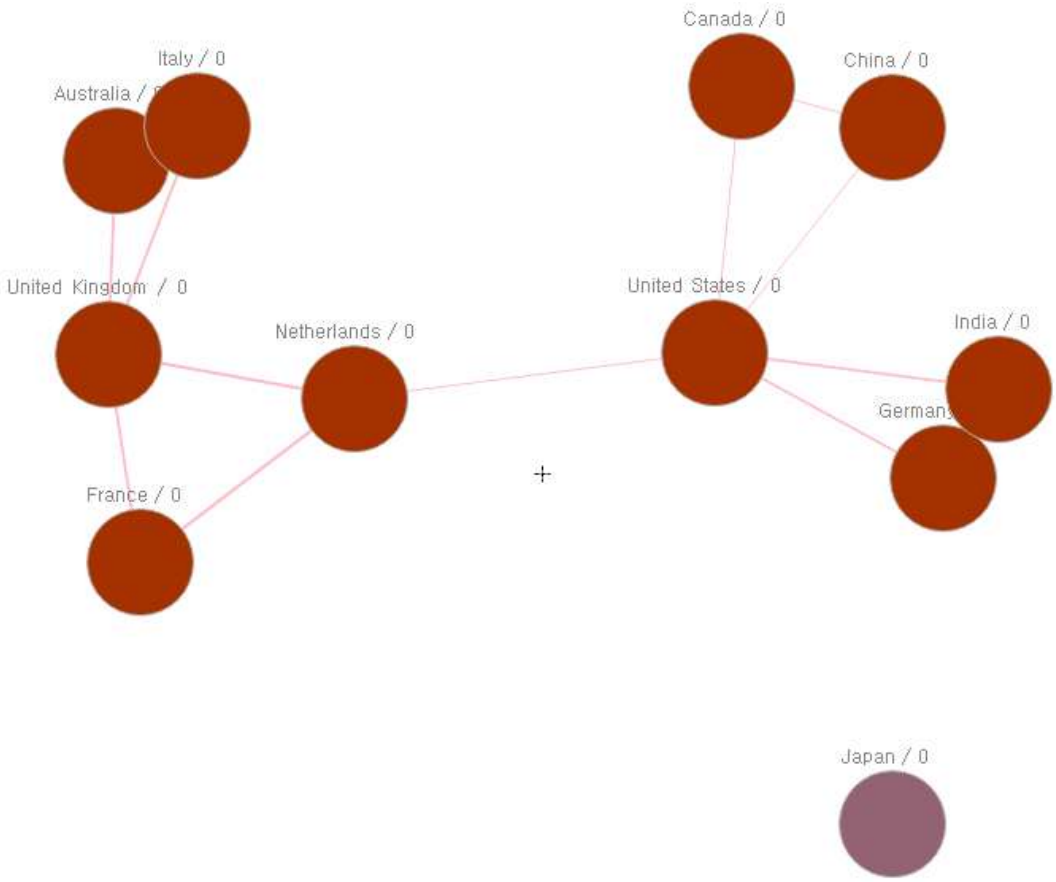


그림 2.48 주요 국가의 홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 네트워크 분석 (2000~2011)

○ 기관별 논문발표 동향

- 대부분 미국과 중국의 대학이며, 그 밖에 유럽, 일본 등의 대학이 포함됨

표 2.47 주요 연구기관의 홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

순위	연구기관	편수
1	Colorado State Univ.	4
2	URS Corporation	4
3	CGGVeritas	3
4	Arizona State University	2
5	Chengdu University of Technology	2
6	China Three Gorges University	2
7	Department of Civil and Environmental Engineering	2
8	Dept. of Hydraulic Engineering	2
9	HR Wallingford	2
10	HydroSciences Montpellier	2
11	Indian Institute of Technology	2
12	Institut f체r Geotechnik	2
13	Institute of Theoretical and Applied Mechanics	2
14	Louisiana State University	2
15	McNeese State University	2
16	Monash University	2
17	National Chung-Hsing University	2
18	Nihon University	2
19	Oregon State Univ.	2
20	SFWMD	2

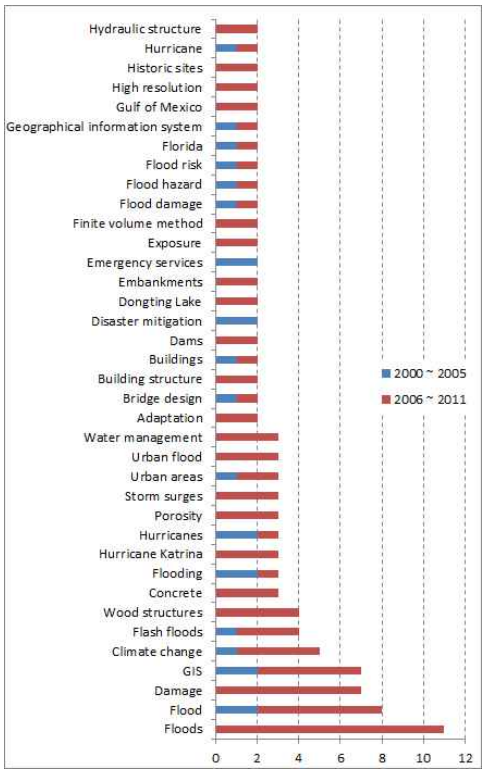
○ 키워드 분석 - 저자 키워드

- flood 등 일반적 키워드가 최상위권이며, 기후변화가 5위로서 홍수와 기후변화가 밀접한 관계가 있음을 알 수 있음
- Urban Flood, Urban Area 등 도시지역 침수에 관한 논문이 약 6편 정도임
- Building, Building Structure가 각각 2편, 목구조는 4편으로서 목구조 건축물에 대한 관심이 상대적으로 높음
- 범람지도 작성과 관련된 것으로 보이는 GIS 관련 연구가 상대적으로 많음
- 성능기반 기술과 관련하여 performance를 키워드로 갖는 논문은 없음
- 전반적으로 홍수에 의한 피해를 건축물 구조안전성 측면에서 다루는 심도 있고 지속적인 학문적 연구는 많지 않은 것으로 나타남

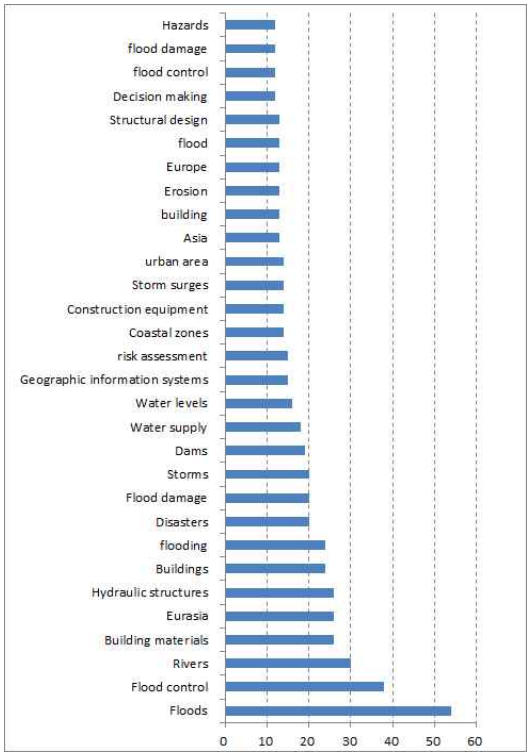
- 결론적으로 홍수와 관련된 건축물 구조안전성의 평가 및 보강은 연구 초기 단계라고 판단됨

○ 키워드 분석 - 인덱스 키워드

- 검색결과에 포함된 인덱스 키워드 중 30위권을 조사함
- 저자 키워드와 마찬가지로 구조안전성 측면에서 홍수를 다루는 논문은 많지 않은 것으로 판단됨
- 저자 키워드와 마찬가지로 성능기반 기술은 키워드에 나타나지 않음



홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문의 주요 저자 키워드 빈도수



홍수에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문의 주요 인덱스 키워드 빈도수

그림 2.49 주요 국가의 홍수에 대한 구조안전성 관련 연구논문 분석 (2000~2011)

(4) 강풍에 대한 건축물 구조 안전성 분야

○ 연차별 논문발표 동향

- 연차별 발표 논문 수는 지속적으로 증가하여 기후변화 등으로 인한 관심 증가를 나타낸다고 볼 수 있음
- 전체 논문 수는 내진성능 평가 및 보강과 유사한 수준임

○ 국가별 논문발표 동향

- 최다논문 발표국 : 미국
- 중국, 미국, 일본, 캐나다, 홍콩 순으로서 태풍의 피해가 많은 지역임
- 우리나라의 경우에 10위를 기록하고 있으며, 중국의 8% 수준임
- 국가간 네트워크 분석
  - 국가간 공동 연구는 특정 국에 편중되지 않고 활발하게 일어나고 있음
  - 국간 교류의 강도로 볼 때 캐나다 보다는 미국과 일본의 국제 교류가 활발함
  - 우리나라는 미국, 일본, 캐나다와 교류가 있으므로 이들 국가와의 네트워크 활용 필요
  - 또한 최대 논문 발표국인 중국과의 교류를 시작할 필요 있음

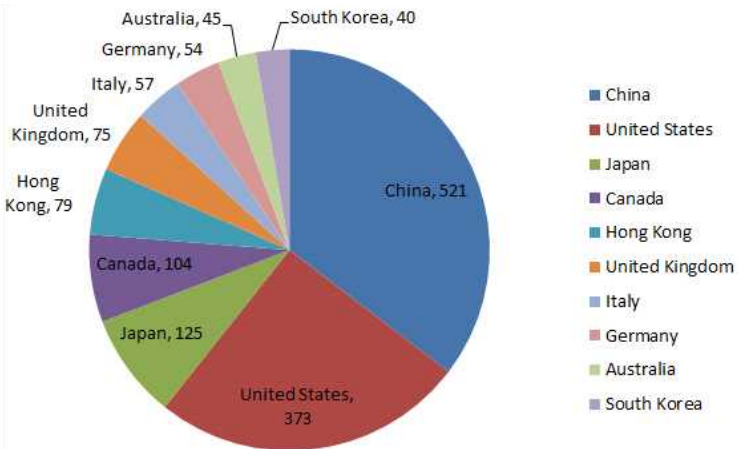


그림 2.50 주요 국가의 강풍에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

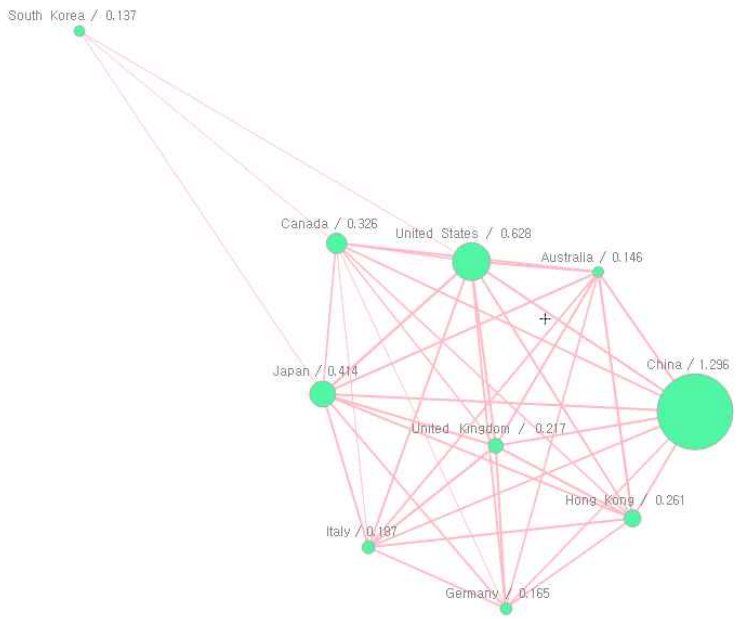


그림 2.51 주요 국가의 강풍에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문 네트워크 분석 (2000~2011)

○ 기관별 논문발표 동향

- 논문 발표 상위권 국가의 대학 및 연구소들이 고르게 분포하고 있음
- 국내 기관의 경우에 20위권에 진입한 기관은 없으며, 연구분야의 중요성을 고려할 때에 향후 많은 연구 지원이 필요하다고 판단됨

표 2.48 주요 연구기관의 내진성능평가 관련 연구논문 편수 (2000~2011)

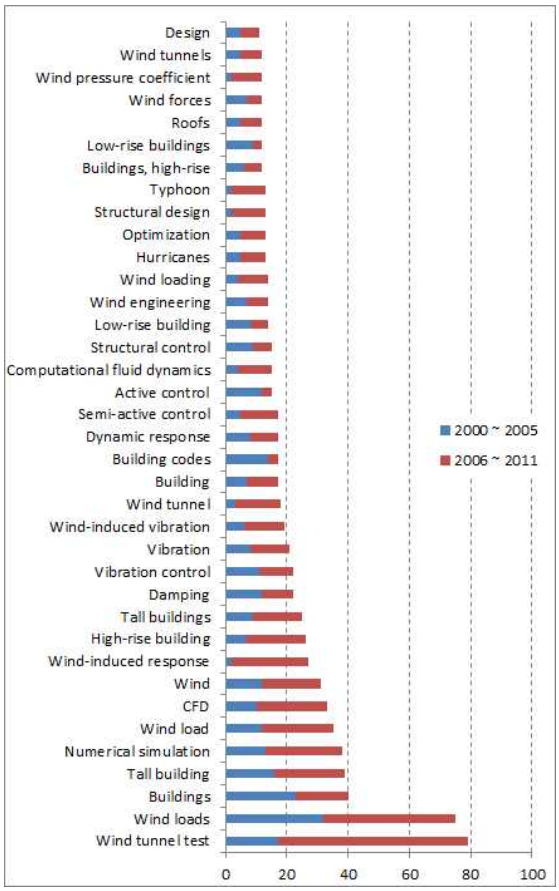
순위	연구기관	편수
1	Tongji University	73
2	Harbin Institute of Technology	35
3	Zhejiang University	32
4	City University of Hong Kong	24
5	University of Western Ontario	24
6	Dalian University of Technology	22
7	Beijing Jiaotong University	19
8	Dept. of Civil Engineering	17
9	Concordia University	15
10	Hong Kong Polytechnic University	15
11	National Institute of Standards and Technology	15
12	Department of Civil Engineering	14
13	Hong Kong University of Science and Technology	14
14	Texas Tech University	14
15	Tokyo Polytechnic University	14
16	Guangzhou University	12
17	University of Florida	12
18	Hunan University	11
19	Northeastern University	11
20	University of California	11

○ 키워드 분석 - 저자 키워드

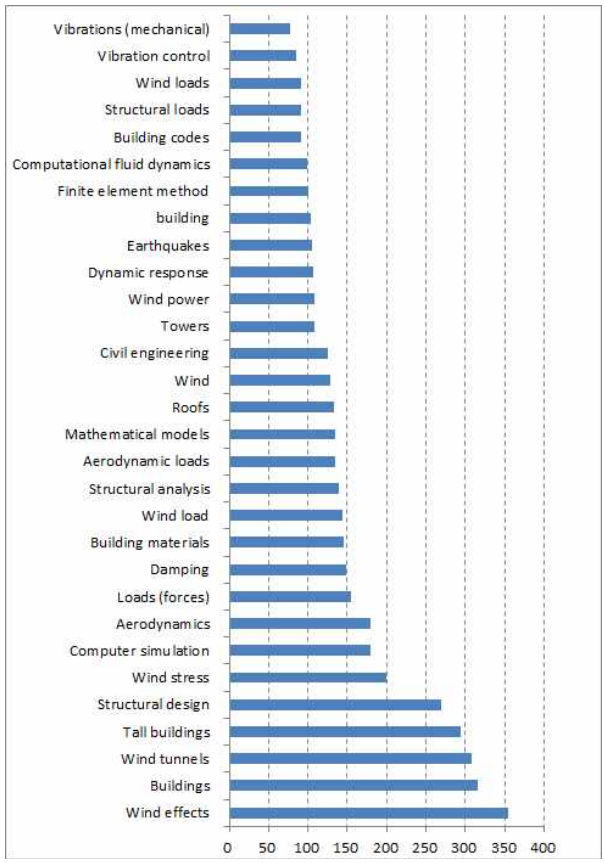
- 저자 키워드 빈도수
  - 40위권의 저자 키워드 가운데 상위권을 차지하는 것은 wind tunnel test, wind load로서 대부분의 연구가 풍동실험을 통한 풍하중 산정에 있다는 것을 알 수 있음
  - 그 밖에 에는 tall building, high-rise building 등 고층건물 관련 연구와 vibration, vibration control 등 풍진동 연구가 다수를 차지하고 있음
  - 기후변화가 명시적 키워드로 나타나고 있지는 않음
  - 구조성능의 평가와 보수 보강에 관련된 연구는 구체적으로 나타나지 않고 있음
  - 결론적으로 기후변화에 따른 강풍에 의한 건축물 구조안전성 평가 및 보강에 관련된 연구는 초기 단계로 판단됨

○ 키워드 분석 - 인덱스 키워드

- 검색결과에 포함된 인덱스 키워드 중 30위권을 조사함
- 주요 인덱스 키워드는 저자 키워드와 크게 다르지 않음
- 기후변화 및 구조성능 평가, 보수, 보강에 대한 키워드는 나타나지 않으며, 관련 연구가 매우 초기 단계로 판단됨



강풍에 대한 건축물 구조 안전성 관련
연구논문의 주요 저자 키워드 빈도수



강풍에 대한 건축물 구조 안전성 관련 연구논문의
주요 인덱스 키워드 빈도수

그림 2.52 주요 국가의 강풍에 대한 구조안전성 관련 연구논문 분석 (2000~2011)

다. 제 3 중점 분야

(1) 연차별 논문발표 동향

○ 2004년 이후 소규모 건축물에 대한 연구가 점차적으로 늘어났으며, 특히 최근 3년간 크게 증가한 것을 볼 수 있음

○ 조사 시점을 감안했을 때 2011년에는 최대 150편 이상의 논문을 예상 할 수 있음

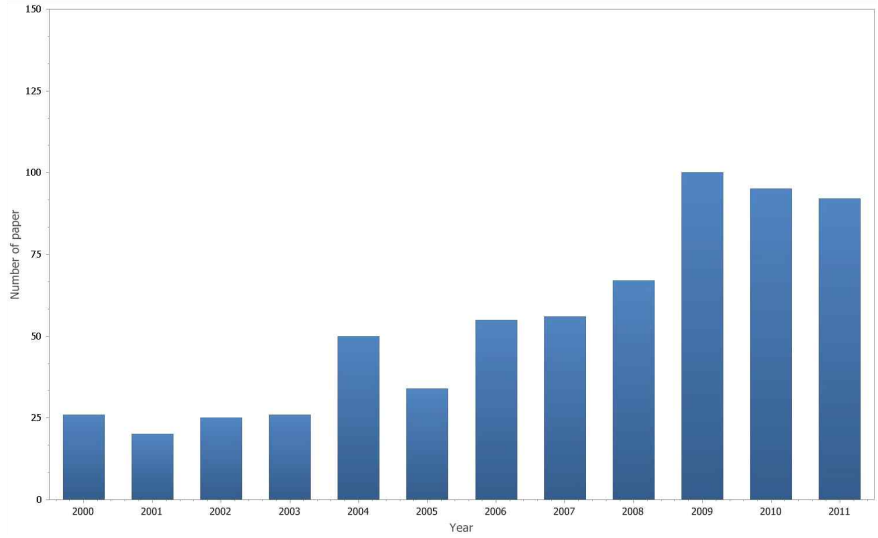


그림 2.53 연간 지진에 대한 소규모 건축물의 연구논문 동향

(2) 국가별 논문 발표 동향

- 표 2.49의 전체 빈도수를 살펴봤을 때 미국이 가장 많은 논문을 발표하였음
- 지진빈발지역인 중국, 캐나다 그리고 터키에서도 많은 논문이 발표되었으며, 일본의 경우 소규모건축물에 관한 논문이 상대적으로 적은 것으로 보임
- 우리나라의 경우 10번째로 많은 수의 연구논문을 발표 하는 것으로 나타남
- 중국과 터키의 경우 최근 3년간 연구빈도수가 급격히 증가. 이는 최근 발생한 지진에 대한 소규모건축물의 피해현황이 반영된 것으로 보임

표 2.49 주요 국가의 지진에 대한 소규모 건축물의 연구논문 동향

국 가	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	빈도 수
US	14	4	5	3	17	10	12	10	11	16	25	22	149
China	1	0	1	3	3	2	6	13	13	22	20	23	107
Canada	3	3	4	5	4	5	6	1	9	11	6	4	61
Turkey	0	0	0	0	6	3	4	2	5	6	9	13	48
Italy	1	1	0	2	1	1	3	1	4	4	7	5	30
Japan	0	2	2	1	2	0	5	3	4	5	4	2	30
Taiwan	1	1	0	1	0	2	5	4	5	4	5	2	30
India	0	0	0	1	3	2	0	2	2	5	6	6	27
Iran	2	1	2	0	0	0	2	4	3	8	3	1	26
South Korea	1	1	3	2	2	2	2	0	2	3	3	4	25

- 그림2.54는 주요 국가의 지진에 대한 소규모 건축물 관련 연구논문 네트워크를 분석한 것임
- 소규모 건축물과 관련된 연구는 미국을 중심으로 진행 됨
- 우리나라의 경우 미국과 일본등과 공동으로 연구를 수행하였지만 그 외 다른 나라간의 네트워크 관계를 살펴 볼 수 없음

• 국내 연구논문은 비교적 지진의 위험도가 높은 지역의 미국, 일본과 함께 공동으로 연구를 진행하였지만 중약진 지역의 국가와 공동연구는 없는 것으로 나타남

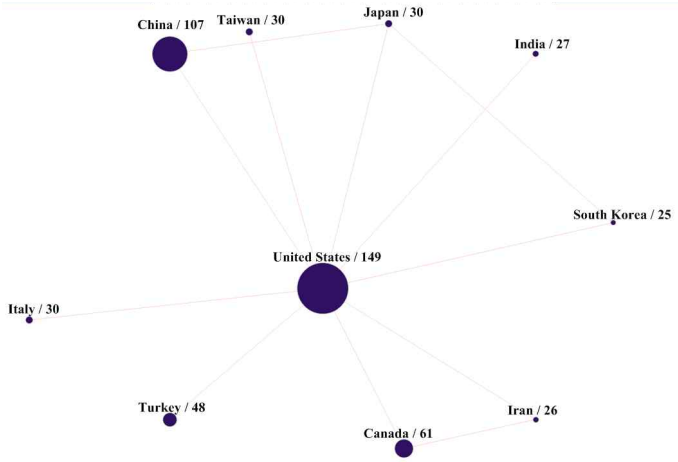


그림 2.54 지진에 대한 소규모 건축물 관련 연구논문 네트워크

(3) 연구기간별 논문발표 동향

○ 베이징 대학이 가장 많은 논문을 제출 한 것으로 나타나며, 국내의 경우 7개의 주요 연구 기간에 포함되지 않은 것으로 조사됨

○ 중국, 미국, 캐나다가 각각 2개 기관 그리고 터키의 한 개 기관이 7위권 내에 있음

표 2.50 주요 연구기관의 지진에 대한 소규모 건축물관련 논문 수

기관	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	빈도 수
Beijing Univ. of Tech.	0	0	0	0	0	1	2	4	8	5	5	4	29
Georgia Inst. of Tech.	0	0	0	0	5	1	4	1	0	1	1	2	15
McMaster Univ.	2	1	0	0	0	2	1	1	1	3	0	2	13
Middle East Tech. Univ.	0	0	0	0	4	1	2	0	2	0	0	2	11
Tongji Univ.	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	1	2	11
Univ. of Houston	0	0	0	1	1	1	3	0	1	1	3	0	11
McGill Univ.	0	0	1	0	1	0	3	0	1	0	3	1	10

(4) 키워드 분석

○ 저자 키워드 빈도수

- 분석된 저자 키워드 내에서 상위 30개만을 축출하여 그림 2.55에 나타냈음
- 저자에 대한 키워드를 분석했을 때 철근 콘크리트(Reinforced Concrete)가 가장 높은

빈도수를 보였으며 그 뒤를 연성(Ductility) 그리고 전단벽(Shear wall)가 높은 것으로 조사됨

- 구조시스템 별로 저자키워드를 분석했을 때 철근 콘크리트(Reinforced Concrete), 전단벽(Shear wall) 그리고 조적조(Masonry) 순으로 나타났으며 철골 구조는 비교적 낮은 빈도수를 보였고, 목구조에 대한 연구도 빈약한 것으로 나타났음
- 저층 구조물에 대한 경우에도 제진/면진관련 키워드도(Base isolation, Energy dissipation)도 상당수 검색됨
- 보수/보강관련 키워드인 Retrofitting/Rehabilitation에 대해서도 상당한 관심도를 반영

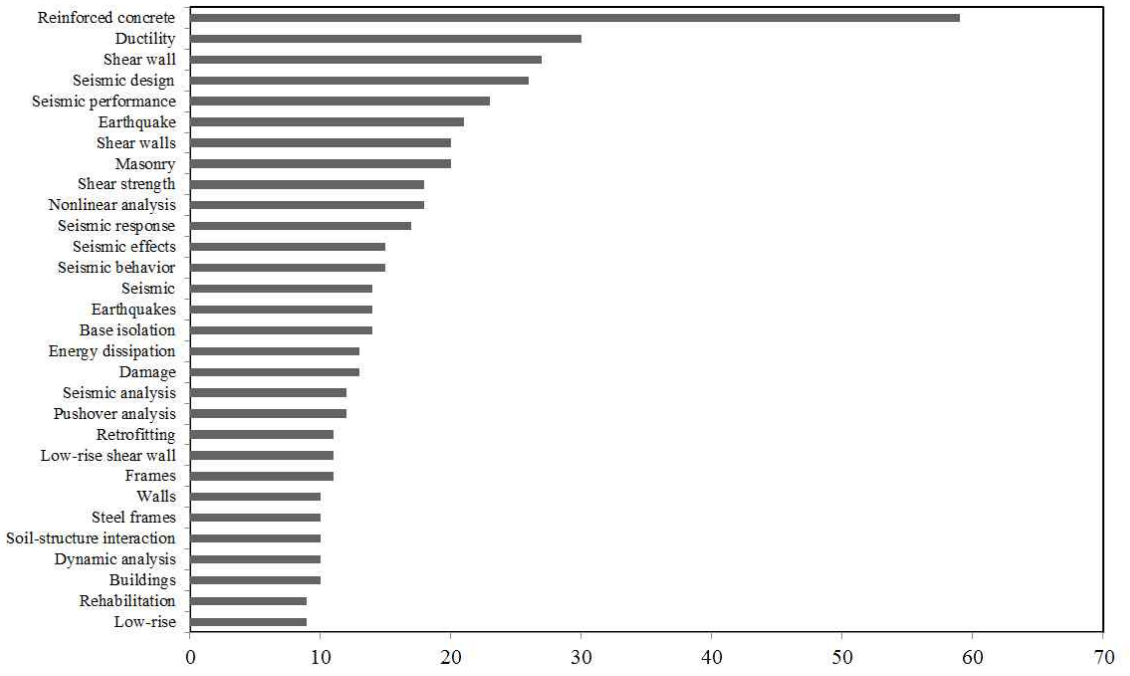


그림 2.55 지진에 대한 소규모 건축물 관련 저자 키워드 빈도수

○ 인덱스 키워드 빈도수

- 분석된 인덱스 키워드 내에서 상위 30개만을 축출하여 그림 2.56에 나타남
- 저자 키워드 분석과 마찬가지로 철근 콘크리트(Reinforced Concrete), 전단벽(Shear wall)등이 높은 빈도수를 보였고 철골(Steel)구조에 대한 연구가 상대적으로 적은 것을 볼 수 있음
- 저자키워드와 마찬가지로 보수/보강(Retrofitting/Rehabilitation)에 대한 관심도를 반영
- 해석관련 키워드인 Mathematical models, Finite Element Method등이 포함되었고, 해석적 연구가 활발히 진행되고 있음

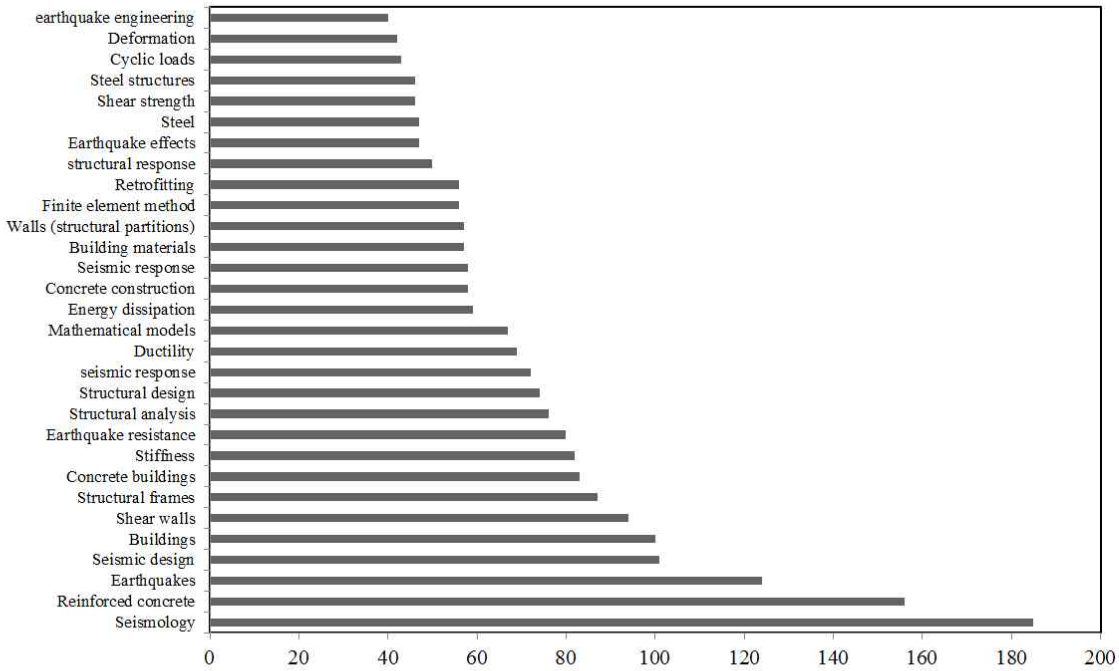


그림 2.56 지진에 대한 소규모 건축물 관련 저자 키워드 빈도수

A.1.4 기술동향 분석 - 연구개발

가. 제 1 중점 분야

(1) 내진설계

○ 국내 연구 동향

- 내진설계 기준과 관련된 국내 기준 사항 및 변천사는 2.1.1.(가)에서 자세하게 언급하였으며, 국가과학기술지식정보서비스 사이트(NTIS)에서 건축물과 관련된“내진설계”를 키워드로 검색된 주요 연구 사례는 다음과 같음

제목	연도
목표위험도 기반 내진설계체계 구축	2003
내진설계기준설정에 따른 송변전설비의 안전도 평가	2002
부재변형기반 성능중심 내진설계기술 개발	2010
지진공학연구센터(우수연구센터 육성)	1997~2006
용도별 맞춤형 스프링클러헤드 및 내진형 소화설비 개발	2010
제진구조물 설계절차 개발	2011
수직 및 수평 비정형 고층 공동주택의 내진성능 평가	2010
고층 전단벽 건물의 내진설계시 ‘변형의 적합성’적용을 위한 이성적 방안	2009
설계용 스펙트럼에 적합한 인공지진동파형의 작성과 고층 건축물 내진설계에 적용	2010
내진설계되지 않은 학교 건물의 내진성능평가 및 보강방법개발	2010
한반도 지진특성을 고려한 시설물 기초 지반의 내진설계기술 개발	2007
이상기후에 대비한 시설기준 강화	2005
국내지진환경에 적합한 최대발생가능지진(MCE)의 설계응답스펙트럼 추정	2009
국가 내진성능 목표설정 연구개발	2007
지진모의실험을 통한 고층 철근콘크리트 공동주택의 내진특성 평가	2010
차세대 지진위험도 작성을 위한 지진위험도 평가	2010

○ 국외 연구 동향

- 내진설계 기준과 관련된 국외 기준 및 연구동향은 2.1.1.(나)에서 자세하게 언급하였음.
- 미국의 경우, 내진설계 기준의 개발에 관여한 지진관련 주요기관에는 Applied Technology Council (ATC)와 American Society of Civil Engineers (ASCE), Structural Engineers Association of California (SEAOC), Building Seismic Safety Council (BSSC), National Institute of Standards and Technology (NIST), National Earthquake Hazard Reduction Program을 관장하는 Federal

Emergency Management Agency (FEMA) 등이 있으며, 이러한 내진규준들과 관련기관들은 서로 밀접한 관계를 맺고 있다.

- ATC의 Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings (ATC-3-06)
  - ASCE의 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE-7)
  - SEAOC의 Recommended Lateral Force Requirements and Commentary (Blue Book)
  - BSSC의 NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings (NEHRP Provision)
  - 일본의 경우 주요 지진에 의한 건축물의 피해에 대응하여 설계기준의 개정이 이루어져 왔다. 일본의 내진설계기준 관련 주요 연구실적은은 2.1.1(나)에 자세히 언급하였다.
  - 유럽 내에는 수많은 연구기관 및 대학들간의 연구가 공동으로 진행되고 있으며, 활발한 활동을 하고 있다. 지진 연구와 관측에 관한 기관들도 유럽내에서 서로 협력관계를 유지하고 있는데, 그 중 ESC(European Seismological Commission)는 유럽내 국가들의 지진연구의 질을 높이고자 1952년에 설립되었다. ESC는 IASPEI(International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior)와도 긴밀한 관계를 유지하고 있으며, 지중해연안 국가와의 협력을 도모하기 위해 CSEM/EMSC(European-Mediterranean Seismological Center)를 1976년에 설립하였다. ESC는 현재 2년마다 회의를 개최하고 있으며, 그리스, 이태리, 영국과 프랑스 외 15개국이 회원국으로 있다. CSEM/EMSC은 지진재해도 작성과 잠재 지진의 진원지를 추적하는 등의 목적을 갖는다. ORFEUS(Observatories and Research Facilities for European Seismology)는 유럽 12개국 주도로 설립되었으며, 유럽-지중해 지역에 위치한 여러 지진관측소에서 관측한 지진파를 수집하여, 지진연구에 관한 정보를 제공하고 있다. ESC, EMSC, ORFEUS는 서로 긴밀한 협력관계를 유지하며, 유럽 지진연구에 많은 기여를 하고 있다.
  - 1961년에 창설된 CEN(Comite Europeen de Normalisation)은 유럽 내 모든 분야에 걸쳐 표준화 작업을 수행하고 있으며, TC(Technical Committee)는 CEN 산하 기술위원회이다. 건축 및 토목공학 분야에 대한 “Structural Eurocode”의 정립은 영국의 BSI(British Standard Institute)에서 주관하고 있다. BSI는 세계 최초로 설립된 기구로, 유럽 표준화 기구인 CEN과 서로 협력관계를 유지하고 있다.

(2) 진동제어장치 및 시스템

○ 국내 연구 동향

- 진동제어장치 및 시스템과 관련한 연구는 표 2.51에 정리
- 2000년 이전 건축물을 대상으로 한 진동제어장치 및 시스템에 대한 연구는 거의 실례를 찾아보기 힘듬
- 강풍 및 지진에 대한 건축물 진동제어 연구는 2005년 고층 건물과 대공간을 대상으로 진행되기 시작함

- 진동제어장치를 일반 건축물 또는 기존건축물 적용에 관한 연구는 거의 전무한 상태임
- 수동형 진동제어 장치 및 시스템 개발과 관련된 연구 실적을 찾아보기 힘듬

표 2.51 진동제어장치 관련 국내 연구개발 활동

연구개발	연도
초고층 건물의 내풍안전 설계기술 개발	2010
대형 비탄성구조물 분산 제어시스템 설계기술 개발	2010
에너지흡수효율 극대화를 위한 면진장치 및 최적 면진구조 설계기술 개발	2009
차세대 대공간 구조시스템의 설계 및 시공기법 개발	2008
초고층 건축물 건설기술 개발	2008
저층 강구조의 내진설계	2007
초대형 구조물의 내풍 및 내진성능향상을 위한 준능동 제어시스템 개발	2006
첨단 진동제어 기법을 이용한 구조물의 내진제어 통합시스템 개발	2005
점탄성 제진요소의 해석 시험 및 응용기술 개발	2004
면진장치의 손상진단을 위한 시간영역 시스템 확인 기법 개발	2003
건축구조물의 진동제어 기술개발에 관한 연구	2003
면진베어링의 비선형 전단변형거동에 대한 구조모델 개발	2002
제진장치를 활용한 제진설계 기술개발	2001
RC 건물의 면진기법 적용을 위한 설계지침서 작성 및 실용화 연구	2001

○ 국외 연구 동향

- 미국에서는 진동제어장치가 설치되는 구조물의 진동해석 연구는 1970년대부터 University of California at Berkeley와 State University of New York at Buffalo를 중심으로 시작되었으며, 1994년 Northridge 지진 발생 후 많이 적용되고 있으며 현재는 많은 진동제어장치가 개발되어 있으며 보편화됨
- State University of New York at Buffalo에서는 대학 내에 MCEER(Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research)를 두고 미국 내의 여러 대학들과 공동으로 가장 활발하게 수동 및 능동 진동제어에 대하여 이론 및 실험적 연구를 전개하고 있으며, 최근(2001년)NSF로부터 연구비를 지원 받아 대형 진동대 등 연구실험시설을 확장 중이며 구조물 제진기술 연구를 더욱 강화하고 있다. 최근의 주요 연구 분야는 다음과 같음
  - Testing of 7-story isolated building model
  - Experimental study of active control of MDOF structures under seismic excitations

- Experimental and analytical investigation of seismic retrofit of structures with supplemental damping
- Testing of bridge seismic isolation system
- Prototype testing of viscous dampers for San Fernandino Medical Complex
- Experimental study of fluid viscous dampers in buildings
- Development and testing of energy dissipation systems for stiff structures
- Development and testing of a semi-active damping system
- Testing of elastomeric bearings
- Testing of sliding bearings
- Qualification tests of viscoelastic dampers
- Optimal passive support design of flexibly supported pipelines

• U.C at Berkeley에서는 Kelly J.M. 교수를 중심으로 PEERC(Pacific Earthquake Engineering Research Center)를 설립하고, 주로 Base Isolator와 수동형 Dampers를 활용한 제진기술을 연구하고 있으며, 최근의 주요 연구 분야는 다음과 같음
  - Seismically-isolated structures
  - Earthquake-resistive design with rubber
  - Passive dampers
  - The role of damping in seismic isolation
  - Hybrid isolation systems for equipment protection
• U.C at Irvine : Yang J.N. 교수를 중심으로 주로 고층빌딩과 교량의 Base Isolation 시스템과 수동형 Damper에 대한 연구를 수행하고 있으며, 우수한 구조물 해석능력을 보유하고 있음
• Univ. of NotreDame에서는 주로 능동제어분야의 연구를 하고 있으며, 최근에는 Prof. B.F. Spencer 교수를 중심으로 MR damper 와 Intelligent isolation system에 대한 연구를 수행하고 있음
• 캐나다에서는 콘코디아 대학건물을 비롯하여 마찰댐퍼 (Pall damper)를 이용하여 기존 구조물의 내진성능을 향상시킨 다수의 사례가 있으며 점성 댐퍼 분야에서 세계 최고의 기술력을 자랑하는 테일러사의 점성댐퍼를 사용하여 구조물의 풍진동과 함께 지진으로 인한 구조물의 진동을 제어한 사례가 있으며 제진장치의 적용은 능동형 보다는 수동형 제진장치에 집중되어 있는 것이 또 다른 특징 중 하나임
• 스페인 재난관련역학연구센터(CRED; Center for Research on the Epodemiology of Disasters)가 수행한 연구에 따르면, 과거 10년 동안 자연재해로 인하여 약 1,300,000명의 인명피해가 있었으며, 이 중 지진으로 인한 사망의 60%를 차지하고 있다고 보고됨. 따라서 UPC-Barcelona Tech 산하 제어, 역학

및 응용 연구(Control, Dynamics and Applications research) 그룹에서는 이러한 자연재해가 발생했을 때 구조물의 진동성능을 향상을 위한 대안으로 에너지 소산 장치(energy dissipator)등과 같은 수동제어 시스템(passive control system) 또는 구조물의 반응에 따라 진동을 제어할 수 있도록 하는 능동 제어 시스템(active control system)을 제안하고 있음(Science Daily, 2010, Apr. 22)

- 2001년부터 이탈리아 Pavia에 위치한 ROSE School이 설립되면서 영국의 임페리얼 컬리지 대학, 미국의 UCSD, 뉴욕주립대학교 (버팔로 소재), 버클리 대학교, 일리노이 주립대학교, 캐나다의 토론토 대학교, 뉴질랜드의 캔터베리 대학교등과 전 세계적 협력체계를 구축하여 진동제어장치를 이용한 구조물의 진동성능 향상에 관련한 다양한 학술적 연구를 수행하고 있음.
- 구조물의 진동제어성능 향상을 위하여 나노기술과 무선센서 및 RFID 기술을 응용한 유럽연합과 미국의 연구개발이 국가지원 하에서 활발하게 진행되고 있으며, 특히 미국 워싱턴대의 경우 거주자에게 일촉즉발의 자연재해를 경고하는 무선센서 네트워크 및 RFID 태그 시스템과 자연재해를 억제하는 무선센서 네트워크를 연구개발 중이며. 작은 무선센서가 빌딩이나 주택 안에 장착되어 진동의 세기를 모니터하고, 이러한 값이 컴퓨터를 통해 지속적으로 관리된 후 자기점성 감쇠기(MR 댐퍼, MR damper)에 전해지는 시스템임(ZDNET, 2007. 04. 16)
- 강진지역 중 하나인 뉴질랜드에서도 납봉을 함유한 적층고무를 이용한 면진장치와 강재의 이력거동을 이용한 강재항복형 제진장치를 사용한 다수의 사례가 있으며, 뉴질랜드의 과학연구부에서 2006년에 발행한 "Economic impact of seismic isolation technology"의 보고서를 참조하면 뉴질랜드는 면진구조를 상업적으로 가장 처음 상품화한 곳으로 묘사되고 있음

나. 제 2 중점 분야

(1) 기존 연구 분석

○ 분석 방식

- 국내 동향 : 국토해양지식정보 사이트에서 관련 연구 정보를 추출
- 해외 동향 : 미국 ATC, FEMA의 관련 보고서를 바탕으로 정리

○ 국내 연구 동향

- 내진성능평가 및 보강과 관련한 연구는 표 2.52에, 지진위험도 및 방재 관련 연구들은 표 2.53에 정리
- 1990년대 후반부터 개별 구조체에 대한 성능평가 및 보수/보강법에 관한 연구들이 꾸준히 수행
- 최근에 와서는 지진재해로 인한 피해를 예측하고 측정할 수 있는 도구 개발에 대한 연구가 활발히 진행
- 내진성능평가에 대한 연구가 다양에게 수행되었으나 기준화하기에는 미흡

- 보강에의 경우도 개별 구조체에 대한 보강 재료 및 방법에 대한 연구는 다양하게 진행되었으나 보강 절차를 기준화하기에는 미흡
- 최근 한국시설안전공단에서 '기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상 요령'을 발간하였으나 기준화되지는 않음
- 기존 또는 현 시점의 기후변화와 관련된 건설분야의 연구들은 대부분 토목 부분으로 물관리 또는 댐 수문 관리쪽으로 치우쳐 있음
- 아직까지 기후변화에 의한 자연 재해가 건축물의 구조적 안정성에 미치는 영향을 직접적으로 연구한 프로젝트는 없음

표 2.52 내진성능평가 및 보강 관련 연구

제목	연도
구조물의 수명연장 및 성능개선과 내진성능 향상에 관한연구: 건설교통기술연구개발사업,(1차년도 연차),1997	1997
섬유보강 콘크리트의 외측 보-기둥 접합부에 관한 실험연구	1997/04
CFST 합성 구조의 내진 안전성 확보를 위한 접합부 성능 개발 연구	1998
반복재하 시험을 통한 철골 모멘트 접합부의 내진거동 연구	1998/00
구조물의 내진설계 및 내진성능 향상에 관한 연구	2000/00
우리나라 중저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해예측 및 보수보강법 연구	2002/02
철근콘크리트 구조물의 구조성능 개선을 위한 고성능 탄소섬유판 보강 신기술 개발	2002/08
장방형 철근콘크리트 벽체의 극한거동 및 보강방안에 관한 연구	2002/10
철근콘크리트 건축물 보강공법의 개발 및 성능평가 -유리섬유 및 아라미드섬유쉬트 보강공법을 중심으로-	2003/08
내진 성능평가 시뮬레이션 기술 개발 ; 2003년도 기본사업 보고서	2003/12
내진성능 향상을 위한 모멘트 골조의 접합부 상세에 관한 연구	2004/03
기존시설물에 대한 내진성 평가기법 개발	2004/04
리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발	2004/08
가새골조의 내진성능 평가 및 보강방법 개발	2005/10
조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현방안을 위한 연구	2006/07
중약진 지역인 우리나라에 적합한 보-기둥 접합부 개발에 관한 연구 -CFT 접합부를 중심으로-	2006/12
철골조 시설물의 붕괴를 방지하는 설치 용이한 경제적인 보강기구 개발	2006/12
고인성, 고내구성 신섬유복합 모르타르 및 구조물 보수/보강 신기술 개발	2007/04
리모델링을 위한 노후공동주택의 내진성능 등급화 및 차세대 보강기술 개발	2007/08
전단 및 휨파괴형 부재가 혼합된 저층 철근콘크리트 건물의 내진성능 평가법	2007/11
국내 플랫 플레이트 골조의 내진성능평가 및 보수보강 방법	2009/04
목조 건축물의 내진성능 평가기술 개발; 목조 건축물의 내진성능 평가항목 개발을 위한 조사연구	2009/04
조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구	2009/12
목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발	2009/12
국내 벽식 공동주택의 기본주기 실측에 관한 연구	2010/04
비정형평면을 가진 건물의 지진 취약성 분석 및 동적증폭계수의 검증	2010/04
필로티형 저층 RC 집합주택의 내진성능평가 및 사전.사후 내진 보강법 개발	2010/08
허니컴형 보강재와 방청성 모르터 및 난연성 마감제를 이용한 내진 보수. 보강 공법 및 재해저감기술	2010/12
기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상요령	2011/07

표 2.53 지진위험도 및 방재 관련 연구

제목	연도
지진재해대응기술기획사업	1997/07
기존시설물에대한내진성평가기법개발	2004/04
지진위험도추정을위한알고리즘분석연구	2005/12
재해위험도 추정기법개발을 위한 기반자료 구축방안 연구	2006/01
재해피해 추정기법 취약도함수 구축방안 연구	2007/04
재해저항형 지역사회를위한자연재해저감기술개발최종보고서	2007/04
실시간 지진 분석 및 지진재해 정량적 예측 기술 개발	2008/12
지진피해취약도함수국산화연구(4차년도); 비보강조적조건축물의지진취약도함수개발	2008/12
실시간 지진관측 및 대도시 지진 위험도 예측 기술 개발	2009/12
지진감시기술지원및활용연구(I)	2009/12
국가 지진조기경보시스템 구축 설계 및 실시간 지진자료 공유기반 연구	2010/02

(2) 국외 연구 동향

- 미국에서는 FEMA와 ATC를 중심으로 지진과 관련한 대형 연구들을 수행하였고 현재도 많은 연구들이 진행 중
- 표 2.54에서 표 2.57까지 내진성능평가와 보수/보강에 관한 FEMA, ATC, ASCE 보고서들을 정리
- 표들에서는 간략 성능 평가법에서부터 성능평가 및 보수/보강에 대한 일반적인 지침, 개별 구조요소별 지침, 개별 용도별 지침 등을 제시
- 지진 취약도를 예측할 수 있는 프로그램인 HAZUS에 대한 내용은 표 2.58에 제시. 국내에서도 이와 유사한 연구 프로젝트가 수행됨
- 더불어 확률 및 신뢰도를 고려하여 지반운동의 변동성뿐만 아니라 재료 강도, 해석 모델의 불확실성을 함께 고려한 성능평가 방법을 제안 (표 2.59 참조).
- 현재 진행되고 있는 NEHRP Consultants Joint Venture의 세부 과제 (표 2.60)
  - 주관기관: ATC(Applied Technology Council)와 CUREE(Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering)
  - 연구비 지원: NIST(National Institute of Standards and Technology)
  - 시작연도: 2007년
  - 프로젝트의 제목: National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) Earthquake Structural and Engineering Research
  - 과제구성: 총 21개, 일부 연구 종료
  - 연구주제: 기존 내진 설계 및 평가에서 중요한 요소인 지반운동 결정, 해석모델

작성, 해석 방법 등에 보완이 필요한 사항, 내진 설계 및 평가 지침서 적용 시 문제점, 2010에 발생한 칠레 지진으로부터 얻은 정보를 정리, 비구조체의 영향

○ 태풍, 홍수와 같은 자연재해에 대해서도 개인주택(표 2.61), 주요 건물(표 2.62)에 대한 설계 또는 보강 지침을 제공

표 2.54 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 간략 성능 평가법

번호	제목	연도
FEMA 154	Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards	2002
ATC 38	Postearthquake Building Performance Assessment Form	

표 2.55 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 건물의 성능평가 및 보수/보강 지침

번호	제목	연도
FEMA 172	NEHRP Handbook of Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	1992
FEMA 273	NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings	1997
FEMA 274	NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings	1997
FEMA 310	Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings	1998
FEMA 356	Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings	2000
FEMA 357	Global Topics Report on the Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings	2000
FEMA 547	Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	2006
ASCE 31	Seismic Evaluation of Existing Buildings	2003
ASCE 41	Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	2006

표 2.56 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 개별 구조 요소의 성능 평가 및 보수/보강 지침

번호	제목	연도
ATC 40	Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings	1996
FEMA 306	Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings - Basic Procedures Manual	1998
FEMA 307	Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings - Technical Resources	1998
FEMA 308	Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings	1998
FEMA 351	Recommended Seismic Evaluation and Upgrade Criteria for Existing Welded Steel Moment-Frame Buildings	2000
FEMA 352	Recommended Postearthquake Evaluation and Repair Criteria for Welded Steel Moment-Frame Buildings	2000
FEMA P774	Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes: Developing Successful Risk Reduction Programs	2009
FEMA E-74	Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage—A Practical Guide, Fourth Edition	2011

표 2.57 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 건물 용도별 보수/보강 지침

번호	제목	연도
FEMA 395	Incremental Seismic Rehabilitation of School Buildings	2002
FEMA 396	Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings	2002
FEMA 397	Incremental Seismic Rehabilitation of Office Buildings	2002
FEMA 398	Incremental Seismic Rehabilitation of Multifamily Apartment Buildings	2004
FEMA 399	Incremental Seismic Rehabilitation of Retail Buildings	2004
FEMA 400	Incremental Seismic Rehabilitation of Hotel and Motel Buildings	2005
FEMA P420	Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation	2009

표 2.58 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 지진 취약도

번호	제목	연도
FEMA 366	HAZUS-MH Estimated Annualized Earthquake Losses for the United States	2008
FEMA 433	Using HAZUS-MH for Risk Assessment How-To Guide	2004

표 2.59 FEMA, ATC, ASCE 보고서 - 확률 및 신뢰도를 고려한 성능평가 지침

번호	제목	연도
FEMA 355F	State of the Art Report on Performance Prediction and Evaluation of Steel Moment-Frame Buildings	2000
FEMA 445	Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines	2006
FEMA P695	Quantification of Building Seismic Performance Factors	2009
ATC 58	Guidelines for Seismic Performance Assessment of Buildings	2009

표 2.60 NEHRP Consultants Joint Venture의 세부 과제

No	Project No.	제목	비고
1	ATC-76-1	Quantification of Building System Performance and Response Parameters	FEMA P-695
2	ATC-76-2	Development of Seismic Design Guidelines for Port and Harbor Facilities - Phase I	
3	ATC-76-3	Development of Technical Briefs on Structural Design Issues	완료
4	ATC-76-4	Quantification of Building System Performance and Response Parameters	Task 1
5	ATC-76-5	Integration of Collapse Risk Mitigation Standards and Guidelines for Older Reinforced Concrete Buildings into National Standards - Phase I	완료
6	ATC-76-6	Improved Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures-Multiple-Degree-of-Freedom Modeling	완료
7	ATC-76-7	Development of Technical Brief on Structural Design Issues - Reinforced Concrete Diaphragm Systems	완료
8	ATC-76-8	Development of Technical Brief on Structural Design Issues - Guidelines for Performing Nonlinear Structural Analysis	완료
9	ATC-82	Improved Procedures for Selecting and Scaling Earthquake Ground Motions for Performing Time-History Analyses	
10	ATC-83	Improved Procedures for Characterizing and Modeling Soil-Structure Interaction for Performance-Based Seismic Engineering	
11	ATC-84	Improved Structural Response Modification Factors for Seismic Design of New Buildings - Phase I	
12	ATC-85	Assessment of ASCE 41 First Generation Performance-Based Seismic Design Methods for New Buildings in High Seismic Regions - Phases I-III	
13	ATC-86	Full-Scale Testing of Reinforced Concrete Subassemblies for Collapse Resistance	
14	ATC-87	Development of Technical Brief on Structural Design Issues - Composite Steel Deck Diaphragm Systems	
15	ATC-88	Development of Technical Brief on Structural Design Issues - Special Reinforced Concrete Shear Walls	
16	ATC-89	Cost-Benefit Analysis of Codes and Standards for Earthquake-Resistant Construction in Selected U.S. Regions - Phase I	
17	ATC-90	Seismic Behavior and Design of Deep, Slender Wide-Flange Structural Steel Beam-Column Members Phase I	
18	ATC-91	Assessment of Nonlinear Seismic Analysis of Structures Based on Modal Superposition	
19	ATC-92	Comparison of Present Chilean and U.S. Model Building Code Seismic Provisions and Seismic Design Practices	
20	ATC-93	Ground Motion and Building Performance Data from the 2010 Chile Earthquake	
21	ATC-94	Analysis of Seismic Performance of Reinforced Concrete Buildings in the 2010 Chile Earthquake, Including Effects of Non-Seismic-Force-Resisting Building Structural Elements	

표 2.61 FEMA 보고서 (바람, 홍수에 대한 개인 주택의 대비)

번호	제목	연도
FEMA 247	Against the Wind: Protecting Your Home from Hurricane and Wind Damage	1993
FEMA P-85	Protecting Manufactured Homes from Floods and Other Hazards	2009
FEMA P-312	Homeowner's Guide to Retrofitting: Six Ways to Protect Your Home From Flooding	2009
FEMA P-798	Natural Hazards and Sustainability for Residential Buildings	2010
FEMA P-804	Wind Retrofit Guide for Residential Buildings	2010
FEMA P-798	Natural Hazards and Sustainability for Residential Buildings	2010
FEMA P-499	Home Builder's Guide to Coastal Construction	2010

표 2.62 FEMA 보고서 (바람, 홍수에 대한 주요 건물의 대비)

번호	제목	연도
FEMA 543	Design Guide for Improving Critical Facility Safety from Flooding and High Winds: Providing Protection to People and Buildings	2007
FEMA 577	Design Guide for Improving Hospital Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds	2007
FEMA 361	Design and Construction Guidance for Community Safe Rooms	2008
FEMA 424	Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds	2010

다. 제 3 중점 분야

○ 소규모 건축물의 내진성능에 대한 국내 및 국외 연구 프로젝트와 관련된 보고서를 요약 및 정리함

○ 국내 연구 프로젝트의 경우 한국과학기술정보연구원의 사이트를 이용하여 조사하였으며 국외 연구 프로젝트는 미국 ATC. FEMA의 보고서를 바탕으로 정리하였으며, 소규모 건축물에 대한 연구와 더불어 소규모 건축물에 많이 적용되는 구조 시스템(조적조, 목조 등)을 중심으로 수행된 연구의 보고서도 함께 정리함

(1) 국내 연구 동향

○ 국내 소규모 또는 저층 건축물에 대한 연구 동향을 살펴보기 위해서 표 2.64의 검

색식을 적용함

- 한국과학기술정보연구원에서 보유하고 있는 132,598건의 보고서 중 표 2.64의 검색식을 적용한 결과 총 172개의 연구 보고서가 검색되었으며 이 중 본 연구의 기획과제와 관련 없는 연구 보고서를 축출하면 13개의 연구 보고서로 정리할 수 있음
- 국내에서 수행된 연구 프로젝트에 대한 보고서는 표 2.65에 간략히 정리할 수 있음. 국내의 경우 2000년도 이후부터 지진에 대한 저층 건축물의 연구를 수행하였음
- 저층 건축물에 대한 내진성능평가 방법에서 내진보강에 대한 연구를 수행되어왔으며 주로 철근 콘크리트 구조 시스템에 관한 것이며, 소규모 건축물에 많이 사용되는 조적조 또는 목조에 대한 내진성능 및 보강에 대한 연구를 수행함
- 보고서의 주제들은 대부분 기존의 저층 구조물은 지진에 취약하기 때문에 보수 또는 보강 등에 의해 내진성능을 향상시키는 것에 대하여 자세히 다루고 있으며 정확한 내진성능을 검토하기 위한 구조시스템에 대한 성능 평가방법을 제시함
- 또한, 외국에서 발생한 소규모 건축물의 지진 피해 사례를 자세히 언급하고 이에 대한 대비책이 필요하다고 언급하고 있지만 소규모 건축물의 내진 기준 적용 범위 및 구조형식에 따른 소규모 건축물의 내진 설계/내진 성능평가 기준의 확립에 대해서는 명확하게 제시하고 있지 않음

표 2.63 국내 보고서 대상 DB : 한국과학기술정보연구원 (NDSL 보고서)

구분	수록내용	수록기간	구축건수
국가연구 개발보고서	정부산하 기관의 재정지원을 받아 수행된 연구개발보고서	1983~현재	132,598
분석리포트	KISTI 산업, 기술정보의 고급 분석 보고서	최신	729,464
계			862,062

표 2.64 소규모 건축물 보고서에 대하여 NDSL에 적용한 검색식

(저층 OR 주택 OR 목조 OR 조적) AND (건축 OR 골조 OR 구조물) AND (지진 OR 내진 OR 구조) not (교량 OR 다리 OR 교각 OR 면진 OR 제진 OR 제어)

표 2.65 국내의 지진에 대한 저층 건축물의 연구 보고서

순 서	발주처	연구 수행	제 목	연 도
1	과학기술부	고려대학교	차세대 내진설계 개념과 지진응답제어 기법 연구	2000
2	건설교통부	고려대학교	우리나라 중저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수/보강법 연구	2002
3	건설교통부	간삼파트너스 주택연구소	조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현 방안을 위한 연구	2006
4	국립방재교육연구원	방재연구소	지진피해 취약도함수 국산화 연구: 저층 구조물의 지진취약도함수 도출 기법 비교검토	2007
5	국립방재교육연구원	방재연구소	지진피해 취약도함수 국산화 연구: 저층 구조물의 지진취약도함수 도출 기법 비교검토(4차년도): 비보강 조적조 건축물의 지진취약도함수 개발	2008
6	국토해양부	창민우 구조컨설턴트	웹기반 중저층 RC건물 구조설계 및 실시도면 전산화	2008
7	국토해양부	(사)대한건축학회 (사)지진공학회	건축물 내진설계 제도 및 피난거리 개선 연구	2008
8	국립방재교육연구원	방재연구소	조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구	2009
9	국립방재교육연구원	방재연구소	목조 건축물의 내진성능 평가기술 개발: 목조 건축물의 내진성능 평가항목 개발을 위한 조사연구	2009
10	국립방재교육연구원	방재연구소	목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발	2009
11	교육과학기술부	고려대학교	필로티형 저층 RC 집합주택의 내진성능평가 및 사전/사후 내진 보강법 개발	2010
12	소방방재청	(주)세라켐	허니컴형 보강재와 방청성 모르터 및 난연성 마감제를 이용한 내진 보수, 보강 공법 및 재해저감기술	2010
13	국토해양부	(사)대한건축학회 (사)지진공학회	소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구	2010

(2) 국외 연구 동향

○ 국외 연구 동향을 조사하기 위해서 미국국토안전부의 일부인 FEMA (Federal Emergency Management Agency, http://www.fema.gov/)에서 발간된 보고서와 비영리 단체인 ATC(Applied Technology Council, https://www.atcouncil.org)에서 발간된 보고서를 조사함

○ 보고서 검색을 위해 적용한 검색식은 표 2.66와 같음

표 2.66 소규모 건축물 보고서에 대하여 FEMA와 ATC에 적용한 검색식

(low-rise OR Housing OR Home OR Masonry OR Wood) AND (Building OR Structure OR Frame) AND (Earthquake OR Seismic OR Shock) not (Bridge OR Pier OR Isolation OR Control)

○ 미국에서는 FEMA와 ATC를 중심으로 지진과 관련된 대규모 연구를 수행하였고

이에 대한 많은 보고서를 공개함

- ATC와 FEMA에서 발간한 연구 보고서 중 기존 건축물에 대한 내진성능평가와 내진 보강에 대한 연구들은 소규모 건축물에 많이 사용되고 있는 조적조 및 목조에 대한 내진성능평가 방법, 성능 판단 기준 그리고 보수/보강에 대한 자세한 지침을 포함
- 또한, 실제 과거에 발생한 지진사례를 바탕으로 지진에 취약한 조적조의 내진 거동, 성능 평가 방법 그리고 복원 방법 등에 대하여 자세히 언급하고 있음
- 1994년 Northridge 지진이 발생했을 때 캘리포니아 주의 많은 수의 목조로 구성된 단독 주택이 심각한 손상이 발생하였고 이를 바탕으로 500개의 목조 건축물을 선정하여 연구를 진행
- 또한, 우리나라의 소규모 건축물에 포함되는 단독 주택 및 2층 이하 연립 주택과 같은 건축물에 대한 지침서와 지진에 의한 손상을 최소화하기 위한 지침서와 손상된 주택의 보수 및 보강 방법까지 다양한 연구를 진행함
- 하지만 우리나라의 경우 소규모 건축물의 내진설계 및 평가에 대한 명확한 지침서를 마련하고 있지 않는 것으로 조사되었다.

표 2.67 ATC와 FEMA 보고서 - 지진에 대한 소규모 건축물의 연구 보고서

순 서	보고서 번호	발행 기관	제 목	연 도
1	ATC 14	ATC	Evaluating the seismic resistance of existing buildings	1987
2	ATC 22	ATC	A handbook for the seismic evaluation of existing buildings	1989
3	FEMA 178	FEMA	NEHRP handbook for the seismic evaluation of existing buildings	1992
4	FEMA 273	FEMA	NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings	1997
5	FEMA 274	FEMA	NEHRP commentary on the guidelines for the seismic rehabilitation of buildings	1997
6	FEMA 306	FEMA	Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings, Basic procedures manual	1999a
7	FEMA 307	FEMA	Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings, Technical Resources	1999b
8	FEMA 308	FEMA	Repair of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings	1999c
9	FEMA 356	FEMA	Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings	2000
10	ATC 50-1	ATC	Seismic Rehabilitation Guidelines for Detached, Single-Family, Wood-Frame Dwellings	2002
11	ATC 50-2	ATC	Safer at Home in Earthquake: A Proposed Earthquake Safety Program	2002
12	FEMA 530	FEMA	Earthquake Safety Guide for Homeowners	2005
13	FEMA 232	FEMA	Homebuilders' Guide to Earthquake Resistant Design and Construction	2006
14	FEMA 547	FEMA	Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Building	2006
15	FEMA P-774	FEMA	Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes: Developing Successful Risk Reduction Programs	2009

A.1.4 기술동향 분석 - 특허동향

○ 검색 방법

- NDSL을 통한 국내외 특허 동향조사를 수행, 특허조사 대상은 표 2.68과 같으며,

표 2.68 특허조사 대상 DB : 한국과학기술정보연구원 (NDSL 특허)

유형	대상	수록기간	구축건수
한국특허	한국 출원, 공개/등록, 실용신안, 디자인	1945-2011.08	3,590,318
미국특허	미국 공개/등록 특허	1976-2011.08	7,098,413
유럽특허	유럽 공개특허	1976-2011.08	2,447,112
국제특허	WIPO PCT 특허	1976-2011.08	2,114,927
일본특허	일본 공개특허	1976-2011.08	8,993,908
계			24,244,67



그림 2.57 NDSL을 통한 특허 동향조사

가. 제 1중점 분야

(1) 내진설계기준 분야

○ 특허검색

- 검색 대상 : 건축물에 적용하는 내진설계기준을 중심으로 검색함
- 검색 기간 : 1978.1.1~ 2011.8.31
- 검색식 : ((earthquake and seismic and ((manual or code or steel or design or designing or evaluation or performance or response or analysis or proof or resistant or resisting or resistance) not (rehabilitation or retrofit or retrofitting or strengthen or enhance)) and ((building or structure or nonstructural or system or element or frame) not (bridge or pier or viaduct or damper or damping or isolation or isolator or sensor))) or (지진 and 내진

and ((기준 or 지침서 or 강구조 or 철골 or 설계 or 평가 or 시스템 or 성능 or 향상 or 해석 or 기술 or 방지 or 피해) not (보강 or 강화)) and ((건물 or 건축물 or 비구조) not (교량 or 다리 or 교각 or 댐퍼 or 면진 or 제진 or 제어 or 센서))))

○ 특허 분석

- 연도별 특허수 : 2002년 이후 증가하는 추세

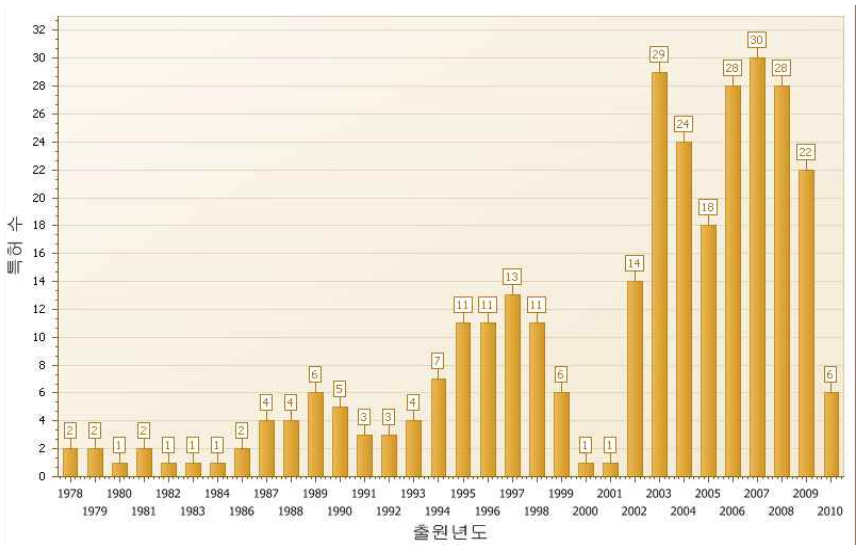


그림 2.58 내진설계 분야 연도별 특허 수

- 국가별 특허수 : 일본에서 많은 수의 특허가 출원됨

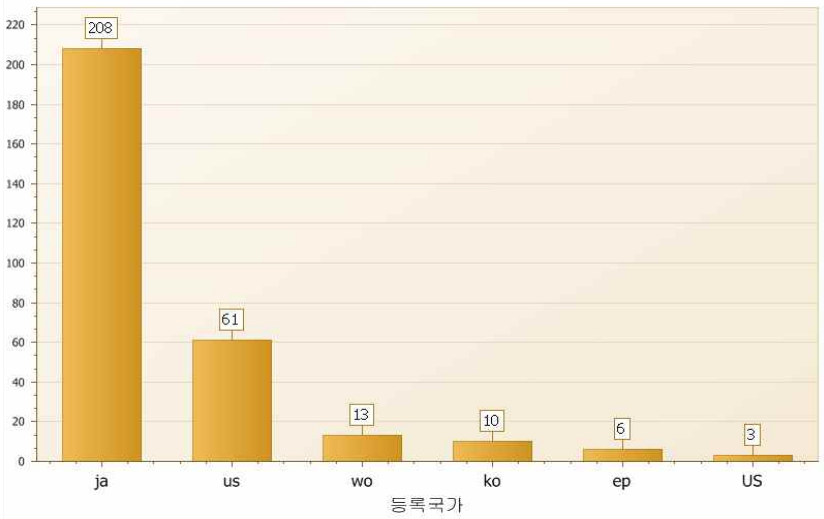


그림 2.59 내진설계 분야 국가별 특허 수

- 출원인 : 일본의 건설사를 중심으로 다수의 특허가 출원됨

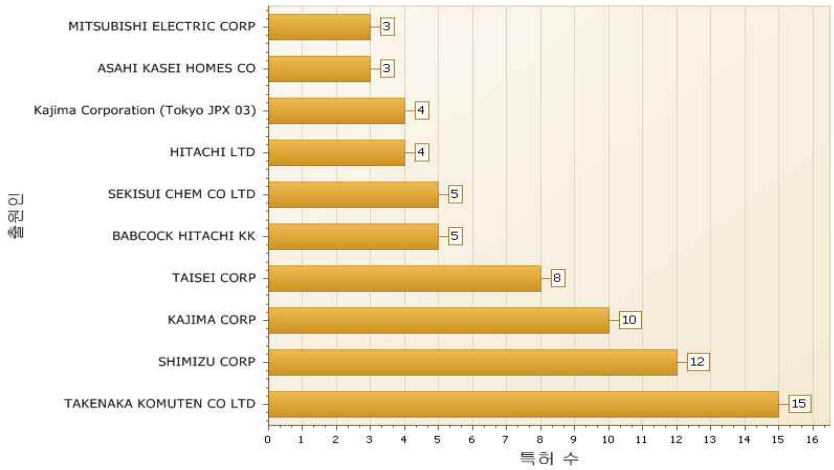
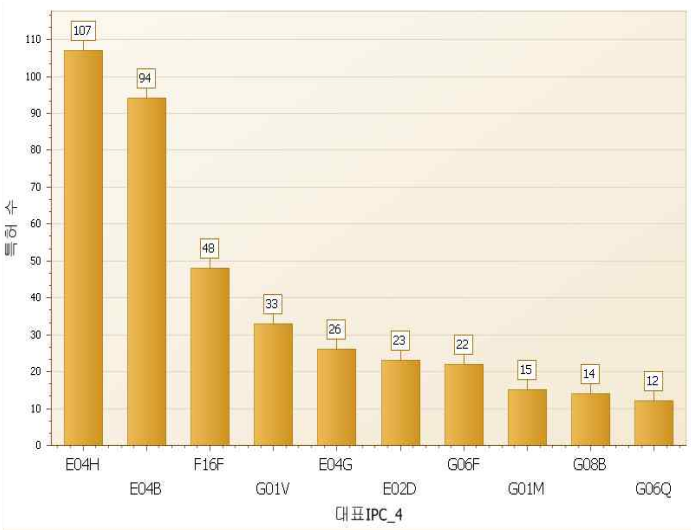


그림 2.60 내진설계 분야 출원인별 특허 수

- 특허분류코드(IPC)에 의한 분야별 특허수



IPC 코드	내용
E04H	특정 목적의 건축물 또는 유사한 구축물
E04B	건축구조일반; 벽, 칸막이벽; 지붕; 바닥; 천정;
F16F	스프링; 완충장치; 진동감쇠 수단
G01V	지구물리; 중력측정; 질량 또는 대상물의 검출
E04G	가설 구조 또는 가설 자료, 가설작업
E02D	지하 또는 수중 구조물
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리
G01M	구조요소; 건축 재료
G08B	신호 또는 호출시스템; 지령발신장치 경보 시스템

그림 2.61 내진설계 분야 분야별 특허 수

(2) 비구조재 분야

○ 특허 분석을 위해, 비구조재의 형태를 건축요소(partition, ceiling, cladding), 설비요소(pipe, equipment)의 접합으로 구분하여 특허분석을 수행함

○ Partition 관련 특허 분석

- ‘seismic’과 ‘partition’을 주제어로 검색된 특허는 총 63건이며, 국가별/연도별 출원 현황은 그림 2.62와 같음
- 1993년 이후 특허 출원이 급증하였으며, 미국과 일본에서의 특허 출원이 활발한 것으로 분석됨



그림 2.62 비구조체 분야 국가별/연도별 특허 수

○ Ceiling관련 특허 분석

- ‘seismic’과 ‘ceiling’을 주제어로 검색된 특허는 총 151건이며, 국가별/연도별 출원 현황은 그림 2.63과 같으며, 1995년 이후 일본에서의 특허 출원이 급증하였으며, 2000년대 이후 미국에서의 특허 출원이 활발한 것으로 분석됨



그림 2.63 Ceiling 관련 국가별/연도별 특허 수

○ Cladding관련 특허 분석

- ‘seismic’과 ‘cladding/curtain wall’을 주제어로 검색된 특허는 총 29건이며, 국

가별/연도별 출원 현황은 다음과 같으며, 칸막이벽이나 천장재에 비해 외장재 관련 특허는 비교적 출원이 적고 대부분 2000년대 이후 미국에서 출원된 것으로 분석됨



그림 2.64 Cladding 관련 국가별/연도별 특허 수

○ Pipe관련 특허 분석

- ‘seismic’과 ‘pipe connection’를 주제어로 검색된 특허는 총 77건이며, 국가별/연도별 출원 현황은 다음과 같으며, 대부분 1990년대 이후 미국과 일본을 중심으로 출원되었고, 1990년대 후반 이후 미국과 일본에서의 특허 출원이 활발한 것으로 분석됨



그림 2.65 Pipe 관련 국가별/연도별 특허 수

○ Equipment connection관련 특허 분석

- ‘seismic’과 ‘equipment connection’를 주제어로 검색된 특허는 총 60건이며, 국

가별/연도별 출원 현황은 다음과 같으며, 대부분의 특허들이 미국에서 출원되었고, 2000년대 이후 미국에서의 특허 출원이 활발한 것으로 분석됨



그림 2.66 Equipment 접합 관련 국가별/연도별 특허 수

○ 특허분석 종합

- 미국과 일본을 중심으로 건축용 비구조재(칸막이, 천장시스템, 외장재) 및 장치, 파이프 등의 내진장치관련 특허들이 출원된 것으로 분석됨
- 시기적으로는 1990년대 중반 이후 특허들이 본격적으로 출원되며, 2000년대 이후 미국을 중심으로 특허가 다수 출원되었음
- 이는 고베지진과 노스리지 지진 등으로 비구조재의 피해 사례가 다수 보고되고, IBC에 2000년대 이후 비구조재의 내진설계 관련 규정이 강화된 데에서 기인한 것으로 평가됨
- 건축용 비구조재 중에서는 천장틀의 지진피해를 줄이기 위한 장치들이 다수 출원된 것으로 분석됨
- 내진천장시스템 관련 특허의 출원인별 출원 현황은 다음과 같으며, 미국의 USG, Amstrong사 등과 일본의 Taisei등 천장시스템 관련 제작사들에서의 특허 출원이 활발한 데 비해 국내의 관련 특허는 거의 없는 것으로 분석됨

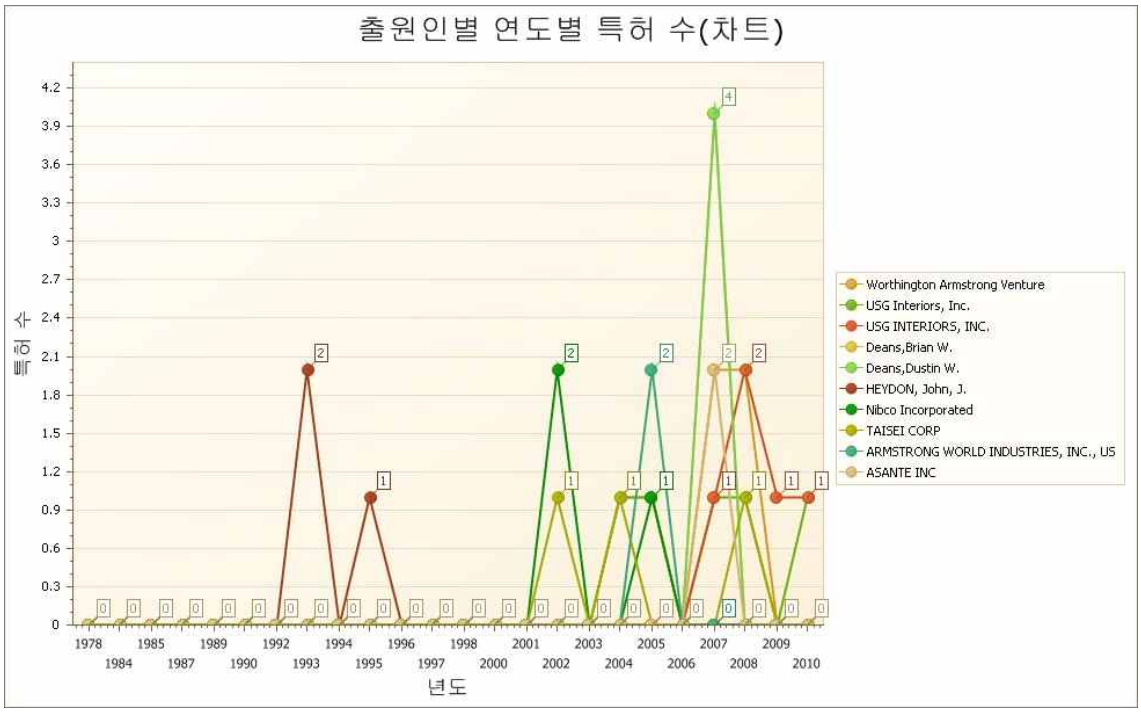


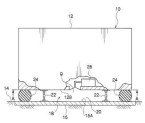
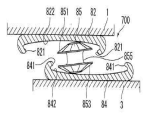
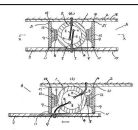
그림 2.67 비구조체 관련 특허 분석

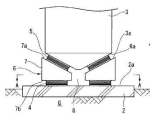
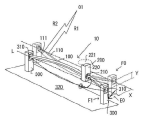
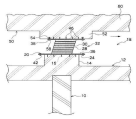
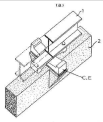
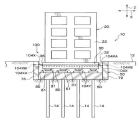
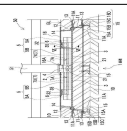
(3) 진동제어장치 및 시스템

○ 일본

- Damper, Isolation, Vibration Control을 검색어로 사용하여 총 8,774건의 특허를 검색함
- 표 2.69은 특허권자가 일본인 대표적인 진동제어장치 임

표 2.69 대표적인 진동제어장치 (일본)

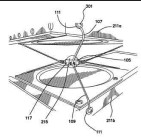
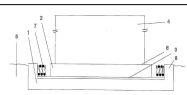
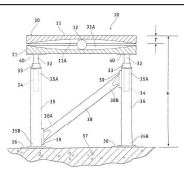
발명자	출원번호	IPC(Int.Cl.)	발명의 명칭	사진
TAKENAKA KOMUTEN CO LTD	0160922	F16F-015/04 E04H-009/02 F16F-015/023 F16F-009/04 F16F-009/32	Base isolation structure and building	
KANAZAWA SEISAKUSHO:KK	0154286	E04F-015/18	Base isolation device	
MANTANI ATSUYOSHI	0277273	F16F-015/04 E04H-009/02	Device for supporting seismic isolation ball	

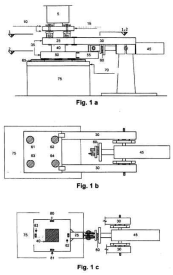
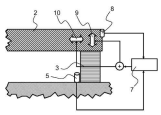
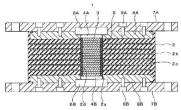
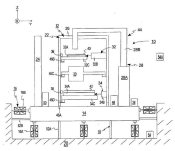
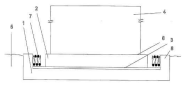
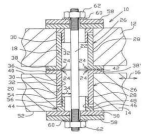
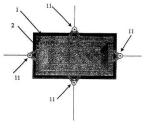
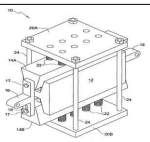
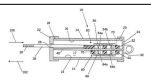
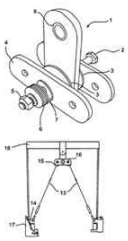
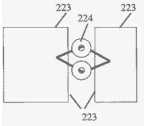
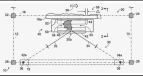
발명자	출원번호	IPC(Int.Cl.)	발명의 명칭	사진
SHIMIZU CORP	0222488	E04H-009/02 F16F-015/04 F16F-015/02	Seismic isolation system	
TOKAI EC KK	0221740	F16F-015/02 F16C-031/06	Seismic isolation and vibration control guide device, and seismic isolation and vibration control guide structure	
TAKENAKA KOMUTEN CO LTD	0160565	F16F-015/04 E01D-019/04 E01D-022/00 E04H-009/02 F16F-001/36	Fixing structure of seismic isolation device, and method for adjusting horizontal displacement difference of seismic isolation device	
IAU:KK; KITAMURA JIRO	0240045	F16F-015/04 E04H-009/02 E04B-001/36	Base isolation device, sliding bearing and base isolation structure	
TAKENAKA KOMUTEN CO LTD	0239404	E04H-009/02 E04B-001/36 F16F-015/02	Base isolation structure and structure	
TSUKIOKA ISAO	0228049	E04H-009/02 F16F-015/02	Structural body of base isolation structure	

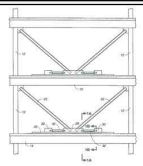
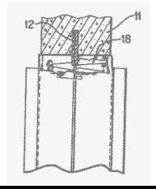
○ 일본을 제외한 기타 국가

- Damper, Isolation, Vibration Control을 검색어로 사용하여 총 5,071건의 특허를 검색함
- 표 2.70는 미국과 유럽등지에서 개발된 대표적인 진동제어장치 임

표 2.70 대표적인 진동제어장치 (일본을 제외한 국가)

발명자	출원번호	IPC(Int.Cl.)	발명의 명칭	사진
Gil A. Moreno	0567548	E04H-009/02 E04B-001/98	Isolation bearing restraint devices	
Charles Edward Weber	0496809	E04H-009/02	Seismic isolation to protect buildings	
Zoltan Kemeny	0756295	E04B-001/98	Seismic isolation access floor assembly	

발명자	출원번호	IPC(Int.Cl.)	발명의 명칭	사진
Robert G. Drysdale	0663143	E04H-009/02 E04B-001/98	Stable unbonded fiber-reinforced elastomeric seismic isolators for base isolation system	
Peter Heiland	0758413	F16F-009/00	Active vibration isolation system which is more effective against seismic vibration	
Oiles Corporation	0767685	F16F-015/04 E04H-009/02 F16F-001/40	Earthquake isolation device	
Fardad A. Hashemi	0548895	G03F-007/20 B12P-011/00 F16M-013/00	System for isolating an exposure apparatus	
Charles Edward Weber	0496809	E04H-009/02	Seismic Isolation to Protect Buildings	
Hilmy Said I.	11585063	E04H-009/02	Seismic energy damping apparatus	
Imad H Mualla	0476987	E04H-009/02 E04B-001/98	Frictional damper for damping movement of structures	
George C. Lee Zach Liang	10455857	F16C 41/00	Friction damper	
Lord Corporation	9737889	F16F 15/03	Magnetically actuated friction damper	
Mualla Imad H.	10048362	E04H 902	Device for damping movements of structural elements and a bracing system	
Mualla Imad H.	0505934	E04H-009/02	FRICTIONAL DAMPER FOR DAMPING MOVEMENT OF STRUCTURES	
Simmons,Robert J.	0156141	E0H-009/02	Frame damper bracing	

발명자	출원번호	IPC(Int.Cl.)	발명의 명칭	사진
Haskell Gregg O.	0811387	E04H-009/02	Building damper apparatus	
McCabe Francis J.	0625796	F24F-013/10 F04G-021/02	Central flange mounted damper	

나. 제 2 중점 분야

(1) 검색 대상

- ○ 건축물에 적용하는 내진평가, 내진보강, 내진피해저감방법을 중심으로 검색하되 댐퍼와 제진,면진장치에 의한 방법은 제 1 중점에서 이미 기술하여 제외함
- ○ 기후변화에 따른 구조성능 평가, 보강공법

표 2.71 검색식

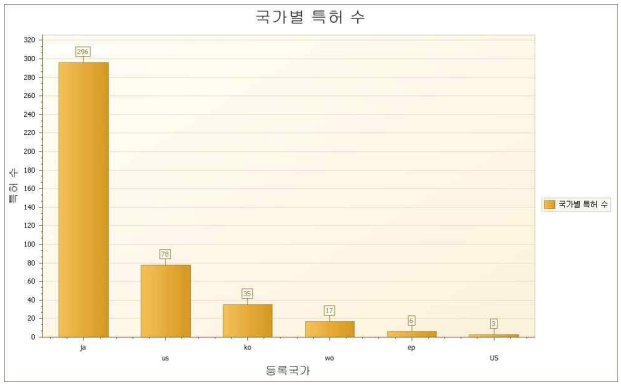
((earthquake and seismic and (evaluation or performance or damage or response or analysis or retrofit or rehabilitation or proof or resistant or resisting or resistance) and ((building or structure or nonstructural or system or element) not (bridge or pier or viaduct or isolation or sensor))) or ((지진 and 내진) and (평가 or 보강 or 시스템 or 강화 or 성능 or 향상 or 보수 or 해석 or 기술 or 방지 or 피해) and ((건물 or 건축물 or 비구조) not (교량 or 다리 or 교각 or 면진 or 제진 or 제어 or 센서))) ((typhoon or flood) and building and (evaluation or retrofit)) or ((태풍 or 홍수 or 산사태) and 건축 and (평가 or 보강))

(2) 특허 분석

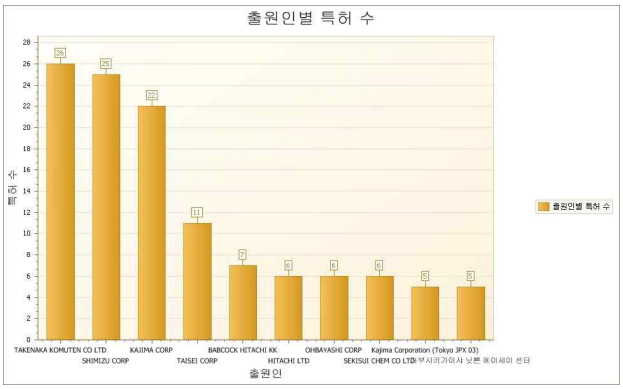
- ○ 표 2.69에서 표 2.70까지 기후변화 대비 구조성능 보강 및 내진성능평가와 보수/보강에 관한 국내외 특허를 분석함
- ○ 특허의 수는 1995년을 중심으로 그 이후 출원이 크게 늘어 매년 20건 이상이 출원되고 있음
- ○ 특허 등록국가별 분석에 의하면 일본에서 출원된 특허가 전체 435건중 296건으로 68%를 차지하고 있으며 출원인은 일본의 대형건설사가 중심을 이루는 것으로 나타났음
- ○ 특허는 보강공법이 전체의 76%를 차지하고 있으며 평가관련은 12%정도로 상대적으로 낮은 편이다. 보강공법의 경우 적용부위별로 보면 건물의 전체적인 골조에 적용하는 방법과, 벽, 기둥, 기초에 적용하는 기법순으로 나타났으며 그 밖에 조적과 목조 건물에 적용하는 기법도 30여건이 있는 것으로 분석되었음



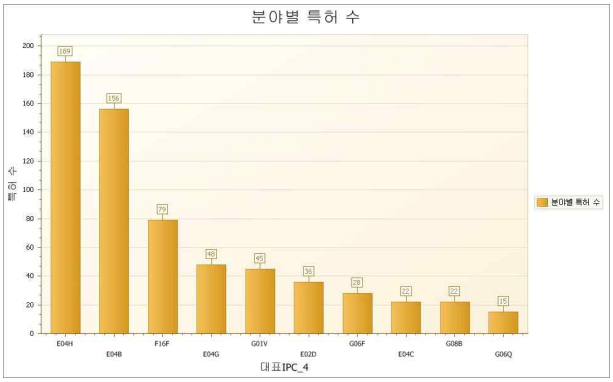
년도별 특허 수



국가별 특허 수



출원인별 특허 수



분야별 특허 수

그림 2.68 특허 분석

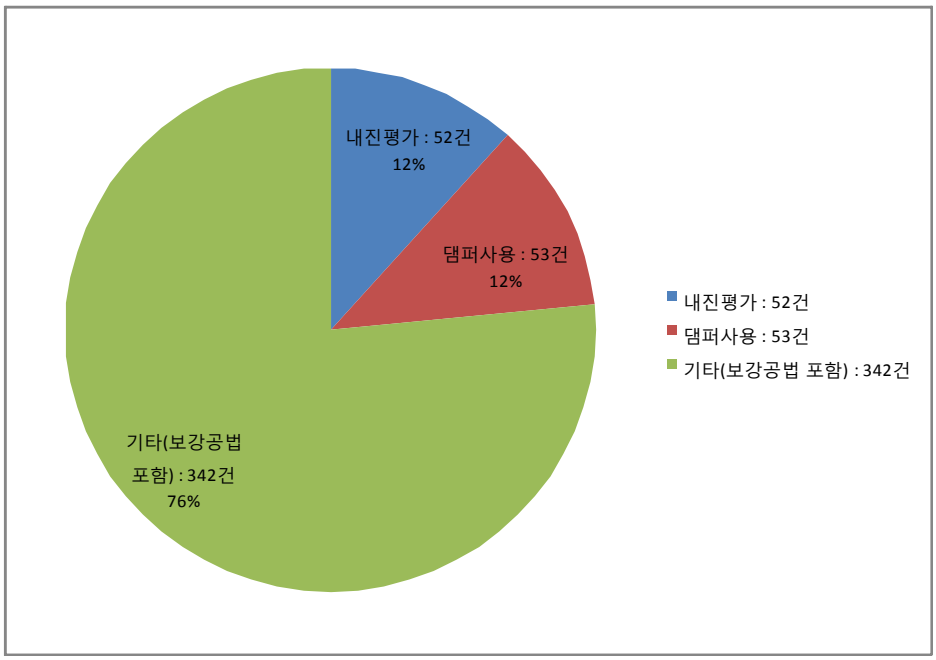


그림 2.69 내용별 분류 : 전체 447건

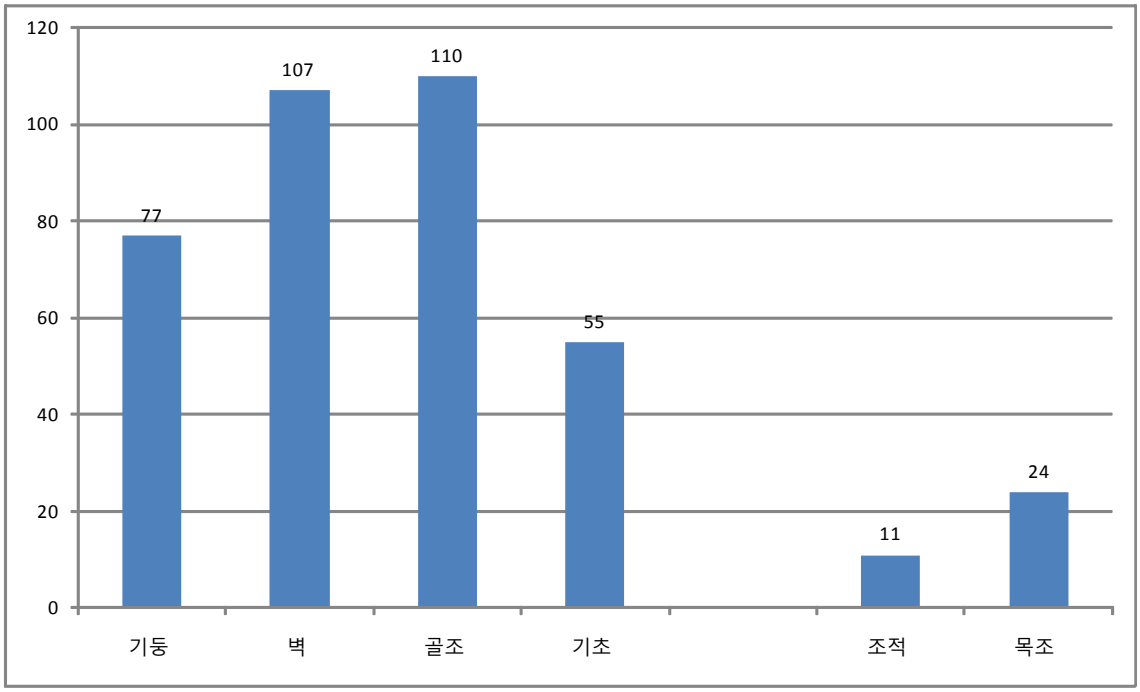


그림 2.70 적용대상별 분류

다. 제 3 중점 분야

- ○ 소규모 건축물에 대한 지진 안전성 평가를 위한 기술 개발 및 제도 기획과 관련하여 저층 구조물의 내진성능에 대한 특허를 표 2.72에 나타낸 검색식을 이용하여 분석됨
- ○ 표 2.73의 검색식을 적용한 결과 300건의 특허가 검색됨. 그 중 본 연구의 범위와 관련이 없거나 중복되는 부분을 제외한 특허는 47개로 나타남
- ○ 47개의 특허중 목조에 해당하는 특허가 13개 그리고 조적조에 해당하는 특허가 8개로 조사됨

표 2.72 특허조사 대상 DB : 한국과학기술정보연구원 (NDSL 특허)

유형	대상	수록기간	구축건수
한국특허	한국 출원, 공개/등록, 실용신안, 디자인	1945-2011.08	3,590,318
미국특허	미국 공개/등록 특허	1976-2011.08	7,098,413
유럽특허	유럽 공개특허	1976-2011.08	2,447,112
국제특허	WIPO PCT 특허	1976-2011.08	2,114,927
일본특허	일본 공개특허	1976-2011.08	8,993,908
계			24,244,67

표 2.73 소규모 건축물에 대하여 NDSL에 적용한 검색식

(((low-rise OR housing) AND (building OR frame OR structure) AND (earthquake OR seismic) not (bridge OR pier OR viaduct OR isolation OR sensor OR network OR wireless OR illumination OR furniture OR detector OR accelerometer) OR (저층 OR 주택) AND (건축 OR 골조 OR 구조물) AND (지진 OR 내진) not (교량 OR 다리 OR 교각 OR 면진 OR 제진 OR 제어 OR 센서 OR 네트워크 OR 무선 OR 조명 OR 가구 OR 감지 OR 탐지 OR 가속도계)))

(1) 출원 년도에 따른 특허 수

- 그림 2.71은 출원 년도에 따른 특허수를 나타냄
- 전반적으로 소규모 건축물에 국한된 기술개발은 왕성하지 않은 것으로 나타났음
- 2000년 이전보다 최근에 소규모 건축물에 대한 특허 등록 수가 많아 짐
- 하지만, 소규모 건축물에 제한된 기술개발이 이루어지기보다는 범용적인 기술에 소규모 건축물에 대한 적용이 가능한 기술이라고 파악됨

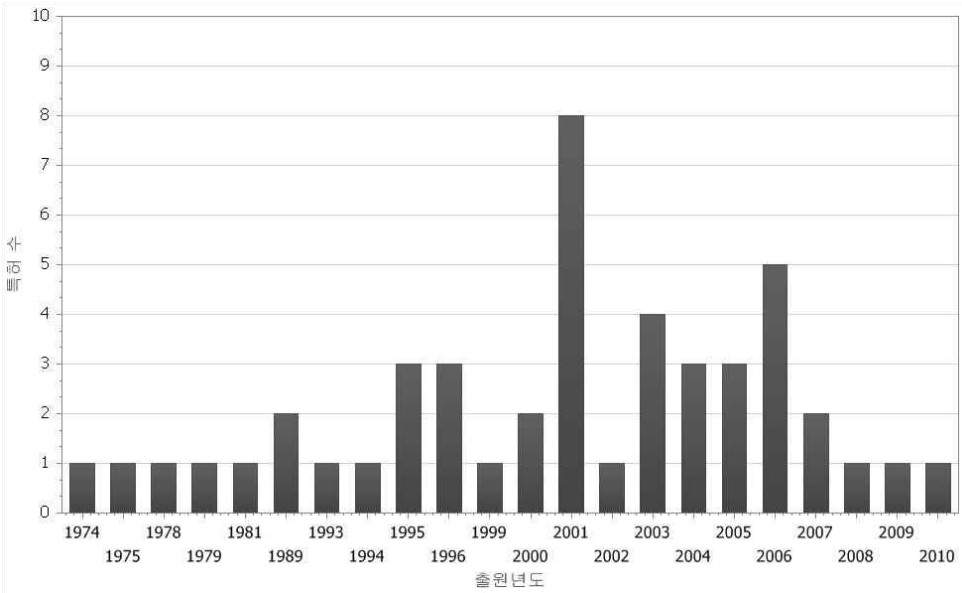


그림 2.71 출원 년도에 따른 지진에 대한 소규모 건축물의 특허 수

(2) 국가별 특허 수

- 그림 2.72는 국가별 특허수를 나타냄
- 소규모 건축물에 대한 특허를 가장 많이 보유하고 있는 나라는 일본으로 나타남
- 그림 2.72에 나타난 것처럼 일본의 경우 소규모 건축물에 대한 전체 특허 수의 77%, 미국의 경우 11%를 점유하는 것으로 조사됨

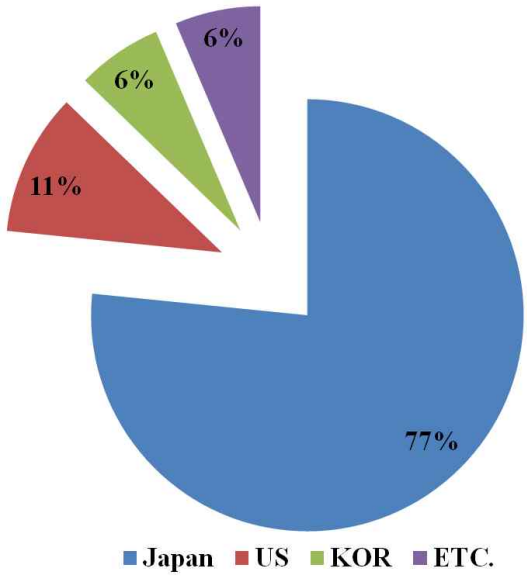


그림 2.72 국가별 지진에 대한 소규모 건축물의 특허 수

(3) 출원인별 특허 수

- 그림 2.73은 출원인별 특허 수를 나타냄
- 일본의 회사에서 가장 많은 특허를 보유하고 있는 것을 볼 수 있음.

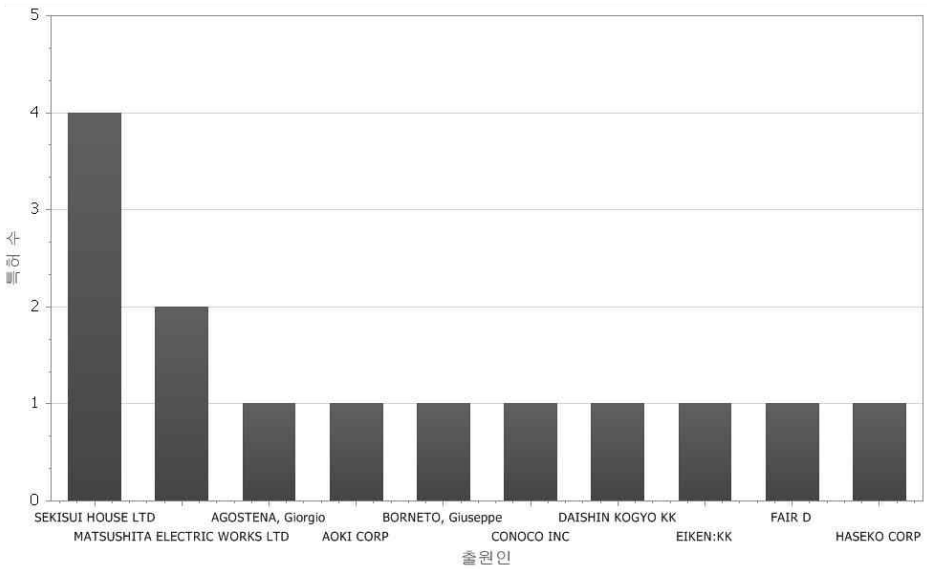


그림 2.73 출원인별 지진에 대한 소규모 건축물의 특허 수

(4) 분야별 특허 수

- 그림 2.74은 특허 분류 코드(IPC)별 특허 수를 나타낸 것임
- E04B와 E04H의 분야에서 대다수의 지진에 대한 소규모 건축물의 특허가 발생하였음
- E04B와 E04H 외에 다른 분야는 10개 미만의 특허가 나타남

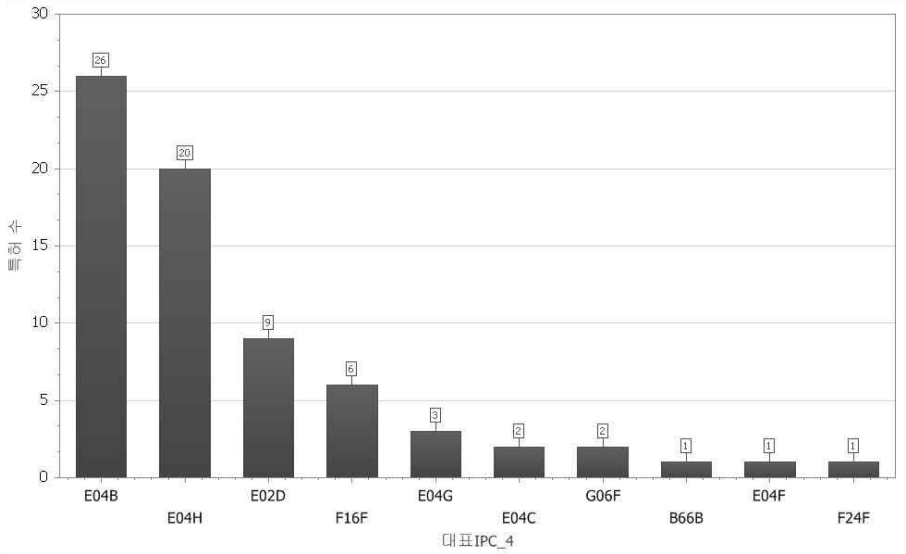


그림 2.74 분야별 지진에 대한 소규모 건축물의 특허 수

A.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라/기술 인력 현황

A.2.1 국내 기술개발 현황

가. 제 1 중점 분야

(1) 건축물 구조설계 기준

- KBC 2009, IBC 2006, ASCE 7, NZs, Eurocode 등 국내외 최신 내진설계기준의 비교결과, 내진설계기준의 설계 개념과 방법, 구조시스템의 분류 뿐 아니라 내진상세도 해외(특히 미국)에 의존하는 경우가 많음
- 특히 대부분 강진운동에 대한 경험에 기반하여 개발된 해외의 내진상세를 국내에서 그대로 도입하여 사용하고 있음. 국내외 논문연구의 분석결과 국내 지반운동 특성과 지진환경은 해외와 많은 차이가 있으므로 현 내진상세의 경우(예, 특수전단벽, 특수모멘트골조 상세) 요구조건이 지나치게 까다로와서 실제 적용에 어려움이 많음. 내진상세의 단순화와 현실화가 필요함
- 국내외 건축구조물의 비교결과, 우리나라 건축물은 필로티를 가진 아파트, 벽체가 얇은 아파트, 전이구조가 있는 주상복합, 깊은 지하층, 아웃리거 등 다양한 시스템의 사용 등 해외와 다른 유형의 구조시스템이 사용되고 있음. 이중골조시스템, 전단벽-골조 상관구조시스템 등 일부 구조시스템은 국내외의 설계상세가 다르므로 주기, 내진구조성능 면에서 많은 차이가 예상됨
- 국내에서는 철골조 건물의 내진상세에 대하여 본격적인 연구가 진행되지 않았으며 대부분 강진지역에 적합한 특수상세를 가진 철골조에 집중되었음. 반면, 실제 국내에서 주로 건설되는 철골조 형식(브라켓 형식 접합부, 볼트 접합부, 경량 철골)에 대한 연구 성과를 찾기가 어려움
- 국내는 국외 강진지역과는 다른 접근 방식을 필요로 하나 현실은 그렇지 않으며, 국내 현실에 맞는 연구가 진행되어야 하고 그 연구성과를 바탕으로 국내에 맞는 설계기준이 수립되어야 함. 특히 국내 제강 업계에서는 고품질의 SN, SHN 강을 생산하고 있으므로 이들을 이용하는 방안을 마련할 경우 해외 시장에서의 기술경쟁력이 있는 것으로 분석됨
- 차세대 내진설계방법인 성능기반내진설계법이 국내외 연구논문과 설계기준을 통하여 무차별적으로 소개되고 있으나, 국내 내진 연구개발자, 학계, 업계에서 충분한 논의와 연구가 필요. 이를 바탕으로 사양기반 설계기준은 복잡하지 않은 일반 시스템에 적용하고, 성능기반 설계기준은 초고층 시스템, 면진,제진시스템, 복잡한 보수보강시스템 등 새로운 시스템에 병행하여 적용하는 방법이 필요함. 국내 내진설계기준의 선진화를 위한 장기적 Framework의 구축이 절실함
- 종합 분석결과, 내진구조설계기술/기준 분야에서 우리나라의 기술경쟁력이 낮으며

해외 의존도가 매우 높음. 국내 건축물의 특성을 반영하고 수요자 중심의 통합된 내진설계/성능평가/보수보강 기준과 기술의 개발을 통해서만 내진기술의 국가경쟁력을 확보할 수 있음

(2) 진동제어장치 및 시스템

○ 국내에서 이루어진 진동제어 장치 및 시스템 개발은 에너지 흡수효율 극대화를 위한 면진장치 및 최적면진구조 설계기술개발 연구보고서(2009, 포항산업과학기술연구소, 동일고무벨트, 우진, 부산대학교)가 있으며, 대표적인 기술개발과 관련한 연구는 다음과 같음

- 초고층 건물의 내풍안전설계기술 개발 (2010, 전북대학교)
- 초대형 구조물의 내풍 및 내진성능향상을 위한 준능동 제어시스템 개발 (2006, 단국대학교, 서울산업대학교, 대덕대학교)
- 첨단 진동제어 기법을 이용한 구조물의 내진제어 통합시스템 개발 (2005, 한국과학기술원)

○ 학교건축물의 진동제어장치를 이용한 내진보강

- 중국 쓰촨성 지진 이후 교육과학기술부에서 2009년 학교시설 내진보강 사업 기본계획을 마련하고, 지진발생 시 대규모 피해가능성이 있는 8,486동 중 우선 2014년까지 2,676억여 원을 투입하여 1,003동(557 학교) 시설의 내진보강 사업을 추진하고 있다. 방학 중 내진보강을 완료해야 한다는 학교건축물의 특수성으로 인하여 주로 진동제어장치(특히 제진장치)를 사용하여 학교건축물의 내진보강을 수행하고 있음
- 하지만, 아직까지 제진장치를 사용한 기존 건축물과 신축 건축물의 내진설계에 관한 국내기준이 전무한 관계로 미국 ASCE 7에서 사용하고 있는 강도기반 제진구조물 설계법과 일본에서 사용하고 있는 에너지기반 제진구조물 설계법을 사용하여 제진장치의 설계와 제진장치를 사용한 건축물의 내진성능 확보여부를 판단하고 있는 실정임
- 강도기반 제진구조물 설계법
  - 구조물의 강도를 기반으로 제진구조물의 지진력 결정방법과 설계요구조건을 제시하고 있는 ASCE 7은 일반 내진구조물 설계법과 유사한 절차를 수행하도록 함으로써 실무적용성을 극대화한 설계절차이다. 제진구조물의 지진력저항시스템을 반응수정계수와 같은 내진설계변수를 이용하여 이선형 거동으로 가정하고, 제진장치에 의한 에너지 소산량을 이용하여 구한 등가점성 감쇠비와 지진력저항시스템의 비선형 이력거동에 의한 감쇠비의 합으로 구한 유효점성감쇠비로 설계지진 응답가속도를 감소시켜 밑면전단력을 구한 후 지진력저항시스템을 설계한다. 아울러 제진장치 설계는 설계지진 뿐만 아니라 최대지진에 대한 요구성능을 계산하여 이를 만족하도록 설계한다.

- 강도기반 제진구조물 설계법은 구조실무자가 사용하기 쉽게 고안되었다는 장점이 있지만, 진동제어장치의 동적성능을 명확하게 구현할 수 없다는 단점이 있으며, 기존 학교건축물의 경우 내진설계가 시행되기 이전 지어진 것이 대부분인 관계로 현행 기준에서 제시하고 있는 접합부 상세를 고려하고 있지 못하므로 지진력저항시스템의 반응수정계수와 같은 내진설계변수를 결정하기 힘들다. 이런 단점으로 인하여 비선형정적해석을 통하여 학교건축물의 보유내진성능을 판단하고, 적절한 위치에 제진장치를 배치하여 비선형정적해석과 비선형동적해석을 통하여 기존건축물의 내진성능 확보여부를 확인하게 된다.

• 에너지기반 제진구조물 설계법

- 강도기반 설계법에서는 내력과 변형이라고 하는 직감적으로 이해하기 쉬운 물리량을 안전성 검증의 척도로 하여 가속도를 하중효과로 평가하고 있으며, 이를 바탕으로 계산한 탄성 설계응답을 반응수정계수로 나누어서 골조의 소성 변형 능력에 따라 설계지진하중을 낮출 수 있게 설정되어 있다. 그러나 지진을 가속도에 의한 하중효과만으로 평가한 경우 지진 가속도의 불확정성이 매우 크며, 구조부재 또는 구조체의 소성변형 능력의 차이에 의한 영향을 직접적으로 비교하기에는 어려운 점이 있다. 뿐만 아니라, 강도기반 설계법에 하중효과로 고려하는 지반가속도보다는 지진입력에너지량이 구조물 피해에 직접적인 영향을 주는 물리량임이 밝혀졌다. 따라서 에너지기반 제진구조물 설계법에서는 각 층별, 각 부재별 손상정도를 에너지 또는 등가에너지 속도를 이용하여 직접적으로 예측하여 구조물의 손상을 최소화하는 설계법이다. 따라서 에너지기반 설계범에서는 지진에 의해서 건축물에 입력되는 에너지의 크기를 산정하고, 건축물이 흡수할 수 있는 에너지의 크기를 지진입력에너지보다 크게 하여 건축물의 안전성을 확보한 설계절차를 제시하고 있다.
- 하지만 힘과 변위라는 물리량에 의해서 구조설계를 실시하고 있는 일반 구조실무자에게 에너지를 이용한 내진설계는 익숙한 구조물 설계방식이 아니기 때문에 에너지기반 설계법은 아직 보편화되지 않은 실정이다.

○ 진동제어장치를 이용한 공동주택의 내진보강 및 내진성능확보 기술

• 1970년대부터 급속한 경제 발전과 높은 인구 밀도는 대도시를 중심으로 좁은 대지에 많은 인구의 거주가 가능한 공동주택(아파트)이 새로운 주거 형태로 제시되었다. 이러한 공동주택의 대표적인 중력 및 횡력 저항 시스템은 시공의 간편함으로 인한 공기단축 등의 시공성과 경제성의 이유로 철근 콘크리트 전단벽 구조를 채용하고 있으며 전단벽은 캔틸레버형태로 단독으로 설치되는 내력벽 시스템과, 벽체연결보에 의해 연결되는 건물 골조 시스템으로 나눌 수 있으며, 지진에 대한 배근 상세에 따라 철근 콘크리트 보통전단벽과 철근 콘크리트 특수전단벽 시스템으로 나눌 수 있다. 건축구조설계기준 KBC2009에 정의되어 있는 내력벽식 및 건물 골조시스템 범주의 전단벽식 구조의 내진 설계 계수인, 반응수정 계수, 시스템 초과강도 계수, 변위 증폭 계수와 지반의 등급과 반응 스펙트럼에 의해 결정되는 내진설계범주에 따른 횡력 저항 시스템의 높이 제한을 표 2.74와 표 2.75에 제시

하였다.

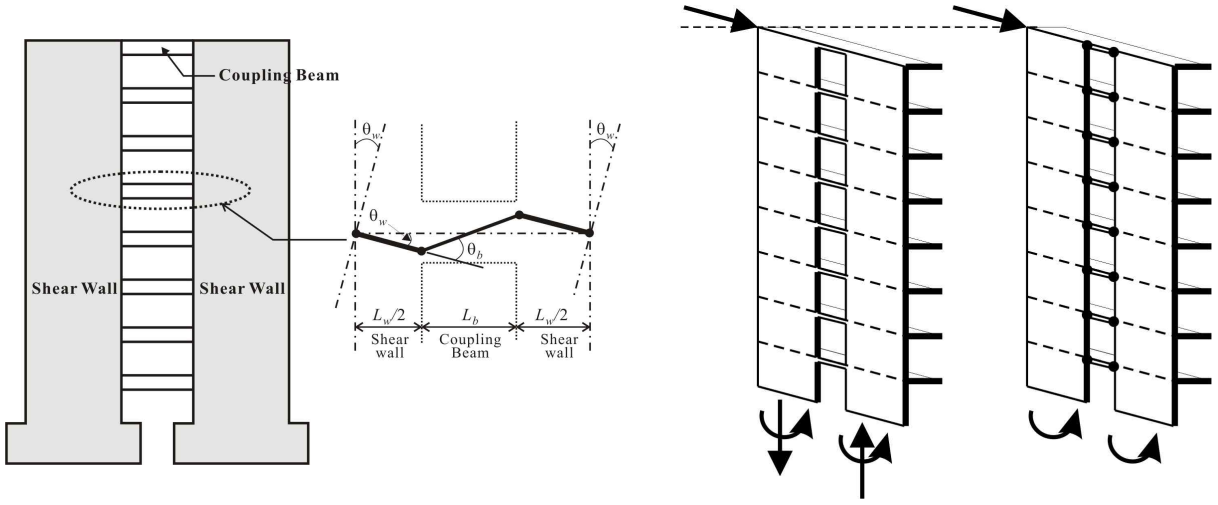
표 2.74 내력벽 횡력저항시스템의 설계계수

기본 지진력 저항 시스템	반응 수정 계수, R	시스템 초과강도 계수, Ω_0	변위 증폭 계수, C_d
내력벽 시스템			
철근콘크리트 특수전단벽	5	2.5	5
철근콘크리트 보통전단벽	4	2.5	4
철근보강 조적전단벽	2.5	2.5	1.5
무보강 조적 전단벽	1.5	2.5	1.5
건물 골조 시스템			
철근콘크리트 특수전단벽	6	2.5	5
철근콘크리트 보통전단벽	5	2.5	4.5
철근보강 조적전단벽	3	2.5	2
무보강 조적 전단벽	1.5	2.5	1.5

표 2.75 횡력저항시스템의 높이제한

기본 지진력 저항 시스템	시스템의 제한과 높이(m)제한		
	내진설계범주 A 또는 B	내진설계범주 C	내진설계범주 D
철근콘크리트 특수전단벽	-	-	-
철근콘크리트 보통전단벽	-	-	60
철근보강 조적전단벽	-	60	불가
무보강 조적 전단벽	-	불가	불가

- 국내 공동주택에 널리 사용되고 있는 전단벽식 구조물이 횡력에 대한 안정성을 높이기 위하여
  - 횡력에 대해 저항할 수 있는 구조요소가 아닌 개구부, 출입구 등과 같은 건축적 요구사항에 의해 설치되는 전단벽 연결보를 효과적으로 설계하여 그림 2.75와 같이 캔틸레버형 벽식구조를 골조형 횡력저항시스템으로 변화시키는 것이 효율적인 방안이며,
  - 이를 위하여 전단벽 연결보는 대변위에도 내력의 저하없이 강도를 유지할 수 있어야 함과 동시에 추가적으로 에너지 소산능력도 가지고 있는 진동제어장치가 적합함
- 전단벽 연결보의 위치에 사용가능한 국내에서 개발되어 특허를 취득한 진동제어장치를 표 2.76에 정리하였음.



전단벽 연결보의 거동　　골조형 전단벽 거동　　캔틸레버형 전단벽 거동

그림 2.75 공동주택의 내진성능 확보를 위해 제안되고 있는 진동제어장치

표 2.76 공동주택에 사용되는 진동제어장치

출원번호	IPC(Int.Cl.)	진동제어장치명
1020100059131	E04B;E04H;	점탄성과 마찰을 이용한 복합제진장치
1020100048970	E04B;E04H;	점탄성과 마찰을 이용한 이중강관형 복합제진장치
1020100048972	F16F;	점탄성과 마찰을 이용한 실린더형 복합제진장치
1020087012003	E04H;E04B;	고층구조물을 위한 댐핑
1020090108298	F16F;	하이브리드 제진장치

○ 태풍 등으로 인한 강풍과 충격하중에 대응할 수 있는 구조물 진동제어 장치 및 시스템

• 바람과 지진에 의한 진동을 제어할 목적으로 개발되거나 사용되어진 장치나 시스템은 고층건축물의 풍진동 제어장치와 소음이나 기계진동을 제어하기 위한 방진장치로 구분할 수 있음

- 2000년대에 들어서면서 그림 2.76과 같이 고층건물의 급격한 증가로 풍진동으로 인한 거주성능 저해를 방지하고자 질량동조형(Tuned Mass Damper, TMD)를 적용 사례가 증가하고 있는 추세임
- 고층건축물의 코어를 구성하는 전단벽을 연결하는 링크보에 점탄성 재질의 재료를 사용하여 풍진동에 대한 거주성능을 향상시킨 사례도 있음
- 그림 2.77와 같은 SMA 개방형 스프링 마운트를 이용하여 구조물의 충격이나 기계진

동을 제어하는 진동제어장치는 진동에 대하여 민감한 반도체 공장 등에 널리 사용되고 있으며, 진동에 의한 사용성 문제가 종종 발생하는 장스팬의 건축물에서도 사용되고 있는 실정임



그림 2.76 질량동조형 진동제어장치를 사용한 국내 고층건물



그림 2.77 바닥판의 충격하중을 저감시키는 진동제어 장치

○ 지진으로 인한 지반진동으로부터 건축물의 격리가 가능한 면진장치와 시스템

• 지진으로 인한 지반운동으로부터 건축물의 진동을 격리시킬 수 있는 면진장치는 그림 2.78와 같이 교량의 면진받침으로 사용되었으나, 2000년 이후 건축물에 도입되기 시작하여, 그림 2.79과 같이 중요도 높은 건축물이나 고가의 건축물에 사용되고 있음.

- 면진장치는 적층고무와 같이 중력하중과 같은 수직응력에 대해서는 강한 강성을 가진 반면, 수평력에 대해서는 낮은 강성을 가지는 적층고무를 사용하여 지반운동으로 인한 대부분의 변위를 면진층에 흡수하도록 하여 상부 구조물에 낮은 밑면 전단력이 전달되도록 고안된 장치임.
- 향 후 문화재와 같이 건축물의 입면과 평면의 수정 또는 보강없이 최대급 지진 등에도 충분한 내진성능을 발휘해야 하는 구조물에 사용성이 높을 것으로 판단됨.

- 몇 몇 국내 회사에서는 적층고무 뿐만 아니라 납봉을 가지는 적층고무와 고감쇠 고무 등을 생산할 수 있는 능력을 보유하고 있는 것으로 판단되며, 다 수의 관련 특허를 보유하고 있음



그림 2.78 토목구조물에 사용되는 면진장치 적용 실례



Traum Haus, 서울 서초동 소재

그림 2.79 건축구조물에 사용되는 면진장치 적용 실례

나. 제 2 중점 분야

○ 국내에서 이루어진 구조성능평가관련 연구중 대표적인 것은 기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상요령(2004, 한국시설안전공단과 한국지진공학회)이며 그 외에 다음과 같은 연구가 있음

- 기존 건축물의 내진성능 평가기법 (1998, 현대건설기술연구소, 한양대)
- 조적조 건축물에 대한 내진성능평가 기법 (2000, 서울시립대학교 및 지진방재연구소)
- 구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안) (2002, 포항산업과학연구원, 동경대학교, 동경공업대학교 및 광운대학교)
- 국내실정에 맞는 취성파괴형 및 삼중수평저항 시스템 건축물의 내진성능평가기법 개발(2008, 한국시설안전공단과 광운대학교)

(1) 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조성능평가 기술

○ 기존 건축물의 내진성능 평가 요령(2008)

- “기존 건축물의 내진성능 평가 요령”(국토해양부 및 한국시설안전공단, 2008)은 1987년 이전에 완공된 10층 미만의 중-저층 건축 구조물을 대상으로 한 것으로, 내진성능 평가에 필요한 지진하중은 2000년 대한건축학회 제정 건축물 하중기준 및 해설에 따르고 1997년 지진공학회에서 정한 기준을 참조하였으며, 철근콘크리트구조물, 철골구조물, 그리고 조적조 건축물의 부재 강도 및 상세에 관련된 사항은 각각 콘크리트 구조설계 기준(한국콘크리트학회-건교부), 강구조 설계 기준(대한건축학회-건교부), 조적조 설계 기준(대한건축학회-건교부)을 따름
- 건축물의 내진성능 평가는 다음과 같은 3 단계로 이루짐
- 내진성능 예비평가
  - 내진성능 예비평가는 주로 간단한 자료를 토대로 포괄적인 내진평가를 목적으로 하며, 약산식을 주로 이용하여 형상 및 주요 내진취약성을 토대로 대략적으로 내진성능을 평가함
  - 평가 항목은 구조재료에 관계없이 공통적으로 적용되는 공통평가항목과 구조재료 및 시스템별 특성을 고려한 세부평가항목으로 분류하고, 공통평가항목은 구조시스템의 강도, 강성, 형상, 그리고 노후화 정도를 평가함
- 1단계 내진성능 상세평가
  - 1단계 내진성능 상세평가는 지진하중에 대한 구조물의 탄성해석을 근거로 구조물의 거동과 구성부재들의 내력이 설계기준을 어느 정도 만족하는가를 평가하는데 초점을 두고 평가항목을 설정함
  - 탄성해석에 의한 부재의 작용력과 변위를 토대로 부재의 강도와 층간변위를 검토함
- 2단계 내진성능 상세평가
  - 비선형해석을 토대로 성능스펙트럼과 푸쉬오버(Push-Over) 해석 등을 이용하여 성능점과 성능점에 도달하는 과정 시 발생한 부재의 응력상태를 토대로 강도 및 변형 능력을 평가하여 구조물이 위치한 대지에서의 요구 스펙트럼과 성능 스펙트럼의 교차점인 성능점을 찾아내어 구조물이 경험할 수 있는 거동 및 피해를 추정함
  - 대표적인 방법으로 스펙트럼 해석법(Capacity Spectrum Method, CSM)를 들 수 있고 이를 이용하여 성능점이 결정되면 구조물의 단계별 부재의 응력 및 변형을 추적하여 예상되는 파괴를 기술하여 내진 평가 자료를 마련하고 비선형 해석을 원칙으로 하며 부재의 연성도 및 변형 능력을 고려하여 평가함
  - 비선형 해석을 원칙으로 하며 푸쉬오버 해석을 권장한다. 성능점에 도달하기까지 발생한 부재의 응력 및 파괴와 부재의 연성도 및 변형 능력을 검토함

○ 기존 건축물의 내진성능 평가 요령의 개정안(2010)

- 기존 건축물의 내진성능 평가 요령의 개정안이 2010년에 마련되었으며 주요 개정사항은 다음의 성능기반형 평가방법의 제시로 다음과 같으나 한국의 특수한 구

조부재나 시스템에 대한 조항은 누락되어 있음

- 성능목표수준: 개정된 내진설계기준(KBC2009)의 기본개념이 되는 성능설계법에 따라 내진평가 시 사용될 성능목표수준을 제안하였고 성능목표수준은 내진규준에 규정되어 있는 건축물의 내진등급에 따라 즉시거주, 인명안전, 붕괴방지 등의 목표수준을 달성하도록 제안함
- 지진위험도: 내진평가시 사용될 지진을 KBC2009와 동일하게 2400년 재현주기의 2/3수준에 해당하는 지진으로 설정하고 지진구역별 유효지반가속도와 지반증폭계수에 의해 구한 설계스펙트럼가속도를 사용하여 내진평가를 수행하도록 제안함
- 재료강도 평가법: 예비평가 시 설계도서가 없을 경우 사용할 수 있는 재료별 연도별 기본값을 제안함
- 기존 실험자료의 분석을 통해 철근콘크리트 건물의 예비평가 시 사용될 기둥의 평균전단응력의 기본값을 기둥의 순높이/폭에 따라 휨기둥, 전단기둥, 단주로 구분하여 각각 제안함
- 휨파괴형부재와 전단파괴형 부재가 동시에 존재하는 철근콘크리트 건물에서 서로 다른 거동특성을 가진 기둥에 의한 복합적인 거동을 반영할 수 있는 예비평가법을 제안하였으며, 제안된 방법은 건물에서 가장 취약한 부분인 1층의 연직부재의 면적만을 사용하여 주어진 재현주기에 해당하는 지진작용 시 구조물의 내진성능을 간단히 평가하여 내진성능을 알 수 있도록 평가시트의 형태로 제시함
- 성능평가의 기본개념으로 기존 구조물에 실제지진이 작용할 경우를 모델링하여 해석결과를 통해 판정하는 성능기반평가개념으로 설정하고 이를 위한 구조해석 및 모델링의 가이드라인을 제시하였고, 성능평가를 위한 구조해석은 구조물 설계시와 마찬가지로 상용프로그램을 사용할 수 있으나 설계시와 다른 점은 Demand 산정시 (즉, 지진하중 산정시) 구조물 전체의 비선형 능력의 가정치에 기초한 반응수정계수를 사용하지 않고, 하중의 불확실성을 고려하기 위한 하중계수를 사용하지 않으며, Capacity의 산정시에도 부재 및 재료강도의 불확실성을 고려하기 위한 강도저감계수와 공칭강도를 사용하지 않음
- 구조물의 비선형능력은 반응수정계수를 사용하여 전체적으로 고려하지 않는 대신 부재별로 검토하도록 하여 연성능력을 가진 부재는 부재별 조건에 따라 연성능력을 나타내는 m factor 및 힌지의 특성파라메터를 제시하였으며, 취성부재의 경우는 인접한 연성부재로부터 전달되는 하중을 저감시키지 않고 모두 저항할 수 있어야 만족하는 것으로 판단함
- Capacity 산정시 재료강도의 불확실성에 근거한 공칭강도 대신 평균강도를 사용하는 것을 기본으로 하였으나 취성적인 거동의 경우 공칭강도를 사용하도록 함
- Demand와 Capacity의 비교를 통해 부재별 성능수준을 판정할 수 있도록 각 성능수준별 허용수준을 제시하였으며 구조물 전체의 성능수준은 성능수준의 개념에 맞게 지진이후 구조부재의 연직하중 지지능력을 토대로 판정하는 방법을 제시함

- 구조설계시에는 고려되지 않으나 구조물의 전체적인 거동에 큰 영향을 주는 채움벽등의 비구조체를 구조해석시 반드시 고려하도록 하였으며 이와 관련된 모델링 기법과 판정기법을 제시함

○ 구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안) (2002)

- 이 평가법은 2002년 3월에 포항산업과학연구원과 동경대학교, 동경공업대학교 및 광운대학교의 공동연구의 결과로서 제안된 것으로, 기본적인 평가방법은 대상건축물에 대해 예비조사, 기본조사 등을 거쳐 내진성능 평가에 필요한 제반수치를 설정한 후 내진성능 평가를 실시하는 방식으로 수행됨
- 내진성능의 평가는 건축물이 가지고 있는 내진성능과 건축물에 요구되어지는 요구 성능을 비교하는 이 평가법은 철근콘크리트조, 철골조, 조적조 건축물을 대상으로 하며 여러 단계의 평가단계를 가지는 다른 평가법과 달리 한 단계의 평가만으로 내진성능을 평가함
- 전체적인 평가방법은 일본의 체계를 원용하였으며 일본 철근콘크리트건물의 내진평가기법의 제1차 진단수법과 제2차 진단수법의 중간정도 레벨에 해당하기 때문에 일본 철근콘크리트 건축물 내진성능 평가지침의 제2차 진단법과 같이 보 및 슬래브는 매우 강하다고 가정하고 기둥 및 벽의 강도를 재료강도, 부재크기, 배근량으로부터 계산하지만, 전체적인 구조물의 소성변형능력(인성)은 제1차 진단법에서와 같이 고려하지 않음
- 또한 일본의 내진성능평가기법에서는 벽돌벽과 블록벽 등의 조적벽체의 내력·강성에 관한 규정이 없지만, 한국의 철근콘크리트 건축물에는 칸막이벽, 허리벽 등에 조적벽체가 사용된 경우가 많으므로 이에 대한 평가기법을 첨가함

○ 조적조 건축물에 대한 내진성능평가 기법 (2001)

- 이 평가방법은 2001년 6월 조적조 건축물의 내진보강방안을 제안하기 위해 서울시와 서울시립대학교 지진방재 연구소가 수행한 연구 결과의 일부로서 그 원형은 1998년 8월 현대건설기술연구소와 한양대가 공동으로 수행한 연구를 통해 제안된 평가방식을 원형으로 하고 있음
- 평가항목에는 내진진단시 건축물의 내진성능 평가를 위하여 평가될 모든 항목들이 기술되어 있으며, 평가자는 항목별로 대상건축물을 점검한 후 적절(True)과 부적절(False)로 평가하고 평가를 받은 대상건축물의 모든 검토 항목들이 적절하다고(True) 평가되면, 더 이상의 평가는 필요치 않고, 부적절(False)한 경우에는 부가적인 평가가 필요함
- 이 평가법에서는 기존건축물의 평가에 있어 사용되는 지진하중은 신축건축물에 적용되는 설계지진하중보다 클 필요가 없다는 개념하에 스펙트럼 증폭계수를 내진설계기준에 사용하고 있는 평균-표준편차(Standard Deviation) 값 대신 평균값을 사용함

○ 조적조 건축물 내진성능 평가기법(안) (2008)

• 조적조 건축물 내진성능평가기법(안)은 2008년 한국시설안전공단과 광운대학교, 국내실정에 맞는 취성파괴형 및 삼중수평저항 시스템 건축물의 내진성능평가기법 연구의 결과로서 제안된 것으로 주요내용을 정리하면 다음과 같음

- 내진성능 평가를 위한 지진하중과 지진 재해도는 2000년 대한건축학회에서 제정한 '건축물 하중기준 및 해설'의 내용을 따르며 내진성능 평가기준 지진은 건축물의 사용목표수명을 고려하여 결정
- 즉, 건축물의 사용목표수명은 일반적으로 신축건축물의 설계수명에 비하여 짧기 때문에 사용목표수명 중에 경험하게 될 지진의 세기는 신축구조물보다 작을 확률이 높으므로 내진성능 평가기준지진은 건축물의 사용목표수명을 고려하여 감소시킬수 있도록 함
- 보수 또는 내진보강을 하여 신설건축물의 평가설계수명과 동등한 정도의 사용수명을 기대하는 경우에는 내진성능 평가기준지진은 내진설계기준의 설계지진으로 하도록 함
- 내진평가는 구조계산서, 평면도 등에서 조사된 자료를 바탕으로, 강도(C), 연성(F), 형상(SD), 노후도(T) 항목을 평가하고 이들을 조합하여 구조내진계수를 구한 구조내진판정지표와 비교하여 내진성능 판단
- 내진성능판별을 위한 수식은 구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안)과 동일하게 일본의 철근콘크리트조 건축물의 내진평가와 동일한 형식을 가지고 있으나 구조내진판정계수는 2005년의 건축구조설계기준을 고려하여 수정

(2) 지진 및 기후변화 대비 기존 건축물의 구조보강 기술

○ 지진에 대한 보강기술은 크게 1) 강도 및 강성을 증가시키는 방법, 2)변형능력을 증가시키는 방법, 3) 지진하중을 감소시키는 방법의 세 부류로 나눌수 있으며, 강도 및 강성을 증가시키는 방법은 가장 전통적인 보강방법으로 전단벽, 가새골조, 버트레스, 모멘트저항골조 등의 횡저항 요소의 추가를 통해 강도와 강성을 동시에 증가시키는 방안임(그림 2.80 참조)



(a) 전단벽 (b) 강판전단벽 (c) 가새골조

그림 2.80 강도/강성을 증가시키는 방법

○ 변형능력을 증가시키는 방법은 몇몇 부재에 대한 보강으로 변형능력을 확보할 수 있을 때 유효하며, 보강해야 하는 부재의 수가 증가함에 따라 비용이 크게 증가함

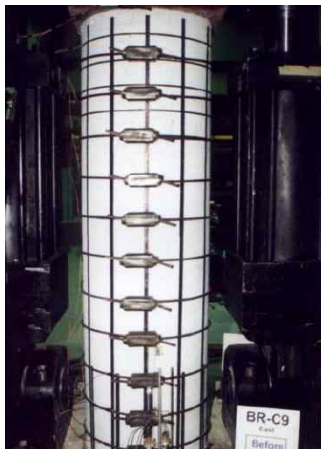
○ 콘크리트 기둥의 변형능력은 그림 2.81와 같이 강판이나 탄소섬유시트로 외부를 구속함으로써 크게 증가될 수 있으며, 구속효과가 발휘되기 위해서는 구속재가 압축력을 받아 외부로 팽창하려는 내부 콘크리트에 대하여 강체로서 작용해야 하며 원기둥보다는 사각기둥의 구속효과가 상대적으로 떨어지나 보와 기둥의 접합부에 대한 보강없이 기둥만을 보강하는 것은 접합부에 파괴를 집중시킬 수 있으며, 기존의 보의 대부분이 반복하중하에서의 모멘트 역전에 따른 항복을 견디도록 설계되지 않았기 때문에 단순히 기둥을 보강하는 방안의 적용성은 매우 제한적임



(a) 강판기둥보강



(b) CFRP 기둥보강



(c) 프리스트레스드 기둥보강

그림 2.81 변형능력을 증가시키는 방법

○ 지진하중의 감소는 그림 2.82과 같이 면진장치 혹은 에너지소산장치를 통해 건물의 동적인 특성을 변화(주로 감쇠비의 증가)시켜 건물에 작용하는 지진하중의 크기를 감소시키는 방법임. 면진장치나 에너지소산장치를 구조물의 적재적소에 배치하여 주어진 설계지진 수준에 대하여 요구되는 성능수준을 만족하도록 설계할 경우 변형 혹은 손상을 면진장치 혹은 에너지소산장치에 집중시킬 수 있어 주요 구조부재의 소성변형을 방지하고 건축물의 보강에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있는 장점이 있음

○ 표 2.77은 면진, 제진장치를 사용하여 기존건축물의 내진보강관련 특허를 요약 정리함



(a) 면진장치



(b) 마찰감쇠기



(c) 금속항복형 장치

그림 2.82 요구곡선을 줄이는 방법

표 2.77 국내에서 등록되거나 공개된 내진보강관련 특허

등록번호/공개번호	발명명칭
10-2000-0074296	지진에 의한 건축 구조물의 붕괴방지 방법 및 장치
10-0385008-0000	내진 보강 기구
10-2000-0054479	목조 가옥용 내진 보강 기구
10-0415704-0000	내진 보강구
10-2003-0002540	내진 보강 금구
10-0487781-0000	내진 보강 금구
10-2006-0108122	경량 건축물의 기초구조 및 그 시공방법
10-2007-0028791	이동이 가능하고 지진에 안전하며 계절에 따라 방향을 바꿀 수 있는 주거 가능한 수상 구조물
10-0645447-0000	풀리형 지진진동 저감장치
10-2009-0058920	슬래브-기둥 접합부의 전단 내력이 향상된 철근 콘크리트구조물
10-0973152-0000	복층 건물의 필로티 보강 구조체
10-0894492-0000	아라미드 스트립 부재를 이용한 철근콘크리트 구조물의 내진보강 시공방법
10-2010-0012177	건물의 내진성능 향상을 위한 기둥 형태의 댐퍼
10-2010-0046685	H형강 보와 각형 강관 기둥의 접합부 연결구조
10-2010-0111472	높은 지진응답을 받는 계전기 판넬에 무정전 및 무이설 방식으로 설치되는 내진 보강구조
10-2010-0119946	다각형 단면을 가진 기설기둥의 내진 보강장치, 내진 보강구조 및 내진 보강방법
10-2010-0119949	원형 또는 타원형 단면을 가진 기설기둥의 내진 보강장치, 내진 보강구조 및 내진 보강방법
10-2010-0119950	인터록 보강판을 이용한 기설기둥의 내진 보강장치, 내진 보강구조 및 내진 보강방법
10-2011-0049064	내진보강장치 및 이를 이용한 건축물 내진 보강공법
10-1029009-0000	건축구조재의 보강 고정구 및 이를 활용한 내진 공법
10-0983638-0000	기존 건축물의 내진보강 구조물 및 방법
10-0994179-0000	건물 벽체 설치용 내진보강 구조체
10-1007073-0000	건축물의 내진보강장치
10-0995937-0000	철근콘크리트건축물의 내진 보강구조

10-1015925-0000	길이 가변이 가능한 내진보강 프레임
10-0989218-0000	조적조 칸막이 벽의 내진보강방법
10-2010-0106259	노후 철근콘크리트 보-기둥 구조물을 위하여 피씨부재를 활용한 리모델링 내진보강 접합구조 및 이를 이용한 건물 리모델링 시공 방법
10-1017686-0000	조적식 벽체용 내진 보강 구조물 및 이를 이용한 내진 보강 공법
10-1046249-0000	내진용 댐퍼 및 이를 이용한 내진 시스템
20-0358918-0000	겹침식 스프링 구조를 이용한 내진 건설용 보강구
20-0358920-0000	접이식 내진 건설용 보강구
20-2008-0002087	내진용 배관지지장치
30-0546827-0000	내진 및 방진용 배관 행거
30-0588144-0000	건축용 내진 보강재

○ 조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구 (2009)

• 조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구는 방재연구소에서 수행된 연구로 주 내용은 조적조 건축물의 파괴형태분류 및 국내 비보강조적조의 시공현황과 함께 국외·내에서 제시된 조적조 건물의 내진성능평가 기법을 소개하고 일반적인 내진보강공법을 제시하고 있으나, 명확한 내진평가법의 제시 및 내진보강 설계법의 제시에는 이르지 못함

○ 건축물 보수 보강 공법의 성능평가에 관한 연구 (2001)

• 건축물 보수 보강 공법의 성능평가에 관한 연구는 한국건설기술연구원에서 수행한 연구로서 주 내용은 탄소섬유시트보강 공사에 사용되는 보강재료의 품질기준 설정, 포준 시험방법안 도출, 보쟁재의 재료물성 파악을 통해 복합재료의 품질시험 및 성능기준안을 도출하였으며 표준 시공지침서 및 표준설계지침서를 작성하였다. 하지만, 주 연구내용이 탄소섬유쉬트를 사용한 보강공법에 한정되어 있음

○ 기존 학교건축물 내진보강에 사용되고 있는 진동제어장치

• 기존 학교건축물 내진보강에 주로 사용되고 잇는 진동제어장치는 마찰형, 강재항복형, 그리고 점성 진동제어장치가 대부분이며, 학교건축물이 연성능력이 거의 없는 비내진보강 철근콘크리트 구조물이라는 특성 때문에 토글시스템을 이용한 변위증폭형 진동제어장치와 에너지 소산능력을 극대화할 수 있는 마찰형 진동제어장치가 많은 것이 특징이다. 학교건축물에 사용되고 있는 대표적인 진동제어장치는 표 2.74와 같다.

표 2.78 학교건축물 내진보강에 사용되는 진동제어장치

출원번호	IPC(Int.Cl.)	진동제어 장치명
1020110008224	E04B;E04H;	다단계 왕복식 마찰댐퍼 및 이를 이용한 내진보강장치
1020100127518	E04B;	직선 및 회전형 마찰댐퍼, 이를 이용한 내진보강장치
1020100013474	E04H;E04B;F16F;	전단형 마찰댐퍼
1020080115587	E04B;E04H;	다점식 마찰댐퍼 및 이를 이용한 내진보강장치
1020080112348	E04H;E04B;	왕복식 마찰 댐퍼
1020070122931	E04H;E04C;E04B;	건축 구조물의 내진보강 복합장치 및 내진 보강구조
1020070122043	E01D;	토글증폭댐퍼시스템
1020080073860	F16F;	일방향 점성댐퍼
1020070122931	E04H;E04C;E04B;	건축 구조물의 내진보강 복합장치 및 내진 보강구조
1020030028729	E01D;	구조물용 점성댐퍼
1020110009445	E04B;E04H;	다단계 왕복식 슬릿강재댐퍼 및 이를 이용한 내진보강장치
1020090037815	E01D;F16F;	복합 감쇠기능을 갖는 소형 면진장치
1020090011576	E04B;E04H;	굴절강재댐퍼 및 이를 이용한 내진보강장치
1020080107757	E04B;E04H;	하중전달판과 슬릿강판을 이용한 강재댐퍼
1020080104336	E04B;E04H;	왕복식 슬릿강재 댐퍼



그림 2.83 학교건축물 내진보강용 진동제어장치

다. 제 3 중점 분야

- ○ 우리나라는 소규모 건축물을 제외한 모든 건축물에 대하여 국토해양부장관이 고시하는 기준인 건축구조기준에 따라 설계됨. 그러나, 소규모 건축물은 건축물 구조 기준등에 관한 규칙(국토해양부령 제 206호)에서 최소 사양 기준을 제시하고 있음
- ○ 구조 안전성 또는 내진성능평가 지침서로 소규모 건축물에 제한하여 적용하는 것은 아니지만 대표적인 것은 국토해양부와 한국시설안전공단에서 발행한 기존 시설물(건축물)의 내진성능평가 및 향상요령이 있음
- ○ 소규모 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙을 제외하고 소규모 건축물에 한정하여 수행된 연구는 극히 드물고 중저층 규모의 건축물을 대상으로 연구를 수행하였음
- ○ 현재 국내에서 소규모 건축물을 중심으로 수행된 연구와 소규모 건축물에 널리 적용되고 있는 구조시스템인 목조와 조적조 관련된 연구는 표 2.79와 같음

표 2.79 국내 소규모 건축물 구조 안전성에 대한 대표적인 연구

순 서	과제 발주처	제 목	연 도
1	건설교통부	조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현방안을 위한 연구	2006
2	국토해양부, 한국시설안전공단	국내실정에 맞는 취성파괴형 및 삼중수평저항 시스템 건축물의 내진성능평가기법연구	2008
3	국립방재교육연구원, 방재연구소	조적조 건축물의 내진보강기법 실태분석에 관한 연구	2009
4	국립방재교육연구원, 방재연구소	목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발	2009
5	국토해양부	소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구	2010
6	국토해양부, 한국시설안전공단	기존시설물(건축물)내진성능 평가요령	2011

(1) 소규모 건축물의 구조 기준

- ○ 소규모 건축물의 구조 기준은 국토해양부령으로 지정된 구조 기준등에 관한 규칙에서 찾아 볼 수 있음
- ○ 특히, 소규모 건축물(3층 미만, 연면적 1000m2미만의 건축물)은 다른 조항을 제외하고 제21조에서 제55조까지의 조항을 따르도록 되어 있으며 최소사양 중심의 기준을 제시한 것이로 이에 대한 산출 근거를 언급하고 있지 않음
- ○ 소규모건축물의 구조기준은 구조 재료별 시스템에 따라 목구조, 조적식구조, 보강블록구조, 콘크리트구조로 분류하여 규정하고 있으며 각 시스템에 대하여 사용 재료와 규모에 따라 적용범위를 달리 적용하고 있음
- ○ 표 2.80은 그 외 구조시스템(보강블록구조와 콘크리트구조 그리고 목구조)에 대한

주요 구조부재의 최소 규준을 나타낸 것이고 표 2.81와 2.82는 건축물 구조기준등에 관한 규칙에서 언급하는 조적식 구조에 대한 내력벽 최소 두께를 정리한 것임

- 목구조는 압축재의 최소단면과 가새의 최소 부재 크기를 언급하였으며 가새의 경우 인장력을 받는 경우와 압축력을 받는 경우를 구분하여 정의되며 모서리에 설치하는 기둥의 경우 2층 이상은 통재 기둥을 사용하고 이은 기둥은 이은 두부를 통재기둥 이상의 내력을 갖도록 보강하도록 제시하고 있음
- 보강 블록조의 경우 내력벽의 길이와 내력벽의 두께 철근 배치에 대한 제한을 언급하고 있음
- 콘크리트조는 보와 콘크리트 슬래브 그리고 내력벽으로 나누어 그에 대한 최소 구조 상세를 제시하고 있으며 보는 복근으로 배근해야하며 주근은 12mm이상을 배치하도록 하도록 규정하고 슬래브는 두께는 80mm이상으로 하며 최대 휨 모멘트가 발생하는 지점의 인장철근의 간격과 슬래브의 두께에 대한 제한을 둠
- 조적식 구조는 내력벽 두께에 대하여 자세히 언급(표 2.81와 2.82 참고)하고 있고 조적재에 사용되는 재료에 따라 내력벽의 최소 두께를 제한하고 있으며, 조적식 구조의 내력벽 두께의 제한은 건축물의 높이, 벽의 길이에 따라 1층과 2층으로 나누어 제한을 하고 있고 조적재에 사용되는 재료는 벽돌, 블록, 돌, 돌과 벽돌 또는 블록을 병용하는 경우로 구분하여 제한하고 있음
- 건축 구조 기준등에 관한 규칙에서 소규모 건축물에 대한 규준을 살펴보면 주 구조부재에 대하여 각 시스템에 높이나 규모에 따른 부재의 최소 두께 또는 철근 배근의 최소 간격등만을 제시하고 있으며 이러한 최소 사양 기준은 건축물의 용도, 위치, 형태 등 다양한 요소들을 고려하고 있지 않기 때문에 비합리적인 구조 설계가 될 수 있음
- 따라서, 다양한 요소를 고려하고 구조 안전성을 보다 체계적이고 효율적으로 확인할 수 있는 방법 마련이 시급함

표 2.80 목구조, 보강블록구조 그리고 콘크리트구조에 대한 주요 구조부재의 최소 규정

구조 시스템	구 분	주요 구조 부재의 최소 제한
목구조	압축재의 최소단면	단면적 4500mm2이상
	모서리에 설치하는 기둥	2층 이상의 경우 통재 기둥 사용 이은 기둥은 이은 부분을 통재기둥과 동등 이상의 내력을 갖도록 보강
	가새의 규준	인장력을 받는 가새: 두께 15mm 이상, 폭 90mm이상의 목재 또는 이와 동등 이상의 강도를 갖는 강재
		압축력을 받는 가새: 두께 35mm 이상, 골조기둥의 1/3쪽에 해당하는

		두께의 목재
보강 블록조	내력벽의 길이에 대한 제한	각 방향에 대하여 내력벽의 길이의 합이 0.15m/1m2이상 바닥면적은 최대 80m2로 제한
	내력벽의 두께*	150mm 이상, 구조 내력에 주요한 지점간의 수평거리의 1/50이상
	철근 배치의 제한	단부에 12mm이상의 철근을 세로로 배치 9mm 이상의 철근을 가로 또는 세로 각각 800mm이하로 배근
콘크리트조	보의 구조	복근으로 배근, 주근은 직경 12mm이상 늑근은 직경 6mm 이상 배치간격은 보 춤의 3/4이하 또는 450mm 이하
	콘크리트 슬래브	두께는 80mm이상 별표 9에 의한 산정 (원문 참고) 최대 휨 모멘트 발생 지점 - 인장철근의 간격: 200mm 이하(단변 방향) 300mm 이하(장변 방향) - 슬래브 두께의 3배 이하로 제한
	내력벽의 구조	1) 벽의 최상단부터 4.5m 내려감에 따라: 150mm 이상의 최소 두께
		2) 1)의 높이부터 3m 내려감에 따라 10mm씩 증가
		3) 벽두께 200mm 이하의 내력벽의 배근 9mm이상의 철근 450mm이하로 배근 (벽두께의 3배 이하여야 함)
		4) 벽두께 200mm 이상의 내력벽의 배근 벽 양면에 복근으로 배근

표 2.81 조적식 구조의 내력벽 두께* 제한 1 (건축물 구조기준등에 관한규칙 제32조)

건축물의 높이		5m 미만		5m 이상, 11m 미만		11m 이상	
벽의 길이		8m 미만	8m 이상	8m 미만	8m 이상	8m 미만	8m 이상
층별 두께[1]	1 층	150 mm	190 mm	190 mm	190 mm	190 mm	290 mm
	2 층	-	-	190 mm	190 mm	190 mm	190 mm
층별 두께[2]	1 층	190 mm (건축물의 지붕층: 1층)					
	2 층	190 mm (건축물의 지붕층: 2층)					

* 내력벽의 두께는 마감재료의 두께 포함하지 않음

1) 2)의 기타사항을 제외한 조적조의 층별 두께 제한

2) 내력벽으로 둘러싸인 부분의 바닥면적이 60m^{2}를 초과하는 경우

표 2.82 조적식 구조의 내력벽 두께* 제한 2 (건축물 구조기준등에 관한규칙 제32조)

조적재	벽돌	블록	돌	돌과 벽돌 또는 블록 병용
내력벽 최소 두께	벽 높이의 1/20이상	벽높이의 1/16이상	표 2의 두께에 2/10 가산한 두께 이상이면서 벽 높이의 1/15이상	표 2의 두께에 2/10 가산한 두께 이상이면서 벽 높이의 1/15이상)

(2) 소규모 건축물의 내진성능평가법

○ 현재 소규모 건축물에 대한 내진성능평가 방법 등에 대한 연구나 지침서는 개발되지 않은 상황. 일반적으로 구조 기준등에 관한 규칙을 준수하는 경우 이를 구조적으로 안전하다고 판단하고 있으며 아래 언급된 내진성능평가 기술은 소규모 건축물에 사용가능하지만 구조엔지니어 대비 전국의 소규모 건축물의 점유율을 고려했을 때 보다 효과적인 평가 방법이 개발되어야 함

○ 기존 시설물(건축물) 내진성능평가요령 (2011)

- 국토해양부와 한국시설안전공단에서 발행한 내진성능평가 지침서인 기존 시설물(건축물) 내진성능평가요령(2011)은 중·저층의 기존 건축구조물의 내진평가에 사용하도록 되어 있음
- 이 평가 요령에서 적용대상구조물은 건축물의 구조재료에 따라 철근콘크리트구조, 철골구조, 조적조, 철골철근콘크리트구조로 구분하였으며 이에 대한 자세한 내용은 표 2.83에 정리되어 있음
- 이 내진성능평가 지침서의 내진성능 평가 절차는 3단계 평가방법으로 제시되어 있으며 내진성능 예비평가, 1단계 내진성능 상세평가 그리고 2단계 내진성능 상세평가로 구분됨. 일반적으로 순서는 예비평가에서 1단계 그리고 2단계 내진성능평가로 진행되지만 상위단계의 평가를 바로 수행한 경우 하위단계의 평가절차는 생략 가능함. 3단계 내진성능평가에 대한 자세한 설명은 아래와 같음
  - 내진성능 예비평가: 대상구조물에 대한 간단한 자료를 바탕으로 상세평가의 필요성을 결정하기 위해 실시되며 간단한 자료 및 약산식을 이용하기 때문에 보수적인 결과가 나타남. 이 방법은 정형 건축물에만 사용가능하며 예비평가에서 평가결과가 만족스럽지 못한 경우 상세평가를 통한 정밀한 평가를 실시함
  - 1단계 내진성능평가: 대상구조물에 대한 탄성해석의 결과를 바탕으로 주로 부재의 강도를 검토하여 내진성능을 평가함. 이를 통해 만족하지 못한 결과를 얻지 못한 경우 2단계 내진성능평가를 실시함
  - 2단계 내진성능평가: 비선형 해석을 원칙으로 하며 부재의 연성도 및 변형 능력을 고려하여 평가함. 역량 스펙트럼법(Capacity Spectrum Method)와 변위계수법(Displacement Coefficient Method)를 사용하여 성능점을 산정하고 성능점에서 발생한 부재의 응력 및 변형을 개별 부재의 연성도 및 변형능력과 비교하여 검토함

표 2.83 건축물의 구조시스템별 분류

대분류	소분류
철근콘크리트구조(RC)	RC 모멘트골조
	RC 전단벽 + 모멘트골조
	RC 전단벽
철골구조 (S)	철골 모멘트골조
	철골 가새골조
	철골 모멘트골조+RC 전단벽
비보강 조적조(M)	비보강 조적조
철골철근콘크리트조(SRC)	SRC 모멘트골조
	SRC모멘트골조 + RC 전단벽

○ 조적조 건축물에 대한 내진성능 평가기법(안) (2008)

• 조적조 건축물 내진성능평가기법에 대한 대표적인 연구로 국내실정에 맞는 취성파괴형 및 삼중수평저항 시스템 건축물의 내진성능평가기법연구가 수행됨. 이에 대한 주요내용은 다음과 같음.

- 내진성능평가에 사용되는 지진은 건축물의 사용목표수명을 고려하여 결정됨. 이는 건축물의 사용목표수명이 신축건축물의 설계수명에 비해 짧기 때문에 내진성능평가를 위한 지진을 사용목표수명을 고려하여 감소시키기 위함
- 보수 또는 보강된 신축 건축물과 같이 설계수명과 사용수명을 동등하게 고려하는 경우는 내진성능평가를 위한 지진은 설계수명을 고려하여 결정함
- 내진성능평가를 위해 사용되는 식은 일본의 철근콘크리트조 건축물에 적용되는 방식을 기반으로 국내의 건축구조설계기준에 따라 수정함
- 내진평가는 구조계산서와 평면도 등을 통해 조사된 데이터를 바탕으로 강도, 연성, 평면 형사, 노후도 항목을 고려하여 구조내진계수를 계산하고 이를 구조내진판정지표와 비교하는 방식을 제시함

○ 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진단법의 개발 (2009)

• 목조 건축물의 내진성능평가 방법 개발을 위해 목조 건축물의 내진성능 평가항목에 따른 내진진다법의 개발(방재연구소, 2009)이 수행되었음. 이 연구는 1차년도에 목조 건축물에 대한 내진성능 평가항목에 대하여 조사하였으며 이 조사결과를 바탕으로 내진진단법을 개발한 것임 (그림 2.84 참고)

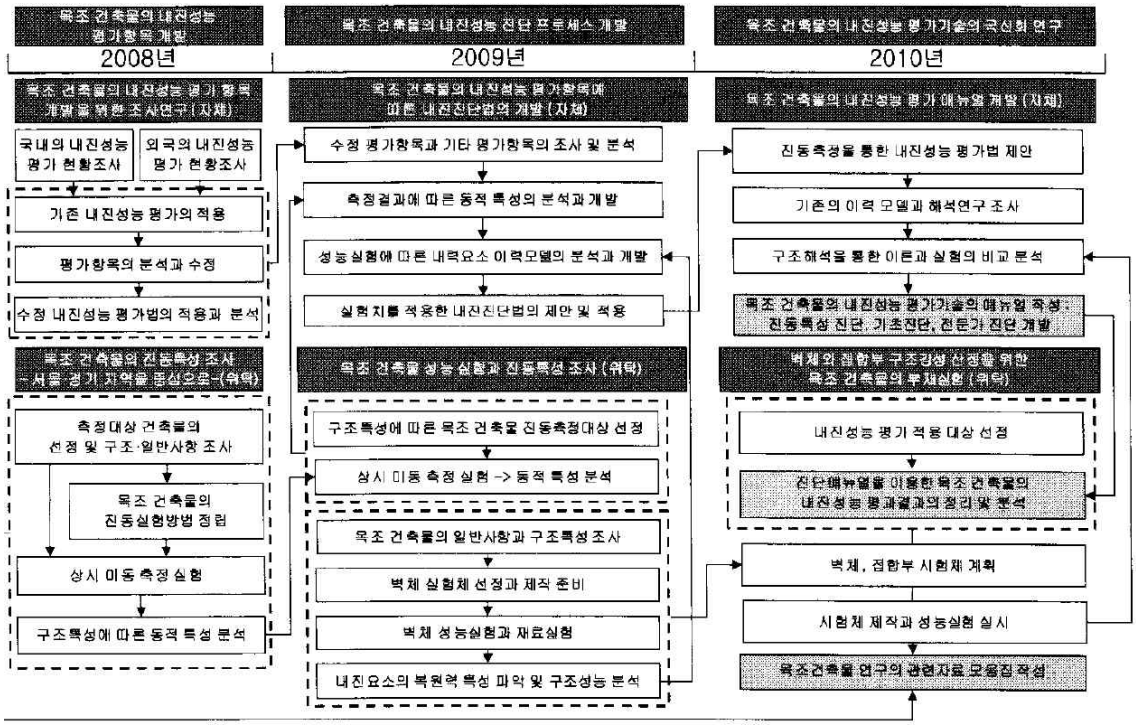


그림 2.84 목조건축물의 내진성능평가 방법 개발에 대한 연구 로드맵

- 이 연구의 주된 내용은 우리나라에 사용가능한 기초진단법을 개발하기 위해서 기존에 미국과 일본에서 사용하고 있는 진단법을 분석하여 일반적 평가항목과 구조적평가항목으로 나누어 내진성능평가 방법을 제안함. 실제 건축물의 진동측정실험결과와 기존 연구결과를 바탕으로 목조 건축물의 고유진동식을 새롭게 제시함. 또한, 목조건축물의 벽체 구조성능실험을 실시하여 벽체 개구율에 따른 전단응력 산정방법을 제시함. 마지막으로 개발된 목조 건축물의 기초진단법과 내진성능평가 방법에 대한 적용성에 대한 분석을 함
- 내진성능평가 방법은 구조내진지표와 구조내진 판정지표를 이용함. 특히, 벽체의 전단응력을 이용하는 조적벽체에 대한 충분한 자료가 없기 때문에 연성지표는 0.8을 적용함. 실험과 기존 연구를 기반으로 국내 실정에 적합한 구조내진 판정지표를 제안하였음.

(3) 표준설계도서

○ 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구 (2010)

- 국내 소규모 건축물의 구조안전성 향상을 위해 소규모 건축물 내진설계개선 방안(국토해양부, 2010년)에 대한 연구가 있음. 이 연구에서 국방부 표준설계도서를 검토하고 이를 개선하는 연구를 수행함
- 이 연구의 주된 내용은 소규모 건축물의 내진 안전성 확보를 위해 강구조, 철근콘

크리트조, 조적조에 대한 지진에 대한 안전성 검토와 필요성을 제시하고 이를 개선하기 위한 방안을 언급함. 또한, 현재 국방부 표준설계도서(철근콘크리트조와 조적조에 대한 내진검토를 통해 각 구조시스템에 대한 표준설계도서에 대한 개선안을 제시함

- 철근 콘크리트조의 경우 현재 표준설계도서의 접합부 상세에 중간모멘트골조 배근상세를 모든 소규모 철근콘크리트 건축물에 적용하는 것은 무리가 있다는 점을 지적함. 특히, 내진설계범주 D에 해당하는 경우 중간모멘트골조 시스템의 내진상세를 따라야하고 국방부 표준설게도서의 철근배근 일반사항(그림 2.86 참고)에 이를 추가할 것을 제시

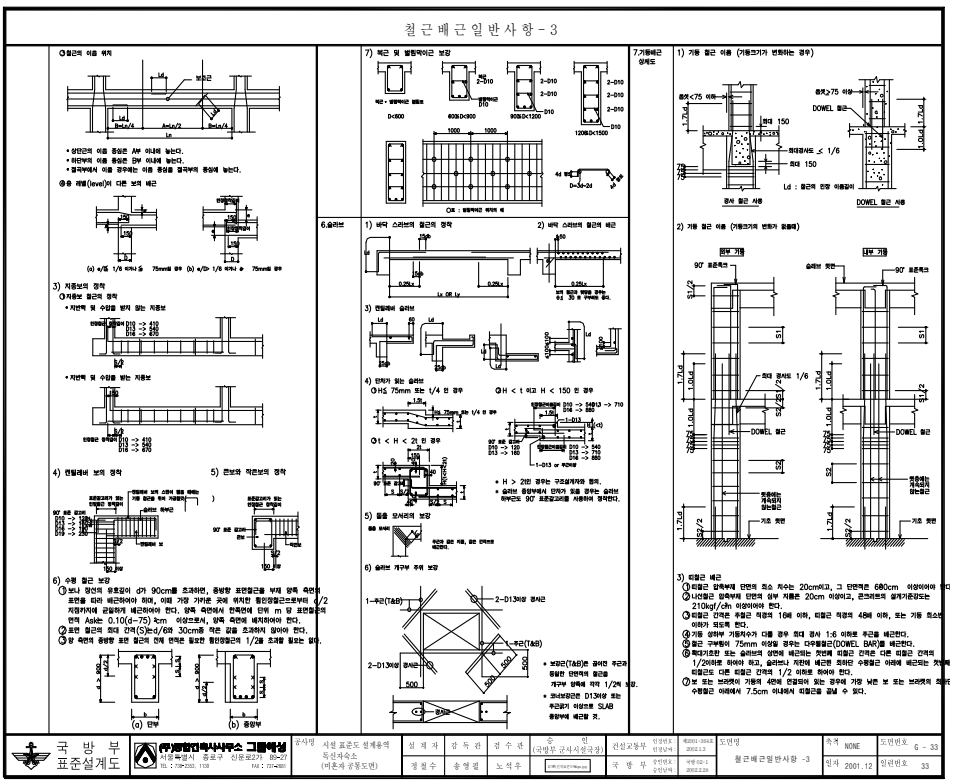
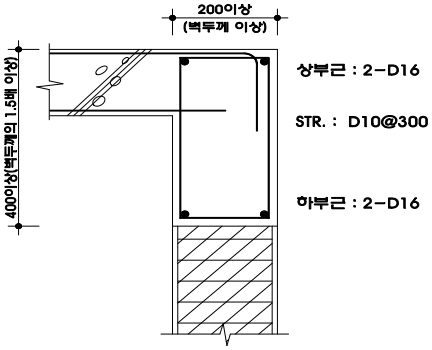
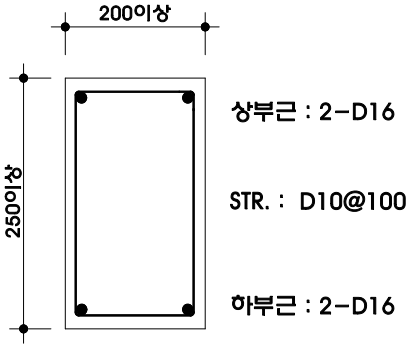


그림 2.85 국방부 표준설계도서의 철근배근 일반사항

- 조적조의 경우 국방부 표준설계도서에 제시된 조적조 건물에 대한 조적 벽체의 벽량 검토, 슬래브 및 기초, 기타 부재에 대한 검토내용을 제시하고 개선 방안을 언급함. 국방부 표준설게도서의 23평형, 31평형, 40평형의 조적벽량은 문제가 없지만 50평형 건축물은 조적벽체의 벽량이 부족하여 평면의 변경을 통한 조적벽체의 보강이 필요하고 철근의 정착을 위해 줄기초 및 인방보, 테두리보 상세등의 보완 사항을 지적함(그림 2.87 참고)



테두리보 표준배근 상세



인방보 표준배근상세

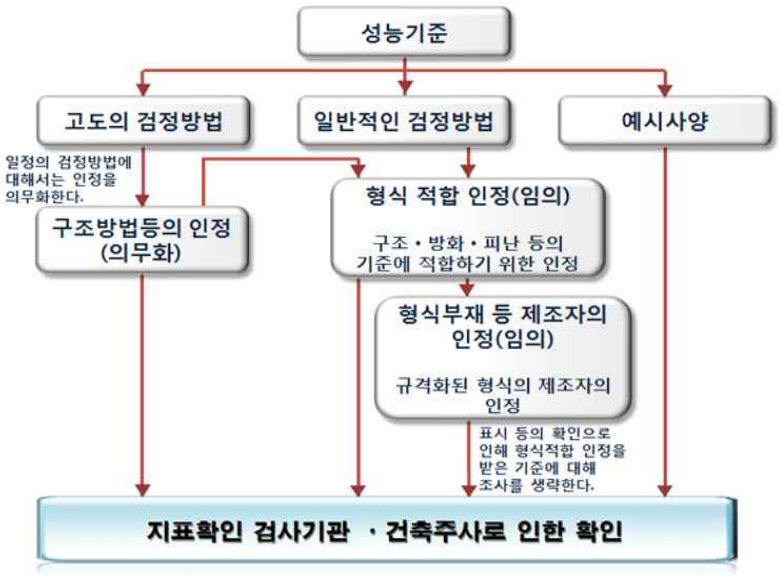
그림 2.86 조적조 건축물의 국방부 표준설계도 개선안

A.2.2 국외 기술개발 현황

가. 제 1 중점 분야

(1) 건축물 구조안전성관련 기준

- 미국은 1927년 내진설계기준 제정 후 현재 IBC 2009까지 수 차례 통합, 개정을 통해 내진/내진동 설계 기준 완성도를 높임. 그러나 IBC는 매우 사양적이고 불명확한 면이 있으며, 성능기반설계와 동떨어진 면이 있음.
- 미국의 비구조재에 대한 내진시방서에는 UBC, NEHRP, IBC, ASCE/SEI, ASME (보일러, 압축용기) 등이 있다. 한편 FEMA 356에 비구조재의 성능수준이 정리되어 있으며 FEMA 412, 413, 그리고 416에 기계설비, 전기설비, 그리고 파이프의 내진장치 설치 지침이 있다. ASCE 7-10에서는 비구조재의 수직, 수평 설계하중과 개별 비구조재에 대한 사양적 내진설계를 포함하고 있다. ASCE7-10에서 직접적으로 다루는 비구조 요소는 비구조재 요소 앵커관련 규정과 건축요소 관련 규정(외부 벽체 요소 및 접합부, 유리, 면외 휨, 천장시스템내진브레이스, 벽체와의 접합 상세 등 포함, 액세스 플로어, 파티션 등), 기계 및 전기요소 내진설계 규정(기계요소, 전기요소, 장치 support, 파이프 및 덕트, 스프링클러 시스템 등) 등을 포함하고 있음
- 일본은 지진의 크기에 따라 다른 목표성능을 규정하는 성능에 기초한 내진설계기준 적용 (아래 그림 참조)



○ 호주는 우리나라와 지진위험도와 관련해서 매우 유사함 (단순하면서 합리적임)

○ 뉴질랜드와 유럽은 Capacity Design과 사양형식이 아닌 Engineering이 녹아든 기준의 형식 (복잡해 질 수 있으나 성능기반설계의 대세에 가장 적합함). 특히 뉴질랜드의 경우 제한된 연성 (Limited Ductility)의 개념은 지진에 의한 영향이 비교적 적은 구조물의 설계 시 유용하게 적용될 수 있음.

(2) 진동제어장치 및 시스템

○ 일본의 기술개발 현황

- 2000년도에 개정된 일본 건축기준법에 의해 높이 60m이상의 건물에 대해서는 지정성능평가기관인 일본건축센터를 통해 성능을 평가 받아야 함.
  - 2000년 부터 2008년까지 일본건축센터에 접수된 신청건수와 구조형식별 신청현황, 성능평가 신청 건물 중 수동형 진동제어 장치의 이용현황을 표 2.84, 2.85과 2.86과 같음
  - 제진구조에 적용하기 위한 제진장치 중에서 현재 상품화되어 실적용된 제진장치의 종류만 70여 가지이며, 면진장치까지 포함하는 경우 100가지 이상의 장치가 상품화되어 있음
  - 2002년 10월부터 주택의 품질확보 촉진등에 관한 법률에 따라 주택성능제도가 실시하고 있으며, 2008년부터 면진건축물인지 아닌지에 대한 성능표시방법이 추가되었으며, 지진보험에 있어서도 면진건축물의 경우 내진등급할인과 건축년 할인제도가 도입되었다. 이와 같이 정부 및 산업차원에서의 지원은 기술개발의 가능성을 향상시키며 타국에 의한 기술경쟁력을 높이는 계기가 되었다고 판단됨
- 진동제어장치 또는 시스템은 철골구조에서부터 적용하기 시작하여 철근콘크리트 구조로 그 적용성이 확대되고 있으며 최근에 50% 이상의 철근콘크리트구조에서 진동제어장치를 사용하여 지진에 대한 구조물의 안정성을 확보하고 있음.

- 철골구조를 사용한 경우 구조종별 분포는 아래 그림과 같으며, 최근에 들어 SRC조의 비율이 감소되고 있음을 그림 2.89로부터 알 수 있음

표 2.84 내진성능 평가 신청건수

연 도	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
신 청	92	103	75	58	67	63	124	154	78
신 규	89	81	60	49	54	51	103	68	17
설치변경	3	22	15	9	13	12	21	86	61

표 2.85 구조형식별 내진성능 신청건수

연도 / 구조별	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
RC	46	46	37	32	36	28	73	38	6
S	19	20	5	8	4	4	5	4	7
CFT	17	14	16	7	14	14	22	23	4
SRC	10	1	2	2	0	5	3	3	0

표 2.86 성능평가 신청건물 중 수동형 진동제어장치 이용현황

연 도	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
면 진	17	13	11	98	12	11	32	16	5
제 진	42	34	25	21	25	35	46	34	8

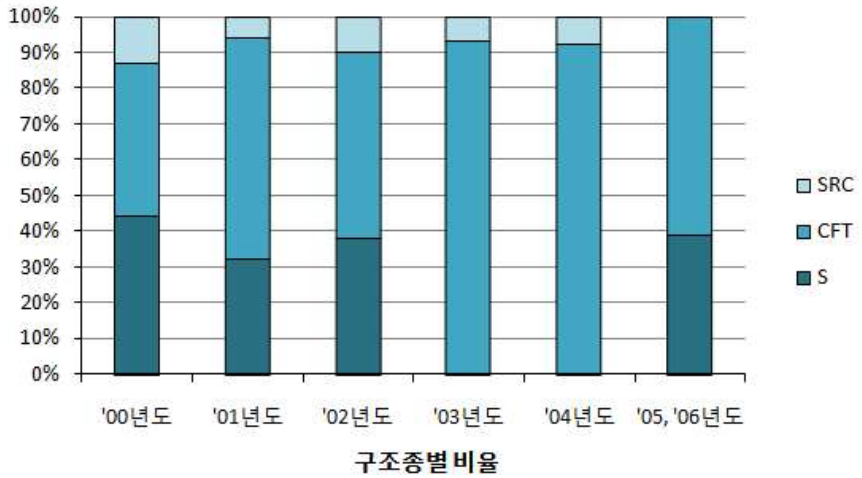


그림 2.88 진동제어장치를 사용한 년도별 구조종별 비율

- 철골구조에서 제진구조 적용현황은 아래 그림과 같으며, 최근에는 90%이상이 제진구조를 채용하고 있음을 그림 2.90로부터 알 수 있음

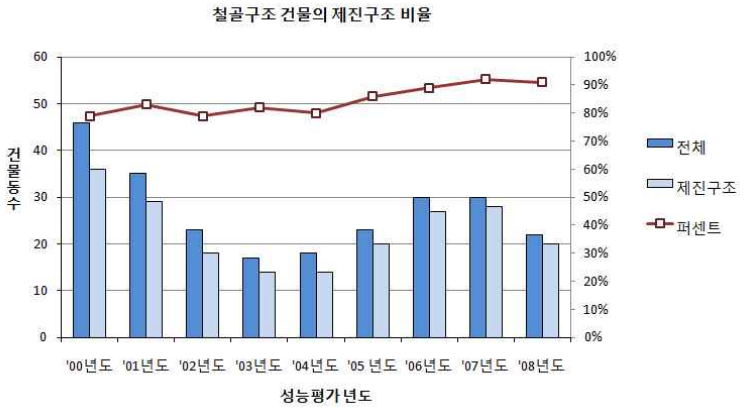


그림 2.89 진동제어 장치를 사용한 철골구조물의 년도별 비교

- 면진 및 제진장치를 포함한 진동제어장치를 채용한 건물에서 면진장치 혹은 제진장치를 설치한 형태별 분포는 그림 2.91과 같으며, 제진장치를 사용하지 않는 경우는 급격히 감소하고 있으며, 2종류 이상의 제진장치를 사용한 경우는 15~25%정도임
- 철골조 제진구조물의 경우 각 년도별 제진장치의 종류에 따른 분포는 그림 2.92과 같으며, 주로 강재댐퍼(비좌굴가새, 강재이력)와 점탄성댐퍼가 사용되고 있음

• RC구조에서의 면진 및 제진구조 적용현황은 그림 2.93와 같으며, 10여년 전에는 면진 및 제진구조를 채택한 경우가 30%를 밑돌았으나, 최근에는 약 50~70%에 도달하고 있음

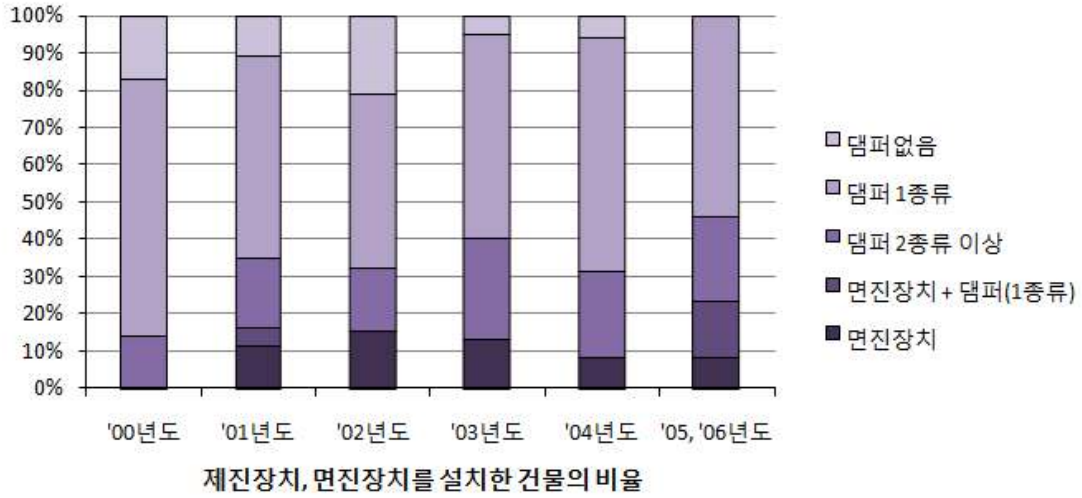


그림 2.90 철골구조물에서 진동제어장치별 사용 비율

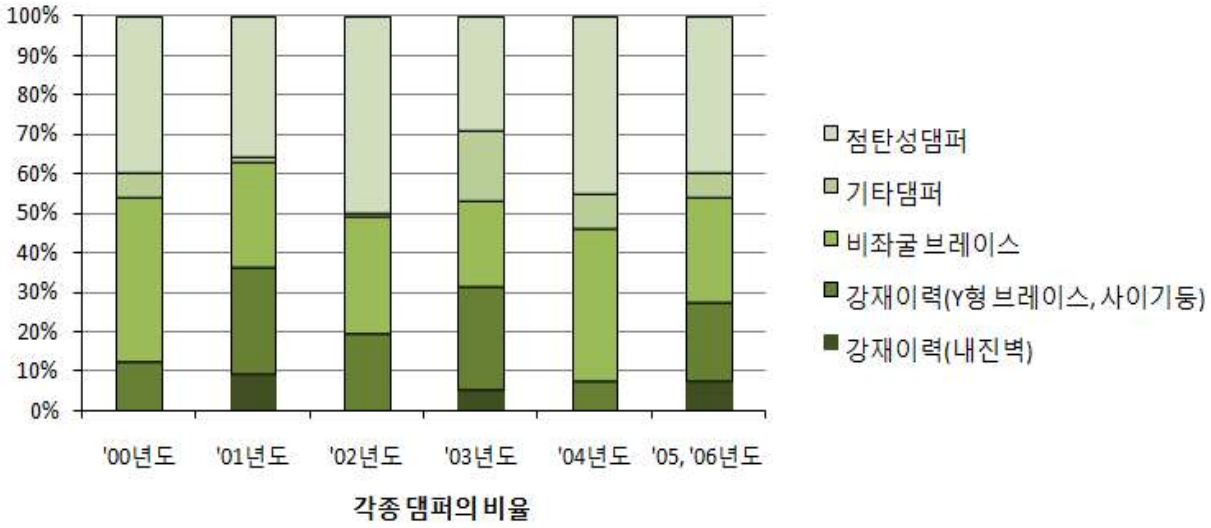


그림 2.91 철골구조물에 사용된 제진장치의 종류

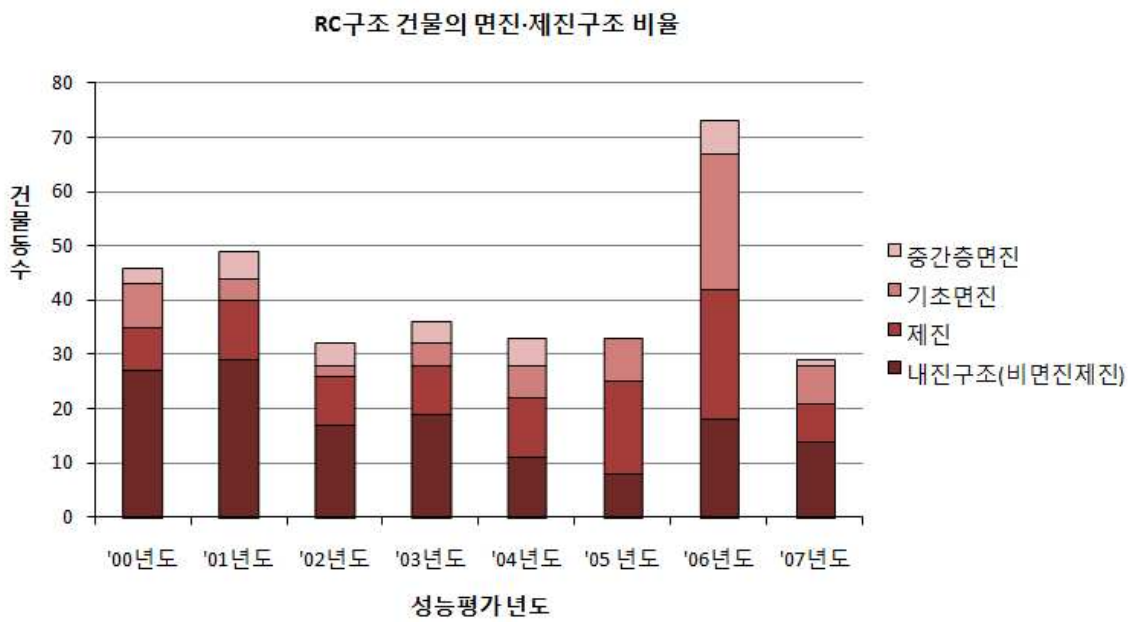


그림 2.92 철근콘크리트 건축물의 진동제어장치 사용비율

- 제진구조에 사용할 수 있는 제진장치의 종류가 다양하여 각 제진장치의 장점을 이용하여 2 종류 이상의 제진장치를 복합적으로 사용하는 설계기술이 최근에 들어 확립되어 있음
  - 제진구조 적용에 의하여 기존 내진구조 시스템에 비하여 약 10 ~ 20%의 비용절감 효과를 기대하고 있으며 기둥 부재의 단면적 저감에 의한 유효공간 확보 면에서 설계 자유도의 확대를 꾀하고 있음
  - 제진구조에 대한 설계기준은 확립되어 있지 않으나, 다양한 설계 경험에 의하여 기존 내진구조에 비하여 내진성능을 크게 향상시킴과 동시에 경제성을 확보할 수 있는 설계

기술력을 갖추고 있음

- 일본의 경제산업성은 건축면진용 적층고무받침의 품질, 시험평가방법 등을 표준화하여 그 보급촉진에 공헌하는 것을 목적으로 일본공업규격(JIS K6410-1,-2 건축면진용 적층고무받침, 제1부:사양, 제부:시험방법)을 2011년 8월 22에 제정, 공시하였으며, 이런 기술개발에 대한 기술기준의 제정에 의해 국내뿐만 아니라 국제시장에 있어 일본의 우수한 면진건물이 적정하게 평가되어 그 보급확대에 노력하고 있으며 면진기술, 적층고무받침 등의 기술개발촉진을 기대하고 있음
- 지진이 많은 일본에서는 면진용 적층고무받침의 품질, 제조방법 및 시험평가방법에 관하여 세계 일류의 기술력을 가지고 있으며, 고베 대지진으로 적층고무의 유효성이 실증된 이후 적층고무의 일본 국내시장은 확대되고 있으며, 생산자, 사용자 간의 품질, 요구성능 및 시험평가방법에 대해 공통의 지표가 필요하여 이런 사항에 대해 JIS가 제정됨
- 일본에서 상품화되어 실제 설계에 적용된 댐퍼의 종류는 다음 표와 같음

표 2.87 일본에서 건축물에 적용된 진동제어장치 일람

순번	대분류	중분류	소분류	장치	명칭 (상품명)
1	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	제진용 비좌굴 가새
2	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	저항복점강 제진패널
3	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	NKK 제진 댐퍼 (A 타입)
4	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	NKK 제진 댐퍼 (B 타입)
5	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	크로스 H 가새 (XHB)
6	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	강재 비좌굴 가새 (SUB)
7	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	극연강 이중강관 가새
8	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	저항복점강 허니컴 댐퍼
9	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	극저항복강 패널 댐퍼
10	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	TO-HDC (戶田식 복합 제진기둥)
11	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	에너지흡수형 가새 가구
12	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	제진용 저항복점강 전단패널
13	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	제진용 RC 피복형 비좌굴 가새
14	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	비좌굴 가새 댐퍼
15	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	비좌굴 가새 댐퍼
16	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	크로스 H 가새 (XHB)
17	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	강관보강 평면 가새
18	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	Steel Damper (SCM435)

순번	대분류	중분류	소분류	장치	명칭 (상품명)
19	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	Steel Damper (SCM435)
20	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	Steel Damper
21	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	Steel Damper
22	수동형	이력형	강재댐퍼	강재 탄소성 댐퍼	저항복점강 비좌굴 가새
23	수동형	이력형	납댐퍼	납 댐퍼	FLR(Flat Lead plug Rubber)
24	수동형	이력형	납댐퍼	납 댐퍼	Lead plugs (LRB)
25	수동형	이력형	납댐퍼	납 댐퍼	Lead plugs (LRB)
26	수동형	이력형	납댐퍼	납 댐퍼	Lead damper
27	수동형	이력형	마찰댐퍼	마찰 댐퍼	에너지흡수형 제진장치
28	수동형	이력형	마찰댐퍼	마찰 댐퍼	마찰제어형 압착접합
29	수동형	이력형	마찰댐퍼	마찰 댐퍼	Friction Damper (예비용)
30	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	하이댐퍼 (Oil Damper Bracing 시스템)
31	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	고감쇠 오일댐퍼
32	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	トキコ 제진용 오일댐퍼
33	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	고감쇠 오일댐퍼
34	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	고감쇠 오일댐퍼 (HiDAM)
35	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	フルード 점성 댐퍼
36	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	トキコ BR형 오일 댐퍼
37	수동형	감쇠형	오일댐퍼	오일 댐퍼	Oil damper (예비용)
38	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	점성 제진벽
39	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	점성 제진벽
40	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	주거친화형 점성벽
41	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	PSA (Preeminent Shock Absorber)
42	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	감쇠 팽이
43	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	エクストルージョン댐퍼
44	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	Taylor Fluid 점성댐퍼
45	수동형	감쇠형	점성댐퍼	점성 댐퍼	ビンガム 댐퍼
46	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	점탄성 제진 가새
47	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	Scotch 댐퍼 印 VEM 구조용 점탄성 댐퍼
48	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	점탄성 댐퍼
49	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	BRC 댐퍼
50	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	점탄성 댐퍼
51	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	점탄성 댐퍼 (가새 타입)
52	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	仕口 댐퍼 (Tri-Damper)
53	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	MU-W 댐퍼 (벽형)
54	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	MU-S 댐퍼 (사이기둥형)
55	수동형	감쇠형	점탄성댐퍼	점탄성 댐퍼	ビンガム 댐퍼
56	수동형	감쇠형	고감쇠고무	고감쇠 고무 댐퍼	고감쇠 고무 댐퍼(사이기둥형)
57	수동형	감쇠형	고감쇠고무	고감쇠 고무 댐퍼	(가칭) 고감쇠 고무 댐퍼

순번	대분류	중분류	소분류	장치	명칭 (상품명)
58	수동형	감쇠형	고감쇠고무	고감쇠 고무 댐퍼	원통형 댐퍼, 각형 댐퍼
59	수동형	부가질량	동조질량감쇠기	TMD	TMD
60	수동형	부가질량	동조질량감쇠기	TMD	TMD
61	수동형	부가질량	동조질량감쇠기	TMD	건물 비선형성 추종형 TMD
62	수동형	부가질량	동조질량감쇠기	TMD	TO-TMD
63	수동형	부가질량	동조질량감쇠기	TMD	TMD
64	수동형	부가질량	동조액체감쇠기	TLCD	유체식 이방향 제진시스템 MOVICS
65	수동형	부가질량	동조액체감쇠기	TLD	동조 슬로싱식 제진장치
66	반능동형	부가질량	동조액체감쇠기	TLD	아쿠아댐퍼
67	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	APTMD	DUOX
68	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	TOM-APMD
69	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	HMD
70	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	S-HMD
71	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	AVICS-2
72	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	TAD (WINDAM-H)
73	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	G · LAPUTA
74	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	G · LAPUTA-LINEAR
75	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	HMD (新宿 파크타워)
76	반능동형	부가질량	복합형질량감쇠기	HMD	HMD (J-City 타워)
77	능동형	부가질량	능동형질량감쇠기	AMD	AVICS-1

○ 미국, 유럽 등의 기술개발 현황

- 유럽과 미국이 타이완에서도 제진 장치 개발을 위한 노력과 개발된 기술력이 다음과 같은 사례를 통해 얼마나 많은 연구가 선행되었으며 국가적인 지원이 수반되고 있는지를 알 수 있음
  - 미국의 라이스 대학의 경우 '건물과 교량에 적용되는 적응형 댐퍼의 설계를 위한 프로젝트'를 위한 연구로 국립과학재단(NSF; National Science Foundation)으로부터 1.6 백만 달러의 새로운 연구 프로그램을 지원 받아 현재 수행 중에 있다. 이 프로젝트는 지진에 취약한 지역의 교량과 건물을 위한 '지능형' 충력 흡수장치를 설계하기 위한 과제이다. 새롭게 지원된 프로젝트에서 그의 연구실은 버팔로 대학, Resseler Poltechnic Institute, 켈리포니아, 로스앤젤레스 대학, 캘리포니아 주립대 등의 연구자들과 함께 공동연구를 수행 중에 있다. 지진공학시뮬레이션을 위한 네트워키 (NEES: Network for Earthquake Engineering Simulation)는 NSF의 조지 E. 브라운 주니어를 통해 연구비를 지원받았다. 15개의 NEES 사이트들은 지진 연구자들이 지역을 넘어

대형 실험을 원격으로 수행할 수 있도록 하기 위한 실험장비, 지진 시뮬레이션 소프트웨어 그리고 온라인상의 협력 툴들을 제공하고 있다. 이를 통해 대형 규모의 장비들을 갖추지 못한 대학들이 NEES 사이트에서 원격으로 실험을 수행할 수 있다는 장점이 있으며 NEES는 NSF에 의해 지원 받고 있기 때문에 연구자들이 이론적 연구나 증명을 위한 모든 연구 지원을 활용하도록 허용하고 있음

- 미국 Oklahoma 주의 Meca사는 다리 파손의 주요 원인인 현수교 측면에 충돌하는 와동(vortex)의 분산을 감소시키는 댐퍼(damper)를 설계, 제작하고 있으며, Mech 사의 주요업무는 프랑스 Multi 사의 액체 댐퍼를 북미 시장에 알맞게 설계하는 것으로 이 액체 댐퍼의 주요역활은 유동의 간섭에도 건물을 스스로 안정되게 지탱하며 버티도록 하는 것임
- '타이페이 101타워'는 지진 활동이 있는 지역에서 설계된 초고층 구조물 중 하나로 뉴욕시 쏜톤 토마세티 엔지니어(Thorton-Tomasetti Engineers)에서 구조 설계되었으며, 이 타워에는 현재 88층에 5인치 두께의 철강판으로 만들어진 800톤의 구형체가 지름 3인치의 8개 케이블로 진자처럼 달려 있는 동조질량감쇠기 (Tunned Mass Damper: TMD)가 설치되어 있으며 3개의 소형 TMD는 첨탑용으로 계획됨
- Universty of Missouri-Rolla(UMR)에서는 Genda Chen 교수의 주도로 지난 5년간 지진 등의 외부 진동에 심하게 흔들리지 않도록 적응할 수 있게 해주는 스마트 댐퍼를 개발하였으며 이 댐퍼는 지진 중에 건물이 많이 흔들리게 되면 마찰 장치를 이용해 진동을 감쇠시킬 수 있고 지진 중에 건축 구조재 내부에 포함된 센서들이 건물의 이동량을 특정하고 움직임 수용한계를 넘어설 경유 컴퓨터가 압전식 가동 댐퍼로 신호를 전송, 압전식 가동 댐퍼는 전하가 가해질 경우 지진 대항력을 발생시키는 원리로 움직임이 제어되며, 댐퍼는 건물이 수용한계 내에서 흔들림을 끝낼 수 있도록 작동하여 프로토타입을 대학 캠퍼스 내 3층 건물 내부의 4분의 1 크기의 모형 건물에 설치해 시험하였으며 최종 목표로 10톤급 실제 크기 댐퍼를 제작하여 시험을 계획 중임
- 적층고무를 이용한 면진시스템은 1976년에 U. of California at Berkeley에서 많은 연구와 실험이 수행되었으며 말레이시아의 고무생산협회와의 협동도 이루어졌으며, 미국에서 처음으로 면진구조가 적용된 건물은 USD 30 million이 소요된 Foothill Communities Law and Justice Center이며 LA에서 100 km 떨어진 곳에 위치하고 있음
- 또한 상업목적의 원자력발전시설에 면진구조를 고려하여 비싸고 시간을 많이 소요하는 설계를 대폭 간략화 시키며 지진하중에 대한 기계설비, 파이프 및 지지시스템의 품질에 단순화를 달성함
- 다음은 일본을 제외한 세계 각 국의 면진·제진장치를 사용하여 구조물의 내진성능을 향상 또한 확보한 사례를 정리한 표임

표 2.88 일본을 제외한 지역의 건축물에 사용한 진동제어장치 일람

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Government building	보강	뉴질랜드	1978	Steel tube, 강재항복형댐퍼

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Chimney	보강	뉴질랜드	1980	Tapered Plate, 강재항복형댐퍼
Steel suspension building	신축	이탈리아	1990	Tapered Plate, 강재항복형댐퍼
Izazaga #38-40 Building	보강	멕시코	1990	ADAS, 강재항복형댐퍼
Cardiology Hospital	보강	멕시코	1990	ADAS, 강재항복형댐퍼
Reforma #476 Building	보강	멕시코	1992	ADAS, 강재항복형댐퍼
Wells Fargo Bank Buliding	보강	멕시코	1992	ADAS, 강재항복형댐퍼
UC-San Francisco IBBQB Center	신축	미국	2000	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
UC-Davis, Env. Science Bldg	신축	미국	2000	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
W.F. Bennett Fed. Building	보강	미국	2002	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
UC-Berkeley Stanley Hall	신축	미국	2003	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
San Bernardino Library	신축	미국	2003	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
Taipei County Building	신축	대만	2003	Unbonded Braces, 강재항복형댐퍼
McConnel Library Concordia Univ.	신축	캐나다	1991	Pall, 마찰댐퍼
Ecole Polyvalente Sorel	보강	캐나다	1990	Pall, 마찰댐퍼
Canadian Space Agency	신축	캐나다	1992	Pall+Panel dampers, 마찰댐퍼
CCRIT Building	신축	캐나다	1992	Pall, 마찰댐퍼
Montreal, Casino	보강	캐나다	1993	Pall, 마찰댐퍼
Canadian Dept. of Nat. Defence	신축	캐나다	1992	Pall, 마찰댐퍼
L. H. Hoover Bldg Stanford	보강	미국	1994	Slotted Bolted Connections, 마찰댐퍼
Bldg. 610 Stanford	보강	미국	1994	Slotted Bolted Connections, 마찰댐퍼
Maison 1, McGill	신축	캐나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Hamilton Court House	보강	캐나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Ecole Technologie Superieure	보강	캐나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Federal building	보강	캐나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Desjardins Life Insurance Bldg	신축	캐나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Overhead Water Tank	보강	미국	1995	Pall, 마찰댐퍼
ST. Luc Hospital	보강	케나다	1995	Pall, 마찰댐퍼
Residence Maisonneuve	-	캐나다	1996	Pall, 마찰댐퍼

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Harry Stevens Building	보강	캐나다	1996	Pall, 마찰댐퍼
Justice Headquarters	보강	캐나다	1996	Pall, 마찰댐퍼
UC Davis Water Tanks	보강	미국	1996	Pall, 마찰댐퍼
BCBC Selkirk Office Building	신축	캐나다	1997	Pall, 마찰댐퍼
Maisons de Beaucours	보강	캐나다	1997	Pall, 마찰댐퍼
Maison Sherwing Williams	보강	캐나다	1997	Pall, 마찰댐퍼
251 South Lake Av. Building	보강	미국	1998	Pall, 마찰댐퍼
Quebec Provincial Police Hdq.	보강	캐나다	1999	Pall, 마찰댐퍼
Freeport Water Tower	보강	미국	1999	Pall, 마찰댐퍼
Boeing Airplane Factory	보강	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
Moscone West Conv. Center	신축	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
1000 Lenora Squ. Arts Building	보강	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
Boeing Cafeteria and Auditorium	보강	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
ACC Sharp Mem. Hospital	신축	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
La Gardenia Towers	신축	미국	2001	Pall, 마찰댐퍼
Eaton's Building	보강	캐나다	2002	Pall, 마찰댐퍼
MUCTC Building	보강	캐나다	2002	Pall, 마찰댐퍼
Water Towers	보강	캐나다	2003	Pall, 마찰댐퍼
School Building 2 stories	신축	미국	1992	Viscoelastic beam-column connectors, 점탄성댐퍼
Santa Clara County Civic Center, east Wing Building 13-storey steel frame, 51m×51m constructed in 1976	보강	미국	1993	Viscoelastic Dampers(3M), 점탄성댐퍼
Pacific Bell North Area Operation Center 3-storey steel braced frame	신축	미국	1995	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Science Building II, California State University, Sacramento 6-Storey steel frame	신축	미국	1996	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Woodland Hotel 4-storey non-ductile RC frame/Shear wall Constructed in 1927	보강	미국	1996	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
San Francisco Opera House	보강	미국	1996	Fluid Viscous dampers(Enidine), 점성댐퍼
Building 116, Naval Supply Facility 3-storey non-ductile RC wall flat-slab Structure 121 ft×365 ft Plan	보강	미국	1996	Viscoelastic Dampers(3M), 점탄성댐퍼

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Rockwell Building 505	보강	미국	1997	Viscous Dampers(Taylor), 점성 댐퍼
San Francisco Civic Center Building 15-storey steel frame	신축	미국	1997	Viscous Dampers(Taylor), 점성 댐퍼
The money Store 11-storey steel frame	신축	미국	1997	Viscous Dampers(Taylor), 점성 댐퍼
Los Angeles Police Department Recruit Training Center 4-storey steel frame constructed in 1998	보강	미국	1997	Viscoelastic Dampers(3M), 점탄성댐퍼
San Mateo County Hall of Justice 8-storey steel frame with precast cladding, constructed mid-1960s	보강	미국	1997	Viscoelastic Dampers(3M), 점탄성댐퍼
Arrowhead Medical Center	신축	미국	-	Fluid Viscous for Base Isolation (Taylor), 점성댐퍼
Los Angeles City Hall	보강	미국	-	Fluid Viscous for Base Isolation (Taylor), 점성댐퍼
Hayward city Halls	-	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Petronas Twin Towers	-	말레이시아	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
28 State Street Office Building	-	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Torre Mayor Office Building 57-storey steel frame	신축	멕시코	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
999 Sepulveda Building	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Enron Field Stadium	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
California State University -administration Building	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Computer Data Storage Center	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Kaiser Corona Data Center	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Money Store National Headquarters	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
SAFECO Field Stadium	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Beijing Railway Station	신축	중국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Park Hyatt Hotel	신축	미국	-	Fluid Viscous part of Tuned Mass Damper(Taylor), 점성댐퍼
Yerba Buena Tower/	신축	미국	-	Fluid Viscous dampers(Taylor),

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Four Seasons Hotel				점성댐퍼
British Columbia Electric company Building	보강	캐나다	-	Fluid Viscous dampers(Taylor), 점성댐퍼
Elementary School	신축	유고슬라비아	1969	Neoprene Bearings, 면진장치
House, Huaping Yunnan, China	신축	중국	1975	Sand Layer, 면진장치
House, Xichang, Sichuan, China	신축	중국	1975	Sand Layer, 면진장치
New Fire Station Headquarters	신축	이탈리아	1981	Mechanical Dissipators and Isolators, 면진장치
William Clayton Building	신축	뉴질랜드	1981	Lead-Rubber Bearings, 면진장치
Apartments and Earthquake Observation Center	신축	중국	1981	Sand Layer, 면진장치
Union House	신축	뉴질랜드	1983	Sleeved Piles with Steel Triangular Plate Dampers, 면진장치
Equipment building	신축	중국	1983	Sand Layer, 면진장치
Foothill Communities Law & Justice Center	신축	미국	1985	High Damping Rubber bearings (LTV), 면진장치
2nd Fire Station Building	신축	이탈리아	1985	Neoprene Bearings and Oleodynamic Restraints, 면진장치
Apartment Building	신축	중국	1985	Graphite and lime Mortar, 면진장치
Salt Lake City and County Building	보강	미국	1987	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Stanford Linear Accelerator Center Mark II Detector	신축	미국	1987	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Evans & Sutherland Building 600 University of Utah Research Park	신축	미국	1988	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
USC University Hospital	신축	미국	1989	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Civic Center at Monte d'Ago	신축	이탈리아	1989	Neoprene Bearings, 면진장치
Telecom Administration Center-Buildings A1, A2, B&C	신축	이탈리아	1989	High Damping Rubber Bearings
Marina Apartments	보강	미국	1990	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
Fire Command and Control Center	신축	미국	1990	High Damping Rubber Bearings (Fyfe), 면진장치
Wellington Central police Station	신축	뉴질랜드	1990	Sleeved piles with Lead Extrusion Dampers, 면진장치
Press Hall, Press House	신축	뉴질랜드	1991	Lead-Rubber Bearings, 면진장치

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
Kaiser Permanente Facility	신축	미국	1992	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Rockwell International Corporate Headquarters (Building 80)	보강	미국	1992	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Oakland City Hall	보강	미국	1992	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Two Residences	신축	미국	1992	Spring Isolation System(GERB), 면진장치
Taitan Solid Rocket Mortor Storage	신축	미국	1992	High Damping Rubber bearings(LTV), 면진장치
SIP Center of Marche Province	신축	이탈리아	1992	High Damping Rubber bearings, 면진장치
Apartment Building	신축	이탈리아	1992	Rubber and High Damping Rubber bearings, 면진장치
Apartment Building	신축	중국	1992	Slide Steel Piece, 면진장치
Navy Medical Center	신축	이탈리아	1993	High Damping Rubber Bearings, 면진장치
Apartment Houses, Italian Navy	신축	이탈리아	1993	High Damping Rubber Bearings, 면진장치
Apartment Building and Shop, Xian Xanshi	신축	중국	1993	Slide Steel Piece, 면진장치
Apartment Building and Shop, Shantou Guangdong	신축	중국	1993	High Damping Rubber Bearings, 면진장치
Long Beach V.A. Hospital	보강	미국	1993	Lead-Lubber and Sliding Bearings, 면진장치
Campbell hall Western Oregon State College	보강	미국	1993	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Portland Water Bureau Water Control Center	신축	미국	1993	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
Mackay School of Mines	보강	미국	1993	Lead-Lubber and Sliding Bearings, 면진장치
New Zealand Parliament	보강	뉴질랜드	1994	Lead-Lubber and Sliding Bearings, 면진장치
U.S. Court of Appeals	보강	미국	1994	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
Emergency Operations Center	신축	미국	1994	Lead-Lubber and Sliding Bearings, 면진장치
Traffic Management Center	신축	미국	1994	High Damping Rubber Bearings,

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
				(Bridgestone)
Hughes Building S-12	보강	미국	1994	Lead-Rubber and Rubber Bearings, 면진장치
San Pietro Church	보강	이탈리아	1994	High Damping Rubber Bearings
AutoZone Corporation	신축	미국	1995	Lead-Lubber and Rubber Bearings, 면진장치
San Francisco Main Library	신축	미국	1995	High Damping Rubber Bearings, 면진장치
Martin Luther King Drew Medical Center	신축	미국	1995	High Damping Rubber Bearings, 면진장치
National Museum of New Zealand	신축	뉴질랜드	1995	Lead-Rubber and Ruuber Bearings with Sliding Bearings, 면진장치
Apartment Building and Restaurants	신축	중국	1995	High Damping Rubber Bearing, 면진장치
Industrial Apartment and Store Buildings	신축	중국	1995	High Damping Rubber Bearing, 면진장치
Student Housing Building	신축	중국	1995	High Damping Rubber Bearing, 면진장치
Apartment and Office Building	신축	미국	1995	High Damping Rubber Bearing, 면진장치
San Bernardino County Medical Center	신축	미국	1996	High Damping Rubber Bearing with Fluid Viscous dampers (Taylor), 면진장치
Langenbach House	신축	미국	1996	Fluid Viscous(Taylor), 면진장치
Quebec Iron and Titanium Smelter	신축	캐나다	1996	Spring Isolators with Fluid Viscous Dampers (Taylor), 면진장치
Kaiser Data Center	신축	미국	1996	Rubber Bearings with Fluid Viscous Dampers (Taylor), 면진장치
Kerckhoff Hall UCLA Campers	보강	미국	1996	Lead-Rubber and Rubber Bearings, 면진장치
Liquefied Natural Gas Tank	신축	그리스	1996	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
Missouri Botanical Garden Research Center	신축	미국	1996	High Damping Rubber Bearing,

구조물	구분 (신축/보강)	국가	년도	장치종류
				면진장치
Hayward City Hall	신축	미국	1997	High Damping Rubber Bearing with Fluid Viscous Dampers(Taylor), 면진장치
Arrowhead Medical Center	신축	미국	1997	High Damping Rubber Bearing with Fluid Viscous for Base Isolation(Taylor), 면진장치
San Francisco Airport International terminal	신축	미국	1998	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
San Francisco 911	신축	미국	1998	High Damping Rubber bearing (BTR/Andre), 면진장치
Washington State Emergency Operations Center	신축	미국	1998	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
San Francisco City Hall	보강	미국	1998	Lead-Rubber Bearings, 면진장치
Ataturk International Airport Terminal	신축	터키	1999	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
LAC+USC Medical Center	신축	미국	2000	High Damping Rubber Bearing (BTR/Andre), 면진장치
Los Angeles City Hall	보강	미국	2001	High Damping Rubber Bearings with Fluid Viscous Danpers (taylor), 면진장치
AboveNet Building	신축	미국	2001	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
Seahawks Football Stadium	신축	미국	2002	Friction Pendulum Bearings, 면진장치
San Francisco International Airport Terminal	신축	미국	2003	Friction Pendulum Bearings, 면진장치

나. 제 2 중점 분야

(1) 미국

○ 내진성능평가 및 내진보강설계 기술

- 성능 평가는 2003년에 발간된 'ASCE 31 - Seismic Evaluation of Existing Buildings'에 집약됨
  - 기본적으로 성능을 기반으로 성능 수준과 성능목표를 보유함
  - 구조해석방법 (선형정적, 선형동적, 비선형정적, 비선형동적)의 종류에 따라 다양한 모델 작성 방법 및 평가 기준을 제시함

• 성능 보강은 'ASCE 41 Seismic Rehabilitation of Existing Buildings'에 집약됨
  - 보강을 위해서는 평가가 필요하므로 보강 지침에도 평가 지침과 유사한 내용을 수록하고 있으나 기준은 약간 다르게 적용함
  - 상세한 보강 기술은 'FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings'에서 평가 단계에서 예측한 부족 사항(강성, 강도, 연성)들을 보완할 수 있는 다양한 방법들을 제시함

○ 내진보강 적용 현황
  - 성능 보강은 'ASCE 41 Seismic Rehabilitation of Existing Buildings'에 집약함
  - 미국의 내진 보강 기술의 경향은 기본적으로 건물의 용도에 관계없이 적용할 수 있는 일반적인 평가 및 보강 지침을 제공함
  - 하지만 앞서 언급한대로 구조 형식별 및 건물의 용도별 특성을 고려한 보강 기법을 동시에 제공함
  - 이러한 지침들은 현재 지진이 활발한 미국 서부 지역에서 활발히 적용 중임
  - 따라서 건물 구조와 관련한 업체들, 특히 미국 서부에 위치한 업체들은 위에서 언급한 성능 평가 및 보강 지침들에 대한 기본 지식뿐만 아니라 실제 적용 경험도 많아 업체 개별적으로 노하우를 보유함
  - 이러한 성능 평가 및 보강에는 구조체의 고난도 비선형 모델 작성 및 비선형 해석 기술이 반드시 필요한데 국내와는 다르게 실무 업체들도 수행할 수 있는 능력을 보유함
  - 따라서 미국에서는 구조공학 관련 석사 또는 박사학위 소지자들도 실무 업체에 취업하여 높은 수준의 구조해석을 수행하고 있어 학계뿐만 아니라 실무에서도 성능 평가 및 보강과 관련한 기술전문가의 수가 매우 풍부함
  - 미국의 특징 중에 하나는 자연 재해와 관련한 건축물의 보험 가입이 활발함
  - 보험료 및 보험요율을 산정할 때 건축물의 성능이 주요한 요인이므로 이를 명확하게 산정하는 것이 매우 중요함
  - 이 때 성능 평가 및 보강과 관련한 기술전문가의 중요성이 부각되어 관련 기술전문가가 활발히 활동할 수 있는 토대, 이는 국내와 매우 다른 특징임

○ 기후변화
• 앞서 언급한대로 태풍이나 홍수 등에 대해 건축물이 잘 저항할 수 있도록 다수의 지침들을 제공하고 있음
• 하지만 지진과 같이 광범위하고 다양한 방면의 지침 또는 기준을 제시하고 있지는 않음
• 이는 발생 시 건축물에 미치는 영향이 지진에 비해 아무래도 낮기 때문이기도 함
• 극한 하중인 지진에 대비하면 자동적으로 다른 재해에 대한 저항 능력을 확보할 수 있음

○ 제도
• 연방재난관리국(Federal Emergency Management Agency)과 같이 정부기관이

자연재해(지진, 태풍, 홍수 등)의 예측, 대비, 패해복구 등을 체계적으로 구축하고 있어 공공 인프라는 잘 갖춰져 있다고 볼 수 있음

- 민간은 앞서 언급한대로 내진성능 평가 및 보강이 금전적인 문제와 직결되어 있어 자발적으로 활발히 적용할 수밖에 없는 상황으로 건축물의 내진성능 평가 및 보강의 사회적 체계는 잘 확립되어 있는 것으로 볼 수 있음
- 국내의 경우도 공공 부분은 정부의 의지로 해결할 수 있으나 민간 부분은 자발적으로 성능 평가 또는 보강을 할 수 있는 환경 조성이 매우 중요

(2) 일본

○ 내진성능 평가 및 보강 기술 개발 현황

- 표 2.89에는 일본에서 제정된 내진성능 평가 및 내진보강관련 기준 개발현황을 나타냄. 일본의 경우는 철근콘크리트 건물에 막대한 피해를 준 1968년 도카치오키지진 이후 내진규정을 재평가함과 동시에 새로운 내진성능 평가법이 제안되었으며, 1977년 각종 연구 성과를 통일한 "기존 철근콘크리트 건축물의 내진진단기준 및 내진개수 설계지침"이 개발되었음
- 이 진단법은 기존 중・저층 철근콘크리트 건물의 내진성능을 건물의 내력과 변형성능에 의한 에너지 흡수능력으로 점수화하여, 그 우열을 점수의 대소로 평가한다는 내진성능의 정량화를 시도하였으며, 1980년대부터 시즈오카켄(靜岡縣)을 중심으로 치바켄(千葉縣) 및 토쿄(東京) 등의 지역의 철근콘크리트 건물에 적용하여 내진성능평가 및 내진보강이 실제적으로 이루어졌음
- 특히 1995년 고베지진이후에는 그 타당성이 입증되어 "건축물의 내진개수(耐震改修) 촉진에 관한 법률(내진개수촉진법)"이 제정・시행(1995년 12월 25일) 되어 현행의 신내진기준을 만족하지 않는 건축물에 대해서는 "기존 건축물의 내진진단기준 및 내진개수 설계지침"을 바탕으로 법적으로 내진진단이나 내진개수를 진행시켜 수많은 지역의 철근콘크리트 건물에 적용되고 있음
- 1996년에는 1995년에 시행된 내진개수촉진법의 취지에 맞추어 철골건축물 관련 내진성능평가법 및 내진보강기술에 관한 각종 연구 성과를 통일한 "내진개수촉진법을 위한 기존 철골조건축물의 내진진단 및 내진개수지침"이 개발되어 내진성능이 부족한 기존 철골조 건축물에도 다수 적용되고 있음
- 또한, 기존 철골철근콘크리트조 건축물에 대한 내진성능 평가법에 관해서도 각종 연구성과를 통일하여 1983년도에 "기존 철골철근콘크리트조 건축물의 내진진단기준"을 처음으로 제정하였으며, 1997년에는 기존 철골건축물과 동일하게 내진개수촉진법의 취지에 부합하도록 그 기준을 개정하여 지금에 이르고 있음.
- 한편, 일본에서는 지진피해를 받은 건물의 내진성능을 각 부재의 손상상태를 바탕으로 평가하여 지진 후의 응급복구 판단여부를 결정하기위한 "철근콘크리트 및

철골조 건축물의 피해도 판정기준 및 복구기술지침"을 1991년에 처음으로 제정하여 1995년 고베지진에서 지진피해를 받은 건물의 효과적인 응급복구에 유용하게 적용되었음

- 2001년도에는 각 부재의 손상도(Damage Degree)와 잔존내진성능(Residual Seismic Capacity)을 바탕으로 평가하여 응급복구 및 영구적인 보강의 판단여부를 결정하기위한 "지진피해를 받은 건축물의 지진피해도 구분판정 기준"을 새롭게 제정하였으며, 2004년 니이카타지진, 2011년 동북 태평양 대지진 등에서 지진피해를 받은 건물의 효과적인 보강계획에 유용하게 적용되었음

표 2.89 일본 내진성능 평가 및 내진보강관련 기준 개발현황

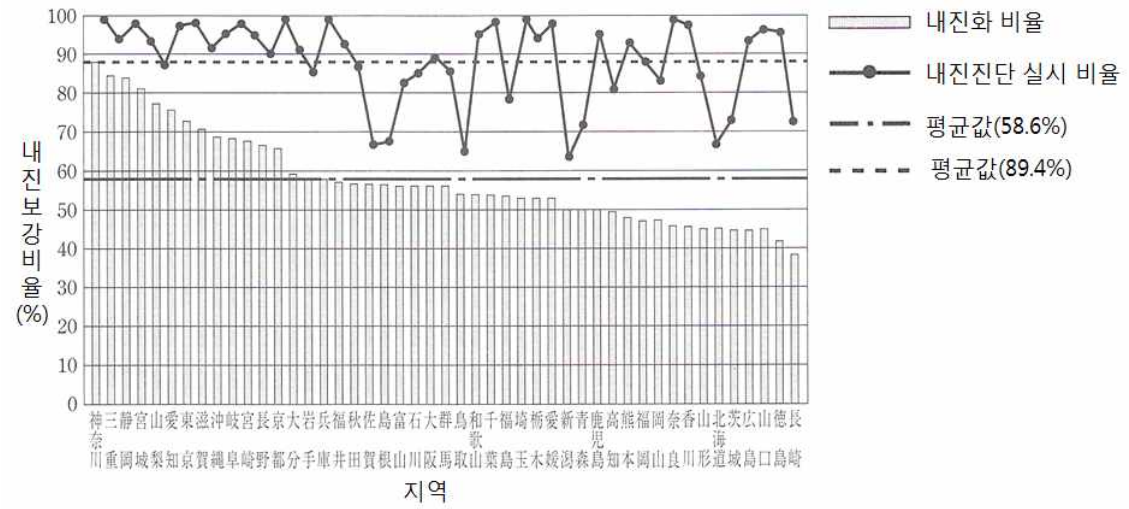
일본 내진성능 평가 및 내진보강관련 기준		제정 및 개정년도
기존 건축물	기존 철근콘크리트 건축물의 내진진단기준 및 내진개수 설계지침	1978년 제정 1991년 개정(1차) 2001년 개정(2차)
	내진개수촉진법을 위한 기존 철골조건축물의 내진진단 및 내진개수지침	1996년 제정 1998년 개정(1차) 2004년 개정(2차) 2007년 개정(3차)
	기존 철골철근콘크리트조 건축물의 내진진단기준	1983년 제정 1997년 개정(1차) 1999년 개정(2차)
지진피해 건축물	철근콘크리트 건축물의 피해도 판정기준 및 복구기술지침	1991년 제정 1995년 개정(1차)
	철골 건축물의 피해도 판정기준 및 복구기술지침	1991년 제정
	철근 및 철골철근콘크리트조 건축물의 피해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침	2001년 제정
	철골조 건축물의 피해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침	2001년 제정

○ 내진보강 공법

- 일본의 내진보강 기술은 표 2.89에 나타낸 각종 건축물의 내진진단기준에서 평가된 구조내진지표와 지진피해를 바탕으로 경험적으로 설정한 내진판정지표를 비교하여 내진성능이 부족한 건축물에 대해서 내진보강을 실시하고 있음
- 기본적인 개념은 (a) 건물의 수평내력의 증가, (b) 건물의 변형능력(연성능력)의 향상 및 (c) 제진장치에 의한 보강법으로 내진보강을 실시하고 있음
- 방법 (b)는 건물의 변형능력을 응답변형 이상으로 개선시킴으로서 내진안전성을 확보하는 방법이며, 방법(c)는 지진에너지 흡수장치인 제진장치를 이용하여 기존

건물의 성능을 향상시키과 동시에 지진입력을 저감시켜 내진성능을 확보하는 방법.

- 상기와 같은 내진보강 개념으로 일본에서는 주로 공공건축물, 특히 학교시설을 대상으로 1980년대 초반부터 내진보강이 본격적으로 실시되어 현재 전국적으로 적게는 약 40%부터 많게는 약90%에 육박하는 내진보강 실시 현황을 나타내고 있음(그림 2.94 참조)
- 표 2.90은 일본에서 현재 사용되고 있는 내진보강 기술을 나타낸 것으로써, 대표적으로는 다음과 같은 내진보강법을 주로 사용하고 있으며, 아래에는 그 대표적인 내진보강법의 특징 및 시공예를 나타냄
  ① 건물의 수평내력의 증가: 철골브레이스 접착공법, 패럴(parallel)공법
  ② 건물의 변형능력(연성능력)의 향상 : SPAC 내진공법, SR-CF공법
  ③ 지진저감법: 토글 제진공법, 외부접합 제진브레이스 공법



(2007년 4월 1일 현재, 일본 문부성 자료)

그림 2.93 일본의 내진보강 적용현황

표 2.90 일본 내진보강 기술 경향

보강개념	건물 보강법
건물의 수평내력의 증가	전단벽 신설, 철골브레이스 접착공법, 날개벽 증설, 버트리스(Buttress)의 증설, 패럴(parallel)공법, 판넬벽체 전면보강, 격자형 블록내진벽 증설 등
건물의 변형능력(연성능력)의 향상	SPAC 내진공법, SR-CF공법, 강판보강, 섬유보강재 보강
제진보강	토글 제진공법, 외부접합 제진브레이스 공법

- 철골브레이스 접착공법

기존 RC, SRC 건축물의 대표적인 내진보강공법 가운데 하나로서 기둥-보 골조내에 철골브레이스를 접합하는 공법이 있으며(그림 2.95), 이 공법은 기존 구조체와 보강부재인 철골브레이스의 접합방법의 선택이 시공상 중요한 사항이 됨

일반적으로 그림 2.95(a)와 같이 기존의 기둥-보에 후 시공 앵커를 타설하여 철골프레임에는 스터드 볼트를 설치하여 나선근을 배근하여 그 뒤 무수축 모르터를 충진하는 공법(재래공법)이며, 이 재래공법은 보강효과가 좋지만, 다음과 같은 문제점이 있음

① 후시공 앵커를 타설할 때 큰 소음, 진동이 발생하기 때문에 야간에 공사를 해야함

② 간접접합부, 무수축 모르터의 충진, 양생, 해체 등의 작업에 의해서 공사기간이 길어짐

상기의 단점을 보완한 공법이 그림 2.95(b)에 나타내는 철골브레이스의 접착공법이다. 즉 기둥-보와 철골프레임 간격에 에폭시 수지를 충진하여 기존가구와 보강용 철골 브레이스를 접합하는 공법이며, 소음 등이 없기 때문에 주간공사가 가능하며 공사기간도 단축이 가능함

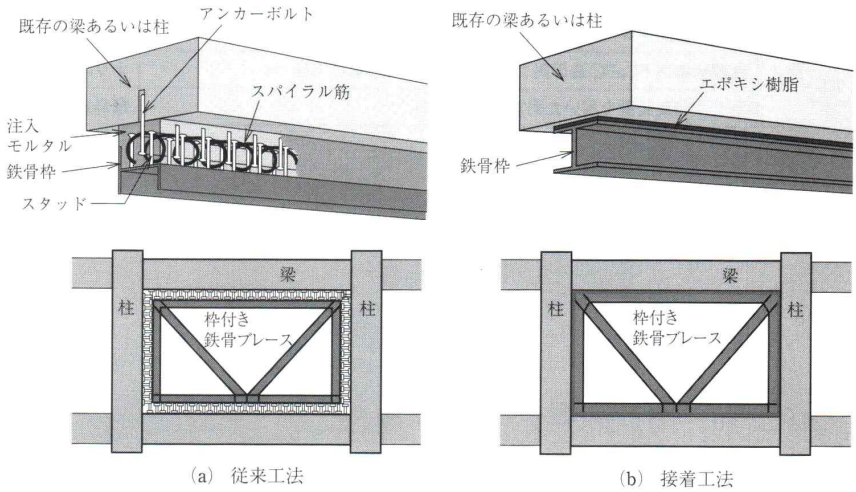


그림 2.94 기둥-보 골조내에 철골브레이스를 접합하는 공법

- 패럴(parallel)공법

패럴공법은 새로운 외부접합 내진보강공법으로서 고강도재료의 PC 강재를 내진요소로서 사용한 공법이며, 그림 2.96에 나타내는 것처럼 패럴프레임과 유니트 프레임공법으로 분류됨. 패럴프레임은 기존 RC조 골조의 외측 프레임에 기초보와 프리캐스트 기둥 및 경사방향으로 배치/긴장한 PC강재로부터 이루어진 보강골조를 일체화 한 것이며, 또한, 유니트 프레임공법은 프리캐스트의 기둥, 보로부터 이루어진 신설골조에 대각선상위에 PC강재를 배치/긴장한 보강프레임을 일체화 한 것임. 상기 패럴프레임과 유니트 프레임공법에서는 상부구조에는 PC강보에 의한 압착접합, 기초부에는 후 시공 앵커에 의한 접합을 원칙으로 하고 있음. 패럴공법은 건물 외측에서 보강을 수행하기 때문에 실내작업이 적으며, 시공도 간단하기 때문에 공기단축이 가능하며, 또한 가는 강봉을 사용하

기 때문에 실내에서의 조망, 통풍, 채광에도 유리한 장점을 가지고 있음(그림 2.96 참조)

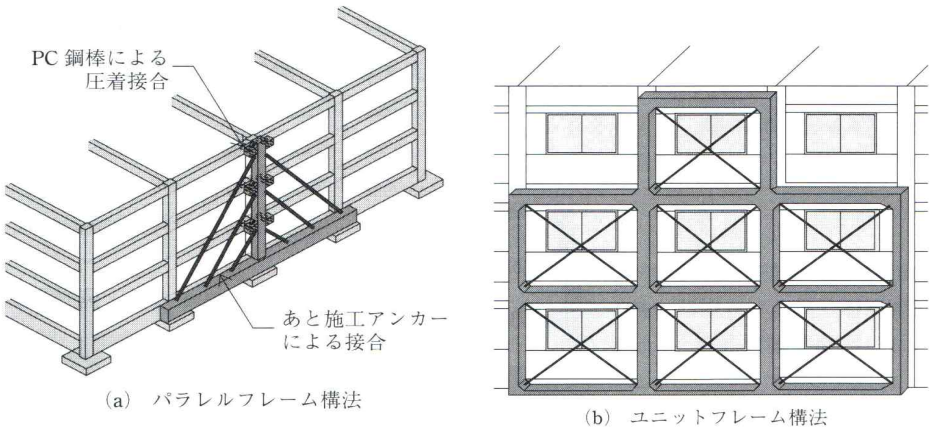


그림 2.95 패럴공법

- SPAC 내진보강공법

SPAC공법은 그림 2.97에 나타내는 것처럼, 기존의 기둥 외주부에 얇은 철판과 연속섬유 시트를 배치하여 그것과 기둥과의 공극을 그라우트 재를 충진 함으로서 일체화를 시키는 공법임. 이공법의 특징은 다음과 같음

① 브레이스 등을 증설하지 않고 기둥 주위만 내진보강을 수행하기 때문에 건물의 원 디자인을 그대로 유지 가능함
② 용접이나 중기계를 사용하지 않기 때문에 실내에서 거주를 계속하면서 시공이 가능하며, 공사기간도 단축이 되는 특징이 있음
③ 콘크리트의 경년열화에 의해서 심하게 피해를 받은 기둥에도 적용이 가능하여 경년열화 및 내진보강이 동시에 가능하여 코스트 저감이 가능

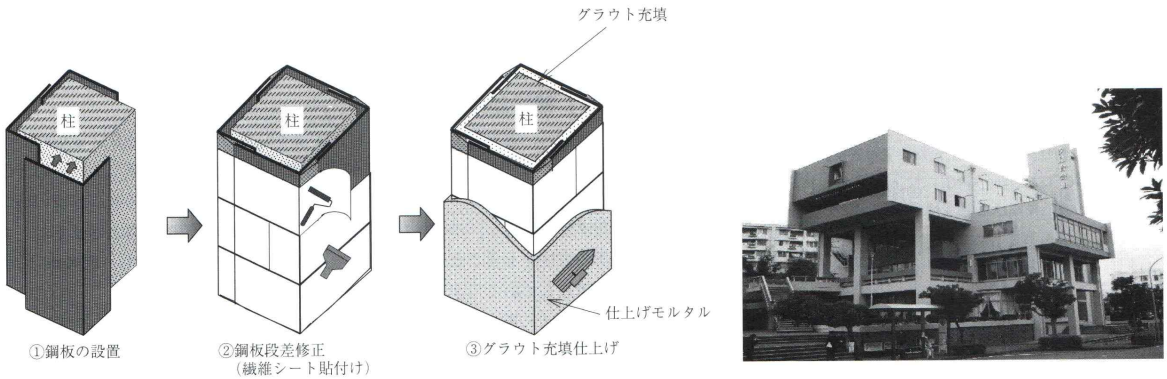
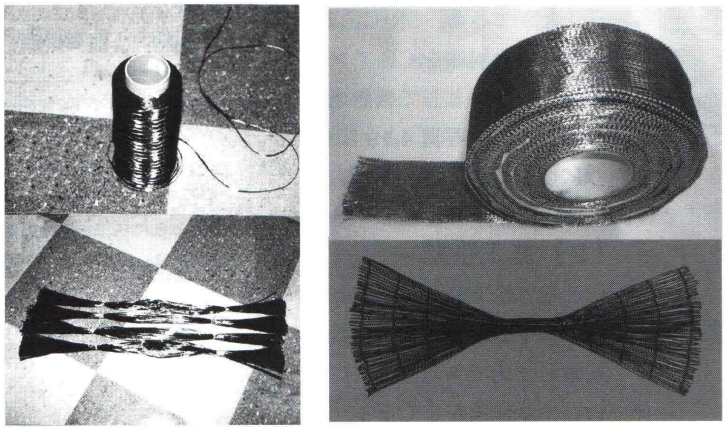


그림 2.96 SPAC 공법의 구성 및 시공 예

- SR-CF 내진보강공법

SR-CF(Seismic Retrofit by Carbon Fiber Sheet) 내진공법은 탄소섬유 시트를 이용한 공법으로서 기둥, 보, 내진벽의 전단보강에 주로 이용된다. 본 공법은 탄소섬유 단부에 탄소섬유 시트와 동일한 원재료로부터 제작한 CF앵커를 이용하여 보강효과를 높이고 있음. 기존 폐쇄형 탄소섬유시트 공법은 시트접착에 의해서 전단보강 효과를 증진 시킬수 있지만, 실제 기둥 및 보에는 벽체 및 바닥이 접합된 경우가 많기 때문에 긴존 방법은 시공의 어려움이 있음. 그러나 SR-CF공법은 그림 2.98에 나타내는 것처럼, CF앵커를 이용하기 때문에 벽체나 바닥이 붙어 있는 기둥 및 보의 보강이 간단하게 시공됨.



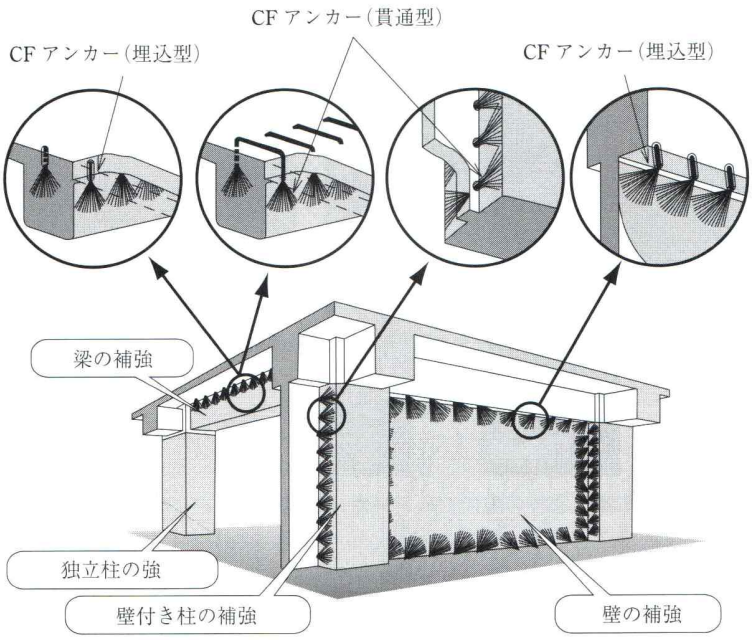


그림 2.97 SR-CF 공법

- 제진공법

제진장치를 이용한 공법은 제 1 중점분야에서 기술하였으므로 생략함

다. 제 3 중점 분야

○ 국외의 기술개발 현황을 살펴보면 우리나라와 달리 규모와 층수에 따라 건축물을 구분짓지 않고 우리나라의 소규모 건축물에 해당하는 건축물 중 주거형 건축물에 대한 다양한 연구가 수행되었고 이에 대한 건축 구조 기준을 정립하였음

○ 특히, 조적조와 목조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 이에 대한 보수/보강 방법의 연구가 표 2.91과 같이 다양하게 수행됨. 이에 적합한 보수/보강 방법을 개발하여 지침서로 활용하고 있으며, 미국 외에 인도에서도 조적조의 보수/보강에 대한 연구를 통해 그에 따른 지침서를 제시하고 있음

표 2.91 국외의 소규모 건축물의 대표적인 기준 및 연구

순 서	국가	발행 기관	제 목	연 도
1	미 국	FEMA (FEMA 306)	Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (Basic Procedures Manual)	1998
2	미 국	FEMA (FEMA 307)	Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (Technical Resources)	1998
3	미 국	FEMA (FEMA 308)	Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings	1999
4	미 국	ATC (ATC 50-2)	Safer at Home in Earthquake: A Proposed Earthquake Safety Program	2002
5	미 국	FEMA (FEMA 232)	Homebuilders' Guide to Earthquake Resistant Design and Construction	2006
6	미 국	FEMA (FEMA 530)	Earthquake Safety Guide for Homeowners	2005
7	미 국	FEMA (FEMA P-774)	Unreinforced Masonry Buildings and Earthquakes Developing Successful Risk Reduction Programs	2009
8	미 국	ICC (International Code Council)	International Residential Code 2012	2012
9	인 도	National Disaster Management Division	Guideline for Repair, Restoration and Retrofitting of Masonry Buildings in Earthquake Affected Areas of Jammu & Kashmir	2006

(1) 소규모 건축물의 내진평가에 대한 연구

○ Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual (FEMA306), Technical Resources (FEMA307)

- FEMA 306보고서는 미국연방재난국(FEMA, Federal Emergency Management Agency)의 지원으로 수행된 ATC-43 프로젝트의 결과중 하나임
- FEMA 306보고서에는 지진에 의해 손상된 조적조와 콘크리트 벽체 건축물에 대

하여 평가한 것으로 기본적인 과정에 대한 매뉴얼을 포함하고 있음. 이 보고서에서는 손상에 대한 평가와 성능 해석 방법을 포함한 새롭게 만들어진 요소 손상 분류 지침과 실험 및 조사에 대한 지침을 제시하고 있음. 여기서 제안된 지침등은 지진에 의해 손상된 건축물들을 조사하여 나타낸 것임

- FEMA 307은 FEMA 306에 대한 기술적인 자료를 포함한 것임. 그 주요 내용은 단자유도 수학적 모델에 대한 손상전의 이론적 해석 결과와 FEMA 306의 요소 손상 분류 지침에 대한 추가적인 정보 그리고 새롭게 구성된 보수 지침과 기술의 세부사항에 대한 정보를 포함하고 있음
- FEMA 306과 FEMA 307의 조사 및 평가 방법은 그림 2.99과 같음. 먼저 조사 단계에서 지진에 의해 손상된 건축물에 대한 정보를 수집하고 이에 대하여 재료별, 형태별 그리고 거동별로 분류를 하였음. 이를 바탕으로 이전 건물의 상태를 조사하고 요소에 대한 손상 상태(Insignificant, Slight, Moderate, Heavy 그리고 Extreme) 정의 함(표 2.92 참고)
- 그림 2.100은 FEMA 306과 FEMA 307의 주요 연구내용 중 잔류변형이 있는 조적조 혹은 콘크리트 벽체에 대한 요소 산정 방식을 제시한 것임. 손상이 발생한 건축물은 잔류변형이 발생하기 때문에 손상된 건축물과 같은 방식으로 건물의 내진성능평가를 수행하면 안됨. 따라서, 강성과 강도등에 계수를 곱하여 산정함. 여기서, 산정된 계수는 기존에 손상된 조적조와 콘크리트 벽체에 대한 조사와 실험을 통해 나타냄

표 2.92 Component Damage Classicication

손상 상태 구분	정의
Insignificant Damage	Damage does not significantly affect structural properties in spite of a minor loss of stiffness. Restoration measures are cosmetic unless the performance objective requires strict limits on nonstructural component damage in future events.
Slight Damage	Damage has a small effect on structural properties. Relatively minor structural restoration measures are required for restoration for most components and behavior modes.
Moderate Damage	Damage has an intermediate effect on structural properties. The scope of restoration measures depends on the component type and behavior mode. Measures may be relatively major in some cases.
Heavy Damage	Damage has a major effect on structural properties. The scope of restoration measures is generally extensive. Replacement or enhancement of some components may be required.
Extreme Damage	Damage has reduced structural performance to unreliable levels. The scope of restoration measures generally requires replacement or enhancement of components.

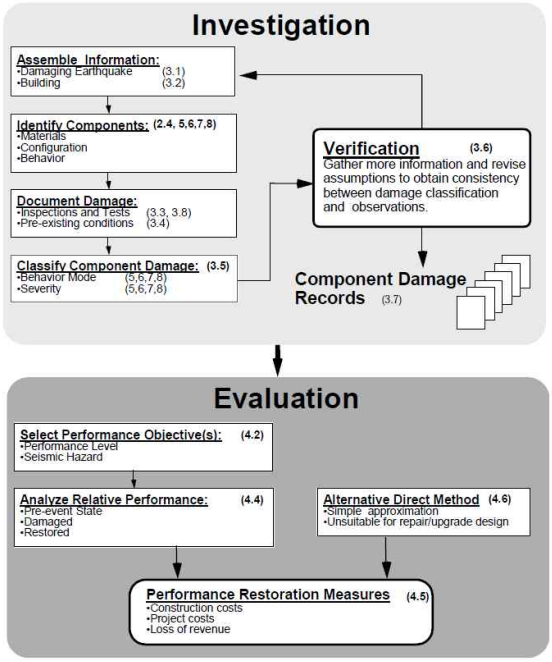


그림 2.98 FEMA 306과 FEMA 307의 연구 흐름도

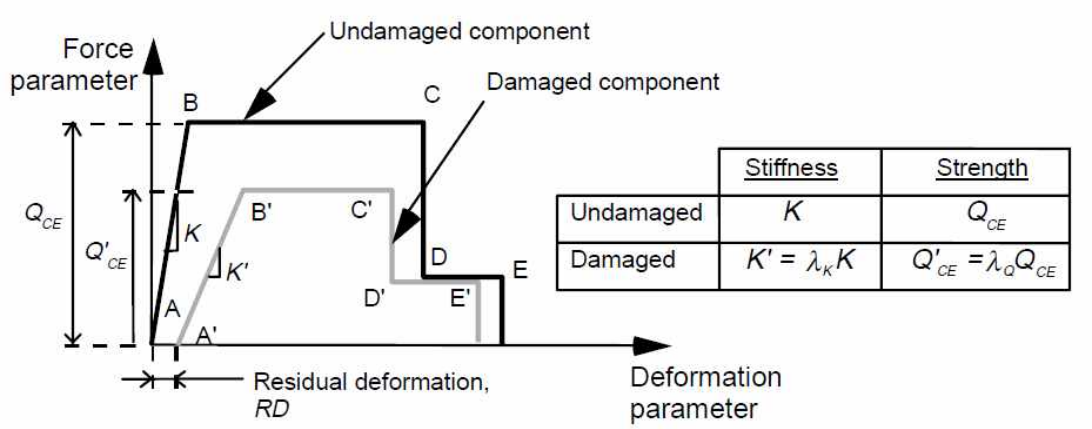


그림 2.99 손상 전과 손상 후(잔류변형 고려)의 요소 산정방식

○ Safer at Home in Earthquake: A Proposed Earthquake Safety Program (ATC 50-2)

• ATC 50-2는 ATC-50 과제의 일환으로 1994년 Northridge에서 발생한 지진에 의해 높은 경제적 손실이 발생함에 따라 LA시의 지원으로 수행되었음. 주된 연구 내용은 건축주, 구매자, 보험사, 계약자, 설계 전문가 그리고 관련 공무원들이 보기 쉬운 방법을 통해 건축물의 손상 또는 붕괴의 잠재성을 고려한 내진 평가와 등급 시스템을 구축하는 것임. 이를 실용화하기 위해서 실제 LA시의 500개의 한가구 목구조 독립 주택에 대한 내진 등급 조사를 실시 하였으며 이중 50개의 건축

물이 지진하중에 대하여 충분하지 못한 등급을 갖는 것으로 조사되었음. 이러한 낮은 등급을 받은 50개의 건축물에 대한 보강이 실시됨

- ATC-50의 연구결과에서 사용한 내진 결함의 등급을 평가하기 위한 질문지의 샘플은 표 2.93에 제시됨. 이는 많은 건축물의 성능을 효과적으로 평가하기 위한 것으로 기초에서부터 지붕까지의 건축물 상태를 살핀 것임
- 표 2.94는 구조 성능 점수와 지진 위험도에 따른 건축물의 등급을 나타낸 것으로 질문지를 통해 건축물에 점수를 평가한 이후에 지진 위험도를 고려하여 최종 등급을 제시하는 방식으로 구성됨

표 2.93 내진 결함에 대한 질문과 그에 상응하는 패널티의 샘플
(Sample Seismic Deficiency Questions and Corresponding Penalties)

	Sample Questions		Penalties
A-6	For a raised foundation system a. is the mudsill of the exterior wall bolted to the foundation with bolts spaced at 72 inches or less, or retrofitted? b. bolted with >72-inch spacing? c. are there no foundation bolts?		[0] [1.5] [4.2]
C-2	Does the water heater have approved anchor straps and flexible connections for water or gas or both?	Yes No	[0] [1.3]
D-2	For a cut-and-fill “transition” lot, was the lot developed a. before 1963? b. 1964 or later? c. Not applicable. Lot is not from cut-and-fill		[2.6] [1.3] [0]

표 2.94 구조 성능 점수와 내진 위험도를 고려한 내진등급 산정 방법

Structural Score	Seismic Hazard Score												
	0-1.0	1.1-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-13.0
1.0-45.9	C-	D+	D+	D	D	D	D	D	D	D-	D-	D-	D-
46.0-64.9	C+	C	C	C	C-	C-	D+	D+	D+	D	D	D	D
65.0-74.9	B	B	B	B	B-	C+	C+	C	C	C	C	C-	C-
75.0-84.9	A-	A-	A-	A-	B+	B+	B	B	B	B	B	B-	B-
85.0-100	A+	A	A	A	A	A	A-	A-	A-	A-	B+	B+	B+

(2) 소규모 건축물에 대한 구조상세

O IRC2012구조기준과 Homebuilders' Guide to Earthquake Resistant Design and Construction (FEMA 232)

- 1971년 샌 페르난도 지진 이후에 주거형 건축물의 연구를 수행하였으며 오랜기

간 동안 축적되어온 기술을 바탕으로 구조 엔지니어가 아닌 다른 사람을 위해 작성된 지침서로써 주택건설업자를 위한 내진설계와 시공이라는 이름으로 보고서를 제작함. 최초 주택건설업자를 위한 내진설계 지침서는 1980년에 발행되었으며 이는 쉽게 따라할 수 있는 정보를 제시하였음. 이를 기반으로 발전 된 것이 1998년에 발행된 FEMA 232이며 이를 기반으로 여러번 수정하여 지금의 IRC2012구조기준이 개발됨

- IRC는 다른 구조기준과 다르게 구조 재료 등에 따라 구분된 것이 아니라 주거형 건축물이 시공되는 순서에 초점에 맞추어 기초, 바닥판, 벽체, 지붕 그리고 굴뚝에 대한 내용을 포함하고 있음. 이는 구조 엔지니어가 아닌 사람들이 쉽게 건축을 할 수 있게 하기 위함. 또한, IRC2012는 계산식에 의존하여 부재 크기 및 상세를 결정하는 일반 건축물의 구조 기준과는 달리 건축물의 규모, 위치 그리고 높이에 따라 기준의 테이블을 사용하여 손쉽게 적용할 수 있게 되어 있으며 주요부재의 상세등은 사용되는 부재의 재료 종류, 하중, 용도 등에 따라 테이블로 바로 설계 적용하도록 제시되어 있음
- 그림 2.108는 전형적인 미국 목조 주택 건축물에 사용되는 벽, 바닥 그리고 지방골조를 보여줌. 그림 2.108에 제시된 목조 주택 단면도를 바탕으로 표 2.96의 stud를 결정함. 결정방식에서 내진설계범주(SDC)와 풍하중을 고려하여 건축물의 층간 높이와 경간 사이의 길이에 따라 결정됨. 이에 대한 긴결재와 부착재의 종류에 따른 상세는 IRC의 테이블을 따르게 되어있음. 표 2.97은 IRC에서 제시한 41개의 긴결재 종류중 벽에 대한 17개만 나타낸 것임.
- 국내의 기술수준은 주요부재의 최소 크기만을 제시한 것에 비해 설계자와 시공자가 구조공학에 대한 충분한 지식없이 소규모 주거형 건축물에 제한적으로 구조안전성을 확보할 수 있음. 이러한 체계적이고 효과적인 구조기준을 통해 소규모 주거형 건축물에 대해서도 구조 안전성을 확보하고 있음.

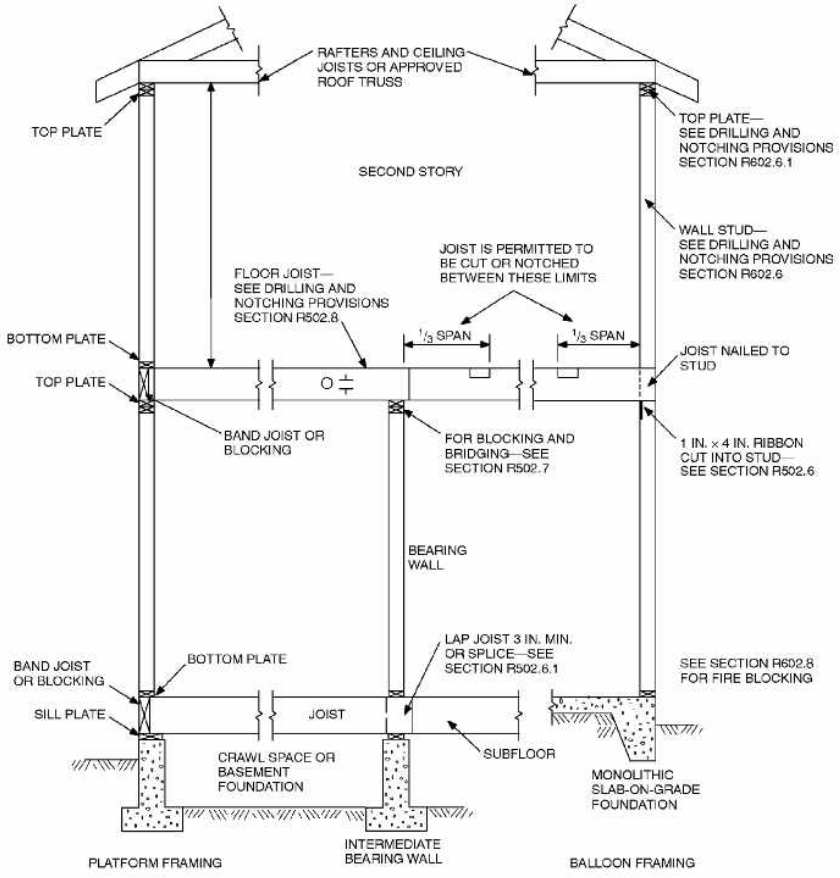


그림 2.100 IRC에 제시된 전형적인 미국 목조 주택의 단면도

표 2.95 100마일 이하의 풍속과 내진설계범주(SDC) 에 대한 목조 벽의 stud의 최대 허용 길이

HEIGHT (feet)	ON-CENTER SPACING (Inches)			
	24	16	12	8
Supporting a roof only				
> 10	2 × 4	2 × 4	2 × 4	2 × 4
12	2 × 6	2 × 4	2 × 4	2 × 4
14	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 4
16	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 4
18	NA[a]	2 × 6	2 × 6	2 × 6
20	NA[a]	NA[a]	2 × 6	2 × 6
24	NA[a]	NA[a]	NA[a]	
Supporting one floor and a roof				
> 10	2 × 6	2 × 4	2 × 4	2 × 4
12	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 4
14	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 6
16	NA[a]	2 × 6	2 × 6	2 × 6
18	NA[a]	2 × 6	2 × 6	2 × 6
20	NA[a]	NA[a]	2 × 6	2 × 6
24	NA[a]	NA[a]	NA[a]	2 × 6
Supporting two floors and a roof				
> 10	2 × 6	2 × 6	2 × 4	2 × 4
12	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 6
14	2 × 6	2 × 6	2 × 6	2 × 6
16	NA[a]	NA[a]	2 × 6	2 × 6
18	NA[a]	NA[a]	2 × 6	2 × 6
20	NA[a]	NA[a]	NA[a]	2 × 6

표 2.96 구조 부재에 대한 긴결재 배치

ITEM	DESCRIPTION OF BUILDING ELEMENTS	NUMBER AND TYPE OF FASTER	SPACING OF FASTER
	Wall		
7	Built-up studs-face nail	10d(3″ × 0.128″)	24″o.c.
8	Abutting studs at intersecting wall corners, face nail	16d($3^1/_2$″× 0.135″)	12″o.c.
9	Built-up header, two pieces with $^1/_2$″ spacer	16d($3^1/_2$″× 0.135″)	16″o.c. along each edge
10	Continued header, two pieces	16d($3^1/_2$″× 0.135″)	16″o.c. along each edge
11	Continuous header to stud, toe nail	4-8d($2^1/_2$″× 0.113″)	—
12	Double studs, face nail	10d(3″× 0.128″)	24″o.c.
13	Double top plates, face nail	10d(3″× 0.128″)	24″o.c.
14	Double top plates, minimum 24-inch offset of end joints, face nail in lapped area	8-16d($3^1/_2$″× 0.135″)	—
15	Sole plate to joist or blocking, face nail	16d($3^1/_2$″× 0.135″)	16″o.c.
16	Sole plate to joist or blocking at braced wall panels	3-16d($3^1/_2$″× 0.135″)	16″o.c.
17	Stud to sole plate, toe nail	3-8d($2^1/_2$″× 0.113″) or 2-16d($3^1/_2$″× 0.135″)	— —
18	Top of sole plate to stud, end nail	2-16d($3^1/_2$″× 0.135″)	—
19	Top plates, laps at corners and intersections, face nail	2-10d(3″× 0.128″)	—
20	1″brace to each stud and plate, face nail	2-8d($2^1/_2$″× 0.113″) 2 staples $1^3/_4$″	— —
21	1″×6″sheathing to each bearing, face nail	2-8d($2^1/_2$″× 0.113″) 2 staples $1^3/_4$″	— —
22	1″×8″sheathing to each bearing, face nail	2-8d($2^1/_2$″× 0.113″) 3 staples $1^3/_4$″	— —
23	Wider than 1″×8″sheathing to each bearing, face nail	2-8d($2^1/_2$″× 0.113″) 4 staples $1^3/_4$″	— —

A.2.3 기술 인프라/기술 인력 현황

가. 국내현황

(1) 인적 인프라

○ 문제 제기

- 본 절은 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구보고서(2010, 국토해양부)에 제시된 2010년 국정감사자료를 활용한 것으로 서울 및 청주/제천지역에 2008년부터 2010년까지 허가 접수된 건물 2,309동에 대한 내진설계 적합성을 확인한 결과를 보여줌
- 표 2.98는 서울 지역(5개구)와 청주/제천 지역을 중심으로 건축물 구조안전확인서에 대한 적합성을 검토한 결과이고 그림 2.109과 그림 2.110는 각각 표 2.98를 바탕으로 서울지역(5개구)와 청주/제천지역에 대한 건축물의 구조 안전 검토에 대한 것을 간략히 도식화 함
- 그림 2.109의 서울 지역(5개구)에 위치한 건축물에 대한 구조 안전 검토의 결과를 살펴보면 구조기술사가 확인한 건축물은 100% 현 기준의 내진설계 적합성을 갖는 것으로 조사 됨. 또한, 청주/제천 지역의 건축물도 구조기술사가 검토한 건

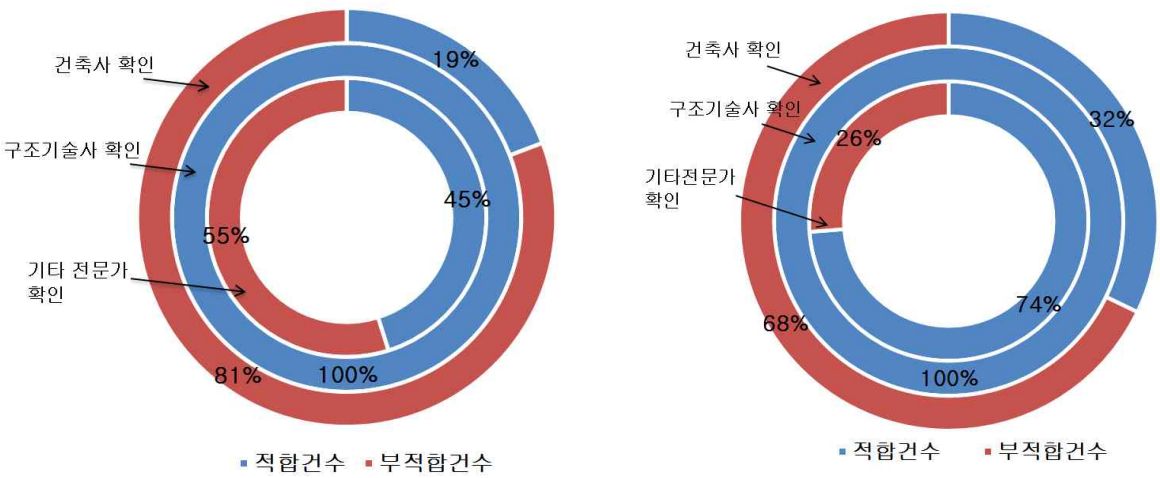
축물도 내진설계 적합성에 모두 만족하는 것으로 나타남

- 건축사가 검토한 건축물 중 서울 지역(5개구)에 위치한 건축물은 약 81%의 건축물이 내진설계에 부적합한 것으로 나타났으며 청주-제천 지역에 위치한 건축물은 약 68%가 부적합한 것으로 나타남
- 내진설계 검토에서 부적합으로 나타난 건축물 총 1400 동 (서울 지역 - 753 동, 청주/제천 지역 - 647 동)의 부적합 사유를 살펴보면 서울 지역의 경우 86%, 청주/제천 지경은 91.6%의 건축물이 구조안전확인서를 허위로 작성한 것으로 나타남. 또한, 구조 확인서가 없는 건축물이 서울 지역은 10% 그리고 청주/제천지역은 4.3%로 조사됨
- 2010년 국정감사자료를 바탕으로 살펴봤을 때 구조 기술사가 아닌 공학적 전문지식이 부족한 건축가에 의해 건축물의 구조 안전성을 검토하는 것은 국민의 안전과 생명 그리고 재산을 보장할 수 없음

표 2.97 건축물 구조안전확인서 적합성 검토결과 (2010.8월 까지/ 단위: 건)

(자료: 국정감사자료, 서울 및 청주/제천지역 내진설계 실태조사, 김기현 위원, 2010)

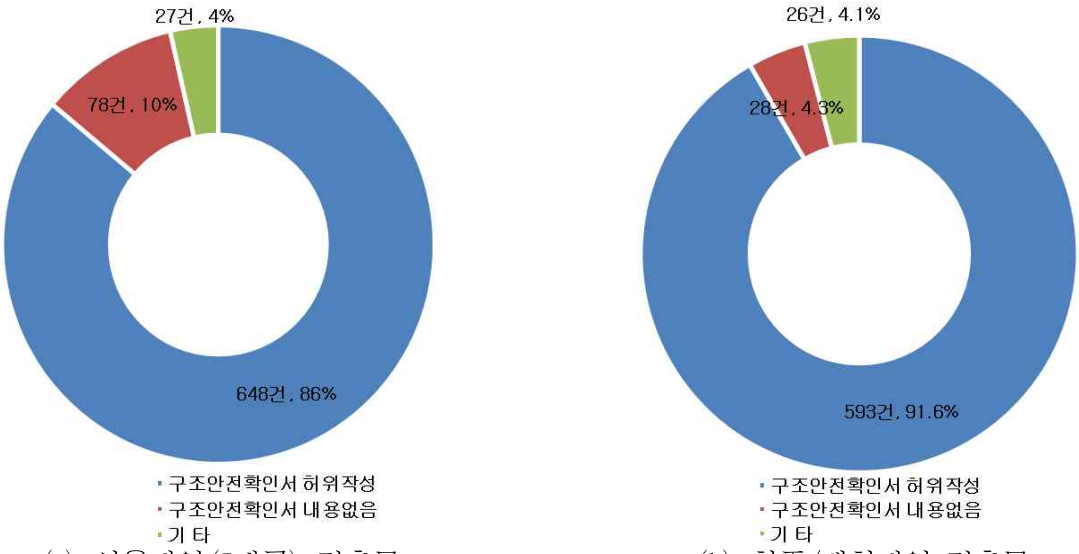
구분	서 울 지역(5개구) 대상				청주/제천지역 대상			
	조사 건수		적합건수	부적합건수	조사 건수		적합건수	부적합건수
건축사 확인	911	71.0%	175	736	930	86.8%	299	631
구조기술사 확인	341	26.6%	341	0	81	7.6%	81	0
기타 전문가	31	2.4%	14	17	61	5.6%	45	16
합 계	1,283		530	753	1,072		425	647



(a) 서울지역(5개구) 건축물 (b) 청주/제천지역 건축물

그림 2.101 건축물 구조안전 확인서 적합성 검토 결과

(자료: 국토해양부, 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구, 2010)



(a) 서울지역(5개구) 건축물 (b) 청주/제천지역 건축물

그림 2.102 건축물 구조 안전성 부적합 사유

(자료: 국토해양부, 소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구, 2010)

○ 인적 능력

- 표 2.99에 제시한 자료는 현재 한국기술사회에 등록된 사무소 개수와 엔지니어의 수를 열람하여 파악한 국토해양부에서 발간된 보고서(국토해양부, “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구“, 2010)를 기반으로 작성됨
- 표 2.99와 그림 2.111은 구조기술사 사무소와 구조엔지니어의 수를 파악한 것으로 법인회사와 개인회사는 (주)를 사용한 명칭으로 구분되었으며 2010년 7월까지 한국기술사회에 등록된 자료임

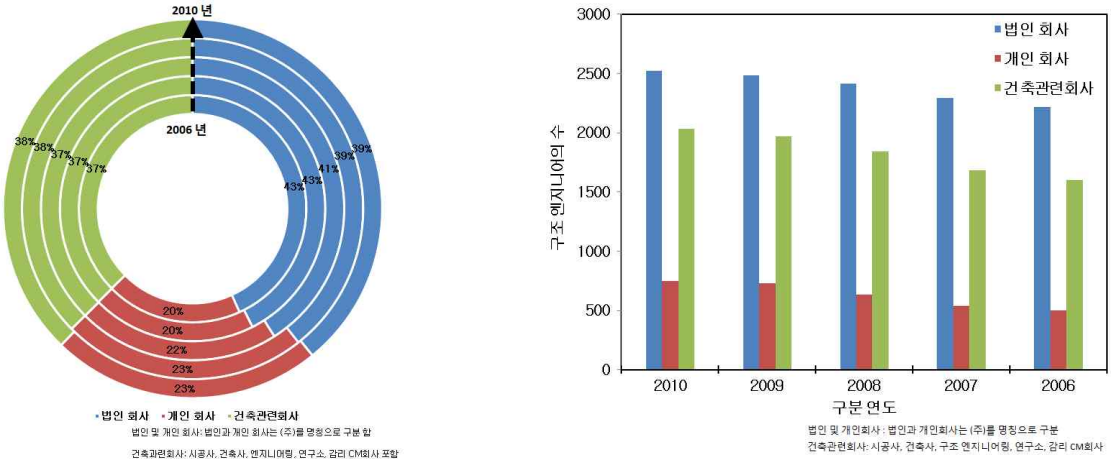
표 2.98 구조관련 업무 처리 가능한 회사 및 구조엔지니어의 수

(자료: 한국기술사회 건축구조기술사사무소 현황 자료)

구분 연도	2006		2007		2008		2009		2010	
	기술사 사무소수	엔지니어	기술사 사무소수	엔지니어	기술사 사무소수	엔지니어	기술사 사무소수	엔지니어	기술사 사무소수	엔지니어
법인 회사 *	185	2,220	191	2,292	201	2,412	207	2,484	210	2,520
개인 회사 *	83	498	90	540	106	636	122	732	124	745
건축관련회사 **	160	1,600	168	1,680	184	1,840	197	1970	203	2,030
총인원	4,478		4,680		5,072		5,383		5,498	

* 법인 및 개인회사: 법인과 개인회사는 (주)를 사용한 명칭으로 구분 함.

** 건축관련회사: 시공사, 건축사, 엔지니어링, 연구소, 감리CM회사에 소속된 구조 엔지니어



(a) 구조관련 업무 처리 가능한 회사 (b) 구조 엔지니어의 수

그림 2.103 구조관련 업무 처리 가능한 회사 및 구조엔지니어의 수

(자료: 한국기술사회 건축구조기술사사무소 현황 자료)

- 구조 엔지니어는 매년 꾸준히 증가하는 추세이며 건축관련회사에 소속된 구조 엔지니어의 수가 구조 업무를 주로 하는 구조 사무소에 비해 매년 큰 폭으로 증가하는 것을 볼 수 있음
- 국토해양부에서 발간된 보고서(국토해양부, “소규모 건축물 내진설계 개선방안 연구“, 2010)에 언급된 구조 엔지니어 수와 국토해양부에서 제공된 2005~2009년 까지 건축물 허가 건수를 활용한 표 2.100은 최근 5년간 건축물 허가 건수를 바탕으로 구조엔지니어의 업무량을 파악함
- 현재 건축물의 구조직준 등에 관한 규칙의 제 58조(구조안전확인서 제출)를 살펴보면 6층 이상의 건축물에 대하여 구조 기술사의 구조 안전 및 내진설계 확인서를 제출을 의무화함
- 표 2.100을 통해 만약에 모든 건축물에 대한 구조 기술사의 확인서를 의무화할 경우 구조 엔지니어의 업무량을 파악할 수 있고 현재 업무량에 비해 추가될 1인당 업무량을 살펴볼 수 있음
- 모든 건축물에 대한 내진설계 또는 구조 안전 확인서 제출을 의무화 할 경우 구조 엔지니어는 282.2 동에 대한 구조안전확인서를 제출해야함 현재 1.84의 업무를 처리하는 것에 비해 약 154배의 업무가 증가.
- 특히, 최근 5년간 건축물 허가 수의 총 55%이상을 차지하는 소규모 건축물 (표 2.100의 소규모-A)의 업무는 167건 이상 증가할 것으로 조사됨. 이는 현재 1.84동에 대한 구조안전을 확인하는 것에 비해 91배 이상의 업무가 증가하는 것이며 전체 업무의 약 60%를 차지함
- 표 2.100과 그림 2.112을 통해 살펴봤을 때 국가 전체에 대한 건축 구조 안전성 확보를 위한 구조 엔지니어에 대한 인력이 턱 없이 부족한 것을 볼 수 있음
- 이러한 분석 결과를 바탕으로 업무의 효율을 높일 수 있는 대책이 마련되어야 하

며 이를 위해 소규모 건축물의 구조 상세 표준화에 대한 연구가 반드시 수행되어야 함

표 2.99 최근 5년간의 건축물 허가수를 바탕으로 작성된 1인당 구조엔지니어의 업무량

(단위: 건수)

구분 연도	2005	2006	2007	2008	2009	총 합	비 고
소규모-A	22.02	31.29	38.88	40.10	35.43	167.72	현 건축법 시행령에서 내진설계 미적용 대상
소규모-B	13.21	18.12	21.95	22.59	19.66	95.53	내진설계 의무 대상 구조안전확인서 제출 필요 없음 (현재 건축사 확인)
3층 ~ 5층	3.15	3.46	4.07	4.68	3.61	18.97	
6층 이상	0.33	0.44	0.38	0.39	0.30	1.84	구조기술사의 구조안전확인서 제출 의무 대상 = 현재 1인당 업무량
1인당 업무량 총합	38.70	53.31	65.28	67.76	58.99	284.04	전체 건축물에 구조안전확인서 의무화 될 경우 구조엔지니어의 업무량
추가 업무량	38.37	52.87	64.9	67.37	58.69	282.2	추가 업무량 = 1인당 업무량 총합 - 6층 이상 건축물의 1인당 업무량

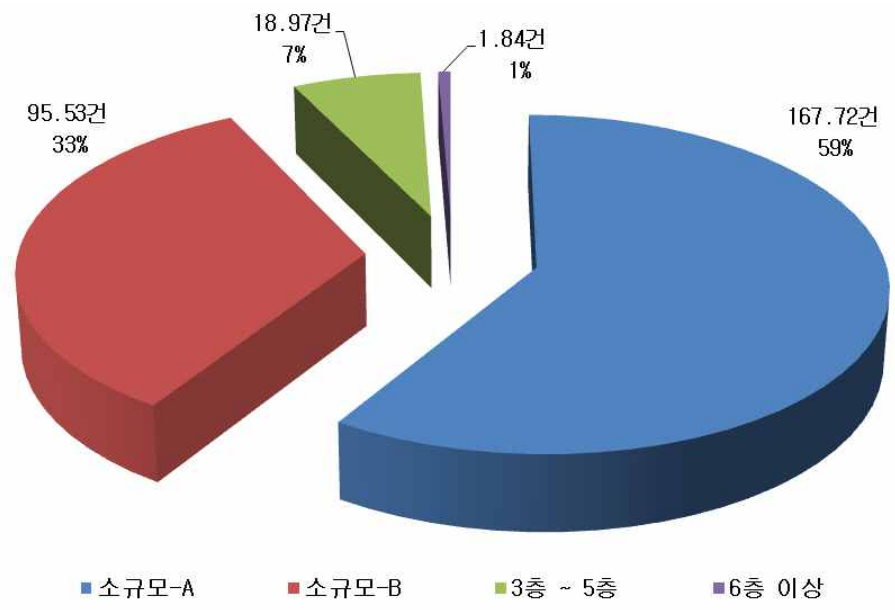


그림 2.104 최근 5년간의 건축물에 대한 1인당 구조엔지니어의 업무량

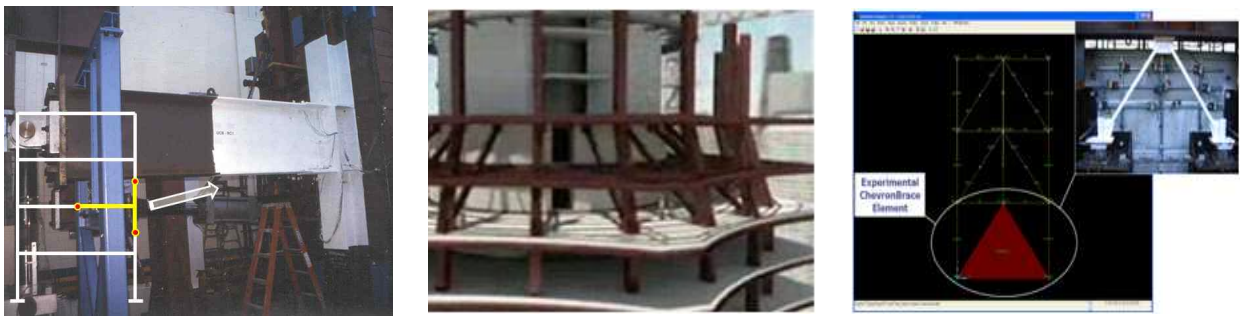
(2) 연구설비 인프라

○ 연구시설

- 기업연구소를 중심으로 엑츄에이터, UTM, 풍동실험실, 재료실험실, 진동대 등 초고층건축물 거동특성 파악 연구에 필요한 주요 기자재를 보유하고 있음
- 최근 국토부의 분산공유형 건설 연구인프라 구축사업을 통하여 건설되는 6개의 실험시설은 최신 장비와 운영시스템을 보유하여, 하이브리드 시뮬레이션과 같은 최첨단 실험이 가능 (표 2.101 참조)
- 최근 발달된 IT기술을 활용하여 주요 구조요소에 대해서는 실험을 수행하고 동시에 전체 구조물에 대해서는 해석을 수행하여 서로 연계시키는 하이브리드 시뮬레이션(그림 2.113 참조) 기법이 구조실험분야에 도입되고 있음.

표 2.100 국내 구조실험 장비 인프라

장비/시설	보유기관	업무
구조실험동	대우건설 기술연구원 현대건설 기술개발원 RIST 강구조 실험동 명지대학교 (분산공유실험실 KOCED)	구조특성 평가
진동대 실험동	현대건설 기술개발원 부산대학교 (분산공유실험실 KOCED)	진동대 실험수행



(a) 구조요소 (b) 부구조체 (c) 하이브리드 시뮬레이션

그림 2.105 하이브리드 실험에 의한 부구조체의 성능평가

○ 진동제어장치 및 시스템

- 국내에는 표 2.102와 같이 다수의 면진 제진장치를 비롯한 진동제어 장치를 생산하는 기업체가 있지만, 아직 관련 국내기준이 미비할 뿐만 아니라, 각 업체에서 제작한 장치에 대한 명확한 성능기준이 제시되지 못한 실정임
- 세계최고기술을 보유한 업체는 강진지역에 위치한 미국과 일본에 주로 있으며,

국내 업체의 경우 제작기술은 세계최고기술수준에 80%정도까지 도달하였으나 설계수준은 아직 이에 미치지 못한 것으로 판단됨

○ 기존건축물 내진보강

- 국내에서 여러 종류의 내진성능평가에 관한 연구가 수행되었으나 규준화에 단계에 이르지 못하였음. 내진보강의 경우도 각 보강법의 시공에는 문제가 없으나 보강공사후 구조부재의 내력이나 변형능력을 포함한 성능에 대한 명확한 규정이 없어 보강량의 산정에는 신축건물용 설계규준 및 보강재료 생산업체의 설계식에 의존하고 있음
- 2010년에 개정된 시설안전공단의 내진성능향상요령은 동시에 개정된 내진성능평가요령에 따라 성능기반개념에 따라 보강후 건축물에게 요구되는 성능수준을 명확히 제시하고 그 성능수준을 만족시키기 위한 보강량을 산정하도록 하고 있으나 공법별로 명확한 설계식이 제시되어 있지 않으며, 또한 규준화되지 않음에 따라 널리 활용되고 있지 못함
- 사양기반 규준에서는 매우 다양하고 특이한 보강공법의 특성상 사용되고 있는 모든 공법별로 설계식 혹은 표준시방서를 작성하기 힘들며, 새로운 기술이 개발될 경우 적용이 힘듬. 따라서 외국의 사례와 같이 국내에서도 보수보강기술에 대해 재료, 설계, 시공측면에서 객관적인 인증기준을 마련하여 이를 통해 어떠한 보수보강기술이 요구되는 성능을 만족하고 있음을 입증토록 하는 성능기반형기준의 도입이 필요함

표 2.101 국내 진동제어장치 생산업체와 세계최고기술수준 보유업체와의 비교

번호	회사명	주요 생산 제품	세계최고수준 기술보유업체		세계수준대비 해당기업 수준
1	(주) DRB 동일	적층고무를 비롯한 면진제품	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
		고감쇠고무를 이용한 제진장치	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
		강재이력형 제진장치	설계	신일본제철(일본), UC @ Berkely (미국)	50%
			제작	신일본제철(일본), Core Brace(미국)	90%
2	(주) 원에스티	슬라이딩 면진장치	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
3	(주) 우진	강재이력형 제진장치	설계	신일본제철(일본)	50%
			제작		70%
4	(주) 삼익THK	리니어타입 면진장치	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
5	(주) 유니슨이앤씨	적층고무를 비롯한 면진제품	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
		고감쇠고무를 이용한 제진장치	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
6	(주) 삼영엠텍	교량용 탄성받침	설계	Dynamic Design(일본), UC @ Berkely (미국)	40%
			제작	Bridge Stone (일본), DIS (미국)	80%
7	(주) 테크스타 코리아	토글형 점성제진장치	설계	Taylor Device and SUNY @ Buffalo (미국)	40%
			제작	Taylor Device (미국)	60%
8	(주) CMR	마찰형 제진장치	설계	Pall Damper (캐나다)	50%
			제작		70%
		강재이력형 제진장치	설계	신일본제철(일본), UC @ Berkely (미국)	50%
			제작	신일본제철(일본), Core Brace(미국)	90%

- 현재 국내 건설산업은 기술인력 측면에서 특급기술자가 많이 분포하고 있어 성숙기로 판단되나, 해외사업 진출에 필요한 국제인증 기술자가 부족한 실정이며, 특히, 내진보강 관련 국내기술수준은 구조해석 및 사양기반의 내진설계 등에서는 인정받고 있으나 전문적인 지식 및 기술이 요구되는 성능기반 내진평가 등의 기술수준은 미흡함

- 내진평가에 대한 연구를 수행한 경험이 있는 산·학·연의 R&D 인프라를 기존 건축물의 내진평가와 보강 기술 개발로 연계하여 활용 가능할 것으로 판단됨

표 2.102 일본 내진평가 및 내진보강 기술 인프라 현황

내진평가 및 내진보강 기술 인프라 현황	기준/지침 주관 또는 개발공법
일본 건축방재협회	기존 철근콘크리트 건축물의 내진진단기준 및 내진개수 설계지침
	내진개수촉진법을 위한 기존 철골조건축물의 내진진단 및 내진개수지침
	기존 철골철근콘크리트조 건축물의 내진진단기준
	철근콘크리트 건축물의 피해도 판정기준 및 복구기술지침
	철골 건축물의 피해도 판정기준 및 복구기술지침
	철근 및 철골철근콘크리트조 건축물의 피해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침
	철골조 건축물의 피해도 구분 판정기준 및 복구기술 지침
	외부프레임 내진개수 매뉴얼
	면진 및 제진장치에 의한 내진보강 개수 지침
	내진보강 사례집
(주)타케나카고무뎅	철골브레이스 접착공법, 무앵커 RC벽체 접착법
(주)야하기건설	패럴공법
(주)오오키건설	아오키식 내진브레이스 공법
(주)세이부건설	OFB공법
(주)오리엔탈시로이시	마찰제어형 PCaPC조 내진브레이스 공법
(주)타이세이	격자형 블록 내진보강법
(주)PCa증설벽 연구회	PC 증설벽공법(PCa 증설벽 공법)
(주)피에스미츠비시	피에스미츠비시 PCaPC 외부프레임 접착 내진보강법
(주)건설연구소	PC 아웃프레임 내진보강법
(주) KTB협회 압착기술연구소	KTB PCaPC 외부프레임접착 내진보강법
(주)오바야시, 닛테츠, 미츠비시	CRS-CL 공법
(주)MARS 연구회	기존 RC기둥 및 기존 SRC 기둥의 탄소섬유시트 내진보강법
(주)AF공법 연구회	아라미드섬유를 이용한 내진보강법
(주)시미즈, 테크넷트	철판내진보강법
(주)오바야시, 미츠비시	CRS-BM 공법
(주)SR-CF공법 연구회	SR-CF공법
(주)구조품질보증연구소	SRF 공법
(주)SPAC Construction	SPAC 공법
(주)토비시마	토글형 제진장치에 의한 내진보강법

A.3 기술수요 및 기술예측 조사

A.3.1 기술수요 조사

가. 제 1중점 분야

○ 기술의 목표

- 지진 및 기후변화를 고려한 한국형 건축물 구조설계/성능평가 기준의 개발
- 건축물의 지진 안정성 확보를 위한 진동제어 장치 및 시스템은 지진 하중의 발생 불확실성과 피해의 규모를 고려하여 구조물의 목표 내진성능을 달성 가능하도록 우수한 내구성과 에너지 소산능력을 보유하여야 함
- 진동제어 장치 및 시스템을 새로운 구조물의 적용할 경우 새로운 구조물이 보유하고 있는 횡력저항 시스템과 유기적인 거동이 가능하도록 장치 및 시스템 개발
- 지진 안전성 확보를 위한 진동제어 장치 및 시스템은 지진 발생 시 구조물의 안정성을 보장하고 지진 발생 후 제진 장치의 교체 및 보수가 신속히 가능하도록 하여 여진으로 인한 추가 피해를 방지할 소 있도록 함

○ 기술의 정의

- 우리나라 지진환경, 기후변화와 건설기술현황을 고려하여 건축물의 내진/내진동 안전성을 극대화 할 수 있는 건축물 구조설계/성능평가 기술개발의 필요성
- 지진안전성 확보를 위한 진동제어 장치 및 시스템는 지진과 같은 규모가 큰 하중이 구조물에 작용할 경우 진동제어 장치에서 안정적으로 최대한 많은 지진 에너지를 소산하고 이를 가능하도록 시스템을 구축하여 대상 구조물에 피해를 최소화 할 수 있도록 함
- 진동제어 장치 및 시스템은 외부에서 오는 진동과 이에 따른 구조물의 진동을 감지하는 기능을 구조물 자체에서 갖추고 구조물의 내부나 외부에서 구조물의 진동에 대응한 제어력을 가하여 구조물의 진동을 저감시키는 능동적 방법(active)과, 구조물의 내부나 외부에서 강제적인 제어력을 가하지는 않으나 구조물의 강성이나 감쇠 등을 입력진동의 특성에 따라 순간적으로 변화시켜 구조물을 제어하는 수동적 방법(passive)이 있음. 또한 이 두 방법의 중간 단계인 반능동적 방법(semi-active)은 자기 및 전기를 띤 진동 제어장치를 이용하여 외부 진동을 제어하는 기술.
- 지진 하중은 그 발생이 불확실하며 재현주기가 굉장히 길기 때문에 진동제어 장치 및 시스템은 이를 고려하여 장시간 동안 일정 이상의 성능을 유지할 수 있도록 내구성 및 성능의 신뢰성을 확보

○ 기술개발의 필요성

- 최근 국외에서 지진 발생 빈도가 많아지고 규모 역시 커지면서 이에 대한 인명 및

재산 피해가 커지고 있는 실정에서 국내에서도 지진 피해에 대한 경각심이 높아지고 있음

- 기상청 통계자료에 의하면 국내 지진 발생이 지난 31년 (1978-2008년) 간 총 816회의 지진이 관측되어, 연평균 26회의 빈도를 보이고 있으며, 이중 유감지진 횟수가 212회이며, 지진규모(M) 3이상의 지진발생이 274회 관측되고 있음.
- 국내 건축물에 대한 내진설계기준은 1988년 최초로 제정되었음. 하지만 이 기준에서는 내진설계의 적용대상범위를 6층 이상, 연면적 10,000m2 이상으로 제한하고 있음. 이러한 제한 범위는 2005년 건물구조기준 (KBC, 대한건축학회, 2005) 개정판에서 그 적용범위가 3층 이상, 연면적 1,000m2이상으로 확대되었고 현재 2009년 KBC [대한건축학회 (2009)]에서는 모든 구조물이 내진설계 대상으로 확대하였음. 따라서 1988년 이전에 지어진 건물은 내진설계가 수행되지 않았으므로 지진에 대한 어떤 보장도 할 수 없는 것이며, 1988년-2005년 사이에 건설된 5층 이하의 건물과 2005년-2009년 사이에 건설된 3층 미만의 건물은 지진에 대한 안전을 보장할 수 없음
- 일본 고베지진, 중국 쓰찬성 지진, 파키스탄 북부지진 발생 시 일반주택, 학교, 관공서 등에 큰 피해 발생(표 2.104 참조). 따라서 기준에서 보장하지 못하는 많은 도시의 중저층 공동주택, 학교, 관공서를 일정한 내진성능을 보유하도록 내진 보강을 해야 함

표 2.103 고베지진에서 피해를 입은 건물의 층수별 현황 (단위: 동수)

건물*층수	붕괴 또는 대파괴	중규모 파괴	소규모 파괴	경미한 피해	합계
3층 이하	46,022	42,208	107,887	192,765	388,882
4층 이상	3,081	3,273	9035	27,794	43,183
합계	49,103	45,481	116,922	220,559	432,065

* 철근콘크리트 및 철골(경량포함)골조, 조적조, 목구조 등을 포함.

- 기존 건축물 내진설계기준(KBC2009)은 미국 IBC 기준을 그대로 답습한 기준으로 우리나라의 건설 환경에 적용하는데 있어 아래와 같은 어려움이 있음.
  - 건물구조시스템 형식의 불일치: 우리나라에서 건설되고 있는 다수의 건물은 IBC에서 정의한 구조시스템에 엄밀한 의미에서 일치하지 않는 경우가 많음. 특히 근래 초고층 건물이나 면제진 적용건물의 경우 관련기준의 미흡으로 인해, 설계·시공 시 많은 혼선이 초래되고 있음
  - 따라서 각 시스템별로 결정되는 설계계수(반응수정계수, 변위증폭계수, 초과강도계수)들이 매우 세분화 되어 있으나 기술자들이 설계 시 그 근거에 대한 확신이 어려움
  - 미국 IBC 기준은 강진지역을 주 대상으로 내진/내진동 상세가 매우 엄격하여 시공시 어려움을 초래하고 있으며, 우리나라와 같은 중·약진지역에 실제로 적합한지에 대한 의구심을 가지고 있음
  - 우리나라의 지진의 특성(주파수내용, 활성단층의 존재, 파괴메카니즘)등에 있어서 정

보가 제한적임. 이러한 불확실한 지진에 대해 방어적인 성격의 내진설계의 필요성이 있으며, 이를 수용할 수 있는 능력설계(Capacity Design)기법(예: 강기둥·약보개념)을 적극적으로 도입할 필요가 있음

- 건축물 설계/성능평가기준은 공공적인 성격을 가지기 때문에 개인이나 기업, 혹은 연구기관에서 독자적으로 개발하기에는 부적합하며, 연구개발 비용 및 기간을 고려할 때 정부에서 주도하는 것이 합당함
- 고성능 구조시스템에 대한 사회적 요구가 점점 증대하고 있는 국내현실을 고려할 때 이를 달성할 수 있는 진동제어장치 및 구조시스템에 대한 성능기준, 설계기준 및 설계지침 개발에 대한 정부의 적극적인 투자가 요구됨
- 기술개발효과
  - 우리나라 지진환경과 기후변화를 고려한 새로운 건축물 내진/ 내진동 설계기준과 성능평가 기준을 통하여 구조설계/성능평가의 투명성, 효율성, 신뢰성을 제고함
  - 진동제어 장치 및 시스템 개발은 부재 단면 감소로 경량화 및 경제성을 확보할 수 있으며, 초고층 대형화 구조물에 적용함으로써 기존 구조시스템에 비하여 보다 효율적인 설계를 유도할 수 있음

○ 기술개발동향

- 미국: 1927년 내진설계기준 제정 후 현재 IBC 2009까지 수 차례 통합, 개정을 통해 내진/내진동 설계 기준 완성도를 높임. 그러나 IBC는 매우 사양적이고 불명확한 면이 있으며, 성능기반설계와 동떨어진 면이 있음.
- 일본: 지진의 크기에 따라 다른 목표성능을 규정하는 성능에 기초한 내진설계기준 적용(그림 2.114 참조)

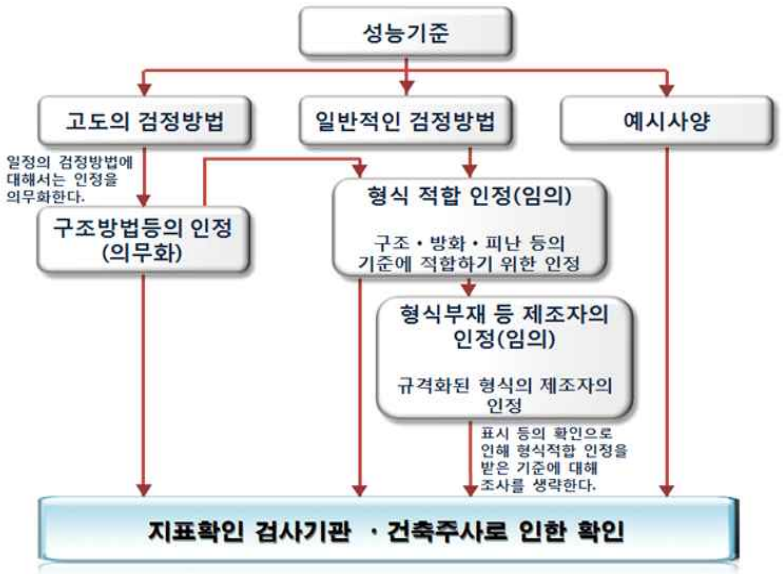


그림 2.106 성능기준에 기초한 일본 내진규정의 흐름

- 호주: 우리나라와 지진위험도와 관련해서 매우 유사함 (단순하면서 합리적임)

- 뉴질랜드 & 유럽: Capacity Design과 사양형식이 아닌 Engineering이 녹아든 기준의 형식 (복잡해 질 수 있으나 성능기반설계의 대세에 가장 적합함) 특히 뉴질랜드의 경우 제한된 연성 (Limited Ductility)의 개념은 지진에 의한 영향이 비교적 적은 구조물의 설계 시 유용하게 적용될 수 있음
- 한국: 구조 시스템의 정의가 모호하며, 현재 사용되고 있는 시스템을 전부 수용하지 못함. 너무 많은 종류의 계수(R, Cd, Ω0, ρ 등) 가 존재하며, 주어진 계수 값들의 설득력이 부족함. 상세에 대한 요구 조건이 매우 까다롭고 많은 경우 기준의 실제 적용이 어려우며 어떻게 설계해야 하는지 알 수 없음. 구조 설계 및 시공에 관한 감시체계 미흡함. 상대적으로 지진 정보가 빈약함
- 국내진동제어장치 및 시스템
  - 국내에서는 90년대 이후 진동제어에 대한 이론적 연구를 시작으로 건축구조물의 내풍성능 및 거주성능을 개선하기 위한 연구가 지속적으로 수행되어 여러 가지 제진장치 타입에 대한 제어이론과 수치해석을 통한 성능개선을 평가하고, 축소모형에 대한 실험실 수준의 성능검증연구가 이루어지다가 90년대 말 실구조물에 적용하는 단계에 이름
  - 최근에는 초고층 아파트에 대한 제진장치 적용 타당성 검토가 적극적으로 이루어지고 있으며 그에 따라 적용사례 또한 증가하고 있는 추세임
  - 하지만 중·약진지역으로 분류된 우리나라의 지진환경 등의 영향으로 인하여 구조물의 내진설계와 지진에너지를 소산하여 구조물의 내진성능을 향상시킬 수 있는 진동제어장치 및 시스템 개발과 관련된 연구 및 적용이 전무함
  - 중국 쓰촨성지진 이후 국내에서 진동제어장치 및 시스템에 대한 관심이 증가함에 따라 연구 개발실적도 증가하고 있는 추세이나 대부분 외국 기술을 그대로 사용하거나 응용한 상태로 국내 지진환경과 건설환경을 적극 반영한 진동제어장치 및 시스템 개발은 미흡한 실정임

○ 기술개발내용

- 중·약진지역에 적합한 내진/내진동 설계기준의 개발
- 실물크기 건축구조물의 모의진동실험을 통해 실증에 근거한 내진/내진동설계 및 평가기준 개발
- 기존 건물 및 기존 설계 방식에 의한 건물의 내진/내진동 안전성 검증
- 단순하면서도 신뢰성있는 해석 및 설계법 도입
- 구조시스템별 계수(연성비, 반응수정계수 등) 확인
- 능력설계(Capacity Design)의 도입과 새로운 내진설계 및 성능평가시스템 개발
- 지진에 대한 안전을 위한 진동제어 장치 및 시스템은 진동제어 방식에 따라 적용되는 기술내용이 크게 분류되며, 수동식 진동제어 장치 및 시스템인 경우 일반적으로 점성/점탄성 물질이나 마찰재, 연성능력이 뛰어난 강재들을 이용하여 안정적이면서 우수한 에너지 소산 능력을 발휘 할 수 있는 장치 및 시스템을 개발.
- 능동식 진동제어 장치 및 시스템인 경우 구조물의 반응을 측정하는 센서를 이용하여 구조물의 작용하는 진동을 측정한 뒤 컴퓨터에서 계산된 제어 알고리즘을

사용하여 구조물의 진동을 최소화 하도록 구조물에 역하중을 가하는 방식. 이러한 제어 방식은 구조물의 진동을 측정하는 센서와 이를 제어할 수 있는 알고리즘 개발 및 구조물에 하중을 가하는 엑추에이터에 대한 장치 및 시스템 개발

- 반능동제어 장치 및 시스템인 경우 자기 및 전기의 변화로 물리적 성질을 변화시킬 수 있는 유변물질(Rheological Material)을 활용하여 작은 외부에너지로도 진동을 제어할 수 있는 기술 방식. 유변유체 [Magneto Rheological (MR) Fluid, Electro Rheological (ER) Fluid]의 개발이 주요 기술

나. 제 2 중점 분야

(1) 내진성능 평가 및 보강 관련 기술수요 조사

○ 미국 ATC(Applied Technology Council)에서는 ATC 71 Project를 통해 기존 건축물의 내진성능 향상을 위한 연구개발 방향을 정립하였으며, 이를 위하여 비교적 최근에(2009) 내진성능 평가 및 보강에 관련된 전문가가 참여한 전국적인 워크샵을 개최하여 폭넓은 범위의 전문가가 참여한 기술수요 조사를 실시하였음

○ 본 연구에서는 기존 건축물의 내진성능 향상에 관한 기술수요 조사의 일환으로 이 워크샵에서 제기된 이슈들을 조사 정리함

○ 내진 성능이 취약한 기존 구조물의 지진 안정성을 확보하기 위한 진동제어 장치 및 시스템을 이용한 내진 보강은 1차적으로 내진 성능의 확보 뿐 만 아니라 시공성 및 경제성, 미관 등을 고려하여야 하며, 기준에서 보장하지 못하는 많은 도시의 중저층 공동주택, 학교, 관공서를 일정한 내진성능을 보유하도록 내진 보강을 해야 함. 특히 내진설계가 안된 건물의 재건축대신 친환경적인 리모델링 사업을 진행을 위하여 신속하고, 저비용이며 고효율인 진동제어 장치 및 시스템 개발이 필요함

○ 진동제어 장치 및 시스템 개발은 이와 같이 내진 보강을 위해서도 효과적이지만 신축 구조물에 적용할 경우 부재 단면 감소로 경량화 및 경제성을 확보할 수 있음

○ ATC 71 Project 개요

- NEHRP Workshop on Meeting the Challenges of Existing Buildings (2009)
- 참여 전문가 그룹 : 실무자, 관련 공무원, 건물주, 관리자, 연구자, 산업계 대표 등
- 사전 준비를 통해 81개 이슈 도출
- 설문조사와 분임 토의를 통해 분야별 중요 이슈 선정

○ 전문가 토론결과 요약

- 제도와 정책 개발 분야
  - 내진보강 실시 확대를 위한 최우선 과제임.
  - 시장경제적 동력(market force)이 부족하므로 정책적 의지가 필요함.
  - 다음과 같은 세 가지 분야의 제도 및 정책 개발이 필요함.
  - 강제성(Power)

내진보강의 의무화 여부

- 비용 (money)

보강비용, 보강의 이득, 장려를 위한 인센티브

- 지식 (knowledge)

지진 위험도와 수용가능한 위험 수준에 대한 인지

건물의 성능에 대한 건축주의 기대치

새로운 공공 교육 수단의 필요성

정보 전달 경로의 필요성

- 건축물 지진 위험도 판정 시스템(seismic rating system)
  - 실무자가 사용하는 현재의 지진위험 설명 용어는 지진 위험성을 일반인에 충분히 전달 못하고 있음.
- 잠재적 매출 손실의 추정
  - 가장 효과적인 내진보강 설득요인으로 선정됨.
  - 중약진 지역에서 특히 효과적을 것으로 판단됨.
- 현행 내진성능 평가 및 복구 기술의 개선을 위한 연구 필요
  - 건축물의 내진성능 한계에 대한 이해 수준을 제고.
  - 지진 후 건물의 피해 및 그 결과에 관한 총체적 이해를 제시할 필요 있음.
  - 예상되는 효과: 선택가능한 내진성능의 범위를 현행 사양기반 내진기준보다 확장, 가장 위험한 건물과 그렇지 않은 건물의 용이한 식별, 잠재적 내진보강 프로그램 비용 최소화, 지역사회 합의에 기초한 실행계획 개발 촉진
- 보강 비용 절감 및 공사절차의 간소화 필요
  - 지진 위험성을 인지하고 있으며 제도적으로 내진보강이 의무화된 지역에서도 비용 및 관련 절차가 내진보강 시행의 큰 장애요인으로 작용하고 있음.
  - 사양적 내진성능 평가 및 보강 절차 개발: 제한된 유형의 건물에 대한 단순화된 사양적 절차의 개발이 요구되며, 비용 절감 및 내진보강 시행 노력의 확대를 목적으로 하고, 이에 대한 실무자 사이의 매우 강한 공감대가 형성되어 있음.
  - 교육 및 훈련: 내진성능 평가 및 보강 방법 및 기준에 대한 교육 및 훈련이 매우 필요하며, 내진보강 실제 사례를 포함하는 다양한 교재 개발 필요함

○ 선정된 기술수요

- 기술적 사안 (Technical Issues)
  - Calibrating the Procedures
  - G041 Improved Global Damage Prediction: G064 Case Studies to Correlate Seismic Design with Actual Damage, G065 Comprehensive and Systematic Collection of Damage and Loss Data,
  - Getting the Right Answer

    G024 Conservative Bias of ASCE 41

    G046 FEMA 356 / ASCE 41 - Consideration of Global Ductility

    G077 Improvement of Seismic Assessments of Existing Buildings

G078 "Over-Conservatism" of ASCE 41

G078(b) "Over-Conservatism" of ASCE 31, Incorporating New Information, G002 Role of Industry Organizations

G003 Transferring Research into Practice

G011 Role of Technical Journals

G074 Evaluation and Rating Process for New Technical Information

- Dealing with Uncertainty

G066 Development of a Uniformly Acceptable Standard Building Performance Rating System

G071 Integration of Risk Analysis Methods

G080 Development of a Realistic and Valid Methodology for Cost/Benefit Analysis

- Special Building Types

G015 Development of Simplified Procedures

G034 FEMA 356 / ASCE 41 - Simplify the "Simplified Procedure"

G067 Development of Rehabilitation. Guidelines for Non-Engineered Buildings

- Guidance on Complicated Tasks

G026 Development of Nonlinear Analysis Modeling Guidelines

G075 Improvement of Advanced Structural Analysis Procedures

• 실무적 사안 (Practical Issues)

- Development of Building Specific Loss Estimation Procedures

G019 Consideration of Uncertainty

G041 Improved Global Damage Prediction

G066 Development of a Uniformly Acceptable Standard Building Performance Rating System

- Education of Stakeholders about Seismic Rehabilitation

G017 Example Applications

G039 Education of Building Owners and Users on Seismic Risk

- Incorporation of Engineering Judgment into Seismic Rehabilitation Standards

G001 Judgment vs. Analysis

G047 ASCE 31 and ASCE 41 Standardization Conundrum

- Development of Business Continuity Planning Guidelines

G036 Development of Business Continuity Planning Guidelines

- Consistency in Code Enforcement

G050 Improvement in Consistency of Code Enforcement

- Education and Training in Seismic Rehabilitation

G007 Education of Practitioners

G008 Education of Building Officials

G063 Seismic Rehabilitation Materials for College/University Instruction

- Guidance on Incremental Mitigation Strategies for Seismic Rehabilitation
  G016 Incremental Seismic Rehabilitation
- Improvement in Evaluation and Rehabilitation of Nonstructural Components
  G021 Nonstructural Components
  G040 FEMA 356 / ASCE 41 - Further Development of Nonstructural Component Requirements
- Simplified and/or Prescriptive Procedures
  G015 Development of Simplified Procedures
  G034 FEMA 356 / ASCE 41 - Simplify the "Simplified Procedure"
  G068 Development of Prescriptive Procedures
- Special Policies and Guidelines for Historic Structures
  G006 Historic Structures

• 제도적 사안 (Regulatory Issues)
- Encouraging Retrofit
  G057 Advocacy to Encourage More Seismic Retrofit
  G066 Development of a Uniformly Acceptable Standard Building Performance Rating System
- Education and Training in Seismic Rehabilitation
  G008 Education of Building Officials
  G063 Seismic Rehabilitation Materials for College/University Instruction
- Simplified and/or Prescriptive Procedures
  G067 Development of Rehabilitation Guidelines for Non-Engineered Buildings
  G068 Development of Prescriptive Procedures
- Consistency in Plan Review
  G023 Mandate of Peer Review for Seismic Rehabilitation
  G050 Improvement in Consistency of Code Enforcement
  G070 Identification of Plan Review Requirements
- Rehabilitation Codes and Standards
  G009 Standards Update Process
  G047 ASCE 31 and ASCE 41 Standardization Conundrum
  G058 Uniformity in Seismic Retrofit Requirements
- Vacant Buildings
  G069 Vacant Buildings

• 공공정책 사안 (Public Policy Issues)
- Incentives for Seismic Rehabilitation
  G059 Public Incentives for Seismic Rehabilitation
  G060 Private Incentives ("change levers") for Seismic Rehabilitation
  G079 Incentives for Seismic Rehabilitation
- Voluntary versus Mandatory Triggers

G005 Voluntary vs. Mandatory Triggers

- Costs for Seismic Rehabilitation

G012 Typical Costs for Seismic Rehabilitation (see also G055)

- Social Impacts of Seismic Rehabilitation on Vulnerable Populations

GXX Development of Program to Address the Social Impacts of Seismic

- Rehabilitation on Vulnerable Populations

G069 Vacant Buildings

- Public Misconception and Education on Seismic Risk

GXX Public Misconception and Citizen Education

G039 Education of Building Owners and Users on Seismic Risk

• 복수의 분임토의에서 선정된 사안

표 2.104 Three or more discussion tracks

Issue No.	Issue	Discussion Track
C066	• Development of Uniformly • Acceptable Standard Building • Performance Rating System	• Technical • Practical • Regulatory / Public Policy
C015, C034, C067, C068	• Development of simplified and/or • Prescriptive Procedures, and/or • Procedures for Non-EngineeredBuildings	• Technical • Practical • Regulatory / Public Policy

표 2.105 At least two discussion tracks

Issue No.	Issue	Discussion Track
C008	• Education of Building Officials	• Practical • Regulatory / Public Policy
C021, C040	• FEMA 356 / ASCE 41 - Further Development of Nonstructural Component Requirements	• Practical
C024	• Conservative Bias of ASCE 41	• Technical
C026	• Development of Nonlinear Analysis	• Technical
C039	• Education of Building Owners and Users on Seismic Risk	• Practical • Regulatory / Public Policy
C041	• Improved Global Damage Prediction	• Technical • Practical
C047	• ASCE 31 and ASCE 41 Standardization Conundrum	• Practical • Regulatory / Public Policy
C050	• Improvement in Consistency of Code Enforcement	• Practical • Regulatory / Public Policy
C063	• Seismic Rehabilitation Materials for College/University Instruction	• Practical • Regulatory / Public Policy
C074	• Evaluation and Rating Process for New Technical Information	• Technical
C075	• Improvement of Advanced Structural Analysis Procedures	• Technical
C078	• “Over-Conservatism” of ASCE 31 and ASCE 41	• Technical

(2) 기후변화 대응 기존 건축물 구조성능 향상 관련 기술수요 조사

○ 미국 FEMA에서는 2005년도에 막대한 피해를 유발한 허리케인 Katrina에 대한 건

축물 성능 보고서(FEMA 548, 2006)을 발간하였으며, 이 보고서는 태풍으로 인한 홍수와 강풍의 피해를 중심으로 건축물의 피해를 기술하고 피해 저감을 위한 권고사항들을 정리하고 있으나, 그러나 피해 저감의 방법으로서 구체적인 보수보강 방안이나 기준의 필요성을 명확하게 제시하고 있지 않으며, 기존 건축물의 홍수 및 내풍 성능 향상 관련 연구 및 기술은 아직 충분히 정립되지 않은 것으로 판단됨

○ 홍수

• 대부분 건물 피해 원인은 크게 세 가지로 분류됨
  - 유체압에 의한 구조적 피해
  - 지반의 침식에 따른 건물 기초의 피해
  - 잔해의 충돌에 의한 피해
• 홍수의 피해를 막기 위해서 다음과 같은 권고안을 제시함
  - 대부분의 피해 건물은 1층이 홍수 수위보다 낮은 건물에서 발생하였음
  - 건물의 1층을 홍수 수위보다 높이는 개수 방안을 제시함
  - 지반의 침식에 따른 피해를 막기 위해 충분한 깊이의 파일에 건물을 고정
  - 건물 설계 시 홍수와 관련된 최신 설계기준 적용 (유체압, 기초의 침식 대비)
  - 홍수 재해 지도의 개정
  - 다양한 재해 시나리오 적용 (제방 붕괴시 상황에 대한 대비)

○ 강풍

• 구조체 피해
  - 건물 구조체의 피해는 제한적으로 발생
  - 설계 당시의 낮은 설계풍하중
  - 지붕의 접합부 시공 불량 및 노후화
• 외피 피해
  - 대부분의 피해는 건물 외피에 발생 (창호, 외장재 등)
  - 설계 당시의 낮은 설계풍하중
  - 외장재의 노후화
  - 외피의 틈새 발생(외장재 노후화 및 창호의 파손)
  - 내부압력 증가에 따른 칸막이벽, 창호의 추가적 파손
• 피해 저감을 위한 권고안
  - 최신 설계기준을 적용한 설계
  - 기초에서 지붕까지 연속적 하중경로 확보
  - 지붕 교체 및 리모델링 공사 시 하중경로 확보를 위한 접합부의 보강
  - 기존 건물 외피 성능의 테스트 기법의 개발 및 적용

다. 제 3 중점 분야

○ 본 절에서는 기후변화 및 지진에 대하여 소규모 건축물의 구조 안전성을 확보하기 위해서 향후 국가 지원이 필요한 연구개발과제로서 수행될 요소기술과 제도등을 파악하기위해서 국내 전문가의 기술수요조사와 해외 연구개발 계획을 조사분석

함

○ 건축물의 구조관련 전문가들이 참석한 회의에서 brain-storming방법과 이메일을 통한 설문조사를 실시함

- 기술수요조사 대상자: 실무자, 교수, 연구자 및 관련 공무원
- 기술수요조사 항목: 기술정의, 정부지원 필요성, 기술개발 효과, 기술개발 내용
- 기술수요조사 결과:소규모 건축물의 구조안전성과 관련된 16개의 요소기술이 도출되었으며, 4개의 연구중점분야로 분류됨

○ 기술수요 조사 분석

- 제도화 및 법제화의 필요
- 건축물의 국가적 안전망 구축을 위해 절대 다수(전체 건축물의 85%이상)를 차지하고 있는 소규모 건축물의 안전성을 위한 최우선 과제
- 전세계적으로 기후변화와 지진에 의해 최근 빈번히 발생하는 재해에 대한 서민형 건축물의 재앙에 가까운 피해에 대한 대응책 마련에 대한 국민적 공감대형성으로 인한 제도적 강제성 부여의 적절한 시기임
- 건축물의 안전성 향상을 위해 혹시 발생할 수 있는 시장경제 논리에 의한 비용증가를 흡수할 수 있는, 인센티브등의 제도적 장치 필요
- 제도화 및 법제화에 대한 공감대 형성을 위한 교육 훈련등의 지식 전달수단의 필요

○ 국내 소규모 건축물의 현황파악 필요

- 현재 구조 전문가들의 참여 없이 무분별하게 지어지는 소규모 건축물의 정확한 현황파악 필요
- 특히 해외의 소규모 건축물과 달리 우리나라만의 건축문화를 고려한 국내 소규모 건축물의 구조적 특징 및 현실적인 시공상태 확인 필요
- 국가적 안전망 확보를 위해서는 특정지역에 국한된 현황조사 보다는 전국적인 현황조사 필요

○ 구조형식별 사양중심 표준 상세 개발

- 주로 서민들의 삶의 터전인 소규모 조적조 및 목조 건축물의 최소한의 구조안전성 확보를 위한 간단한 사양중심의 설계방법구축 필요
- 뿐만 아니라 생계형 소규모 근린생활 시설(강구조 또는 철근콘크리트 구조)의 표준화된 단순 사양적 설계 절차의 개발 필요
- 단순하고 경제적인 표준 상세 개발을 통한 서민의 경제적 부담 절감 구현
- 간소화된 경제적인 보수/보강 방안 구축
- 현재 개발된 보수/보강 방법은 소규모 건축물에 적용하기에는 경제적으로 현실적이지 못하며, 소규모 건축물에 특화된 합리적인 기술 개발 필요
- 노후화된 소규모 건축물의 최소한의 구조물 손상과 인명손실을 막아주는 단순화된 자가 보수/보강 기술 개발 및 교육훈련 필요

표 2.106 소규모 건축물 관련 수요기술 조사

번호	수요 기술
1	국내 소규모 건축물의 구조안전 인벤토리 구축
2	수평 및 수직 비정형성을 고려한 구조계획 기술
3	소규모 건축물을 위한 hazard 적용 기법 개발
4	소규모 비보강 조적조 (Brick) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발
5	소규모 보강 조적조 (Block) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발
6	소규모 목구조 건축물의 접합부 상세 및 설계 테이블화
7	근대 한옥의 내진 설계 기준 및 내진성능 평가기법 개발
8	소규모 강구조 건축물의 표준 접합부 상세 개발 및 인증 방안 구축
9	경량철골을 이용한 소규모 건축물의 구조시스템 개발 및 설계 기법 개발
10	소규모 철근콘크리트 건축물의 표준 상세 정밀화 및 매뉴얼 개발
11	혼합 구조 시스템의 경제적인 적용 기술
12	소규모 건축물의 합리적인 보수/보강 기술 개발
13	소규모 건축물의 표준 기초 상세 개발
14	지반조건에 따른 구조물 안전도 평가 시스템
15	소규모 건축물의 경제적인 지하구조물 설계기법
16	소규모 건축물의 구조안전성을 위한 제도화 및 법제화 연구

A.3.2 기술예측 조사

가. 제 1 중점 분야

○ 한국에서의 중요도

- 사회안전보장을 위해 매우 중요하나 큰 지진이 없었기 때문에 등한시 되었던 경향이 있음. 그러나 근래 내진/내진동 기준의 강화에 따른 설계·시공 상의 문제점들이 제기되고 있음
- 지진에 대한 안전성확보는 국민의 생명 및 재산에 직접 연관되어 있으며 진동제어장치를 이용한 지진 안전성확보는 이런 측면에서 매우 중요. 또한 기술개발을 통한 기술점유는 국제 시장의 기술경쟁력 확보와 직접적으로 연관됨

○ 국내기술수준

- 건축물 구조안전성 확보를 위한 설계기준: 최고기술보유국의 70% 수준
- 진동제어장치 및 구조시스템
  - 우리나라에서는 1990년대 들어 한국전산구조공학회와 한국소음진동공학회를 통해 활발히 연구되기 시작한 이래, 1997년에 설립된 한국지진공학회를 중심으로 국내의 관련 분야 연구자들이 연구결과를 발표하고 토론하는 장이 마련
  - 서울대학교의 지진공학연구센터를 비롯한 여러 대학에서 지진하중에 대해 인명 및 구조물을 안전하게 보호하기 위한 관련 연구가 시작되는 단계로서 산업계에 대한 기술보급에 주력

- 국내 사업계에서는 유니슨 산업(주), 유일산업(주), RMS 등을 중심으로 면진 및 제진 기술을 응용한 장치들이 개발되고 있으나 설계 및 성능검증 등 핵심기술을 외국에 의존하고 있는 실정
- 최근 대형 건설회사를 중심으로 제진 기술의 중요성이 파급되면서 관련 연구를 학계와 공동으로 수행하였거나 수행하고 있으나, 체계적인 연구는 미흡한 실정으로 마찰형 댐퍼 등 수동형 제진장치에 대한 활용기술 연구는 산업체의 수요제기에 따라 기본적인 연구가 시작된 단계이고, 본격적인 제진장치에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 상태.
- 국내에 적용된 진동제어 장치 및 시스템은 다음 표 2.108과 같음. 1998년 인천국제공항 관제탑 제진장치를 비롯하여, 갤러리아 팰리스는 주거용 건물로는 국내 최초로 적용된 것으로, 속도의존형 장치의 일종인 점탄성댐퍼를 사용. 국내에 적용된 진동제어 시스템은 주로 수동형 시스템 중에서 가장 보편적인 강재 댐퍼가 주로 적용되었으며, 일부의 초고층 건물에 TMD (Tuned Mass Damper), TLD(Tuned Liquid Damper) 등의 질량동조감쇠기가 적용. 외부전원장치에 의해 구동되는 능동형 시스템은 아직 적용된 사례가 없는 것이 현실(SH공사 도시연구소, 2010)

표 2.107 진동제어 장치 및 시스템이 적용된 국내 건물 사례 (SH공사 도시연구소, 2010)

구분	건물명	소재지	제진장치 유형	연도	비고
1	인천국제공항관제탑	인천 국제공항	HMD	1999	100.4 m
2	양양국제공항 관제탑	양양 국제공항	TMD	2000	80.1 m
3	갤러리아 팰리스	서울 잠실	VED	2003	46층
4	제 2진도대교 강판	진도	TMD	2004	가설단계
5	제 2진도대교 주탑	진도	슬라이딩 블록	2004	가설단계
6	생텀시티	부산	TMD	2004	
7	아크리스 백화점	서울 서초구	강재이력(EaSy)	2004	리모델링
8	POSCO API 센터		강재이력(EaSy)	2005	
9	제일모직 의왕연구소	의왕	강재이력(EaSy)	2005	
10	삼성 SDI 천안복지관	천안	강재이력(EaSy)	2006	
11	북대구 KT	대구	강재이력(EaSy)	2006	리모델링
12	센텀 임페리얼	부산	강재이력(EaSy)	2007	
13	타워호텔	서울	강재이력(EaSy)	2007	리모델링

○ 최고기술보유국

- 건축물 구조안전성 확보를 위한 설계기준: 일본, 뉴질랜드, 미국, 유럽
- 진동제어장치 및 구조시스템
  - 지진 안정성 확보를 위한 진동제어 장치 및 시스템 기술 분야는 미국과 일본을 중심으로 활발한 연구가 이루어졌으며 대부분의 기술이 이 두나라에 집중되고 있음
  - 미국에서는 Pacific Earthquake Engineering Research Center(PEER) 및 Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research(MCEER) 등의 연구조직을 중심으로 연구가 활발히 진행 중임

- 일본에서는 Kobori 연구소, Sumitomo Metal Industries Ltd.를 비롯한 기업 연구소, 동경 대학을 비롯한 여러 대학의 부설 연구소, 건설성 산하의 출연 연구소 및 미쓰비시 중공업 등의 건설업계 등에서 이론 및 실험적 연구를 수행 중임
- 또한 두 선진국은 서로의 연구 결과를 공유하고 공동 연구를 수행하기위해 1994년 International Association for Structural Control을 창립하였으며, 현재 유럽 연합, 중국, 홍콩 등이 가입되어 있음. 이 협회를 통해 4년마다 개최되는 국제 Workshop 에서는 서로의 연구결과를 발표하고 공유하고 다양한 benchmark program을 통하여 체계적인 구조물의 제진 기술에 대한 연구를 수행하고 있으며, 서로의 연구 결과를 직접 비교하고 보완함으로써 실제 구조물에 적용시의 문제점을 최소화하려는 노력이 진행중임

○ 국내기술성숙도

• 건축물 구조안전성 확보를 위한 설계기준: 세계 최고수준 대비 70%

• 진동제어장치 및 구조시스템

- 국내에 진동제어 장치 및 시스템이 본격 도입된 것은 2000년 이후로, 적용된 진동제어 시스템의 종류 뿐 아니라 사례도 제한적. 40년여 전부터 연구를 시작한 해외에 비하면 그 기간은 짧지만, 지속적인 관심과 연구로, 현재는 실험실 수준의 검증단계를 지나 실구조물에 적용하는 단계에 이르고 있으며, 그 활용이 더욱 확대될 전망임
- 국내 건물에 진동제어 장치를 적용한 사례는 극히 제한적이며, 이는 시공하기 번거로우며 가새 혹은 벽체의 신설이 어려운 국내 건축환경이 주요 요인으로 평가됨
- 또한 신축설계 시에는 국내에서 주요 적용한 강재 댐퍼의 비용은 상대적으로 고가이며, 가새 형태로 설치하기 때문에 시공성이 떨어짐
- 리모델링 공사와 같이 내진 보강이 필수적인 경우를 제외하고는 신축공사에서는 철골구조물 이외에는 진동제어 장치 적용이 기피되고 있음

○ 국내기술실현 예측시기

• 건축물 구조안전성 확보를 위한 설계기준: 약 2020년

• 진동제어장치 및 구조시스템

- 국내기술실현은 지진재해대책법이 공포되었으므로 활발한 개발이 이루어질 것으로 판단하여 향후 10년 내에 실현 가능하다고 판단함

○ 기대효과

- 효율적이며 신뢰성 있는 내진/내진동 설계 실현
- 진동제어장치 및 시스템 개발은 새로운 시스템을 도입하고 그 성능을 향상시켜 내진보강기술을 정착시킬 수 있음
- 제품개발, 설계법, 그리고 시공상세 제안으로 실무구조기술자들이 붕괴방지를 위한 경제적인 내진보강 설계가 가능
- 최근에 미국과 일본과 같은 건설 선진국에서 적용이 시작되고 있는 시스템으로, 새로운 제품과 그 적용방법을 자체적으로 개발할 경우 신기술 수출, 국외 보강공사 수주, 건설경쟁력 확보에 이바지할 수 있을 것임

○ 기술획득방식

- 해외전문가의 자문을 받아 국내자체기술과 장비로 개발함
- 진동제어장치의 경우 국내외 특허를 통하여 기술 점유권을 확보하고 개발된 기술을 실험 및 해석을 통한 평가로 성능을 검증하여 신기술 인증 받도록 할 것임

○ 실현상의 장애요인: (1) 내진설계기준미흡 (2) 실행법적 감독절차 부실

다. 제 2 중점 분야

(1) FEMA의 차세대 내진설계 지침 개발 계획 (FEMA 445, 2006)

○ 2세대 성능기반절차의 문제점 도출
- 해석절차의 정확도
- 판정기준(acceptance criteria)의 근거 불분명
- 신축건물 설계에 적용시의 신뢰도 및 경제성 문제
- 의사결정에 있어 유용한 이해관계자간 의사소통 방안 필요

○ 차세대 성능기반 절차의 요구사항
- 내진성능 수준의 정의방법 개선
  - 이해관계자의 이해도 증진 및 의사결정 보조
  - 예) 보수비용, 사상자수, 사용중단기간
- 보수비용, 사상자수, 사용중단기간의 산정절차 개발
- 비구조재용 절차의 확장 : 손상도 및 지진 후 기능 수행도를 직접 평가
- 지진재해 및 평가기술에 내재된 불확실성을 반영한 성능평가의 틀 개발
- 현재 해석기술의 정확도 제고
- 판정기준(acceptance criteria)을 뒷받침할 수 있는 근거확충
- 국부적 요소의 응답보다는 전체적 응답에 기반한 평가체제로의 개선

○ 차세대 성능기반절차의 프레임웍
- 보험산업 등에서 적용되는 위험도 분석 해석의 틀 채택
- 개별 건물에 대한 보수비용, 사상자수, 사용중단기간 추정
- 신축 및 기존 건물 모두 적용
- HAZUS Software의 방법론 채택
  - 정책결정을 위한 재해 손실 추정 시스템
  - 지역의 일반화 가능한 건물 군에 대한 평가에 적합
  - 한계점이 알려진 기존 성능기반절차를 적용
  - 비구조재 설치 상세의 차이를 고려할 수 없음
  - 기본 틀의 수준에서 차세대 성능기반절차 개발 계획에 반영함

○ 차세대 성능기반절차의 모델 제시

- 불확실성을 고려한 지진재해의 확률적 모델에 기초한 성능평가
- 지진재해의 불확실성을 고려하여 다양한 세기의 지진에 대한 응답의 확률적 분포를 산출함
- 성능수준으로서 복구비용의 기대치를 산출하며, 사상자수, 사용중단 기간 등 기타 성능평가 지수 산출에도 응용 가능
- 주요 국부 손상과 거시적 평가지표의 취약도 함수 작성 및 관련 복구비용함수를 적용 (관련 DB 축적 필요)

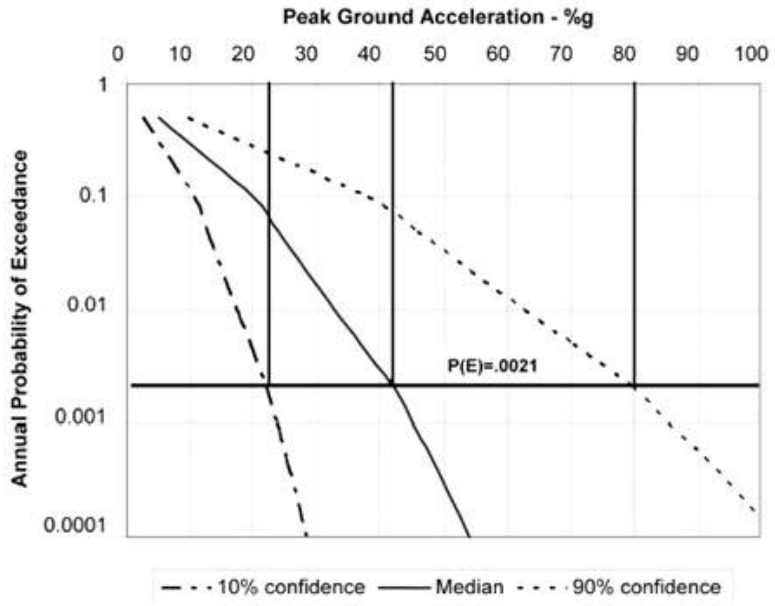


그림 2.107 Hazard Curve with intensity at 10% chance of exceedance in 50 years indicated

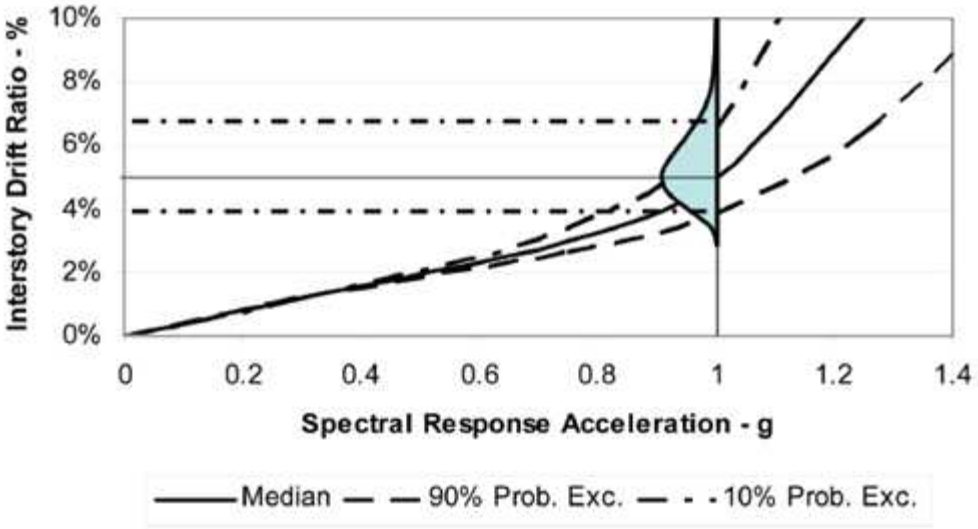


그림 2.108 Hypothetical structural response function for building

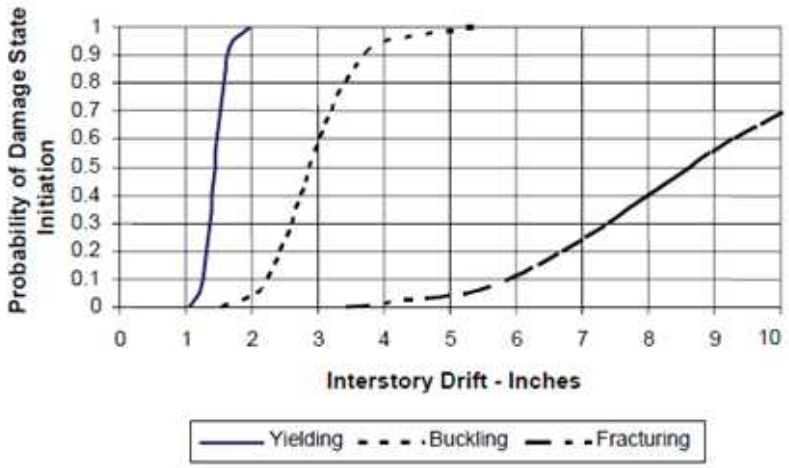


그림 2.109 Fragilities for local damage to steel moment frame connection assemblies

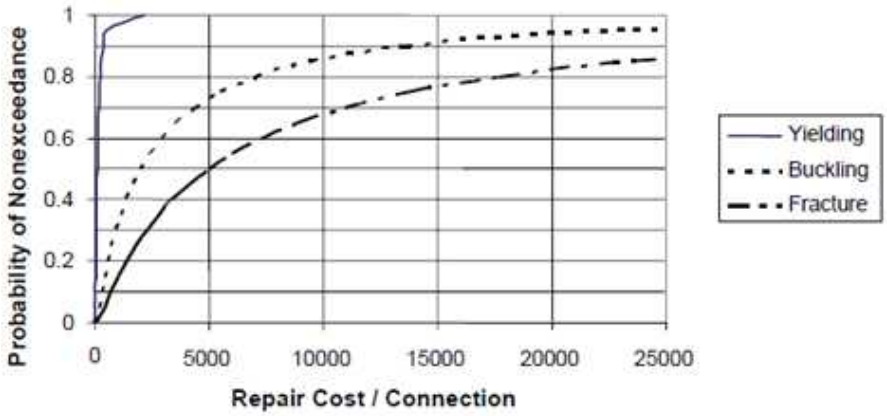


그림 2.110 Probability of Experiencing Various Repair Costs as Function of Connection Assembly Damage State

표 2.108 Calculation of Expected Repair Cost, Given 10% / 50 Year Event

Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6
Damage State	*Probability of Occurrence*	*Probable Cost per Connection*	*Expected Cost per Connection*	*Expected Global Cost*	*Total Expected Cost*
Yielding	0.423	$215.73	$91.25	n/a	$9,855.22
Buckling	0.290	$6,397.12	$1,855.16	n/a	$200,357.81
Fracture	0.027	$15,370.52	$415.00	n/a	$44,820.43
1% drift	0.243	n/a	n/a	$592,400.31	$592,400.31
2% drift	0.061	n/a	n/a	$194,571.90	$194,571.90
3% drift	0.018	n/a	n/a	$689,246.69	$689,246.69
Collapse	0.009	n/a	n/a	$113,629.31	$113,629.31
				Aggregate of all damage states:	**$1,844,881.67**

(2) ATC의 차세대 내진성능 평가기술 개발 (ATC 58)

○ Title : Development of Next Generation Performance-Based Seismic Design Procedures for New and Existing Buildings

○ 개발 일정 : 2001년 기획 시작 / 2011년 5월 현재 75% Draft 완료

○ 연구결과물 : 내진성능평가 지침서와 소프트웨어 및 근거자료

- Seismic Performance Assessment Guidelines
- Performance Assessment Calculation Tool (PACT)
- Implementation Guide (User's Manual)
- Performance Parameter Database
- Background Reports

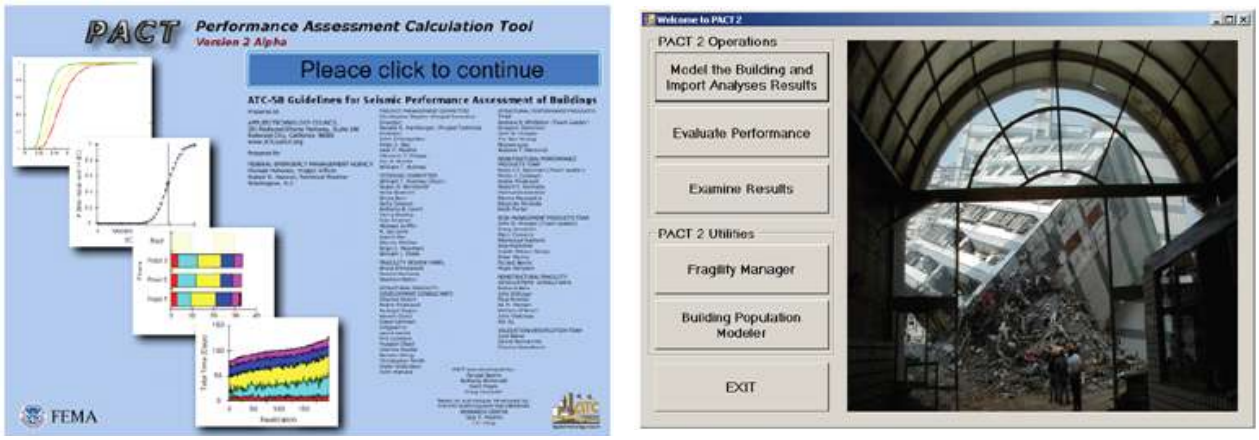


그림 2.111 PACT Splash Screen & PACT Control Screen

○ 지침서 내용

- 건물 성능모델 구성
  - 구조재 및 비구조재의 분류
  - 관련 피해추정 기초자료
  - 구성요소의 취약도 함수 정의
- 지진재해도의 확률적 정의 방법
- 구조해석법
  - Nonlinear Response History Analysis
  - Simplified Analysis Procedure (Linear Static)
  - 목적: 복구비용 등 추정
- 붕괴 취약도 추정법
  - Incremental Dynamic Analysis (MDOF)
  - Simplified Procedure (SDOF)
  - 목적: 사상자 수 파악
- 피해 추정 방법론 및 근거자료 제시

- 사상자 수, 복구비용, 사용중단기간 등

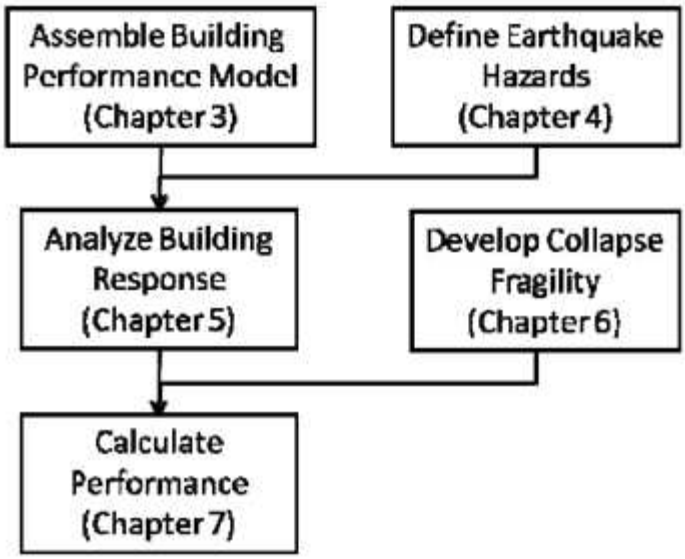


그림 2.112 Performance Assessment Methodology

- 적용대상 구조형식

표 2.109 Basic Structural Systems and Components

Material	System	Comments
Concrete	Beam-column frames	Conventionally reinforced, with or without modern seismic-resistant detailing
	Shear walls	Shear or flexurally controlled, with or without seismic-resistant detailing
	Slab-column systems	Post-tensioned or conventionally reinforced, with or without slab shear reinforcement
Masonry	Walls	Special or ordinary reinforced masonry walls, controlled by shear or flexure
Steel	Moment frames	Fully restrained, pre- or post-Northridge, Special, Intermediate and Ordinary detailing
	Concentric braced frames	"X"-braced, chevron-braced, single diagonals, special, ordinary or nonconforming detailing
	Eccentric braced frames	Flexure or shear links at mid-span of link beam
	Light-framed walls	With structural panel sheathing, steel panel sheathing or diagonal strap bracing
	Conventional floor framing	With concrete-filled metal deck, untopped steel deck or wood sheathing
Timber	Light-framed walls	With structural panel sheathing, gypsum board sheathing, cement plaster sheathing, let-in bracing, and with and without hold downs

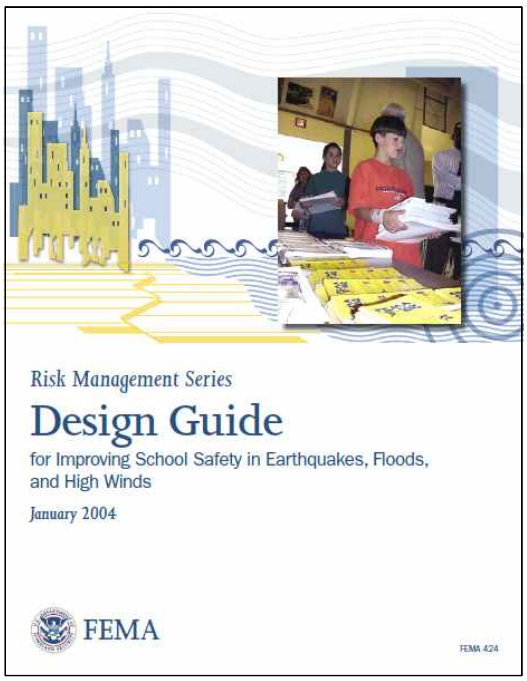
○ 향후 연구 개발 방향

- 건물 용도별로 적정 성능수준의 특성 제시
- 목표 성능 획득을 위한 기존 건물의 보강 또는 신축 건물의 설계 방법
- 지진피해의 환경적 영향 평가방법 개발

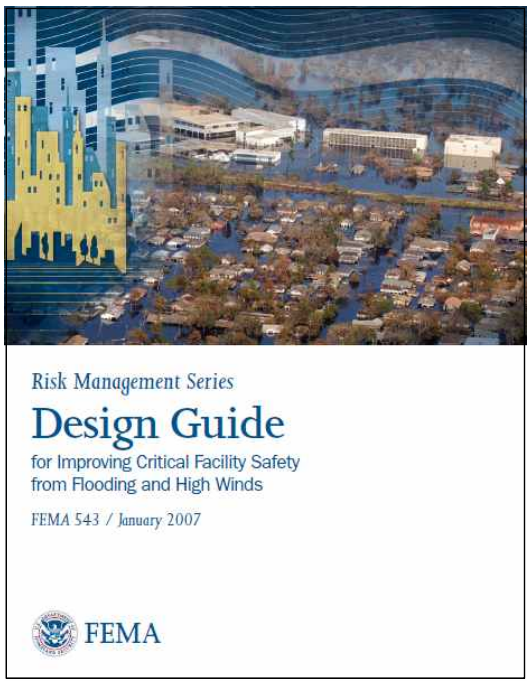
(3) 미국 FEMA에서 개발된 홍수 및 강풍에 대한 구조안전성 향상 지침

○ 2004년에 학교건물의 구조안전성 향상 지침서인 FEMA 424가 발표된 이후 병원 및 방재거점 시설로 지침이 확대 발표됨 : FEMA 424 Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds (2004)

○ 2006년에 이들 중요 시설에 대한 구조안전성 향상 방안 중 홍수와 강풍에 해당되는 부분이 별도로 종합된 지침서가 발간됨 : FEMA 543 Design Guide for Improving Critical Facility Safety from Flooding and High Winds (2006)



(a) FEMA 424 (학교)



(b) FEMA 543 (중요 시설물: 학교, 병원, 방재시설)

그림 2.113 FEMA의 홍수 및 강풍에 대한 중요 건축물 설계 및 보강 가이드라인

○ FEMA 543에서는 지진과 마찬가지로 홍수와 강풍에 대해서도 성능기반 설계가 가능함을 언급하고 있음

- 홍수 및 강풍에 대한 건축물 성능을 정의하였음.
- 구체적인 성능기반 설계방법은 제시하고 있지 않음.

○ 홍수의 경우에 다음과 같은 하중을 고려하여 설계하도록 제안하고 있으며, ASCE 7에 하중 산정 기준이 마련되어 있음.

- Lateral hydrostatic forces
- Vertical (buoyant) hydrostatic forces
- Hydrodynamic forces
- Surge forces
- Impact forces of flood-borne debris
- Breaking wave forces
- Localized scour

○ 강풍에 대한 성능설계에 있어서 가장 큰 문제점으로 건물 외피 성능과 외부에 설치된 부착물들에 대한 평가가 어려움을 지적하고 있음. 주요 원인은 다음과 같음.

- 외피 시스템에 대한 해석 도구의 부재
- 장기적 내풍 성능에 대한 데이터 부족
- 현재는 실험에 의존하고 있음.
- 장기적으로는 외피 해석에 유한요소법이 도입될 가능성이 높음
- 이를 위해 강풍에 대한 건축물 응답에 관한 지속적 연구가 필요

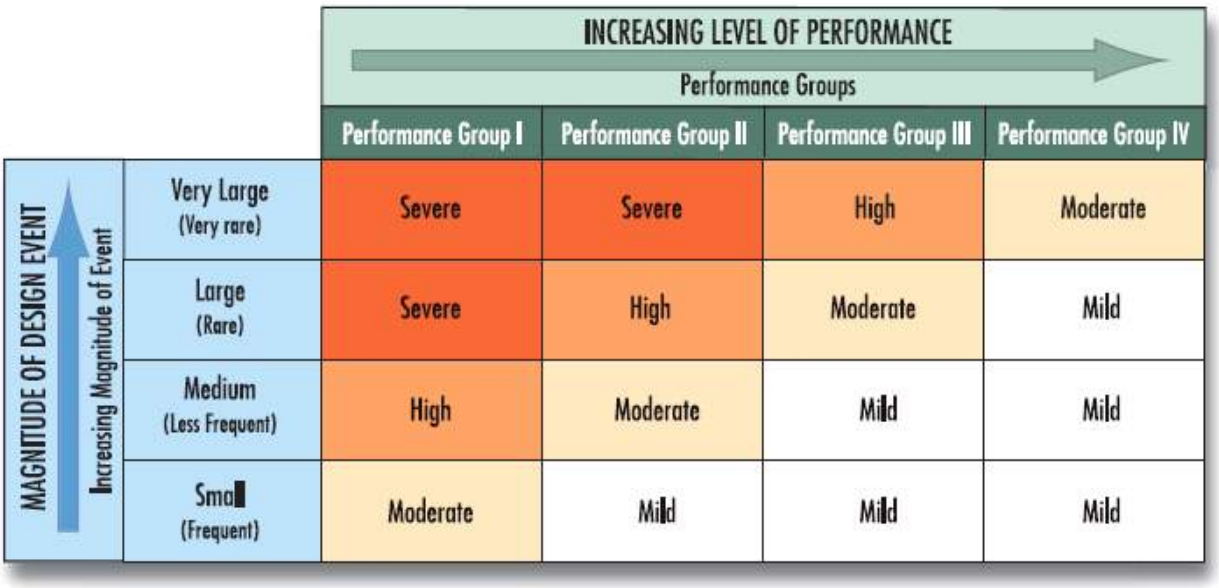
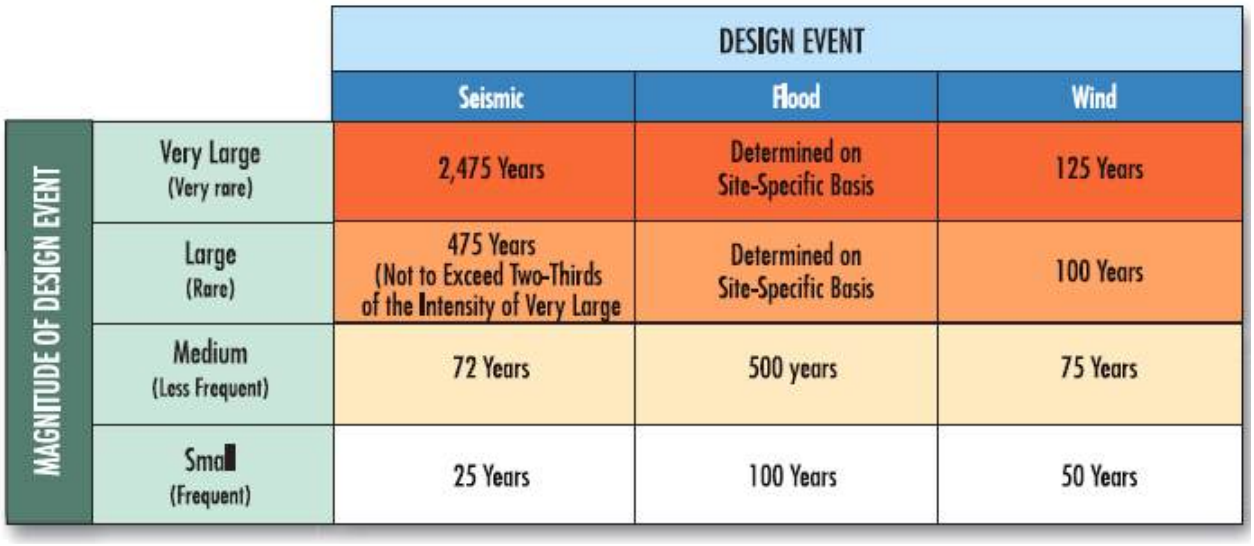


그림 2.114 FEMA 543에서 인용하고 있는 성능 수준별 허용 가능한 최대 손상 수준 (International Code Council, 2006)



MAGNITUDE OF DESIGN EVENT	DESIGN EVENT		
	Seismic	Flood	Wind
Very Large (Very rare)	2,475 Years	Determined on Site-Specific Basis	125 Years
Large (Rare)	475 Years (Not to Exceed Two-Thirds of the Intensity of Very Large	Determined on Site-Specific Basis	100 Years
Medium (Less Frequent)	72 Years	500 years	75 Years
Small (Frequent)	25 Years	100 Years	50 Years

그림 2.115 FEMA 543에서 인용하고 있는 지진, 홍수, 바람에 대한 성능설계용 하중 수준 정의

○ 기존건축물의 홍수에 대한 구조안전성 향상 방안 제시
- 직접적 보강보다는 간접적으로 하중을 줄이기 위한 방안 제시
- 제방 또는 그와 같은 역할을 하는 벽을 설치
- 건물의 1층을 홍수 수위 위로 높이는 방안
- 유체의 흐름을 바꿔서 하중을 저감

○ 기존건축물의 강풍에 대한 구조안전성 향상방안 제시
- 구조체 : 지붕구조체의 보강으로 한정되어 언급됨.
- 외피 시스템 : 창호와 지붕 마감재 보수방안 소개
- 외부 설치 시설물 : 안테나와 낙뢰방지 시스템 등의 보수 방안 소개

○ 최근에는 강풍에 대한 보강수준별 Cost Benefit Analysis Tool을 개발하여 보수보강 계획 및 설계에 활용하고 있으며, 명시적인 성능설계가 아닌 보수보강의 정도에 따른 비용과 향후 재해 발생 시 손실을 비교하고 있음 (FEMA P-804, 2010). 비용과 손실 분석 시 구체적인 구조해석을 수행하는 것이 아니므로 과거의 피해 통계를 토대로 하고 있는 것을 추측됨.

○ 상기 검토 결과를 토대로 향후 기술의 개발 방향은 소규모 건축물에 대해서 명시적인 성능설계 보다는 간단한 체크리스트와 보강 가이드라인을 토대로 보강 수준에 따른 손실을 개략적으로 추산하는 방법(일반인이 이해하기 쉬운)으로 발전할 것으로 보임.

다. 제 3 중점 분야

○ 조사개요

- 조사개요 : 동양조사 및 환경분석, 기술수요조사, 연구진 브레인스토밍을 통해 도출된 기술리스트를 대상으로 소규모 건축물 구조 안전성 확보시 필요 기술들의 변화예측을 위해 국내 구조 전문가를 대상으로 조사를 수행함
- 조사항목 : 응답자의 전문도, 한국에서의 중요도, 국내기술수준, 현재 기술선진국, 실현예측시기, 기대효과, 추진시 장애요인, 기타 의견

○ 분석내용

- 조사대상 기술 목록

표 2.110 조사대상 수요 기술

번호	수요 기술
1	국내 소규모 건축물의 구조안전 인벤토리 구축
2	수평 및 수직 비정형성을 고려한 구조계획 기술
3	소규모 건축물을 위한 hazard 적용 기법 개발
4	소규모 비보강 조적조 (Brick) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발
5	소규모 보강 조적조 (Block) 건축물의 표준 상세 및 설계 매뉴얼 개발
6	소규모 목구조 건축물의 접합부 상세 및 설계 테이블화
7	근대 한옥의 내진 설계 기준 및 내진성능 평가기법 개발
8	소규모 강구조 건축물의 표준 접합부 상세 개발 및 인증 방안 구축
9	경량철골을 이용한 소규모 건축물의 구조시스템 개발 및 설계 기법 개발
10	소규모 철근콘크리트 건축물의 표준 상세 정밀화 및 매뉴얼 개발
11	혼합 구조 시스템의 경제적인 적용 기술
12	소규모 건축물의 합리적인 보수/보강 기술 개발
13	소규모 건축물의 표준 기초 상세 개발
14	지반조건에 따른 구조물 안전도 평가 시스템
15	소규모 건축물의 경제적인 지하구조물 설계기법
16	소규모 건축물의 구조안전성을 위한 제도화 및 법제화 연구

○ 한국에서의 중요도

- 16개 예측기술에 한국내에서의 중요도를 100점 만점으로 평가한 결과, 1) 정부정책 및 제도, 2) 소규모 건축물 구조계획, 3) 소규모 주거용 건축물 설계/시공 기술, 4) 소규모 상업용 건축물 설계/시공 기술, 5) 소규모 주거용 건축물 보수/보강 기술, 6) 소규모 상업용 건축물 보수/보강 기술 순으로 중요도가 높은 것으로 나

타남

- 16개 예측기술에 대한 중요도 지수(100점 만점)는 다음과 같음

ⅰ)	소규모 건축물 구조계획	85
ⅱ)	소규모 주거용 건축물 설계/시공	81
ⅲ)	소규모 상업용 건축물 설계/시공	75
ⅳ)	소규모 주거용 건축물 보수/보강	72
ⅴ)	소규모 상업용 건축물 보수/보강	71
ⅵ)	소규모 건축물 관련 정부 정책 및 제도	91

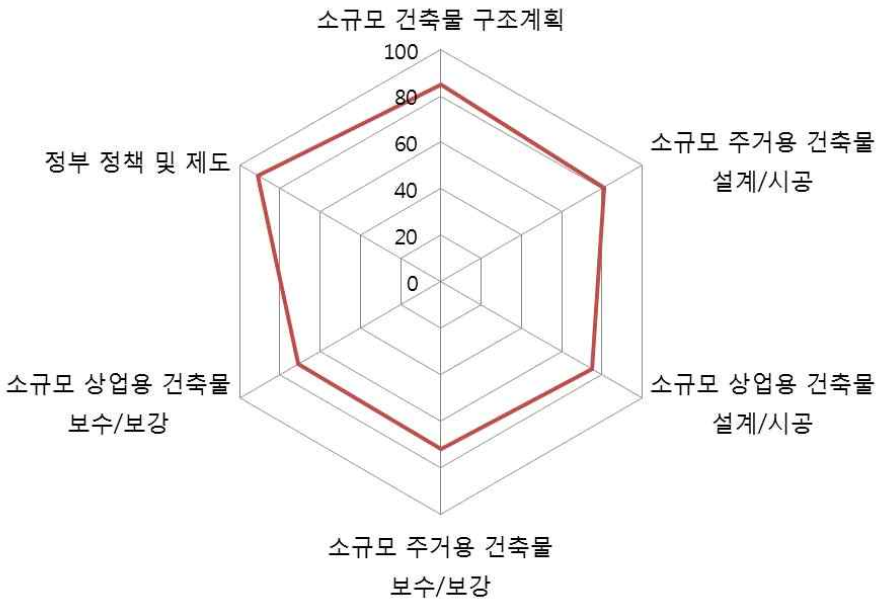


그림 2.116 소규모 건축물 예측기술 한국내 중요도 지수

○ 국내 기술수준

- 16개 예측기술에 대한 국내 기술수준을 100% 만점으로 평가한 결과 전체적으로 약 52% 수준인 것으로 나타남
- 소규모 건축물 구조 안전성 확보 기술에 대한 국내 기술수준의 최고 기술 보유국 대비 기술수준은 분야별로 다음과 같이 도출됨

ⅰ)	소규모 건축물 구조계획	약 45%
ⅱ)	소규모 주거용 건축물 설계/시공	약 52%
ⅲ)	소규모 상업용 건축물 설계/시공	약 64%
ⅳ)	소규모 주거용 건축물 보수/보강	약 42%
ⅴ)	소규모 상업용 건축물 보수/보강	약 70%
ⅵ)	소규모 건축물 관련 정부 정책 및 제도	약 36%

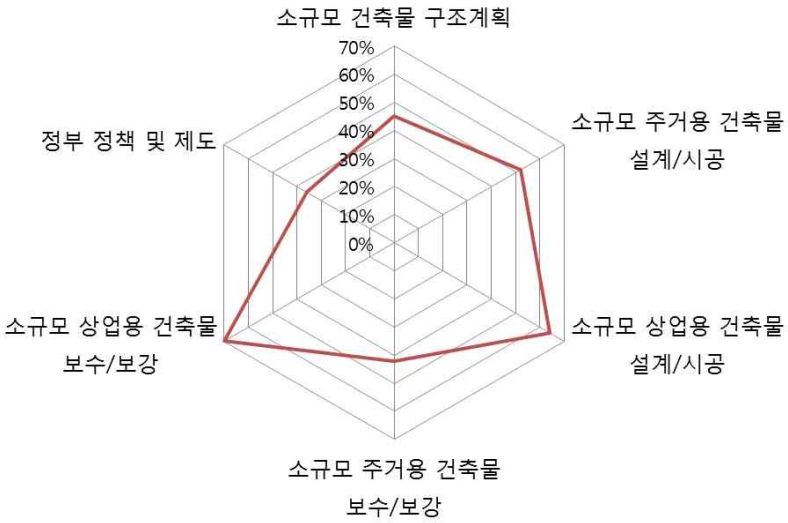


그림 2.117 소규모 건축물 국내 기술수준

- 최고 기술국 대비 국내 기술수준의 조사 결과를 보면, 소규모 건축물 관련 정책 측면과 주거용 건축물 관련 기술 분야의 기술 수준이 가장 낮은 것으로 나타나 이에 대한 기술 개발이 가장 시급한 것으로 조사됨

○ 실현예측시기

- 응답의 양단 1/4을 제외한 중간의 1/2을 유효 응답으로 하여, 16개 예측 기술별로 실현예측시기(년도) 추정
- 16개 예측기술별 실현예측시기는 평균적으로 2019년으로 집계됨
- 기술 분야별 실현시기는 1) 소규모 상업용 건축물 관련 기술, 2) 구조계획 관련 기술, 3) 소규모 주거용 건축물 관련 기술, 4) 정부 정책 및 제도 관련의 순으로 비교적 빨리 실현될 것으로 예측됨

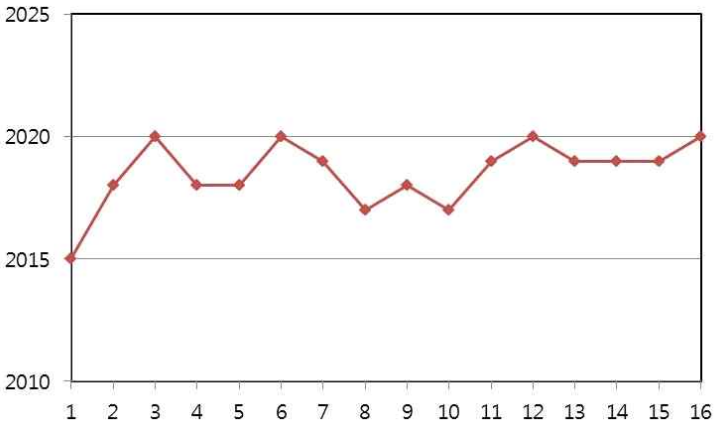


그림 2.118 소규모 건축물 16개 예측기술별 실현예측시기

○ 기대효과

- 소규모 건축물 관련 예측기술에 대한 기대효과(6가지 중 복수응답 가능)는 평균적으로 다음과 같은 순으로 효과가 예측되고 있음

ⅰ) 국민의 생명과 재산 보호	약 82%
ⅱ) 기술경쟁력 확보 및 기술 자립화	약 58%
ⅲ) 생산성 향상 및 비용 절감	약 46%
ⅳ) 국내 신규시장 창출	약 34%
ⅴ) 해외시장 점유율 확대	약 22%
ⅳ) 타 산업으로의 연계 확대	약 18%

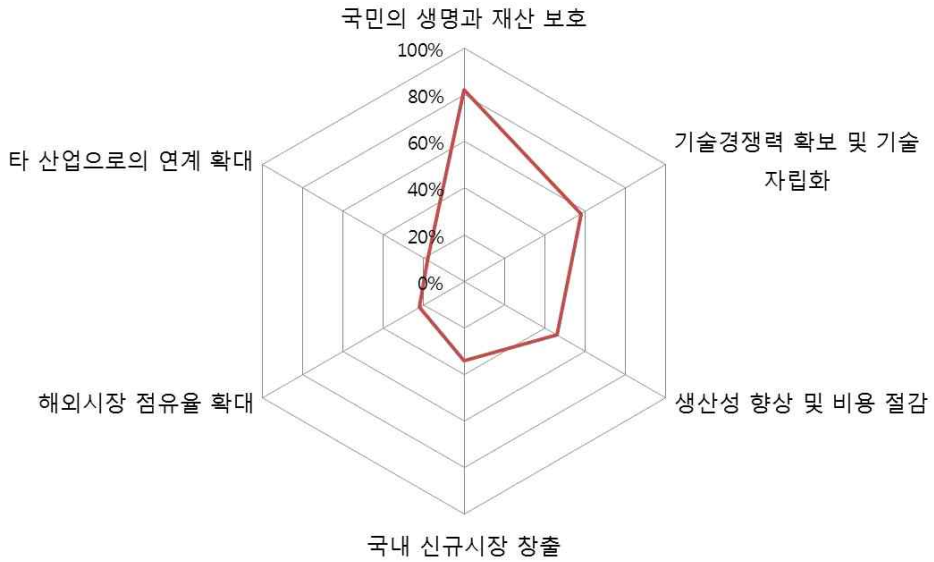


그림 2.119 소규모 건축물 기술개발의 기대효과

○ 추진시 장애요인

- 16개 예측기술별 추진시 장애요인에 대한 응답수(7가지 중 복수선택 가능)의 집계결과
- 소규모 건축물 구조 안전성 확보 기술 개발 추진시 장애요인에 대한 응답은 평균적으로 다음과 같이 도출됨

ⅰ) 정부정책 및 제도의 미비	약 61%
ⅱ) 정부의 추진의지 부족	약 58%
ⅲ) 연구개발 예산부족	약 45%
ⅳ) 원천기술 미확보	약 29%
ⅴ) 전문인력 부족	약 14%
ⅳ) 국민적 관심 부족	약 12%

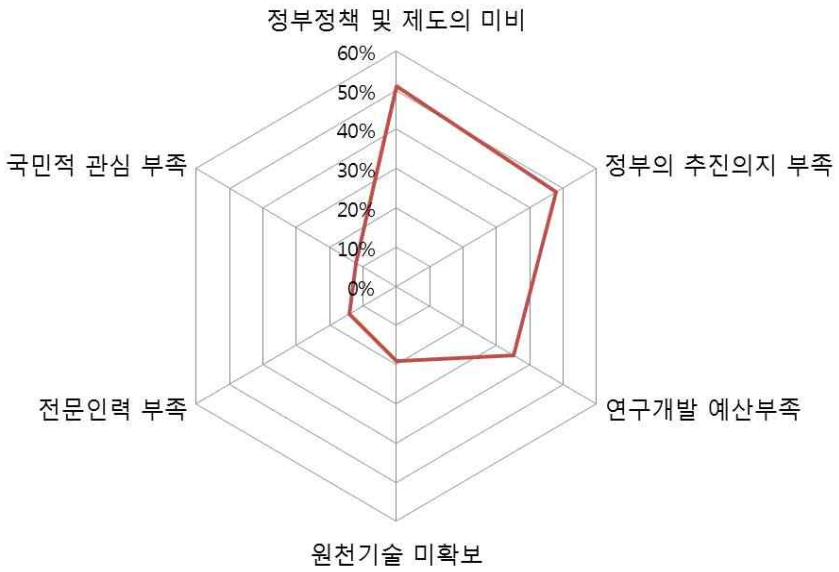


그림 2.120 소규모 건축물 기술 개발 추진시 장애요인

- 이러한 결과로 볼 때, 원천기술 미확보 및 전문인력 부족 등 기술개발 관련 요인보다는 정부 정책과 추진 의지, 예산과 같은 정책적 요인이 가장 큰 장애요인으로 인식되고 있음