

# 도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난관리 체계구축 기획

최종보고서

2016. 12

Infrastructure  
R&D Report

주관연구기관 / 국민대학교  
공동연구기관 / 서울대학교  
공동연구기관 / (주)트리마란

국 토 교 통 부  
국토교통과학기술진흥원



발간등록번호

11-1613000-001973-01

---

도시 지진재난위험도 정량화를 통한  
순환형 지진재난관리 체계구축 기획  
(부제: 노후 도로시설의 내진성능관리  
의사결정지원 기술 개발)

---

2016. 12.

주관연구기관명 : 국민대학교

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구기관명 : (주)트리마란



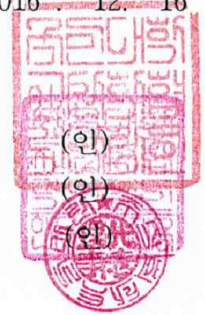
# 제 출 문

국토교통부 장관 귀하

본 보고서를 “도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난관리 체계구축 기획 (부제: 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발)” (개발기간 : 2015. 7 ~ 2016. 3)과제의 최종보고서를 제출합니다.

2016. 12. 16

주관연구기관명 : 국민대학교	(대표자) 박찬량
협동연구기관명 : 서울대학교	(대표자) 김성철
협동연구기관명 : (주)트리마란	(대표자) 황신희



주관연구책임자 : 홍기증  
협동연구책임자 : 송준호  
참여기관책임자 : 조해성

「국가연구개발사업의 관리등에 관한 규정」 제18조 및 「국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정」 제38조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.



## < 보고서 요약서 >

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2015. 7 ~ 2016. 3	단 계 구 분	
연구사업명	중 사업명	국토교통연구기획사업			
	세부 사업명				
연구과제명	대 과제명	도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난관리 체계구축 기획 (부제: 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술개발)			
	세부 과제명				
연구책임자	홍기중 교수	해당단계 참 여 연구원 수	총: 18명 내부: 18명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 90,000천원 계: 90,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 18명 내부: 18명	총 연구개발비	정부: 90,000천원 계: 90,000천원
연구기관명 및 소속부서명	국민대학교 건설시스템공학부			참여기업명 서울대학교 산학협력단, (주)트리마란	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
도시 지진복원력 정량화를 통한 노후 도로시설(교량, 터널, 옹벽, 사면)의 내진보수보강 의사결정지원 기술 개발을 위한 연구를 기획하여, 지진 시 도로망 기능을 유지하여 지진재난으로부터 사회를 효과적으로 보호하고자 함.				보고서 면수	311



## < 요약문 >

		코드번호	D-01
연구목적	<input type="checkbox"/> 지진복원력 정량화를 통한 노후 도로시설(교량, 터널, 옹벽, 사면)의 내진보수 보강 의사결정지원 기술 개발을 위한 연구를 기획하여, 지진 시 도로망 기능을 유지하여 지진재난으로부터 사회를 효과적으로 보호하고자 함.		
연구범위	<input type="checkbox"/> 도시 내외의 주요 도로망을 이루는 노후 도로시설 <input type="checkbox"/> 도로시설은 교량, 터널, 도로옹벽, 사면노반 등으로 구분 <input type="checkbox"/> 노후 도로시설의 지진 이전 내진보수보강 기술 <input type="checkbox"/> 도로시설의 노후화를 고려한 내진성능평가		
연구내용	<input type="checkbox"/> (1세부) 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설의 내진성능수준 결정 기술 및 부재 손상수준 결정 기술 개발</li> <li>○ 도로시설물 대표요소에 대한 요구내진성능수준별 지진거동특성 정량화 기술 개발</li> <li>○ 도로시설물 대표재료 및 대표요소의 실험 검증 및 문헌자료 분석을 통한 노후거동특성 모델 개발</li> <li>○ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 적용을 위한 지진취약도 함수 표준형식 선정</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진거동 정량화 기술 개발</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 함수 개발</li> <li>○ 내진보수보강 공법별 내진성능향상효과 정량화 기술 개발</li> <li>○ 내진보수보강 공법별 내진성능향상효과 지진취약도 함수 개발</li> <li>○ 도로시설물의 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수보강 공법 라이브러리 구축</li> </ul> <input type="checkbox"/> (2세부) 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리의 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회경제적 직간접 손실 및 복원력 유형 분석</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회경제적 복원력 평가기술 개발</li> <li>○ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가기술 개발</li> <li>○ 지진발생 전 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템 개발</li> <li>○ 도로시설의 지진 직후 내진성능관리(복구) 의사결정지원 기술 개발을 위한 기초 연구 및 방안 제시</li> <li>○ 중소 도시(경주, 포항지역 등)의 실제 도로망에 해당지역의 지반특성을 반영하여 개발기술 시범적용</li> </ul>		
연구개발성과	<input type="checkbox"/> 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설 내진성능수준 결정 기술 보고서</li> <li>○ 도로시설물의 지진거동특성 정량화 기술 보고서</li> <li>○ 도로시설물 노후도를 고려한 지진취약도 정립 기술 보고서</li> <li>○ 대표재료의 노후도 반영 역학적 특성 모델</li> <li>○ 내진보수·보강 재료의 역학적 특성 모델</li> <li>○ 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼</li> <li>○ 내진 보수·보강 시설물 평가 매뉴얼</li> <li>○ 도로시설물 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리</li> <li>○ 도로시설물 내진보수·보강 공법별 지진취약도 정립 기술 보고서</li> <li>○ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 구축을 위한 지진취약도 라이브러리</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정 지원 기술 개발 및 시범적용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후 도로시설물의 사회경제적 복원력 평가 기술 보고서</li> <li>○ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가 S/W</li> <li>○ 지진발생 전 내진 보수·보강 의사결정지원 시스템</li> <li>○ 중소 도시(경주, 포항지역 등) 실제 도로망에 시범적용 및 기존 방법과 비교검증 보고서</li> <li>○ 실제 도로망의 시범적용을 통해 개선된 의사결정지원시스템 사용 매뉴얼 (실무에 적용 가능한 효율적인 매뉴얼 작성, 발간)</li> </ul>
<p>연구개발성과 의 활용계획 (기대효과)</p>	<p><input type="checkbox"/> 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 의사결정에 활용</li> <li>○ 지진 등 기타 재난의 복구 및 대비 예산 산정 시 확대 활용</li> <li>○ 노후 도로시설로 인한 지진피해액 예측 및 보수·보강 우선순위 결정 시 활용</li> <li>○ 노후 시설의 지진피해액 예측 및 보수·보강 우선순위 결정 시 활용 가능</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정책적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선제적 지진재해 대응체계 확립을 통해 국민의 생명과 재산 보호</li> <li>- 노후 도로시설의 재난복원력 제고를 통한 재난 예방 및 체계적 관리</li> <li>- 노후 도로시설의 적절한 유지관리를 통한 시설물의 효용 증진</li> <li>- 노후 도로시설 내진보강 관련 국가예산의 효율적 사용을 통한 절감</li> <li>- 국가 지진위험도를 구체적, 실증적으로 파악하여 관련 정책에 대한 국민 신뢰도 향상</li> <li>- 시설물 노후화 대응관련 기술 개발을 통한 안전산업 활성화 및 신성장동력</li> </ul> </li> </ul>

	<p>발굴</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후 도로시설의 복원력 유형 파악 및 분석을 통한 유지관리 및 의사 결정에 들어가는 사회경제적 비용 저감</li> <li>- 노후 도로시설의 사회경제적 복원력 평가 및 향상 기법을 활용한 시설 복구 기간 및 비용 저감</li> </ul> <p>○ 기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 시설의 명확한 지진재난 대응성능 파악을 통해 사회경제적 지진피해 평가기반 제공</li> <li>- 지진 이외의 다른 자연재해, 재난에 대한 성능평가 기술 개발에 확대 적용</li> <li>- 신축 시설물의 성능기반 설계기준으로 확장 및 성능기반 엔지니어링 기술 활성화</li> <li>- 노후도를 고려한 생애주기 내진성능 향상을 통해 시설물 장수명화 기술 개발 촉진</li> <li>- 시설물의 노후도와 잔류 수명 측정 기술 개발</li> <li>- 도로시설 노후화에 따른 사회경제적 피해예측과 손실산정 계수 및 알고리즘 개발을 통한 한국의 실정에 맞는 피해 및 복원력 예측 기술 개선</li> <li>- 주요 노후 도로시설 지진재난에 대한 복원력 평가 및 분석을 통해 사회경제적 지진피해 평가기반 구축</li> <li>- 사회경제적 직간접적 영향 유형 및 복원력 유형 도출을 통한 기존 분석 기법의 확장 가능성 제공</li> </ul> <p>○ 경제적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제규모에 상응하는 재난대비를 통해 재난 발생 시 국가경제 피해 최소화</li> <li>- 내진성능 평가 및 내진보강 활성화에 따른 관련 산업 활성화</li> <li>- 합리적 수준의 내진보강에 의한 주요시설물 소관 부처의 예산 절감</li> <li>- 사회 기반시설의 안전 확보를 통해 원활한 국가경제활동 지원</li> <li>- 복원력 평가 기법 개발을 통해 지진재난 보험 관련 산업 활성화</li> <li>- 지진 복원력 향상 및 평가기법 개발을 통한 도로 시설물 유지관리 및 피해 복구에 필요한 소관 부처의 예산 절감</li> <li>- 도로 시설물을 비롯한 사회 기반시설의 복원력 확보를 통한 원활한 국가경제활동 지원</li> </ul>				
중심어 (5개 이내)	노후	도로시설	내진성능	보수·보강	복원력

## < SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose	<input type="checkbox"/> In order to effectively protect a city from earthquake disaster, this research makes a plan for developing decision-making techniques on seismic repairing and strengthening for aged road facilities (bridges, tunnels, retaining walls and slopes) by quantifying earthquake resilience.		
Scope	<input type="checkbox"/> aged road facilities which constitute main road-networks inside and around a city <input type="checkbox"/> aged road facilities are composed of bridges, tunnels, retaining walls and slopes <input type="checkbox"/> techniques of seismic repairing and strengthening for aged road facilities before earthquakes <input type="checkbox"/> evaluation of seismic performance considering ageing of road facilities		
Contents	<input type="checkbox"/> Development of techniques for evaluation on physical seismic fragility of aged road facilities <ul style="list-style-type: none"> <li>○ technique for seismic performance determination of road facilities based on the importance</li> <li>○ technique for evaluation on seismic responses of typical road facilities based on the required performance</li> <li>○ development of aged facility models based on experimental results and literature review</li> <li>○ determination of standard fragility functions for application to decision-making systems</li> <li>○ evaluation of seismic responses of road facilities considering age</li> <li>○ physical seismic fragility development of road facilities considering age</li> <li>○ evaluation on seismic performance improvement for various seismic repair and strengthening techniques</li> <li>○ development on seismic fragility of seismic performance improvement for various seismic repair and strengthening techniques</li> <li>○ construction of library for seismic repair and strengthening methods of road facilities</li> </ul> <input type="checkbox"/> Development of decision-making technique for managing seismic performance of aged road facilities based on seismic resilience and its application <ul style="list-style-type: none"> <li>○ analysis of social/economic loss and resilience of aged road facilities and road-network</li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ evaluation on social and economic resilience of aged road facilities and road-network</li> <li>○ evaluation on seismic performance of aged road-network considering inter-facility factors</li> <li>○ decision-making system development for seismic repair and strengthening before earthquake occurrence</li> <li>○ fundamental research and suggestions on decision-making technique on seismic performance and management of road facilities after earthquake occurrence</li> <li>○ practical application of developed technique to small and medium sized cities, e.g., Gyeongju or Pohang, considering actual site conditions</li> </ul>
Results	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Development of techniques for evaluation on physical seismic fragility of aged road facilities <ul style="list-style-type: none"> <li>○ technical report on seismic performance of road facilities based on the importance</li> <li>○ technical report on seismic responses of road facilities</li> <li>○ technical report on seismic fragility development of road facilities considering age</li> <li>○ physical models reflecting age effects</li> <li>○ physical models of seismic repair and strengthening materials</li> <li>○ evaluation manual on aged concrete facilities</li> <li>○ evaluation manual on seismically repaired and strengthened facilities</li> <li>○ library on seismic repair and strengthening techniques based on components and damaged modes of road facilities</li> <li>○ technical report on seismic fragility based on seismic repair and strengthening methods of road facilities</li> <li>○ library on seismic fragility for the seismic performance decision-making system</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> Development of decision-making technique for managing seismic performance of aged road facilities based on seismic resilience and its application <ul style="list-style-type: none"> <li>○ technical report on social and economical resilience evaluation of aged road facilities</li> <li>○ software for seismic performance evaluation of road-network considering inter-facility factors</li> <li>○ decision-making system for seismic repair and strengthening before</li> </ul> </li> </ul>

	<p>earthquake occurrence</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ verification report on application of the developed technique to a small and medium sized city and its comparison with existing techniques</li> <li>○ practically applicable user manual on improved decision-making system based on application to actual road-network</li> </ul>
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Plan for applications <ul style="list-style-type: none"> <li>○ decision-making on budget and countermeasure to improve resilience against earthquake damage of aged road facilities</li> <li>○ decision-making on budget for restoration and preparedness against disasters due to earthquake</li> <li>○ estimation of seismic loss and priority order for seismic repair and strengthening caused by aged road facilities</li> <li>○ estimation of seismic loss and priority order for seismic repair and strengthening of aged road facilities</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> Expected contribution <ul style="list-style-type: none"> <li>○ political contribution <ul style="list-style-type: none"> <li>- protect lives and properties of people by establishing preemptive action system against earthquake hazards</li> <li>- systematic preparedness and management of aged road facilities against earthquake disaster by improving resilience</li> <li>- enhancement of usefulness of aged road facilities by proper maintenance</li> <li>- effective expenditure reduction of the national budget for seismic repair and strengthening of aged road facilities</li> <li>- improve public trust on national safety policies by evaluating earthquake risk and resilience of our country or cities in a concrete and demonstrative way</li> <li>- invigorate the industries of seismic performance-evaluation, repair and strengthening</li> <li>- reduction on the social and economical budget for maintenance and decision-making of aged road facilities through resilience analyses</li> <li>- reduction on restoration period and expenditure of aged road facilities using social and economical resilience evaluation and improvement techniques</li> </ul> </li> <li>○ technical contribution <ul style="list-style-type: none"> <li>- provide basis for evaluation of social and economical loss based on</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

	<p>seismic responses of major facilities</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- application of the developed seismic evaluation technique to performance estimation from other natural disasters</li> <li>- invigorate performance-based engineering techniques</li> <li>- provide techniques to promote life-cycles through seismic performance improvement</li> <li>- technique development to estimate degree of age and remaining life of aged facilities</li> <li>- development of Korean resilience estimation techniques and algorithm on social and economical loss</li> <li>- social and economical loss estimation system for seismic resilience evaluation and analyses of aged facilities</li> <li>- potential extension of existing analysis techniques considering various types of social and economical effects</li> </ul> <p>○ economical contribution</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimization of damage by effective disaster plans</li> <li>- invigorate industries related with seismic performance evaluation and repair/strengthening</li> <li>- budget reduction of the ministry and office concerned by proper seismic repair and strengthening</li> <li>- support on economic activities by safe infrastructures</li> <li>- invigorate seismic disaster insurance industries through the developed resilience evaluation techniques</li> <li>- budget reduction of the ministry and office concerned by proper seismic resilience improvement and evaluation methods development</li> <li>- support on economic activities by resilience restoration of infrastructures including road facilities</li> </ul>				
Keywords	age	road facility	seismic performance	repair and strengthen	resilience

# 차 례

표 차례 .....	iii
그림 차례 .....	vii
<b>1장 서론 .....</b>	<b>3</b>
1절 연구 배경 및 필요성 .....	3
2절 연구 내용 및 방법론 .....	10
<b>2장 도시 재난안전 현황 및 평가 .....</b>	<b>17</b>
1절 지진재난 특성 및 발생 현황 .....	17
2절 도시 재난안전 여건 변화 요인 .....	27
3절 재난안전 패러다임 변화 .....	44
<b>3장 국외 주요 동향 분석 .....</b>	<b>51</b>
1절 국외 정책 동향 .....	51
2절 국외 기술개발 동향 .....	65
3절 국외 시장 동향 .....	97
<b>4장 국내 주요 동향 분석 .....</b>	<b>111</b>
1절 국내 정책 동향 .....	111
2절 국내 기술개발 동향 .....	128
3절 국내 시장 동향 .....	153
<b>5장 도시 지진재난관련 R&amp;D 분석 .....</b>	<b>165</b>
1절 국가 연구개발과제 분석 .....	165
2절 기술 수준 분석 .....	174
3절 R&D 역량 분석 .....	185
4절 특허 분석 .....	190

<b>6장 연구개발과제 구성 및 추진전략</b> .....	<b>201</b>
1절 환경분석 .....	201
2절 기술분류체계 구성 .....	210
3절 추진전략 및 전략사업 도출 .....	218
4절 비전 및 목표 .....	222
<b>7장 중점추진과제</b> .....	<b>225</b>
1절 중점추진과제 도출 .....	225
2절 기술개발 로드맵 .....	241
<b>8장 사업 타당성 분석</b> .....	<b>247</b>
1절 사업 타당성 분석 개요 .....	247
2절 정책적 타당성 분석 .....	249
3절 기술적 타당성 분석 .....	264
4절 경제적 타당성 분석 .....	267
<b>9장 기대효과 및 활용방안</b> .....	<b>277</b>
1절 기대효과 .....	277
2절 활용방안 .....	281
3절 연구일정에 따른 인력투입계획 .....	284
<b>참 고 문 헌</b> .....	<b>287</b>
<b>부 록</b> .....	<b>292</b>
1. 기술수요조사 설문지 .....	292
2. RFP (과제카드) .....	298

# 표 차례

[표 1-1] 경제적 손실이 큰 대형 도시 지진 현황 .....	5
[표 1-2] 세계 대형지진에 의한 연도별 인명 피해 현황 .....	5
[표 1-3] 우리나라에 영향을 준 해외지진 및 도시 지진 사례 .....	7
[표 2-1] 세계 대도시 재해위험지수 .....	20
[표 2-2] 재현주기별 위험도계수 .....	22
[표 2-3] 규모별 국내 주요지진(1978~2014년 기준) .....	24
[표 2-4] 지진구역 및 지진구역계수 .....	25
[표 2-5] FEMA 분류에 따른 주요 시설물 종류 .....	30
[표 2-6] 서울시 가스공급설비 현황(2014년 기준) .....	31
[표 2-7] 서울시 전기공급설비 현황(2014년 기준) .....	31
[표 2-8] 서울시 상수도보급 현황(2013년 기준) .....	32
[표 2-9] 전국 도로별 교량 및 터널 현황(2007~2014년) .....	32
[표 2-10] 2013년 국내 철도터널 현황 .....	34
[표 2-11] 서울시 도로시설물 현황 .....	35
[표 2-12] 서울시의 상수도관 노후도 현황 .....	36
[표 2-13] 2013년 서울시 1종 및 2종 안전관리대상 시설물 현황 .....	38
[표 2-14] 지진재해에 따른 인명피해 및 경제적 손실 .....	41
[표 2-15] 세 가지 측면의 복원력 .....	44
[표 2-16] 재해분야 복원력 정의 .....	46
[표 3-1] 미국의 재난관리 관련 법 .....	51
[표 3-2] FEMA의 조직 및 부서의 기능 .....	53
[표 3-3] 2010~2014년 FEMA 예산 및 증감률 .....	54
[표 3-4] 미국 FEMA와 한국 소방방재청 예산 및 비중 비교 .....	54
[표 3-5] 일본의 재해관련 법률 .....	57
[표 3-6] 국가별 자산관리 기반 유지관리시스템 현황 .....	60
[표 3-7] 국외 지진재난 및 교통망 관리 관련 라이브러리 현황 .....	61
[표 3-8] 국외 지반정보시스템 비교 .....	64
[표 3-9] 미국 재해경감을 위한 국가과학기술기본체계 개발 분야 .....	65
[표 3-10] HAZUS에서 다루고 있는 시설물 분류 .....	68
[표 3-11] NEHRP의 기관별 역할 및 수행 업무 .....	72
[표 3-12] NEHRP의 기관별 투자 현황 및 예산 분할(2005 ~ 2012) .....	73
[표 3-13] IRIS의 주요 프로그램 .....	75
[표 3-14] NOAA의 Wether and Water Goal 프로그램 .....	76
[표 3-15] 일본 국가안전관리 정보시스템 .....	78

[표 3-16] 기반시설물 안전성 평가 관련 중심기술 .....	83
[표 3-17] 국토교통성 사회기반시설물 관리 기술 .....	91
[표 3-18] 개발도상국의 교통 기반시설 유지·보수 투자 추정(2008~2015년) .....	97
[표 3-19] 레이저 스캐닝 시장 규모 및 전망 .....	101
[표 3-20] 국외 시장 주요 참여 기업 .....	103
[표 4-1] 지진방재종합대책 추진 경위 .....	114
[표 4-2] 지진방재종합대책 추진체계 및 세부내용 .....	115
[표 4-3] 지진재해대책법 주요 내용 .....	118
[표 4-4] 제3차 기본계획 4대 전략 및 중점 과제 .....	120
[표 4-5] 국내 지진재난 및 시설물 유지관리 관련 라이브러리 현황 .....	124
[표 4-6] 한국도로공사의 지진 규모별 지진대응 체계 .....	126
[표 4-7] 시설물 안전관리 주요 법령 .....	127
[표 4-8] 국가 전체 R&D 예산 대비 재난·재해 R&D 예산 투자 비중 .....	129
[표 4-9] 2014년 부처별 재난·재해 R&D 예산 투자 비중 .....	130
[표 4-10] 연도별 재난·재해 R&D 투자 계획 대비 실제 투자 비율 .....	131
[표 4-11] 재난·재해 R&D 경제적 성과 현황(2008~2014년) .....	132
[표 4-12] 재난·재해 R&D 예산 투자 대비 성과 수준(2008~2014년) .....	132
[표 4-13] 국가 전체 대비 재난·재해 R&D 성과 수준(2008~2014년) .....	133
[표 4-14] 연도별 지진 관련 과제 및 예산 현황 .....	134
[표 4-15] 연도별/부처별 과제 현황 .....	136
[표 4-16] 연도별/부처별 예산 현황 .....	137
[표 4-17] 과학기술표준분류별/국가기술지도별 과제 수행 현황(1순위~5순위) .....	140
[표 4-18] 도시 재난위험도 관련 국내 연구과제 분석 .....	143
[표 4-19] 지진재난 관리체계 관련 국내 연구과제 분석 .....	147
[표 4-20] 성능기반 내진설계 관련 국내 연구과제 동향 .....	148
[표 4-21] 유사성이 높은 선행 연구와 본 연구 간의 차이점 .....	151
[표 4-22] 분야별 자원 배분 .....	156
[표 4-23] 사회기반시설 분야별 노후시설 유지·보수 지원 금액 .....	156
[표 4-24] 국내 IT융합시장 규모 .....	159
[표 4-25] 국내 센서 산업 시장규모 현황 및 전망 .....	160
[표 5-1] 연도별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황 .....	166
[표 5-2] 부처별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 건수 및 연구비 현황 .....	168
[표 5-3] 지진재난(재난·재해·안전) 분야 주요국별 기술수준(%) .....	175
[표 5-4] 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 우리나라 기술수준 .....	176
[표 5-5] 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 주요국별 기술수준(%) .....	177
[표 5-6] 지진재난(재난·재해·안전) 분야 연구단계별 기술격차(년) .....	178
[표 5-7] 지진재난 분야(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술 기술격차(년) .....	179
[표 5-8] 우리나라 지진재난분야 전략기술의 對최고기술품격차 발생 요인(%) .....	180

[표 5-9] 우리나라 지진재난분야 전략기술의 연구주체별 기술수준(%) .....	181
[표 5-10] 분야별 주요국 기술수준(%)및 기술격차(년) .....	182
[표 5-11] 지진재난 분야 R&D 역량진단 설문조사 개요 .....	185
[표 5-12] R&D 역량진단 평가요소 .....	186
[표 5-13] 분야별 특허 검색 결과 .....	191
[표 5-14] 국가별 도시지진재난 특허 기술력지수 현황 .....	198
[표 6-1] 외부환경 요인분석 종합 .....	204
[표 6-2] 전략기술의 수준 향상을 위해 중점추진이 필요한 정책 부문 .....	206
[표 6-3] 내부환경 요인분석 종합 .....	209
[표 6-4] 도시 지진재난 기술분류체계(안) .....	211
[표 6-5] 기술개발을 위한 수요자 니즈 조사 개요 .....	213
[표 7-1] 도로 속성에 따른 내진성능 확보 개념(일본) .....	226
[표 7-2] 도로교의 내진등급(붕괴방지 수준) .....	227
[표 7-3] 터널의 내진등급(붕괴방지 수준) .....	227
[표 7-4] 새로운 내진성능목표(내진설계기준) .....	229
[표 7-5] 내진성능관리 의사결정 절차(안) .....	230
[표 7-6] 내진성능관리 의사결정 절차별 성과물 .....	232
[표 7-7] 전략과제 1의 연구내용 및 예산 및 성과물 .....	245
[표 7-8] 전략과제 2의 연구내용 및 예산 및 성과물 .....	246
[표 7-9] 전략과제 3의 연구내용 및 예산 및 성과물 .....	248
[표 8-1] 타당성 분석 항목 .....	252
[표 8-2] 세월호 사고 이후 발생한 주요 안전사고 .....	254
[표 8-3] 사업의 법적 근거 .....	256
[표 8-4] 제3차 과학기술기본계획과의 부합성 .....	260
[표 8-5] 분야별 자원배분 계획 .....	262
[표 8-6] 국가 재난 및 안전관리 5대 전략 .....	263
[표 8-7] 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020) 6대 추진전략 .....	264
[표 8-8] 국가연구개발사업의 연도별 투자 현황 .....	265
[표 8-9] 국가재정운용계획 분야별 자원배분 계획 .....	265
[표 8-10] 국가안전관리기본계획 투자계획 총괄 .....	266
[표 8-11] 소방방재 R&D 연구가능 인력 .....	267
[표 8-12] 유사·중복성 검토(1차) .....	270
[표 8-13] 편익추정 논리 .....	272
[표 8-14] 총비용의 현재가치(2016년 기준) .....	273
[표 8-15] 편익추정 추정 방법 비교 .....	275
[표 8-16] 사회재난 유형별 피해액 추정값 .....	276
[표 8-17] 설문조사 결과 .....	277
[표 8-18] 사회재난 유형별 피해액 추정값 .....	277

[표 8-19] 총 편익의 현재가치(2016년 기준) ..... 278

# 그림 차례

[그림 1-1] 지진재난으로 인한 피해 복합성 .....	5
[그림 1-2] 건축물/도로교/표준 설계응답스펙트럼 .....	6
[그림 1-3] 연구 범위 및 주요 내용 .....	13
[그림 2-1] 취약수준에 따른 지진재해 발생 결과의 차이 .....	19
[그림 2-2] 연도별 국외 지진발생 추이(1978~2014년) .....	21
[그림 2-3] 재현주기별 국가지진위험지도 .....	22
[그림 2-4] 연도별 국내 지진발생 추이(1978~2014년) .....	25
[그림 2-5] 지진구역계수와 지진규모와의 관계 .....	26
[그림 2-6] 지진재해 추정 모듈 .....	27
[그림 2-7] 지하시설물별 종합 심도 분포 .....	29
[그림 2-8] 서울시 지하시설물 분포 현황 .....	29
[그림 2-9] 국내 도로별 교량 개소 및 연장 추이(2007년~2014년) .....	33
[그림 2-10] 국내 주요 초장대 교량 현황(2011 ~ 2013년) .....	33
[그림 2-11] 국내 도로별 터널 개소 및 연장 추이(2007년~2014년) .....	34
[그림 2-12] 연도별 30년 이상 경과된 시설물 수 추이 변화 .....	35
[그림 2-13] 서울시 관할 경과연수별 도로시설물 비율 .....	36
[그림 2-14] 서울시 부설연도 및 사용연수별 상수도관 비율 .....	37
[그림 2-15] 인구통계학적 계층별 위험 노출 및 재해·재난 취약성 정도 .....	40
[그림 2-16] 타 국가 대비 한국 도시화율 .....	41
[그림 2-17] 취약성, 복원력, 적응능력의 개념적 연관성 .....	45
[그림 2-18] 기타 회복탄력성 구성요소 .....	47
[그림 3-1] FEMA의 10개 지역본부 및 관리지역 .....	52
[그림 3-2] 국외 지층정보 시스템 .....	63
[그림 3-3] 독일의 실시간 교통 시뮬레이션 예 .....	64
[그림 3-4] HAZUS 지진분석 단계별 모듈 .....	68
[그림 3-5] Ergo 내장 해석 모듈 관계도 .....	69
[그림 3-6] NEHRP 프로세스 .....	71
[그림 3-7] NEHRP의 기관별 예산변화 추이(2005 ~ 2012년 기준) .....	73
[그림 3-8] NTHMP으로 작성된 오레곤주의 대피지도 및 지진해일 정보 흐름도 .....	74
[그림 3-9] 일본 의사결정지원시스템 프로세스 .....	79
[그림 3-10] 일본 지진방재정보시스템 구성 .....	80
[그림 3-11] DIS 목적 .....	81
[그림 3-12] 재난 예방 및 구조에 관여하는 일본 정부기관의 네트워크 .....	82
[그림 3-13] 위험도와 복원력 관련 용어 간 관계도 .....	84

[그림 3-14] 유효성 척도에 따른 재난평가성과물 개수 .....	84
[그림 3-15] 교량 네트워크 시스템 레이아웃(미국 Goleta) .....	86
[그림 3-16] 라이프라인 네트워크에 멀티스케일 접근법을 적용한 예 .....	87
[그림 3-17] 상태기반 네트워크 신뢰성 해석 예제 .....	88
[그림 3-18] 지진복원력 근거 네트워크 내 교량요소 보수보강 시뮬레이션 예 .....	89
[그림 3-19] 재난 복원력의 개념과 시설물 노후화 고려 시 복원력 감소 개념도 ..	89
[그림 3-20] 지진으로 인한 교통네트워크 붕괴의 경제적 손실 추정과정 .....	92
[그림 3-21] OECD 회원국의 교통 기반시설 유지·보수 투자추이(1995~2010년) .....	97
[그림 3-22] 국외 교량 노후화 현황 .....	98
[그림 3-23] 세계 비파괴 검사 장비 시장 규모 및 전망 .....	99
[그림 3-24] 세계 비파괴검사 타입에 따른 매출 비중 변화 .....	100
[그림 3-25] 예방과 보전에 있어서 시설물의 생애비용 감소 모식도 .....	100
[그림 3-26] 세계 RFID/USN 기기 및 서비스 시장 전망 .....	102
[그림 3-27] 세계 임상의사결정지원시스템 연평균 성장률 추이 .....	103
[그림 3-28] 각 국가별 공공데이터 개방 효과 .....	104
[그림 4-1] 정부 국정기조 체계와 본 연구와의 연관성 .....	111
[그림 4-2] 국토교통부 비전/목표 및 지진 예방 및 대비 체계 .....	113
[그림 4-3] 지진방재종합대책 체계 .....	115
[그림 4-4] 제1차~3차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 수립 방향 .....	119
[그림 4-5] 시설물 안전 관련 현행 법체계 모식도 .....	122
[그림 4-6] 도로 정보시스템 활용 예 .....	124
[그림 4-7] 재난·재해 R&D 예산 투자 현황(2008~2014년) .....	129
[그림 4-8] 재난·재해 R&D 기술적 성과 현황(2008~2014년) .....	131
[그림 4-9] 연도별 지진 관련 전체 정부 연구개발 수행 추이 .....	134
[그림 4-10] 부처별 지진 관련 예산 현황 .....	135
[그림 4-11] 연도별/연구단계별 예산 현황 .....	138
[그림 4-12] 연도별/기술수명주기별 과제 및 예산 현황 .....	139
[그림 4-13] 과학기술표준분류/국가기술지도별 과제 수행 추이(1순위~5순위) .....	141
[그림 4-14] 관리주체별 도로 교량 및 터널의 경과연수 분포도 .....	153
[그림 4-15] 관리주체별 철도 교량 및 터널의 경과연수 분포도 .....	154
[그림 4-16] 관리주체별 수도 및 하수처리 시설물의 경과연수 분포도 .....	154
[그림 4-17] 관리주체별 건축물의 경과연수 분포도 .....	155
[그림 4-18] 시설물 안전점검 및 정밀안전진단 시장 현황 .....	157
[그림 4-19] 시설물 유지관리 시장 현황 .....	158
[그림 5-1] 국내 지진발생에 따른 도시 지진재난 과제 현황 .....	165
[그림 5-2] 연도별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 건수 및 예산 현황 .....	167
[그림 5-3] 연구개발단계별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황 .....	169
[그림 5-4] 연구개발단계별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 변화 추이 .....	169

[그림 5-5] 기술수명주기별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황	170
[그림 5-6] 연구수행주체별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황	170
[그림 5-7] 연구수행주체별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 추이	171
[그림 5-8] 기술분류체계(대분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황	172
[그림 5-9] 기술분류체계(대분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 추이	172
[그림 5-10] 기술분류체계(중분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황	173
[그림 5-11] 우리나라 지진재난 분야 국가전략기술의 對최고기술국 기술수준 현황	180
[그림 5-12] 도시 지진재난 관련 기술 분야별 기술수준 평가	183
[그림 5-13] 소속기관별 기술 분야별 기술수준 평가	184
[그림 5-14] 역량진단 설문 응답자 분포 특성	187
[그림 5-15] R&D 역량진단 평가요소별 분석 결과	188
[그림 5-16] R&D 역량진단 평가요소별 수준 평가	189
[그림 5-17] 특허분석 절차	190
[그림 5-18] 도시지진재난 연도별 특허 동향	192
[그림 5-19] 국가별 도시지진재난 특허 동향	193
[그림 5-20] 분석대상 국가의 연도별 도시지진재난 특허 동향	194
[그림 5-21] 도시지진재난 기술 분류별 특허 동향	194
[그림 5-22] 도시지진재난 기술 중분류 특허 동향	195
[그림 5-23] 도시지진재난 IPC분류별 특허 동향	196
[그림 5-24] 도시지진재난 특허발전도 현황	197
[그림 5-25] 도시지진재난 특허 인용도지수 및 시장확보지수 현황	198
[그림 6-1] 시나리오 플래닝을 통한 기술분류 구성 프로세스	210
[그림 6-2] 설문 응답자 분포 현황	214
[그림 6-3] 연구개발 중요성에 대한 의견	215
[그림 6-4] 연구개발 시급성에 대한 의견	216
[그림 6-5] 연구개발 중요성 및 시급성에 대한 종합 의견	216
[그림 6-6] 기술개발 우선순위에 대한 의견	217
[그림 6-7] SWOT 분석을 통한 전략방향 도출	218
[그림 6-8] 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업 추진전략 도출	220
[그림 6-9] 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업 비전 및 목표	222
[그림 7-1] 지진에 의한 도로파괴	225
[그림 7-2] 현행 내진설계의 문제점(도로 기능 확보 측면)	228
[그림 7-3] 내진등급에 따른 내진성능(손상수준) 부여	228
[그림 7-4] 전략과제간 연계 프로세스	236
[그림 7-5] 도시 지진재난 복원력과 전략과제 연계성	237
[그림 7-6] 총괄 기술로드맵	244
[그림 8-1] 국토교통 R&D 사업 편익의 범위	272
[그림 8-2] 연구개발부문 예비타당성조사 경제적 타당성 분석 과정 개략도	275



## 제1장 서론



1절 연구 배경 및 필요성

2절 연구 내용 및 방법론



# 제1장 서론

## 1절 연구 배경 및 필요성

### 1. 연구 배경

#### □ 도시의 고밀도화로 도시 안전의 중요성이 증대되는 추세

- 도시의 안전한 상태를 유지하는 것은 시민의 삶의 질을 향상시키며 도시경쟁력을 지탱하는 기본적인 목표가치로 간주
- 경제수준 향상, 시민의식 향상 등으로 도시 안전에 대한 관심과 그 중요성이 지속적으로 증대
- 지식정보화 사회 진입과 더불어 인구밀집, 도시화, 기상이변 등으로 인해 재난 및 사고의 대형화·복잡화·비정형화 현상 발생
  - 도시공간의 확대·고밀도화와 더불어 도시 내외의 주요 도로시설의 노후화, 기후환경 변화, 도시적 생활방식 등으로 인해 도시의 지진에 대한 취약성(vulnerability)은 점차 증가
- 국내도 지진재난 발생 빈도가 증가함에 따라, 재난으로부터 도시의 안전을 확보하는 것이 가장 중요한 정책과제의 하나로 대두

#### □ 재난예방을 위한 지진취약성 정보 및 일원화된 내진설계기준의 필요성 증대

- 전 세계적으로 대규모 자연재해를 비롯하여 인명피해와 재산피해를 야기하는 지진재난 발생 증가
  - 2011년 3월 11일에 일본 도호쿠에서 발생한 규모 9.0의 초대형 지진과 그에 따른 쓰나미로 인한 원자로 방사능 유출 재난은 일본뿐만 아니라 전 세계에 악영향
  - 비교적 잘 정비된 내진설계기준으로 지진에 대해 대비를 잘하고 있는 미국, 일본과 같은 선진국에서도 큰 지진 시에는 도로시설 붕괴 및 인명피해 발생
- 국내의 경우 지각판 경계에서 떨어져 있어 상대적으로 지진의 발생 빈도가 낮으나, 지진역사를 살펴보면 빈도수와 세기가 증가 추세

- 평균 50년에 1회 정도 지진이 발생하였으며, 1905년 지진계에 의한 지진계 측이 실시된 후 많은 지진이 발생
  - 최근 10여 년간 매년 40회 이상씩 발생한 것으로 조사되고 있어 국내도 더 이상 지진 안전지대로 여길 수 없는 상황
    - 2000년대 이전에 연평균 지진발생 횟수는 19.2회, 2000년대 이후 44.5회로 증가 추세
    - 최근 10년 사이 발생한 지진 중 가장 큰 규모인 신안 지진(13년도 04월, 규모 4.9)과 2013년도에만 18차례 지진이 발생한 백령도 지진(13년도 05월, 규모 4.9)등으로 인해 지진에 대한 관심 집중
- 최근 2016년 9월 12일 저녁, 경주지방을 진원으로 하는 규모 5.1과 규모 5.8의 지진이 약 1시간 간격을 두고 연달아 발생
- 규모 5.8은 1978년 한반도 지진관측 이래 최대 규모의 지진이며 지속되고 있는 여진은 400여 회 발생
  - 건물균열 323건, 지붕파손 312건, 담장파손 122건 등 경주 지진으로 인한 재산피해 총 1035건 발생
  - 그 밖의 침성대를 포함하여 23건의 문화재 피해 발생
  - 과거 동쪽 편에서 많이 발생했던 지진의 양산단층과 달리, 이번 경주 지진은 서쪽 편에서 발생
- 북한 지역에서도 평양 인근 지진(1952년 3월 19일; 국내 추정치 규모 6.2), 서울에서 가까운 거리에 있는 황해도 사리원에서 지진이 발생한 기록이 있음 (1982년 2월 14일; 규모 4.5)
- 역사지진에 근거하여 우리나라에서 예상되는 지진의 최대 규모 6.5
  - 평양 인근 지진과 유사한 규모 6.0~6.5 지진 사례로부터 수백 명 수준의 인명 피해와 수조~수십조 원의 피해가 예상
- 한반도를 지진 안전지대로 볼 수 없다는 전문가의 의견 도출
- 지진재난은 일반적으로 피해규모가 크고, 지진발생 해당 지역뿐만 아니라 직·간접적으로 국가 경제 및 사회 전반에 심각한 영향을 미침
- 지진 발생 시 도로시설 피해는 도시에 심대한 경제적 피해를 미치게 되고, 이를 복구하고 사회기능을 회복하는데 큰 어려움을 겪음
  - 이러한 재난은 교통, 통신, 도시철도, 전력시설, 에너지 공급망 등 라이프라인과 인프라의 기능을 저하시켜 생활혼란을 유발하며, 직접적인 피해를 입지 않은 재난 주변지역에도 사회·경제적인 영향을 미침

〔표 1-1〕 경제적 손실이 큰 대형 도시 지진 현황

(단위: 10억 달러)

지진	주거용 (Residential)	비주거용 (Non-Residential)	전체
1989 Loma Prieta	3.8	4.7	8.5
1994 NorthRidge	19.5	0.1	39.6
지진	상가용 (Building)	라이프라인 (Life line)	전체
1995 Kobe	60	20	80

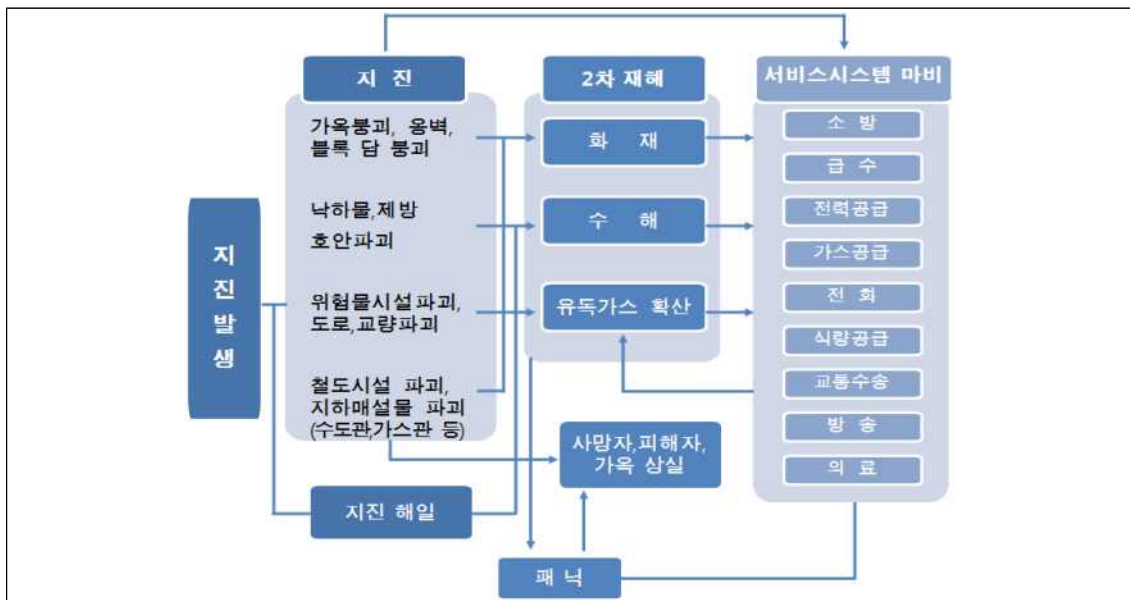
자료: 국립재난안전연구원, 내진설계기준 정비 방안, 2013

〔표 1-2〕 세계 대형지진에 의한 연도별 인명 피해 현황

연도	지진 규모	발생 지역	사망자 수(명)
2011	9.0	East Coast of Honshu, Japan	20,896
2010	7.0	Haiti	316,000
2008	7.9	Eastern Sichuan, China	87,587
2005	7.6	Pakistan	80,361
2004	9.1	Off West Coast of Northern Sumatra	227,898

자료: USGS, "Top 10" Lists&Map, Largest and Deadliest Earthquakes by Year: 1990-2014, 2014

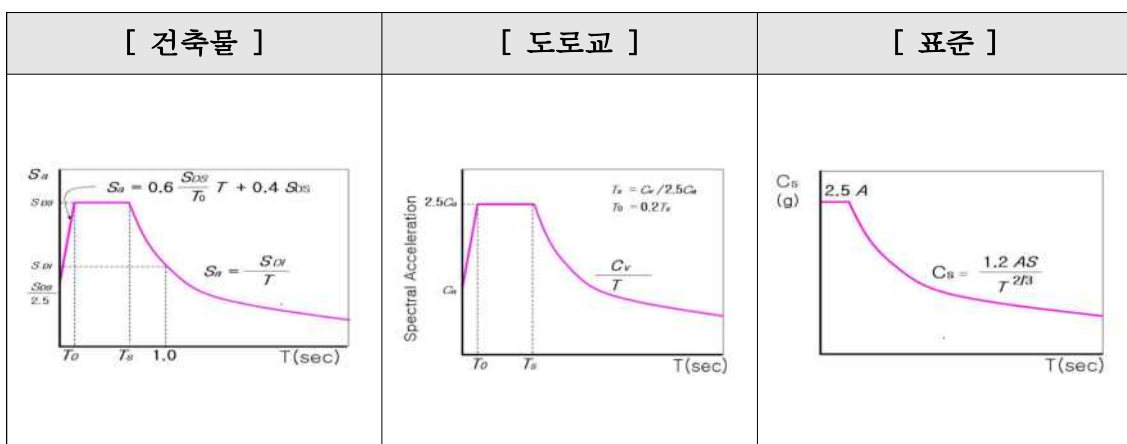
〔그림 1-1〕 지진재난으로 인한 피해 복합성



자료: KISTEP, 지진 및 지진해일 피해저감기술개발사업 심층분석, 2012

- 또한 현재 국내 내진설계기준은 일원화되지 않은 상황으로, 시설물 별로 독자적인 설계기준에 의해 실시되고 있어 내진등급에 차이가 존재
  - 건물은 1988년, 고속철도는 1991년, 도로교는 1992년, 댐은 1993년부터 내진 설계 실시
  - 이에 1997년 한국지진공학회에서 일관성 있는 내진설계기준을 정립하기 위하여 모든 시설물에 공통적으로 적용될 수 있는 공통사항을 정의한 성능기준(일명 상위기준)인 내진설계기준연구(Ⅲ) 발간
    - 현재까지 상위기준은 최신의 연구 성과가 전혀 반영되지 않고 있음
  - 또한 시설물 별로 과거의 설계관습을 유지하거나 국내외의 새로운 연구 성과를 반영하여 내진설계기준을 수차례 개정하게 되면서 시설물 간 내진기준의 일관성 결여
    - 내진설계에 있어 가장 기본이 되는 설계응답스펙트럼의 경우, 건축구조기준(국토해양부, 2009)과 도로교설계기준(한국도로교통협회, 2010)의 설계응답스펙트럼이 서로 상이함.
    - 이들 설계응답스펙트럼은 내진설계기준연구(Ⅲ)(건설교통부, 1997)에 근거한 표준 설계응답스펙트럼(그림 2)과도 서로 상이하여 혼란 초래하고 있으며, 장주기영역이 중시되는 최근 국제적인 스펙트럼의 경향을 미반영
- 내진설계 공통기준 마련, 한반도 단층 조사 등 국가 지진방재체계를 강화하기 위한 근본적인 해결방안의 필요성 대두

(그림 1-2) 건축물/도로교/표준 설계응답스펙트럼



자료1: 국토해양부, 건축구조기준(KBC2009), 국토해양부고시 제2009-1245호, 2009

자료2: 한국도로교통협회, 도로교설계기준, 2010

자료3: 건설교통부, 내진설계기준연구(Ⅲ) - 내진설계성능기준과 경제성 평가, 1997

□ 특히 도시 지역에서 지진재난이 발생할 경우 그 잠재적 손실이 급격하게 증가

- 도시 재난이 발생할 경우, 비약적인 산업화와 도시화라는 사회·경제적 환경 변화로 인해 인명 및 경제적 피해가 급증
  - 대표적인 도시지진으로 알려진 1995년 고베지진의 피해 현황을 살펴보면, 규모는 다른 지진에 비해 작음에도 불구하고 피해 현황은 더 큰 상태
    - 도심 지역 내 인구가 많고 경제적 규모가 클수록, 피해 규모는 증대

[표 1-3] 우리나라에 영향을 준 해외지진 및 도시 지진 사례

구분	판내 지진	국내 영향을 준 해외 지진	도시 지진
지진명	중국 쓰촨성 지진	아키타 지진해일	일본 고베 지진
발생일	2008.5.12	1983.5.226	1995.1.17
규모	8.0	7.7	7.2
피해 현황	인명 피해: 460,758명 건물 피해: 536만동 붕괴, 2천 100만동 파손	인명 피해: 5명 피해 지역: 삼척, 울진 재산 피해: 3억 7천만원	인명 피해: 50,229명 건물 피해: 1만여동 붕괴 재산 피해: 10조엔
발생 현황	내진설계 미비로 인한 건물 붕괴 싼사댐 붕괴 위험으로 인한 대피	파고 0.5~4.0m 조수 현상에 따른 피해 증폭 해일특보 미발령	사회간접시설 파괴 항만 파괴(복구 기간 2년, 400억달러 피해 발생)

자료: 국민안전처, 지진재해로 인한 사회 경제적 피해예측 모델 개발, 2015

- 국내 환경처럼 인구 및 주요 산업시설이 집중된 도시 지역에서 강진이 발생한다면 이로 인한 대규모 인명 피해 및 재산 피해가 발생할 가능성은 증가
  - 서울과 같은 대도시는 지진노출(exposure) 빈도가 상대적으로 낮으나 취약성(vulnerability)이 매우 높아, 적은 규모의 지진에 노출될 경우에도 대형 피해로 이어질 가능성이 존재
  - 특히 도시화, 산업화가 급속히 진행된 우리나라의 경우 2차 재난 유발 및 서비스 시스템 마비 등 복합적인 피해 발생 가능

□ 도로시설의 노후화는 도시 지진취약성에 영향을 미치는 주요 요인

- 지진재난 발생 시 최근 건설된 도로시설 보다는 노후화된 도로시설이 가장 많은 영향을 받을 가능성 존재
- 지속적인 도시화, 산업화 진행에 따라 기반시설물이 밀집하고, 노후 도로시설이 증가할수록 도시 지역의 지진에 대한 취약성은 날로 증대되고 있는 실정
  - 국내 기반시설물은 경제 성장기인 1970~1980년대에 집중적으로 건설되었으며, 40년이 지난 현재 도로시설의 노후화가 급속히 진행 중
    - 2014년 기준 「시설물의 안전관리에 관한 특별법(시특법)」 상 1종 및 2종 시설물의 공용연수가 30년 이상된 시설물은 9.6%를 차지하나, 2024년에는 2배 이상인 21.5%으로 급증할 것으로 전망

2. 연구 필요성

□ 지진재난 대비 노후 도로시설 내진성능향상에 대한 유지관리 정책수립을 위한 과학적 근거자료 필요

- 지질과학조사기법과 지진 예측기술 개발을 통해 보다 효율적이고 효과적인 정책 추진이 가능하도록 도시 지역 환경 변화 방향과 예측·전망의 정확도 향상 필요
- 노후 도로시설의 급격한 증가에 따라 지진 등의 자연재해에 대한 취약성이 급격히 증가하고 있으므로, 거시적 환경 변화에 대비하는 도로시설 관리 정책 수립에 필요한 근거 자료 확보가 시급
  - 2015년 기준으로 사용연수 30년 이상 노후화된 서울시의 주요 교량은 전체 교량 대비 59%
  - 이에 따라 도시 지역에 지진재난 발생 시 주요 도로시설의 기능 유지를 위해 내진성능의 변화를 예측하여 노후화에 선제적으로 대응할 필요가 있음
    - 이는 지진재해대책법에 의한 ‘기존 시설물 내진보강 기본계획’에 따라 국토부는 소관시설물의 내진보강 계획을 수립 및 시행해야 함

□ 노후 도로시설 내진성능향상을 위한 중장기 계획 재수립 요구

- 변화된 환경과 미래 전망을 반영하고 관련 기술의 과학기술적 진보를 촉진하며 나아가 국가 지진재해대책법에 기반한 내진정책 수립 및 관련 시설물 안전점검, 유지관리 산업 발전을 견인할 수 있는 중장기 계획의 재수립 요구
  - 변화된 환경을 반영하여 기존에 수립된 중장기 계획 점검과 더불어 향후 해

당사업의 투자방향 및 추진전략 재수립 필요

- 현재의 도로시설 상태를 기준으로 미래의 도로망 노후화 정도를 예측하여 적정 수준의 개별 시설물의 내진보강을 하는 것이 필요하며, 철거 후 재건축에 대한 의사결정도 필요
- 주요 도로시설의 지진취약도는 붕괴방지와는 별도로, 지진에 대응할 수 있는 구체적인 도로시설의 성능수준과 판정기준을 도출하여 규정할 필요 있음
  - 도시 지진의 사회경제적 위험도 및 복합재난 위험도를 평가하기 위해서는 주요 도로시설의 지진 발생 시 대응성능 수준을 평가하는 것이 선행되어야 함
- 지진취약도가 크고 중요도가 큰 도로시설 부터 정부의 경제적 지원 노력 확대 필요
  - 지진재해대책법에 의한 ‘기존시설물 내진보강 기본계획’에 따르면, 2016년 이후에도 5년 단위로 4단계에 걸쳐 24조원의 재원 투입 예정
    - 투입되는 정부 예산을 최대한 효율적으로 사용하기 위해서는 지진취약성이 크고 재난 발생 시 파급효과가 큰 도로시설을 선별하여 이에 대한 선제적인 대응방안 마련이 필요
- 도시 지진복원력을 정량화하고, 이를 기반으로 노후화된 도로시설로 인한 잠재적 안전사고 및 사회·경제적 피해를 예방할 수 있는 기술 개발 필요
- 현재 도시 지진재난에 관한 중장기적인 비전과 목표, 종합적인 장단기 전략 및 시책을 내포한 기본 계획 전무
  - 이로 인해 거시적인 도시 재난 안전에 관한 체계적인 정책 집행이 어렵고 단기적·단편적 사업으로 도시의 안전을 담보하는 것은 한계가 있음
- 도시 지역에 지진발생 시 가장 직접적이고 큰 영향을 받을 수 있는 노후 도로시설을 중심으로 구조적인 대책을 수립하는 것이 필요
  - 시설물 장수명화를 위해 일원화된 기준 혹은 매뉴얼 구축 등의 종합적이고 체계적인 대응 체계를 기반으로 하여 노후 도로시설의 안전점검과 적절한 유지보수 관리를 시행해야 함

## 2절 연구 내용 및 방법론

### 1. 연구 내용

□ 도시의 도시 지진복원력 정량화를 통한 노후 도로시설(교량, 터널, 기타구조물)의 합리적 내진성능관리 의사결정 기술 개발

- 불확실성을 고려하여 도시 지진복원력을 정량적으로 평가하고 도로시설의 노후화에 선제적으로 대응하여 재난으로 인한 피해를 저감하기 위해 본 연구 과제를 기획

□ 본 연구의 범위는 다음과 같음

- 도시 지진취약성 기반 노후 도로시설 내진성능관리 기술 환경분석 실시
  - 정책동향 및 법·제도 분석
  - 시장 동향 및 전망 분석
  - 기술(R&D) 동향 및 전망 분석
    - 국내외 관련 기술의 정성적·정량적 분석 및 연관성 분석
    - 국내외 도시 지진재난 관련 기술 특허 현황
  - 국내 수요자(민·관·산·학계를 모두 포함)의 Needs 분석
  - 환경분석에 대한 종합 시사점 도출
- 도시 지진취약성 기반 노후 도로시설 내진성능관리 기술 개발을 위한 연구 목표 및 내용 제시
  - 연구개발 최종 목표 및 최종성과물 제시
    - 연구단계별 중간 및 최종 성과물에 대한 정량적 연구 및 성과목표 제시
  - 연구개발 목표 달성을 위한 연구내용 및 연구범위 설정
    - 국내외 가용 자료 현황 분석
    - 주요 핵심기술 선정 및 기술간 연계성 제시와 개발방안 제시
    - 핵심기술의 상용화 방안 또는 그 외 활용방안 제시
- 기술 개발 세부 추진계획 수립 및 RFP 도출
  - 추진전략, 기술개발 로드맵(TRM), 추진체계 제시
  - 소요예산, 연구기간, 소요인력 제시(산출근거 제시)
  - 연구개발 성과평가를 위한 정량·정성적 성과지표 및 평가방안 제시
  - 도출 과제별 연구개발 제안요구서(RFP) 작성연구개발 최종 목표 및 최종 성과물 제시

- 기술 개발 사업 추진 타당성 분석
  - 정책적 타당성 분석: 정부 상위 계획과의 부합성, 정부지원의 필요성 및 시급성, 관련 기관의 참여 및 사업추진 의지, 유사사례에 대한 국내외 정부지원 사례 등
  - 기술적 타당성 분석: 기존 연구사업과의 중복 및 연계성, 기술개발의 성공가능성, 기술개발의 파급효과, 기술개발 위협요인 검토 등
  - 경제적 타당성 분석: 편익/비용 비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익율(IRR) 등의 기법을 활용한 경제성 분석, 사회·경제적 파급효과 등
- 연구개발 결과의 활용 방안 및 기대효과 제시
- 원활한 연구개발 추진을 위한 정책 제언

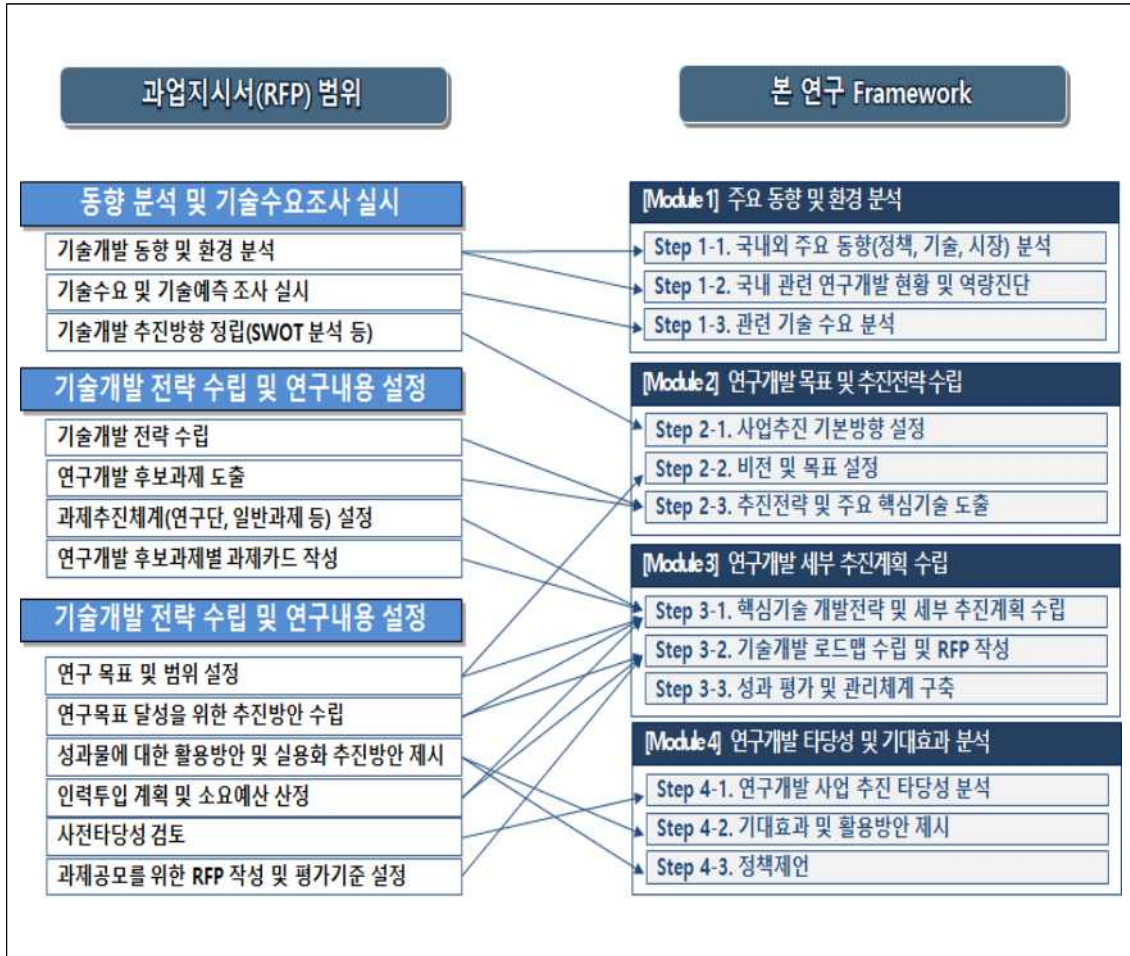
## 2. 연구 추진 방법

- 제시된 과업의 내용을 본 연구 Framework 상에서 다음과 같이 반영하고 각 연구 Module별로 연구팀을 구성하여 과업을 진행

- [Module 1] 주요 동향 및 환경분석
  - (연구 목표) 도시 지진복원력 기반 노후 도로시설 내진성능관리 의사결정 기술개발 사업추진 기본방향 설정 및 연구목표, 추진계획 수립의 근간이 되는 시사점 도출
  - 세부 연구 내용
    - 기존 중장기 계획 대비 성과 및 문제점 분석
    - 국내외 정책동향 및 국내 관련 법·제도 분석
    - 국내외 시장 및 기술 동향과 전망 분석
    - 기술수준 및 기술개발 역량 분석
    - 관련 기술 수요자 Needs 분석
    - 환경분석 종합 시사점 도출
  - 연구 수행 방법
    - 문헌 조사(기초 문헌/보고서, 각종 통계·시장 data, 정책 및 학술자료)
    - 지진재난 및 주요 기반시설물 기술 관련 산학연 전문가 및 정책 담당자 인터뷰
    - 환경분석 방법론(STEEP, SWOT 등)
    - 내부역량 진단 모델(R3I)을 활용한 연구개발 역량 진단

- [Module 2] 기술 개발 중장기 비전 및 목표 설정
  - (연구 목표) 기술 개발 사업의 중장기 비전·목표 수립 및 전략사업(중점추진분야) 도출
  - 세부 연구 내용
    - 환경분석에 근거한 사업추진 기본방향 설정
    - 기술 개발 R&D 중장기계획의 비전 및 목표 설정
    - 비전 및 목표 달성을 위한 추진전략 및 중점추진분야 도출
  - 연구 수행 방법
    - SWOT 분석을 활용한 전략방향 및 추진전략 설정
    - 비전 수립 프로세스에 의한 비전·목표 수립
    - 중점추진분야 도출 프로세스에 의한 전략사업 도출
  
- [Module 3] 기술 개발 중장기 세부 추진계획 수립
  - (연구 목표) 기술 개발 사업의 전략사업별 세부 추진계획 및 연구개발 로드맵 수립
  - 세부 연구 내용
    - 중점추진분야별 기술개발 로드맵 제시
    - 중점과제별 세부추진내용 및 계획 제시
  - 연구 수행 방법
    - 우선 순위 선정 프로세스에 의한 중점추진과제 도출
    - 연구개발 로드맵 및 연구개발 RFP 작성
  
- [Module 4] 기술 개발 사업 타당성 및 기대효과 분석
  - (연구 목표) 사업 추진 타당성 검토 및 기대효과·활용방안 제시
  - 세부 연구 내용
    - 정책적 타당성 분석
    - 기술적 타당성 분석
    - 경제적 타당성 분석
    - 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과
    - 정책제언
  - 연구 수행 방법
    - 사업 추진 타당성 분석(KISTEP 등의 정부연구개발 예비타당성 조사 표준 지침 활용)
    - 활용방안 및 기대효과 분석
    - 정책제언 제시

[그림 1-3] 연구 범위 및 주요 내용





## 제2장 도시 재난안전 현황 및 평가



- 1절 지진재난 특성 및 발생 현황
- 2절 도시 재난안전 여건 변화
- 3절 재난안전 패러다임 변화



## 제2장 도시 재난안전 현황 및 평가

### 1절 지진재난 특성 및 발생 현황

#### 1. 지진재난 관련 용어 정의

- 유엔재난저감국제계획(The United Nations: The International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR)에서는 재해와 재난을 다음과 같이 정의

##### 1) 재해(Hazard)

- 인간에게 피해를 줄 가능성이 있는 사건 또는 현상
  - 역사적인 자료 또는 과학적 해석을 통해 결정된 서로 다른 지역에 대해 세기가 다른 재해의 잠재적 발생빈도로 정량화된 값
  - 인명손실, 상해 또는 다른 건강상 나쁜 영향; 재산피해; 생계 및 공공서비스의 손실; 사회 및 경제활동 중단; 또는 환경 피해를 일으킬 수 있는 위험한 현상, 물질, 인간행동 또는 조건
  - 취약하고 노출된 요소에 안 좋은 영향을 끼칠 수 있는 미래에 가능한 자연 또는 인적 물리현상 (White, 1973; UNDRO, 1980; Cardona, 1990; UNDHA, 1992; Birkmann, 2006b)

##### 2) 재난(Disaster)

- 재해로 인해 인간에게 피해가 발생한 사건 또는 현상
  - 인간, 자원, 경제 또는 환경의 광범위한 손실 및 충격으로 인해, 사회가 갖고 있는 자원 혹은 극복할 수 있는 능력이 심각한 기능 중단에 이르는 상황

##### 3) 노출(Exposure)

- 인간이 피해를 입을 만큼 재해에 근접하게 위치한 상황
  - 재해 영향권 내에 인간; 생계; 환경의 공공서비스 및 자원, 기간시설; 또는 경제적, 사회적 또는 문화적 자산이 존재하여 영향을 받는 것(Gasper, 2010; Cardona, 1990; UNISDR, 2004, 2009b)
  - 노출은 재난위험의 필요조건이지만 충분조건은 아님
    - 즉, 재해에 취약하기 위해서는 노출되어야 하지만, 이러한 노출이 모두 재난으로 이어지지 않는

#### 4) 취약성(Vulnerability)

□ 재해로 인해 인간이 피해 혹은 사물이 부정적인 영향을 받기 쉬운 정도

- 재난위험 영역에서는 재해의 안 좋은 영향에 대해 예측, 대처, 유지 및 복구 능력에 영향을 주는 사람 또는 그룹의 특성 및 상황을 의미함(Wisner et al., 2004; UNDRO, 1980; Cardona, 1986, 1990, 1993; Liverman, 1990; Maskrey, 1993b; Cannon, 1994, 2006; Blaikie et al., 1996; Weichselgartner, 2001; Bogardi and Birkmann, 2004; UNISDR, 2004, 2009b; Birkmann, 2006b; Janssen et al., 2006; Thywissen, 2006).

□ 따라서 ‘지진재난=지진재해×노출×취약성’ 으로 요약 가능

- 세 가지의 요건 중 어느 하나의 조건이라도 충족시키지 못하면 재난은 발생하지 않음
- 도시에 재난이 발생하려면, 재해가 먼저 발생하여 노출이 되고 이 도시에 취약성이 존재해야만 하며 만약 이 중 하나의 조건이라도 포함되지 않으면 재난은 발생하지 않음(UNDRO, 1980; Cuny, 1984; Cardona, 1986, 1993, 2011; Davis and Wall, 1992; UNISDR, 2004, 2009; Birkmann, 2006a,b; van Aalst 2006).
  - 예를 들어 지진발생 장소와 도시가 근접하여 지진재해에 노출되었고, 내진설계 미비로 인해 도시의 시설물이 지진 취약성에 노출되어 있으면 재난 발생
  - 내진설계가 완벽할 경우 재난으로 인한 피해는 발생하지 않으며, 이와 반대로 내진설계가 미비하여도 지진 발생지와 멀리 떨어져 있으면 재난은 발생하지 않음

#### 2. 도시 지진재난(Urban Earthquake) 특성

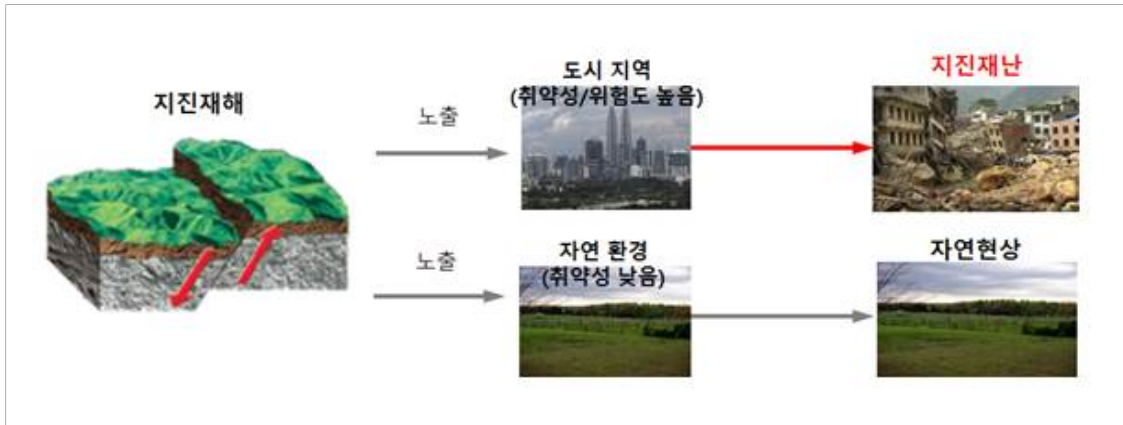
□ 동일한 수준의 지진재해가 발생하여도 취약성의 정도에 따라 지진재난 발생으로 연이 높고 낮음에 따라 지진재난 발생여부가 달라짐

- 취약성이 낮은 자연 환경에서 지진재해가 발생했을 경우에는 취약성이 낮으므로 일반적인 자연현상으로 머물지만, 도시화, 인구 과밀화, 경제시설이 밀집한 취약성이 높은 도시 지역<sup>1)</sup>에 지진재해가 발생할 경우 지진재난으로 연결

1) 도시의 개념은 국가에 따라 상이하기 때문에 일률적으로 정의하기는 어려우나 UN은 인구수 20,000 이상을 도시 지역(Urban)으로 규정하고 있으며, 한국의 경우 인구 50,000명 이상을 시로 규정

- 이와 같이 인구의 다수가 상·공업에 종사하며 밀집된 거주 지역인 도시에 인구수 집중 현상, 시골/농업 활동에서 도시/산업 활동으로의 변천에 따라 재화나 서비스를 생산·분배·소비 활동이 이루어지는 해당 지역에 지진재난이 발생할 경우 그 인명 및 경제적 피해는 클 수밖에 없음

[그림 2-1] 취약수준에 따른 지진재해 발생 결과의 차이



- 독일의 Munich Re 회사는 도시 지역에 지진재난이 발생할 경우, 인구수와 경제적 지표인 GDP에 따라 그 지진 피해 정도를 가늠할 수 있는 재해위험지수 제시
  - 지진에 대한 전 세계 대도시 위험지수의 산정 결과를 토대로, 도시 지진재난에 영향을 미치는 요인 파악 가능
  - 위험 영향 요인, 취약도, 노출의 세 가지 요소를 고려하여 전체 위험지수를 산정한 후 세계 20개 각각의 대도시 재해 위험지수를 도출함으로써 위험과 손실가능성을 명확하게 할 수 있음
  - 인구 100만 이상의 50개 도시들에 근거하며, 선정기준은 거주자의 수와 세계적인 중요도에 따름
    - 이는 거주자 수가 많고 GDP가 높으며, 세계적으로 그 중요성을 지니는 대도시일수록 지진재난 발생 시의 위험도가 높음
  - 국내의 경우 타국가의 대도시에 비해 지진발생 횟수는 적으나, GDP 비율이 높고 도시 지역 인구 과밀화 현상으로 인해 위험지수가 높은 것으로 판단됨

[표 2-1] 세계 대도시 재해위험지수

대도시	2003년 인구(명)	2015년 인구(명/예상)	GDP비율(%)	위험지수
도쿄권(일본)	3,500만	3,620만	40	710.0
샌프란시스코권(미국)	700만	770만	5	167.0
로스앤젤레스(미국)	1,640만	1,760만	10	100.0
오사카, 고베, 교토권(일본)	1,300만	1,460만	20	92.0
마이애미(미국)	390만	450만	5	45.0
뉴욕(미국)	2,120만	2,280만	10	42.0
홍콩(중국)	700만	790만	10	41.0
마닐라, 케손권(필리핀)	1,390만	1,680만	30	31.0
런던(영국)	760만	760만	15	30.0
파리(프랑스)	980만	10,000만	30	25.0
시카고(미국)	920만	1,000만	5	20.0
멕시코시티(멕시코)	1,870만	2,060만	40	19.0
워싱턴, 볼티모어권(미국)	760만	860만	5	16.0
서울, 인천권(한국)	2,030만	2,470만	50	15.0
베이징(중국)	1,080만	1,110만	5	15.0
루르지역(독일)	1,110만	1,110만	15	14.0
상하이(중국)	1,280만	1,270만	10	13.0
란트스타드(네덜란드)	700만	8,000만	50	12.0
모스크바(러시아)	1,050만	1,090만	20	11.0
프랑크푸르트(독일)	270만	270만	10	9.5

주) 세계 각 도시의 GDP 및 위험지수를 제시하기 위해 참고한 자료의 수치를 그대로 인용하였으므로, 본 도표의 2015년 인구수는 예상치로 표시된 것임

자료: 국민안전처, 도시기반 인프라 네트워크의 지진 취약도 함수 개발, 2015

### 3. 지진재난 발생 현황

#### 1) 국외 지진재난 현황

□ 1978년 지진 관측이 시작된 이후 규모 5.0 이상은 총 60,637건을 기록하였으며, 1978년부터 2013년도까지 연평균 지진은 총 1,636.2차례 발생

○ 평균 지진 발생 횟수를 살펴보면 규모 5.0 이상 6.0 이하 지진은 1,496.6건, 6.0 이상 7.0 이하는 125.6건, 7.0 이상 8.0 이하는 13.2건, 8.0 이상 지진은 0.8건 기록

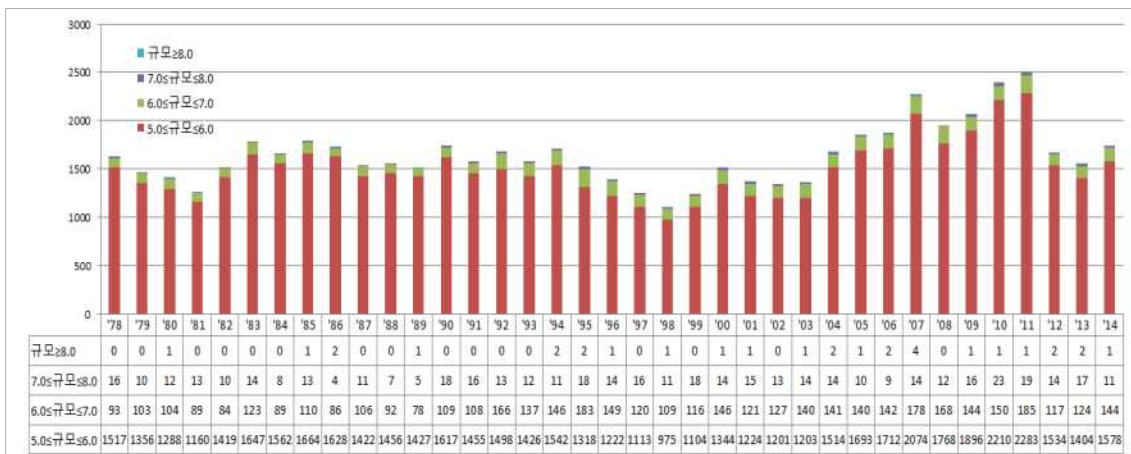
□ 2014년 기준 국외 지진은 총 1,734차례로 연평균보다 98회 증가

○ 규모 5.0 이상 6.0 이하 지진은 1,578건, 6.0 이상 7.0 이하는 144건, 7.0 이상 8.0 이하는 11건, 8.0 이상 지진은 1건을 기록

○ 이 중 칠레 이키케 북서쪽 해역에서 규모 8.0 이상의 가장 큰 규모의 지진 발생  
 - 2014년 4월 2일 08:46분경(한국시각 기준) 칠레 이키케 북서쪽 94km 해역에서 진원 깊이 25km, 규모 8.2의 대규모 지진 발생  
 - 이로 인해 칠레 이키케, 칠레 파사구아, 하와이 힐로 지역에서 지진해일이 내습하여 지진해일 경보 발령  
 - 지진 및 지진해일로 인명(사망 6명 등) 및 재산(2,500여 채 가옥 파손 등) 피해 발생

○ 8월 3일 중국 루덴현 지역에서 발생한 규모 6.5의 지진은 중국 내륙에서 발생한 지진 중 가장 큰 피해를 준 것으로 기록  
 - 이 지진은 지표로부터 10km 깊이에서 발생하여 인명(617명의 사망자와 3,143명의 부상자) 및 재산(가옥 12,000여 채 파손 등) 피해를 발생 시킴

(그림 2-2) 연도별 국외 지진발생 추이(1978~2014년)



자료: USGS, Significant Earthquakes Archive, 2015

## 2) 국내 지진재난 현황

- 국내의 경우 지진재해대책법 제12조(국가지진위험지도의 제작·활용 등)에 따라 「국가지진위험지도 및 지진구역·지진구역계수」를 제작하여 배포·활용
  - 2013년 소방방재청에서 기존 국가지진위험도 지도와 지진구역의 재평가 및 갱신, 자치단체별 지역지진위험도를 제작하여 배포
- 국가지진위험지도 및 지진구역·지진구역계수는 시설별 내진설계의 제정 또는 개정 시 적용
  - 평균재현주기 500년을 기준으로 행정구역에 따라 지진구역 I(강원 북부 및 제주를 제외한 모든 지역), 지진구역 II(강원 북부, 제주)로 구분하여 표시(소방방재청, 2013)

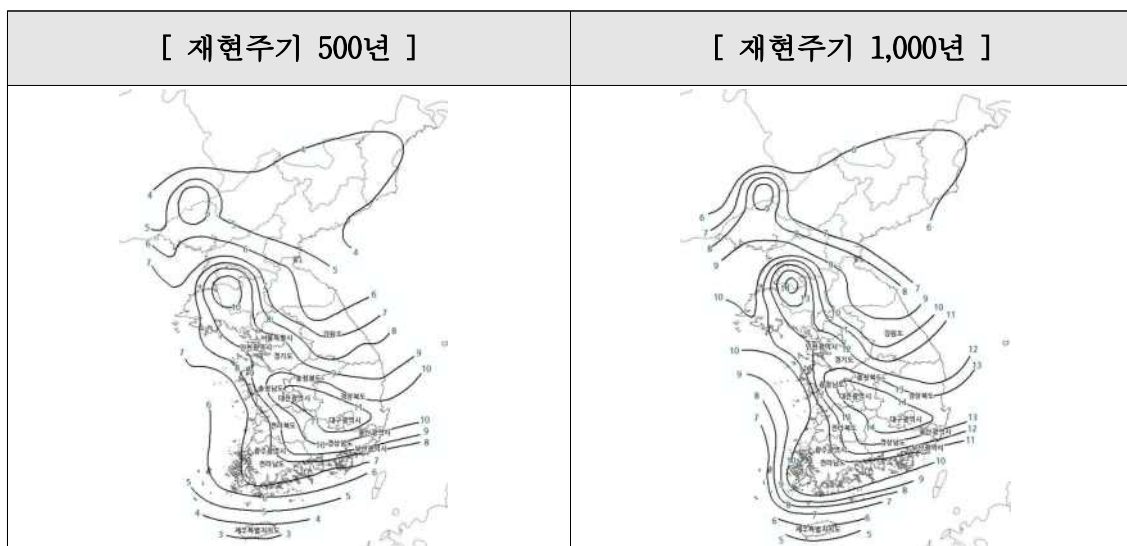
[표 2-2] 재현주기별 위험도계수

재현주기	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년	4,800년
위험도계수	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

자료: 소방방재청, 국가위험지도, 2013

- 국가지진위험도는 기존의 지진위험지도를 보완하여 제작된 것으로 재난관리 책임기관이 획득한 지질 및 지반조사 자료를 기반으로 구축
  - 그러나 과거 지진재난 빈도, 경제적·인적 피해를 통한 노출정도 등 사회·경제적, 문화적 취약성은 미적용

[그림 2-3] 재현주기별 국가지진위험지도



자료: 소방방재청, 국가위험지도, 2013

- 1978년 지진 관측이 시작된 이후 지진의 총 발생은 1,154건에 달했고 이 중 국내에 진원이 있는 규모 4.0 이상의 지진은 총 43회 관측되었으며, 규모 5.0 이상의 지진은 총 6차례 발생
  - 1980년 1월 8일 평안북도 서부 의주-삭주-귀성지역에서 규모 5.3의 한반도 내 최대 계기지진 발생
  - 북한을 제외하면 2004년 5월29일 경북 울진과 1978년 충북 속리산 부근에서 최대 5.2 규모의 지진 발생
    - 특히 2004년 경북 울진에서 발생한 지진의 경우 경상도 전체의 건물이 흔들렸고 전국적으로도 진동이 감지할 정도의 규모로 발생
  - 충남 및 인천 백령도인 서해안 지역에서 5.0 이상 규모의 지진이 총 3차례 발생
  - 2013년 4월 21일에 전라남도 신안군 해역에서 발생한 규모 4.9의 지진은 1978년 지진관측 이후 국내에서 발생한 6번째 규모의 지진임
  - 2013년 5월 18일 인천 백령도 남쪽 31KM 해역에서 발생한 규모 4.9의 지진을 포함하여 2013년에만 총 18회의 지진 발생
  - 최근 2016년 9월 12일 저녁, 경주지방을 진원으로 하는 규모 5.1과 규모 5.8의 지진이 약 1시간 간격을 두고 연달아 발생
    - 규모 5.8은 1978년 한반도 지진관측 이래 최대 규모의 지진이며 지속되고 있는 여진은 400여 회 발생
    - 건물균열 323건, 지붕파손 312건, 담장파손 122건 등 경주 지진으로 인한 재산피해 총 1035건 발생
    - 그 밖의 침성대를 포함하여 23건의 문화재 피해 발생
  - 과거 동쪽 편에서 많이 발생했던 지진의 양산단층과 달리, 이번 경주 지진은 서쪽 편에서 발생
  - 북한 지역에서도 평양 인근 지진(1952년 3월 19일; 국내 추정치 규모 6.2), 서울에서 가까운 거리에 있는 황해도 사리원에서 지진이 발생한 기록이 있음 (1982년 2월 14일; 규모 4.5)
    - 역사지진에 근거하여 우리나라에서 예상되는 지진의 최대 규모 6.5
    - 평양 인근 지진과 유사한 규모 6.0~6.5 지진 사례로부터 수백 명 수준의 인

명 피해와 수조~수십조 원의 피해가 예상

- 한반도를 지진 안전지대로 볼 수 없다는 전문가의 의견 도출
- 내진설계 공동기준 마련, 한반도 단층 조사 등 국가 지진방재체계를 강화하기 위한 근본적인 해결방안의 필요성 대두

[표 2-3] 규모별 국내 주요지진(1978~2014년 기준)

규모(M)	발생연월일	진앙(Epicenter)		
		위도(°N)	경도(°E)	발생지역
5.3	1980. 1. 8.	40.2	125.0	평북 서부 의주-삼주-귀성 지역
5.2	2004. 5. 29.	36.6	130.2	경북 울진 동쪽 약 80km 해역
5.2	1978. 9. 16.	36.6	127.9	충북 속리산 부근지역
5.1	2014. 4. 1.	36.95	124.50	충남 태안군 서경량비도 서북 서쪽 100km 해역
5.0	2003. 3. 30.	37.8	123.7	인천 백령도 서남서쪽 약 80km 해역
5.0	1978. 10. 7.	36.6	126.7	충남 홍성읍 지역
4.9	2013. 5. 18.	37.68	124.63	인천 백령도 남쪽 31km 해역
4.9	2013. 4. 21.	35.16	124.56	전남 신안군 흑산면 북서쪽 101km 해역
4.9	2003. 3. 23.	35.0	124.6	전남 홍도 북서쪽 약 50km 해역
4.9	1994. 7. 26.	34.9	124.1	전남 홍도 서북서쪽 약 100km 해역

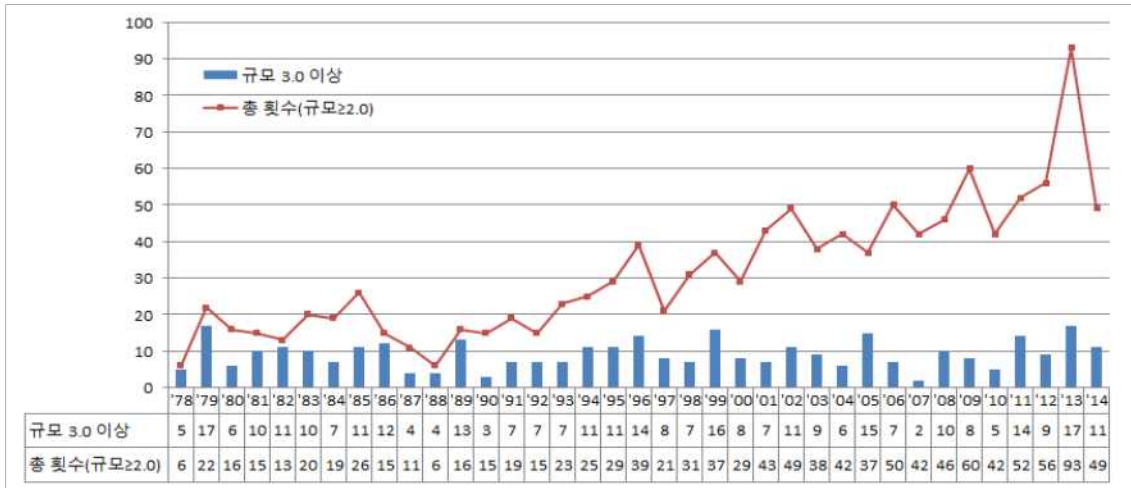
자료: 기상청, 국내 지진 규모별 순위, 2015

- 최근 한반도 및 주변 지역에서 지진 발생이 잦아지는 경향이 있으므로 지속적인 모니터링이 요구
  - 지진의 발생빈도와 규모로 보아 대규모 지진전조 현상으로 판단하기는 어려우나, 2011년 3월 일본 동북지방 태평양 해역 지진(규모 9.0) 이후 약 5.0 이상 규모의 지진 발생
- 국내 지진 발생빈도는 2011년 동일본 대지진의 영향으로 2013년까지 증가 추세를 보이다 2014년 한반도 지각 내에 쌓인 응력이 안정화되면서 평균 수준을 유지
  - 1999년 이후 국내 지진 발생은 2009년 최대(60회)로 발생한 뒤 이듬해 42회로 줄었다가 2011년부터 다시 52회, 56회, 93회로 증가세를 보였고, 2014년에 49회로 감소
  - 규모 3.0이상의 지진도 2013년 17건 발생하였다가 2014년을 기준으로 11회로 하향세
- 1980년대부터 2010년대에 이르기까지 국내 지진 발생 전수는 시간이 지날수록

증가 추세

- 1978년 기상대 관측 이후 연평균 발생 건수는 1980년대 16회, 1990년대 26회, 2000년대 44회, 2010~2014년 54회로 빠른 증가세
- 한반도를 지진 안전지대로 볼 수 없다는 전문가의 의견 도출

[그림 2-4] 연도별 국내 지진발생 추이(1978~2014년)



주) 규모 3.0 이상의 지진: 실내의 일부 사람이 느낄 수 있는 정도 이상의 지진  
 총 횟수: 국내에서 발생한 규모 2.0 이상의 지진발생횟수  
 자료: 기상청, 국내 지진발생 추이, 2015

[표 2-4] 지진구역 및 지진구역계수

지진구역	행정구역		지진구역계수
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부*	
II	도	강원 북부**, 제주	0.07g
* 강원 남부: 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백 ** 강원 북부: 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초			

주) 지진구역계수: 우리나라의 지진재해도 해석결과에 근거한 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당되는 암반상 지진지반운동의 세기를 나타내는 계수  
 자료: 소방방재청, 국가위험지도, 2013

[그림 2-5] 지진구역계수와 지진규모와의 관계

지진구역 2 : $0.07 \times 980 = 68.6 \text{ cm/sec}^2$															
↓															
지진구역 1 : $0.11 \times 980 = 107.8 \text{ cm/sec}^2$															
↓															
GAL		15		20		39		69		147		294		539	
진도	MM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
	JMA	I			II	III	IV	V	VI	VI	VI	VI	VI		
	RF	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X	X	X		
	MSK	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII		
규모		2		3		4		5		6		7		8	

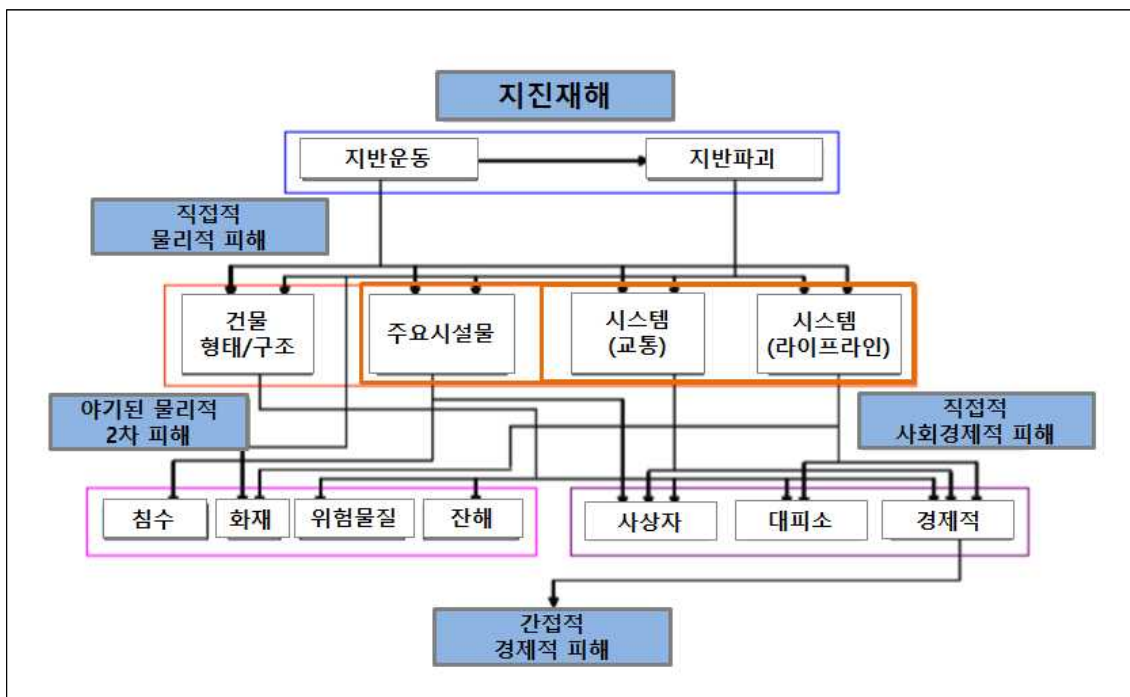
- 지진구역계수가 더 큰 지진구역 I 은 지진구역 II 보다 동일한 지진재난이 발생해도 지진규모가 더 크고 GAL(지진 흔들림의 가속도 표시 단위, Ground acceleration)지수가 더 높음
  - 동일한 지진 발생 시 지진구역 2는  $68.6 \text{ cm/sec}^2$  의 흔들림과 규모 5 정도의 지진을 동반하는 반면, 지진구역 1은  $107.8 \text{ cm/sec}^2$ 의 흔들림과 지진규모 6 초반 대의 피해를 입을 수 있음
  - 따라서 서울, 인천, 대전, 부산, 대구 등과 같은 대도시 지역은 지진규모가 크고 GAL 지수가 높기 때문에 상대적으로 지진재난의 피해가 더욱 클 수밖에 없음

## 2절 도시 재난안전 여건 변화 요인

### 1. 도시 재난안전 요인

- 지반운동으로 인한 지반 파괴는 건물, 주요 기반시설, 시스템 등에 영향을 미치고 이는 다시 물리적 2차 피해 및 직접적·간접적 사회경제적 피해를 유발
  - 지진재해 정도를 추정하면 지진재난으로 인한 피해를 파악할 수 있으며, 이는 지진재난의 피해를 가중시키는 요인을 파악하는 것이 가능
  - 따라서 지진재난의 피해를 가중시키는 요인을 파악하고 지진재난으로부터 도시의 안전을 유지하기 위해서는 도시 지역의 안전 여건을 변화시키는 요인 파악이 선행되어야 함
    - 도시 지역의 안전 여건을 변화시키는 요인은 크게 도시 공간의 취약성을 증대시키는 물리적 요인 및 인구 변화, 도시화 등 사회경제적 변화를 수반하는 사회경제적 요인으로 구분 가능

[그림 2-6] 지진재해 추정 모듈



자료: 소방방재청, 주요 시설물의 지진대비 필수기능 유지방안 연구 재가공, 2006,

## 1) 물리적 요인

□ 도시공간의 취약성(vulnerability)이란 어떤 외부적인 충격이나 재난발생 시 피해를 입기 쉬운 정도<sup>2)</sup>

○ 이는 지형과 같은 자연적인 조건, 토지이용과 토지피복, 건축물·도로시설의 밀도·구조·형태·견고성·노후화 등 다양한 요인에 의해 영향을 받음

□ 도시 공간 취약성에 가장 영향을 많이 미치는 물리적 요인을 선정, 각 요인별로 서울시의 현황을 파악하는 것은 재난안전 여건을 파악하는데 중요

○ 물리적 요인: 지하 공간 증가, 주요 도로시설 건설 증가, 건축물 및 도로시설 노후화, 1종 및 2종 안전관리대상 시설 증가, 내진성능 확보율 저조 등

### ① 지하 공간 증가

□ 도시 공간의 고밀화에 따라 재난에 상대적으로 취약한 지하 공간 개발 또한 증가하고 있으며, 최근에는 지하철, 전력구 등을 중심으로 지하 40m 이상의 대심도 지하 공간 개발 증가 추세

○ 현재 주요 대심도 터널 사업으로 서울시의 U-Smartway 지하도로 사업과, 경기도의 GTX(수도권 광역 급행 철도) 진행

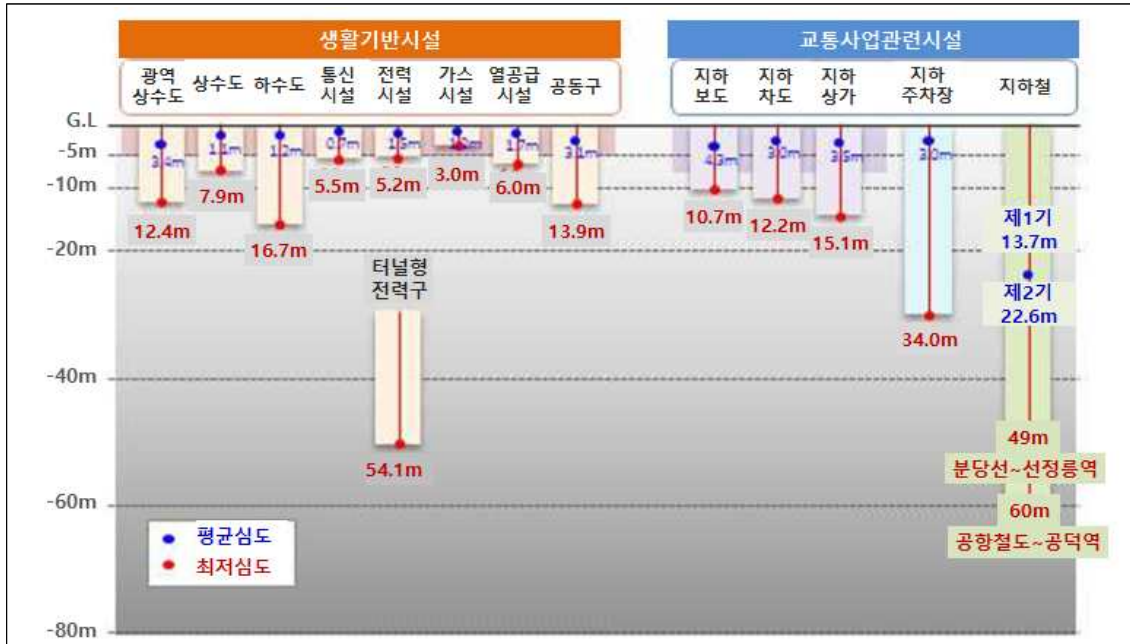
- U-Smartway: 지하 40~60m 대심도, 남북축 및 동서축 각 3개 노선의 3x3 격자형, 총연장 149km, 추정사업비 약 11조 2천억원

- GTX: 지하 50m 대심도, 3개 노선 총 연장 145.5km, 추정사업비 약 12조원

□ 도로별 교량 및 터널, 철도터널 등이 많이 분포해 있는 도시에 지진이 발생할 경우 인명 피해 및 경제적 손실이 클 수밖에 없으며, 교량과 터널이 붕괴된 잔해 속에서 구조 작업 시에는 어려움이 따름

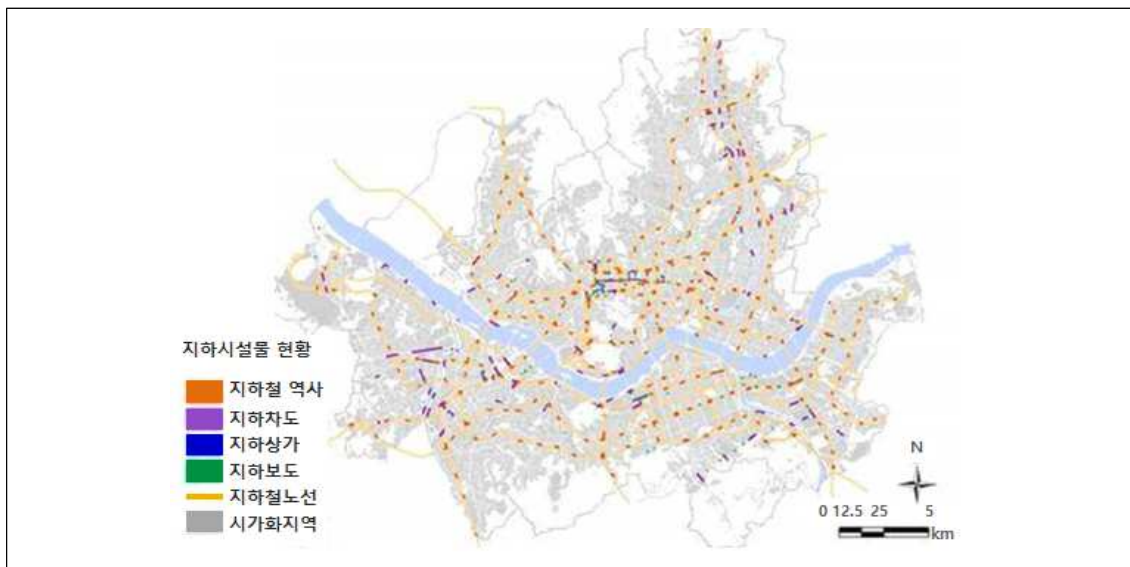
2) 서울특별시, 서울특별시 안전관리 기본계획, 2014

[그림 2-7] 지하시설물별 종합 심도 분포



자료: 한국철도시설공단, 내부자료 재편집, 2012

[그림 2-8] 서울시 지하시설물 분포 현황



자료: 서울특별시, 서울특별시 안전관리 기본계획, 2014

② 주요 도로시설 건설 증가

□ 대부분의 선행 연구에서는 국가의 주요 도로시설을 자연재해대책법 시행령 제

30조에 열거된 항공, 항만, 철도, 도시철도, 가스, 통신, 전력, 원자력시설로 정의하고 지진대비 필수기능 유지를 위한 연구를 진행

□ 미국 FEMA에서는 도로시설을 운송관련시설과 설비관련시설로 분류

[표 2-5] FEMA 분류에 따른 주요 시설물 종류

대분류	중분류	주요 도로시설
교통 시스템	도로	도로, 교량, 터널
	철도	선로, 교량, 역사, 터널, 연료저장소, 전력배전반, 유지관리시설
	전철	선로, 교량, 역사, 터널, 전력배전반, 유지관리시설
	버스	터미널, 연료저장소, 전력배전반, 유지관리시설
	항만	터미널, 크레인, 해안시설물, 연료저장소
	여객선	터미널, 해안시설물, 연료저장소, 유지관리시설
	공항	터미널, 관제소, 활주로, 연료저장소
라이프라인 시스템	상수도	수송관, 정수시설, 원수, 저장탱크, 양수장
	하수도	파이프라인, 하수처리시설, 양수시설
	유류	파이프라인, 정제시설, 저장탱크
	가스	파이프라인과 압축시설
	전력	변전소, 배전회로, 발전소, 송전탑
	통신	중앙 전화국과 송신기

자료: 소방방재청, 주요 도로시설의 지진대비 필수기능 유지방안 연구, 2006

□ 따라서 본 연구에서는 주요 도로시설, 시스템(교통), 시스템(라이프라인)을 개별적으로 구분하지 않고, FEMA의 분류법에 따라 주요 도로시설 내에 라이프라인 시스템과 교통시스템을 포함하기로 함

- 라이프라인시스템의 가스, 전기, 상수도와 교통시스템의 도로, 철도에 대한 현황 조사를 통하여 지진재난 위험에 미칠 수 있는 영향 파악
- 특히 지진재난 발생 시 피해의 파급효과가 큰 도시 지역으로 서울특별시(서울시)를 선정하고, 서울시의 가스, 전기, 상수도에 대한 현황 조사를 진행

⑥ 서울시 라이프라인시스템\* 현황

\* 라이프라인시스템: 가스, 전기, 상수도

□ 서울시 가스공급시설(저장소, 가스공급시설, 고정식이동 충전차량충전소, 용기충전시설 등)은 총 18개소가 위치

- 특히 가스저장소가 다른 지역에 비해 많이 소재해 있어(3개소), 지진발생 시 그 피해 증가 우려

- 많은 양의 전기가 필요한 산업 군이 분포한 부산, 경북, 경남 지역을 제외하고 서울 지역은 네 번째로 많은 전기 공급 설비시설을 갖추고 있음(97개소, 면적 738, 065 ㎡)
  - 발전시설과 변전시설이 다른 지역에 비해 많이 위치해 있으므로, 지진발생 시 전기 공급 중단으로 인한 사회경제적 피해를 더욱 급증시킬 수 있는 요인으로 작용 가능
  - 서울시의 거주인구에게 발전 시설로부터 만들어진 전기의 공급과 변전소 상호 간을 연결하는 송전선로의 연장이 많이 이루어졌음(449,857m)
    - 지진재해에 의해 15만 4천 볼트 이상의 전기가 흐르는 송전선로가 파괴되었을 경우 화재와 같은 물리적인 2차 피해를 유발
- 서울시는 마을상수도나 인근지자체에서 급수를 받지 않는 상황이고 서울시 거주·급수 인구 10,388,055명 모두 서울수도사업자에게서 급수 보급이 100%로 이루어지고 있는 상황
  - 지진발생 시 미급수 인구는 기하급수적으로 증가하게 되며, 상수도 파괴 시 주변 인근 지역의 침수 위험 존재

〔표 2-6〕 서울시 가스공급설비 현황(2014년 기준)

합계			저장소			가스공급시설		
개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)	개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)	개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)
18	170,289	0	3	94,585	0	14	73,334	1

자료: 한국토지주택공사 홈페이지, 도시계획현황

〔표 2-7〕 서울시 전기공급설비 현황(2014년 기준)

계			발전시설			변전시설			송전선로		
개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)	개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)	개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)	개소수 (개소)	면적 (㎡)	연장 (m)
97	738,065	0	7	28,958	0	62	646,385	0	28	62,722	449,857

자료: 한국토지주택공사 홈페이지, 도시계획현황

[표 2-8] 서울시 상수도보급 현황(2013년 기준)

총인구 (천명)	급수인구 (천명)	수도사업형태별 급수인구				미급수 인구 (명)	행정구역 기준 보급율 지표		
		당해수도 사업자 급수인구 (천명)	인근 지자체에 직접 급수한 인구(명)	타수도사업 자에 의해 직접급수 받는인구 (명)	마을 상수도 급수인구 (명)		일반 상수도 보급률 (%)	지방 및 광역 상수도 보급률(%)	급수 보급률 (%)
소계	소계	소계	소계	소계	소계	소계	소계	소계	소계
1,038	1,038	1,038	0	0	0	0	100	100	100

자료: 환경부 홈페이지, 상수도통계

⑦ 서울시 교통시스템 현황

- 2007~2014년 기간 동안 국내 도로 교량은 29,896개소, 총 연장선 2,950km로 교량 개소 및 총 연장선이 지속적으로 증가하는 추세

[표 2-9] 전국 도로별 교량 및 터널 현황(2007~2014년)

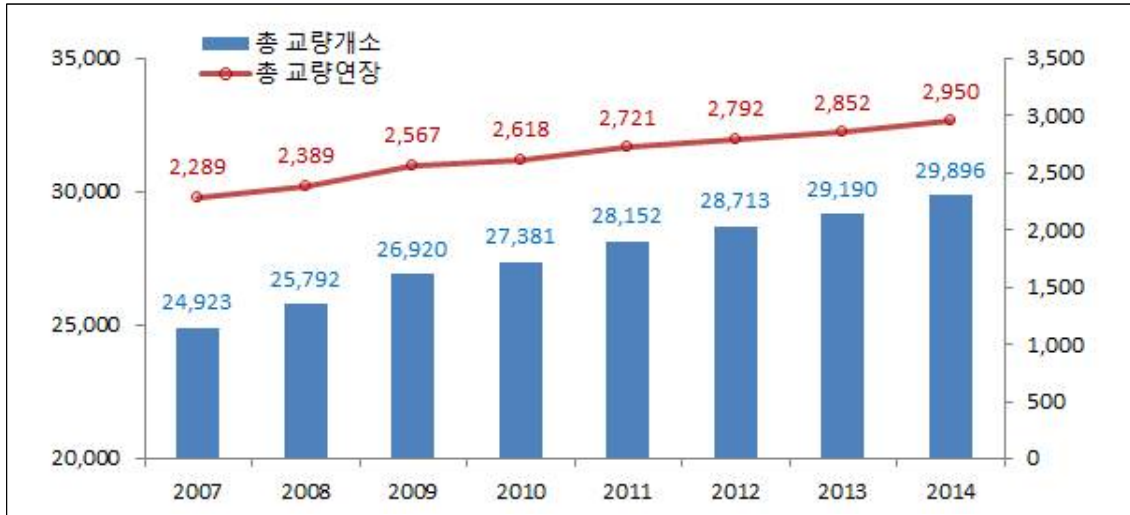
(단위: 개소, km)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
교량개소	24,923	25,792	26,920	27,381	28,152	28,713	29,190	29,896
교량연장	2,289	2,389	2,567	2,618	2,721	2,792	2,852	2,950
터널개소	1,064	1,152	1,287	1,382	1,465	1,578	1,659	1,777
터널연장	755	806	910	974	1,053	1,149	1,208	1,293

자료: 국토교통통계누리, 도로교량 및 터널 현황, 2015

[그림 2-9] 국내 도로별 교량 개소 및 연장 추이(2007년~2014년)

(단위: 개소, km)



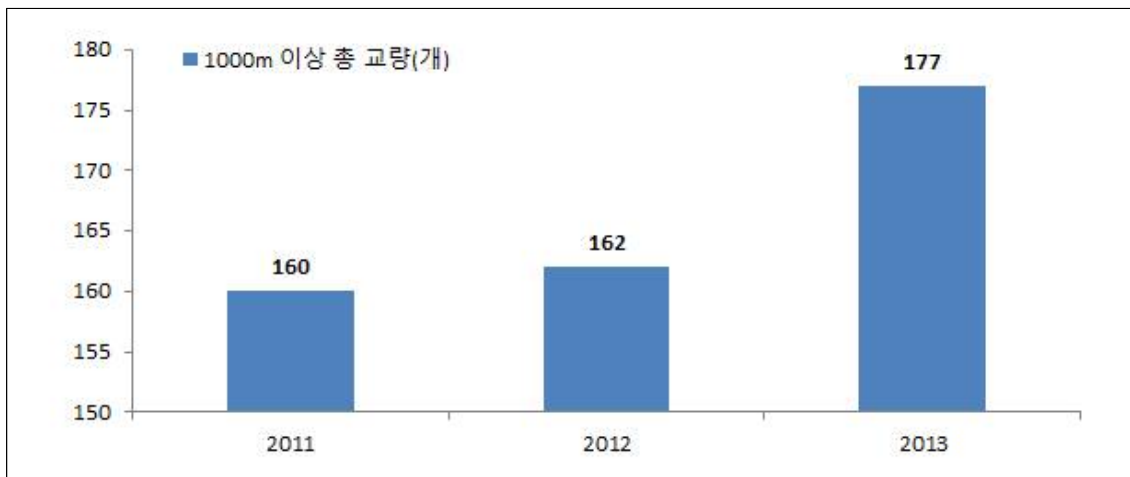
자료: 국토교통통계누리, 도로교량 및 터널 현황 재가공, 2015

- 현재 초장대 교량\* 건설은 국토교통부 건설 분야의 가치창조 핵심연구사업 중 하나로, 1,000m 이상의 초장대교 건설은 2011년 160개에서 2013년 177개로 장대 교량이 점차 증가 추세

\* 초장대 교량: 이 용어에 대한 법적 기준은 현재 마련되어 있지 않으나 주경간장 (주탑 간 거리) 기준 사장교 1,000m이상인 교량으로 통용

[그림 2-10] 국내 주요 초장대 교량 현황(2011 ~ 2013년)

(단위: 개)

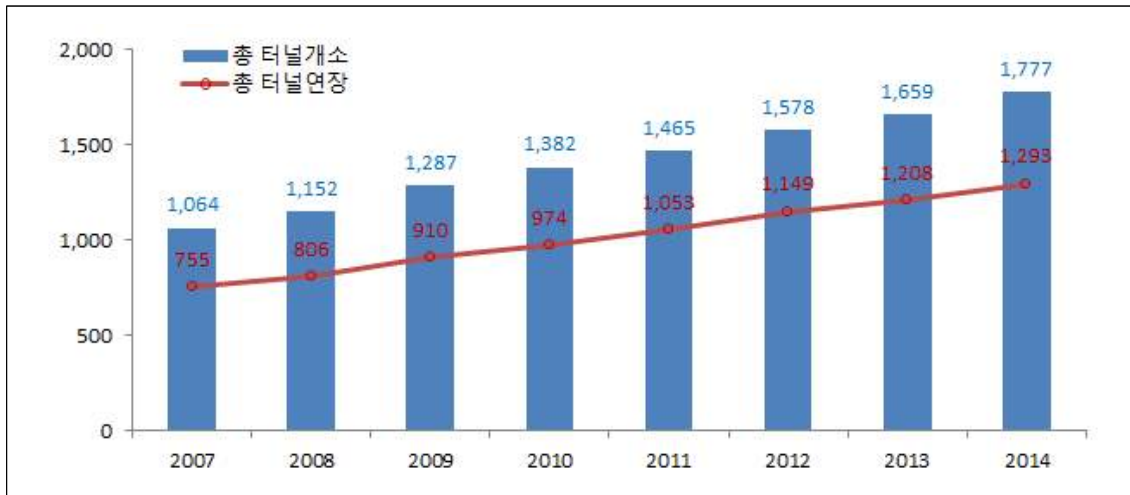


자료: 국토교통통계누리, 도로교량 및 터널 현황 재가공, 2015

- 2007~2014년 기간 동안의 국내 도로별 터널 현황은 터널 개소 1,777개, 총연장선 1,293km로 터널 개소 및 총 연장선이 지속적으로 증가하는 추세

[그림 2-11] 국내 도로별 터널 개소 및 연장 추이(2007년~2014년)

(단위: 개소, km)



자료: 국토교통통계누리, 도로교량 및 터널 현황 재가공, 2015

□ 2013년도 국내 일반철도 구간은 459.4km, 고속철도 구간은 150.5km를 차지

○ 1km 이상 장대 일반철도 터널은 109개소로, 전체 철도터널의 21.05%를 차지

[표 2-10] 2013년 국내 철도터널 현황

구분	총연장(km)	1km미만(개소)	1~5km(개소)	5km 이상(개소)
고속철도	150.5	50	29	6
일반철도	459.4	490	98	11

자료: 국토교통통계누리, 철도/철도터널현황, 2013.12

### ③ 노후 도로망 시설

□ 우리나라 대부분의 기반시설물은 70년대 경제성장과 함께 ‘압축 건설’로 지어진 것으로, 현재 40년이 지난 기반시설물은 노후화가 급속히 진행

○ 2014년 1월 기준, 30년 이상 지난 도로시설은 전체 도로시설의 9.6% 비중을 차지하고 있으나, 10년 후에는 21.5%로 그 비중이 크게 증가하여 급속한 고령화가 진행될 것으로 예상

□ 미국의 교량 붕괴 사고 이후 교량의 고령화 기준 변경

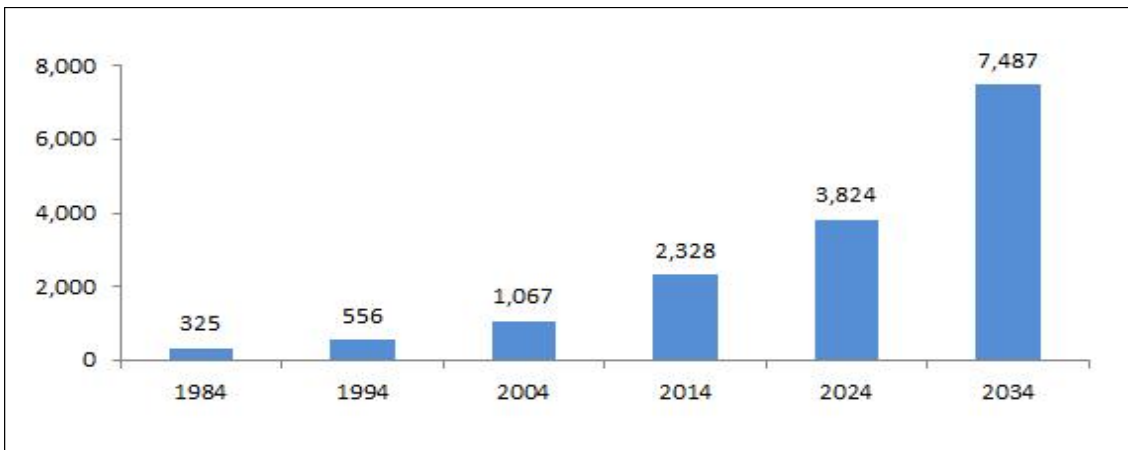
○ 준공 후 25~40년 이상이 지난 교량을 고령화 도로시설로 간주하였다가, 준공

후 30년으로 기준 변경

- 미국의 교량이 준공된 후 30년이 채 되지 않아 붕괴되는 사례 발생
  - 1968년 준공된 코네티컷주 Mianus River 교량 1983년 붕괴
  - 1954년 준공된 뉴욕주 Thruway 교량 1987년 붕괴
  - 1967년 준공된 미네소타주 Minisota 교량 [I-35W Mississippi River bridge] 2007년 붕괴(1990년 구조적 결함 진단)
- 도시 기능을 유지하고 원활하게 하기 위한 도로시설은 교통시설, 방재시설, 환경기초시설 등 많으나, 이 중 도로시설물 중심으로 노후화 현황 파악
  - 도로시설물에는 한강교량, 일반교량, 고가차도, 입체교차, 터널, 지하보도, 보도육교, 공동구, 복개구조, 언더패스가 포함
  - 서울시의 도로시설물은 2014년 12월 기준 1,136개소이며, 총 439km 연장된 것으로 나타남

[그림 2-12] 연도별 30년 이상 경과된 도로시설 수 추이 변화

(단위: 개)



[표 2-11] 서울시 도로시설물 현황

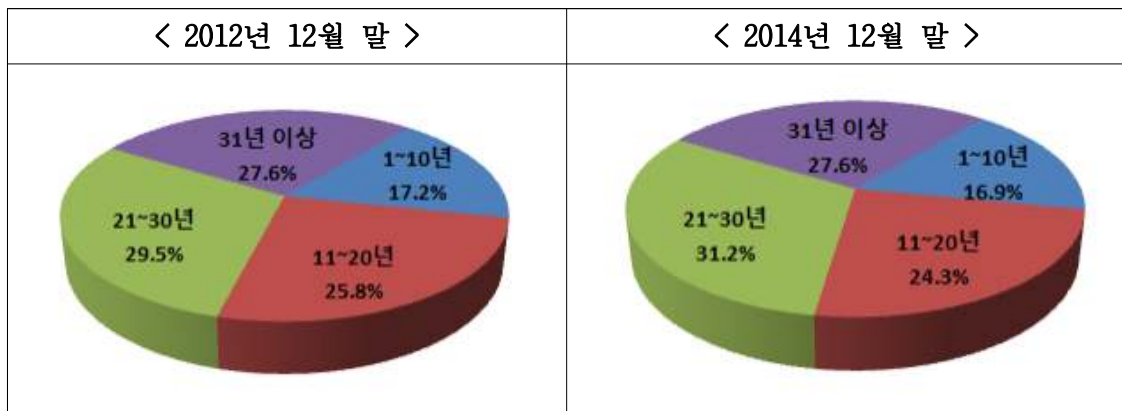
구분	계	한강교량	일반교량	고가차도	입체교차	터널	지하차도	지하보도	보도육교	복개구조	공동구	언더패스
시설수 (개소)	1,136	21	470	96	28	41	142	89	166	71	6	6
연장 (m)	439,445	53,083	59,712	83,091	14,549	25,177	41,797	4,942	7,806	81,110	66,585	1,593

자료: 서울시 도로시설과, 서울시, 자치구 도로시설물 현황 총괄, 2015

□ 서울시에서 관리하는 도로시설물 중, 2014년 기준 31년 이상 도로시설물은 27.6%, 21년 이상 30년 이하 도로시설물은 31.2%로 나타남

- 1~10년 이하 도로시설은 2012년 17.2%에서 2014년 16.9%로 감소하였고, 11~20년된 도로시설도 2012년 25.8%에서 2014년 24.3%로 감소
- 21~30년 도로시설은 2012년 29.5%에서 2014년 31.2%로 증가
  - 현재 상태를 그대로 유지한다면 향후 10년 후에는 30년 이상 노후화된 도로시설물이 50% 이상이 될 것으로 전망

[그림 2-13] 서울시 관할 경과연수별 도로시설물 비율



자료: 서울시 도로시설과, 서울시 자치구 도로시설물 현황 총괄, 2015; 서울시 도로관리과, 도로시설물 현황자료, 2013

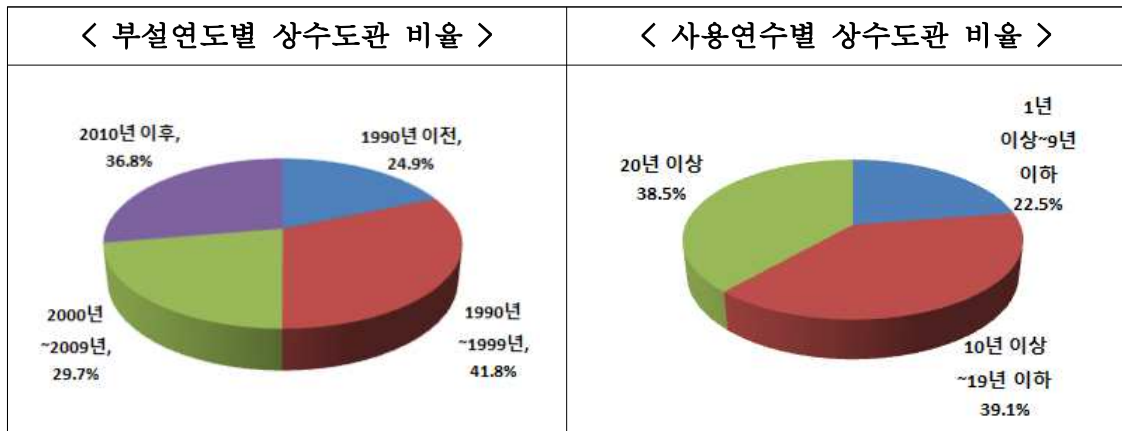
□ 서울의 상수도 총연장은 13,786km에 달하며, 이 중 1990년 이전에 부설된 시설연장의 비율은 24.9%에 달함

[표 2-12] 서울시의 상수도관 노후도 현황

부설연도		상수도 연장(km)	비율(%)
1990년 이전		3,427	24.9
1990년 이후	1990~1999년	5,758	41.8
	2000~2009년	4,093	29.7
	2010년 이후	5,075	36.8
계		13,786	100.0

자료: 환경부, 2013년 환경부 통계자료, 2013

[그림 2-14] 서울시 부설연도 및 사용연수별 상수도관 비율



자료: 환경부, 2013년 환경부 통계자료, 2013

③ 1종 및 2종 안전관리대상 시설 증가

□ 노후 도로망시설과 함께 서울시의 도로시설들은 점차 대형화되고 있으며, 그만큼 지진재난이 발생할 경우 대형재난으로 이어질 가능성 증가

○ 2013년 6월 기준 서울시의 「시설물 안전관리에 관한 특별법」에 의한 시설물은 9,319개소이며, 이 중 1종은 1,175개소, 2종은 8,144개소

- 1종 및 2종 시설물은 지속적으로 증가하는 추세이므로, 재난에 대비하는 도로시설 안전점검을 정기적으로 수행하여 노후 도로망시설로 인한 피해 감소 필요

[표 2-13] 2013년 서울시 1종 및 2종 안전관리대상 시설물 현황

(단위: 개소)

종별		전체	1종	2종
교량	도로교량	200	80	120
	복개구조물	45	18	27
	철도교량	40	40	0
	소계	285	138	147
터널	도로터널	44	16	28
	지하차도	47	2	45
	철도터널	292	292	0
	소계	383	310	73
건축물	공동주택	6,370	0	6,370
	건축물	1,059	518	541
	다중이용건축물	538	21	517
	철도역시설	323	1	322
	지하도상가	13	3	10
	소계	8,303	543	7,760
하천	하구둑	2	2	0
	수문	226	138	88
	제방	15	0	15
	보	0	0	0
	소계	243	140	103
상하수도	광역상수도	0	0	0
	공업용수도	0	0	0
	지방상수도	44	44	0
	공공하수처리시설	5	0	5
	소계	49	44	5
합계		9,263	1,175	8,088

주) 1종 및 2종 안전관리대상 시설물에서 옹벽과 절토사면의 현황은 제외

자료: 서울특별시, 서울특별시 안전관리 기본계획, 2014

## 2. 사회경제적 요인

- 공간의 면적, 인구수, 인구밀도는 사회경제적 변화를 증대시키는 기본 요인이면서, 도시 공간의 취약성에 직·간접적으로 영향을 미치는 요인

- 2014년 기준 서울시 행정구역면적은 605.21km<sup>2</sup>이며, 인구수는 10,103천명(주민등록인구 기준)이 등록되어 있으며, 2010년 인구밀도(인구주택 총 조사기준)는 1 km<sup>2</sup>당 16,189명으로 조사

### 1) 인구통계학적 계층별 재해·재난에 대한 취약성

- 재난 약자에 대한 조작적 정의는 아직 없고 일선 재난현장에서 재난 취약 계층이란 용어가 사용되고 있으나, 이도 뚜렷한 정의는 없는 상태

- 방재연구소(2010)<sup>3)</sup>의 보고서는 재난 약자를 다음과 같이 정의
  - 재난 약자란 ① 경제적으로 기본적인 안전 환경을 유지할 수 없거나, ② 재난발생 시 신체적으로 자력에 의한 신속한 대피 및 초기대응을 할 수 없는 자 또는 ③ 환경적인 요인에 의해 재난 취약성을 갖는 자
- 이은애(2008)<sup>4)</sup>의 연구에 따르면, 재난 약자란 자신이 위험에 처한 경우 그것을 알 수 있는 능력(위험관찰능력), 위험을 알리는 정보를 받아들이는 능력(정보입수, 발언능력), 그러한 위험에 대해 적절한 행동을 취할 능력(행동능력)면에서 장애를 가지고 있는 사람들을 총칭
- 재난 약자 및 재난 취약 계층은 재난을 야기하는 위험인자로부터 피해를 받기 쉽거나 영향 받은 피해로부터 복구가 어려운 사람 혹은 계층을 의미함

- 인구통계학적 계층별 재해·재난에 취약한 정도는 지진위험도를 증가시키는 요인으로 작용

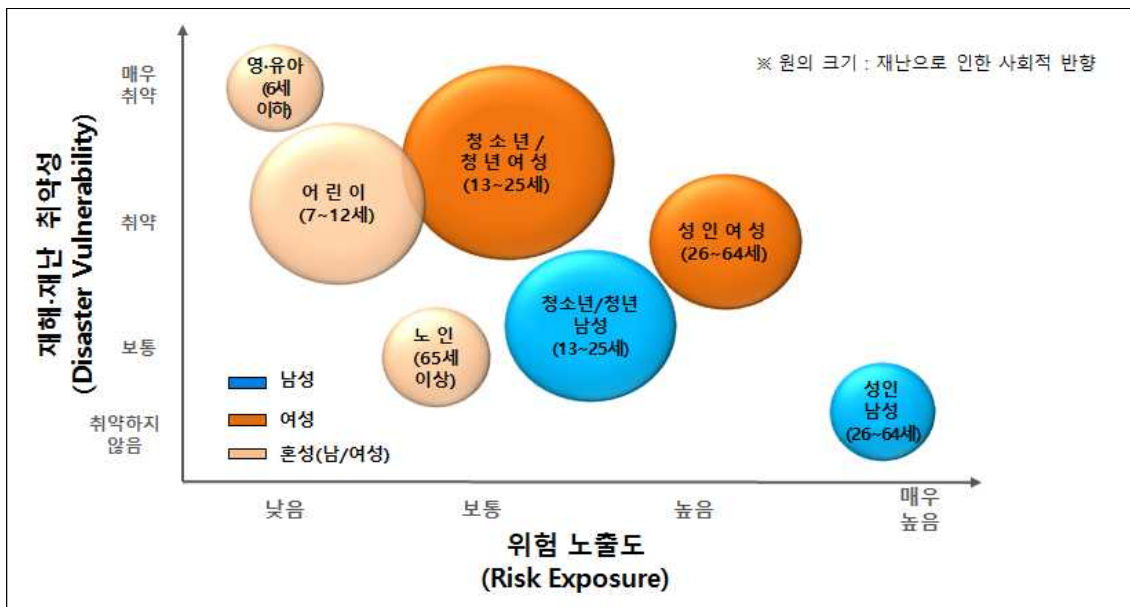
- 특히 영·유아, 어린이, 노인, 청소년 여성의 경우 위험에 노출되는 정도가 적어도 그 재해·재난으로 인한 취약성은 크며, 재해·재난으로 인한 피해 정도가 증가하여 사회적 반향을 더욱 크게 일으킴
  - 영·유아 및 어린이는 재난 위험과 경고 내용의 이해가 부족하여 재해·재난의 피해가 더욱 커질 수 있음

3) 방재연구소, 재난약자 방재대책 실태조사 및 분석, 2010

4) 이은애, 재난발생 시 재해약자지원시스템 구축 방향, 『방재연구』, 제10권 제4호(2008)

- 국내의 경우 고령화 또는 고령화 사회<sup>5)</sup>에 진입하면서 재해 가중 요인이 점차 빠른 속도로 증가
  - 재난 발생 시 노년층은 거동의 불편함 등 이동이 불가능한 경우가 많아 신속한 대피에 어려움을 겪게 되므로, 고령화 문제<sup>6)</sup>는 재난관리의 중요한 요소로 부상
  - 노인들은 자신의 집에 대한 애착이 강한 특성이 있어 긴급 상황 발생 시에도 집을 떠나 대피하지 않으려는 성향을 보이기 때문에 적은 공무원 인력으로 대피 유도를 해야 하는 어려움이 존재
- 가족 구조 변화의 재편성은 재난 발생 시 취약 요소로 작용 가능
  - 이전에는 성인 남성을 위주로 구성된 가족 형태였으나, 현재 우리나라는 성인 남성이 배제된 가족 구성도 점차 증가하는 추세
  - 남성의 경우 재난 위험에 노출된 정도가 매우 높아도 다른 계층에 비해 신체를 보호할 능력이나 이동 수단 확보가 용이하므로, 성인 남성이 있는 가족의 재난 취약성은 상대적으로 높지 않음
  - 반면 재해발생 시 여성만으로 구성된 가정 또는 또 다른 형태의 별도 세대로 구성된 가정은 성인 남성이 있는 과거 남성 중심의 가정과 달리 신속한 대피나 대처가 어려움

[그림 2-15] 인구통계학적 계층별 위험 노출 및 재해·재난 취약성 정도



자료: 소방방재청, 미래 재난환경에 대비 소방방재 R&D 로드맵 기획연구, 2015

5) OECD에 따르면 고령화사회(aging society)란 노인의 비중이 전체인구 7%에서 14% 미만인 사회를 말하는데, 통계청 발표에 따르면 우리나라는 2015년 65세 이상 인구가 6백 62만명으로 전체인구 50천 61만명의 약 13.1%를 점함

6) 삼성경제연구소의 연구 결과에 의하면 우리나라는 2019년에 노인비율이 14%에 이를 것으로 전망되고 있으며, 이는 전세계에서 가장 짧은 기간으로 예측되는 결과

2) 도시화율

□ 지진재난 발생 시 최대 경제적 피해가 발생한 곳은 대부분 일본, 미국, 유럽 등 선진화되고 대부분 도시화율\*이 높은 도시 지역임

\* 2011년 일본 도시화율: 91.3%, 미국 도시화율: 82.4%, 유럽 대부분 국가 도시화율: 80% 이상

○ 지진재해로 인한 인명 피해는 대부분 후진국, 개발도상국으로 나타났으며, 내진설계를 갖출 수 없는 빈곤 국가일수록 건물 붕괴 등으로 인해 사상자가 많이 발생하는 것으로 판단됨

- 2011년 아이티 도시화율: 53.4%, 인도 도시화율: 31.3%

[표 2-14] 지진재해에 따른 인명피해 및 경제적 손실

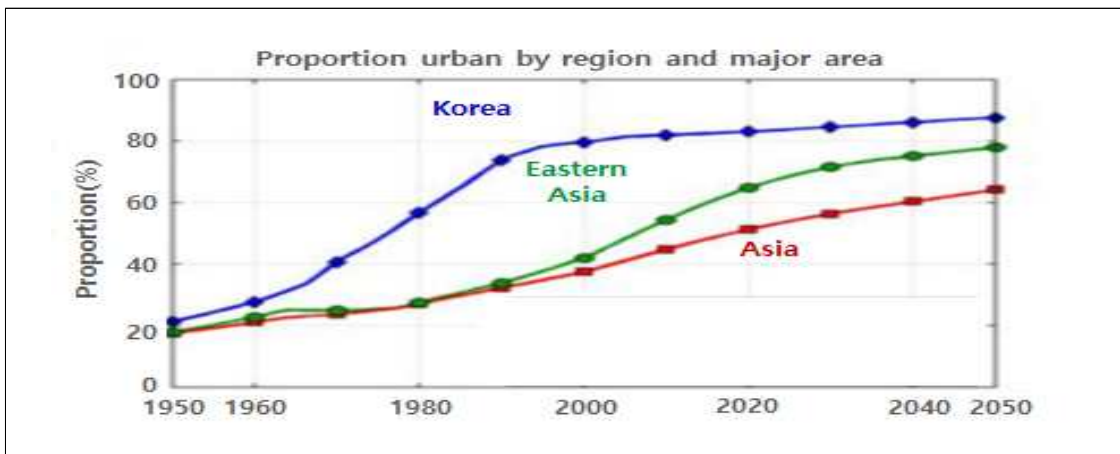
(단위: 명, 억달러)

지진명	인명피해	지진명	경제손실
Tangshan(1976)	243,000	Japan(2011)	220
Haiti(2010)	222,570	Japan(1995))	159.5
Indian Ocean(2004)	220,000	Sichuan(2008)	91.8
Kashmir(2005)	88,000	Southern California(1994)	70.4
Sichuan(2008)	84,000	Southern Italy(1980)	50.6

□ 2015년 우리나라 도시화율은 82.5%이며, 도시 지역에 라이프라인 등 기반 시설을 비롯한 경제 및 산업시설이 집중

○ 국내 도시 지역에 지진 발생 시 막대한 피해가 발생한 타 국가처럼 인명 피해 및 경제적 손실이 상대적으로 클 수 있음

[그림 2-16] 타 국가 대비 한국 도시화율



자료: <http://qz.com/392064/the-deadliest-and-costliest-earthquakes-in-recent-history/>

□ 도시화 및 세계화에 따른 재난발생 환경과의 관계를 규명하는 많은 선행연구가 진행되는 추세

- 도시화 진행률에 따른 재난발생 연관성에 관한 연구(2013)<sup>7)</sup>에 따르면, 도시화 및 산업화가 이뤄진 지역은 인구 집중 현상을 보이며 이에 따라 인명 및 재산 피해 규모가 증가하는 현상이 나타남
  - 도시화가 진행되면서 사무·거주·산업용 건물 및 도로 건설, 다중 이용시설과 교통시설 등의 증가에 따라 인구 밀집 현상이 나타나게 되고 이는 재해를 가중시키는 요인으로 작용
  - 과거 산업화에 따른 개발열풍에 휩싸인 대부분의 국가들이 도시화를 겪음
  - 그러나 이러한 도시화 현상은 유지되고 있고, 후기 산업 국가들 역시 도시로 인구가 집중되는 현상이 지속됨에 따라 거대도시로 진화하고 있으며, 거대 도시는 도심 재개발에 의해 재변모함
  - 서울을 비롯한 뉴욕, 런던 등 다양한 거대도시가 일과 레저 지역으로 변화하면서 도시로 인구가 집중되는 현상을 보임
  
- 거대도시화 현상이 가속화되는 것은 정부의 재정적자와 지방정부로의 분권화 금융 및 자본투자를 중심으로 하는 경제체제의 변화와 연관
  - 선진국은 1980년대 이후 정부재정 적자로 인해 신도시 개발과 이에 따른 인프라 구축에 투입할 자본 확보가 어려워짐
  - 이에 따라 많은 권한, 특히 도시계획 권한을 지방정부에 이양하면서 농촌 지역 보다는 자본이 집중된 대도시에 지역개발이 활발히 진행됨
  - 개인적 차원에서 1980년대 이후 국가재정은 어려워졌지만 개인의 자본소득 및 금융소득은 급등하여 이들이 살고 있는 대도시에 투자를 촉진
  
- 도시의 거대화를 촉진시킨 가장 큰 요인은 후기 산업화 국가들의 경제구조가 굴뚝산업 중심에서 금융과 자본투자의 국제경제 전이 현상과 가장 밀접하게 연관
  
- 이처럼 도시화에 따른 인구집중 현상은 인구의 지역적인 편중현상을 야기하게 되고, 이로 인해 지진재난 위험성이 증가
  - 인구의 도시유입과 이에 따른 주거공간의 확대로 도시 자체는 밀집화 현상이 나타나고 이로 인해 지진재난 발생 시 인명 피해 가중

7) 법제처, 기후변화 대응을 위한 재난 재해 관련 법제에 관한 연구, 2013

- 도시화에 따라 주거지역을 옮긴 세대들이 과거 본인들이 거주하던 지역이 아닌 도시 지역의 과거 재해이력이나 해당지역의 위험성을 인지하지 못하는 상황 발생
  - 재해의 위험성을 인지하지 못하기 때문에 재난 피해를 입을 가능성이 증가하고, 이는 도시화가 유발할 수 있는 간접적인 재난의 가중요인으로 작용
  
- 도시화 이외에도 세계화에 따른 인적, 물적 자원의 국가 간 이동이 더욱 커지면서 재난 환경의 변화를 촉진
  - 세계화는 인적·물적 자원의 이동에 따른 편익의 이동만 중대하는 것이 아니라 재해요인도 중대
  - 세계화에 따라 외국인의 국내 거주가 많아지면서 언어소통의 문제로 인해 재해가 발생하거나 재해가 우려되는 시점에서 대피 등의 정보를 IT 기술 등을 통해 정확하게 전달하지만, 제대로 인지하고 행동하기 어려움
  - 대학가나 공업단지 등 특정 지역에 밀집되어 있는 외국인의 거주 지역에서의 과거 재해이력이나 재해발생 시 행동 지침에 대한 사전 정보 공개 혹은 전달이 매우 미흡하여 피해를 더욱 가중시킬 우려가 있음

### 3절 재난안전 패러다임 변화

#### 1. 재난안전분야 패러다임

- 전통적 재난관리는 사후복구 중심에 초점을 두었으나, 점차 예방중심의 재난관리 기반으로 변화하고 있음
  - 안전 및 복지 등과 관련된 새로운 재난 영역의 발굴과 관리
  - 재난발생 후 임기응변식의 재난관리에서 과학방재 등의 재난관리 R&D 활성화 등의 적극적인 재난예방 및 관리활동이 등장
- 재난관리 패러다임의 변화는 사회전반에 걸쳐 통제할 수 없는 위험요소들이 등장하고 있어 이차적, 비자연적, 인위적이고 불확실한 구조화된 위험들이 급증하고 있기 때문임
  - 단순한 위험도의 증가가 아닌 재난의 전통적인 경계가 소멸되고 있고 이러한 재난의 경계 소멸은 재난관리 활동에 많은 제약 요인으로 작용
    - 공간적 경계의 소멸: 기후변화, 대기오염, 황사 등
    - 시간적 경계의 소멸: 방사능 폐기물, 유전자 변형식품, 기후변화 등과 같은 세대를 넘어서 영향을 미치는 위험
    - 사회적 경계의 소멸: 전통적인 법률관계를 통해 밝히기 어려운 복합적 인과관계
- 이러한 변화로부터 복구(recovery)보다 확장된 복원(resilience)의 개념이 등장
  - Resilience란 외부 충격이나 역경을 자체적인 힘으로 극복하고 이전의 기능을 신속하게 회복할 수 있는 역량을 의미하며 ‘탄성회복력’ 혹은 ‘복원력’ 등으로 번역됨.
    - 본래 정신의학 용어로 개인의 역경 극복 역량을 지칭하는 단어였으나 최근 사회학, 경제학, 환경공학을 비롯한 다양한 분야에서 위기관리 능력을 비유하는 용어로 널리 활용되며 주목받고 있음.
  - 자연재해관리 분야에서도 복원력 개념을 도입하여 고도화하려는 시도가 활발히 이루어지고 있음.
    - 별도의 조기 경보 시스템 구축을 우선하던 것에서 더 나아가 사회-생태학적 복원력 강화를 모색하는 쪽으로 변화되고 있음

**[표 2-15] 세 가지 측면의 복원력**

회복탄력성 개념	특성	초점	매락
공학적 복원력 (Engineering resilience)	복구 기간 효율성	복구 불변	안정적 균형
생태적 복원력 (Ecological resilience)	완충 능력 충격 완환 기능 유지	지속성 안정성	복수 평형 안정
사회-생태적 복원력 (Social-ecological resilience)	상호작용 재조직 유지 및 발전	적응능력 다변성 학습, 혁신	통합시스템 피드백 상호작용

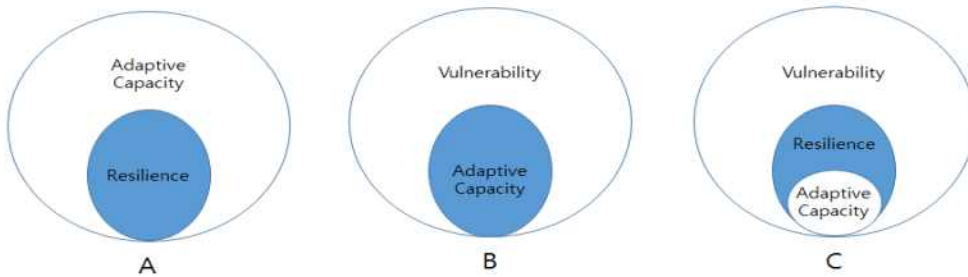
자료: Folke, C.(2006), Resilience: The Emergence of A Perspective for Social - Ecological Systems Analyses, Global Environmental Change 16: pp. 253-267

## 2. 재해분야 복원력 정의

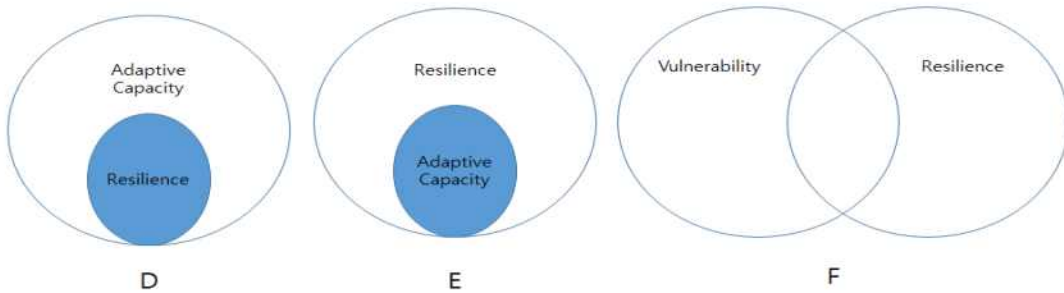
- 자연재해분야의 복원력 개념은 1981년에 처음 사용되어 다수의 연구자들에 의해 지속적으로 발전하고 있음
  - Timmerman(1981): 재해발생을 흡수하고 복구할 수 있는 능력
  - Mayunga(2007): 지속가능성 개념과 연관 지어 회복탄력성을 정의
  - Burton, 2012): 회복탄력성이 없는 커뮤니티는 취약하게 되어짐
  - Foster(2006): 장애(Disturbance)를 예상, 준비, 대응, 복구하는 지역의 능력

[그림 2-17] 취약성, 복원력, 적응능력의 개념적 연관성

### Global Environmental Change



### Hazards



자료: Cutter et al.(2008), A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters, Global Environmental Change, 18: pp. 598-606.

- 많은 연구자들이 복원력을 재해위험에 대응하는 사람, 그룹, 커뮤니티의 ‘Capacity’ 또는 ‘Ability’ 로 기술하며 사회경제적 측면을 강조함

**[표 2-16] 재해분야 복원력 정의**

저자	정의
Timmerman(1981)	재해발생을 흡수, 복구할 수 있는 시스템 능력
Wildavsky(1988)	예상치 못한 위험에 대처하는 능력
Buckle(1998)	비상사태를 견디거나 회복할 수 있는 능력
Mileti(1999)	자연재해로부터 발생할 수 있는 손실과 위험, 생산성 감소 등을 공동체 외부로부터의 큰 지원 없이 견뎌낼 수 있는 능력
Kulig and Hanson(1999)	지역 회복력은 역경대처 뿐만 아니라 높은 수준의 기능 활동을 하는 지역사회 능력
Comfort(1999)	새로운 시스템과 작동 조건에 기존의 자원과 기술을 적용할 수 있는 능력
Adger(2000)	그룹이나 공동체가 사회적·정치적·환경적 변화로 인한 압박과 방해에 대처하는 능력
Buckle et al.(2001)	취약성을 감소시키는 인간, 공동체, 단체, 기반시설의 질
Bruneau et al.(2003)	사회분열을 최소화 하고, 재해위험의 영향을 완화하는 사회 구성단위(units)의 능력
Cardona(2003)	부정적 영향을 흡수하고 복구할 수 있는 생태시스템 또는 커뮤니티의 수용력
Pelling(2003)	재해에 대처하거나 적응하는 능력
Rose(2004)	개인과 사회의 손실 회피가 가능하도록 하는 내재된 적응 반응
UNISDR(2005)	기능과 구조를 유지하기 위해 저항 또는 변화하면서 위험에 적응하는 시스템, 커뮤니티, 사회의 능력
Foster(2006)	장애를 예상, 준비, 대응, 복구하는 능력
Pendall et al.(2007)	쇼크나 스트레스 이후 빠르게 균형 상태로 돌아가는 능력
Cutter et al.(2008)	재해로부터 대응하거나 복구할 수 있는 사회적 능력
Norris et al.(2008)	장애 이후 긍정적인 작동을 위한 적응능력
Zhou et al.(2009)	손실로부터 저항하거나 복구하는 능력

주 : ‘Capacity’는 ‘용량’, ‘수용력’, ‘능력’ 등으로, ‘Ability’는 ‘능력’, ‘재능’, ‘기량’ 등으로 나타낼 수 있는데, 여기서는 ‘능력’으로 통일하여 번역함

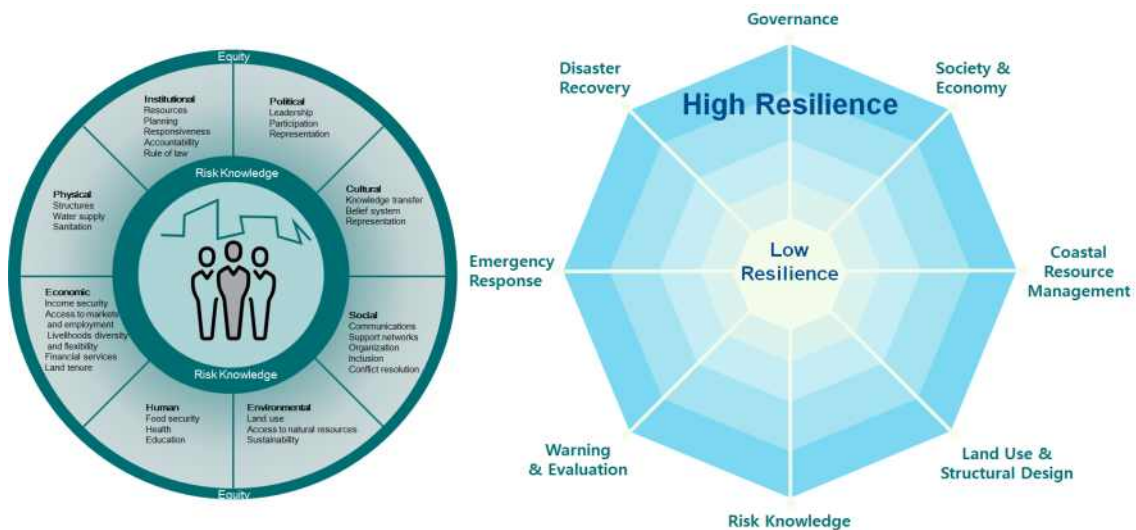
자료 : Burton(2012)에서 발췌 후 일부수정.

□ 복원력의 개념은 측정을 위해 구성요소를 결정하는 방향으로 연구가 진행 중이며, 대표적으로는 Turnbull et al.(2013)과 USADIA(2007)이 있음

○ Turnbull et al.(2013)은 ① 기관(자원, 계획, 반응, 책임, 법규) ② 정치(리더십, 참여, 대표) ③ 문화(지식 이전, 신념체계, 관습) ④ 사회(통신, 지지 네트워크, 대립해소) ⑤ 환경(토지이용, 자연자원 접근, 지속가능성) ⑥ 인간(식량 안전보장, 건강, 교육) ⑦ 경제(소득보장, 시장 및 고용에의 접근, 생계의 다양성과 유동성, 금융서비스, 토지임대 및 보유) ⑧ 물리적(구조물, 상수도, 위생시설)을 제시

○ USADID(2007)는 ① 거버넌스 ② 사회와 경제 ③ 해안자원 관리 ④ 토지이용 및 구조설계 ⑤ 위험지식 ⑥ 경고 및 대피 ⑦ 긴급대응 ⑧ 재해복구 8가지 요소로 구분함<sup>8)</sup>

(그림 2-18) 기타 회복탄력성 구성요소



자료 : Turnbull et al.(2013)

자료 : USAID(2007)

□ 국내에서는 아직 회복탄력성에 대한 연구가 아직 많이 이루어지고 있지 않지만 국립방재교육연구원·방재연구소(2010)가 도서방재기준 및 복원력과 관련하여 물리적 요소와 사회적 요소를 구분한 20여 가지 항목을 제시

8) ①거버넌스 : 리더십, 법률 프레임 워크, 기관은 정부와 주민참여를 통해 회복력 요소 제공 ②사회와 경제 : 공동체는 다양하고 환경적으로 지속가능한 생계수단 ③해안자원 관리 : 해안자원 관리는 환경 서비스와 생계수단을 유지하고 해안 위험을 감소 ④토지이용 및 구조설계 : 효율적인 토지이용과 구조설계는 환경적, 경제적으로 공동체 목표를 보완하고 위험 리스크를 감소 ⑤위험지식 : 대표 및 공동체 멤버는 의사결정시 유용한 위험정보를 인지 ⑥경고 및 대피 : 커뮤니티는 위험 정보 통지를 수신 ⑦긴급대응 : 해안 위해에 긴급대응하고 돌발적 필요상황을 알리기 위한 커뮤니티 수준의 메커니즘과 네트워크 구축 ⑧재해복구 : 부정적인 환경적·사회적·경제적 영향을 최소화 하는 재해복구 프로세스를 수립

## 제3장 국외 동향 분석



- 1절 국외 정책 동향
- 2절 국외 시장 동향
- 3절 국외 기술개발 동향



## 제3장 국외 주요 동향 분석

### 1절 국외 정책 동향

#### 1. 지진재난 관련 정책

##### 1) 미국

##### ① 재해대책기본법

- 미국은 연방 지원기능 및 통제 권한을 점차 강화하고 다양한 유형의 재난 피해 발생 시 미래의 재발 피해를 막기 위해 법들을 개정하며 효과성·효율성을 높이고 있음

[표 3-1] 미국의 재난관리 관련 법

재난관리 관련 법	내용
연방재난방지법 (Federal Disaster Act)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1803년 이후 통합적이고 체계적인 위기관리체제 구축이 목적</li> <li>▪ 1951년 128개의 안전관리 관립 법령을 통폐합하여 제정</li> <li>▪ 재정 이후 정규적인 재난기금 마련 가능해짐</li> <li>▪ 대통령에게 연방정부의 지원이 필요한 재난을 지정할 수 있는 재량권 부여</li> </ul>
재난구호 및 비상지원법 (Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다양한 유형의 재난으로부터 대규모 피해를 입은 지역의 인명구조, 치안과 재산보전이 목적</li> <li>▪ 1988년 과거의 재난구호법을 확대 개정하여 새로운 재난구호 및 비상지원법을 제정</li> <li>▪ 대통령은 대규모 재난 발생 시 비상사태 선포</li> <li>▪ 기준에 부합하는 NGO에 대해 연방기관 지원 계획 수립</li> </ul>
재난경감법 (Disaster Mitigation Act: DMA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2000년 재난구호 및 비상지원법을 개정하여 제정</li> <li>▪ 재난 예방과 재난으로 인한 피해 감소가 목표로 주정부와 지방정부의 책임을 강화하는 것이 목적</li> <li>▪ 지방정부에게 재난 예방에 대한 노력을 강조</li> <li>▪ 재난구호기금을 받기 위해서는 예방계획을 수립해야 한다는 것을 명문화</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1937년 치수법령, 1968년 국가홍수보험법, 1970년 재난구호법, 1979년 지진위험경감법 등이 있음</li> </ul>

자료: 민승덕, 미국의 재난관리 관련 주요 법률에서 인용, 2014

## ② 방재체제

### □ 미국은 FEMA 중심의 방재체제를 구축하여 통합 재난관리체계를 운영

- 재난 유형별로 관리하는 일본과 우리나라와는 다소 상이하게, 미국은 국토안보부(DHS: Department of Homeland Security)산하의 연방재난관리청(FEMA)\*을 중심으로 통합적인 재난관리체계를 운영

\* 카터행정부 때인 1978년 정부개편계획 제3호에 따라서 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency: FEMA)을 설치, 재난대비와 예방·대응 등을 한 기관으로 통합

- 10개 지역에 지역 본부(Regional Office)를 두어 연방정부, 주정부, 지방정부, 자원봉사기관, 사기업 등의 협력을 강화하고 각종재난대비와 종합적인 국가 재난관리 체계를 구축

(그림 3-1) FEMA의 10개 지역본부 및 관리지역



자료: FEMA(<http://www.fema.gov/regional-operations>)

- 워싱턴 본부와 전국지방사무소 및 기타 관련 기관들을 연결하는 국가비상정보관리시스템(NEMIS: National Emergency Management Information System)을 구축하여 언제, 어디서 일어날지 모르는 비상사태에 대비하여 신속히 대처할 준비를 하고, 복구가 아닌 사전대비(Mitigation)를 국가 재난관리체제의 근간으로 함<sup>9)</sup>

9) 오국성(2012), 한국의 재난관리 효율적 운영방안에 관한 연구

○ FEMA는 6개의 부서와 10개의 지역사무소로 되어있으며 각 조직의 기능과 속해있는 과(Division)는 다음과 같음

[표 3-2] FEMA의 조직 및 부서의 기능

주요부서	주요기능	과(Division)
대비, 대응, 복구국 (Preparedness, Response and Recovery Directorate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난대비계획수립 및 훈련</li> <li>재난대응 및 복구</li> <li>화학 및 방사능 물질 사고 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>계획, 연습, 평가과</li> <li>운영과, 복구과</li> <li>훈련과, 서비스 지원과</li> <li>화학, 방사능물질과</li> </ul>
연방보험, 완화국 (Federal Insurance Mitigation Administration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>홍수보험프로그램(National Flood Insurance Program)</li> <li>FEMA의 완화 프로그램 실행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험지도제작과</li> <li>공학, 과학, 기술과</li> <li>완화계획, 감독과</li> <li>재정프로그램, 산업관계과</li> <li>마케팅프로그램, 협력과</li> </ul>
연방소방국 (US Fire Administration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>화재 및 응급 의료서비스 제공 교육 등의 정책과 프로그램 관할</li> <li>국립소방학교 운영</li> <li>국립비상교육센터관리운영</li> <li>국가화재 프로그램 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국립소방학교</li> <li>국립비상교육센터(NETC) 관리운영과</li> <li>국립화재 데이터 센터</li> <li>국가화재프로그램 관리과</li> </ul>
대외 협력국 (External Affairs Assistant Directorate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국회와 정부기관간의 관련업무</li> <li>재난관련 국제업무 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>의회, 정부업무과</li> <li>공공업무과</li> <li>국제업무과</li> </ul>
정보기술 서비스국 (Information Technology Services Assistant)	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEMA 각종 운영프로그램관리</li> <li>응용프로그램의 개발</li> <li>정보기술 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리과</li> <li>업무과</li> <li>기술과</li> <li>기획시스템개발과</li> </ul>
행정·지원계획국 (Administration & Resource Planning)	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEMA 인적자원관리</li> <li>전산시스템 기능 유지 보수</li> <li>FEMA 재정관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인적자원과</li> <li>재정, 획득과</li> <li>전산기능관리과, 서비스과</li> </ul>
지역사무소 (보스톤, 뉴욕, 덴튼, 필라델피아, 애틀랜타, 시카고, 캔사스, 덴버, 샌프란시스코, 보텔)	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난에 대한 지역별 예방활동</li> <li>재난발생 시 긴급대응 및 중앙정부와 주정부의 연결 창구역할 수행</li> <li>비상사태관리교육</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피해경감과</li> <li>대비, 교육, 훈련과</li> <li>대응, 복구과</li> <li>운영지원과</li> </ul>

자료: 오국성, 2012, 한국의 재난관리 효율적 운영방안에 관한 연구에서 재인용

□ 미국의 방재 예산은 방재 R&D 특성<sup>10)</sup>에 따라 통합적인 방재 R&D예산에 관한 자료 확보의 한계로 인해, 미국의 방재체계의 중심이 되는 FEMA의 방재예산을 기초로 조사

- 2011년부터 2014년까지의 FEMA 예산을 비교해보면 CAGR(연평균 성장률)이 10.47%로 증가 추세
  - 전년대비 증가율은 2012년 33.3%, 2013년 -2.6%, 2014년 3.9%

**[표 3-3] 2010~2014년 FEMA 예산 및 증감률**

(단위: 천 달러)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	CAGR
예산	10,446,603	13,923,928	13,559,716	14,083,899	10.47%
전년대비 증감률	-	33.29%	-2.62%	3.87%	

자료: 미국 국토안보부, 예산 정보 재가공, 2014

- 2013년 FEMA의 예산은 135.6억달러(13.9조원)로 미국 연방정부 예산 3조 6,850억달러(3,766조원) 대비 비중이 0.37%임
  - 재난·재해 분야 컨트롤타워 부처 중의 하나인 소방방재청(현 국민안전처)의 2014년 예산은 6,764억원\*으로 정부 재정 357.7조원 대비 비중이 0.19%
  - 이는 미국 방재예산 대비 20.55\*\*배 차이
    - \* 방재 예산 투자 금액을 파악함으로써 지진재난 방재 분야에 투입되는 일부 예산 파악 가능
    - \*\* 미국과의 경제력, 인구수, 면적 등을 고려 시 금액 비교보다 비중 비교가 적합

**[표 3-4] 미국 FEMA와 한국 소방방재청 예산 및 비중 비교**

(단위: 억원, %)

구분	방재예산(A)	정부예산(B)	비중(A/B*100)
FEMA	139,000	37,660,000	0.37%
소방방재청	6,764	3,577,000	0.19%

자료: 미국 국토안보부, 예산 정보 재가공, 2014

10) 미국의 방재 R&D 연구는 다원화되고 분권화된 시스템을 가지고 있는 범부처 R&D 사업(Interagency Program)을 통해 각 부처에서 예산을 모아 추진되고 있음

□ 재해 시 주정부와 지방정부의 활동의 차이는 다음과 같음

- [주정부] 미국의 재난관리는 원칙적으로 주정부의 책임으로 이루어지며, 국가적 재난 상황처럼 연방정부가 재난의 상황에 개입하여야 할 경우에는 주로 FEMA(연방재난관리청)를 통한 중앙정부의 지원을 지방정부에 전달하는 역할을 담당
  - 중앙정부의 지원금이 중앙정부의 정책에 부합되는 용도로 사용되는지 감독하고, 지방정부의 재해재난 관리능력이 배양되도록 지원하는 역할<sup>11)</sup>
- [지방정부] 지방정부는 재해발생 시 재해경보와 통신 등 대피명령을 내리며 공공 안전의 1차적 책임을 지며, 재난관리에 있어서 제일선의 책임을 담당<sup>12)</sup>
  - 재난에 대한 총괄 및 조정업무를 담당하는 부서로서 지방정부위기관리국(EMA) 설치
  - 사건현장을 효율적으로 지휘하기 위하여 경찰국, 소방국 등 관계기관과의 유기적인 협조를 위한 재난사건 유형에 따른 현장지휘체계 마련

2) 일본

① 재해대책기본법

- 일본의 방재 법제는 1691년 제정된 ‘재해대책기본법’을 중심으로 각종 관련 법률에 의거하여 방재 대책을 수행하고 있으며, 재해 종류, 방재 단계(예방, 복구 등) 등에 따라 체계적으로 나누어져 있음
- 일본의 재해대책기본법은 총 10장으로 이루어져 있고, 각 장의 내용은 다음과 같음
  - [제1장 총칙] 재해 예방 및 복구에 관한 국가, 지방자치단체, 공공기관 및 주민의 책무를 규정
  - [제2장 방재 조직] 내각부에 설치하는 중앙방재회의, 각 지방자치단체에 설치하는 방재회의의 구성과 역할에 관한 사항을 규정하고, 재해 발생 시 각 지방자치단체에 재해대책본부를 설치·운영하여 방재회의와 연계될 수 있도록 하며, 재해 복구 등을 위하여 필요한 경우 공공기관 등의 직원을 파견 받을 수 있도록 규정

11) 김은성·안혁근, 2009, 중앙정부와 지방정부 재난안전관리의 효과적 협력방안 연구에서 인용

12) 민승덕, 2012, 미국의 재난관리 관련 주요 법률에서 인용

- [제3장 방재 계획] 중앙방재회의로 하여금 방재 기본계획을, 각 지방자치단체의 방재회의로 하여금 방재 기본계획을 토대로 지역 방재계획을 수립하여 시행하도록 규정하고, 개별 법령에 따른 전국종합개발계획, 전국삼림계획, 수도권정비계획, 폭설지대대책기본계획 등은 이러한 방재계획에 저촉되지 않도록 규정
- [제4장 재해 예방] 각 행정기관 및 공공기관에 대하여 방재 관련 조직의 정비 의무, 방재 훈련 의무, 방재에 필요한 물자 및 자재의 비축 의무 등을 부과
- [제5장 재해 응급 대책] 재해 응급 대책의 세부 내용, 즉 재해 징후 발견자의 통보 의무, 지방자치단체장의 경보·소방관 등에 대한 출동 명령·사전 조치·피난 지시·응급 조치에 관한 사항, 재해 발생 시 교통통제, 통신설비의 우선 사용, 응급 조치 업무에 종사한 사람에 대한 손해 배상 등을 규정
- [제6장 재해 복구] 재해 복구의 책임 주체, 재해복구사업의 중앙방재회의 보고, 재해복구사업에 대한 국가의 보조금 지급 등에 관한 사항을 규정
- [제7장 재정금융 조치] 재해 예방, 응급 조치 및 재해 복구 등에 소요되는 경비의 부담에 관한 사항을 규정하면서 지방자치단체로 하여금 재해대책기금을 조성하도록 하고, 필요시 지방채 발행, 금융기관으로부터의 융자 등에 관한 사항을 규정
- [제8장 재해 긴급사태] 비상 재해 발생 시 내각총리대신이 재해긴급사태를 발령할 수 있도록 하고, 재해긴급사태를 발령하였을 때에는 20일 이내에 국회의 승인을 받도록 규정

## ② 방재체제

- 일본 방재체제는 예방, 응급, 복구·부흥 등 재해의 모든 국면에 따라 중앙정부와 지방공공단체의 권한과 책임이 명확히 구분
  - 이러한 일본의 방재체제는 대규모 자연재해 등 긴급사태에 대응하기 위한 정부의 위기관리역량을 강화하기 위한 목적
  - 자연재해 발생 시 재해 대처뿐만 아니라 경제, 생활안정, 국민건강 등에 빠른 대처가 가능하도록 여러 공공기관이 지정
    - 방재 관련 기관뿐만 아니라, 일본방송협회, 일본은행, 전력사, 가스사, 철도기관 등 공익적 사업을 영위하는 법인이 지정되어 있음

③ 지진재난 관련 법·제도

□ 일본은 1995년 한신·아와지 대지진(고베 대지진) 및 2011년 3월 동일본 대지진 이후 지진방재대책 지속적 강화

- 동일본 대지진 이후 기존 지진방재정책의 재검토 필요성을 인지하고 지진재난 피해 저감을 위한 관련 제도와 체제 정비
- 동일본 대지진 이후 재난상황 시의 국내·외 리스크 커뮤니케이션을 개선
  - 재난발생 시 과학기술을 통해 검증된 정보만을 국민들이 알기 쉬운 형태로 제공

**[표 3-5] 일본의 재해관련 법률**

구분	법률명
재해대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재해대책기본법</li> </ul>
지진재해 대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진방재대책 특별조치법</li> <li>▪ 대규모 지진대책 특별조치법</li> <li>▪ 지진방재대책 강화지역에서의 지진대책 긴급정비사업에 관한 재정상의 특별조치에 관한 법률</li> </ul>
응급대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재해구조법, 격심 재해지정기준, 국지 격심재해지정기준, 피해자 생활재건 지원법</li> </ul>
재해복구 및 재정금융 조치	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 격심재해대처를 위한 특별재정지원 등에 관한 법률</li> <li>▪ 공공토목시설 재해복구 사업비 국비부담법</li> <li>▪ 농림수산업시설 재해복구 사업비 국고보조 잠정조치에 관한 법률</li> <li>▪ 방재를 위한 집단이전촉진사업에 관한 국가 재정상 특별조치 등에 관한 법률</li> <li>▪ 재해조의금의 지급 등에 관한 법률</li> <li>▪ 특정 비상재해 피해자의 권리이익 보전 등을 위한 특별조치에 관한 법률</li> </ul>
한신·아와지 대지진	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한신·아와지 대지진 부흥의 기본방침 및 조직에 관한 법률</li> <li>▪ 한신·아와지대지진 처리를 위한 특별 재정지원 및 조성에 관한 법률</li> </ul>

자료: KISTEP, 지진 및 지진해일 피해저감기술개발사업 심층분석, 2012, 재구성

## 2. 기반시설 관련 정책

### 1) 미국

- 오바마 정부에서는 Map-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century)을 발표하고, 기반시설물의 재난 피해예방/안전/유지 관리를 위하여 성능개념의 프로그램을 추진
  - 방재분야를 강화하기 위하여 연방정부 내 국가비상사태 관련 기관으로서 국토안보부(DHS, Department of Homeland Security)와 자연재난 담당기구인 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency: FEMA) 운영
  - 연방정부: 즉각적인 대응자로, 재난 예산의 후원자로서 재난안전관리의 최고 책임기관의 역할 수행
  - 국가대응체계(National Response Framework, NRF), 국가사고관리체계 (National Incident Management System : NIMS), 연방대응계획(Federal Response Plan; FRP), 국가대응계획(National Response Plan; NRP), 국가중요사태(Incident of National Significance; INS) 등에 대한 계획을 수립하여 추진 중
- 2007년 8월에 발효된 미국 경쟁력 법(The America COMPETES Act)에는 혁신적인 창출을 담당하는 기관 중 하나인 국립기술표준원(National Institute of Standards and Technology, NIST) 예산 증액에 대한 내용이 명시
  - NIST 소장이 3개년 계획서를 위원회에 제출함으로써, 실질적인 미국의 계측 분석기술 관련 정책 방침 마련
    - 2010년 3월 제출된 3개년 계획(2011~2013 년도)에는 ① 계측과학표준분야에서 미국이 국제적인 리더로서의 지위를 확보하는 것, ② 중요성이 높은 국가적 문제 대처에 중점을 두는 것, ③ 협력 체제를 구축하여 활동함으로써 혁신을 가속시키는 내용을 포함
  - 이 프로그램은 특히 6개 분야(에너지/환경 기후 변화/IT·사이버 보안/바이오 의료/제조업/인프라)를 설정
  - 한편, 다른 부처(국립보건원(NIH), 국방부(DOD), 미항공우주국(NASA) 등)에서도 특정 분야의 측정 분석 기술에 관한 연구개발의 실시와 편당을 추진하고, 상무성(DOC) 산하의 NIST(예산: 약 10억 달러)가 담당

□ 미국의 재해 및 재난관리 관련법\*을 기반으로 교량 등의 기반시설에 대한 안전 점검을 실시

\* Stafford 재난지원 및 긴급구호법(Robert T. Stafford disaster Assistance and Emergency Relief Act), 재난피해감소법(2000), 국토안보법(2002), 국토안보 대통령 훈령 제5호(HSPD-5) 등

- 교량 유지관리지침을 1968년에 제정하고, 중앙정부의 교통성 연방도로국(FHWA)이 관리하며, 지방은 주정부 지역 사무소(DOT)에서 담당
- 2년에 한번 정기점검을 지역사무소 교량조사팀에서 실시하며, 특별한 경우 안전점검 전문업체에 의뢰

2) 일본

□ 1995년 고베지진을 계기로 “건축물의 내진개수 촉진에 관한 법률”을 공포하여 내진 설계 기준을 강화

□ ‘산업구조비전 2010’에의 신성장 전략에서 표명한 정책을 실현하기 위한 100가지 구체적인 행동계획을 명시하고, 이 중 산업 및 사회의 안전 고도화를 지향하는 정보기술 활성화 전략 마련

- 건설성 산하 JACIC는 건설 산업에 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술 혁신 및 국제 경쟁력 강화를 추진
- 산업, 지역, 생활 등 사회전반에 ICT를 접목시켜 국가 성장력을 강화하려는 ‘xICT 비전’ 제시 (총무성, 2008. 7)

□ 일본의 경우 관리주체 및 시설물별로 지침을 마련하였으며, 1988년에 국토교통성 토목연구소에서 점검실시 방법을 통일

- 중앙정부의 국토교통성 도로국 및 지방정부의 도로별 관리주체(도로공단, 고속도로공단 등)에서 관리하며, 1년에 1회의 정기점검 및 5년에 1회의 정밀안전진단을 실시하며, 필요 시 특별진단을 실시함
- 점검 및 진단업무는 도로공단, 고속도로공단 소속의 기술자가 담당하며, 필요 시 민간업체에 의뢰함

### 3) 국가별 시설물 유지관리 정책 및 제도 종합

- 건설 산업은 대형 국책 사업에 영향을 받는 산업이며, 미국, 일본 등 주요국은 정부 주도 하에 건설 산업에 IT를 접목시키려는 시도를 진행
  - 미국은 CMS, CEFR, FIATECH 등 IT+건설 융합 사업을 통해 유지 관리/에너지 비용 50% 감소와 생산성 30% 향상, 공해 50% 감소 등의 국가 건설 목표를 설정
  - 일본은 기술개발과 전략수립 등 제도에 주력하고 민간은 실질적 기술개발에 투자하며, 국토교통성을 중심으로 공공사업 비용 절감대책시행, 공사계획, 설계 및 발주 효율화, 규제 완화 등을 추진
  
- 각국별로 자산관리와 더불어 기반시설 운영상의 목표를 포괄하고 각각 다른 성능지표를 활용하여 기반시설의 성능을 평가 후 관리·운영
  - 국가적 수준의 상위계획과 지역별 관리주체 수준의 하위계획까지 일관성을 유지할 수 있도록 자산관리의 계획을 수립
  - 기반시설에 대한 자산관리에 대해 법적 구속력이 있도록 제도화 수립하고 시설물에 대한 조사를 실시·평가한 후 이를 기초로 중장기 유지관리 전략을 수립 및 시행

**〔표 3-6〕 국가별 자산관리 기반 유지관리시스템 현황**

구분	미국		일본
시스템명	PONTIS	HERS-ST	통합시스템 부재
운영기관	FHWA, DOT	FHWA, DOT	
시설물 종류	교량	도로	-
특징	투자 우선순위 집행 효과 파악	투자비용 대비 이익 파악	지방 공공 단체별
DB수준	주정부 형식변환 및 전승	도로, 교통, 시설물, 선형	정기점검 및 건전도 DB
입력수준	교량 점검 및 비용	70여종	-
결과활용수준	보수 계획 및 비용 편익 보고서	투자 여부 및 유지관리 계획	포장 관리
장단점	연계성 높음, 세부 모듈 변경	환경 오염 및 안전성 고려 변수 많음	-
비고	네트워크 교량 관리	FHWA 연계, 신규 투자 및 예산	행정 및 법률적 제도화

자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC 시설물 성능평가 기술 개발 기획, 2014

3. 지진재난 및 교통망 시설물 관리 관련 라이브러리 현황

[표 3-7] 국외 지진재난 및 교통망 관리 관련 라이브러리 현황

구분	국가	기관	내용
노후화	일본	국토교통성	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별시설계획 중 도로시설물에 적용할 새로운 법령과 기준 및 매뉴얼이 2014년부터 개발 및 운용되고 있으며, 국토교통성은 이를 5년마다 개정하는 것을 목표로 하고 있음</li> <li>센서 등을 활용한 시설물 점검 및 보수 기술을 전체의 20%까지 적용하는 것을 목표로 설정</li> </ul>
	캐나다	CISTR	<ul style="list-style-type: none"> <li>장수명화를 위한 구조물의 성능 평가자산 목록화, 유지관리 기술 평가 및, 생애주기 비용분석</li> </ul>
	주요 선진국	유럽, 미국, 일본 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설물 노후화에 따른 시설물 유지관리 및 장수명화를 위한 정부투자를 확대 하고 있음</li> <li>2014년 미국의 시설물 투자비용 4160억 달러 중 유지보수가 차지하는 비용이 56.56%를 차지</li> <li>EU 주요국의 인프라 투자비 대비 유지관리 비용의 비중이 40%를 상회</li> <li>일본 인프라 시설의 미래 유지관리비용은 13년 3.6조 엔에서 33년 4.6~5.5조 엔으로 증가할 것으로 전망</li> </ul>
재난재해	캐나다	정부	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해에 강한 사회기반시설 정비를 위한 자연재해 극복기술 개발 투자를 통해 안전 및 유지관리의 효율성 증대 도모</li> </ul>
	일본		<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해로부터 해안구조물과 배후도시를 보호하기 위한 목적으로 다양한 방재 인프라를 건설 중</li> </ul>
기법	미국	미국통합 자동화 기술협회 (FIATECH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설관련 업체, 대학, 기술개발업체, 발주기관, 연구기관들을 회원사로 하나의 연구단체를 구성하여 건설 산업 첨단정보의 통합 및 자동화를 위한 기술 로드맵 CPTR을 개발하여 추진 중 (건설기술연구원, 2014)</li> <li>지능형/자가보수 시설물, 실시간 프로젝트/시설물 관리, 생애주기 통합 데이터 관리 등을 수행</li> </ul>
		MNTRC	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후화에 대비하기 위해 철도교량의 잔존 피로수명과 누적 손상을 평가하기 위한 방법론을 개발</li> </ul>
	주요 선진국	미국, 일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량 노후화에 따라 교량 상태평가기준을 정립하고 교량상태 데이터베이스를 구축하였으며 교량상태 모니터링을 위한 센서기술, 상태평가기술개발이 지속되고 있음</li> </ul>

	호주	국립 연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>BIM기법과 센서에 의한 SOC관리 시스템 개발</li> <li>설계, 시공, 유지보수, 운영 통합관리모델(IDDS) 지능형 사회기반시설 관리 시스템</li> </ul>
	유럽	EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECTP (European Construction Technology Platform, vision 2030)을 통해 노후화에 따른 장기성능 예측모델 및 장수명화 기술 개발</li> </ul>
교통 모델	독일	NRW-FVU	<ul style="list-style-type: none"> <li>독일 아우토반에서 Cellular automata모형을 적용하여 실시간 시뮬레이션 기반의 교통분석 및 정보를 제공</li> <li>지능형교통체계의 동적경로시스템 분야로서 장래의 교통상황을 빠르게 예측하여 실시간으로 운전자에게 교통정보를 제공 (이승준 등, 2010)</li> </ul>
	미국	연방도로청 (FHWA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통류 분석에 사용되는 교통류 시뮬레이션 모형을 개선하는 차세대시뮬레이션모형(NGSIM)개발을 진행 중</li> </ul>
도로 망	미국	연방도로청 (FHWA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>NHS(national highway system)을 수립, 종래 도로의 단일투자 및 개발의 관점에서 나아가 각 교통시설 상호간의 종합적인 교통망 체계가 구축된다는 의미</li> </ul>
	프랑스	일드프랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>파리를 중심으로 한 방사형 도로망 형태로 서울과 유사한 특징을 가지고, 교통혼잡문제를 해결하고자 하는 2000년대의 도시기본계획</li> </ul>
	영국	Highways England	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로부문 투자전략에 따라 전략적사업계획(SBP)을 수립</li> </ul>
지반	영국	지질조사국 (BGS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공, 학계, 대국민을 대상으로 지질정보 및 3차원 지질도를 제공</li> </ul>
	아일랜드	아일랜드 지질조사국 (GSI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기본시추정보, 현장 및 실내시험정보를 포함한 데이터를 DB로 구축하고 이를 활용할 수 있도록 웹 시스템을 통하여 검색기능 기반으로 제공</li> </ul>
	일본	일본 건설종합 센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 건설성에는 시추로 발생한 지질조사 자료를 등록양식, 기입방법 등에 대한 표준안인 ‘지질조사자료 정리요령’을 마련하여 표준화된 서식에 따라 DB를 구축</li> </ul>
		지역지반 환경연구소	<ul style="list-style-type: none"> <li>오사카 시립대학에서 시행, 관서 지진조사 협의회에서 지반정보시스템을 제공</li> </ul>
		오사카 토질시험소	<ul style="list-style-type: none"> <li>오사카 토질시험소에서 지반정보시스템을 개발하고 토질·지질조사 결과를 DB로 구축하여 활용</li> </ul>
	미국	USUCGER	<ul style="list-style-type: none"> <li>토사상태, 토사물성, 시험데이터 목록, 사이트 위치 등을 DB로 구축하여 웹사이트(NGES)로 제공</li> </ul>

	<p>플로리다 대학</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주정부 단위에서 구축되고 있는 DB와 관리시스템의 공유에 의하여 건설현장에서 사용자가 구축된 지반정보 DB를 활용할 수 있도록 지반 라이브러리 DB를 구축하여 제공</li> </ul>
--	----------------	---

자료:

건설연구인프라운영원, 노후(철거)교량의 성능평가를 통한 공용중 교량의 장수명화 연구기반 구축 기획보고서, 2016

정보통신정책연구원, 외국의 재난안전관리시스템 운영사례, 2013

국토교통부, 국토교통 R&D 동향조사, 2013

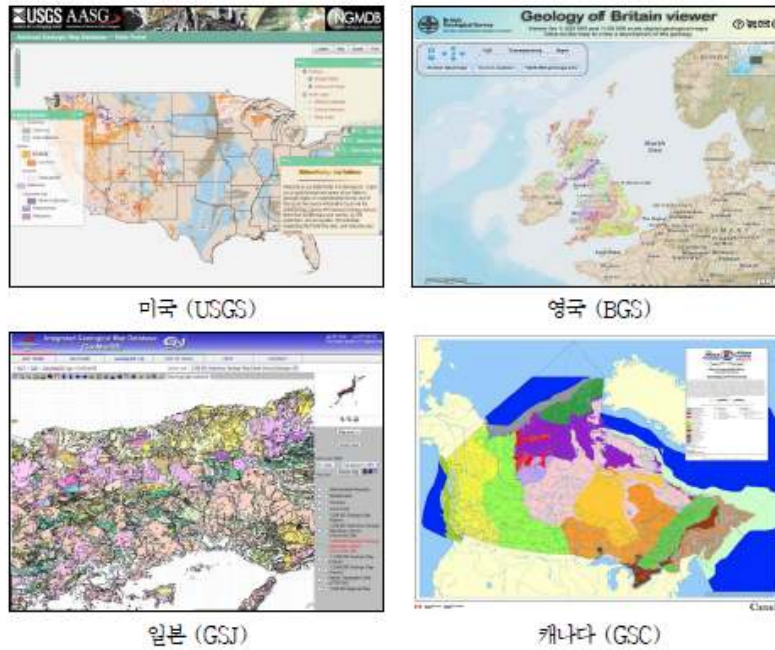
이승준, 최준혁 외, 고속도로 교통분석 프로그램(ExTRAM) 개발, 2010. 12

국토연구원, 도로정책 Brief, 2016

국토연구원, 미국의 전국 간선도로망계획, 1995

한국토지주택공사, LH 지반 빅데이터 활용 시스템 개발, 2015

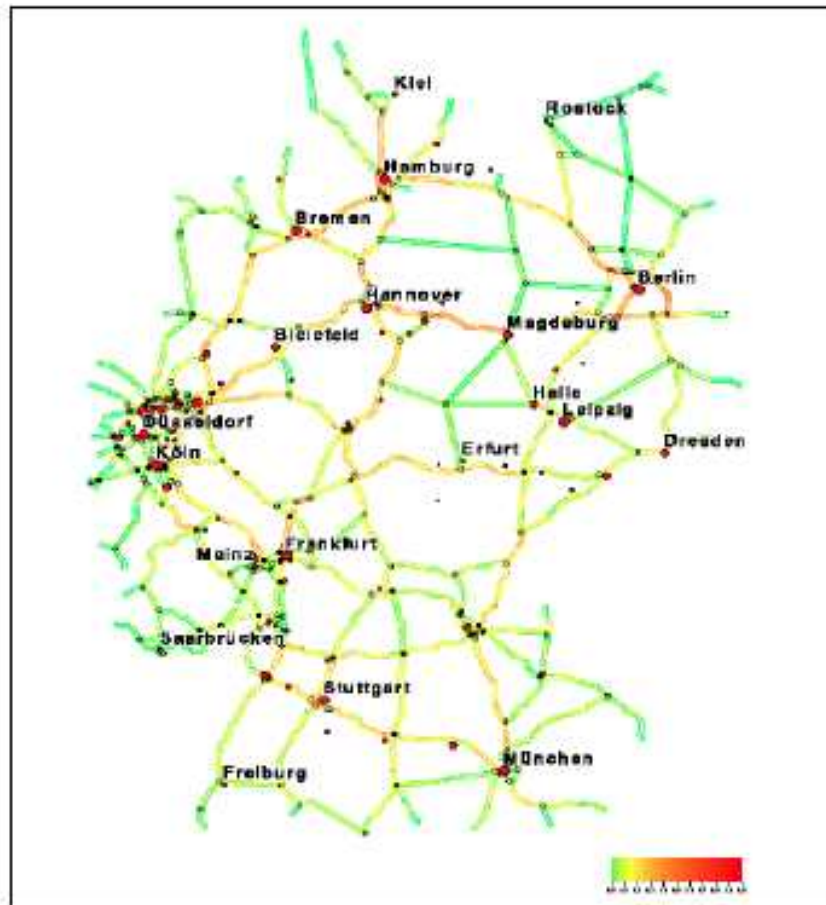
**[그림 3-2] 국외 지층정보 시스템**



〔표 3-8〕 국외 지반정보시스템 비교

구분	미국	영국	일본
모델	One Call System	국가지하 매설물관리 그룹	도로관리센터 (ROADIC)
개념	굴착사고 예방의 책임을 유틸리티회사에 부과	국가지하매설물 위원회 중심으로 지상지하의 포괄적인 정보제공	국가주도 도로관리자 및 유관기관 공동 운영추진
DB구축	구마다 다름 (대부분 미보유)	7대 시설물 외	전력, 통신, 가스, 수도, 하수도, 지하철
시스템	-	웹기반시스템 구축중	도로점용인허가 관리시스템
법제도	사고방지 프로그램	-	공간정보 구축법
관리센터	One Call Center	국가지하 매설물관리 그룹	도로관리센터

〔그림 3-3〕 독일의 실시간 교통 시뮬레이션 예



## 2절 국외 기술개발 동향

### 1. 지진재난 관련 기술 동향

#### 1) 미국

□ 재난 프로세스별 공통적으로 적용 가능한 체계에 기초하여 전 재난 접근법 (All-Hazard Approach)을 통한 재난관리 수행 및 연계

- 시너지 효과를 창출할 수 있도록 연구기관 간 R&D 협력 프로그램 등 기관 간 연구역량을 연계 가능한 협업 시스템으로 형성
- 국가과학기술위원회(NTSC)의 환경 및 자원위원회(CENR) 소속 재해경감위원회(SDR)에서 국가의 위협 요소에 대응할 수 있는 새로운 기술과 연구 개발, 개발한 기술의 실용화를 통해 재난에 대비하는 국가 역량 강화

[표 3-9] 미국 재해경감을 위한 국가과학기술기본체계 개발 분야

구분	내용
통합관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 종합적이고 통합적인 범 지구관측 시스템 개발</li> <li>▪ 조기 위험감지를 위한 원격탐사와 관측시스템 개발</li> </ul>
위험요인 경감과학기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 위험요인 경감을 위한 관련 핵심 및 기초기술 증진을 위한 국가차원 프로그램 개발</li> </ul>
위험성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 사회의 위험 요인에 대한 정보를 제공하고 위험 지역에서의 개발 및 지역계획 시 의사결정을 지원하기 위한 위험성 평가 및 적용</li> </ul>
위험성 정보 전달	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 위험성 정보 전달을 위한 관련 교육, 첨단기술의 적용 등 국가 위험정보 전달 계획 개발</li> </ul>

자료: 안효대, 우리나라 재난안전 연구역량 강화방안, 2011; US NSTC, Grand Challenges for Disaster Reduction, 2005

□ 방재 산업 분야 육성을 위해 IT 기술을 활용한 첨단 방재장비 개발, 방재도시 개발, 재난안전체험관, 재난관리 시뮬레이션 수행 등을 추진

- 재난·안전과 관련된 시장 규모는 2000년 5억 달러였다가 2010년 130억 달러로 성장률이 증가하였으며, 이러한 성장세는 지속적으로 확대될 전망

- 미국의 방재 연구개발 방향은 IT 기술 기반의 재난 방지 및 재난 관리 역량을 향상시키는 데 있음
  - 스마트 기술, SNS 등을 활용한 양방향 정보교류체계를 통한 재난관리역량 강화
  - IT 기반 재난정보시스템 및 서비스 구축을 통한 재난·재해 예측성 향상
  - 모바일 기반 재난정보전달시스템 구축
  
- 전사적 범위시스템(Enterprise-wide Systems)과 다수의 프로그램 중심시스템(Program-centric Systems)로 구성된 재난관리 관련 ICT 활용
  - 국가긴급관리정보시스템(NEMIS)이란 인적자원, 인프라 지원, 예방 및 경감, 비상조정 및 비상지원 등의 업무를 지원하는 통합시스템을 활용하여, 전체 재난의 통합적 관리 및 자동화된 자원 제공, 재난관련 타 시스템들과의 인터페이스 지원 등의 기능 제공
  
  - FEMA의 지리정보시스템(GIS)을 통해 재난관리에 필요한 지리정보뿐만 아니라 인구, 실시간 재난정보, 복구 및 구조를 위한 등록자 정보 등 재난관리에 관련된 모든 데이터베이스의 연계 및 통합을 위한 핵심 기술을 사용 중
  
  - 미국 연방정부는 공공의 안전을 효율적으로 유지하기 위해 재난 통신 수단을 확보하고, 지자체, 주정부, 연방정부들 간의 상호운용성을 확보하기 위하여 다양한 통신서비스(고도지능망 서비스(AIN), 정부비상통신서비스(GETS))를 이용

□ 미국은 위와 같은 연구동향을 기반으로 다양한 지진 관련 프로그램을 개발하여 운용

① HAZUS(Hazard U.S.) 프로그램

- 미국 재난 관리청인 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 개발한 HAZUS는 연구 지역의 지진 재해 피해 정도를 추정 할 수 있는 소프트웨어
  - 지진 발생 위치와 규모와 연구 대상지역의 건물 구조 형태 및 건물용도, 인구 밀도, 그리고 연구지역의 지질 등 재해손실을 추정하기 위한 다양한 자료를 입력하여 지역별 지진피해를 산정
  
  - HAZUS는 연구대상지역의 행정구역별 지도 등을 그리기 위해서 상업용 GIS 소프트웨어인 MapInfo와 ArcView를 사용

□ 지진피해 예측을 위한 HAZUS 프로세스는 크게 4단계로 구분되며, 그 상세 내용은 다음과 같음

○ 지반 가속도 값 계산

- HAZUS에서는 지하지반운동의 최대가속도 값을 계산하기 위한 방법으로 결정론적·확률론적·임의적 방법을 이용
- 임의적으로 PGA(최대가속도 값)과 가속도 스펙트럼(0.3Hz와 0.1Hz)을 계산하는 방법(User-Supplied)을 병행

○ 자료 입력

- 행정기관, 건축안전기관, 보험사, 세무서, 학교 등에서 지진피해예측을 위해서 필요한 자료 조사
- 입력 자료는 인구자료, 건물구조 및 면적과 건물용도 등 일반건물자료, 도로, 교량, 가스, 상하수도, 전기 등 lifeline 자료와 지질도, 지하수 심도 및 기타 지도정보 등이 필요

○ 시설물 피해 계산

- 먼저 건물이 지탱할 수 있는 강도를 가로축 SD(Spectral displacement)와 세로축 SA(Spectral acceleration)에 표시한 건물 Capacity Curve를 산정하는데, 이 때 Seismic-Design Point, Yield Point, Ultimate Point 세 점과 Fragility Curve를 이용하여 계산
- 건물 피해는 Structural(구조적), Non-Structural(비구조적) 건물피해로 분류하여 무(None), 약(Slight), 중(Moderate), 강(Extensive), 완전(Complete)과피로 그 피해 정도를 계산
- Non-Structural(비구조적) 건물피해는 Drift-Sensitive(Interstory Drift 관련) 및 Accelerational Sensitive(Mechanical 장비 등(보일러 시설)으로 구분하여 피해 정도를 계산

○ 지진피해 예측

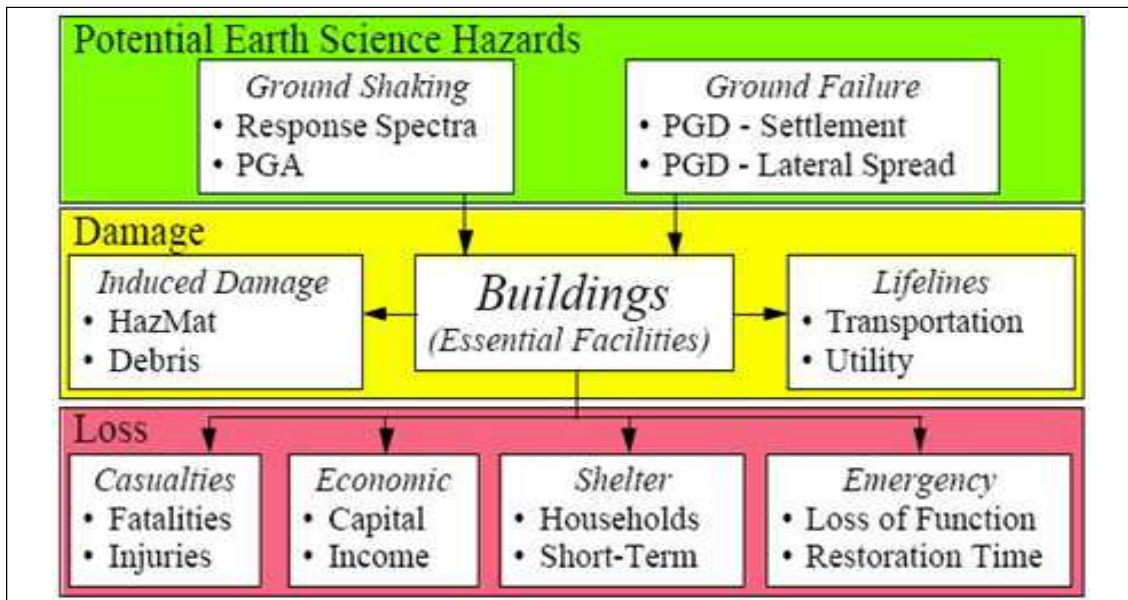
- 건물, 주요 기간시설 및 군사시설피해와 도로, 철도, 공항, 교량, 상하수도·유류시설·가스·전기 등의 Life-line 피해에 대한 직접적인 물리적 피해 예측
- 화재, 잔해 및 위험물질, 침수, 해일, 댐 및 제방 붕괴 등 1차 피해로 인하여 야기될 수 있는 2차적인 물리적 피해 예측 가능
- 사상자 예측과 같은 인명피해 예측과 행정구역에서 재난 시 필요한 대피소 수 등을 예측
- 마지막으로 지진피해 후 중장기적인 경제손실 평가 등 간접적인 사회경제적 손실 예측

[표 3-10] HAZUS에서 다루고 있는 시설물 분류

구분	세부 분류
교통 시설물 (Transportation Systems)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속도로 및 철도의 도로,</li> <li>교량, 터널역사</li> <li>항만, 공항</li> <li>연료보급시설</li> <li>유지관리시설</li> </ul>
주요 시설물 (Essential Facilities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>의료시설</li> <li>소방서</li> <li>경찰서</li> <li>재해대책본부</li> <li>학교</li> </ul>
대량손실위험 시설물 (High Potential Loss Facilities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>댐</li> <li>원자력발전설비</li> <li>군시설</li> </ul>
라이프라인 시설물 (Lifeline Utility Systems)	<ul style="list-style-type: none"> <li>상하수도 시설물</li> <li>유류 시설</li> <li>가스 저장 및 수송 시설물</li> <li>발전 및 전력 수송 시설물,</li> <li>통신 시설물</li> </ul>

자료: FEMA, HAZUS99 Technical Manual, 1999

[그림 3-4] HAZUS 지진분석 단계별 모듈



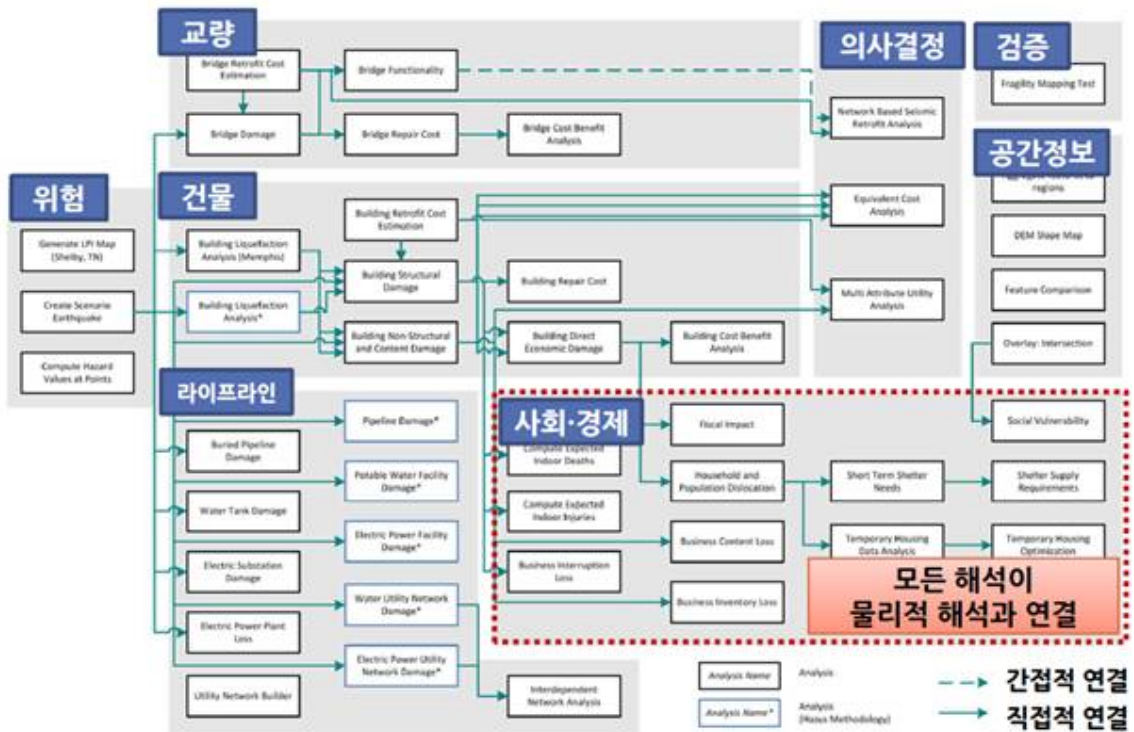
자료: s3.amazonaws.com, Earthquake response plans, noaa warnings maryland 재가공

② Ergo 프로그램

□ 미국 NCSA(National Center for Supercomputing and Application)에서 개발한 Ergo는 오픈소스 소프트웨어로서 복합재난 시나리오 생성과 그에 따른 피해를 예측하는 피해해석 소프트웨어

○ Ergo 해석 모듈은 아래와 같이 크게 8가지 카테고리로 구분되며 오픈소스 특성상 모듈의 종류 및 기능은 계속적으로 추가 개발되어 Ergo에 장착되고 있음

[그림 3-5] Ergo 내장 해석 모듈 관계도



○ 그중 지진과 관련된 해석은 World Bank에서 발간한 지진피해해석 오픈소스 소프트웨어 평가 보고서에서 가장 사용자 친화적인 동시에 우수하다는 평가를 받음

○ 재난재해 피해 해석 및 의사결정 지원 모듈로서 활용됨과 동시에 데이터베이스로도 활용될 수 있음

□ Ergo 해석 모듈의 대부분은 직간접적으로 지진해석과 관련되어 있음

○ 위험 시나리오 생성 모듈

- 지진재해 시나리오 생성 모듈에서는 총 3가지 방법을 통해서 지진재해지도를 생성할 수 있다. 본 모듈에서 생성된 Hazard map은 이후 모든 해석에 기초 자료로 사용된다.
- 과거의 지진 기록으로 부터의 지진 시나리오 생성, 실시간 지진기록 다운로드를 통한 지진 시나리오 생성, 그리고 가상의 지진 시나리오를 생성하는 방법이 있다. 모든 방법에서는 진앙지의 위치와 깊이, 지진의 규모, 그리고 대상지역의 고저와 지반 조건이 고려된다.

○ 교량, 건물, 라이프라인 피해해석 모듈

- 지진 지도가 생성되면 이를 바탕으로 발생하는 교량, 건물 그리고 라이프라인의 지진 피해 정도를 지진취약도를 활용해서 계산
- 본 해석에는 교량, 건물, 라이프라인의 구조적 정보가 담긴 inventory data와 각 객체와 취약도 곡선을 연결하는 fragility mapping 기술을 도입

○ 사회경제적 해석 모듈

- 실제로 물리적인 피해와 그로부터 발생하는 사회경제적인 피해는 직접적인 연관이 있으며, Ergo에서는 이 둘 사이의 관련성을 바탕으로 사상자수, 대피 인구수, 필요 임시 대피소 수 등을 연산하는 기능을 제공

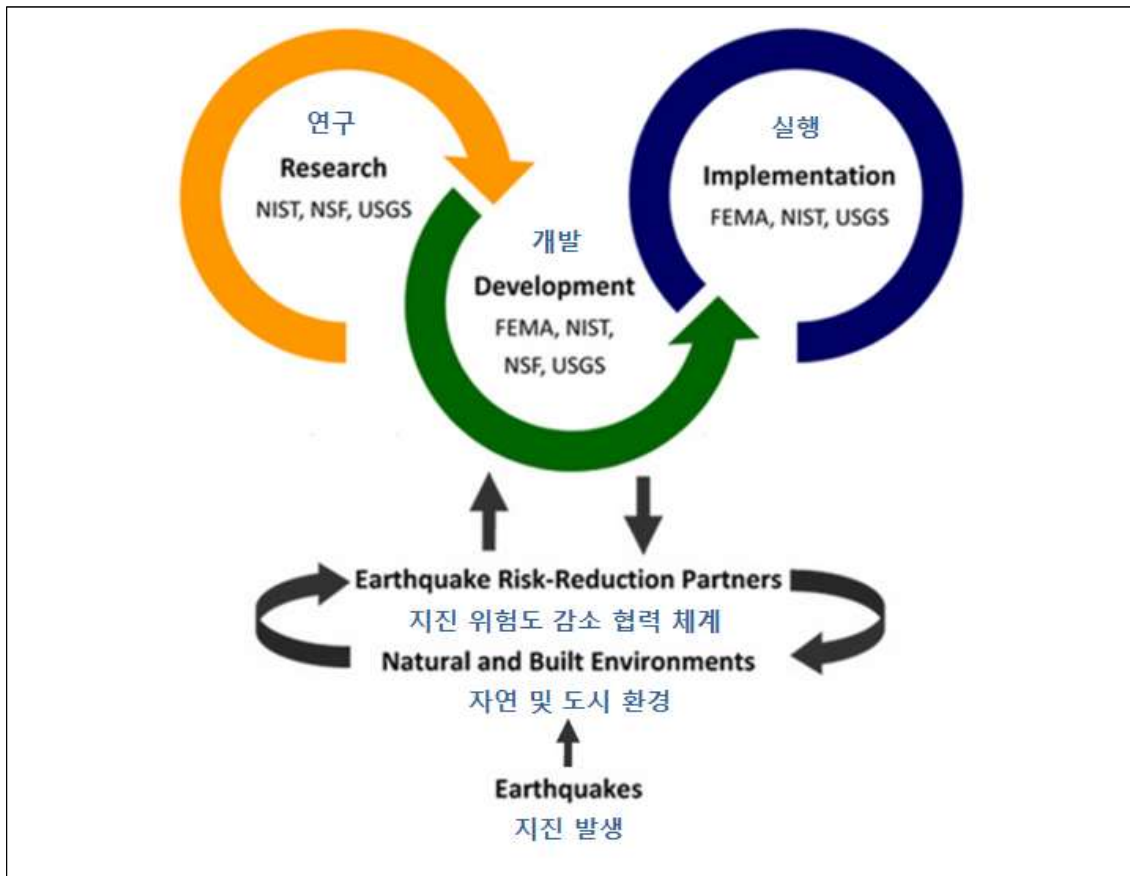
③ 국가 지진위험 감소 프로그램(NEHRP)

□ 미국 지진분야 R&D사업의 추진체계를 살펴보면 FEMA, NIST, NSF, USGS 등이 협력하여 국가 지진위험 감소 프로그램(National Earthquake Hazards Reduction Program, NEHRP)을 실시하고 지진방재 정책 및 연구개발을 수행

- \* 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA), 미국국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST), 미국국가공중위생국(National Science Foundation, NSF), 미국지질조사소(U.S. Geological Survey, USGS)

- NEHRP의 법적 프로그램을 통해 지진재해 경감을 위한 효과적인 시스템 개발, 연방정부와 지방정부의 지진재해경감대책 채택, 연구를 통한 지역 사회·건물·구조 및 라이프라인의 효과 향상, 국립지진연구소의 모니터링시스템 운영·개발 등의 활동을 수행

[그림 3-6] NEHRP 프로세스



자료: FEMA, National Earthquake Hazards Reduction Program, 2015, 재구성

【표 3-11】 NEHRP의 기관별 역할 및 수행 업무

기관명	역할 및 수행 업무
FEMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 내진기준 개발 시 중추적 역할 수행 - 새로운 R&amp;D결과를 반영하여 주기적으로 기준을 개선하는 과정 지원</li> <li>▪ 지진위험도 경감 평가를 편리하게 수행하도록 도구 개발 지원</li> <li>▪ NEHRP의 R&amp;D결과물을 담은 출판물 제작</li> <li>▪ FEMA Library를 통해 다수의 사용자들이 편리하게 접근하도록 지원</li> <li>▪ 빌딩코드를 개선하기 위한 여론 수렴 출판물 제작</li> <li>▪ Recommendation들이 국가 설계기준에 반영되도록 기준 제정 기관과 공조</li> <li>▪ National Earthquake Technical Assistance Program - 지진 관련 각종 교육 담당</li> <li>▪ 내진설계기준과 보강 가이드의 사용 확대 권장</li> </ul>
NIST	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시설물의 지진 취약성 경감을 위한 기술정보를 생산하는 지진공학 연구 수행</li> <li>▪ Earthquake Risk Mitigation Research and Development Program - 성능기반 설계 도구, 가이드라인, 기준 등을 연구 및 개발</li> <li>▪ R&amp;D 결과물을 취합하여 실무기술자를 위한 요약된 내진설계 가이드 제작</li> </ul>
NSF	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지구과학, 공학, 자연과학 등의 분야에서 지진 기초연구에 연구비 지원</li> <li>▪ Global Seismographic Network - 세계 지진활동 모니터링 시스템 개발</li> <li>▪ 지진 사후 조사연구 지원</li> </ul>
USGS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진재해 위험도의 평가, 모니터링, 보고 관련 연구 수행</li> <li>▪ Advanced National Seismic System - 미국 전역의 지진활동 모니터링 시스템 개발 및 고도화</li> <li>▪ Global Seismographic Network - 세계 지진활동 모니터링 시스템 NSF와 공동개발</li> <li>▪ Advanced National Seismic System에서 감지되는 지진사고의 신속 보고를 위한 기술, 시스템 및 제품 개발</li> <li>▪ National Seismic Hazard Maps - 미국 전역의 지진 위험도를 평가하고 지도 제작 (보험요율, 위험도 평가, 내진설계 등에 활용)</li> <li>▪ 지진발생 시 영향을 보여주는 시뮬레이션 개발 (FEMA의 내진설계 기준으로 사용)</li> </ul>

자료: 국립재난안전연구원, 지진분야 R&D사업 효율화 방안, 2012, 재구성

[표 3-12] NEHRP의 기관별 투자 현황 및 예산 분할(2005~2012)

(단위: 백만 달러)

기관명	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
FEMA	14.7	9.5	7.2	6.1	9.1	9	7.8	6.9
NIST	0.9	0.9	1.7	1.7	4.1	4.1	4.1	4.1
NSF	53.1	53.8	54.2	53.6	55	55.3	55.3	53.8
USGS	58.4	54.5	55.1	58.1	61.2	62.8	61.4	57.7
NEHRP 총액	127.1	118.7	118.2	119.5	129.4	131.2	128.6	122.5

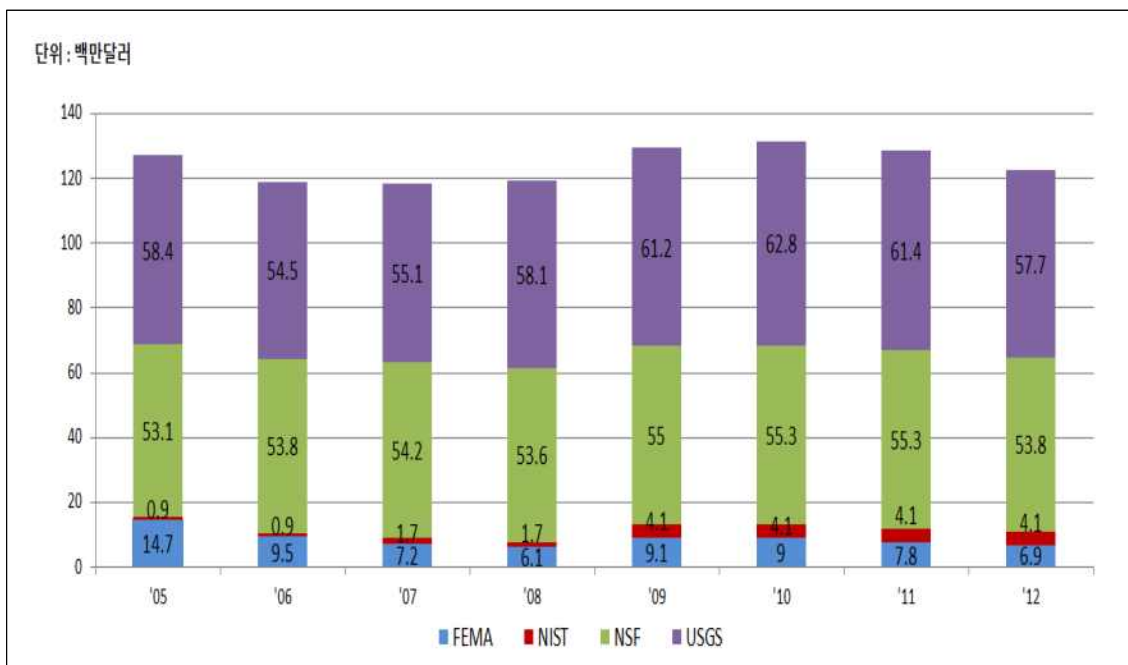
주1: FEMA의 2005~2009년 예산은 국고보조금은 제외. FEMA의 2005년 예산에는 프로그램 활동과 S&E를 포함. FEMA의 2006~2012년 예산은 S&E를 제외한 프로그램 활동을 포함

주2: 2011년 예산은 최종결정에 따라 다소 조정(2011. 10. 8 자료참고)

주3: 2012년 NIST의 예산은 NEHRP의 예산(안)에는 포함되지 않은 NIST 재난과 파괴 연구프로그램에 대한 1.8백만 달러의 인상을 포함

자료: 국립재난안전연구원, 지진분야 R&D사업 효율화 방안, 재구성

[그림 3-7] NEHRP의 기관별 예산변화 추이(2005~2012년 기준)



자료: 국립재난안전연구원, 지진분야 R&D사업 효율화 방안, 재구성

④ 국가 지진해일 재해경감 프로그램(NTHMP)

- 1992년 캘리포니아에서 발생한 지진해일로 인한 피해 경험한 이후 지진해일의 관측과 예보의 필요성을 인식하여 국가 지진해일 재해경감 프로그램(NTHMP, National Tsunami Hazard Mitigation Program)을 1995년에 수립
- NTHMP는 해안을 접하고 있는 미국의 28개 모든 주에 대해서 실행하고 있으며, 지진해일의 위험을 최소화하기 위하여 위험 평가·경고·대응의 3단계로 구성하여 추진
  - FEMA, 국토연방국(Territories and Commonwealths), USGS 등 중앙부처와 주 정부가 파트너십을 맺어 지진해일 관련 활동 수행
  - 지진해일이 발생 시 이들 기관의 협력 하에 인명구조와 피해 저감을 위한 모든 단계의 업무를 수행

[그림 3-8] NTHMP으로 작성된 오레곤주의 대피지도 및 지진해일 경보 흐름도



자료: KISTEP, 지진 및 지진해일 피해저감기술개발사업 심층분석, 2012

⑤ 미국지진연구연합(IRIS)

- 1984년 NSF에 의해 설립된 미국지진연구연합(IRIS, Incorporated Research Institute for Seismology)은 지진관측 자료 수집·분배·관리를 위한 과학 장비의 운영을 위하여 미국 내 100여개 이상의 대학들이 컨소시엄 형태로 구성한

비영리 연합기구

□ IRIS는 다음과 같은 주요 임무를 수행

- 탄성과탐사법과 다른 지구물리학적 방법들을 이용하여 지구속성 값들과 지진 원에 관한 지구물리학적 조사의 수행 및 촉진
- 자료포맷, 네트워크망, 교환규약 등의 표준화를 통해 지구물리학적 자료와 지식의 교환을 촉진
- 지구물리학 연구의 발전을 통해 모든 사람에게 이익이 제공되도록 IRIS 구성원, 제휴기관, 기타 연계조직 간의 협력관계를 조성

[표 3-13] IRIS의 주요 프로그램

프로그램명	주요 내용
Data Management System (DMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 광범위한 자료의 분배, 품질관리, 문서작성</li> <li>▪ USGS, FDSN 등에서 수집된 자료와 GSN, PASSCAL을 통해 수집된 자료의 통합관리</li> <li>▪ 과학적 연구를 위해 자료의 무상제공</li> </ul>
Global Seismographic Network(GSN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 150개국 이상으로 구성된 최첨단 범지구 지진관측망</li> <li>▪ DMS를 통해 실시간 관측 자료를 무료로 제공</li> </ul>
Program for the Array Seismic Studies of the Continental Lithosphere(PASSCAL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지역연구에 이용 가능한 1,000여개 이상의 이동식 지진계를 운영</li> </ul>
United States Seismic Array(USArray)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 북미의 지질학적 구조와 진화를 조사하기 위한 지구과학 프로그램인 전지구적실험의 일환으로 지진탐사와 자기 지진류탐사가 목적</li> </ul>
Education & Outreach (E&O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 학교와 일반국민을 대상으로 지진의 이해를 증진시키기 위해 교육과 홍보프로그램의 개발 및 실행</li> </ul>

자료: 기상청, 지진 분야 심층사업분석, 2012

⑥ 미국해양대기관리청(NOAA)

- 미국해양대기관리청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)은 지진해일 감시·관측·예측 임무를 수행하기 위해 지진해일연구센터(NCTR, NOAA Center for Tsunami Research)를 운영
- NCTR은 지진해일의 경보와 피해감소를 위한 통합적 연구를 수행하는 기관으로 주요 활동분야 크게 세 가지로 분류

- 지진해일의 예측을 위하여 해양에서 전파되는 지진해일의 컴퓨터 모델링 개발과 예보
  - 지진해일 경보 부이의 디자인, 개발, 설치에 관한 연구
  - 컴퓨터 모델링을 통해 지진해일로 인한 파고와 해수면 상승 형태를 범람지도로 제작하고, 이 지도를 통해 해안지역의 위험 평가와 대응방안 연구에 활용
- NOAA은 지진해일 정보가 포함된 DB를 구축하여 지진해일 대응 프로그램인 Weather and water Goal을 통해 정보를 제공하고 있으며, 이 프로그램 중에는 지진해일 프로그램도 포함

**[표 3-14] NOAA의 Wether and Water Goal 프로그램**

프로그램	내용
대기 개선 (Air Quality)	정책과 배출 규제 개발을 위해 대기 수준에 대한 정보, 예보, 의사 결정 지원
해안, 강어귀, 해양 (Cost, Estuaries, and Oceans)	해안 지역 이용자 또는 인근 주민의 안전을 위한 정보와 예보 서비스 제공
수문학 (Hydrology)	수자원에 대한 모니터링과 분석을 통해 수질과 홍수, 가뭄에 대한 정보 및 예보 서비스 제공
지역 예보 및 경보 (Local Forecast and Warning)	지역사무소와 국가 센터의 네트워크를 활용한 기후, 수계, 날씨에 대한 정보, 예보, 경보 발령
과학기술 증진 (Science, Technology, Infusion)	기상과 수계 연구의 육성과 기술 발전을 통한 서비스 증진
지역 날씨 (Space Wether)	경보, 주의보, 예보, 실시간 관측정보, 자료 등을 장비와 사람의 건강 보호를 위해 제공
지진해일 (Tsunami)	지역에서 지진해일에 대한 대비 및 관리, 교육을 할 수 있도록 지진해일 발생의 감지 및 예보, 시간대별 경보 전달, 자문을 제공

자료: 기상청, 지진 분야 심층사업분석, 2012

## 2) 일본

- 일본의 방재 관련 사업 및 예산은 과학기술연구, 재해 예방, 국토보전, 재해 복구 항목으로 구성되어 있으며, 이 예산 중 대부분을 재해 예방에 투자
- 일본의 재난·안전 R&D는 재해일반, 지진, 풍수해, 화산, 화재, 원자력, 위험물 등 9개 분야로 구분을 하고 내각부, 경무부, 소방청, 기상청, 문부과학성, 국토교통성, 해상보안청 7개 부처에서 방재 관련 사업 담당

- 연평균 재해예산을 재해예방 및 재해복구에 투입하는 등 복구보다는 예방을 중시
- 지진 발생 빈도가 빈번하고, 지진으로 인한 2차 피해 예방 등을 위한 지속적 추진 및 관리를 위해 방재 및 안전·안심 과학기술 시책을 수립·운영
  - 방재를 위해 지진조사연구추진본부 활용, 자연재난발생 메커니즘 해명 연구, 효과적인 사회방재시스템 구축 등을 추진
  - 안전·안심과학을 위해서는 국민이 안전하고 안심할 수 있는 사회를 위한 실용화 프로그램 개발, 안전·안심에 관한 지식 및 기술 공유화, IC 태그를 이용한 피난정보 제공, 스마트폰을 활용한 정보 제공시스템 개발 운용 등 ICT 기술을 활용한 소프트웨어 기반 방재 능력 강화
- e-Japan 전략에 방재분야를 설정하고 정보통신 기술을 활용하여 국민이 안심하고 생활할 수 있는 환경조성을 도모
  - 중앙정부의 방재시스템은 재난예방 및 재난상황 정보의 제공을 주 목적으로 운영
  - 재난의 1차적 책임기관인 자치단체는 정보를 수집하고, 긴급대응·복구 및 유관기관과의 정보연계를 위한 재해정보시스템을 구축하여 운영
- 재난관리체계를 지원하기 위한 중앙정부차원에서 기상청에는 기상자료종합처리시스템과 지진활동종합감시시스템 구축
- 방재관리에 있어 정보시스템을 도입하여 운영함으로써 재난발생 예측과 재난발생 시 신속하고 적절한 대응을 지원
  - 한신/아와지 지진 이후, 일본 정부는 재난정보관리시스템의 개선을 강화
    - 지진 발생 후 8년 동안, 각 정부 부처와 기관은 자체적인 정보 시스템을 구축하고, 정보를 신속하게 수집, 전환할 수 있도록 함
  - 중앙정부 차원에서는 재해지정행정기관별로 정보시스템을 구축·운영
  - 지방정부차원에서는 각 지방 실정에 적합한 정보화 시스템을 구축하여 활용

[표 3-15] 일본 국가안전관리 정보시스템

구 분	ICT 현황
중앙정부차원의 방재관련 정보화시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 총무성 소방청: 재해대책본부지원, 긴급지원정보시스템</li> <li>▪ 기상청: 기상자료종합처리시스템, 지진활동감시시스템</li> <li>▪ 문부과학성: 방사능재해정보시스템</li> <li>▪ 내각부: 지진방재정보시스템(DIS)</li> </ul>
지방정부차원의 방재관련 정보화시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도도부현 자치정부                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동경도: 방재센터, 방재정보시스템</li> <li>- 오사카: 도시방재정보시스템</li> </ul> </li> <li>▪ 시정촌 자치정부                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스오카: 안전정보전달시스템</li> </ul> </li> </ul>
재해 유형별 정보화시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진·해일: 지진방재(DIS)시스템, 지진활동감시시스템</li> <li>▪ 화재: 화재확산예측시스템</li> </ul>
재해유형별 세분화된 단독목적의 방재시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 방재행정무선망, 지방방재무선망 등 어떤 상황에서도 통신이 가능 하도록 시스템 구축</li> <li>▪ 일제통보서브시스템, One-Call 서브시스템 · 이미지관리 시스템, 자료관리, 통계분석시스템</li> </ul>

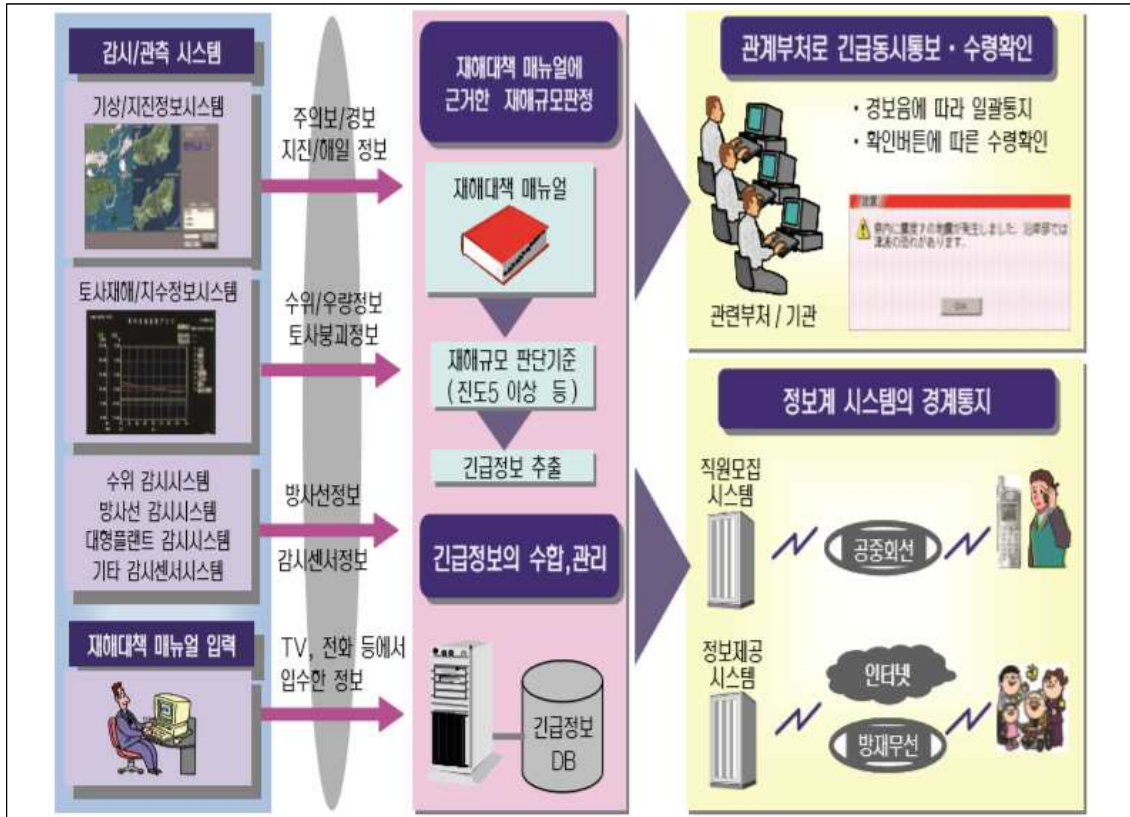
자료: 한국과학기술기획평가원, 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점

□ 재해발생 시, 재해대책본부의 의사결정시스템에 따라 의사결정이 어렵고 곤란한 상황에서 재해대책매뉴얼에 따라 신속하고 정확하게 초동체제 구축을 지원

- 재해정보를 수집, 분석하여 관련기관과의 연계 등을 자동으로 지원하며 방재 기본계획, 지역방재계획 등에 근거한 재난대응 상황 시나리오를 사전에 작성하여 재난발생 시, 재난 상황에 따라 실행
  - 재해대책매뉴얼(시나리오)을 바탕으로 재난대응 훈련기능을 이용한 교육 및 훈련을 통하여 재난대응 능력이 강화
  - 자동가이던스 기능, 재난대응이력 관리 기능, 부처내외 연계 기능, 문서보고서관리 기능, 방재훈련 기능 등 의사결정지원시스템의 주요 기능이 있어 지진재난발생 시 체계적이고 빠른 행정적인 의사결정 가능

자료: 한국과학기술기획평가원, 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점

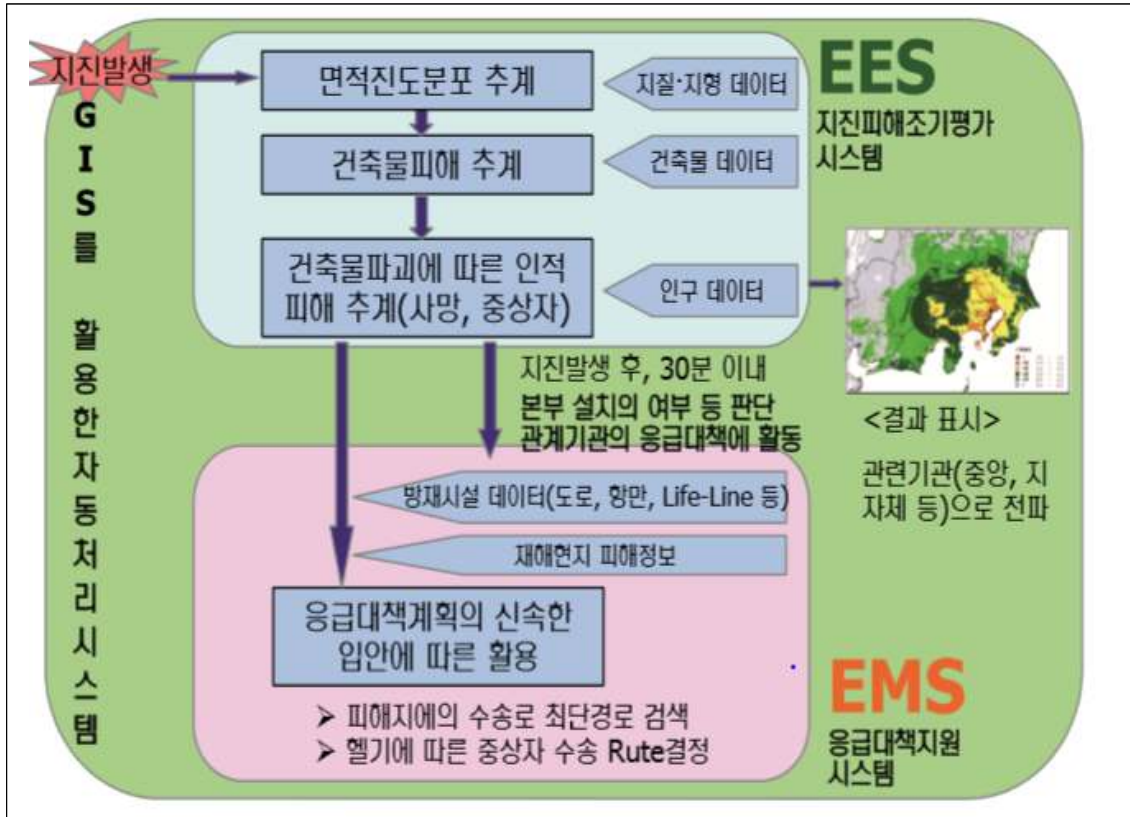
[그림 3-9] 일본 의사결정지원시스템 프로세스



□ 특히 지진방재정보시스템(DIS)를 구축하여 지진발생 시, 지진피해 파악지연이 초동체제 구축지연으로 연계되지 않도록 하고 있음

- DIS는 지진피해정보가 수집되지 않아도 지진의 진도정보·지형·지반·인구·건물 등의 정보를 GIS상에서 표시하고 피해규모정보를 표시하여 초동체제 구축을 지원하는 시스템
- DIS는 중앙의 재난 무선 네트워크를 사용하여 여러 재난 관련 당국 및 정부기관들을 연결함으로써, 원활한 정보 공유 및 정보를 추정하는 데 도움

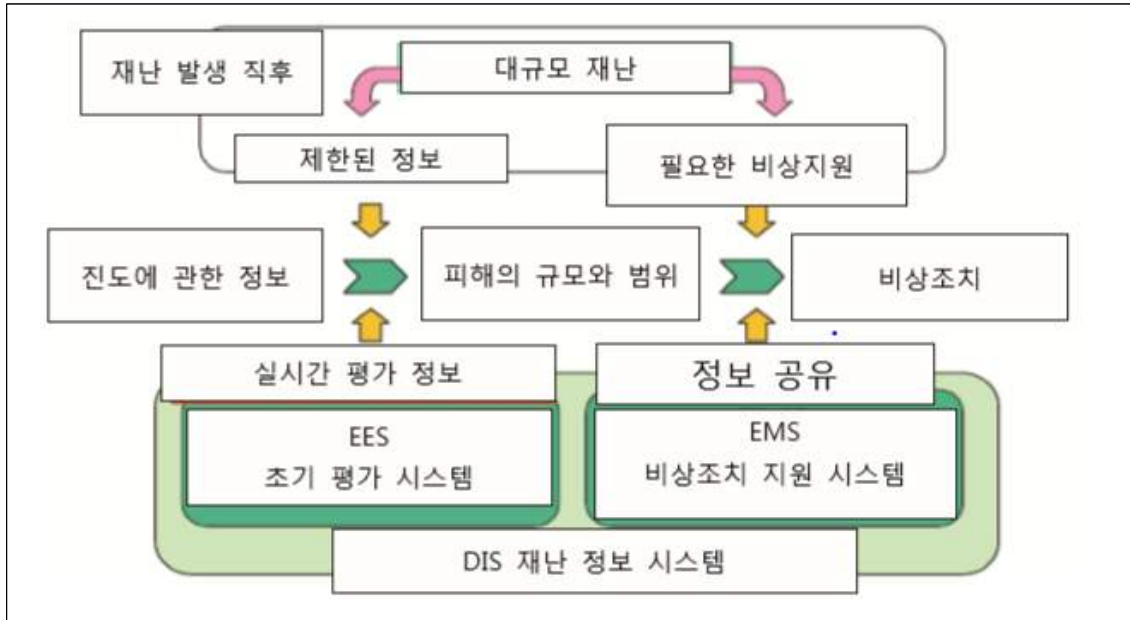
[그림 3-10] 일본 지진방재정보시스템 구성



자료: 한국과학기술기획평가원, 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점

- DIS는 넓은 지역에 걸쳐 재난이 발생했을 경우 이용할 수 있는 제한된 정보와 더 나은 구조 지원을 위한 더 많은 양의 정보에 대한 수요 사이의 딜레마를 해결하는데 목적

[그림 3-11] DIS 목적

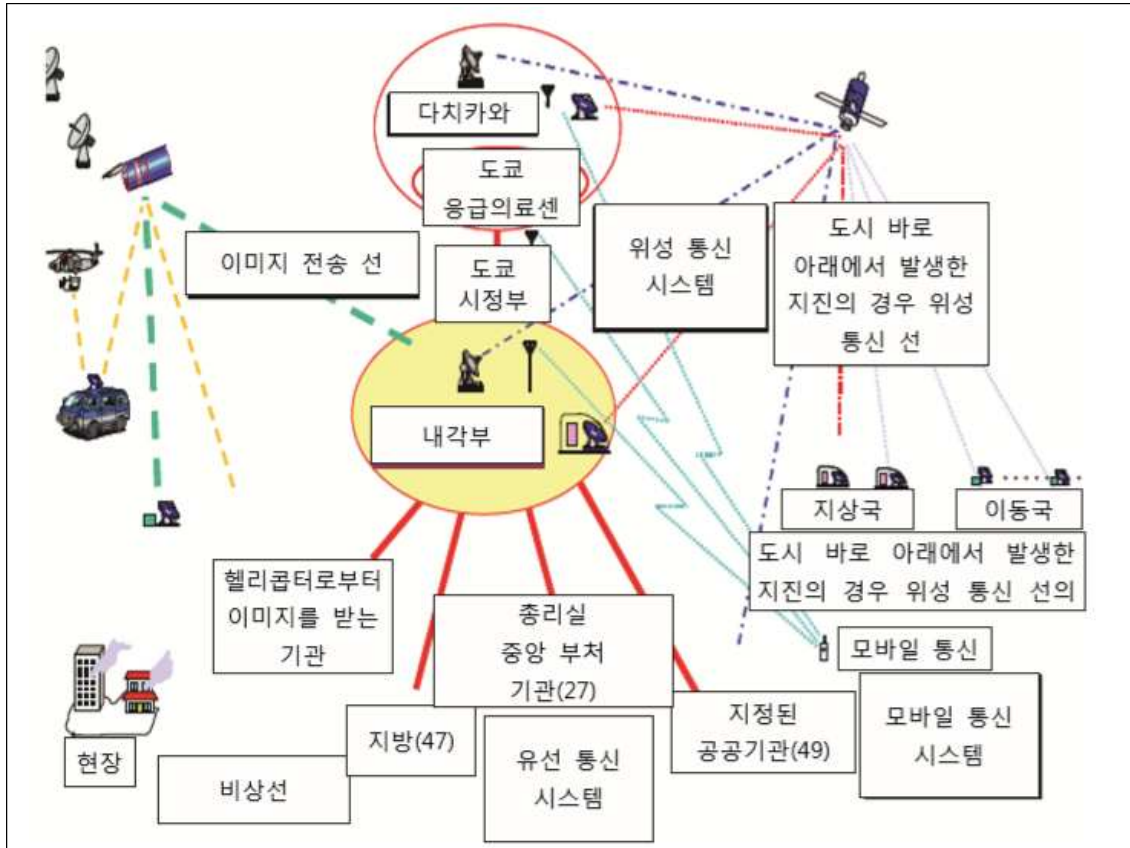


자료: 한국과학기술기획평가원, 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점

- 이 DIS는 하위 시스템인 지진피해조기평가 시스템(EES)와 응급대책지원 시스템(EMS)으로 구성
  - EES는 지정된 관찰 지점에서 측정된 진도(일본 기상청으로부터 온라인으로 제공됨)와 지상, 구조물/건물, 인구에 대해 사전에 입력된 데이터를 결합하며, 지진 발생 후 30분 내에 건물의 파손으로 인한 인명 피해를 추정할 수 있으며 산출된 결과는 관련 당국에 온라인으로 전달
  - EMS는 다양한 종류의 재난 정보를 하나의 동일한 터미널 상에서 조합, 첨가할 수 있으며, 따라서 각기 다른 기관들이 이러한 정보를 활용하여 비상 구조 조치를 실행
  - EMS가 제공하는 정보에는 다양한 재난 관련당국, 전기와 가스와 같은 주요 “생명유지” 시설의 손상에 관한 데이터, 도로와 같은 인프라의 손상에 대한 정보가 포함
- 일본 내각부는 인공위성 이미지 기술을 새로운 도구로 사용하여 정보를 수집하고 피해의 정도를 파악하는 시스템 개발
  - 이 시스템은 재난발생 전 인공위성이 촬영한 이미지와 재난 발생 후 촬영한 이미지를 비교하여 차이를 감지함으로써 넓은 지역에 걸친 피해 규모 파악에 기여

- 이 시스템은 지리적 지역에 걸친 피해의 분포 상태, 사전에 등록된 주요 구조물과 건물의 피해 규모를 감지

[그림 3-12] 재난 예방 및 구조에 관여하는 일본 정부기관의 네트워크



자료: 한국과학기술기획평가원, 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점

## 2. 기반시설 관련 기술개발 동향

### 1) 미국

- 미국의 기반시설 관련 R&D의 추진방향은 다학제적인 학문 분야의 특성을 반영하여 다양한 학문 및 기술 분야의 전문가를 통해 연구개발을 추진
  - 연구개발 주체는 매우 광범위하고, 대학 및 연구소 등 각 분야에서 최고의 역량을 갖춘 주체가 선정하여 센터 방식으로 추진
  - 미국의 센터 중 국가과학기술위원회(NSTC) 산하의 SDR(Subcommittee on Disaster Reduction)은 재해 취약성을 감소시키기 위하여 장기간의 과학기술 전략을 개발

- SDR은 재해예방을 위한 전 재해 접근법의 필요성을 제기하고, 이는 개별 재해별로 감소대책을 수립하기보다 과거의 전통적인 재해예방 기법이 타 재해에 즉시적으로 적용되는 것을 의미
- SDR은 재해위험 감소를 위해 ① 기존의 자연재해 및 인위재난에 대한 지식을 테러예방에 활용, ② 재해 정보수집과 예측 역량 강화, ③ 위험평가 모델의 개발 및 확산과 의사결정 지원시스템으로의 연계, ④ Hazard 연구의 신속한 현업화, ⑤ 저감 활동 및 인센티브의 증대, ⑥ 위험 의사소통 역량, 특히 공공 경보시스템과 기법의 강화 6개를 국가 도전과제로 선정하여 추진

[표 3-16] 기반시설물 안전성 평가 관련 중심기술

구분	중심기술
토목구조물 안정성평가	Bridge
	Civil Infrastructure
	Supervisory Control and Data Acquisition
센싱, 모니터링 시스템	Design, Analysis, and Proof of Concept
	Building
	Ground
	Energy Efficiency
	Wireless Sensor
	MEMs
	Sensor Networks
재난요인 평가	Hurricane
	Multi-hazard & Disaster

자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC 시설물 성능평가 기술 개발 기획, 2014

### 3. 도로망 네트워크의 지진복원력 평가 및 내진성능관리 의사결정 관련 최신 연구 동향

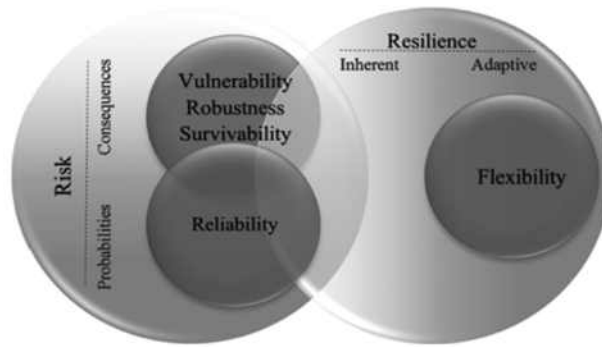
- 도로망 네트워크는 지진 재난 시 대피, 구조, 복구 및 재건에 중요한 역할을 하며 더 정확하고 효율적인 네트워크의 해석을 위한 연구가 활발히 진행되고 있음

#### ① 네트워크 평가 기준 및 지진 위험도 평가 방법론

- Faturechi *et al.*(2014)은 재난 후 교통망 성능 평가와 관련된 약 200개의 연구 출간물을 분석하여 교통망의 성능 지표를 용어, 양적분류, 구조물 생애주기단계, 그리고 유효성 척도 (MOE: measures of effectiveness)등의 기준에 따라 분류

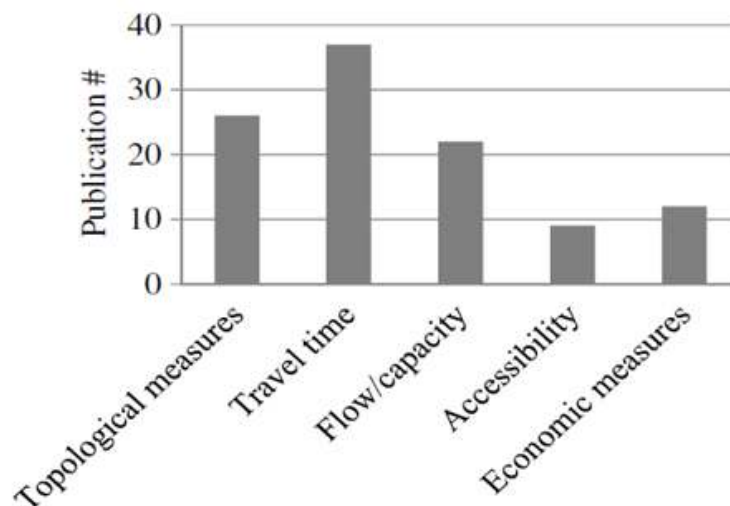
- 재난 후 시설물 성능 지표에 따른 분류 - 재난, 재해에 의한 인프라 시스템의 피해 정도를 측정하기 위해서는 적절한 성능 지표의 설정이 중요하며 발표된 논문들에서는 위험도(Risk), 취약성(Vulnerability), 신뢰성(Reliability), 복원력(Resilience) 등의 기준으로 분류 가능

[그림 3-13] 위험도와 복원력 관련 용어 간 관계도



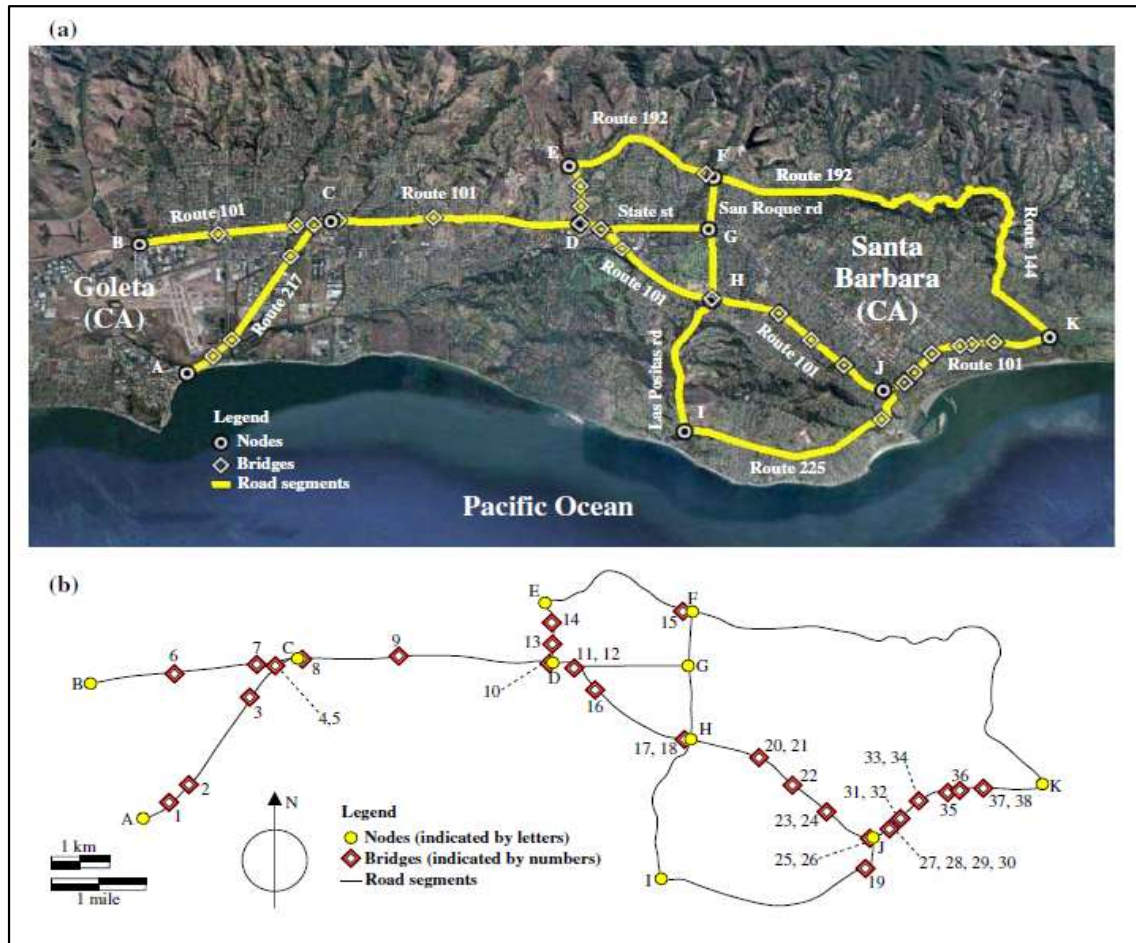
- 유효성 척도에 따른 분류 - 도로망 네트워크의 유효성을 평가하는 기준은 크게 기능적 관점과 위상적 관점으로 분류
- 기능적 지표(Functional measures)는 교통 네트워크의 사용성 (통행시간, 거리, 통행량, 접근성)에 초점을 두며, 위상적 측정(Topological measures)은 교통 네트워크를 하나의 수학적 네트워크 시스템의 관점으로 접근하여 그래프이론에 기반한 연결 중심성, 매개 중심성, 연결 중요도 지수 등으로 손상량을 평가하는 방법임

[그림 3-14] 유효성 척도에 따른 재난평가성과물 개수



- 교통네트워크 시스템의 지진 위험도 평가 방법론 (Kiremidjian et al., 2004)
  - 교통시스템의 전반적 지진 위험도 분석 시 국소 지역의 상태를 고려하고 통합시키는 방향으로 진행되어야 하며, 개별 요소 간의 공간 의존도를 고려하는 것이 네트워크 시스템의 연결성(Connectivity)과 교통흐름을 평가하는데 중요한 요소로 작용
  - 시스템 일부의 손상에 따른 시간지연으로 발생하는 전체 시스템의 손상과 직접비용을 교통시스템의 위험도 평가에 고려하여야 함
- 지진 발생 후 교통네트워크 복원력 증대를 위한 최적 복구 시나리오 도출 방안 (Bocchini et al., 2012)
  - 네트워크 복원력을 최대화하는 최적화된 복구를 시행하고, 네트워크가 기능을 회복하는데 소요되는 시간과 비용을 최소화
  - 손상된 교통네트워크에서 의사결정자가 복구 자금을 설정하고, 복구과정의 우선순위 결정하는데 필요한 도구 설치해야 하며, 더 나아가, 주요기반시설들(병원, 행정 시설물)간을 연결하여 비상상황에 대처함으로써 네트워크의 완전한 기능 복구를 도모할 수 있음

[그림 3-15] 교량 네트워크 시스템 레이아웃(미국 Goleta)



② 멀티스케일 접근법을 이용한 효율적 도로망 해석 기법

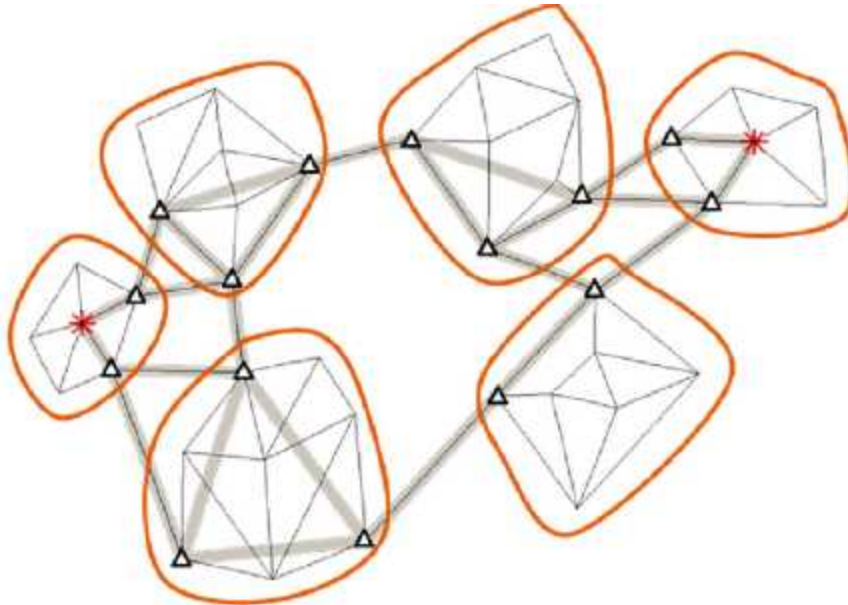
□ 도로망과 같이 복잡한 네트워크의 경우, 교량, 터널, 도로 등 해석 요소의 증가에 따라 해석 시간이 기하급수적으로 증가하여 실제적인 해석이 거의 불가능하였으나, 최근 하드웨어의 급격한 발전과 더불어 계산시간을 효과적으로 단축하기 위한 알고리즘들이 제안되고 있음

○ 복잡한 네트워크 시스템 해석에 대하여 선형 프로그래밍과 복잡한 시스템을 세부 시스템으로 나누어 해석하는 멀티스케일 접근법을 이용한 방법론을 제시하고 전력망에 대한 해석을 수행 (Der Kiureghian and Song, 2008).

○ 지진 재난 발생 시 라이프라인 네트워크의 위험도 평가와 의사결정 지원을 위한 멀티스케일 분석 프레임워크가 제시되었고(Song and Ok, 2010), 클러스터링 기법을 더하여 여러 가지 라이프라인 네트워크의 해석에 적용된 사례가 있음(Lim *et al.*, 2015).

- 이러한 멀티스케일 접근법은 복잡한 네트워크의 해석 시간을 효율적으로 단축할 수 있고 세부 시스템과 요소들의 상대적 중요성을 확인할 수 있으며 각 세부 시스템마다 다른 여러 가지 분석방법을 동시에 수행할 수 있음. 이러한 장점을 가진 접근법을 복잡한 도로망 네트워크 시스템에 적용 할 수 있을 것이라 생각됨

**[그림 3-16] 라이프라인 네트워크에 멀티스케일 접근법을 적용한 예**



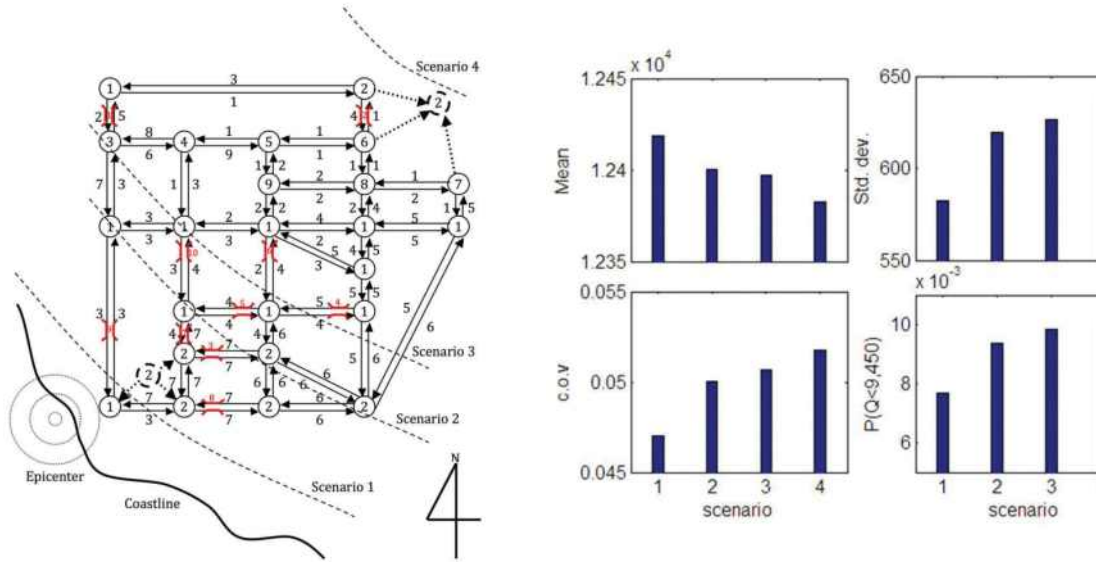
자료: 임현우 등, 2015

③ 시설 노후화를 고려한 교통 네트워크의 실제적 복원력 평가방안

- 도로 시설물 (교량, 터널, 기타구조물 등)의 점진적 노후화가 지진 취약도 및 지진 복원력의 저하에 미치는 영향을 정량화하고 최적 유지보수전략 수립을 위한 연구 진행 중

- Lee et al. (2011) 은 개별 구조물·시설물의 실제 상태에 근거한 상태기반 네트워크 신뢰성해석 기법을 제시하여 리스크 해석의 정확도를 향상
  - 사회기반 시설물의 노후화가 네트워크 재해복원력에 주는 영향에 대한 이해를 바탕으로 최적의 유지, 보수, 강화 전략을 수립하기 위한 비전을 제시하였음

[그림 3-17] 상태기반 네트워크 신뢰성 해석 예제



(a) 부식으로 인한 노후화의 영향을 받는 교통망 네트워크

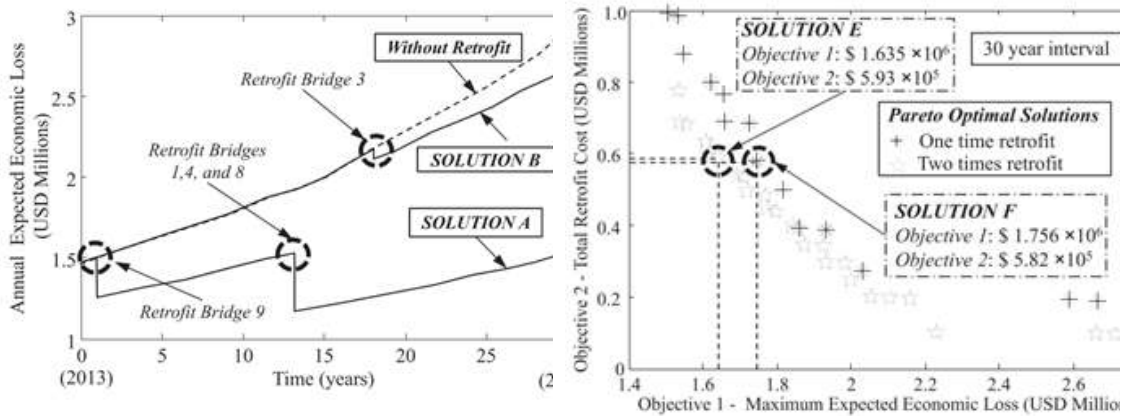
(b) 신뢰성과 시나리오에 따른 네트워크 교통량 수용량

자료 : Lee et al. (2011)

○ You *et al.* (2014) 은 지진 리스크에 근거하여 한정된 예산으로 도로망에 포함된 교량의 보수, 보강 우선순위 및 최적 유지관리 시점을 선정하기 위한 기법을 제안

- 방법론을 실제 존재하는 교량 네트워크에 적용하고, 교량의 노후화가 지진 리스크에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였음
- 경제적 손실 이외에도 사회, 경제, 환경적 요인을 고려 다중 목적함수를 사용하여 구조물의 성능을 평가고 의사결정 시나리오에 반영

[그림 3-18] 지진복원력 근거 네트워크 내 교량요소 보수보강 시뮬레이션 예



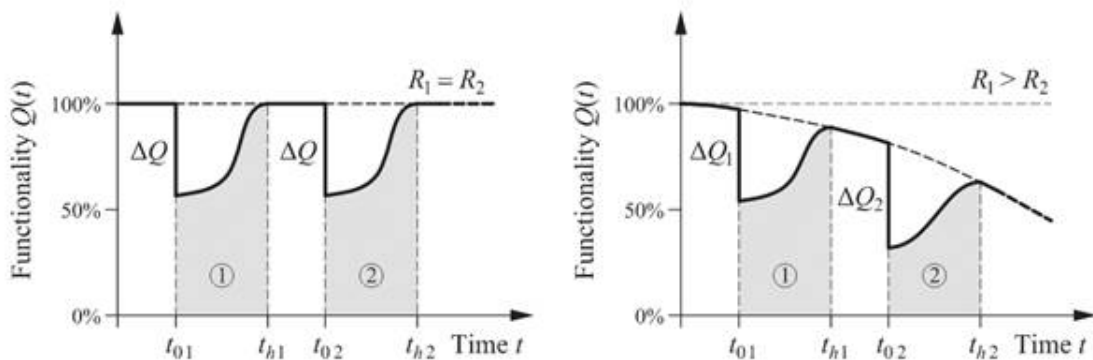
- (a) 시간에 따라 증가하는 지진 리스크(---)와 유지보수 전략에 따라 감소한 리스크(—)  
 (b) 최적의 유지보수 결정 전략 수립 방법론

자료 : You et al.(2014)

○ Biondini *et al.* (2015) 은 단일 도로교 시설의 지진 복원력을 해석하는데 구조물의 열화에 따라 구조물의 성능과 복원력이 감소하는 것을 시뮬레이션으로 검증

- 특히 열화로 인해 취약해진 구조물에 지진 재난이 동시에 발생하였을 때 시스템의 기능 및 복원력이 크게 감소함을 보임
- 교량을 포함하여 사회기반시설물을 평가할 때 구조물의 노후화와 재난 복원력의 상관관계가 함께 고려되어야 함을 역설

[그림 3-19] 재난 복원력의 개념과 시설물 노후화 고려 시 복원력 감소 개념도



자료 : Biondini et al.(2015)

## 2) 일본

### □ 2008년 12월 일본 국토교통성은 사회기반시설물의 다양한 관리기술명과 개발 연구기관에 대한 내용 발표

- 대규모 지진 발생 직후 교량 피해를 빠르고 정밀하게 파악하는 기술
    - 수행기관: 국가 종합 연구소 위기관리 기술 센터 지진 방재 연구소, (독립법인)토목 연구소 내진 연구그룹 내진 팀)
  - 토사 재해의 초기 변화를 감지하는 기술
    - 수행기관: 국가 종합 연구소 위기관리 기술 연구 센터 사방 연구소, (독립법인) 토목 연구소 토사 관리 연구 그룹 화산 파편 팀, (독립법인)토목 연구소 토사 관리 연구 그룹 사태 팀, (독립법인)토목 연구소 재료 지반 연구그룹 토질 팀)
  - 구조물의 손상 변상 진행도를 측정하는 기술
    - 수행기관: (독립법인) 토목 연구소 재료 지반 연구 그룹 토질 팀, 국가 종합 연구소 하천 연구부 하천 연구실, 국가 종합 연구소 하천 연구부 수자원 연구실, 국가 종합 연구소 도로 연구부 도로 구조물 관리 연구소, (독립법인) 토목 연구소 구조물 연구그룹 교량 팀)
  - 현장에서 즉시 정보 검색을 가능하게 하는 기술
    - 수행기관: 국가 종합 연구소 고도 정보화 연구 센터 정보 기반 연구실
- ### □ 국토교통성은 기후변화로 인한 부정적인 영향을 최소화하기 위하여 시설물 기준 및 관리 실무자 매뉴얼을 작성·보급하여 시설물관리 대응에 활용
- 시설물관리 대응 매뉴얼에는 기후변화가 시설물에 미치는 과급효과, 기후변화에 대한 시설물 기준 변경, 기후변화에 대한 시설물 관리 기준 강화에 대한 내용 포함
- ### □ 방재와 관련된 연구개발 기본 추진계획(1981)을 최초로 수립하고 장기적으로 추진해야 할 방재 관련 중점 연구개발 영역을 설정
- 사회자본 관리 기술, 도시환경 재생에 이르기까지 전방위적으로 인프라를 효율적으로 활용할 수 있는 기술 개발을 기반으로 국토 보전을 실현

[표 3-17] 국토교통성 사회기반시설물 관리 기술

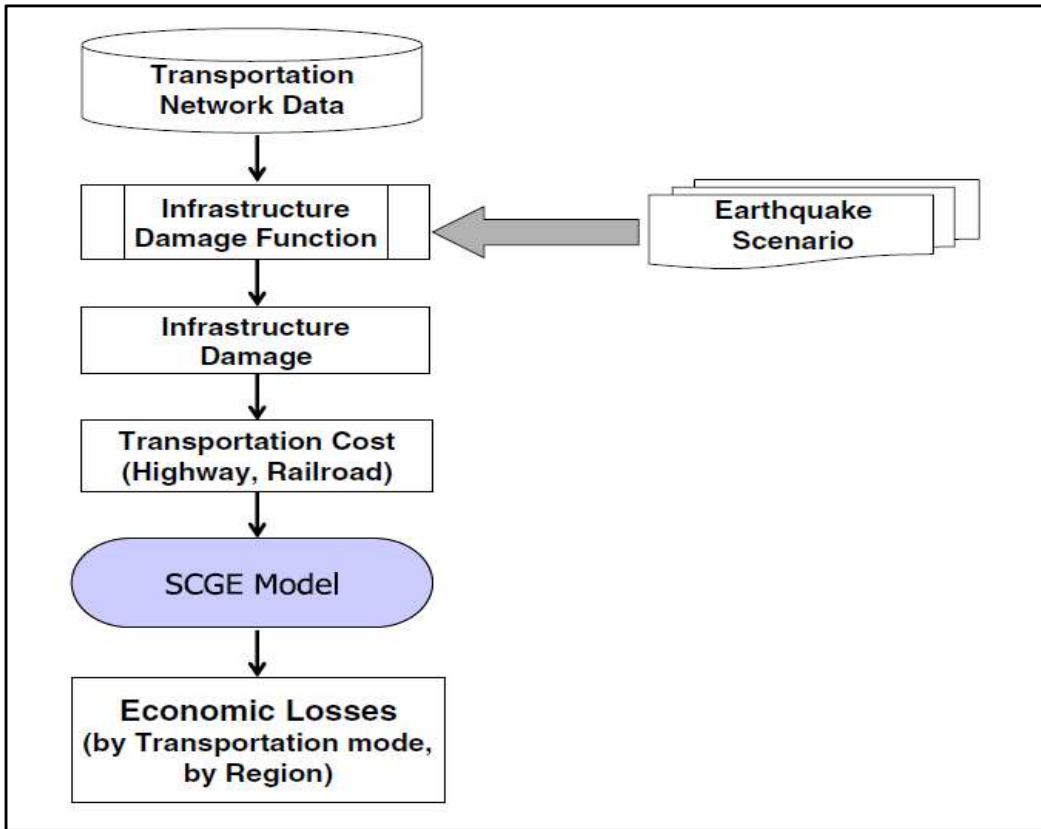
기술	개별기술
사회자본 관리 혁신기술	다세대 이용형 초장기 주택 및 주택의 형성·관리기술의 개발
	구조물의 점검·진단과 건전도의 평가·예측기술
	사회자본 등의 관리 고도화와 라이프사이클코스트 저감
	사회자본 등의 라이프사이클코스트 저감기술
	작용·성능의 경시변화를 고려한 사회자본시설의 관리수준의 개선에 관한 연구
도시환경 재생기술	저탄소·수소 에너지 활용사회를 향한 도시 시스템 기술 개발
	인구감소·소자고령화 사회에 있어서 유지 가능한 도시·건축물의 재편·재구축기술
	지속가능한 도시구조로의 재편·재구축기술의 개발
	기존 Stock의 재생 및 활용기술
	주택·건축물에 있어 사고 리스크 평가와 안전·안심 성능의 향상을 위한 기술개발

자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC 시설물 성능평가 기술 개발 기획, 2014

□ 지진 재난에 따른 교통네트워크 단절로 인한 경제적 손실 및 영향을 예측하기 위한 연산가능일반균형모형 (SGCE: Spatial computable general equilibrium)과 교통 모델을 통합하여 방법론을 제시 (Tatano, 2008)

- 재난 재해로 인한 피해의 확산으로 인한 주변 지역의 손실을 측정하는 과정을 구성하고 주변 지역의 피해로 확장시키는 연산가능일반균형모형을 사용
- 기존에 고려되지 않은 자원제약, 개인행동특성, 시장 영향, 그리고 교통모델을 결합하여 화물과 승객들의 유동량을 측정
- 실제 2004년에 발생한 Niigata-Chuetsu earthquake 지진에 SGCE 모델을 적용하였고, 지진의 발생으로 인해 주변 지역에 전파된 직접적 피해와 시장영향까지 고려한 간접적 피해를 정량적 값으로 도출

[그림 3-20] 지진으로 인한 교통네트워크 붕괴의 경제적 손실 추정과정



#### 4. 이슈 및 시사점

□ 미국, 일본 등 해외 선진국은 재난 관리 및 예방 등을 위해 ICT 활용

- 현대사회가 급속도로 발전·고도화되면서 재난발생이 일상화, 다양화, 대형화 되고 피해 규모 또한 증가함에 따라, 각종 재난에 대비(예방·대응·복구 등) 하는 정보시스템의 운영 실태에 대한 현황 파악 및 점검 필요
- 정보통신기술을 활용하여 지진 피해(물리적, 사회적, 라이프라인 2차 피해)에 대한 위험도를 예측하고, 그 예측 결과를 기반으로 지진 사전 예방, 대비 및 대응 등 지진피해 저감을 위한 의사결정에 활용

□ 지진재난 연구개발 시 각 연구기관의 역량을 기반으로 각자의 역할에 맞는 연구개발을 수행하는 한편, 국가의 지진재난 관리 목표 및 방향에 상응하는 개발 방향 설정 필요

- 미국과 일본 등 지진재난 관리 주요 국가의 사례를 보면, 국가 전체의 지진 재난 관리 목표와 방법을 상정하고 이를 위한 법, 제도 운영 및 프로그램을 운영하는 것을 확인
- 특히 미국과 대만의 분석 프로그램처럼 사회경제적 요인분석과 사회경제적 측면에서의 손실 추정에 관한 부분, 더 나아가 선제적인 내진성능관리 의사 결정 체계(우선순위, 시점, 공법의 결정)까지 구축할 수 있는 소프트웨어의 개발이 필요함

□ 지진재난 분야 연구개발사업의 예산 증대 필요

- 국내의 경우 재난 발생 후 다음 연도에 관련 대비·대응·복구 예산이 편성되고 있는 실정이므로, 아직 강진이 발생하지 않은 한반도의 특성상 예비 예산을 확보하는 것은 실질적으로 어려움
  - 그러나 더 이상 한반도가 지진재난으로부터 안전한 국가가 아니며, 특히 도시화율이 높은 국내에 지진이 발생하게 될 경우 그 피해규모는 추산하기 어려울 정도이므로 지진재난 관련 연구개발 예산 증대 필요
  - 지진에 대비한 선제적 도로망 유지관리 시스템을 구축함으로써 국민의 안전 확보 뿐 아니라 도로네트워크의 효율 증진, 지진 발생 시 경제적 피해 축소 및 신속한 사회 기능 회복 등 막대한 사회적 편익을 얻을 수 있는 투자의 개념으로 생각할 수 있음
- 일본의 경우 동일본 대지진 등 대규모 재해 발생 시 원인규명 및 2차 피해 예방을 위한 신속한 연구개발 사업을 실행(예산 확보)한 것을 참고하여, 신속한 연구개발 사업 실행을 통한 원인 규명 및 피해확산 방지를 위한 R&D 예비 예산을 확보하는 것이 필요

□ 기반시설물 안전 및 유지관리의 효율화 및 최적화를 위하여 종합적이고 지속적인 기반시설의 성능 평가가 중요

- 기반시설물은 국가 경제에 막대한 영향을 끼치는 만큼, 종합적이고 장기적인 유지보수 계획 수립의 필요성 증가
- 국내에서도 기존에 건설된 도로망 네트워크의 노후화가 진행되고 있으므로 안전 및 유지관리를 실현시키기 위한 정량적인 시설물 상태에 대한 정보가 필수적이며, 이러한 정보를 기반으로 노후화에 대비하는 것이 필요

- 노후화된 도로 구조물(터널, 교량)이 지진에 노출되었을 때 취약성은 현저히 낮아지며 학계에서는 이를 인식하고, 열화와 지진취약도의 상관관계를 평가하기 위한 방법론이 활발히 연구되고 있음.
  - 최신의 연구결과를 수용하고, 실제 교량 매니지먼트 시스템(BMS)과 연계하여 보유한 빅데이터를 단순 노후화 상태 추정이 아닌 상시 지진 재난 복원력을 확보를 목적으로 하는 모니터링 시스템이 필요함
  
- 객체 단위의 물리적 피해 평가인 지진 취약도 해석에서 더 나아가 사회, 경제적 영향, 그리고 네트워크의 회복속도를 고려하여 지역이 가진 회복력을 의사결정에 반영하기 위해 국제 사회적으로 “재난 복원력”의 개념이 도입되고 있음
  - ‘재난복원력’은 재난재해를 겪은 지역사회가 그로인한 사회경제적 피해를 최소화 할 수 있는 능력으로서, 이는 사회, 경제, 물리적 의미를 아우르는 개념임. 따라서 이를 정량화하기 위해서 용어, 개념의 정립과 방법론에서의 구체화가 필요함
  
  - 특히 교통망 네트워크 측면에서 ‘재난복원력’의 재정의가 필요
    - 단일 구조물로서의 도로 시설물이 아닌 도로망이라는 거대한 네트워크에 속한 핵심 요소라는 관점으로 객체의 중요도를 평가해야함. 또한 네트워크의 손상은 객체 손상의 합이 아니라 별도의 네트워크 해석을 통해서, 전체 시스템 관점에서의 평가가 이루어 져야함.
    - ‘재난복원력’은 물리적인 요소를 비롯하여 사회경제적인 요소들의 고려가 함께 이루어져야 하는 개념으로서, 재난 복원력 평가시 물리적 지표(physical measure) 및 사회경제적 지표(socioeconomic measure)의 종합적 이해가 요구됨.
    - 노후화로 인해 도로시설이 초기 설계 성능으로부터 점진적으로 기능 상실이 진행되었음을 고려하여야 함
  
- 시설물 성능평가 기술은 시설물 정밀 안전진단 또는 유지관리에서 나아가 자산 관리의 효율성 제고를 통해 안전과 사용성능을 확보하는 방향으로 개발
  - 기반시설물 평가를 통해 건설 시장의 확대나 신규 기반시설 건설과 같은 직접적인 효과보다는 노후화된 시설의 관리 및 예방적 차원에서 유지관리 측면으로 기술 발전 도모

- 이를 위해 기존 내진보강 전략을 넘어선 새로운 유지관리 패러다임이 요구됨
  - 예방적 유지관리 체계는 재난 시 도로망 네트워크 반응의 불확실성과 복잡성, 실시간 노후화 평가의 어려움 등으로 인해 기술된 매뉴얼만으로 실현하기에 어려움이 있음
  - 특히 도로망 네트워크에는 광범위한 관련 시설물이 포함되어있고, 이들은 서로 상호작용하며, 지진에 의한 네트워크의 단절은 손상 시설물의 기능 상실과 더불어 복잡한 사회·경제적 파급효과를 발생시키는 특성을 가짐
  - 선제적인 유지관리의 실현을 위해서는 네트워크가 가지는 특성을 반영하여 도로망의 복원력을 정량화하고, 이를 근거로 내진성능관리 의사결정을 지원하기 위한 영향평가 소프트웨어 플랫폼의 개발이 요구됨.
  - 더 나아가서, 이러한 플랫폼을 현재 사용되고 있는 교량 유지관리 시스템(BMS) 또는 시설물 유지관리 시스템(FMS)과 연계하여 네트워크 특징을 고려한 의사결정을 지원하도록 하면 합리적이고 경제적인 유지관리가 가능함
  
- 지진, 교통, 지질 및 도로시설물 라이브러리를 구축하고 이를 운용하기 위한 플랫폼의 마련이 절실
  - 미국의 지질조사국(USGS), 연방도로청(FWHA)은 공공데이터가 갖는 잠재적 가치를 인식하고 지형, 지질, 자연재해, 교통사고, 교통흐름, 기상 등 광범위한·실시간의 정보를 일반에 공개해왔으며, 이는 관련 연구 및 산업의 발전에 촉매제이자 사회기반 시설물 안전 확보를 위한 주춧돌로 기능하고 있음
  
  - 특히 미국의 Ergo, HAZUS 및 태국의 HAZ-taiwan 등의 지진 시뮬레이션 소프트웨어 플랫폼은 준 실시간으로 업데이트되는 풍부한 라이브러리를 기반으로 작동하며, 국내 실정에 맞는 지진 재난 복원력 정량화 플랫폼 개발을 위해서는 국내에서 확보한 데이터베이스를 보유하여야함
  
  - 국내에서도 다수의 정부부처 및 민간에서 빅데이터를 확보하고 있음에도 불구하고 폐쇄적인 특성으로 인해 다방면·미래지향적으로 활용하지는 못하고 있는 실정이며, 따라서 국내 데이터를 수집하고, 도로망, 지질, 재난 라이브러리를 구축하는 것이 플랫폼 개발에 선행되어야함
  
  - 주요 국가의 사례에서 확인할 수 있듯 국내 라이브러리를 구축하고 공공데이터로 개방함으로써 학계 및 관련 산업분야가 급속한 질적, 양적 성장을 이룰 수 있을 것으로 기대됨

□ 유지관리 분야에서 생성되는 정보를 정책에 반영하는 순환적인 프로세스를 통해 국가 인프라 자산관리의 선진화 도모

- 효율적인 관리, 운용, 성능 향상, 질 높은 서비스 제공을 위한 유지관리를 위해 기반시설물 관리 데이터의 생성·취급·축적 방식의 자동화, 체계적 관리, 합리적 의사결정 지원 체계 구축 등 구조적인 개선 필요

□ 시설물 안전점검 관련 기술 경쟁력 확보를 위해 기술수준의 향상개발과 경쟁력 강화 필요

- 향후 기반시설물의 품질을 높이고 핵심기술의 해외 의존도를 감소시킴으로써 저비용/고효율의 기반시설 관리가 가능
- 자가 진단, 자가 치유를 위한 임베디드형 IT 융합 기술 등 창조형 기술에 대한 과감한 투자 필요
  - ICT를 활용하여 시설물의 정밀점검, 진단시스템 개발 및 적용할 경우 시설물 관리의 효율화 도모 가능
  - 진단/복구를 위한 정보의 전산화를 통한 데이터베이스화와 장기간에 걸친 자료의 축적 및 공유를 통해 정확한 성능평가를 하는 것이 중요
- 특히 지진 복원력 평가와 내진성능관리 의사결정을 모두 아우르는 지능형 의사결정 플랫폼은 아직 실질적으로 구축하여 적용한 사례가 없는 만큼 시의적절한 투자로 관련 기술 및 시장을 선도할 수 있을 것으로 기대

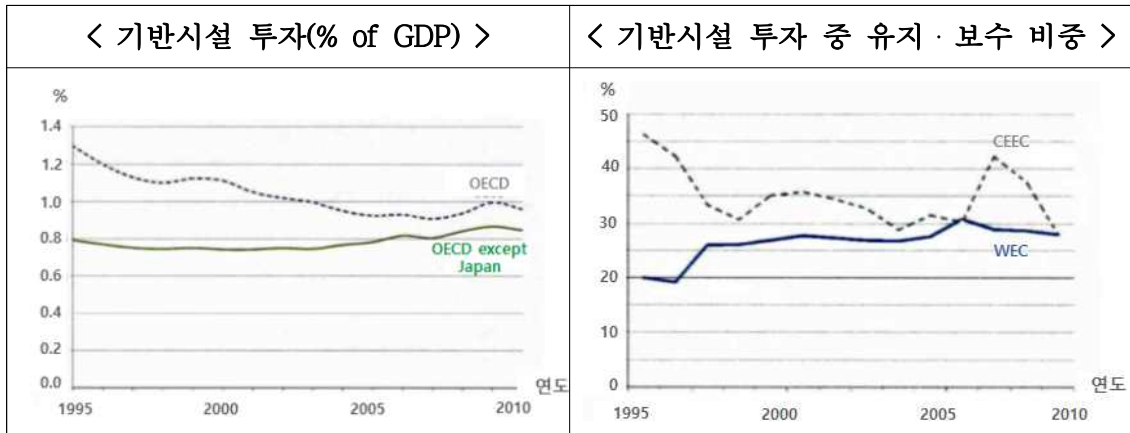
### 3절 국외 시장 동향

#### 1. 국외 시장 환경

□ 국외 사회기반시설 교통 분야 유지·보수 시장 투자 현황을 살펴보면, 국가별로 GDP 대비 기반시설 유지·보수 투자비용 차이 존재

- OECD 회원국은 GDP의 0.3%를 교통 분야 기반시설의 유지·보수로 투자
  - 서유럽 기준 기반시설 투자 비중은 GDP의 1%로, 신규건설 0.7%, 유지·보수 0.3% 비율로 투자하고 있는 상황

**〔그림 3-21〕 OECD 회원국의 교통 기반시설 유지·보수 투자추이(1995~2010년)**



주) CEEC는 중앙 및 동유럽 국가, WEC는 서유럽 국가를 의미  
 자료: OECD International Transport Forum, Statistics Brief 2012

- 개발도상국은 GDP의 1.8%를 교통 분야 기반시설의 유지·보수로 투자
  - 기반시설 투자 비중은 GDP의 2.3%로, 신규건설 0.5%, 유지·보수 1.8% 비율로 투자하고 있는 상황

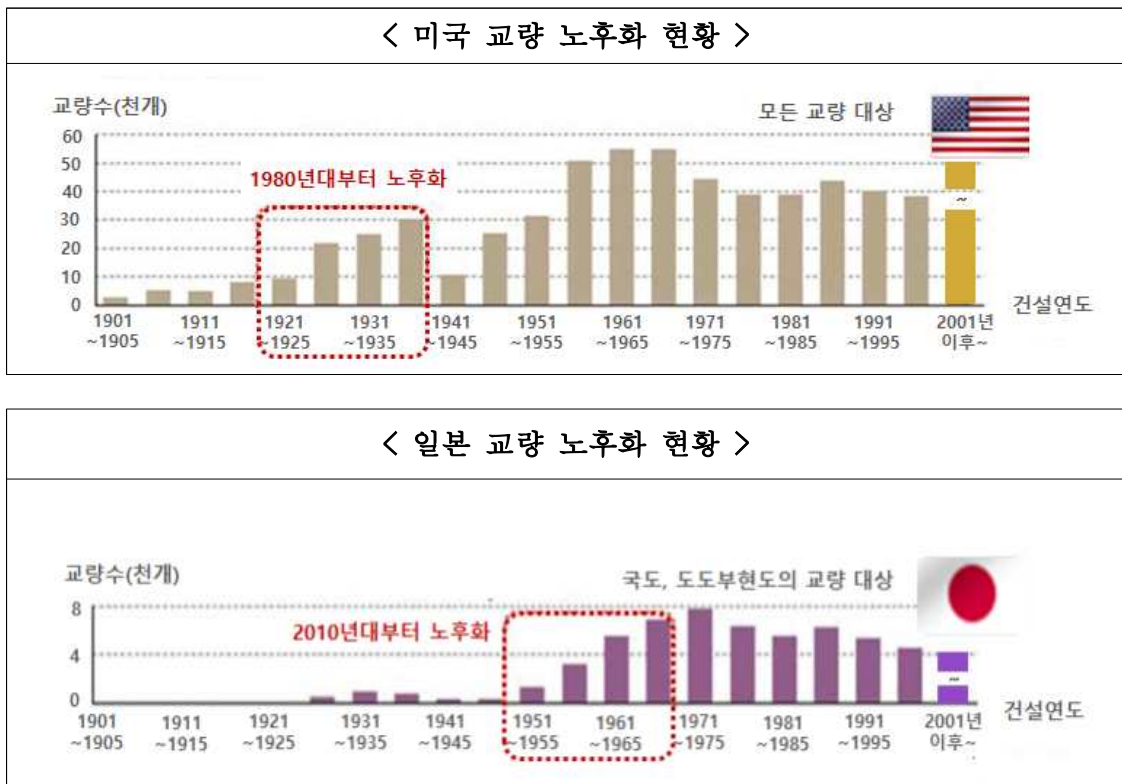
**〔표 3-18〕 개발도상국의 교통 기반시설 유지·보수 투자 추정(2008~2015년)**

형태별 기반시설 투자(GDP의 %)		국가별 기반시설 투자(GDP의 %)						
신규 건설	유지 보수	동 아시아	남 아시아	라틴 아메리카	동유럽	북 아프리카	남 아프리카	한국
0.5	1.8	1.7	4.0	1.5	3.1	3.0	3.0	0.26

자료: European Investment Bank, Infrastructure Finance in Developing Countries, 2010

- 2014년 세계 건설시장의 총 규모는 8.5조 달러, 세계 인프라 시장 규모는 2.7조 달러로 전체 건설 수요의 32% 비중 차지
- 선진국은 이미 사회기반 시설물에 투자된 규모가 크고 대체로 사회가 안정기에 들어서 있으므로, 시설물의 노후화 및 재난에 대응할 수 있는 유지관리에 많은 투자를 진행
  - 일본의 경우 지난 10년 간 건설시장의 규모가 10% 정도 감소하였으나 유지관리 관련 시장은 20% 가량 증가
  - 일본을 제외한 아시아권 국가들에서는 2000년 기준으로 2016년까지 평균 5.5배까지 성장할 것으로 전망

[그림 3-22] 국외 교량 노후화 현황

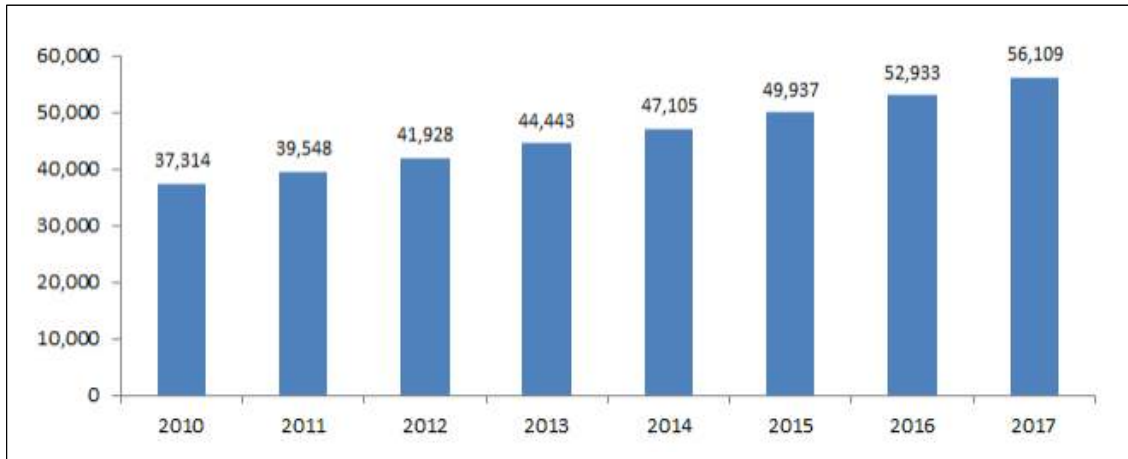


자료: European Investment Bank, Infrastructure Finance in Developing Countries 재가공, 2010

- 세계 비파괴 검사 장비 및 기기 시장의 경우 2012년 41,928억원 규모에서 연평균 6.0%의 성장률을 보이고 있으며, 향후 2017년에는 약 56,109억원 수준으로 성장할 것으로 전망

[그림 3-23] 세계 비파괴 검사 장비 시장 규모 및 전망

(단위: 억원)

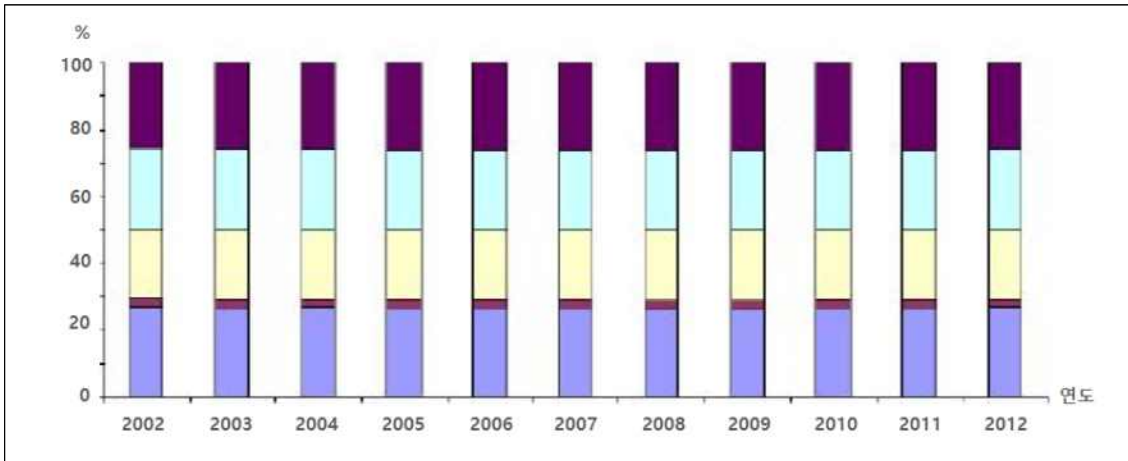


자료: Yano Research, Nondestructive Testing, 2010

- 최근 비파괴 검사 장비는 디지털화, 자동화, 융합화 등과 더불어 신기술 개발이 촉진되고 있으며, 점차 다양한 범위에 적용
  - 비파괴 검사의 전통적 응용분야인 건축 구조물 이외에도 제조업 및 생활관련 분야에서 시장 니즈가 증가하여 시장도 확대되는 추세
- GE, Olympus, Sonatest 등의 메이저 업체가 보유한 기술력 및 재무 상태로 미루어 보아, 세계 비파괴 검사 장비 분야는 시장 진입 장벽이 매우 높은 편이며 전문 인력 및 기술개발이 중요한 시장으로 간주되고 있는 상황
- 미국을 비롯한 대부분의 지역에서 수하물 검사관리 분야 시장이 빠른 속도로 성장할 것으로 전망되고 있으며, 제조, 전력생산, 화학 분야의 시장의 성장도 기대
- 비파괴 검사 시장에서 가장 주목받는 분야는 X-ray, 광, 적외선 이미지 방식의 검사 방법이며, 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 예측
- 세계 비파괴검사 장비 시장은 기존의 성장률을 유지하며 지속적으로 성장할 것으로 예측
  - 방법별 매출 비중으로 살펴보면, 유사한 수준이긴 하지만 방사선, 초음파, 육안검사, 와전류 방식 순으로 집계

- 비파괴검사 분야 부가가치 생산액도 장치 및 기기 시장 성장과 비례하여 지속 성장할 것으로 예측

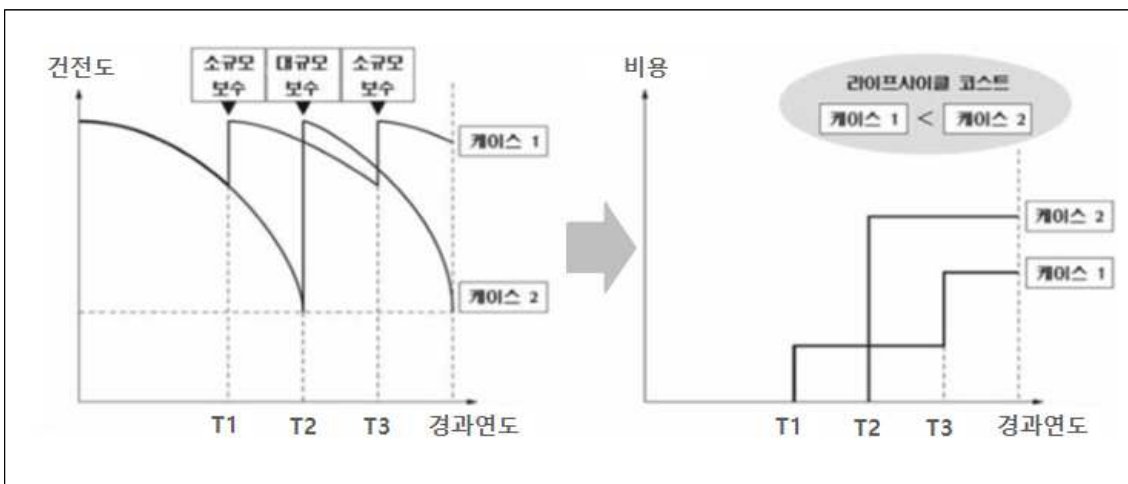
[그림 3-24] 세계 비파괴검사 타입에 따른 매출 비중 변화



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

- 리모델링 시장이 정착기에 접어들고 있는 유럽, 일본 등 해외의 경우 나라마다 다소 차이가 있지만, 리모델링 시장 점유율이 최소 20%를 넘어 50%를 육박
- 건축물의 신축 시장보다는 리모델링 시장이 지속적인 성장세를 유지
  - 리모델링 시장이 지속 상승하는 이유는 대규모 보수보다 소규모 보수를 자주 실행하는 것이기 효과적이기 때문이며, 적정한 보수시기의 선정은 시설의 수명연장과 안전 및 경제성 확보에 유리하게 작용 가능

[그림 3-25] 예방과 보전에 있어서 시설물의 생애비용 감소 모식도



자료: 미라이 사회환경 포럼 홈페이지

□ 유럽 지역에서 리모델링 사업의 경우 매우 중요한 건설사업의 한 영역으로 간주되고 있으며, 리모델링 시장의 규모는 지속적으로 상승할 추세

- 유럽 지역의 경우 서유럽 15개 국가의 전체 건설 시장에서 리모델링 비중은 35% 정도이며, 이 중 주택 부문이 45% 이상을 점유
- 최근 3년 동안 연평균 리모델링 시장은 2.4%, 리모델링 시장이 신축 시장보다 3배 이상의 성장세

□ 해외 선진국의 증강현실을 활용한 분야의 다양화

- 미국의 경우 증강현실안경, 여행객을 위한 ‘투어링 머신’, 군사 및 여행자를 위한 GPS칩 장착 헤드셋, 복강경 수술 등에 활용
- 일본의 경우 마그네틱 센서, CCD 카메라가 부착된 헤드셋, 아바타 (분신)를 이용한 증강현실게임 등에 활용

□ 첨단 레이저 광학기술과 모터 및 제어기술, 신호처리기술 등의 융합분야인 레이저 스캐닝 분야는 독일, 일본, 미국 등이 세계시장 주도

- 2011년 세계 시장의 경우 5.0억 달러에서 2015년에는 9.5억 달러로 성장할 것으로 예상되며, 향후 2018년에는 12.7억 달러로 비약적인 성장을 보일 것으로 전망
- 건물, 도로, 교량 등 구조물 측량 및 안전진단 등 다양한 분야에 적용 가능
  - 그러나 소프트웨어 개발 및 현장 적용 속도가 하드웨어 개발속도를 따라가지 못하는 실정이므로, 이에 대한 개발이 필요한 상황

**[표 3-19] 레이저 스캐닝 시장 규모 및 전망**

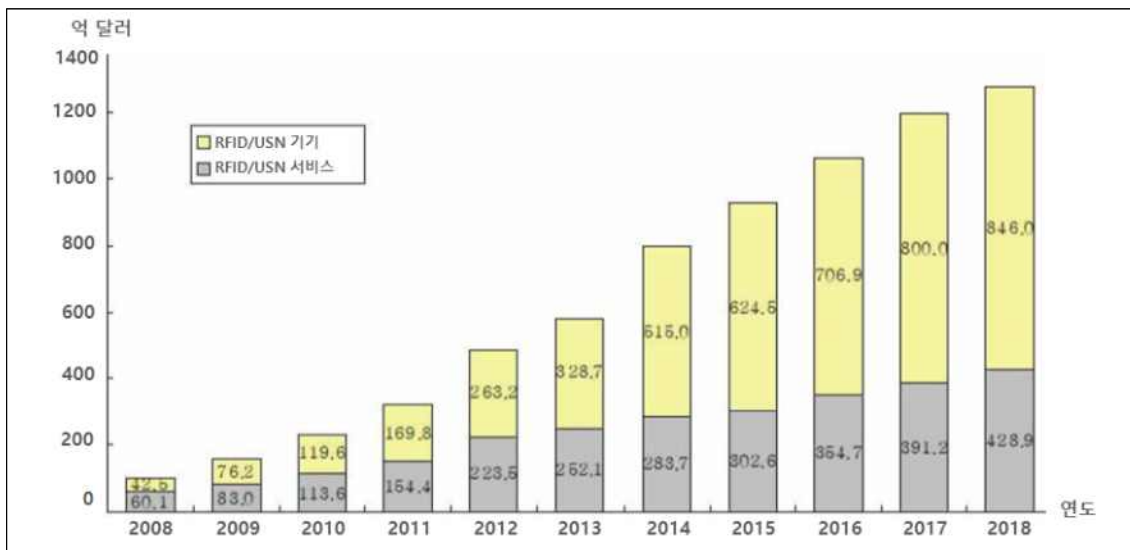
(단위: 억 달러, %)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	CAGR (2013~ 2018년)
레이저 스캐너	5.0	6.1	7.2	8.4	9.5	10.7	11.7	12.7	12.0%

자료: Marketsand Markets, 3D Scanning Market, 2013

- 전 산업에 활용되고 있는 RFID/USN 세계시장은 2008년 약 103억 달러로 2018년에는 유통, 물류분야의 성장에 힘입어 1,275억 달러를 이룰 것으로 전망<sup>13)14)</sup>
- 일본 정보통신종합연구소 예측한 세계 USN 관련 시장규모의 경우 2005년 약 3,207천억 원, 2010년 8,428천억 원으로 증가하고, 기기시장의 경우 2008년 약 60억 달러에서 2018년 약 429억 달러에 이를 것으로 전망
- 서비스(소프트웨어 포함) 시장의 경우에는 2008년 약 43억 달러에서 2018년 846억 달러에 이를 것으로 전망되어 기기 시장보다 서비스 시장이 훨씬 더 커질 것으로 예측

(그림 3-26) 세계 RFID/USN 기기 및 서비스 시장 전망



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

13) IDTechEx, "RFID Forecasts, Players and Opportunities 2008-2018," 2008., VDC, "RFID Printer/Encoders," 2007., BCC, "RFID: Technology, Applications and Market Potential," 2006., Fuji-Keizai, "Comprehensive Analysis of Wireless Sensor Systems Market," 2006. 등의 자료를 기반으로 ETRI 추정, 2008. 8.

14) OnWorld, "802.15.4 & Zigbee Wpans: The Next Generation," 2008. 자료를 기반으로 재정리

- 세계 비파괴 검사 장비 및 기기 시장 주요 참여 기업은 미국 General Electric, 일본 Olympus, 영국 Sonatest으로 나타남

[표 3-20] 국외 시장 주요 참여 기업

General Electric(미국)	Olympus(일본)	Sonatest(영국)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 초음파 검사</li> <li>▪ 방사선 촬영(X선)</li> <li>▪ 원격 육안 검사</li> <li>▪ 와전류 시험</li> <li>▪ NDT 소프트웨어</li> <li>▪ 경도 검사</li> <li>▪ 계량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NDT솔루션</li> <li>▪ 결합 탐상기</li> <li>▪ 통합 검사 시스템</li> <li>▪ 두께 측정기</li> <li>▪ Transducers and Probes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 초음파 탐상기</li> <li>▪ 초음파 경화 측정 장비</li> <li>▪ 초음파 두께 측정기</li> </ul>

자료: 각 업체 홈페이지

- 지능형 의사결정 시스템의 잠재적 시장규모는 성장할 것으로 예측
  - 의사결정 지원시스템 중 잘 구축이 되어있는 헬스케어 분야의 경우, CDSS(임상의사결정지원시스템) 관련 시장의 규모는 2018년에 5.58억 달러에 이를 것으로 전망되며, 연평균 성장률이 10%에 이를 것으로 집계됨 (Markets and Markets, 2014)

[그림 3-27] 세계 임상의사결정지원시스템 연평균 성장률 추이



자료: Markets and Markets, 2014

- 유럽의 공공데이터의 활용으로 연간 약 210조 원의 경제적 부가가치가 창출되며, 영국에서는 데이터 개방으로 약 12조원의 시장규모가 창출된 것으로 추정 (안전행정부, 2014)

- 빅데이터를 생산성 향상에 활용함으로써 유럽 제조부문은 개발·조립 비용의 50%, 운전자본의 7% 절감, 공공부분은 GDP의 0.5% 생산성 증가 효과 발생 기대 (안전행정부, 2014)

**[그림 3-28] 각 국가별 공공데이터 개방 효과**

<b>EU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직접 경제효과 (연간) 400억 유로(약60조)</li> <li>• 직간접 경제효과 (연간) 약 1,400억 유로(약210조) (출처: Vickery, '11)</li> <li>* EU 27개국서비스 시장 창출, 산업 고도화 등의 산업연관에 따른 경제적 파급효과까지 포함</li> </ul>
<b>영국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장규모 73억 파운드(약12조)</li> <li>• 잠재적가치 약 150억 파운드(약25조) * 영국내에서 창출되는 시장규모 예측 (출처: 영국 공정무역청(OFT))</li> <li>• 2017년까지 약 58,000개 일자리 창출 (출처: SAS, '12)</li> </ul>
<b>미국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 기상청 날씨정보 4,000개 일자리 창출 (출처: 미국 뉴욕주보고서)</li> <li>• 미국 정부개발 GPS 900억 달러 가치(약97조)로 평가</li> </ul>
<b>한국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산유발액 23조 9천억('11년 기준), 고용유발 인원 14만 7천명</li> <li>• 1인 창조기업 향후 5년간('13~'17) 약 43만 6천개 창출 가능</li> <li>* 공공데이터 최적의 활용으로 유발할 수 있는 경제적 파급효과 산출 (출처: NIA, KAIST, '12)</li> </ul>
<b>호주</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공간정보 산업 매출('06~'07) USD6.7~13billion(GDP 0.6~1.2% 상당) (출처: 호주정부, '10)</li> </ul>
<b>아일랜드</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공공데이터 잠재적 비즈니스 가치 €83~399million (출처: TASC, '10)</li> </ul>
<b>스페인</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공공데이터 직접적 비즈니스 가치 €550~650million (출처: ONTSI, '11)</li> <li>• 공공데이터 재활용 관련 고용창출 5,000~5,500명</li> </ul>

자료: 안전행정부, 2014

## 2. 이슈 및 시사점

### □ 기반시설물 안전·유지관리 분야 산업 및 시장 구조 개선이 시급

- 건설 분야 내 유지관리 및 정밀안전진단에 대한 인식과 제도의 부족으로 인해 시장 상황이 안정적이지 못함
  - 안전점검 및 정밀안전진단 시장규모의 정체와 대형 안전진단전문기관의 집중 현상 심화로 인하여 새로운 시장 개척 및 공정경쟁의 필요성 증가
- 국내 시설물은 외국에 비해 공용연수가 매우 짧아 해당 시설물의 설계, 시공, 유지관리 경험과 기술축적이 미흡한 실정이므로, 이를 강화하는 것이 필요
  - 우리나라 엔지니어링의 유지관리계측 분야는 상대적으로 낙후되어 있으며, 수주실적도 30위권 밖에 위치
- 국내 신규건설 대비 유지관리 투자의 경우, 이탈리아 투자의 1/7 수준(약 8%), 영국의 1/4 수준(약 9.5%), 독일의 1/3 수준(약 8.6%)에 불과

□ **기반시설물의 특수성에 맞춘 정밀진단 기술력 확보 및 전문 인력 양성을 통한 시장 활성화 필요**

- 전문 인력의 부족 및 시장의 부재뿐만 아니라, 국가 정책 및 인식의 부족도 국내 건설유지관리 분야의 경쟁력 저하에 기인
  - 국내의 유지관리체계는 안전성 확보차원에서 1995년에 급조된 시설물관리체계이며, 관련 규정에는 안전성 확보를 위한 최소한의 기준만 정립된 상태이므로 개선이 필요
  
- 국내 기반시설물의 평가기술은 도로의 주요시설인 교량 구조물 위주로 개발이 진행되었으며, 최근에 여타 시설물에 대한 평가기술 개발도 진행
  - 시설물의 평가기술은 선진국과 약 10년 정도 기술격차가 있는 것으로 평가되는 상태이므로, 유지관리 부문의 기술수준을 강화하여 문제점 해결이 중요하며, 시설물 유지관리 시장의 양적 성장 지속, 치열한 수주경쟁과 업체의 영세성으로 인해 취약한 기술역량의 조속한 강화가 필요함
  
- 일본은 ‘안전하고 안심할 수 있는 사회’의 건설이라는 정책을 통해 국가 주도의 재해 방지사업의 하나로 각종 구조물의 실물모형을 이용한 지진과피거동 시험 및 도로교, 하천구조물의 보수, 보강기법개발 등 유지관리 분야를 중점 육성
  - 이러한 기술 분야의 로드맵에는 지진계측기술은 물론 전자기계측, 초음파계측, 스마트센서 등을 활용한 안전성계측 및 평가방법의 기반기술개발까지 폭넓게 지원
  - 기반시설의 노후화로 인해 지진이나 다른 재해에 더 취약해질 가능성이 크므로 일본의 정책 선례를 참고하여 시설물의 재난위험도를 감소시킬 수 있는 예방기술 마련이 필요

□ **국내도 향후 유지관리 비중이 점차 증가하고 유지관리 시장이 선진국 수준으로 형성될 경우, 시장의 변화 가능**

- 시설물 안전과 효율적 사용, 위탁기관의 관리 등을 위한 정책수립과 예방에 중점을 둔 안전 및 유지관리 기준·지침 마련과 이에 따른 기술개발에 보다 치중하는 방향으로 시장 재편성이 이루어질 것으로 예측
  - (독일) 1930년대에 교량에 관한 안전 및 유지관리 기준인 DIN 1067을 제정한 이후, 기준의 지속적 수정·보완을 통해 교량 안전 및 유지관리에 활용
  - (미국, 일본) 시설물의 상태 등에 따라 시설물의 안전 및 유지관리 업무의 토대가 되는 점검, 진단 등의 기준을 차별적으로 운영

- 시설물의 상태 등에 따라 현행 시설물의 안전 및 유지관리 기준을 보다 차별화하고, 지침·매뉴얼, 소프트웨어 등의 연구개발을 지속하여 그 결과를 관리주체, 지자체 및 유관기관에 배포하는 것이 우선적으로 요구
  - 기반시설물의 노후화 예방 및 장수명화를 위한 신기술 개발기능을 지속적 강화를 통해 안전진단전문기관, 시설물 유지관리업체 등의 기술수준을 발전시켜야 하며, 연구개발 결과를 체계적으로 보급하여 활용도를 제고하는 방안의 수립·시행 필요
  - 이를 위해서 합리적 시설물 안전상태 평가체계 구축 및 평가결과를 적정히 반영할 수 있는 의사결정체계 구축도 병행 필요
  
- 국토교통부가 관리하고 있는 교량의 노후화가 가속화되고 있는 상황으로 안전 및 유지관리 수요가 증가할 것으로 예상
  - 11,148개 고속도로 및 일반국도 교량 중 30년 이상 경과된 교량은 242개소이며, 20~30년 경과된 교량은 628개, 10~20년 경과된 교량은 3,028개, 10년 미만인 교량은 7,249개로 향후 교량의 안전 및 유지관리 수요는 2020년대 이후부터 더욱 급증할 것으로 예상
  - 1990년 말에 집중적으로 건설된 교량시설물이 노후화되어 교량의 보수 및 교체 수요가 증가할 것으로 예상
    - 시설물 노후화 진단 및 예방 기술이 마련되지 않을 경우 안전상 문제가 발생하는 것은 불가피하므로, 시설물의 노후화를 대비하는 기술 개발 필요
  
- 건설 산업의 설계, 시공, 유지관리, 서비스 단계에서 첨단화, 지능화를 위한 IT 융합 기술 개발은 향후 건설 및 유지관리 기술 경쟁력 확보가 관건일 것으로 보임
  - 지능형 능동 기반시설물 분야에서 인프라 네트워크의 융합센서, 핵심부품 등은 선진국의 기술력을 뒤따르는 추세이며, 센서를 건설 인프라에 융합하는 분야는 세계적으로 아직 보편화되고 있지 않은 실정이므로 IT 업체와 건설업체 간의 긴밀한 기술개발 체계가 요구
  - 선진국에서도 실시간 센싱 데이터를 사용한 복원력 평가와 이를 유지관리 전략에 활용하는 자동 의사결정 플랫폼의 적용은 아직 미비한 수준이며 국제 시장 변동의 흐름에 발맞춘 기술의 개발로 기술적/산업적 우위를 선점할 수 있을 것으로 기대

□ 공공데이터 라이브러리의 구축 시 막대한 부가가치효과 예측

- 공공데이터가 가진 거대한 잠재력이 점점 강조되고 있으며 국제적으로 이를 가치화하고자 하는 움직임이 있으나, 우리나라는 아직 공공데이터 개방 시스템이 미흡한 실정
  - 국내 공공부문 빅데이터 활용 시 행정효율성 제고, 세수증대 등을 통해 최대 4조2천억 원(GDP의 0.4%)의 부가가치 창출 전망 (안전행정부 2014)
  
- 특히 재난 위험도 및 도로망 시설물의 노후화를 평가하기 위해서는 풍부한 지역 기반 데이터 및 재난재해, 광범위한 교통 네트워크 관련 공공 데이터를 필요로 하므로 국내 재난예방, 시설물 유지관리를 위한 DB 구축이 필요



## 제4장 국내 주요 동향 분석

---

- 1절 국내 정책 동향
- 2절 국내 기술개발 동향
- 3절 국내 시장 동향



## 제4장 국내 주요 동향 분석

### 1절 국내 정책 동향

#### 1. 지진재난 관련 정책 및 법·제도

##### 1) 정부 국정과제

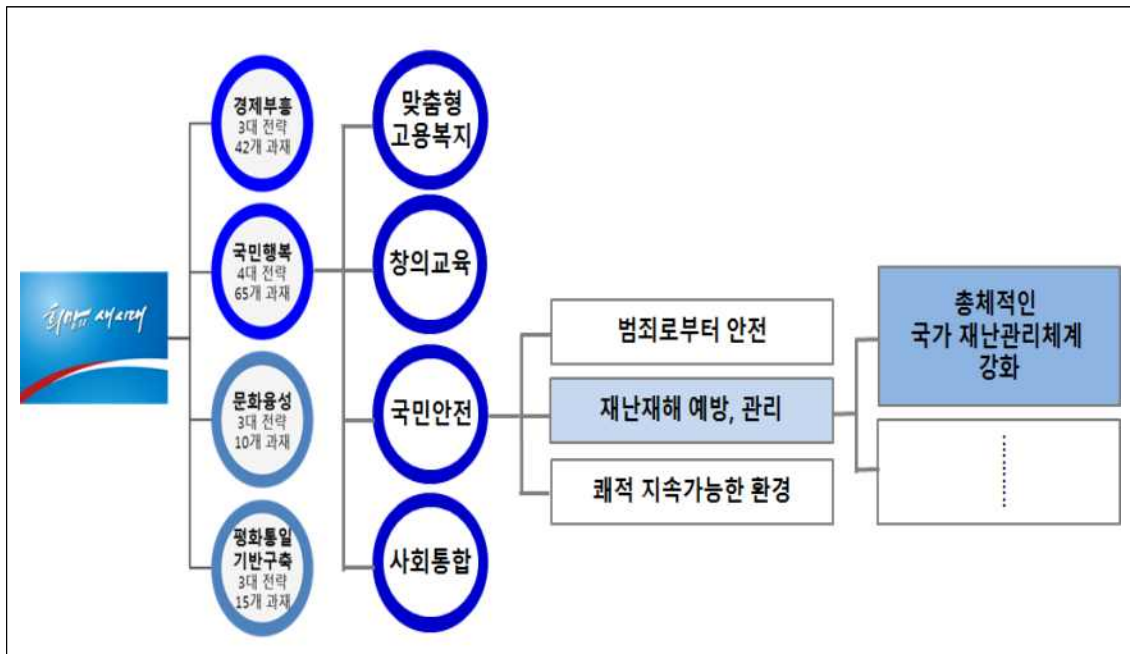
□ 정부는 국정비전을 ‘희망의 새시대(국민행복과 국가발전이 선순환하는 새로운 패러다임의 시대)’ 로 하고, 4대 국정기조\*를 제시

\* 4대 국정기조: 경제부흥, 국민행복, 문화융성, 평화통일 기반 구축

○ 정부 국정기조 “경제부흥” 과 “국민행복” 달성을 위한 세부 전략 중 국민 안전을 위한 ‘재난·재해 예방, 관리’ 를 명시

- 재해·재난으로부터 국민을 보호하기 위해 ‘재난·재해 예방 및 체계적 관리’ 중, ‘총체적인 국가재난관리 체계 강화’ (추진과제 86)를 제시

[그림 4-1] 정부 국정기조 체계와 본 연구와의 연관성



자료: 청와대 홈페이지

## 2) 제3차 과학기술기본계획

□ 지진재난 위험도 평가 및 위험 저감기술은 제3차 과학기술기본계획의 국가전략 기술 개발 전략(High 2) 중 깨끗하고 편리한 환경 조성, 걱정 없는 안전사회 구축 분야의 전략기술과 연계

○ 깨끗하고 편리한 환경 조성 분야

- (목적 부합) 기후변화 모니터링을 통한 지진 모니터링·예측 기술 개발
- (연관 과제) 기후변화 대응력 강화, 국토인프라 선진화
- (연관 기술) 기후변화 감시예측적용 기술, 환경 통합 모니터링 및 관리 기술, 국토정보 구축 및 활용기술 등

○ 걱정 없는 안전사회 구축 분야

- (목적 부합) 지진재난 관련 기술 발전과 피해 최소화 방안 강구
- (연관 과제) 선제적 자연재해 대응과 피해 최소화, 사회적 재난 대응체계 확보
- (연관 기술) 자연재해 모니터링·예측·대응기술, 기상기후 조절기술, 재난 정보통신 체계기술, 사회적 복합재난 예측·대응기술 등

## 3) 국토교통부 대비 체계

□ 국토교통부도 국정목표 기반 예방대책 및 대비체계 등을 정립하여 지진대응 체계 마련

○ [예방대책] 지진재해대책법에 따른 지진방재종합대책\*('09 ~ '13, 소방방재청)과 기존공공시설물 내진보강계획('11 ~ '15)을 수립

- 내진성능 향상 및 제도 개선 대책으로 8개 분야 58개 세부 과제로 구성

○ [예방대책] 기관별, 연차별로 내진설계기준, 지진해일 대책 및 기존시설물 보강 등에 관한 세부대책을 마련하여 추진

○ [대비체계] 댐, 대형교량 등에 지진계\*와 전국 연안에 조위관측계(55개)를 설치하여 실시간 관측

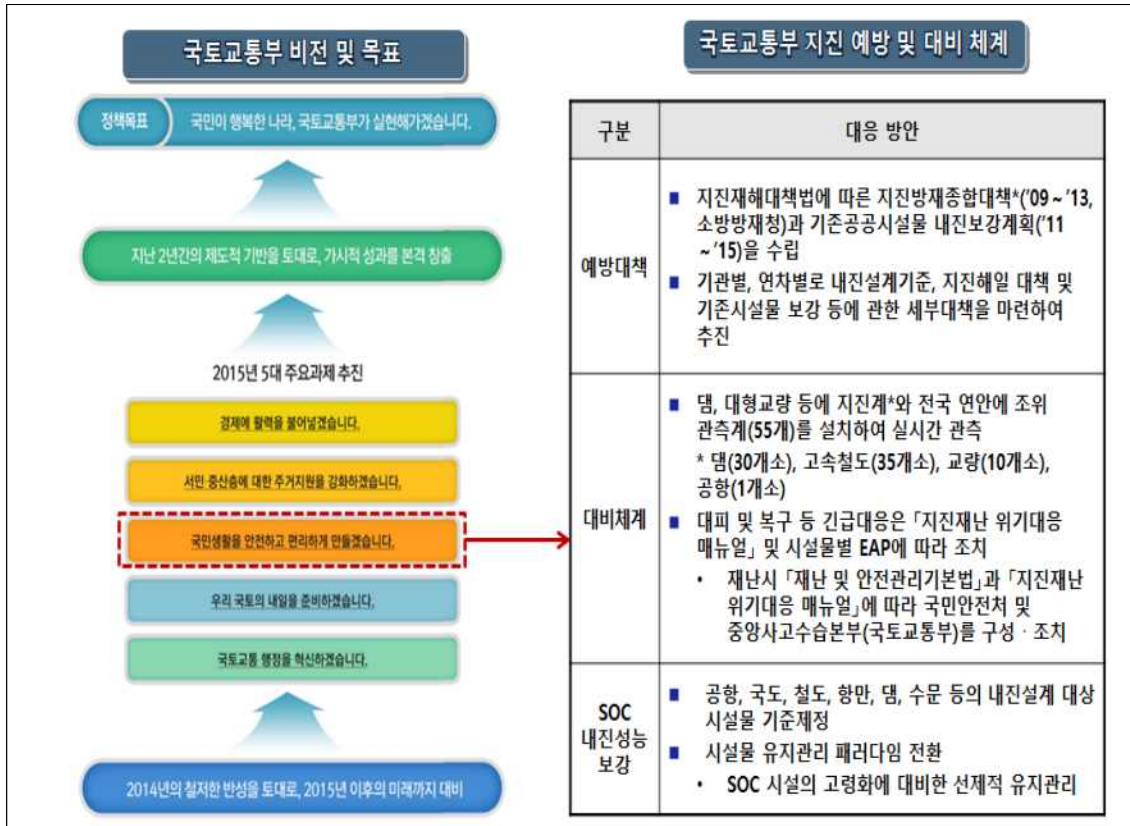
- \* 댐(30개소), 고속철도(35개소), 교량(10개소), 공항(1개소)

○ [대비체계] 대피 및 복구 등 긴급대응은 「지진재난 위기대응매뉴얼」 및 시설물별 EAP에 따라 조치

- 재난 시 「재난 및 안전관리기본법」과 「지진재난 위기대응 매뉴얼」에 따라 국민안전처 및 중앙사고수습본부(국토교통부)를 구성·조치

- [SOC 내진성능보강] 공항, 국도, 철도, 항만, 댐, 수문 등의 내진설계 대상시설물 기준제정

[그림 4-2] 국토교통부 비전/목표 및 지진 예방 및 대비 체계



자료: 국토교통부 홈페이지

#### 4) 지진방재종합대책

- 1995년 일본 고베지진을 계기로 자연재해대책법에 지진이 자연재해로 포함되어 처음으로 지진관련 법적 조항을 마련
- 이후 지진재해로부터 국민의 생명과 재산, 주요 기간시설을 보호하고 지진방재 업무의 지속적인 발전을 위하여 5년마다 지진방재종합계획을 수립
- 2004년 12월 26일 인도네시아 수마트라(Sumatra)섬 인근 해역에서 발생한 규모 9.0의 해저지진으로 인한 지진해일로 인도네시아, 태국, 스리랑카 등에서 28만 여명의 인명피해가 발생한 지진재해를 포함하여 중국 쓰촨성 지진, 아이티 및 칠레에서 강력한 지진들이 우리나라의 지진방재체계를 재조명하는 계기로 작용

□ 지진방재종합계획은 2009년에 수립되어 현재 제3차 지진방재종합대책 추진 중

**〔표 4-1〕 지진방재종합대책 추진 경위**

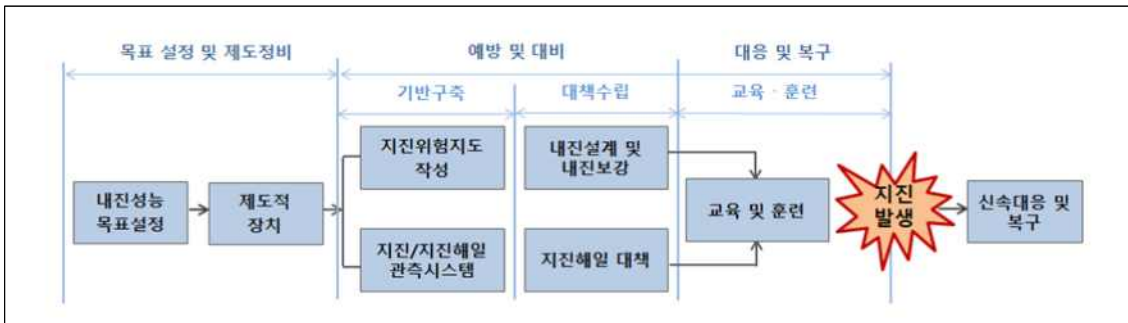
「제1차 지진방재종합대책」 수립·보완 추진(1996~2004)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 고베에서 규모 7.2 지진('95.1.17)으로 대규모 피해 발생으로 범정부적 지진방재종합대책 수립을 위한 관계부처 및 전문가 회의: '95. 1.27</li> <li>▪ 자연재해대책법에 지진방재대책 등 법제화: '95.12. 6</li> <li>▪ 자연재해대책법 시행령 개정: '96. 6.21</li> <li>▪ 범정부적 「제1차 지진방재종합대책」 수립하고, 이후 부처 세부추진계획 포함 등 지속적으로 수정·보완: '96.11월</li> <li>▪ 인도네시아 수마트라 지진해일('04.12.26)로 인한 우리나라 지진해일 대책 수립을 위한 전문가회의: '04.12.30</li> </ul>
「제2차 지진방재종합대책」 수립·추진(2005~2008)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 후쿠오카 연안 지진으로 우리나라 남해안 지역 지진동 감지 및 지진해일 주의보 발령('05. 3.22)</li> <li>▪ 지진방재종합개선대책 마련 국무회의 보고: '05. 4. 12</li> <li>▪ 소방방재청 주관 지진방재종합개선기획단 발족·운영: '05. 5 31~12.31(7개월)</li> <li>▪ 지진방재종합대책(안) 공청회 개최: '05.12.14</li> </ul>
「제3차 지진방재종합대책」 수립·추진(2009~)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진재해대책법 제정·공포(법률 제9001호): '08. 3.28</li> <li>▪ 중국 쓰촨성 지진('08. 5.12)으로 관계부처 지진방재종합대책 추진상황 점검회의: '08. 5.26</li> <li>▪ 지진방재 개선대책 국무회의 보고: '08. 8. 5</li> <li>▪ 제2차 지진방재종합대책 추진상황 평가 및 제3차 추진계획(안) 보완·확정을 위한 중앙재난안전대책본부 관계기관 회의 개최: '09. 2. 5</li> <li>▪ 제3차 지진방재종합대책 확정, 관계기관 통보: '09. 2. 20</li> <li>▪ 대규모 지진발생 대비, 대응태세 점검을 위한 관계부처 중대본 회의</li> <li>▪ 소방방재청 방재관리국에 지진방재과 신설: '09. 12월</li> <li>▪ 범정부적 제3차 지진방재종합대책 추진상황 보고회: '10. 1. 25</li> <li>▪ 재난발생 시 종합 대응체계 개선방안 국무회의 보고: '11. 3. 22</li> <li>▪ 제3차 지진방재종합대책 추진상황 점검: '13. 3월</li> </ul>

자료: 기상청, 지진포커스, 2013

□ 지진방재종합대책의 기본방침에 의거하여 지진방재종합대책을 8개 분야로 구분하고 세부 계획 수립

- 8개 분야는 ① 목표수준 설정, ② 지진/지진해일 관측시스템, ③ 지진위험지도 작성, ④ 내진설계 및 내진보강, ⑤ 지진해일대책, ⑥ 신속대응 및 복구, ⑦ 교육 및 훈련, ⑧ 제도적 장치로 구분

**〔그림 4-3〕 지진방재종합대책 체계**



자료: 기상청, 지진포커스, 2013

- 지진방재종합대책 8개 분야의 각 세부 내용은 다음과 같음

**〔표 4-2〕 지진방재종합대책 추진체계 및 세부내용**

추진체계	세부 내용
국가 내진성능 목표의 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국가 내진성능 목표는 국가적인 관점에서 확보하고자 하는 내진안전성의 수준으로, 지진이 발생하더라도 국가의 각 구성요소가 본래 기능을 발휘하고 국민들이 생활을 영위할 수 있는 범위 내에서 허용할 수 있는 지진 피해의 상한선으로 정의될 수 있음</li> <li>▪ 과거에는 개별 구조물이나 시설물의 내진안정성을 확보하는 것이 지진방재대책의 근간이었으나, 최근 미국과 일본의 지진피해를 알게 된 후에는 도시나 국가 전체적인 시스템을 보호하는 방향으로 대책 수립</li> </ul>

추진체계	세부 내용
지진/지진해일 관측 및 계측	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진관측을 통해 단기적으로는 지진발생 시 정보를 신속하게 전달하여 빠른 대응을 가능하게 하고, 장기적으로는 지진에 대한 데이터를 축적하여 국내 지진위험도를 정확하게 평가</li> <li>▪ 시설물의 지진거동을 파악하고 대책을 마련하기 위해서는 시설물의 가속도를 계측하고 관리하는 시스템이 구축토록 하여 합리적이고도 체계적인 내진대책 수립 필요</li> </ul>
지진위험지도 제작·활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 물리적, 비물리적인 피해를 초래할 수 있는 원인이 되는 지반진동의 세기와 분포, 지진해일의 높이와 공간적 분포 등이 정량적으로 규명하고, 지도화(지진위험지도, 지진해일 침수예상도, 활성단층지도) 작업 필요</li> <li>▪ 지진위험지도는 지진으로 발생할 수 있는 지진 피해추정을 위한 기본 자료인 동시에 내진 설계와 지진대응을 위한 기본 자료로 활용</li> </ul>
내진설계와 내진보강 대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진위험도 정보가 체계화되면 이에 근거하여 피해규모와 범위를 국가 내진성능목표에서 설정한 한계이하로 한정하기 위한 내진대책 수립</li> <li>▪ 내진대책은 신축 시설물 내진설계와 기존 시설물 내진보강이 있으며, 기존시설물의 내진보강에 있어서도 신축 시설물의 내진설계와 동일한 개념과 원칙 적용</li> </ul>
지진해일대책 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해상에서 대규모 지진이 발생할 경우 지진해일이 발생하여 인명손실과 막대한 재산피해가 야기되므로, 지진해일대책은 지반진동에 의한 피해 대책과는 별도로 수립</li> <li>▪ 우리나라 동해안 등 해안가 지자체에 지진해일 예경보시스템이 구축되어 예경보가 가능하기 때문에 지진해일 침수예상도 작성에 따른 지진해일 대응시스템 구축과 이에 따른 대피계획 및 훈련 등 실제적인 대응방향을 설정·추진</li> </ul>

추진체계	세부 내용
지진재해대응시스템의 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 최근의 지진대책은 물리적 피해를 방지하는 전통적 방법을 탈피하여 국가의 전체적인 기능 유지와 신속하게 회복하는 개념으로 급격하게 변화</li> <li>▪ 지진으로부터 신속한 대응 및 기 구축된 지진재해대응시스템의 활용도를 제고하기 위하여 시스템의 정확도 및 안정성을 확보를 위한 시스템 고도화를 추진하고 있으며 지자체 실무자들이 지진발생 시 시스템을 활용하여 대응할 수 있도록 지속적인 훈련 실시</li> </ul>
교육과 훈련 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실제 지진발생 시 완벽한 대응을 위해 실제와 닮은 교육과 훈련을 평소 지속적으로 실시</li> </ul>
제도적 장치 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내의 지진방재종합대책을 추진하기 위한 근간인 지진재해대책법('08. 3.20 제정·공포, '09. 3.25 시행)이 마련되어 법이 효율적으로 집행되기 위한 법과 관련된 각종 하위규정과 기준 정비 추진</li> </ul>

자료: 기상청, 지진포커스, 2013

### 5) 지진재해대책법

□ 한편, 국내의 지진관리를 위해 1995년 12월에 제정된 자연재해대책법(법제처, 1995)의 한 분야로 2008년 3월 28일에 지진재해대책법(법제처, 2008)을 제정

○ 기존 자연재해대책법 3장의 지진 관련 조항을 지진재해대책법으로 대체하여 지진관측부터 지진재해 대응을 위한 다양한 활동을 포함

- 2012년 12월 10일에 개정된 지진재해대책법(법제처, 2012)이 2013년 4월 23일부터 시행되었으며, 주요 내용은 다음 표와 같음

[표 4-3] 지진재해대책법 주요 내용

지진재해대책법 주요 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진재해경감을 위한 국가와 재난관리 책임기관의 책무</li> <li>▪ 지진 및 지진해일 관측망 종합계획과 관측시설 표준화</li> <li>▪ 주요 시설물 지진거동 특성 계측</li> <li>▪ 지진관측기관협의회 구성</li> <li>▪ 지진해일위험지도 제작·활용</li> <li>▪ 지진위험지도 제작·활용</li> <li>▪ 지질·지반조사 자료 축적 및 관리</li> <li>▪ 기존시설물 내진보강 기본계획 수립 및 내진보강 추진</li> <li>▪ 자연재난 안전대책본부와 종합상황실 내진대책</li> <li>▪ 지진재해대응체계 구축</li> <li>▪ 지진재해 원인조사 및 피해조사단 구성 운영</li> <li>▪ 피해시설물 위험도 평가</li> <li>▪ 지진재해경감 연구 및 기술 개발</li> <li>▪ 활성단층 조사 연구 및 활성단층 지도 작성</li> <li>▪ 지진재해대응시스템 구축·운영</li> </ul>

자료: 국립재난안전연구원, 내진설계기준 정비 방안, 2013

## 2. 기반시설 관련 정책 및 법·제도

### 1) 국토교통부 정책 동향

- 국토교통부에서는 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의거하여 5년 단위로 “시설물의 안전 및 유지관리 기본계획”을 수립

- 제2차 기본계획(2008~2012)

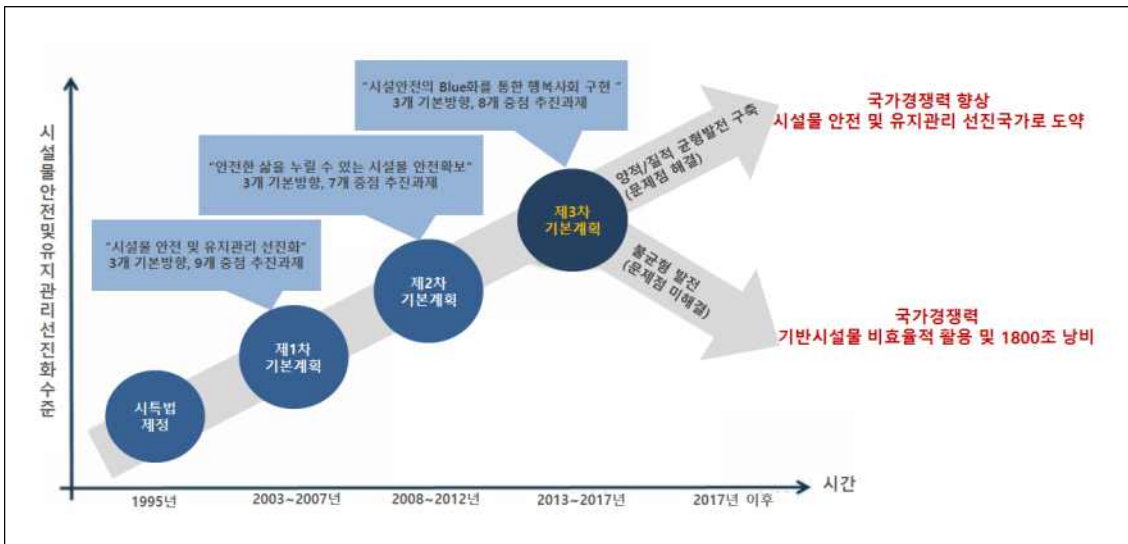
- 비전: 안전한 삶을 누릴 수 있는 시설물 안전 확보
- 3대 목표: 시설물 무사고 실현, 시설물 안전상태 개선, 부실진단 방지
- (성공한 측면) 시설물의 안전 및 유지관리를 위한 제도 정비, 관리주체의 적정 예산기준 마련, 안전·유지관리 기술역량 강화 및 시설물 안전 및 유지관리 기술의 고도화 달성
- (미흡한 측면) 관계 부처 간 협의 미흡으로 시설물 안전관리 법체계 정비(안전

관리 기본법 제정) 미추진

○ 제3차 기본계획(2013~2017)

- 비전: 시설안전의 Blue화<sup>15)</sup>를 통한 행복사회<sup>16)</sup> 구현
- 3대 목표: 안전한 시설물(Safe), 자연과 함께 하는 시설물(Sustainable), 스마트한 시설물(Smart)

[그림 4-4] 제1차~3차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 수립 방향



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

□ 한국사회 15대 메가트렌드(Mega-Trend)는 ‘국민의 삶의 질이 중시되는 복지사회’ 및 ‘증대되는 안전 위협성으로부터 국민이 적극 보호되는 안전사회’로, 제3차 기본계획 방향과 성과 지표에도 이러한 트렌드가 반영

- 제3차 기본계획의 기본 방향은 시설물 유지관리 통해 국가 주요자산인 사회 기반시설의 장수명화 추구하고 시설물의 효율적 활용을 유도하여 미래의 경제적 부담을 완화하는 것
- 시설물 무사고 지속, 안전등급 A, B 시설물 비중 95% 유지, 시설안전에 대한 국민 불만족률 5%P 개선(22%→17%)을 성과 지표로 설정
- 시설안전체계의 개선 및 기술개발을 통해 시설물 안전수준은 향상되고 있으나, 복지·안전사회 구현까지는 미흡한 상황

15) ‘시설안전의 Blue화’는 Safe, Sustainable, Smart 시설물 안전 및 유지관리로의 전환을 의미(Blue 의미: 미래, 새로운 변화, 자발성, 희망, 약속, 신뢰, 소통, 조화, 평화, 안정, 재생)

16) ‘행복사회’는 시설물의 안전·사용성능이 확보되어 국민이 안심하고 유익한 삶을 누리는 복지·안전사회가 결합된 사회를 말함

- 국민 안전을 확보하기 위해 3S(Safe, Sustainable, Smart) 시설물로의 전환을 통한 종합적인 시설안전 구현을 목표로 전략과제 도출

[표 4-4] 제3차 기본계획 4대 전략 및 중점 과제

4대 전략	중점과제
선진적 안전관리체계 확립	시특법 체계의 선진화
	시장친화형 안전·유지 관리 활성화 및 미래지향적 우수인력 양성
국민과 함께 하는 안전관리 실현	대국민 안전 서비스 확대
	능동형 안전관리 강화
환경변화 선제대응형 안전관리로 전환	자연재해 종합 대응체계 구축
	사용자 친화형 유지관리체계 구축
지능형 기술 촉진 및 효율화	융·복합형 진단 및 유지관리 핵심기술 개발
	시설물 정보 고도화 및 활용 증진

자료: 국토해양부, 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013 ~ 2017). 2012

□ 국토교통부에서는 기존 유지관리 방식에서 탈피하여 사회기반시설물의 고령화/노후화에 효율적으로 대응할 수 있는 내부 방침을 마련

- 사고예방형 유지관리 ⇒ 성능관리형 유지관리
  - 파손, 붕괴된 시설물을 보수하기 위한 사고예방형 유지관리에서 시설물 연식, 이용량 등을 분석하는 성능관리형 유지관리로 전환
- 공학적 유지관리 ⇒ 경제학적 유지관리
  - 구조적 안전은 물론 성능유지 및 향상, 감가상각 등을 고려하는 종합적 비용편익 분석을 통해 한정된 재정을 효율적으로 투자
- 유지관리 목표를 구체화할 수 있도록 인프라별 기대성능 설정
  - 인프라 유지관리의 목표와 효과를 경제적으로 분석할 수 있도록 인프라별 용량, 안전성, 사용성 등의 기대성능을 설정
- 현재 인프라의 효용가치 측정과 유지관리 투자의 타당성을 분석하기 위한 인프라 평가시스템 도입

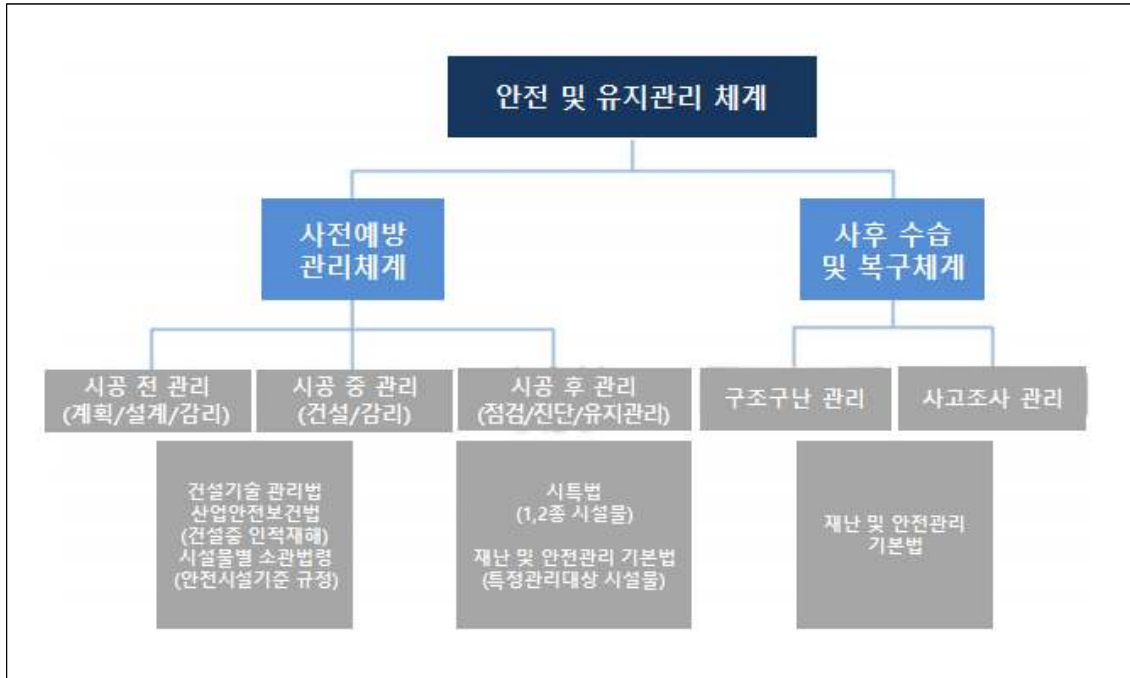
- 시공 및 유지관리 투자규모, 기대성능 충족률 등을 감안하여 인프라의 현재 효용가치를 객관적으로 제시
- 현재능력/기대성능 분석으로 유지관리 방향을 선정하고 유지관리 투자에 따른 효용가치의 변화(B/C)를 분석하여 타당성 검토
- 국가 차원의 비용과 편익 분석을 통해 효율적인 투자전략 수립
  - 국가 인프라의 효용가치 하락(감가상각)을 경제적으로 최소화할 수 있도록 장기(5년)·단기(1년)적 유지관리 추진계획 수립
  - 효율적인 유지관리를 위한 투자 우선순위, 투자규모 등을 제시하고 투자에 따른 국가 인프라의 효용가치 상승효과 등을 예측
- 인프라 유지관리 총괄 추진체계 운영
  - 중앙부처, 지자체 등 인프라 관리주체의 유지관리 계획을 총괄하고 객관적인 인프라 효용가치 평가 및 경제적 투자전략 수립
  - 총리를 위원장으로 하는 상설 위원회 설치 방안 등을 검토 {(영국) 인프라위원회 설치(2010년, Infrastructure UK), (호주) 인프라국 설치(2008년) 등}

## 2) 시설물 관련 현행 법체계

- 재난 발생 시 시설물로 인해 재난 피해가 커질 수 있는 상황을 예방하기 위해 사전예방관리체계와 재난 발생 시의 복구·수습체제로 구분
  - 범부처가 통합적으로 연구개발과 정부정책 간의 연계를 강화하여, 선제적이고 종합적인 재난·재해 대응체계를 구축하고자 법체계 마련
    - 건설기술 관리법, 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 재난 및 안전관리 기본법 등의 법령에 규정
  - 재난·재해에 선제적으로 대응하기 위해 2012년 중점 추진할 재난·재해 3대 기술을 선정하고 연구개발 분야에 집중 투자하는 계획 수립<sup>17)</sup>

17) 국가과학기술위원회(연구개발기획과) 보도자료: 2011년 6월 29일

[그림 4-5] 시설물 안전 관련 현행 법체계 모식도



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

□ 현행 법체계에서의 제기되고 있는 문제점

- 시설물의 종류별로 안전 및 유지관리 체계가 이원화
- 시설물의 정의 및 적용 대상이 상이
  - 시특법 대상 1·2종 시설물, 재난법 대상 특정관리대상시설물(중점관리대상/재난위험시설) 및 국가기반체계(국가중요시설) 등
- 안전관련 법령 간에 각각의 입법목적상 차이가 존재하지만, 상호관계가 불분명하고 중복되는 측면도 있어 적용상의 혼선을 초래할 가능성 존재
  - 관련 용어나 기준 설정이 상이하어 법체계의 적용 시 혼선을 초래
- 특히, 기전설비 및 상·하수도시설물에 대한 점검·진단 실시주기가 개별법에서 별도 규정하고 있어 중복 논란의 여지 존재

2) 국내 교량 및 도로망 등의 인프라 관리 시스템 현황 및 한계

- 국내 교량의 경우 국도 및 지방도 관리를 위해서 1985년 개발된 교량관리시스템 BMS는 이후 명칭을 KOBMS로 변경 후 건설기술연구원에 위탁 운영되고 있

으며 국토교통부 관리 하에 점검, 진단, 유지보수, 하자보수 등의 업무를 수행

- 국내 대형교량의 유지관리시스템은 1995년 성수대교 붕괴를 계기로 구조물과 사회기반시설물을 관리하는 시설안전기술공단이 설치되어, 서해대교 점검 전산화 (2000), 영종대교 점검 전산화 (2002), 광안대교 점검 전산화(2002), 시설물정보통합관리시스템 (FMS, 시설안전기술공단, 2002) 구축 등 교량 유지관리를 위한 모니터링-시스템 개발 사업이 활발하게 수행되고 있음
  - 그러나 현재 통용되고 있는 교량 유지관리 기법 또는 시스템은 현황 파악을 위한 DB수준의 시스템이 대부분으로 유지관리 공법 및 시기 결정등 주요 의사결정 지원기능을 제대로 갖추지 못한 상황임
  - 현재 국내 교량은 BMS, WIM, 교통, 환경, 재난/재해 등의 관리영역이 분리되어, 이상 상황 발생 시 신속한 대처 및 컨트롤 타워 역할을 위한 통합안전관리시스템 기술 부재하고 네트워크적인 측면에서의 대처방안 기술 역시 부재
- 일반 국도 도로를 효율적으로 관리하기 위하여 국토교통부에서는 10개 이상의 도로 유지관리 시스템 개발 및 운영
  - 그러나 포장 및 보수 현황시스템의 경우 단순히 DB수준의 시스템으로 정확한 공법 및 의사결정 지원 기능을 갖추지 못하고 있으며, 따라서 복원력을 고려한 내진성능관리 의사결정 관련 연구가 필요함
- 한국 도로공사는 도로기상정보시스템을 구축하여 기상청에서 제공하는 폭우 및 폭설 등의 기상정보를 이용하여 자연재난에 신속하고 정확한 대응체계를 운영 중이나 지진에 대한 대응체계는 고려되어 있지 않으며 네트워크 차원에서의 도로망 관리 시스템도 없는 실정임

[그림 4-6] 도로 정보시스템 활용 예



자료: 한국도로공사, 도로기상 정보의 활용, 2013

### 3. 지진재난 및 시설물 관리 관련 라이브러리 현황

[표 4-5] 국내 지진재난 및 시설물 유지관리 관련 라이브러리 현황

구분	기관	내용
노후화	서울특별시	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후 기반시설의 성능개선 및 장수명화 촉진을 위한 실태평가보고서 및 종합관리계획을 5년마다 수립 및 갱신</li> <li>유지관리, 성능개선, 장수명화, 생애주기비용, 잔존수명 등의 용어 정의</li> </ul>
	정부	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후 구조물 재개발 추진계획(제3차 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 기본계획)을 통해 유지관리정책을 추진 중</li> </ul>
	한국시설안전공단	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설물정보통합관리시스템(FMS, <a href="http://www.fms.or.kr/">http://www.fms.or.kr/</a>)으로 시설물 유지관리 자료 구축</li> </ul>
	국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량통합관리시스템(BMS, <a href="http://nbms.kict.re.kr/nbms/index.jsp">http://nbms.kict.re.kr/nbms/index.jsp</a>)로 교량 통합유지관리 시스템 구축</li> </ul>
재난재해	정부	<ul style="list-style-type: none"> <li>R&amp;D 분야에서 건설기술진흥기본계획을 통해 지능형 구조물의 재난재해 대응기술개발에 투자를 지속</li> </ul>
	국민안전처	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전예산 통합관리 권한을 부여받아 재해 취약시설의 안전 점검 후 대대적인 보수/보강에 예산을 대폭 확대</li> </ul>

기 법	국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>10개 이상의 도로유지관리 시스템을 개발하여 운영 중</li> </ul>
	한국도로공사	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로기상정보시스템을 구축하여 재난에 신속하고 정확한 대응체계를 운영 중</li> </ul>
모 델	국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>지능형교통체계(ITS)를 활용한 효율적인 교통관리 전략 확립</li> </ul>
도 로 망	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>국토간선도로망과 수도권고속도로망을 통합 관리하는 제2차 도로정비계획(2011~2020) 수립</li> </ul>
지 반	지질자원 연구원	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 지질조사를 위해 수행한 시추조사 결과를 DB로 구축하고 있으며, 지질정보시스템을 통하여 지질도, 해저지질도 등의 다양한 주제도를 제공</li> </ul>
	국토지반정보 통합DB센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설현장에서 발생하는 각종 조사·관측자료와 시험자료의 효율적인 수집/관리 및 활용을 위하여 DB를 구축, 지반정보 활용방안 등을 제공</li> </ul>

자료:

건설연구인프라운영원, 노후(철거)교량의 성능평가를 통한 공용중 교량의 장수명화 연구기반 구축 기획보고서, 2016  
 정보통신정책연구원, 외국의 재난안전관리시스템 운영사례, 2013  
 국토교통부, 국토교통 R&D 동향조사, 2013  
 이승준, 최준혁 외, 고속도로 교통분석 프로그램(ExTRAM) 개발, 2010. 12  
 국토연구원, 도로정책 Brief, 2016  
 국토연구원, 미국의 전국 간선도로망계획, 1995  
 한국토지주택공사, LH 지반 빅데이터 활용 시스템 개발, 2015

#### 4. 한국도로공사의 지진대응 체계 및 2016년 9월 경주지진 대응의 시사점

##### □ 현재 도로 시설물에 대한 지진대응 체계

- 현재 국내 고속도로 교량은 고속도로 교량 내진설계 지침에 따라 약 96%의 교량이 내진성능을 확보한 것으로 확인되었으며 나머지는 2017년까지 내진성능 확보예정임. 또한 국내 터널은 지반과 일체거동 하도록 설계되어 지진에 안전할 것으로 예상 (한국도로공사 교통연구원, 2016)
- 한국도로공사는 3단계의 규모별 피해조사 기준에 따른 상황별 지진대응 체계를 구축하여 지진 피해 조사 범위를 제시하고 있으며, 조사 범위에 포함된 도로시설물(교량, 터널, 건축물)에 대해 아래와 같은 검사를 수행
  - 신축 이음 부위 파손 여부, 단차 및 교대와 거더 단부 밀착 여부 확인
  - 차선, 난간 방호벽 선형 확인을 통한 수평방향 이동 여부 판단
  - 받침장치 및 받침부 몰탈 파손 여부 확인

- 고정단 및 일방향 가동단 받침 위주로 점검
- 고정단 교각 지표면 노출부 최하단 균열 발생 여부 조사
- 터널 갱구부 등 외부 노출 구조물 점검

[표 4-6] 한국도로공사의 지진 규모별 지진대응 체계

구분	지진규모	주관	내용
1단계	내륙 3.5-3.9 해역 4.0-4.4	지사	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 조사 범위: 진앙에서 반경 25 km 이내 구간</li> <li>▪ 조사 반: 지사 자체 구성</li> </ul>
2단계	내륙 4.0-4.9 해역 4.5-5.4	본부	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 조사 범위: 진앙에서 반경 50 km 이내 구간</li> <li>▪ 조사 반: 본부, 지사 합동</li> </ul>
3단계	내륙 5.0- 해역 5.5-	본사	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 조사 범위: 진앙에서 반경 100 km 이내 구간</li> <li>▪ 조사 반:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진앙 25km 이내: 재난 안전처, 도교원, 본부, 지사</li> <li>- 진앙에서 100 km : 본부</li> <li>- 진앙 100 km 이상 : 지사</li> </ul> </li> </ul>

자료 : 한국도로공사 교통연구원 (2016)

- 지진 규모 3단계에 해당하는 경주지진 발생에 따라 다음과 같이 대응함
  - **상황반 운영**: 재난종합상황실, 교통센터, 본부 등에서 상황반을 운영하여 고속도로 소통상황 및 시설물 피해현황을 조사
  - **긴급 현장조사 실시**: 진앙지 반경 25km 이내 교량, 비탈면, 건축물을 재난안전처, 도로처, 도로교통연구원, 본부 주관으로 현장 조사함
- 이후 주요 교량 센서의 지진계측 데이터를 이용한 주파수분석, 응답스펙트럼 분석으로 교량의 거동(형상, 장력, 진동특성 등) 검사
- 조사 결과 도로 시설물 주요 부재에는 보고된 피해가 없었으며, 일부 건축물 (일부 휴게소 진열품 파손, 영업소의 벽면균열, 기와 탈락 등)에 대해 경미한 비구조적 피해가 보고되었음

□ 경주지진 대응의 시사점

- 전례 없는 규모의 지진에서도 구조적 피해가 거의 보고되지 않은 것은 국내 내진설계 제도의 성과로 평가됨

- 그러나 지진에 선제적, 실시간 대응이 아닌 사후 대처에 머무른 것을 예방적 차원에서 보완할 필요성 제기
  - 대형 지진으로 인한 동시다발적인 피해 발생 시 혼란을 야기할 것으로 우려
  - 특히 국내 도로망 시설물의 노후화가 본격적으로 진행될 것으로 전망되는 20-30년 후 같은 규모의 지진에서도 이 이상의 피해가 발생할 가능성이 매우 큰 만큼 정량적인 피해의 예측과 유지보수를 통한 안전성 확보가 절실함
  
- 기술 개발을 통한 선제적 유지관리 전략을 수립한다면 수십 년 이후 유사 지진이 발생하였을 때 국내 시설물의 피해를 상당히 저감시킬 수 있을 것이라 기대됨

**[표 4-7] 시설물 안전관리 주요 법령**

안전관리 대상	관련법	관계부처
교량	철도안전법 도시철도법 농어촌 도로정비법	국토교통부 행정안전부
댐	댐건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법 하천법	국토교통부
수리시설	하천법 소하천정비법	국토교통부 소방방재청
항만	항만법	국토교통부
공공청사	학교시설사업촉진법 국유재산관리법 지방재정법	교육과학기술부 기획재정부 행정안전부
아파트/대형건물	건축법 주택법	국토교통부
백화점/대형판매시설	건축법 유통산업발전법	국토교통부
(삭제)		

주) 시설물안전관리에관한특별법, 건설기술관리법, 건설산업기본법, 재난및안전관리기본법, 소방기본법, 소방시설유지및안전관리에관한법률, 소방시설공사업법, 위험물안전관리법은 공통적으로 적용  
 자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

## 2절 국내 기술개발 동향

### 1. 국내 기술개발 현황

#### 1) 지진재난 R&D 관리 현황 및 조직체계

- 제2차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(국과위, 2013)을 통해 지진분야 부처 간 역할 분담(안)을 마련하였고, 2013년 국토교통부, 2014년 국민안전처를 신설하여 각 정부부처별로 지진방재 관련 R&D 역할 수행
  - 국토부: 지진관련 소관 시설물의 사전관리 및 신속한 사후 관리
  - 국민안전처: 지진재해 관련 신속하고 체계적인 종합대응 시스템 확립
  - 기상청: 지진관련 예측 및 관측의 신속성 및 정확성 확보

#### 2) 재난·재해 분야 정부 R&D 투자 현황

- 2014년도 정부 연구개발비 총 예산은 17조 7,793억원으로, 2008년부터 연 평균 8.2%로 지속적으로 증가
- 2014년도 부처별 재난·재해 관련 R&D 총 예산은 약 4,164억원으로, 2008년부터 연 평균 29.2%였으며 재난·재해 관련 R&D 예산 투자는 지속 증가세를 보임
  - 재난 및 안전관리기본법에 의거 범부처 계획으로 추진된 재난 및 안전관리기술개발에 2008년부터 2014년까지 총 1조 2,900억원의 예산을 투자
    - 2008년 894억원 수준에서 2014년 4,165억원 수준으로 연평균 29.2%의 높은 증가세(세월호 사고 이전인 2013년까지는 19.5%)를 보이고 있으며, 국가 전체 R&D 예산 증가율에 비해 높은 수준
    - 국가 전체 R&D 예산 대비 재난·재해 R&D 예산 비중은 2008년 0.81%에서 2013년 1.29%로 절대적으로 낮은 비중을 보였으나, 세월호 사고 이후 2.34%로 크게 증가

〔표 4-8〕 국가 전체 R&D 예산 대비 재난·재해 R&D 예산 투자 비중

(단위: 백만원)

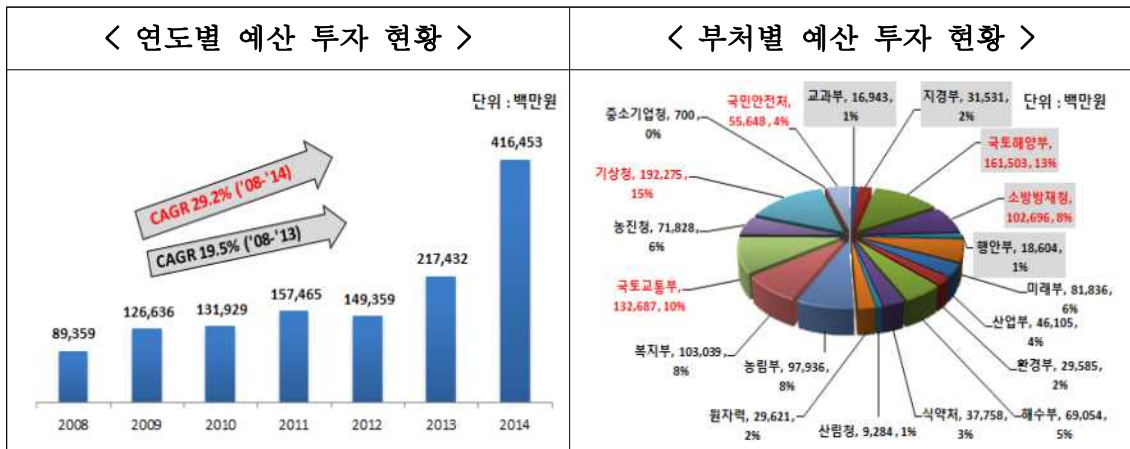
종합계획 연도 구분	제1차 종합계획					제2차 종합계획		CAGR
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
재난·재해 R&D(㉠)	89,359	126,636	131,929	157,465	149,359	217,432	416,453	29.2%
국가 전체 R&D(㉡)	11,100,000	12,300,000	13,700,000	14,900,000	16,000,000	16,877,700	17,779,300	8.2%
비중 (㉠/㉡)	0.81%	1.03%	0.96%	1.06%	0.93%	1.29%	2.34%	-

주) 재난재해 R&D 예산은 연차별 재난 및 안전관리기술개발 시행계획을 기준으로 하고, 국가 전체 R&D 예산은 e-나라지표의 수치를 기준으로 함

자료: 국가과학기술위원회, 제 1차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획, 2007

국가과학기술위원회, 제 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획, 2013

〔그림 4-7〕 재난·재해 R&D 예산 투자 현황(2008~2014년)



주) 부처별 예산 투자 현황에서 붉은 색 표기는 예산 투자액 상위 부서를 의미하며, 회색 음영 처리는 구 부처명을 의미

자료: 한국과학기술기획평가원, 2014년 정부 연구개발사업 종합안내서, 2014

- 부처별로는 국토부(국토해양부 포함)가 전체 23%(2,942억원)로 가장 많은 예산을 투자했으며, 기상청(15%, 1,923억원), 소방방재청(국민안전처 포함 12%, 1,583억원) 순으로 투자
  - 2014년 기준으로는 국토교통부(15%, 638억원)가 가장 많은 예산을 투자하고, 미래부(14%, 597억원), 국민안전처(13%, 556억원) 순으로 투자
- 특히 2014년도는 전년도에 비해 재난·재해 분야 투자를 15.5% 증대하여 총 972억원 투자
  - 자연재해분야 중심 예측·예방기술개발 강화하여 국민안전 분야 투자 확대

[표 4-9] 2014년 부처별 재난·재해 R&D 예산 투자 비중

(단위: 백만원)

부처명	2014년 예산 투자		부처명	2014년 예산 투자	
	예산	비중(%)		예산	비중(%)
미래부	59,732	14%	농림부	43,166	10%
산업부	45,096	11%	복지부	27,052	7%
환경부	15,009	4%	국토부	63,785	15%
해수부	33,150	8%	농진청	12,669	3%
식약처	7,357	2%	기상청	33,356	8%
산림청	1,438	0%	국민안전처	55,648	13%
원자력안전위원회	18,995	5%	<b>총 계</b>	<b>416,453</b>	<b>100%</b>

□ 당초 수립한 R&D 투자 계획 대비 실제 예산 투자 규모가 더 큰 경향

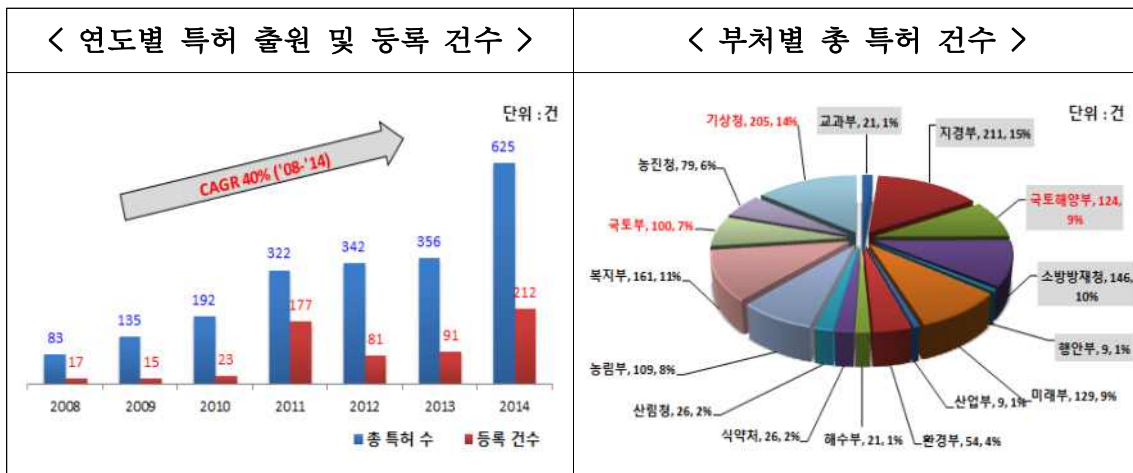
- 2008년부터 2014년까지 재난·재해 R&D 시행계획 기준 연차별 총 1조 1,807 억원 예산을 투자할 계획이었으나, 동 기간 동안 1조 2,900억원을 실제 투자 해 계획 대비 109.1%의 예산 투자 발생
- 2008년 계획 대비 실제 투자 비율은 75.6%(계획: 1,182억원, 실제: 894억원)로 실행 수준이 낮았으나, 2009년 이후에는 지속적으로 100% 이상의 비율을 보여 계획 대비 실제 예산 투자가 더 이뤄진 것으로 조사
- 계획 대비 실제 투자 비율이 상대적으로 높게 분석된 2009년과 2011년, 2014년은 전년 또는 해당 연도에 대형 재난이 발생하면서 관련 부처 예산이 급격히 증가한데 기인
  - 2008년 중국 쓰촨성 대지진, 2011년 일본 동일본 대지진 발생으로 인해 인명 및 경제적 피해 증가가 부처 예산 편성에 영향을 준 것으로 판단
  - 특히, 2014년에는 계획 대비 실제 투자 비율이 149.3%로 높게 분석되었는데, 이는 국민안전처 출범 등 정부의 적극적인 재난·재해 R&D 투자 확대에 따름
- 결론적으로 그간 정부의 재난·재해 R&D 예산 투자는 대형 재난 등 사회적 이슈에 좌지우지된 경향이 있다고 할 수 있으며, 정밀하고 정확한 미래 예측과 전망을 통한 기술수요 도출과 체계적인 R&D 투자 계획 수립이 요구

[표 4-10] 연도별 재난·재해 R&D 투자 계획 대비 실제 투자 비율

(단위: 백만원)

연도	투자 계획 ㉑	실제 투자 ㉒	비율 (㉒/㉑)	관련 부처 (계획 대비 실제 투자 비율)
2008	118,226	89,359	75.6%	
2009	121,693	126,636	104.1%	복지부(233%) 지경부(207%)
2010	128,547	131,929	102.6%	
2011	148,347	157,465	106.1%	행안부(1,352%) 복지부(379%) 식약처(192%)
2012	171,363	149,359	87.2%	
2013	213,557	217,432	101.8%	
2014	279,011	416,453	149.3%	미래부(585%) 원자력안전위원회(292%) 환경부(202%)

[그림 4-8] 재난·재해 R&D 기술적 성과 현황(2008~2014년)



주1) 부처별 논문 게재 건수 붉은 색 표기는 예산 투자액 상위 부서를 의미하며, 회색 음영 처리는 구 부처명을 의미  
 주2) 2014년 부처별 논문 게재 건수의 원 자료 부처로 부처별 논문 게재 건수는 2008년에서 2013년까지의 건수만 산정

- 경제적 성과에서 사업화 실적 건수는 2008년 31건에서 2013년 100건으로 연 평균 26%씩 증가하였으며, 기술료 징수액은 2008년 1.9억원 수준에서 2014년 4.7억원 수준으로 증가

**〔표 4-11〕 재난·재해 R&D 경제적 성과 현황(2008~2014년)**

(단위: 건, 백만원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계
사업화 실적건수	31	34	59	47	31	100	-	302
기술료 징수액	195	52.7	366	839.8	253	156	475	1862.5

- 연구개발 예산 대비 재난·재해 성과 수준은 국가 전체 연구개발 성과수준보다 다소 낮은 수준

- 최근 7년간 재난·재해 R&D 예산 투자 10억원당 논문 게재 건수는 3.74건(국내 2.28건, 국외 1.46건)으로 2008년 4.75건에서 2014년 3.89건으로 다소 감소 추세
- 동 기간 10억원당 총 특허 건수는 1.11건(10억원당 등록 건수는 0.31건)으로 2008년 0.93건에서 2014년 1.50건으로 다소 증가 추세
- 2008년부터 2013년까지 R&D 예산 투자 10억원당 사업화 실적 건수는 0.34건으로 2008년 0.35건에서 2012년 0.21건으로 다소 감소하다가, 2013년 0.46건으로 증가세로 전환

**〔표 4-12〕 재난·재해 R&D 예산 투자 대비 성과 수준(2008~2014년)**

(단위: 건/10억원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	평균	
논문	국내	3.28	3.37	3.46	3.78	4.18	2.49	2.18	2.28
	국외	1.47	1.45	2.08	2.00	3.77	1.93	1.71	1.46
	합계	4.75	4.82	5.54	5.78	7.95	4.42	3.89	3.74
특허	전체	0.93	1.07	1.46	2.04	2.29	1.64	1.50	1.11
	등록	0.19	0.12	0.17	1.12	0.54	0.42	0.51	0.31
사업화 실적	0.35	0.27	0.45	0.30	0.21	0.46	-	0.34	

주) 2014년 사업화 실적 자료 부재로 사업화 실적 평균은 2013년까지만 적용

- 한편, 국가 전체 R&D 성과 수준 중 논문 성과는 예산 투자 10억원당 6.36으로 재난·재해 R&D 논문 성과는 국가 전체 대비 58.8% 수준이며, 특히 국외 논문 성과는 재난·재해R&D 대비 2배 이상 높은 것으로 조사
- 국가 전체 R&D 특히 성과수준은 예산 투자 10억원당 2.13으로 재난·재해 R&D 특히 성과수준(1.11)보다 높고, 10억원당 등록 건수 역시 0.61로 재난·재해 R&D 성과 대비 2배 높음
- 사업화 건수는 국가 전체 R&D가 10억원당 0.73으로 조사되어, 재난·재해 R&D 성과수준은 국가 전체 대비 46.6%로 특히 저조한 것으로 분석

**〔표 4-13〕 국가 전체 대비 재난·재해 R&D 성과 수준(2008~2014년)**

구분	국가 전체 R&D		재난재해 R&D		비중 (b/a)	
	평균 건수	건/10억원(a)	총 건수	건/10억원(b)		
논문	국내	37,213	3.15	1,885.5	2.28	72.4%
	국외	53,185	3.21	2,938.5	1.46	45.5%
	합계	92,709	6.36	4,824	3.74	58.8%
특허	전체	31,981	2.13	1,834	1.11	52.1%
	등록	9,324	0.61	404	0.31	50.8%
사업화 실적	10,965	0.73	302	0.34	46.6%	

주) 국가 전체 R&D 성과수준은 2009년부터 2013년까지 평균값을 기준으로 함  
 자료: KISTEP, 2013년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 2015  
 e-나라지표, 국가 연구개발 예산 투자 현황  
 NTIS, 정부 연구개발 성과 현황 자료(2009~2013)

### 3) 지진재난 관련 국가 연구개발 과제 수행 분석

#### ① 지진재난 관련 국가 연구개발 동향

- 2008~2014년도 지진 관련 국가 연구개발 과제 수행을 분석한 결과, 지진재난 관련 과제 수행은 매년 지속적으로 증가하다 2013년부터 감소
- 2013~2014년도에는 전년도에 비해 과제수가 감소하였으나, 지진재난 과제의 총 예산은 증가
- 예산은 2008~2013년까지 지속적으로 증가하다 2014년 다소 감소

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 부처별 예산은 기상청이 가장 많으며, 그 다음으로 지식경제부, 교육과학기술부, 미래창조과학부 순으로 나타남

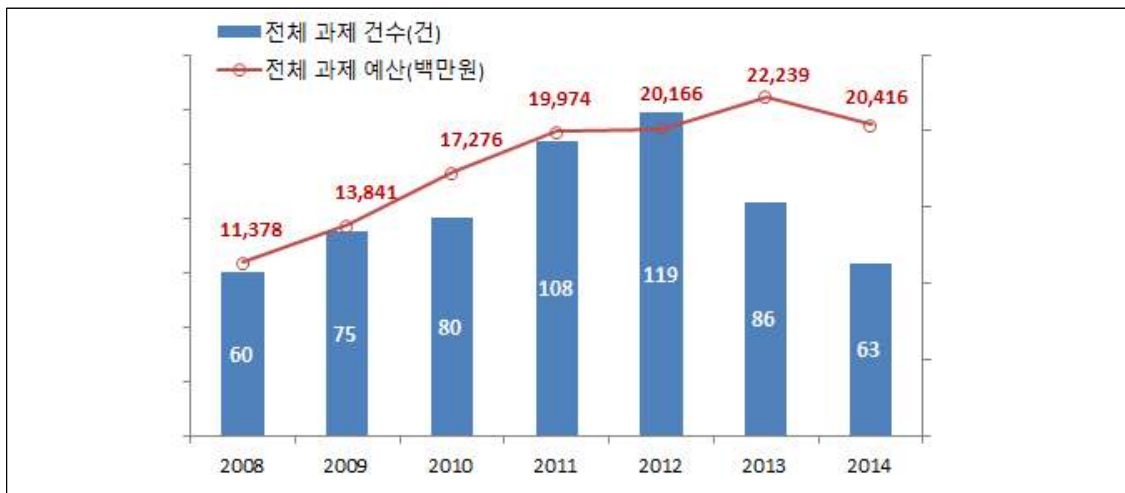
[표 4-14] 연도별 지진 관련 과제 및 예산 현황

(단위: 개, 백만원)

구분	과제수	예산
2008년	60	11,378
2009년	75	13,841
2010년	80	17,276
2011년	108	19,975
2012년	119	20,166
2013년	86	22,239
2014년	63	20,416
총합계	591	125,291

자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색 · 가공

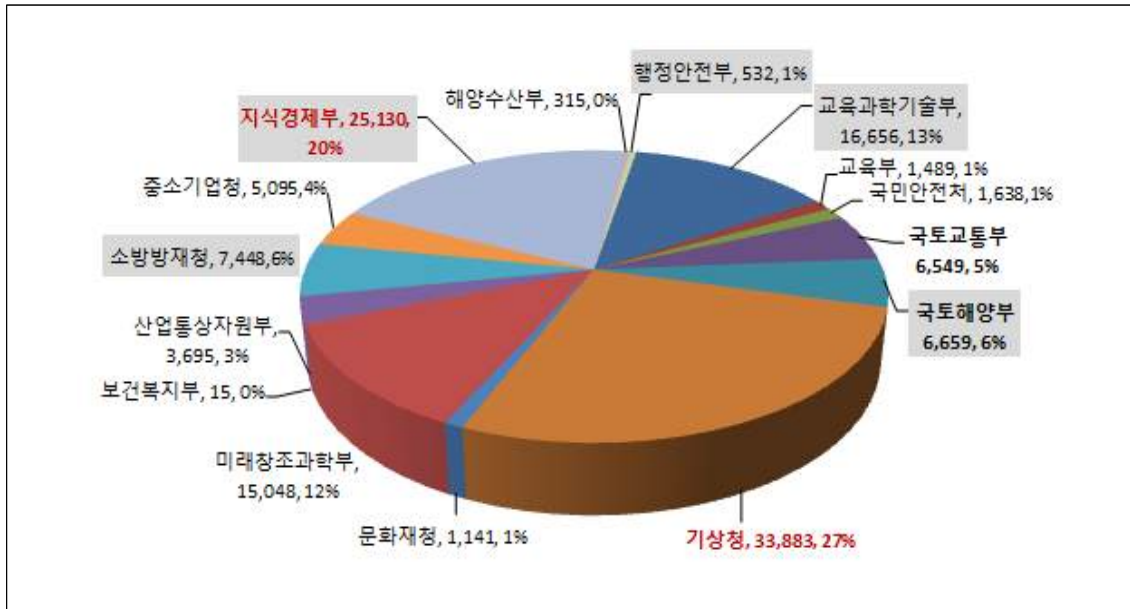
[그림 4-9] 연도별 지진 관련 전체 정부 연구개발 수행 추이



자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색 · 가공

[그림 4-10] 부처별 지진 관련 예산 현황

(단위: 백만원)



주) 회색 음영처리는 구부처를 의미

자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색 · 가공

□ 부처별 과제 수행은 교육과학기술부가 가장 많고, 그 다음으로 기상청이 많음

- 교육과학기술부는 고시 제2009 - 13호 「지진재해 대책법」 제14조 및 「지진재해대책법 시행령」에 따라 지진재난 관련 방재기술의 연구를 다수 진행하여, 교육과학기술부의 지진 관련 수행이 많은 것으로 판단됨

□ 2013년 이후에는 미래창조과학부가 가장 많은 과제를 진행하였으며, 그 다음으로 교육부, 기상청순으로 나타남

- 2013년 이후에는 모든 부처에서 지진재난 과제수가 는 감소하였으나, 국토교통부는 지진재난 관련 과제수가 증가
- 각 부처별 지진재난 R&D 예산은 기상청이 가장 많고, 그 다음으로 지식경제부, 교육과학기술부, 미래창조과학부 순으로 나타남

[표 4-15] 연도별/부처별 과제 현황

(단위: 개)

구분	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	총합계
교육과학기술부	27	28	31	48	49			183
기상청	22	30	27	32	28	14	7	160
중소기업청	4	6	7	9	19	12	7	64
미래창조과학부						24	20	44
국민안전처 (소방방재청)	2	4	6	2	12	7	8	41
교육부						19	12	31
산업통상자원부 (지식경제부)	3	2	4	6	4	3	2	24
국토교통부 (국토해양부)	2	4	4	6	4	5	7	22
문화재청		1	1	2	1			5
행정안전부				2	2			4
해양수산부						2		2
보건복지부				1				1
총합계	60	75	80	108	119	86	63	591

자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색·가공

□ 2013년 이후에는 미래창조과학부가 다른 부처에 비해 상대적으로 많은 연구비를 집행하였고, 다음으로 기상청이 많은 연구비를 투자

○ 2013년을 기점으로 대부분의 부처가 지진 관련 과제 예산을 줄이는데 반해, 국토교통부, 국민안전처는 2014년 전년대비 지진재난 R&D 예산 증가

[표 4-16] 연도별/부처별 예산 현황

(단위: 백만원)

구분	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	총합계
기상청	4,270	4,085	3,640	3,383	6,887	6,244	5,374	33,883
산업통상자원부 (지식경제부)	2,789	4,695	6,097	6,602	4,947	1,738	1,956	28,824
교육과학기술부	2,767	2,452	2,812	4,635	3,990			16,656
미래창조과학부						8,645	6,404	15,048
국토교통부 (국토해양부)	826	755	1,662	2,446	970	2,701	3,848	13,208
국민안전처 (소방방재청)	380	1,105	2,236	1,360	1,428	939	1,638	9,086
중소기업청	346	599	554	765	1,465	766	600	5,095
교육부						892	597	1,489
문화재청		150	275	469	247			1,141
행정안전부				300	232			532
해양수산부						315		315
보건복지부				15				15
총합계	11,378	13,841	17,276	19,975	20,166	22,239	20,416	125,291

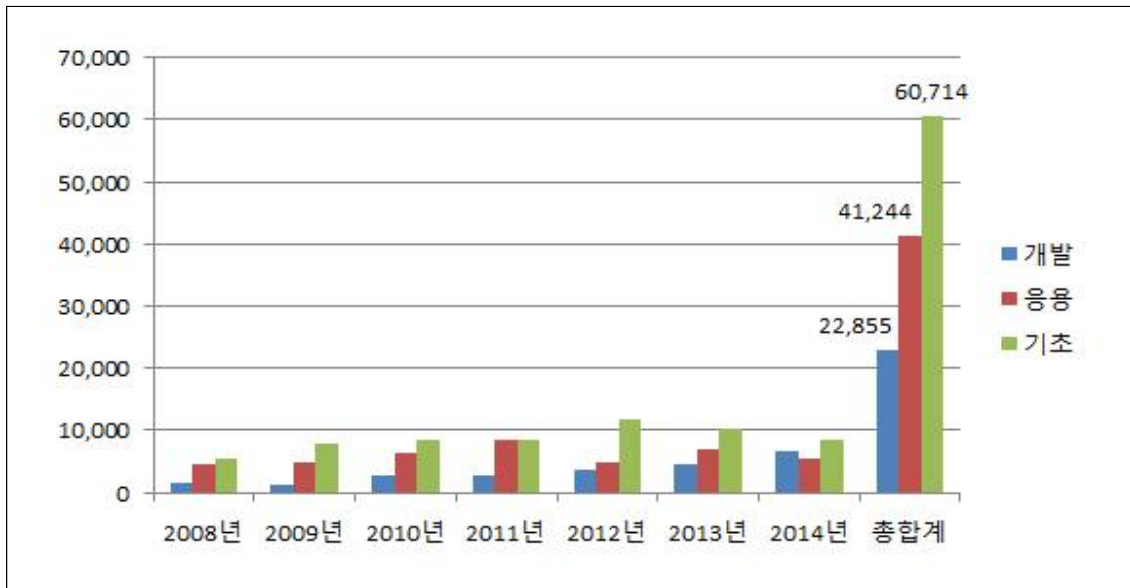
자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색·가공

- 연도별/연구단계별 투입 예산 추이를 살펴보면, 기초 및 응용 연구단계에서 전반적으로 2013년 이후 감소하는 것으로 나타났으나, 개발 연구단계는 2008년 이후부터 지속적으로 예산 투자 증가

○ 전체적인 기반 지식을 통합할 수 있는 플랫폼 구축 등 개발 연구가 필요함을 시사

[그림 4-11] 연도별/연구단계별 예산 현황

(단위: 백만원)



자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색·가공

- 연도별/기술수명주기별 과제 수행 추이를 살펴보면, 2011년까지는 도입기 단계의 연구를 가장 많이 수행하였으며 도입 단계에서의 연구 결과가 누적되어 2012년부터는 성장기 단계의 연구를 많이 수행

○ 성숙기에 접어든 연구 수는 2008~2014년까지 평균 4건 정도로, 성숙기에 이른 지진 관련 과제는 거의 수행되고 있지 않음

- 연도별/기술수명주기별 예산 투자 추이를 살펴보면, 2011년까지는 도입기 단계에 가장 많은 예산을 투입

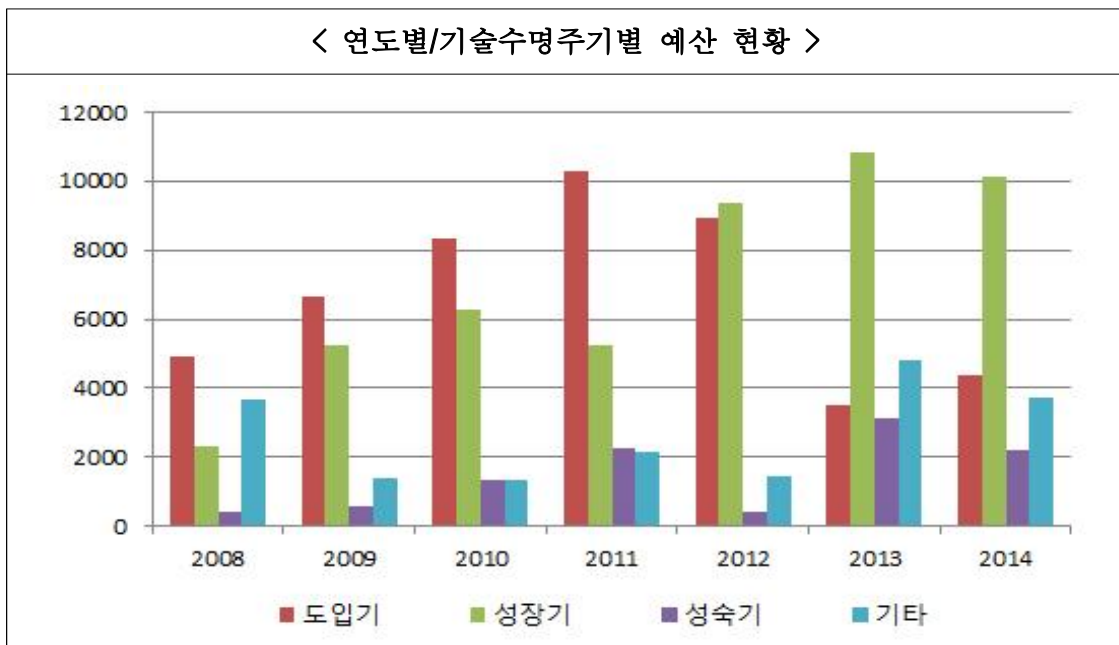
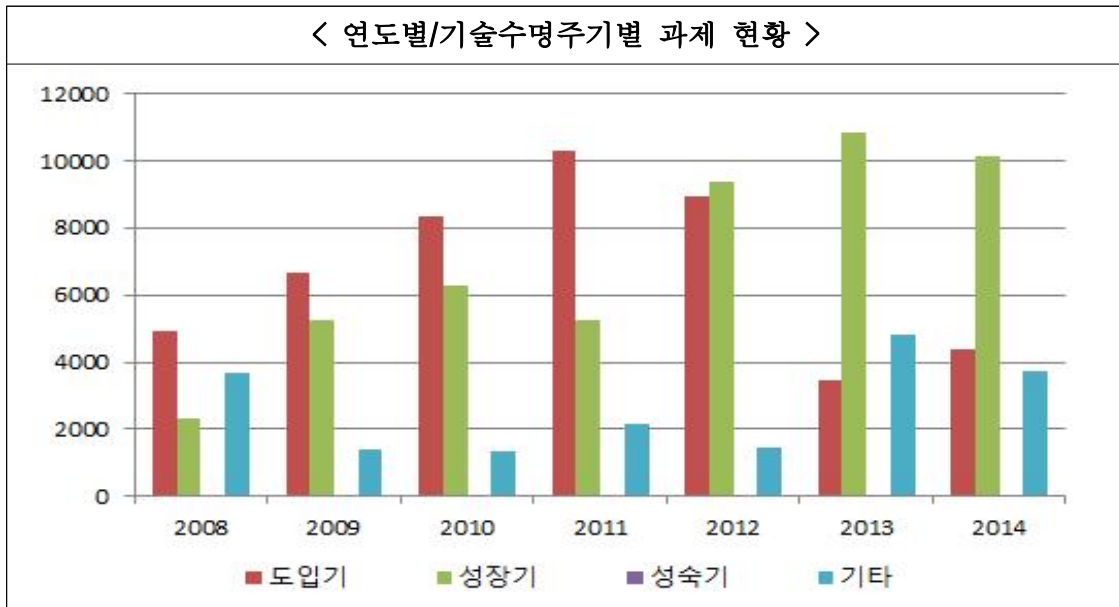
○ 2012년을 기점으로 성장기 단계의 연구에 많은 예산을 투자하였으며, 2013년도에는 도입기 단계 예산을 대폭 감소시키고 성장기 단계에 많은 예산 투자

○ 성숙기의 경우 미래창조과학부가 가장 많은 예산을 투자했으며, 그 다음으로 국토교통부(국토해양부 포함) 순으로 나타남

- 지진 관련 연구는 대부분 도입 단계의 연구를 많이 진행해오다가, 2012년을 기점으로 성장 단계에 접어든 연구를 많이 수행하면서 이 단계에 예산도 많이 투자 하는 것으로 나타남

[그림 4-12] 연도별/기술수명주기별 과제 및 예산 현황

(단위: 개, 백만원)



자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색·가공

□ 과학기술표준분류에 따른 과제를 살펴보면 지구과학/지구물리학이 가장 많고, 그 다음으로 건설·교통 / 시설물안전·유지관리 기술 순으로 나타남

- 지진 관련 연구는 대부분 기초 및 도입 단계에 중점을 둔 단층 분석이나 지진파, 지진 에너지 등과 같은 지진의 특성에 기반 하였기 때문에, 지구과학/지구물리학 분야로 분류되는 연구가 가장 많이 진행된 것으로 파악됨
- 또한 도로·교통 등의 시스템의 위험 저감 기술이나 내진설계를 바탕으로 한 시설물 안전 및 유지관리 기술 개발에 중점을 둔 연구를 추진

□ 국가기술지도(NTRM)에 따른 과제를 살펴보면 자연재해 예측 및 저감 기술이 가장 많고, 그 다음으로 기타로 분류된 국가기술지도가 많은 것으로 조사

- 현재 우리나라는 강진 지역이 아니지만, 한반도는 더 이상 지진으로부터 안전지대가 아니므로 지진 예측 및 위험 저감과 관련된 필요기술을 예측하고 최선의 기술대안을 선정하는 것이 필요함을 의미
- 지진원, 지진 규모, 발생 빈도 등을 예측하여 물리적, 사회경제적 측면에서의 지진재난 위험 저감 기술을 개발할 수 있는 정부 및 기업의 전략적 연구개발 사업 추진 필요

**〔표 4-17〕 과학기술표준분류별/국가기술지도별 과제 수행 현황(1순위~5순위)**

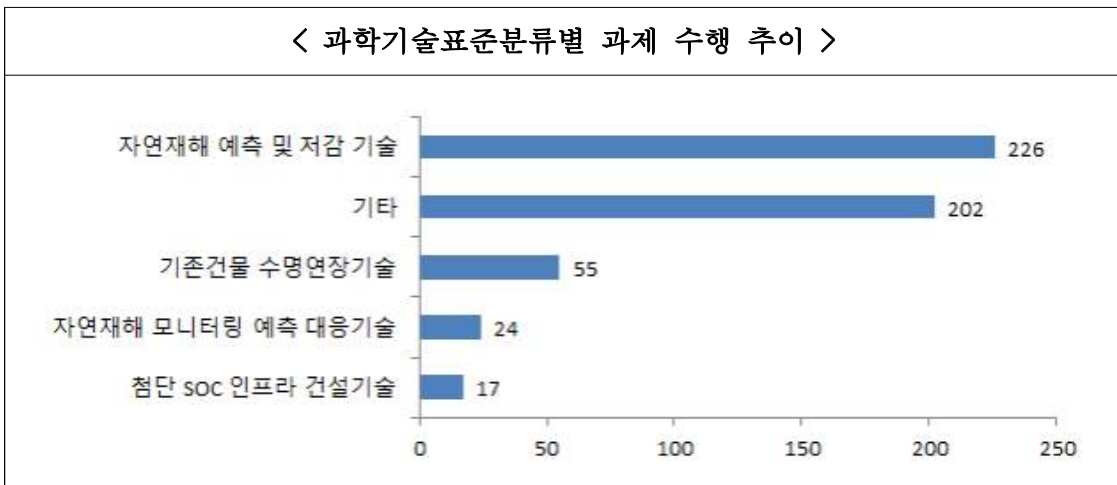
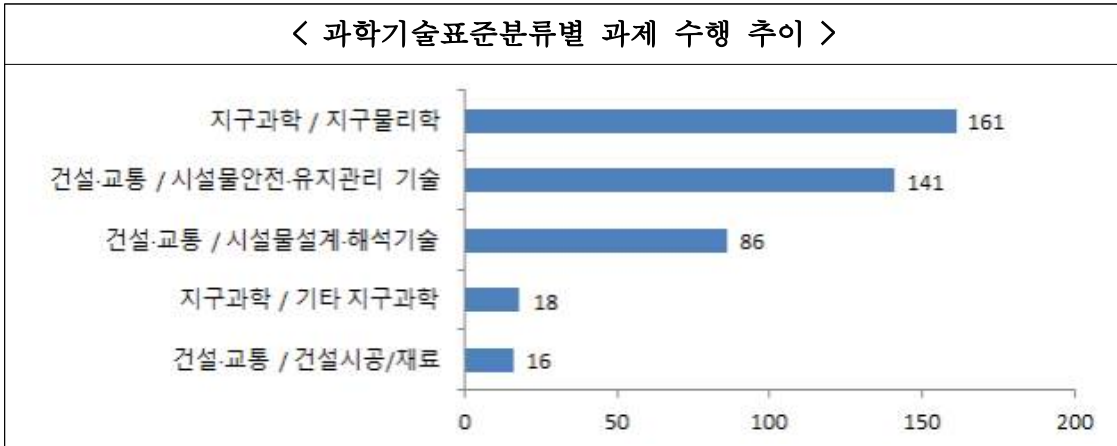
(단위: 개)

순위	과학기술표준분류 (대분류/중분류)	과제수	국가기술지도(NTRM)	과제수
1	지구과학 / 지구물리학	161	자연재해 예측 및 저감 기술	226
2	건설·교통 / 시설물안전·유지관리 기술	141	기타	202
3	건설·교통 / 시설물설계·해석기술	86	기존건물 수명연장기술	55
4	지구과학 / 기타 지구과학	18	자연재해 모니터링 예측 대응기술	24
5	건설·교통 / 건설시공/재료	16	첨단 SOC 인프라 건설기술	17

자료: NTIS, 지진 R&D 과제 검색·가공

[그림 4-13] 과학기술표준분류/국가기술지도별 과제 수행 추이(1순위~5순위)

(단위: 개)



□ 기존 지진재난 연구는 대부분 해당 전문 분야에 초점을 맞춘 연구에만 집중

- 단층 파괴 및 지반 특성 등을 연구하는 지질학 분야, 구조물의 취약성 및 안정성을 연구하는 구조공학 분야, 지진재난 대응방안을 연구하는 긴급대응 계획 분야, 사회기반 시설의 손상이 지역경제에 미치는 영향을 연구하는 경제학 분야 등에 국부적으로 집중
- 이와 같은 연구 분야는 내진대책을 위해 필요한 연구이나, 각기 개별적인 연구결과이므로 상호보완적인 지진재난 관리체계를 수립하기에는 부족한 측면이 있음

□ 기존 지진재난 연구는 대부분 단일 시스템을 대상으로 하고 있으며 시스템간의

**상관관계 및 파급효과에 대한 전방위적 고려는 부족한 상태**

- 광범위한 도로망 네트워크 피해의 영향 및 도로망이 포함된 지역의 기능 회복에 필요한 사회적 자원까지 고려하기 위해서는 “재난 복원력”의 개념 도입 필요
- 도로망 요소(교량, 터널, 기타구조물)의 손상에 따른 주변 요소의 영향까지 고려하기 위해 네트워크 관점에서의 접근이 필요함
- 실제적인 복원력 평가를 위해서는 시설물의 노후화에 따른 점진적인 기능의 상실이 포함되어야 하나 다수의 연구에서 고려되지 않음

**□ 본 연구 분야에 포함된 키워드\*를 선정한 후, 지진 관련 연구개발 과제 중 키워드를 포함하는 세부 연구과제를 도출하여 연구과제 동향 분석**

\* 「도시 재난위험도」, 「지진재난 관리체계」 및 「성능기반 내진설계」

- 주요 시설물과 건축물의 내진설계, 내진성능 평가 및 보강에 대한 다수의 연구가 수행되었으나, 전반적으로 개별 기술에 대한 연구가 다수를 차지하며 구조적 피해에 관한 연구에 집중
- 인명 및 재산 피해를 발생 시키는 중요한 요인으로 작용하는 비구조재에 대한 연구는 매우 부족한 실정
- 또한 지진재난의 경제·사회적 피해 정량화를 위한 연구가 일부 수행되었으나, 국내에서는 아직 초기 단계임
  - 국내 실정을 반영한 피해예측 모델 개발 및 이를 기반으로 한 국내 도시 주요 시설물과 건축물의 지진재난을 위험도를 저감하기 위한 관리체계나 개별 구조물의 성능기반 설계에 적용하기 위한 구체적 지침은 개발되지 않은 상태

[표 4-18] 도시 재난위험도 관련 국내 연구과제 분석

부처명 (사업명)	과제명	검토결과
한국건설교통기술평가원 (도시건축연구사업)	긴급대응형 재난대피시설물 개발 (2011.09.30 ~ 2014.09.29)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진, 쓰나미, 태풍, 방사능유출, 한파, 한서 등 극한환경에 대비해 긴급 재난대피시설물을 개발을 목표로 설정</li> <li>▪ 대규모 재난지역에 긴급히 설치할 수 있는 이동전개 가능한 재난대피시설물의 제작, 이동, 설치 해체방법 제시</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (도시건축연구사업)	재난, 재해 대비 임시거주공간 시스템 개발 (2011.07.18 ~ 2014.08.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재난재해 구호용 모듈라 하우스 모델 연구개발 및 모듈라 타운 운영시스템 구축</li> <li>▪ 재난 및 재난 발생 시 임시주거시설로서의 구체적인 공간계획을 위한 기술적 방안 제안</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (도시건축연구사업)	지진 및 기후변화 대응 소규모/기존 건축물 구조안전성 향상기술 개발 (2013.05.15 ~ 2018.06.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 향상 정책제도 선진화</li> <li>▪ 기존 건물 및 소규모 건축물의 지진 및 기후변화 대비 구조안전성 확보</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (국토교통연구기획사업)	건축물 지진 안전성 향상 방안 기획 (2011.08.19 ~ 2012.02.18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내 지진특성과 건설환경을 고려한 건축물 내진성능 확보와 기술/제도의 선진화를 위한 전략수립</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (건설기술연구사업)	우리나라 중저층 철근콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 보수보강법 연구 (1996.11.13 ~ 2001.06.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5층 이하의 국내 철근 콘크리트 건축물의 지진피해 예측 및 지진피해를 받은 건축물의 안전진단 후 재사용여부에 대한 판단기준 정립</li> </ul>

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

부처명 (사업명)	과제명	검토결과
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	자연재해 통계방식 프레임워크 재구축을 위한 선행 연구(2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 각종 자연재해 정보의 활용처를 조사하고, 현재 정보의 활용도 및 정보의 질적 수준을 검토 및 평가</li> <li>▪ 피해조사 결과로부터 도출되는 재해정보를 대상으로 의사결정정보로서의 부정확성에 따른 문제점 도출</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	미래 재난환경에 대비 소방방재 R&D 로드맵 기획연구(2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소방방재청 R&amp;D 중장기 계획 및 실용화계획 추진안 마련과 미래예측 시나리오를 통한 논리적 중장기 계획안 마련</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	재난기술, 정보 공유를 위한 글로벌 체계 구축/방재기술정보 공유를 위한 글로벌 네트워크 활성화 (2014~2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국 및 선진국의 방재관련 기술정보 및 적용사례를 수집하여 방재기술정보 사례 DB구축 및 효율적 공유를 위한 전문가 네트워크 구축</li> <li>▪ 방재기술정보 공유를 위한 글로벌 네트워크 활성화 및 지속적 운영전략 확보</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	구조물 붕괴메커니즘 등을 고려한 지진위험 평가기술 개발 / 지진위험 평가를 위한 PGA 기반 지진위험 지도 작성(2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진위험 평가를 위한 PGA 및 주파수별 스펙트럼 가속도기반 지진위험지도 작성</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	지진 및 지진해일 피해 저감 기술개발 사업(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도 및 주변지역에서의 대규모 지진 및 지진해일 발생 시 국민 생명과 재산을 보호할 수 있는 대응 및 피해저감 기술 개발</li> </ul>

부처명 (사업명)	과제명	검토결과
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	토목구조물에 미치는 지진해일 피해분석 기술개발(2012~2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 구조물에 미치는 지진해일 파력 추정기술 개발</li> <li>▪ 지진해일 범람에 따른 내륙에서의 해일거동 및 구조물 피해분석 기술 개발</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	자연재해 저감기술 개발사업(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 자연재해를 사전에 예측하는 역량을 강화하여 효율적인 관리체계를 수립함으로써 피해를 최소화 목표</li> <li>▪ 자연재해 경감분야의 과학기술의 선진화 및 첨단 IT기술을 접목한 실용화 기술연구를 활성화 목표</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	지역특성을 고려한 재해영향 분석기법 고도화/풍수해 관리구역 관리체계 및 내수위험도 침수대책 개발(2012~2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 풍수해 관리구역 관리체계 및 내수위험도 사방공법 대책 개발</li> <li>▪ 내수위험도 표준분석기술 고도화 및 주요도시별 맞춤형 침수대책 개발</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	활성단층 지도 및 지진위험 지도 제작(2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내 활동성단층 및 지반응기울 등 지반안정성 평가에 내재된 불확실성을 개선하여 내진설계에 입력되는 정량적인 수치생산 및 제공</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	재난전조 감시용 센서 및 조기경보 시스템 개발(2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시 및 주거 밀집 복합시설물 유해물질 사전 감지 및 예경보 기술 확립</li> <li>▪ 재난 현장에 적합한 현장 지향형 통신 정책 수립</li> </ul>

노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발

부처명 (사업명)	과제명	검토결과
기상청 (기상지진기술개발사업)	지진 R&D 중장기 발전전략 정책연구(2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상청 지진 R&amp;D 사업의 중장기 발전전략의 수립 및 체계화</li> <li>지진 R&amp;D 사업의 중장기 핵심 연구과제의 도출과 중장기적 ETRM 수립</li> </ul>
기상청 (기상지진기술개발사업)	지진자료를 이용한 한반도 지진활동 특성 연구(2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>한반도에서 약 50만년전부터 역사시대 이전까지의 고지진 활동과 관련된 단층운동 자료 정리</li> <li>중장기적인 지진활동의 시공간적 특성을 규명하기 위해 지진빈도 및 진앙의 시공간적 변화, 에너지 방출량 추정 등을 실시</li> </ul>
과학기술부 (한국지질자원연구원)	결정론적 지진 시나리오를 이용한 강지진동 추정 연구(2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>다차원 공간 매질에서의 지진파 전파 수치모의 방법을 개선하고 한반도 영역을 포괄하기 위한 최적의 모의변수 도출</li> </ul>
과학기술부 (한국지질자원연구원)	실시간 지진 분석 및 지진재해 정량적 예측 기술 개발(2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>안정적 지진 관측망 및 실시간 분석 DB 운영</li> <li>지진 목록 규모의 일관성 확보</li> <li>인공 지진 위치 결정법 개발</li> </ul>
소방방재청 (지진 및 지진해일 피해저감 기술개발)	도시기반 인프라 네트워크의 지진취약도 함수 개발 (2012.04.01 ~ 2015.03.31)	<ul style="list-style-type: none"> <li>한반도 지진의 불확실성을 고려한 주요 라이프라인 시설물 등 도시기반 네트워크 시설물의 확률론적 취약도 함수 산출</li> </ul>

[표 4-19] 지진재난 관리체계 관련 국내 연구과제 분석

부처명 (사업명)	과제명	검토결과
한국건설교통 기술평가원 (국토교통기술촉진연구사업)	항복 거동을 이용한 신개념 기초 내진설계 기법 연구 (2014.07.11 ~ 2016.07.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기초 하부 지반의 항복거동을 활용한 에너지 소산 매커니즘 규명 및 원심모형실험을 통한 기초 하부지반 소성 거동을 활용한 내진설계 적용성 평가 및 신개념 기초 내진설계 기법 제안</li> </ul>
과학기술부 (기본연구지원사업)	저층한옥형 공동주택을 위한 성능기반 내진성능 평가 및 개선 연구(2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전통한옥 조사 분석에 따른 한옥설계기법 및 구조적 특징 도출</li> <li>시스템 한옥설계기법 개발을 위한 체계 정립</li> <li>한옥내진성능해석 프로그램 개발</li> </ul>
한국연구재단 (중견연구자지원)	격간벽 구조시스템의 내진성능평가 및 성능설계방법 개발(2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>가변성을 향상한 다양한 형태의 격간벽시스템의 구조형태를 제안하고, 내진성능을 검증</li> <li>격간벽구조의 내진설계계수를 산정하고 주기산정식을 제안하며 이를 바탕으로 내진 취약도를 파악하고 성능에 기초한 내진설계절차 개발</li> </ul>
한국연구재단 (여성과학자지원사업)	철근콘크리트 구조물의 손상량 평가에 근거한 손상도 및 내진성능 평가기법 개발(2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>비내진상세를 가지는 국내의 철근콘크리트 부재의 파괴 형식별 지진 시의 손상량 평가에 따라 부재와 해당 층의 손상도 및 내진성능을 평가하기 위한 기법 개발</li> </ul>
한국연구재단 (핵심개인연구)	200MPa급 초고강도 콘크리트 및 고인성시멘트 복합체를 사용한 복합 병렬전단벽의 내진성능 및 성능기반 설계기법(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고강도 및 고인성 재료의 성능확보, 복합병렬전단벽의 성능 검증, 초고강도 및 고인성 콘크리트를 사용한 복합병렬전단벽의 성능기반 설계안 작성</li> </ul>
한국연구재단 (신진연구지원사업)	부재변형기반 성능중심 내진설계기술 개발(2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄성해석을 사용하여 부재의 소성힌지변형을 빠르고 간편하게 평가하는 간략모델 개발 및 이를 바탕으로 한 부재변형기반 성능기반내진설계 기술 개발</li> </ul>

[표 4-20] 성능기반 내진설계 관련 국내 연구과제 동향

부처명(사업명)	과제명	검토결과
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	지진 및 지진해일 대비 중앙행정기관 업무연속성 관리기술 개발(2014 ~ 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대규모 지진 및 지진해일로 인한 중앙행정기관과 지자체 및 공공기관의 기능 정지에 대비하여 연속성 관리 기술을 개발</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	재난유형별 국가재난대응시나리오 개발과 연계된 재난대응역량강화 방안 연구(2014 ~ 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실제 재난발생사례 및 추이 분석을 통한 대규모 국가재난으로 전개 가능한 시나리오 개발</li> <li>▪ 시나리오 전개에 따른 현 대비수준과의 갭을 분석하여 재난관리책임기관의 대응역량 강화방안 마련</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	시설물별 위험도 평가에 의한 재난안전 관리체계 고도화(2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시설물별, 지역특성별 위험유발 요소와 재난발생 시 피해확산 등을 고려한 위험도 평가기법 개발 및 이를 활용한 특정관리대상시설 등의 지정관리체계 고도화</li> </ul>
소방방재청 (자연재해저감기술개발사업)	지진재해로 인한 사회경제적 피해예측 모델 개발(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 확률론적 접근법에 의한 건축물 지진재해 예측모델 개발과 이를 활용하여 지진으로 인한 건축물피해, 인명피해 및 사회경제적 피해를 포함한 통합 지진재해대응시스템 구축을 연구가 목표</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (건설기술연구사업)	재난 시나리오(태풍, 호우, 지진) 기반 수변구조물 통합 안전관리 기술 개발 (2013.06.01. ~ 2018.05.31)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수변구조물에 대한 기상변동성 및 기후변화에 능동적으로 대처할 수 있는 위험도 해석기반의 확률론적 위험도 평가기법 개발</li> <li>▪ 다양한 형태의 위험도를 고려할 수 있는 실시간 위험도 해석기술 개발</li> </ul>

부처명(사업명)	과제명	검토결과
한국건설교통기술평가원 (국토교통기술축진연구사업)	분산형 시뮬레이션 기반 시설물 재난 대응 및 관리시스템 구축 (2012.11.21 ~ 2015.11.20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 거대재난 발생 시 주요 시설물에 미치는 영향을 사전에 분석하고 이에 따른 위기대응을 신속하게 처리하기 위한 분산형 재난 시뮬레이션 오픈 플랫폼 구축</li> <li>▪ 플랫폼을 통한 다수 시뮬레이터의 상호연동, 시뮬레이션과 BIM모델의 연동기술 개발</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (국토교통연구기획사업)	재난재해시 도로환경 재현 및 안전관리시스템 (2012.04.01 ~ 2012.12.01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도로교통망에 직접적인 피해를 줄 수 있는 재난재해의 형태를 분류하고, 각 미시적 또는 거시적 측면에서 재난재해 발생 감지 및 예방과 대처 및 신속 복구에 이르는 과정에 절대적으로 필요한 기술연구 기획</li> </ul>
한국건설교통기술평가원 (건설기술연구사업)	주요 시설물의 내진설계기준 재정비 (2000.09.29. ~ 2001.12.07)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시철도, 공항시설의 내진설계기준 제시</li> <li>▪ 지진경보시스템 구축 및 시설물별 생애주기 및 공사비 분석</li> </ul>
기상청 (기상지진기술개발사업)	지진, 지진해일법 제정을 위한 타당성 연구 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진, 지진해일법 제정의 필요성과 타당성을 국내 관련법체계를 분석한 후 국외 관련 법제를 비교 고찰하여 시사점 발견 및 지진, 해일법의 타당한 제정방향을 모색</li> </ul>
과학기술부 (원자력연구개발 중장기계획사업)	위험도 정보, 성능기반 규제 제도화 방안 연구 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 위험도정보 및 성능기반 규제의 적용성 평가</li> <li>▪ 우리나라에 적합한 위험도정보 및 성능기반 규제 모델 설정</li> <li>▪ 기존 규제와의 관계 분석 및 영향 평가</li> </ul>

■■■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■■■

□ 기존 지진 관련 연구 중 본 연구와 유사성이 높은 선행 연구를 선별하고, 본 연구와 지진 관련 선행 연구의 과제 목적, 연구 방법론 등을 비교·대조하여 선행연구의 제한점 및 본 연구와의 차이점 도출

○ 그 중에서도 유사성이 가장 높으며, 본 연구의 R&D 방향성 정립을 위한 시사점을 도출할 수 있는 두 개의 선행 연구(지진재해로 인한 사회 경제적 피해예측 모델 개발, 도시기반 인프라 네트워크의 지진취약도 함수 개발) 선정

□ 기존의 지진 관련 연구 결과들을 보면 국부적인 분야로 한정

○ 단층 및 지반 특성 등을 연구하는 지질학 분야, 구조물의 취약성 및 안정성을 연구하는 구조공학 분야, 사회기반 시설의 손상이 지역경제에 미치는 영향을 연구하는 경제학 분야, 긴급대응계획 분야 등

[표 4-21] 유사성이 높은 선행 연구와 본 연구 간의 차이점

과제명	과제 목적	본 연구와의 차이점
지진 시 사면붕괴 등 지반피해 예측기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내 발생가능 지진을 고려한 산사태 재해도 작성 및 지진 시 사면붕괴 등 지반피해 예측기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진 시 발생하는 산사태 및 지반 액상화 재난에 초점</li> <li>▪ 지진에 따른 도시 단위의 물리적, 사회경제적인 피해를 미고려</li> </ul>
지진재해로 인한 사회 경제적 피해예측 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 사회경제적 피해 예측모델 개발을 위한 방법론 및 모듈개발</li> <li>▪ 사회경제적 피해를 포함한 통합 지진재해 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 사회 경제적 피해가 ①인명 피해, ②주거 시설 이재민으로 제한됨. 파괴 당시의 인적 피해는 고려되었지만 파괴 이후 시설물의 불능에 따른 사회경제적 여파는 미고려</li> <li>⇒ 재난 발생 당시의 손실 뿐 아니라 이후 사회경제적 파장에 대한 추가적인 연구가 필요(e.g 주요 도로, 행정 시설, 그리고 보건시설의 파괴로 인한 2차적인 사회경제적 여파)</li> </ul>
도시기반 인프라 네트워크의 지진취약도 함수 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도 지진의 불확실성을 고려한 주요 라이프라인 시설물 등 도시기반 네트워크 시설물의 확률론적 취약도 함수 산출</li> <li>▪ 지진재해에 따른 사회경제적 영향을 고려 통합 지진위험도 평가 네트워크 알고리즘 개발 및 지진재해대응시스템 연계활용 체계구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 인프라 시설물의 노후화에 따른 점진적 기능의 상실 미고려</li> <li>▪ 대표적인 도시기반 인프라 네트워크인 전력, 가스, 상수도, 그리고 도로의 지진 취약도 곡선 개발하였다, 그러나 네트워크를 이루는 각각의 요소의 취약도를 바탕으로 한 네트워크 해석은 미고려</li> <li>⇒ 구체적인 도시 지진 재난 위험도를 평가하기 위해서는 각 요소의 위험도 뿐 아니라 네트워크 단위의 해석이 추가적으로 필요</li> </ul>

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

<p>구조물 붕괴메커니즘 등을 고려한 지진위험 평가기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 구조물의 내진성능 검증과 지진피해분석, 국가내진목표수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국가 내진 목표 수립에 초점</li> <li>▪ 지진에 따른 도시 단위의 물리적, 사회경제적인 피해를 미고려</li> <li>▪ 구조물의 노후화에 따른 점진적 기능의 상실 미고려</li> </ul>
<p>지진가속도 분석 등을 통한 설계지반운동 표시방법 고도화기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국형 지반분류체계 및 설계응답스펙트럼, 설계지반운동 정립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계응답스펙트럼/ 지반분류체계 재정립</li> <li>▪ 지진에 따른 도시 단위의 물리적, 사회경제적인 피해를 미고려</li> <li>▪ 구조물의 노후화에 따른 점진적 기능의 상실 미고려</li> </ul>
<p>지진 및 지진해일 대비 업무연속성 관리기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 업무연속성 관리 초점/매뉴얼 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진 재난 발생 직후의 행정적 업무 연속성 확보에 초점</li> <li>▪ 지진에 따른 도시 단위의 물리적, 사회경제적인 피해를 미고려</li> <li>▪ 구조물의 노후화에 따른 점진적 기능의 상실 미고려</li> </ul>
<p>한반도 주변 화산분화 위험을 고려한 화산재해 대응체계 고도화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도 주변 화산분화시 국내에 미치는 영향 평가기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 화산 재난 시나리오에 초점</li> <li>▪ 지진에 따른 도시 단위의 물리적, 사회경제적인 피해를 미고려</li> </ul>

주) 파란색으로 표시된 두 과제는 본 연구와 유사성이 높은 과제를 의미

### 3절 국내 시장 동향

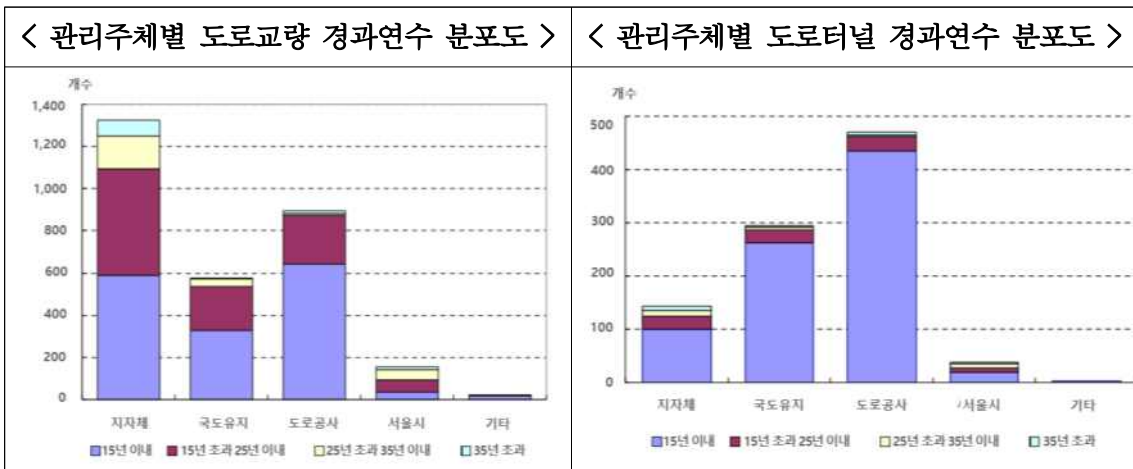
#### 1. 국내 시장 환경

□ 시설물 유지·관리에 있어 가장 영향이 큰 변수인 경과연수 분포를 분석한 결과, 관리주체별로 관리하고 있는 시설물에 따라 경과연수가 다른 것으로 나타남

○ 도로교량 전체 시설물중 54.1%가 경과연수 15년 이내로 나타났으며, 특히 국도유지와 도로공사 시설물 중 15년 이내 시설물 비중이 큰 것으로 나타남

○ 도로터널 전체 시설물중 86.4%가 경과연수 15년 이내로 나타났으며, 특히 도로공사 시설물 중 15년 이내 시설물 비중이 큰 것으로 나타남(92.6%)

[그림 4-14] 관리주체별 도로 교량 및 터널의 경과연수 분포도

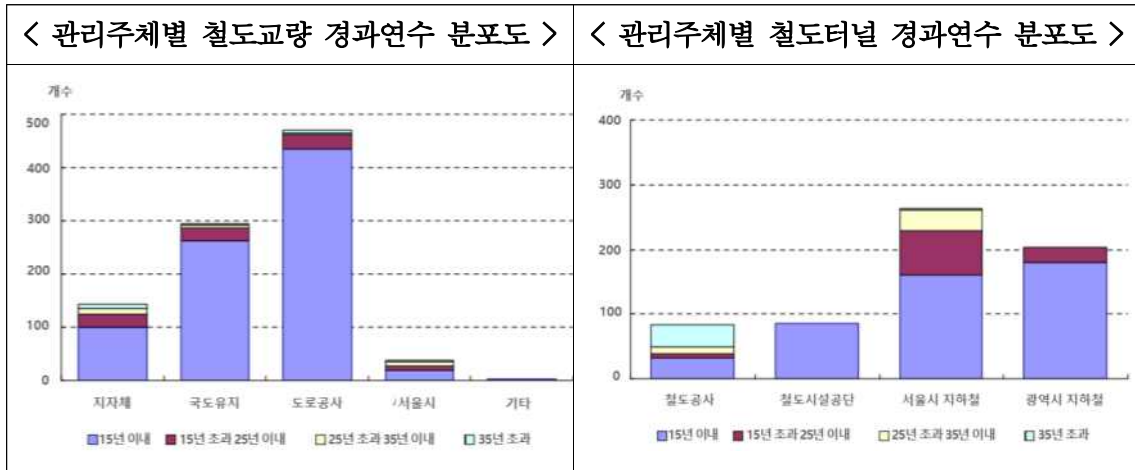


자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

○ 철도교량에 대한 경과연수 분포를 분석한 결과 철도공사와 서울시 지하철은 25년 이상의 노후화된 시설물의 비중이 높은 반면, 철도시설공단과 광역시 지하철의 경우는 15년 미만의 최근 시설물 비중이 높음

○ 철도터널에 대한 경과연수 분포를 분석한 결과 철도공사와 서울시 지하철은 25년 이상의 노후화된 시설물의 비중이 높은 반면, 철도시설공단과 광역시 지하철의 경우는 15년 미만의 최근 시설물 비중이 높음

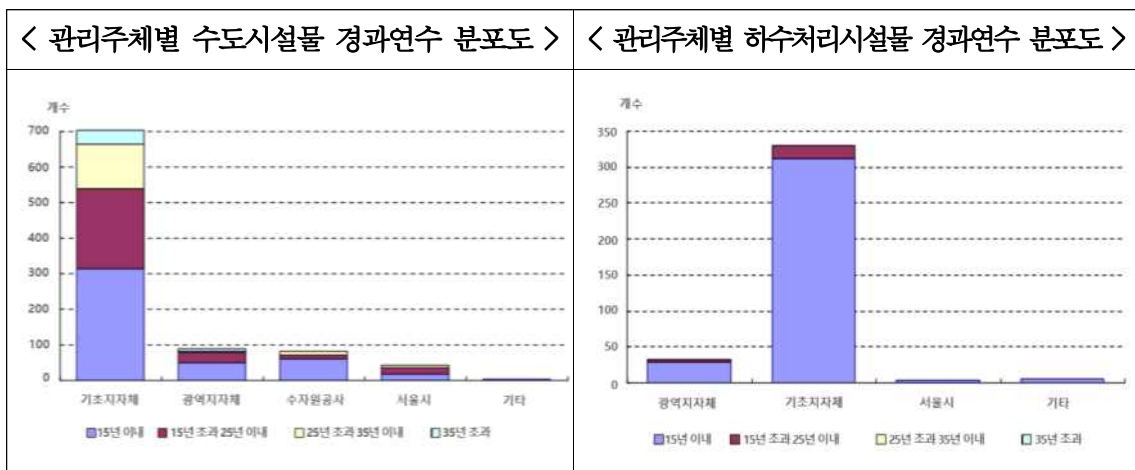
[그림 4-15] 관리주체별 철도 교량 및 터널의 경과연수 분포도



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

- 관리주체별 수도 시설물에 대한 경과연수 분포를 분석한 결과 15년 이내의 신규시설물 비중이 44.9%로 가장 높으며, 다음으로 15~25년 시설물(30.7%)의 비중이 높음
- 공공하수처리 시설물에 대한 경과연수 분포를 분석한 결과 공공하수처리 시설물의 경우 26년 이상 경과한 시설물은 없으며, 15년 이내 시설물이 대부분 (93.9%)인 것으로 나타남

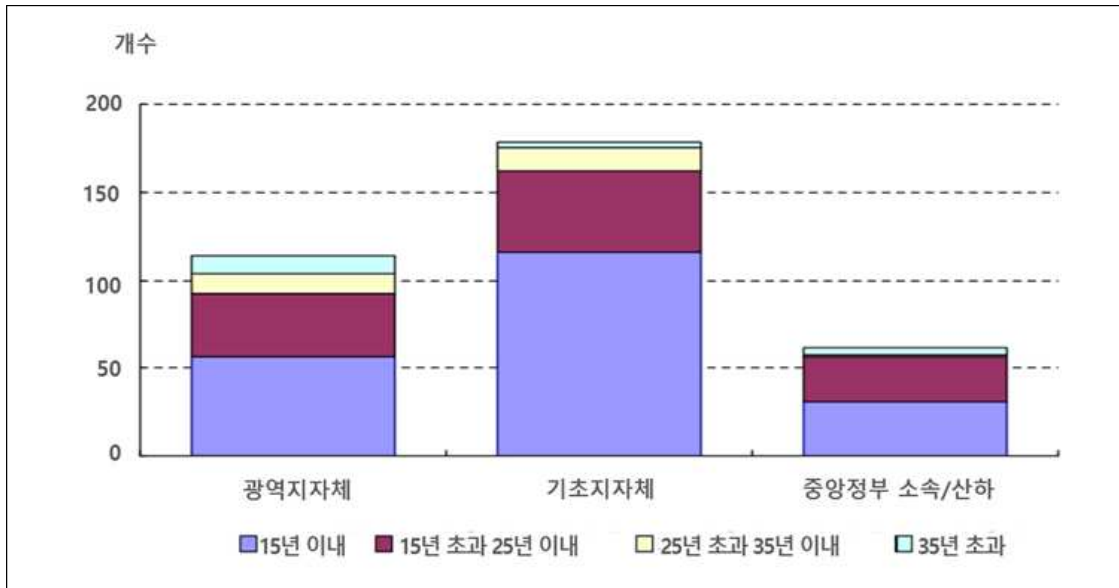
[그림 4-16] 관리주체별 수도 및 하수처리 시설물의 경과연수 분포도



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

- 건축물에 대한 경과연수 분포를 분석한 결과 15년 이내 건축물 비중이 57.3%, 15~25년 건축물이 30.2% 비중을 차지하며, 대부분의 건축물이 경과연수가 25년 이내로 나타남

**[그림 4-17] 관리주체별 건축물의 경과연수 분포도**



자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

## 2. 기반시설물 안전 및 유지관리 시장

- 국가 주요사업의 분야별 중장기 재정소요분석<sup>18)</sup>에 따르면, 국가 SOC 분야 중장기 재정소요 및 예산 규모는 2009년에서 2018년까지 약 90조 1,100억원에 달할 것으로 예상
  - 2015년 총 지출 예산 375.4조원 중 사회기반시설 분야 예산은 24.8조원 (15.14%)으로 배분되었으나, 2016년에는 1.5조원(6%) 감소
  - 전체 약 94%가 도로, 철도 등 교통 및 물류분야에 치중되어 있으며, 수자원 및 산업단지 등의 지역개발분야의 경우 약 6% 정도로 추정
  - 사회기반시설 분야 노후 기반시설의 유지·보수 비용은 법률의 근거에 따라 국고지원이 이루어지고 있으며, 노후 기반시설의 유지·보수를 위해서는 장기 간·대규모 예산지원이 필요하기 때문에 개별 법령에 별도의 법적 근거 필요

18) 국회예산정책처, 2010 회계연도 결산 부처별 분석, 2011

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 철도·댐·산업단지 등 기반시설의 경우, 개별 법령에 기반시설 유지·보수를 위한 예산지원의 근거가 명확히 규정되어 있으나, 노후 수도관의 경우에는 법적 근거가 없음

[표 4-22] 분야별 자원 배분

(단위: 조원, %)

구분		2015년 예산(A)	2016예산안(B)	증감(B-A)	증감비율
총지출	금액	375.4	386.7	11.3	3.0
	비중	100	100		
사회기반시설	금액	24.8	23.3	△1.5	△6.0
	비중	15.14	16.60		

자료: 기획재정부, 「창년희망, 경제혁신, 민생안정」을 위한 2016년 예산안 편성 및 2015-2019년 국가재정운용계획 수립, 2015

[표 4-23] 사회기반시설 분야별 노후시설 유지·보수 지원 금액

(단위: 백만원)

구분		유형	2015년 예산	2016예산안	법적 근거
교통 및 물류	도로	고속도로	-	-	없음
		국도	113,542	116,948	도로법
	철도	일반철도	238,869	250,392	철도산업발전기본법
국도 및 지역개발	수자원	다목적댐	33,336	36,133	댐건설법
		공업용수도	15,400	3,200	없음
		광역상수도	8,700	12,970	없음

주) 국도 및 지역개발 분야에는 수자원과 산업단지로 구분되나, 본 분석에는 소유주가 국가로 되어 있는 분야만 포함하였기 때문에 산업단지 부문은 제외

자료: 국회예산정책처, 2016년도 예산안 부처별 분석, 2015

□ 국가 기반시설물 안전 및 유지관리의 시장동향을 살펴본 결과, 안전점검 및 정밀안전진단 시장규모 정체 현상을 보임

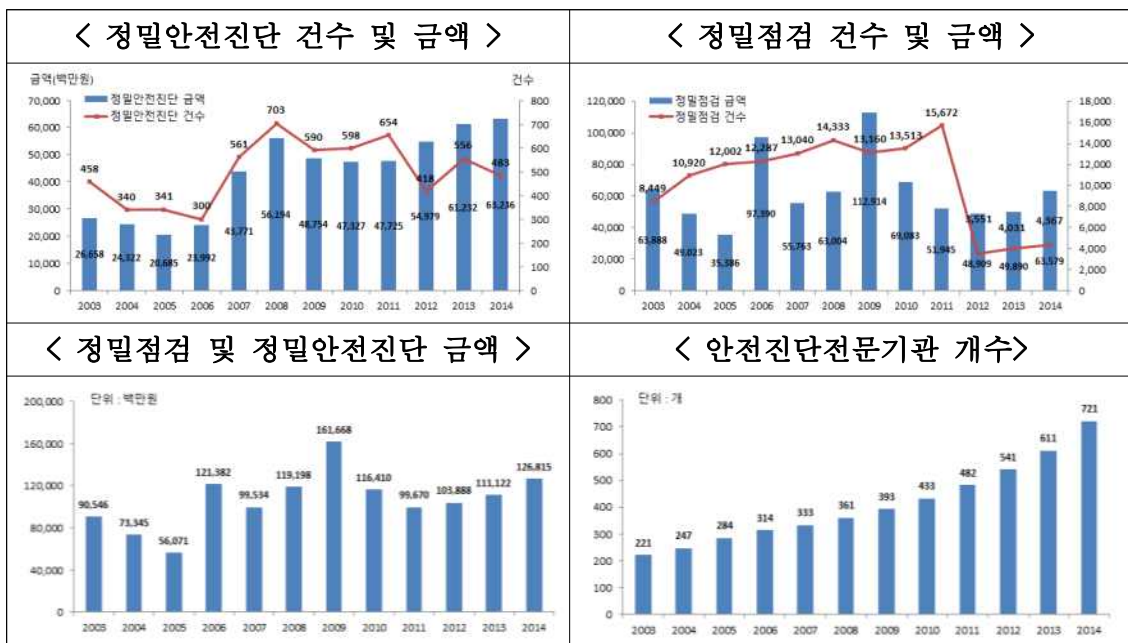
○ 최근 10년간 시장규모가 1,000억원 대에 머물고 있는 보합 추세 지속, 안전진단시장은 양적으로 미미하게 증가하고 있으나 더 이상 성장하지 않는 정체 상황 진입

- 시장규모는 ('09년) 1,616억원 → ('10년) 1,164억원 → ('11년) 996억원 → ('12년) 1,038억원 → ('13년) 1,111억원 → ('14년) 1,268억원으로 변화

□ 안전진단 시장규모는 크게 성장하지 않고 있으나, 안전진단전문기관은 지속 증가 추세

- 안전진단시장이 정체 상황임에도 불구하고, 안전진단전문기관은 매년 과다 현상을 보임
  - 안전진단전문기관은 ('08년) 387개 → ('09년) 393개 → ('10년) 433개 → ('11년) 482개 → ('12년) 541개 → ('13년) 611개 → ('14년) 721개로 매년 증가
- 특정 안전진단전문기관으로 용역실적이 편중되고 있는 상황
  - 안전진단전문기관이 증가하는 것은 노후화된 시설물이 증가함에 따라 예방 차원의 정밀 안전진단이 증가하는 것으로 해석할 수 있으나, 2012년도 기준 안전진단전문기관 중 130개사는 수주실적이 없고, 상위 22개사가 전체의 50% 이상 수주

[그림 4-18] 시설물 안전점검 및 정밀안전진단 시장 현황



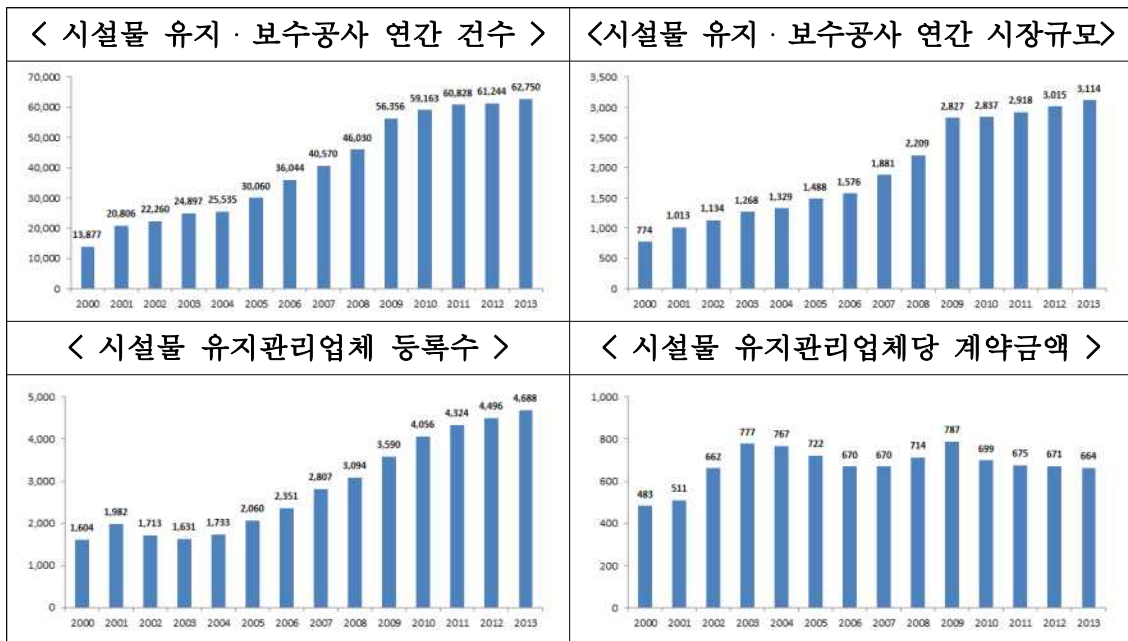
주) 등록취소, 말소, 영업정지, 휴업 상태인 안전진단전문기관은 제외하고 정상적으로 영업을 하고 있는 기관만을 포함한 후, 기관 등록일자를 기준으로 연도별 안전진단전문기관 현황 정리  
따라서 2012년 기준으로 작성된 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2013~2017년) 보고서 상의 안전진단전문기관 수치와 상이할 수 있음

자료: 시설물정보관리종합시스템 홈페이지, 용역수주실적자료, 2015; 대한건설협회 홈페이지, 안전진단전문기관 등록현황, 2015

□ 시설물 유지관리시장의 양적 성장에 비해 질적 성장을 위한 노력은 미흡한 상태

- 시설물 유지관리 시장의 규모와 업체는 지속적으로 증가하고 있으나, 과학적 유지관리 기법\*의 적용 등 질적 성장을 위한 노력은 미흡
  - 시장규모는 (' 01) 1.0조원 → (' 04) 1.3조원 → (' 07) 1.8조원 → (10) 2.8조원 → (' 13) 3.1조원으로 양적 변화를 나타내고 있음
  - 업체 수 또한 (' 01) 1,982개 → (' 04) 1,733개 → (' 07) 2,807개 → (' 10) 4,056개 → (' 13) 4,688개로 지속 증가
  - 유지관리 기법으로 선진국의 유지보수 관리를 위한 자산관리(Asset Management) 기법 도입, BIM(Building Information Modelling) 기술 개발 등 유지관리 기법의 고도화를 위한 기술 역량은 취약

[그림 4-19] 시설물 유지관리 시장 현황



자료: 대한시설물유지관리협회, 시설물유지관리업조사, 2015

3. 건설 및 유지보수 산업의 기술 융합 시장

□ 정보통신 기술은 네트워크화, 지능화, 내재화의 특성을 통해 기술 및 산업간 융합화를 촉진하는 역할 수행

- 건설 산업과 IT기술과의 융합을 통해 산업을 고도화, 지능화함으로써 고부가가치 첨단산업으로 진화할 것으로 예측

○ 2015년을 기준으로 국내의 건설+IT 기술 융합 분야는 약 59.5천억원 규모로 예상

**[표 4-24] 국내 IT융합시장 규모**

(단위: 천억원)

구분	자동차 + IT	건설 + IT	기계 + IT	에너지 + IT	국방 + IT
2010년	18.0	34.0	91.0	105.0	52.0
CAGR('10~'12)	26.9	11.8	14.8	5.1	20.9
2012년	29.0	42.5	12.0	116.0	76.0
CAGR('12~'15)	11.3	11.9	15.1	5.2	30.3
2015년	40.0	59.5	183.0	135.0	168.0

자료: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, SOC시설물 성능평가기술 개발 기획 최종보고서, 2014

□ **센싱, 모니터링 분야는 타 산업분야와의 연계성이 매우 높으며 건설 및 유지보수 산업과의 기술 융합이 가능한 분야이나 국내 시장은 역량이 취약한 상태**

- 세계 센서시장이 센서 사용 급증과 첨단화 추세에 있으나, 국내는 기술력 부족과 신뢰성을 위한 인프라 부족 등으로 센서 국제경쟁력이 매우 취약한 수준
- 현재 센서 산업은 기술진입 장벽이 높아, 선진국과 일부 기업이 과점 형태로 산업 경쟁력을 확보한 상태
  - 현재 미국, 유럽, 일본 기업이 세계 센서 시장의 70%를 점유한 상태
  - 수요가 증가하는 첨단 센서의 경우 국내 시장은 거의 100%를 수입하는 상황

□ **국내 첨단 센서의 수요는 있으나, 센서 관련 기술의 부족으로 인해 제품 개발에 한계**

- 수요가 있는 국내 기업은 국내제품의 신뢰성, 첨단 센서의 성능 문제 등으로 인해 해외기업으로부터 센서를 수입하여 주로 조달
  - 2014년도 국내 센서시장 규모는 48억 달러로 매년 10% 이상씩 성장하고 있지만 국내 업체 생산액은 11억5천만 달러로 세계 시장점유율이 1.6%에 불과

- 첨단 센서에 대한 기반기술의 부족 등으로 혁신제품 개발에 한계
  - 우리나라의 경우 센서 핵심기술 수준이 선진국 대비 매우 낮은 수준(65% 정도)
- 국내 지능형센서 산업\*의 경우 선진업체와의 기술격차와 가격경쟁력 차이로 인하여 아직은 시제품 개발 수준으로, 상용화된 MEMS 센서 등을 대부분 해외에서 수입하여 센서 모듈을 제작
  - \* 특히 지능형센서 산업의 경우 미래성장산업으로써 사용 분야가 광범위한 고부가가치 복합지식산업으로 간주

**【표 4-25】 국내 센서 산업 시장규모 현황 및 전망**

(단위: 억 달러)

구분	2012	2013	2014	2020	CAGR
국내 내수시장	54	60	65.7	99	10.4%
국내 생산액	13.3	15.3	17.7	42	15.5%
수출액	7.6	8.6	9.8	21	13.5%
수입액	48.3	53.3	57.8	78	8.2%
세계시장에서 국내생산 비중(%)	1.9%	2.1%	2.2%	3.4%	-
국내기업의 내수시장 점유율(%)	10.5%	11.2%	12.0%	21.2%	-

주) 향후 센서 산업 시장규모 예측값은 「지식경제부(2012) “센서산업 발전전략” 보도자료」를 기반으로 ETRI 산업전략연구부에서 추정된 내용을 활용

자료: 한국전자통신연구원, 센서산업과 주요 유망센서 시장 및 기술동향, 2015

□ 공공데이터 개방에 대한 요구는 증가하고 있으나, 선진국에 비해 체계적인 정보 공개 시스템을 갖추지 못한 상태

- 국내 공공부문 빅데이터 활용으로 행정효율성 제고, 세수증대 등을 통해 최대 4조2천억 원(GDP의 0.4%)의 부가가치 창출 전망 (안전행정부 2014)
  - 과학기술정책연구원 보고서 (2014)에 따르면 현재 한국에서 공공데이터의 경제적 가치는 생산유발 24조원, 2013~2017년 5년간 약 43만 6천개의 1인 창조기업에 의한 일자리 창출효과가 나타날 것으로 추정
  - 기상청 기상기술정책 보고서에 따르면 기상기후데이터 구축을 통한 활용의 가치는 연간 3조 5000억 원에서 6조 5000억 원에 이를 것이라 추정되며, 세계기상기구보고서(WTO)에서는 기상에 대한 투자는 투자액 10배 이상의 효과가 있다고 역설

- 한국정보화진흥원에 따르면 공공데이터 민간개방을 통한 경제적 효과로는 23.9조의 생산유발효과와 10.7조의 부가가치 유발 효과가 발생하며 14.7만 명의 고용이 창출될 것으로 예상
  
- 특히 재난예방 및 시설물 유지관리를 위해서는 풍부한 지역기반 데이터베이스가 필수적이나 국내 데이터의 분산 및 고립으로 인한 재난 대응 기술/산업 발전에 한계



## 제5장 도시 지진재난 관련 R&D 분석



- 1절 국가 연구개발과제 분석
- 2절 기술수준분석
- 3절 R&D 역량분석
- 4절 특허 분석



## 제5장 도시 지진재난 관련 R&D 분석

### 1절 국가 연구개발과제 분석

#### 1. 도시 지진재난 관련 국가 연구개발 과제 분석

□ 최근 7년 간 지진 관련 전체 과제 591건 중, 도시 지진재난 관련 연구\* 36건(전체 대비 약 6%)을 수행

\* 도시 지진재난 관련 연구 조사 방법

○ 조사 대상: 2008년에서 2014년까지 수행된 지진 관련 연구개발 전체 과제 중 도시 지진재난 관련 과제

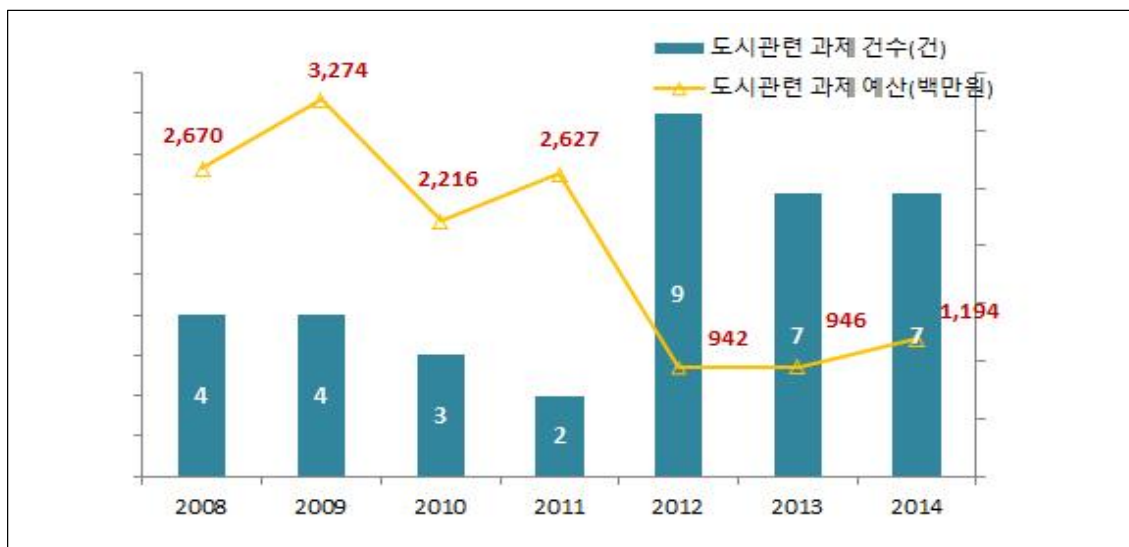
○ 조사 방법: 지진 관련 국가 연구개발 전체 과제 중 Keyword 검색을 통한 과제 도출

- Keyword: 도시, (지진)위험도, (지진)관리, 정량화, 시설물, 사회경제, 네트워크, 시스템 등

○ 지진 관련 전체 국가 연구개발 과제 예산 약 1,252억원 중, 도시 지진재난 관련 과제에 138억원(전체 대비 약 11%) 예산 투자

□ 도시 지진재난 관련 국가 연구개발 과제 수행 건수는 2012년을 기점으로 급격하게 증가하였으나, 정부 연구비 투자는 오히려 감소

〔그림 5-1〕 연도별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 건수 및 예산 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

□ 2012년을 기점으로 과제당 연구비 투자 규모는 하락세이나, 지진 발생 증가에 따라 관련 과제 수행도 2012년을 기점으로 확대

○ 과제 1건 당 정부 연구비는 약 564백만원으로, 2008년부터 2011년까지 약 885백만원에서 2012년부터는 약 137백만원으로 감소

○ 국내 지진 발생 횟수는 지속 증가 추세이다가, 인접 국가인 일본에서 발생한 지진 여파로 국내 지진 발생 횟수 증가

□ 도시 지진재난 관련 연평균 과제 건수는 약 5건이며, 연평균 정부 연구비는 약 1,981백만원으로 나타남

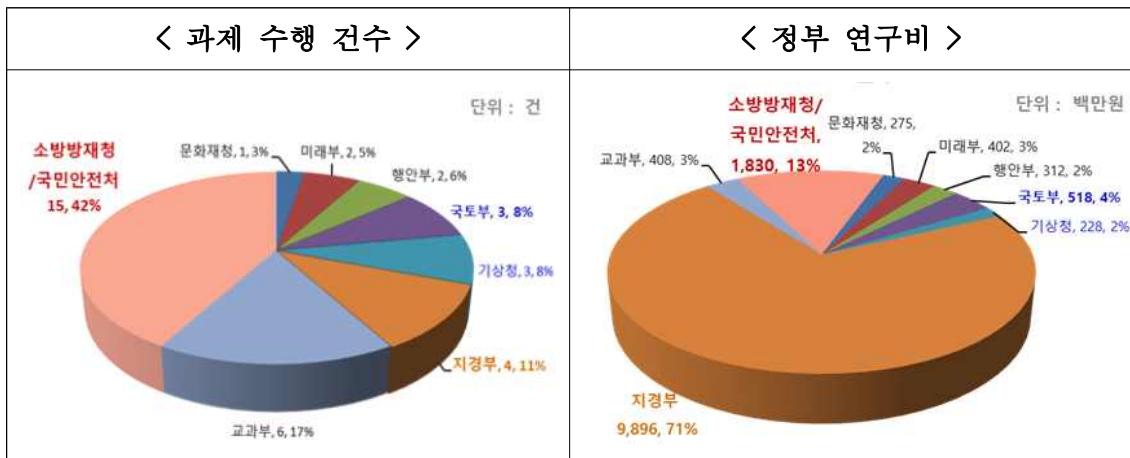
[표 5-1] 국내 지진발생에 따른 도시 지진재난 과제 현황

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계
과제 건수(건)	4	4	3	2	9	7	7	36
정부 연구비 (백만원)	2,670	3,274	2,216	2,627	942	946	1,194	13,869
과제 건당 연구비 (백만원)	668	819	739	1,314	105	135	171	3,949
국내 지진 발생 총횟수	46	60	42	52	56	93	49	398
주요 사건 (2008년 이후)	쓰촨성 대지진		아이티 지진	동일본 대지진				
분석 결과	- 도시 지진재난 관련 연평균 과제 건수는 약 5건, 연평균 정부 연구비는 약 1,981백만원 - 국내 지진 발생 횟수는 지속 증가 추세이다가, 인접 정부인 일본에서 발생한 지진 여파로 국내 지진 발생 횟수 증가 - 과제 1건 당 정부 연구비: 약 564백만원(' 11년까지 약 885백만원 → ' 12년부터 약 137백만원) - 국내 지진 횟수 및 관련 과제수는 증가하였으나, 도시 지진재난 관련 정부 연구비는 감소							

자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- 연구개발 수행 부처인 지식경제부와 국민안전처(소방방재청 포함)이 도시지진 관련 연구개발 과제를 다수 추진
- 국민안전처는 과제 수행 대비 상대적으로 투자 예산이 적은데 비해, 지식경제부는 과제 수에 비해 예산 투자 비중이 높음
  - 국민안전처 과제당 연구비는 1.22억원이고, 지식경제부 과제당 연구비는 24.74억원으로 나타남
  - 지진방재종합대책 주관부처인 국토교통부(3건 5.18억원) 및 지진 예보 주관기관인 기상청(3건 2.28억원)은 도시 지진 관련 연구개발 수행도 적은 편이며 상대적으로 예산 투자 저조

[그림 5-2] 부처별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 건수 및 예산 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- 국민안전처는 전반적으로 도시 지진 관련 과제를 다수 수행
  - 2008년부터 2014년까지 총 15건을 수행하였으며, 이는 전체 과제 수행 건수 대비 42%의 비중을 차지
- 2008~2011년 기간 중 지식경제부(9,896백만원, 71%)가 가장 많은 연구비를 투자
  - 지식경제부가 과제 수 대비 연구비 투자 비중이 높은 것은 동아시아 지역 지진관측 및 지진위험도 예측 기술 분야의 ‘지질자원연구 활동(한국지질자원연구원 수행)’을 위한 많은 예산 지원에 기인하는 것으로 판단됨

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 국토교통부는 지진방재종합대책 부처임에도 불구하고, 타 부처 대비 연구비 투자가 상대적으로 저조

〔표 5-2〕 부처별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 건수 및 연구비 현황

부처명	연도별 과제 건수(건)								연도별 정부 연구비(백만원)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계
교육과학기술부	2	3			1			6 (17%)	66	141			201			408 (3%)
국토교통부					1	1	1	3 (8%)					180	145	193	744 (4%)
기상청			1		2			3 (8%)			39		189			228 (2%)
문화재청			1					1 (3%)			275					275 (2%)
미래창조과학부						1	1	2 (5%)						201	201	402 (3%)
국민안전처 (소방 방재청)	1				4	5	5	15 (42%)	180				250	600	800	1,830 (13%)
지식경제부	1	1	1	1				4 (11%)	2,424	3,133	1,902	2,437				9,896 (71%)
행정안전부				1	1			2 (6%)				190	122			312 (2%)
총합계	4	4	3	2	9	7	7	96	2,670	3,274	2,216	2,627	942	946	1,194	13,869

자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

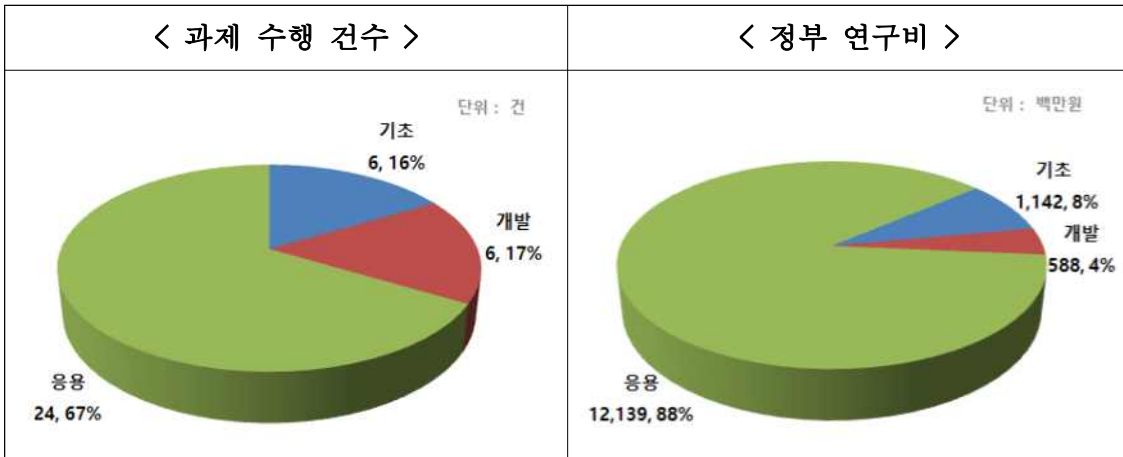
□ 연구개발 단계상 기술개발 중간 단계인 ‘응용연구’ 단계의 과제가 다수 추진

- ‘지진강도분석’ 과 ‘공학적 위험요소 분석’ 등의 연구에 치중되어 있어, 실제적으로 재난에 대응할 수 있는 개발 과제에 대한 투자는 미비한 실정

□ 과제당 연구비 투자 또한 ‘응용연구’ (과제당 연구비 5.05억원) 분야가 높으며, ‘개발연구’ (과제당 연구비 0.98억원) 분야 투자는 상대적으로 미흡

○ ‘기초연구’ 분야는 과제당 연구비 1.90억원으로 나타남

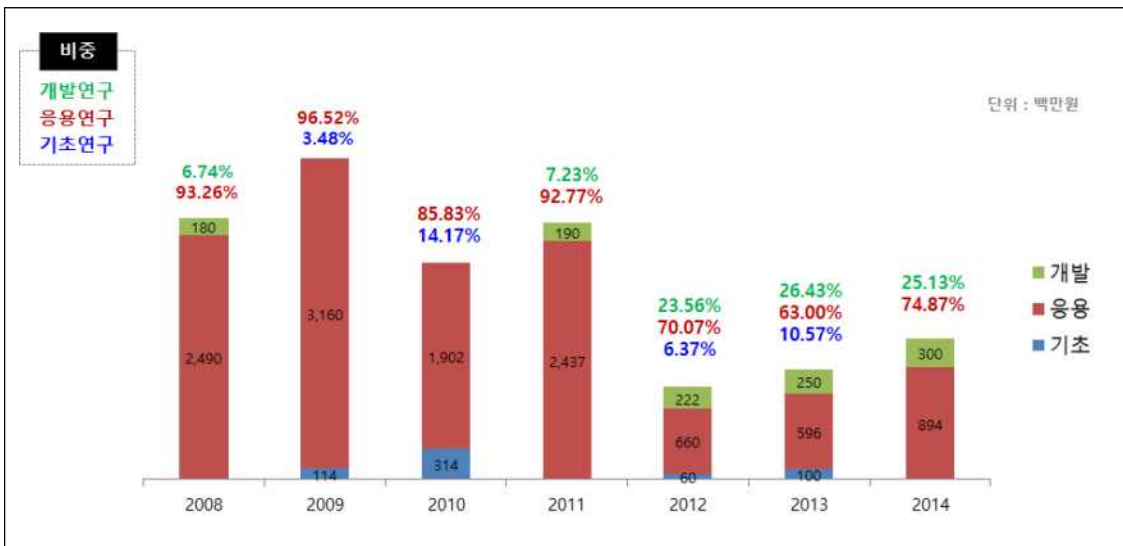
[그림 5-3] 연구개발단계별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

□ 도시지진 관련 정부 연구개발 투자의 연도별 추세를 연구개발 단계별로 분석하면, ‘응용연구’ 분야는 70~97%로 지속적으로 높은 비중을 유지하고 있으며 ‘개발연구’ 분야의 비중은 2012년 기점 약 25% 수준으로 증가

[그림 5-4] 연구개발단계별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 변화 추이

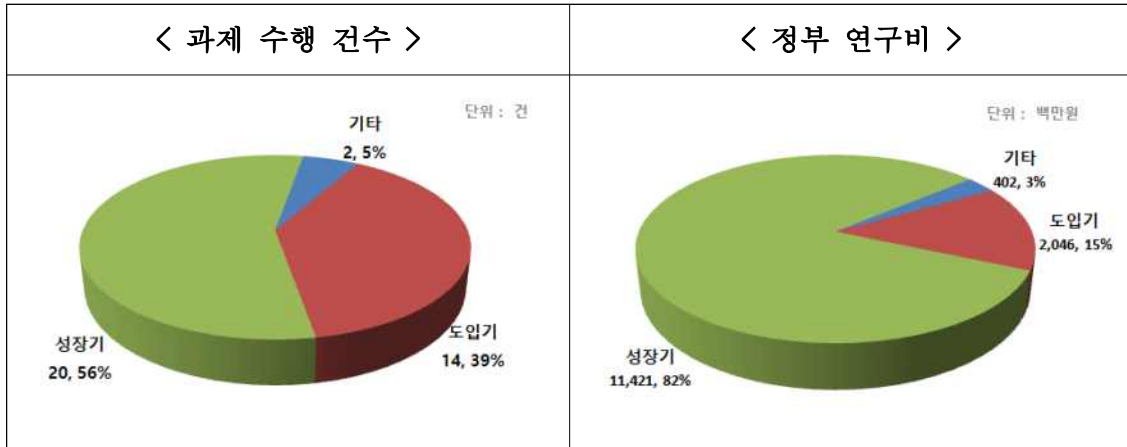


자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 기술수명주기 중 ‘성장기’와 ‘도입기’에 해당하는 과제의 비중이 높음
- ‘성장기’ 과제의 정부 연구비는 전체 대비 82%로 가장 높은 비중을 보임

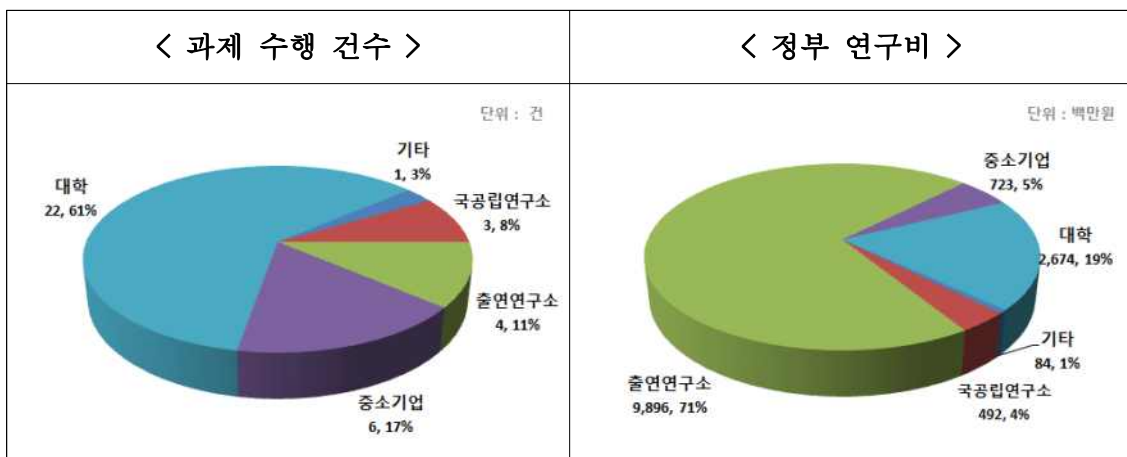
〔그림 5-5〕 기술수명주기별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- 연구수행주체 중 대학을 중심으로 대부분의 연구 수행
  - 연구수행 건수는 대학, 연구비는 출연연의 비중이 가장 높음
  - 국립/출연연구소는 수행하는 과제에 비해 연구비 비중이 높고, 대학은 과제 수에 비해 정부 연구비 비중이 낮음
    - 연구소 과제당 연구비는 14.84억원, 대학은 1.22억원, 산업체는 1.21억원으로 나타남

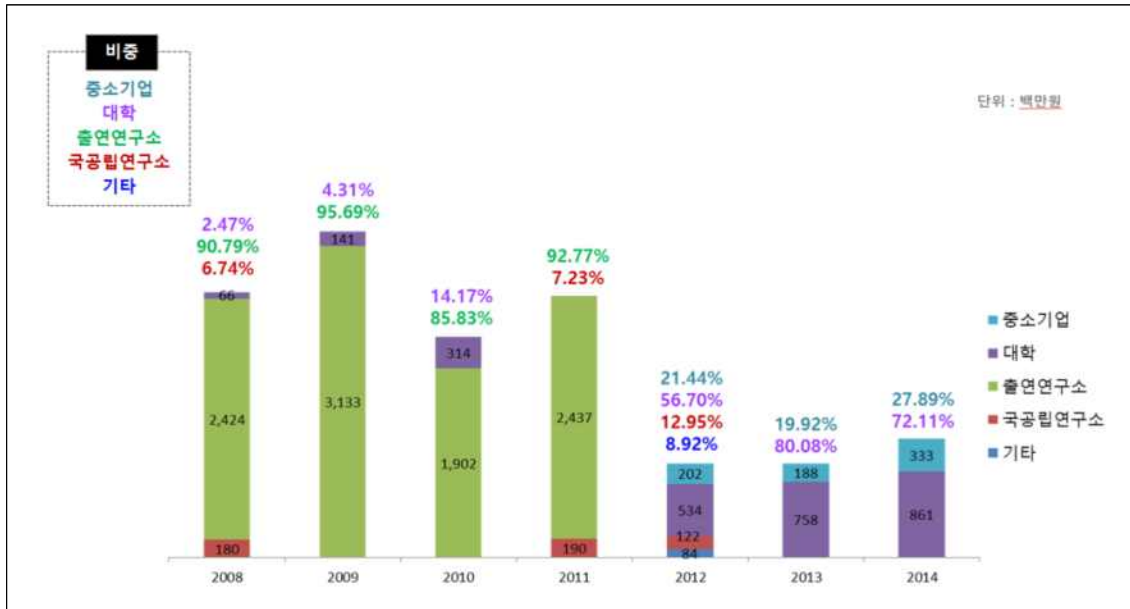
〔그림 5-6〕 연구수행주체별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- 2008~2011년 기간 중 도시지진 관련 정부 연구개발 투자 비중은 출연연이 가장 높고, 2012년 이후부터 산업체와 대학의 비중 증가

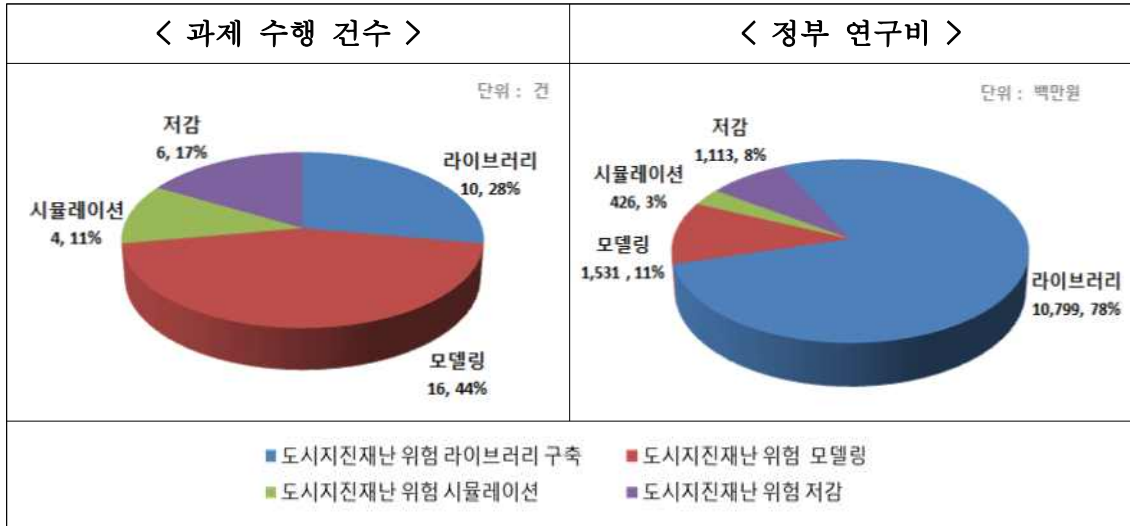
[그림 5-7] 연구수행주체별 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 추이



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- 기술분류체계로 연구수행 건수를 분석해 보면, 대분류 상에서 ‘도시지진재난 위험 모델링’ 연구 분야가 가장 높은 비중을 차지하며, 다음으로 ‘도시지진 재난 위험 라이브러리 구축’ 순임
- 정부 연구비는 ‘도시지진재난 위험 라이브러리 구축’ 연구 분야가 가장 높은 비중 차지

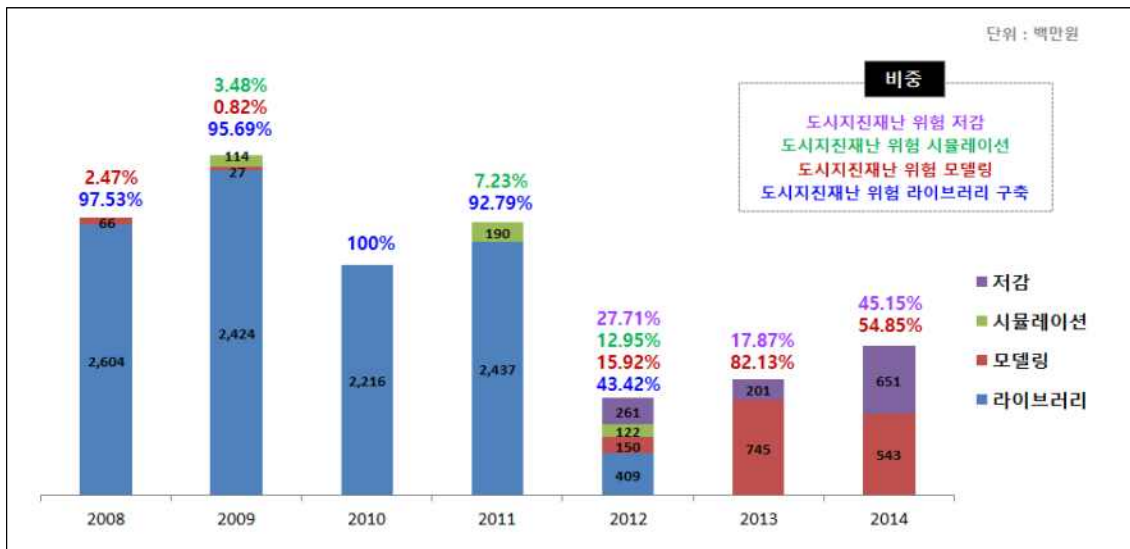
[그림 5-8] 기술분류체계(대분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

- ‘도시지진재난 위험 라이브러리 구축’에 대한 투자 비중이 지속적으로 높다가, 2012년을 기점으로 ‘라이브러리’ 분야 투자 비중이 감소하고 ‘도시지진재난 위험 모델링’ 분야 투자가 증가

[그림 5-9] 기술분류체계(대분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 투자 비중 추이



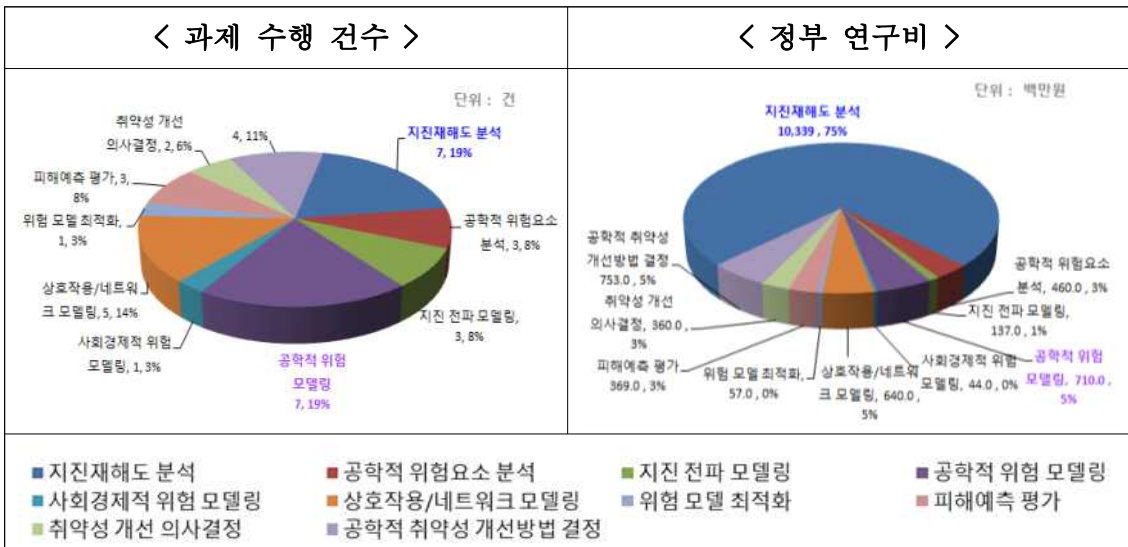
자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

□ 기술분류체계 중분류 기준, ‘1.1 지진 재해도 분석’, ‘2.2 공학적 위험 모델링’ 연구 분야가 가장 높은 비중 차지

○ 물리적/공학적 위험도 분야 연구는 수행되고 있으나, 사회경제적 위험도 분야의 연구 비중은 낮음

□ □ ‘1.1 지진 재해도 분석’ 연구 분야는 다른 분야 대비 연구비 투자 비중이 높는데 비해, ‘2.2 공학적 위험 모델링’ 연구 분야는 과제 건수 대비 연구비 투자 비중이 낮음

[그림 5-10] 기술분류체계(중분류) 기준 도시지진재난 관련 국가 연구개발 수행 현황



자료: NTIS, 도시 지진 R&D 과제 검색·가공

## 2절 기술 수준 분석

### 1. 국가전략기술 기술수준 기준

- 우리나라 지진재난(재난·재해·안전) 분야의 전반적인 기술수준(73.0%)은 타 분야에 비해 상대적으로 낮음
  - 지진재난(재난·재해·안전) 분야의 기술 수준(4위)을 보면 최고국인 미국과의 격차(27%)가 가장 큰 것으로 나타남
  - 국내에서는 중국(5위)과의 격차(7.2%)보다 EU(3위)와의 격차(19.4%)가 더 크게 나타남
- 재난·재해·안전 분야 7개\* 국가전략기술의 국내기술수준은 66.4%~ 77.7%에 분포
  - \* 재난·재해·안전 분야 8개 국가전략기술 중 ‘범죄·테러 대응시스템기술’ 제외
  - 국내 ‘재난 정보통신 체계기술’ (77.7%), ‘기상기후 조절기술’ (75.7%) 등의 기술수준은 여타 전략기술보다 기술수준이 상대적으로 높음
    - 그러나 국내와 다른 주요국 간의 기술수준을 비교했을 때, 국내의 ‘기상기후 조절기술’의 기술수준은 주요 5개국 중 5위로 가장 낮은 수준의 기술력을 보유하고 있는 것으로 나타남
  - 우리나라와 EU(3위)의 ‘국자연재해 모니터링·예측·대응기술’ 기술수준은 약 20% 정도 차이

- ‘사회적 복합재난 예측·대응기술’ (66.4%), ‘재난구조 로봇기술’ (69.6%)은 기술수준이 상대적으로 낮음

**〔표 5-3〕 지진재난(재난·재해·안전) 분야 주요국별 기술수준(%)**

전략기술	한국		중국		일본		EU		미국	
	기술 수준	순위	기술 수준	순위	기술 수준	순위	기술 수준	순위	기술 수준	순위
1 지진재난 분야 (재난·재해·안전)	73.0	4	65.8	5	94.3	2	92.4	3	100.0	1
2 자연재해모니터링 ·예측·대응기술	74.6	4	65.8	5	96.6	2	93.1	3	100.0	1
3 기상기후 조절기술	75.7	5	85.6	4	94.5	2	90.7	3	100.0	1
4 재난구조 로봇기술	69.6	4	59.3	5	95.1	2	91.8	3	100.0	1
5 재난 정보통신 체계기술	77.7	4	56.9	5	95.0	2	93.0	3	100.0	1
6 사회적 복합재난 예측·대응기술	66.4	4	56.1	6	96.1	2	93.5	3	100.0	1
7 기반시설 기능유지 및 복구·복원기술	74.1	4	63.2	5	94.8	2	91.6	3	100.0	1
8 재난현장 소방·구조 장비 개발기술	72.7	4	66.2	5	95.4	2	95.1	3	100.0	1

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

- 국내 국가전략기술 전체의 기초연구 기술수준<sup>19)</sup>은 77.6%이고, 응용·개발연구는 79.2% 수준

- 지진재난(재난·재해·안전) 분야의 기초연구 수준은 타 분야에 비해 상대적으로 낮고(72.0%), 응용·개발연구 수준도 다른 분야에 비해 낮은 수준(73.9%)
- 대부분의 분야가 기초연구 수준 대비 응용·개발연구 수준이 더 높음

19) 재난·재해·안전분야 국가전략기술들의 기술수준을 종합, 해당 분야 기준 최고기술국(100.0%) 대비 각국의 상대적 기술수준 계산

□ 재난·재해·안전 분야 국가전략기술의 우리나라 기초연구 수준은 63.9%~77.3%, 응용·개발연구 수준은 68.9%~78.0%에 분포

- 기초연구 수준이 상대적으로 높은 기술은 ‘재난 정보통신 체계기술’ (77.3%), ‘기상기후 조절기술’ (75.0%)이고, ‘사회적 복합재난 예측·대응기술’ (63.9%), ‘재난 구조 로봇기술’ (68.6%)은 상대적으로 낮은 기술수준 보유
- 응용·개발연구 수준이 상대적으로 높은 기술은 ‘재난 정보통신 체계기술’ (78.0%), ‘기상기후 조절기술’ (76.4%)이고, 낮은 기술은 ‘사회적 복합재난 예측·대응기술’ (68.9%), ‘재난구조 로봇기술’ (70.6%)로 나타남
- ‘자연재해 모니터링·예측·대응기술’ 등 7개 분야는 응용·개발 연구 수준이 기초연구 수준보다 높음

〔표 5-4〕 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 우리나라 기술수준

분야	기초연구 <sup>20)</sup>		응용·개발연구 <sup>21)</sup>		기초 / 응용·개발연구 수준 차(%p)
	기술수준 그룹 <sup>22)</sup>	기술 수준	기술수준 그룹	기술 수준	
국가전략기술 전체	추격	77.6	추격	79.2	1.6
지진재난 분야 (재난·재해·안전)	추격	72.0	추격	73.9	1.9
자연재해 모니터링 ·예측·대응기술	추격	74.3	추격	74.9	0.6
기상기후 조절기술	추격	75.0	추격	76.4	1.4
재난구조 로봇기술	추격	68.6	추격	70.6	2.0
재난 정보통신 체계기술	추격	77.3	추격	78.0	0.7
사회적 복합재난 예측·대응기술	추격	63.9	추격	68.9	5.0
기반시설 기능유지 및 복구·복원기술	추격	72.2	추격	76.0	3.8
재난현장 소방·구조 장비 개발기술	추격	71.3	추격	74.0	2.7

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

20) 특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 않고, 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위하여

□ 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 기술수준은 최고기술국인 미국 대비 73.0%(추격그룹)로 주요 5개국 중 4위에 해당

○ 최고기술국인 미국(100.0%) 대비 주요국 기술수준은 일본(94.3%) > EU (92.4%) > 우리나라(73.0%) > 중국(65.8%) 순

※ 일본과 EU는 선도그룹, 중국은 추격그룹

○ 미국은 기초연구와 응용·개발연구 모두 최고 수준이며, 국내 기초연구 수준은 72.0%, 응용·개발연구 수준은 73.9%로 응용·개발연구의 수준이 1.9%p 높음(10대 분야 평균 1.6%p)

【표 5-5】 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 주요국별 기술수준(%)

국가	기초연구		응용·개발연구		기술수준 <sup>23)</sup>	
	기술수준 그룹	기술수준	기술수준 그룹	기술수준	기술수준 그룹	기술수준
한국	추격	72.0	추격	73.9	추격	73.0
중국	추격	64.5	추격	67.2	추격	65.8
일본	선도	93.7	선도	94.8	선도	94.3
EU	선도	92.1	선도	92.5	선도	92.4
미국	최고	100.0	최고	100.0	최고	100.0

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

최초로 행해지는 이론적 또는 실험적 연구

21) 기초연구의 결과 얻어진 지식을 이용하여, ① 주로 실용적인 목적과 목표 하에 새로운 과학적 지식을 획득하거나, ② 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, ③ 이미 생산 또는 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위한 체계적 연구

22) 최고(100%): 세계 최고 수준, 선도그룹(80% 초과 ~ 100% 미만): 기술 분야를 선도하는 수준, 추격그룹(60% 초과 ~ 80% 이하): 선진기술의 모방개량이 가능한 수준, 후발그룹(40% 초과 ~ 60% 이하): 선진기술의 도입적용이 가능한 수준, 낙후그룹(40% 이하): 연구개발 능력이 취약한 수준

23) 기초연구 수준과 응용·개발연구 수준을 평균한 값을 최고국 100%로 재보정

□ 지진재난(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술의 對최고기술 보유국인 미국과 우리나라의 기술격차<sup>24)</sup>는 6.0년 정도 차이

○ 우리나라와 주요국 간 기술격차는 對미국 6.0년, 對EU 3.8년, 對일본 4.2년이 고, 對중국은 -1.6년

- 일본, EU와 각각 4.2년, 3.8년 정도 기술수준이 뒤쳐지는 것에 비해, 對중국과의 기술격차<sup>25)</sup>는 우리나라가 약 1.6년 앞선 것으로 나타남

○ 對최고기술보유국 응용·개발연구 기술격차(5.5년)가 기초연구 기술격차(6.4년) 보다 0.9년 작은 것으로 나타남

〔표 5-6〕 지진재난(재난·재해·안전) 분야 연구단계별 기술격차(년)

국가	기초연구		응용·개발연구		기술격차 <sup>26)</sup>	
	對최고 기술국	對한국	對최고 기술국	對한국	對최고 기술국	對한국 <sup>27)</sup>
한국	6.4	0.0	5.5	0.0	6.0	0.0
중국	8.0	1.5	7.1	1.6	7.6	1.6
일본	2.0	-4.4	1.5	-4.0	1.8	-4.2
EU	2.7	-3.7	1.9	-3.6	2.2	-3.8
미국	0.0	-6.4	0.0	-5.5	0.0	-6.0

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

24) 최고기술보유국의 기술수준(14년 현재)에 도달하는데 소요될 것으로 예측되는 시간

25) (우리나라의 對최고기술국 기술격차) - (중국의 對최고기술국 기술격차)

26) 기초연구 기술격차와 응용·개발연구 기술격차를 평균한 후 최고기술국의 기술격차를 0.0년으로 표준화한 값

27) 對한국 기술격차: (주요국의 對최고기술국 기술격차) - (한국의 對최고기술국 기술격차). 주요국의 對한국 기술격차가 (+)이면 주요국이 최고기술국의 현재 수준에 도달하는 시간이 한국보다 길어 기술수준이 한국에 뒤진 것을 의미하고 (-)이면 한국보다 앞서 있는 것을 의미

□ 국내와 최고기술국 간 지진재난(재난·재해·안전) 분야 7개 전략기술격차는 3.9~6.8년에 분포

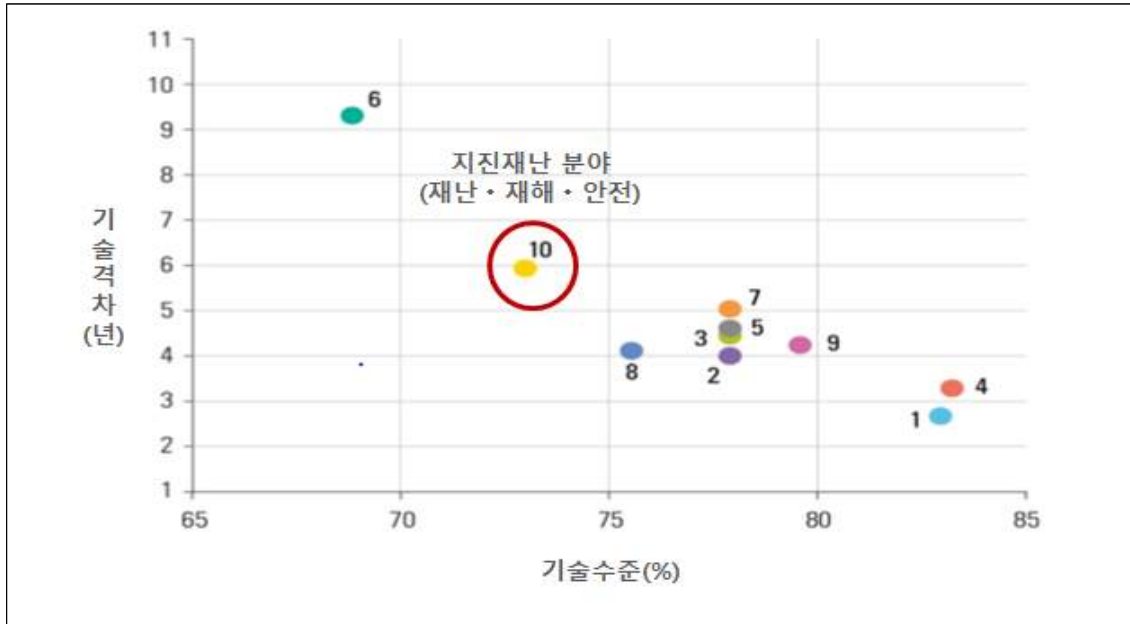
- 對최고기술국 기술격차는 ‘재난 정보통신 체계기술’ (3.9년), ‘재난구조 로봇기술’ (5.4년) 등이 상대적으로 작고, ‘기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술’ (6.8년), ‘사회적 복합재난 예측·대응기술’ (6.5년), 재난현장 소방·구조 장비 개발 기술(6.3년 격차) 등이 상대적으로 큼
  - 다른 전략기술 분야보다 기술격차가 상대적으로 작은 ‘재난 정보통신 체계 기술’ 분야는 일본(2.9년), EU(2.5년), 중국(-1.9년)으로 나타남
- 우리나라가 중국보다 상대적으로 크게 앞서고 있는 기술은 ‘자연재해 모니터링·예측·대응기술’ 과 ‘재난구조 로봇기술’ 로 우리나라가 3.0년 앞섬
  - ‘기상기후 조절 기술’ 의 경우 중국이 우리나라보다 3.0년 앞서 있음

〔표 5-7〕 지진재난 분야(재난·재해·안전) 분야 국가전략기술 기술격차(년)

전략기술	對최고국 기술격차(미국)	對중국 기술격차	對일본 기술격차	對EU 기술격차
지진재난 분야 (재난·재해·안전)	6.0	-1.6	4.2	3.8
자연재해 모니터링 ·예측·대응기술	6.0	-3.0	4.9	3.2
기상기후 조절기술	6.3	3.0	3.8	3.8
재난구조 로봇기술	5.4	-3.0	4.0	3.2
재난 정보통신 체계기술	3.9	-1.9	2.9	2.5
사회적 복합재난 예측·대응기술	6.5	-2.0	5.4	4.4
기반시설 기능유지 및 복구·복원기술	6.8	-2.7	4.7	4.2
재난현장 소방·구조 장비 개발기술	6.3	-1.0	4.8	4.9

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

[그림 5-11] 우리나라 지진재난 분야 국가전략기술의 對최고기술국 기술수준 현황



자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

- 對최고기술국과의 기술격차 발생에 영향을 미치는 요인은 연구인력 > 연구비 > 인프라 > 국내협력 > 법제도 > 국제협력 순으로 조사
- 이는 국내의 경우 지진재난(재난·재해·안전)분야의 전문 연구인력이 부족하며, 연구개발 투자 및 인프라 구축의 활성화가 필요함을 의미

[표 5-8] 우리나라 지진재난분야 전략기술의 對최고기술국 격차 발생 요인(%)

분야	국내(산학연) 협력		국제협력		연구인력		인프라 (시설/장비)		법/제도		연구비	
	기초	응용	기초	응용	기초	응용	기초	응용	기초	응용	기초	응용
국가전략기술 전체	34.7	38.9	20.2	22.2	76.2	70.1	55.8	56.6	36.1	36.0	57.1	56.2
지진재난 (재난·재해·안전)	27.2	34.6	23.9	25.2	81.3	76.0	62.1	60.5	36.8	40.5	56.6	61.4

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

- 전체 국가전략기술을 종합해 볼 때, 최고기술을 보유한 해외 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 기술수준<sup>28)</sup>은 연구계(77.8%), 학계(76.3%), 대기업(75.5%)이 비슷한 수준을 보이거나, 중소기업의 수준이 69.7%로 가장 낮음
- 지진재난(재난·재해·안전)분야에서 우리나라 대기업(70.9%)과 중소기업(69.3%)은 상대적으로 낮은 기술수준을 보유
- 지진재난(재난·재해·안전)분야 연구계·학계의 기술수준은 다른 분야보다 낮음

**〔표 5-9〕 우리나라 지진재난분야 전략기술의 연구주체별 기술수준(%)**

분야	대기업		중소기업		연구계		학계	
	수준 그룹	기술 수준	수준 그룹	기술 수준	수준 그룹	기술 수준	수준 그룹	기술 수준
지진재난 (재난·재해·안전)	추격	70.9	추격	69.3	추격	74.8	추격	72.1
국가전략기술 전체	추격	75.5	69.7	추격	추격	77.8	추격	76.3

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

- 융·복합 IT 기술을 활용하여 선도적인 지진재난(재난·재해·안전) 분야 전략 기술 개발 추진 가능
- 지진재난(재난·재해·안전) 분야의 재난 정보통신 체계기술, 자연재해 모니터링·예측·대응기술, 구조 로봇기술 등 다양한 전략기술 개발 시 전자·정보·통신 기술을 활용할 경우 시너지 효과 창출 가능
- 우리나라의 10대 기술 분야 중 전자·정보·통신 기술수준은 세계적 수준의 IT 기술 보유하고 있는 선도그룹<sup>29)</sup>임
  - 2014년 기술수준평가보고서에 따르면, 한국의 전자·정보·통신의 기술수준은 최고기술보유국인 미국 대비 83.2%로 세계적 경쟁력을 갖춘 선도그룹임
- 2014년 기준 한국의 전자·정보·통신 분야\* 對최고기술보유국기술격차는 2.7년, 對중국 기술격차는 -1.8년임
  - \* 전자·정보·통신 분야 기술수준 비교: 미국(100.0%) > EU(91.3%)=일본(91.3%) > 한국(83.2%) > 중국(70.3%) 순

28) 각 연구주체별(대기업, 중소기업, 연구계, 학계)로 최고기술을 보유하고 있는 비교 대상국의 연구주체 대비 우리나라 연구주체의 기술수준

29) 기술수준 그룹: ① 최고(100%) - 세계 최고기술을 보유하고 있는 국가, ② 선도(80%초과 100%미만) - 기술 분야를 선도하고 있는 그룹, ③ 추격(60%초과 80%이하) - 선진기술의 모방개량이 가능한 그룹, ④ 후발(40%초과 60%이하) - 선진기술의 도입 적용이 가능한 그룹, ⑤ 낙후(40%이하) - 연구개발 능력이 취약한 그룹

- 한국의 전자·정보·통신 분야의 18개 국가전략기술 중 13개의 국가전략기술이 선도그룹에 속함
  - 이 외에도 차세대 유무선 통신네트워크기술(5G 등), 데이터 분산처리 시스템 기술, 방송통신융합서비스기술 등도 80% 이상의 기술수준을 갖춘 선도그룹

[표 5-10] 분야별 주요국 기술수준(%) 및 기술격차(년)

10대 분야	한국		미국		EU		일본		중국	
	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차	기술 수준	기술 격차
전자·정보·통신	83.2	2.7	100	0.0	91.3	1.5	91.3	1.5	70.3	4.5
의료	77.9	4.0	100	0.0	92.8	1.5	89.7	2.1	68.3	5.5
바이오	77.9	4.5	100	0.0	95.8	1.2	93.4	1.7	70.4	6.2
기계·제조·공정	83.4	3.3	100	0.0	98.9	0.5	97.1	0.8	72.3	5.0
에너지·자원·극한기술	77.9	4.6	100	0.0	97.8	0.5	92.8	1.7	71.3	5.5
항공·우주	68.8	9.3	100	0.0	93.8	2.5	84.2	4.8	81.9	5.0
환경·지구·해양	77.9	5.0	100	0.0	99.3	0.4	96.2	1.3	63.3	8.3
나노·소재	75.8	4.1	100	0.0	93.6	1.4	94.3	1.3	69.2	5.2
건설·교통	79.6	4.3	100	0.0	98.5	0.6	97.0	0.7	69.7	6.1
재난·재해·안전	73.0	6.0	100	0.0	92.4	2.2	94.3	1.8	65.8	6.0
국가전략기술 전체	78.4	4.4	100	0.0	95.5	1.1	93.1	1.6	69.7	5.8

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

## 2. 지진재난 분야 기술수준 관련 설문조사 기준

### 1) 설문조사 개요

- 국내 도시 지진재난 관련 기술수준을 파악하기 위하여, 최고기술 보유국가 대비 국내 기술수준과 국내 기술의 발전 속도에 대해 질의
  - 설문 응답자는 한국지진공학회원으로서 국내 지진 관련 연구 수행, 정책 수립, 연구 기획 및 관리, 재난현장 대응 등 전문 분야 종사자가 설문에 참여했으며, 배포한 총 377개의 설문 중 52명이 설문을 회신

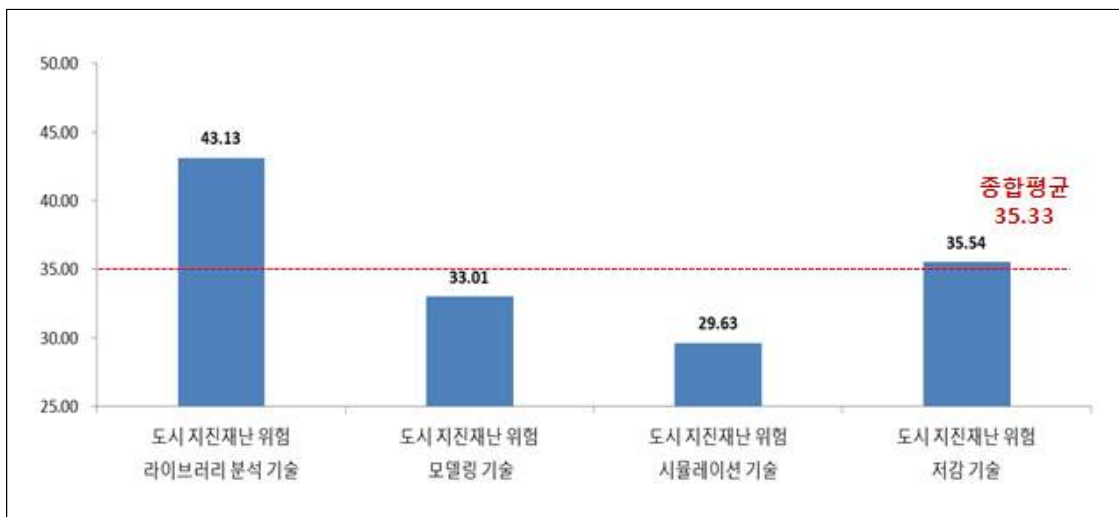
- 설문은 국내 도시 지진재난 R&D 역량진단을 위한 R3I 설문과 병행하여 추진했으며, 도시 지진재난 R&D 기술분류체계 중·대분류를 기준으로 최고기술 보유국가 대비 국내 기술수준을 정량적으로 평가
- 국내 도시 지진재난 기술 발전 속도를 고려하여 우리나라가 세계 최고 기술 수준에 도달 가능한 시점에 대해 질의

2) 설문조사 분석 결과

- 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처는 국내 도시 지진재난 관련 기술수준을 최고기술국 대비 35.33% 수준으로 평가
- 도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술' 을 가장 높은 수준(43.13%) 으로 평가하여 선진국 대비 기술격차가 가장 근소한 것으로 나타났으며, '도시 지진재난 위험 시뮬레이션 기술' 은 가장 낮은 수준(29.63%)으로 나타남
- 국내의 '도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술' 관련 노하우가 다른 기술 분야보다 많이 축적된 만큼 기술수준이 가장 높은 것으로 파악되며, 응용 및 개발 단계의 기술수준은 아직 낮은 것으로 인식하고 있음
- 국내의 도시 지진재난 관련 기술 발전 속도를 고려할 때, 세계 최고 기술수준에 도달하기 위해서는 16~20년이 소요된다는 응답이 가장 많음(56%)
  - 기술 발전 속도에 대한 응답 분포를 보면 6~10년이 13%, 11년~15년이 24%, 불가능이 7%로 나타남

[그림 5-12] 도시 지진재난 관련 기술 분야별 기술수준 평가

(단위: %)



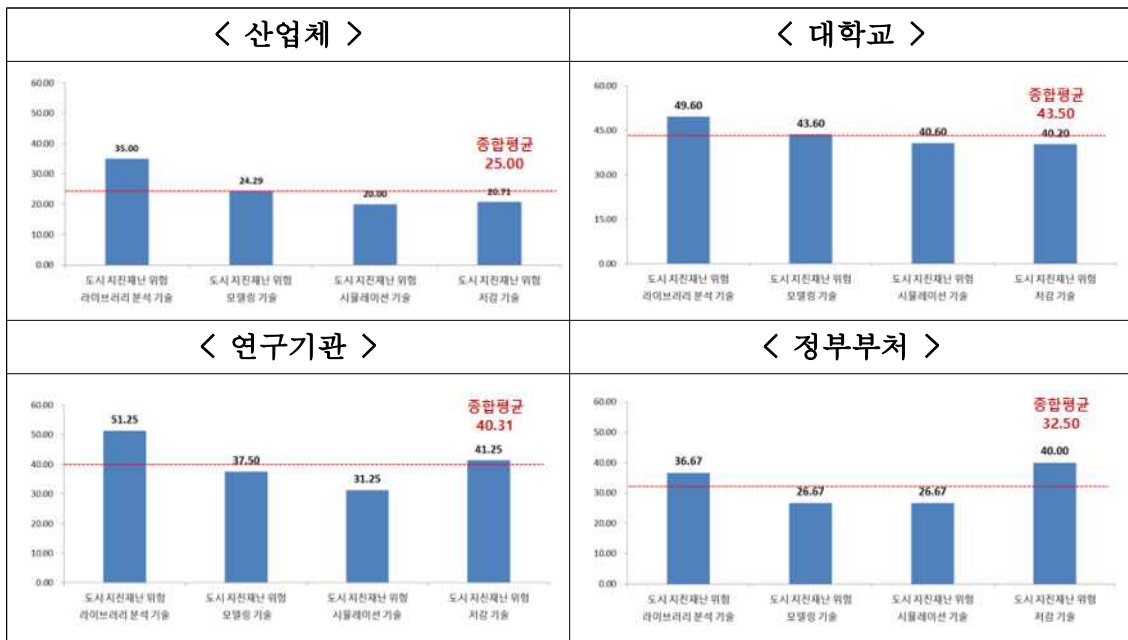
■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

□ 소속기관별로 기술 분야별 기술수준 평가에 차이가 있음

- 대학교와 연구기관은 도시 지진재난 관련 기술수준을 전체 평균(35.33%) 보다 높게 평가
- 반면 산업체와 정부부처는 전체 평균보다 도시 지진재난 관련 기술수준을 낮게 평가

[그림 5-13] 소속기관별 기술 분야별 기술수준 평가

(7점 척도 설문, 단위: %)



### 3절 R&D 역량 분석

#### 1) 역량진단 조사 개요

□ 도시 지진재난 기술개발 국내 R&D 역량을 분석하기 위해 R&D 역량진단 조사 실시

○ (조사목적) 기술개발과 관련하여 국내 연구역량 및 기술수준을 진단하여 사업 추진 방향성을 보완하고, 기술개발 전략 수립에 활용  
 - R&D 기술 관련 연구개발의 자원수준, 운용수준, 성과수준 및 혁신수준에 대한 연구개발의 역량을 진단

○ (조사방법) 주요 연구수행주체에 대한 설문 실시 및 역량진단(R3I 모델\*) 분석 수행  
 \* R3I 모델: 연구개발을 위한 내부 역량을 자원수준(Resource), 운용수준(Readiness), 성과수준(Realization), 혁신수준(Innovation)으로 구분하여 분석함으로써 핵심현안과 개선방안을 도출

○ (조사대상) 지진 관련 기술 관·산·학·연 전문가

**〔표 5-11〕 지진재난 분야 R&D 역량진단 설문조사 개요**

구분	내용	비고
제목	지진재난 분야 R&D 역량 설문조사	R3I
조사 기간	2015년 11월 18일 ~ 2015년 12월 02 (2주)	-
조사 대상	국내 지진재난 관련 R&D 연구자 - 지진재난 관련 R&D 연구기관의 연구원 - 지진재난 관련 R&D 대학교수 및 박사 학위 과정 이상 연구원 - 지진재난 관련 R&D 산업계 종사자 지진재난 관련 R&D 정책·기술기획 업무담당자	총 377명
수행 방식	지진재난 관련 R&D 전문가 집단에 설문지 배부/회수를 통한 온/오프라인 조사	-

[표 5-12] R&D 역량진단 평가요소

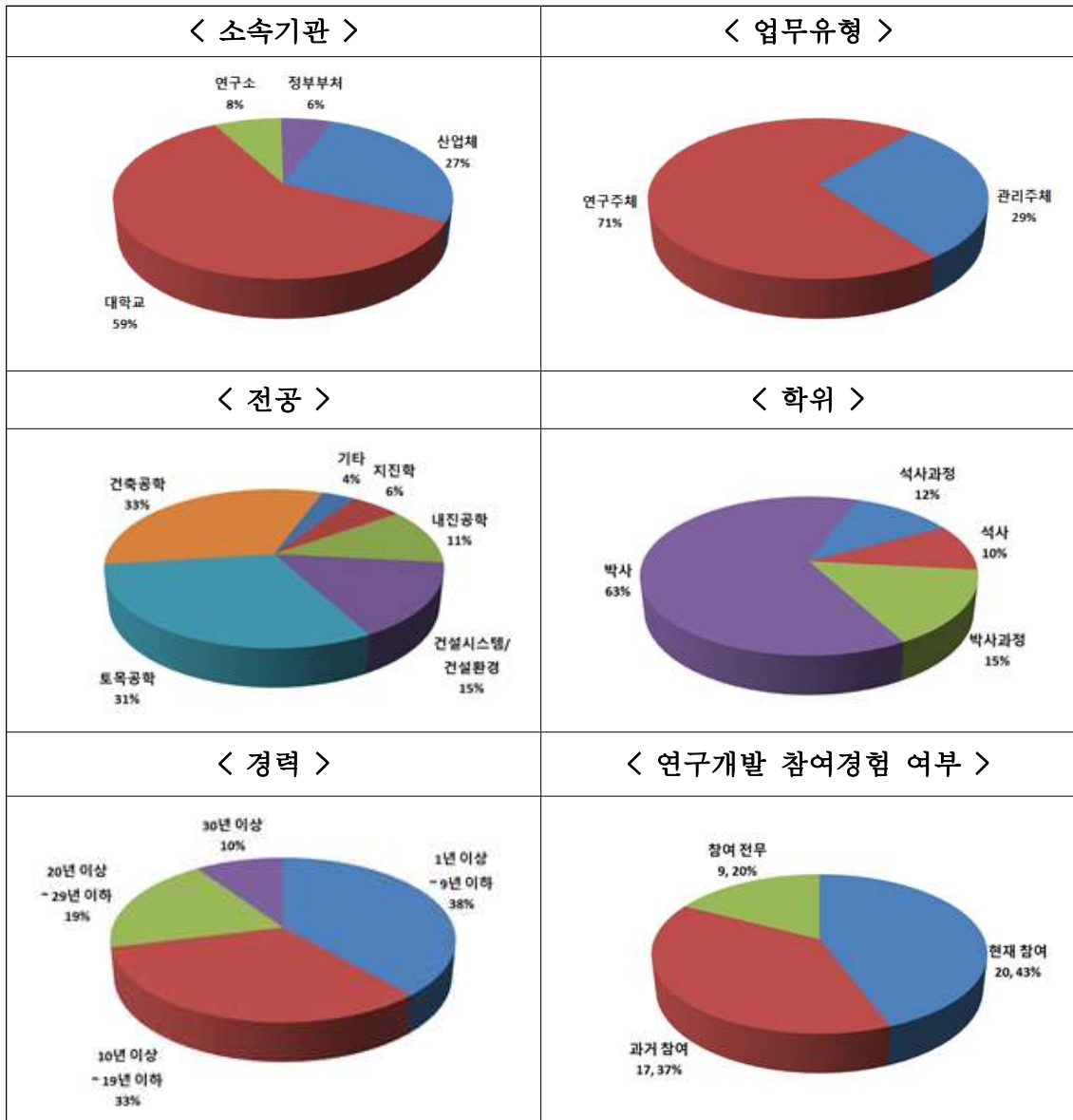
R3I	평가항목
자원 수준 (Resource)	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구개발 인력의 충분성, 조직의 체계성, 예산/법/제도 등 자원 수준 및 인프라 구축 정도</li> </ul>
운용수준 (Readiness)	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구개발 인력의 전문성, 조직의 운영/문화, 예산/법/제도 운용 수준, 인프라의 활용 정도</li> </ul>
성과수준 (Realization)	<ul style="list-style-type: none"> <li>논문, 특허, 기술사업화, 실용화 등 미시적 성과와 파급효과 등 거시적 성과, 내외부 고객평가(인식) 수준</li> </ul>
혁신수준 (Innovation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래환경 변화 가능성과 연구자의 인식 수준, 연구자 혁신 의지/성향, 조직적 혁신 수준</li> </ul>

2) 역량진단 조사 응답자 분포현황

□ 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처 관계자로 구성된 설문대상자 52명의 응답을 기초로 분석 실시

- 응답자 분포를 보면 산업체 14명(30.43%), 대학교 31명(67.39%), 연구소 4명(8.70%), 정부부처 3명(6.52%)이 차지
- 전공으로는 건축공학(17명, 33%)과 토목공학(64명, 30%)이 가장 많은 비중을 차지하며 본 역량분석에는 박사학위 소지자(33명, 63%)가 가장 많이 참여
- 1년 이상~9년 이하 경력을 지닌 인력(20명, 43%)이 가장 많았으며, 지진 관련 연구개발 참여 경험(현재 참여, 과거 참여)이 있는 인력은 총 37명(80%)으로 많은 비중을 차지

[그림 5-14] 역량진단 설문 응답자 분포 특성



### 3) 역량진단 조사 분석 결과

- 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처의 역진진단 각 평가요소별 응답을 종합해 본 결과, 자원 투입 수준(3.16점)과 혁신역량 수준(3.67)을 평균(3.04점) 이상으로 높게 평가
- 준비 및 운용 수준(2.69점), 성과 수준(2.62점)을 평균 이하 수준으로 평가하였고, 특히 도시 지진재난 관련 연구가 경제·사회 기여, 국가연구개발 기여 등에 영향을 미치지 못하는 것으로 인식하고 있음

[그림 5-15] R&D 역량진단 평가요소별 분석 결과

(7점 척도 설문, 단위: 점)



- 산업체, 대학교, 연구기관은 재난안전 연구개발 분야 대비 도시 지진재난 관련 국가의 연구개발 자원 투입 수준이 ‘낮다’ (2.71~3.00점)고 평가한 반면, 정부부처는 자원 투입수준이 ‘대등하다’ (4.00점)고 평가
- 여타 재난안전 연구개발 분야에 비해 도시 지진재난 관련 연구개발 인력의 충분 정도, 조직의 체계성, 예산/법/제도 등 자원 수준 및 인프라 구축 정도는 대체적으로 낮은 것으로 인식
- 산업체, 대학교, 연구소, 정부부처는 재난안전 연구개발 분야 대비 도시 지진재난 관련 국가의 기술/운용/관리를 위한 준비 및 운용 수준이 ‘낮다’ (2.64~2.75 점)고 평가
- 여타 재난안전 연구개발 분야에 비해 도시 지진재난 관련 연구개발 인력의 전문역량, 법·제도 운용, 인프라 활용성, 조직문화 자율성/탄력성 등은 낮은 것으로 인식

□ 산업체, 대학교, 연구소, 정부부처는 재난안전 연구개발 분야 대비 도시 지진재난 관련 국가의 성과 수준이 ‘낮다’ (1.86~3.33점)고 평가

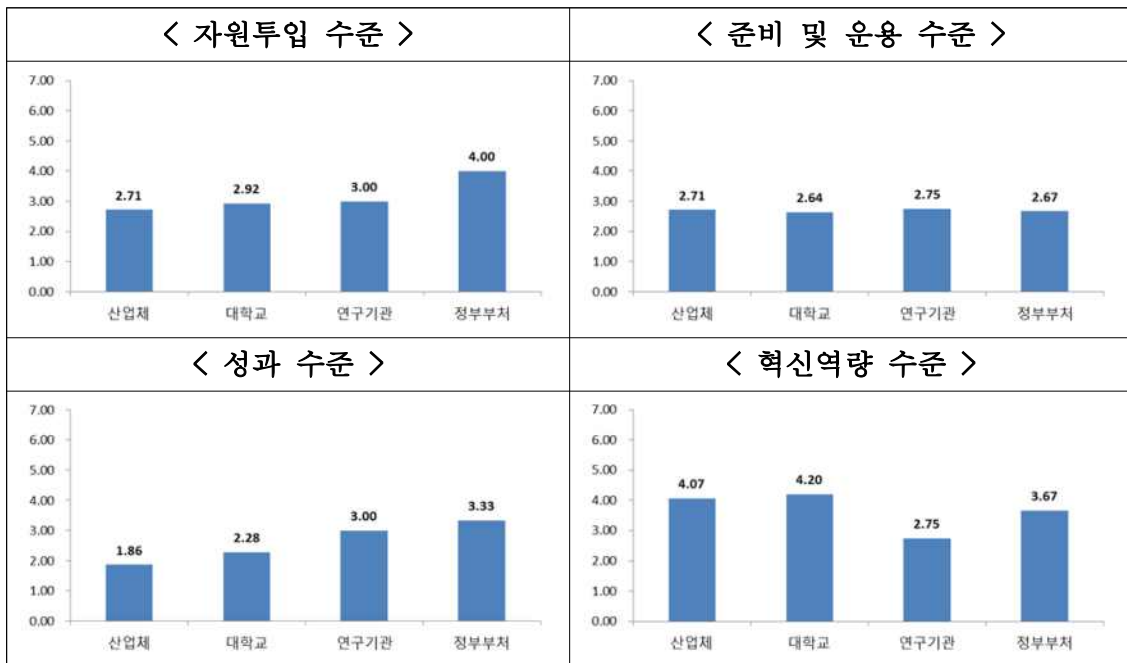
○ 여타 재난안전 연구개발 분야에 비해 도시 지진재난 관련 경제·사회 기여도, 국가연구개발 기여도, 과학기술발전, 국가 브랜드 제고, 실용화 및 사업화, 논문 특허, 관련 고객만족도 등은 낮은 것으로 인식

□ 산업체, 대학교는 재난안전 연구개발 분야 대비 도시 지진재난 관련 연구자/기술자의 혁신역량 수준이 ‘대등하다’ (4.07~4.20점)고 평가한 반면, 연구기관, 정부부처는 ‘낮다’ (2.75~3.67점)고 평가

○ 도시 지진재난 관련 분야의 연구자/기술자는 여타 재난안전 연구개발 분야와 비교하여 미래 환경변화에 대한 인식, 자기 계발 및 학습 노력, 개인과 조직의 혁신 의지, 혁신추진 역량 등이 어느 정도 체계가 잡혀 있으며, 이러한 혁신역량을 기반으로 지진재난 관련 연구에 참여하고 있다고 인식

[그림 5-16] R&D 역량진단 평가요소별 수준 평가

(7점 척도 설문, 단위: 점)



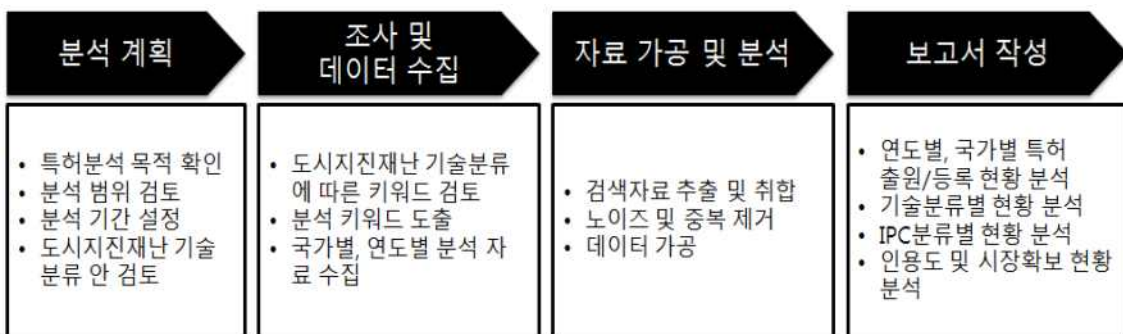
## 4절 특허 분석

### 1) 특허분석 개요

#### □ 분석대상 및 범위

- 도시 지진재난분야 특허동향은 주요 선진국 및 우리나라의 도시 재난분야 기술개발 동향을 분석하기 위하여 특허 분석을 실시함
- 조사 내용 : 재난안전 관련 특허 동향 조사(자연재해 / 사회재난)
- 조사 구간 : WIPS on 특허검색 Tool DB 기준으로 최근 20년(1994년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지) 출원/등록된 특허
  - 일반적으로 특허 출원 후 등록되는 기간을 2년으로 보며, 2년동안 미공개된 특허가 있을 수 있어 최근 2년(2014~2015년)을 분석기간에서 제외
- 검색 항목 : 등록 및 공개 특허를 대상으로 서지, 요약문 및 대표청구항 검색
- 대상 국가 : 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽 등 5개국

[그림 5-17] 특허분석 절차



○ 특허검색은 특허검색 전문 Tool을 제공하는 Wips on Service를 활용했으며, 키워드 검색 결과 후 중복 제거 결과 총 18,990개 특허 자료를 수집

[표 5-13] 분야별 특허 검색 결과

대분류	중분류	자료 수집 특허 수(건)
도시지진재난 위험 라이브러리 구축	지진강도 분석	120
	공학적 위험요소 분석	890
	사회경제적 위험요소 분석	606
도시지진재난 위험 모델링	지진전파 모델링	564
	공학적 위험 모델링	3,083
	사회경제적 위험 모델링	1,390
	시스템 모델링	3,317
도시지진재난 위험 시뮬레이션	위험모델 최적화	806
	시나리오 플래닝	748
	피해예측 평가	1,494
도시지진재난 위험 저감	취약성 개선 의사결정	1,422
	공학적 취약성 개선방법	1,966
	사회경제적 취약성 개선방법	2,584
합계		18,990

\* 기술 분류 간 특허 중복

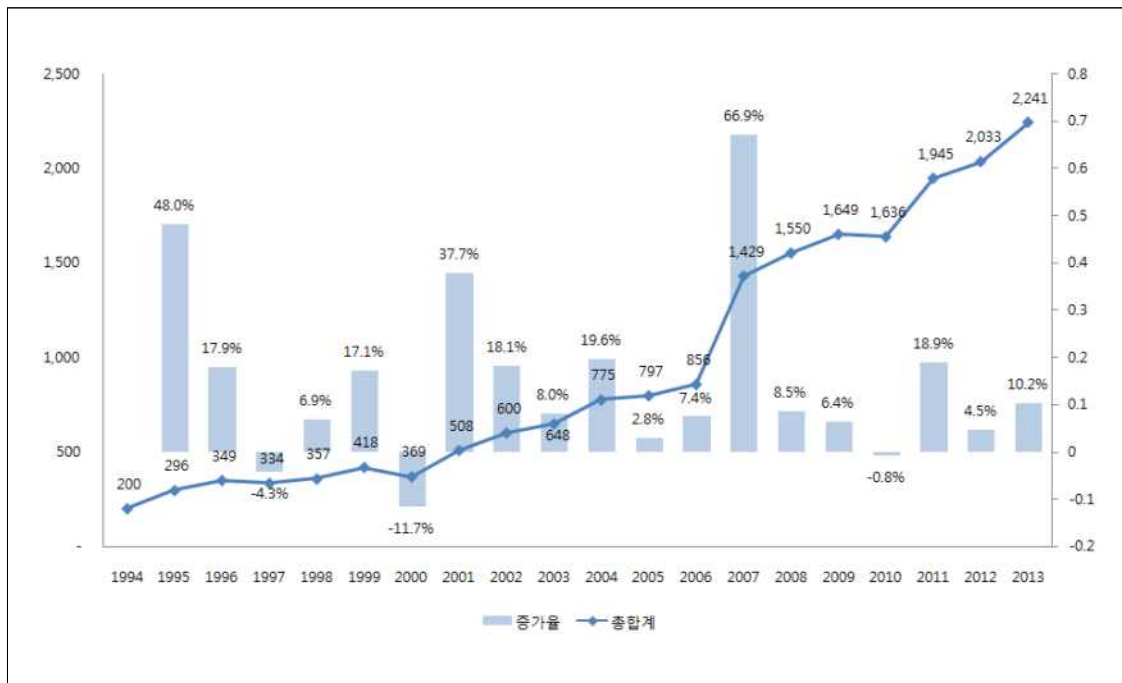
## 2) 특허분석 결과

### □ 연도별 도시지진재난 분야 특허 동향

- 도시지진재난 관련 분야의 연도별 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석 초기(1994년)부터 지속적으로 증가하고 있으며, 2006년 급격한 증가율을 보임
  - 1994년부터 2013년까지 연평균 증가율을 14.8%를 보임
  - 2006년도 도시지진재난 관련 분야의 특허는 2005년 대비 66.9% 증가함
- 2006년 이후 증가하던 특허건수는 2010년 다소 감소(-0.8%)하였으나, 이후 계속 증가세를 보임
  - 2011년 도시지진재난 특허건수는 2010년 대비 18.9% 증가

[그림 5-18] 도시지진재난 연도별 특허 동향

(단위: 건, %)

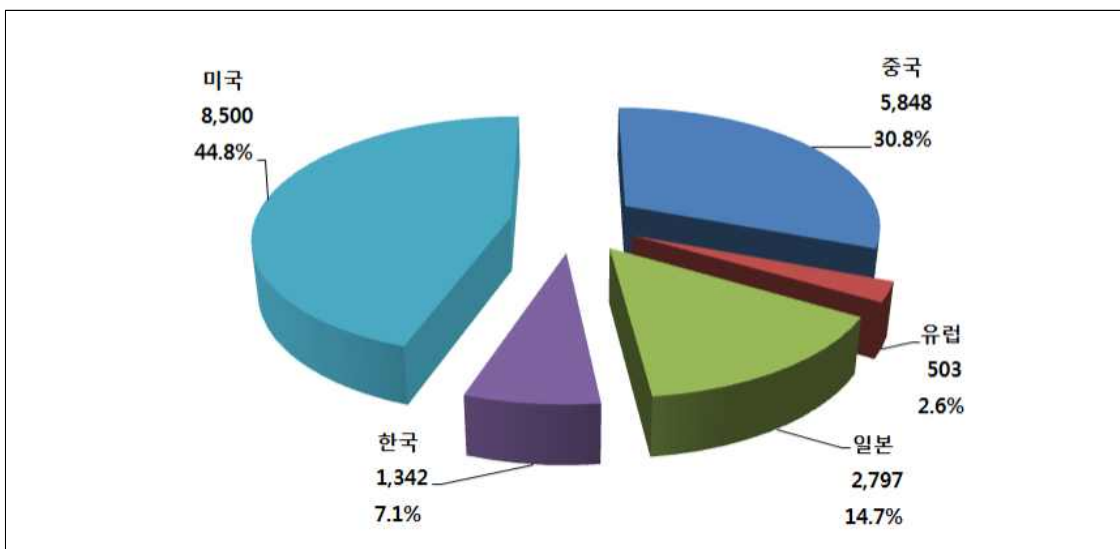


□ 국가별 도시지진재난 특허 동향

- 국가별 도시지진재난 특허 동향을 보면, 미국이 전체 특허 대비 44.8% 비중을 차지
  - 미국 외 국가별 도시지진재난 특허 동향은 중국 30.8%, 일본 14.7%, 한국 7.1%, 유럽 2.6%로 확인

[그림 5-19] 국가별 도시지진재난 특허 동향

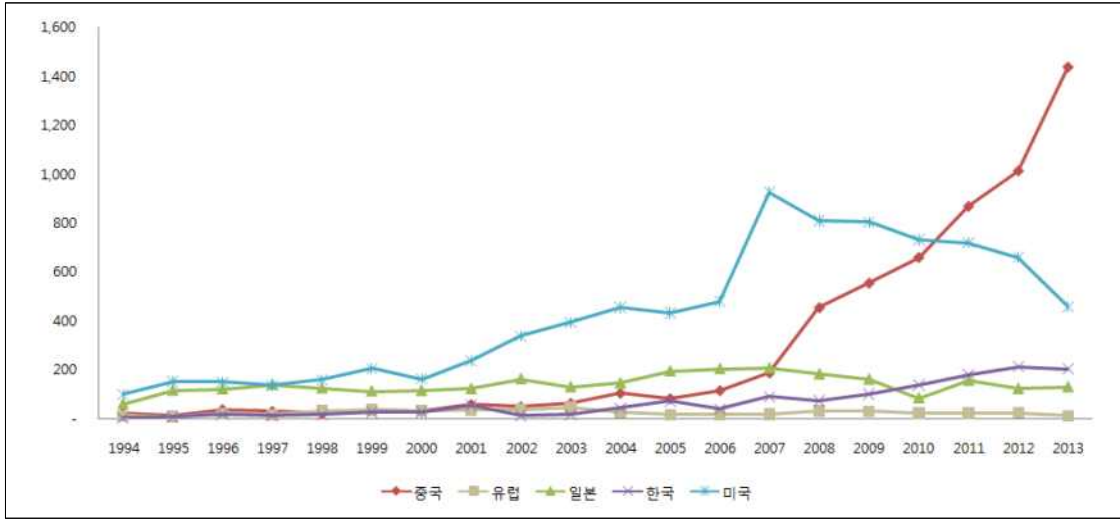
(단위: 건, %)



- 미국의 도시지진재난 특허는 2007년까지 지속적인 상승세를 유지하다 2008년 이후 감소추세를 보임
  - 도시지진재난 관련 미국 특허는 연평균 11.8% 증가율을 보임
  - 2007년 미국의 도시지진재난 관련 특허는 925건으로 2006년 대비 93.1% 증가
  - 그러나 2008년 이후 2014년까지 연평균 10.5% 감소율을 보임
- 반면, 중국의 도시지진재난 특허는 1994년 이후 지속적인 성장세를 유지하고 있으며, 쓰촨성 대지진이 일어난 2008년 특허출원수가 455건으로 2007년 대비 142.0% 증가함
  - 중국의 도시지진재난 관련 특허는 연평균 35.2% 증가율을 보임
- 미국, 중국 외 국가의 도시지진재난 특허출원의 연평균 증가율은 한국 44.4%, 일본 8.4%, 유럽 8.0%를 보임

[그림 5-20] 분석대상 국가의 연도별 도시지진재난 특허 동향

(단위: 건)

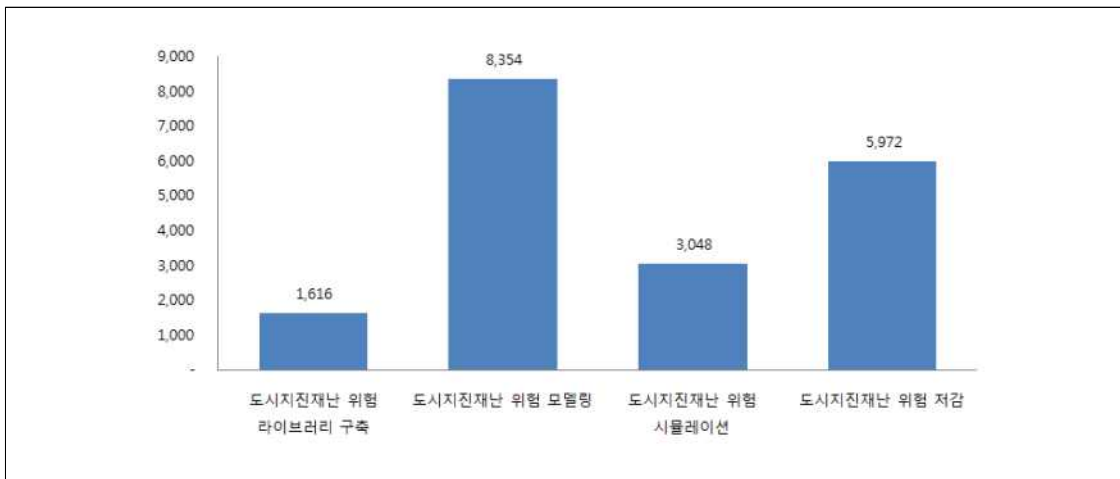


도시지진재난 기술 분류별 특허 동향

- 도시지진재난 4개 대분류별 특허 현황을 보면, 도시지진재난 위험 모델링 관련 특허가 8,354건으로 가장 많음

[그림 5-21] 도시지진재난 기술 분류별 특허 동향

(단위: 건)

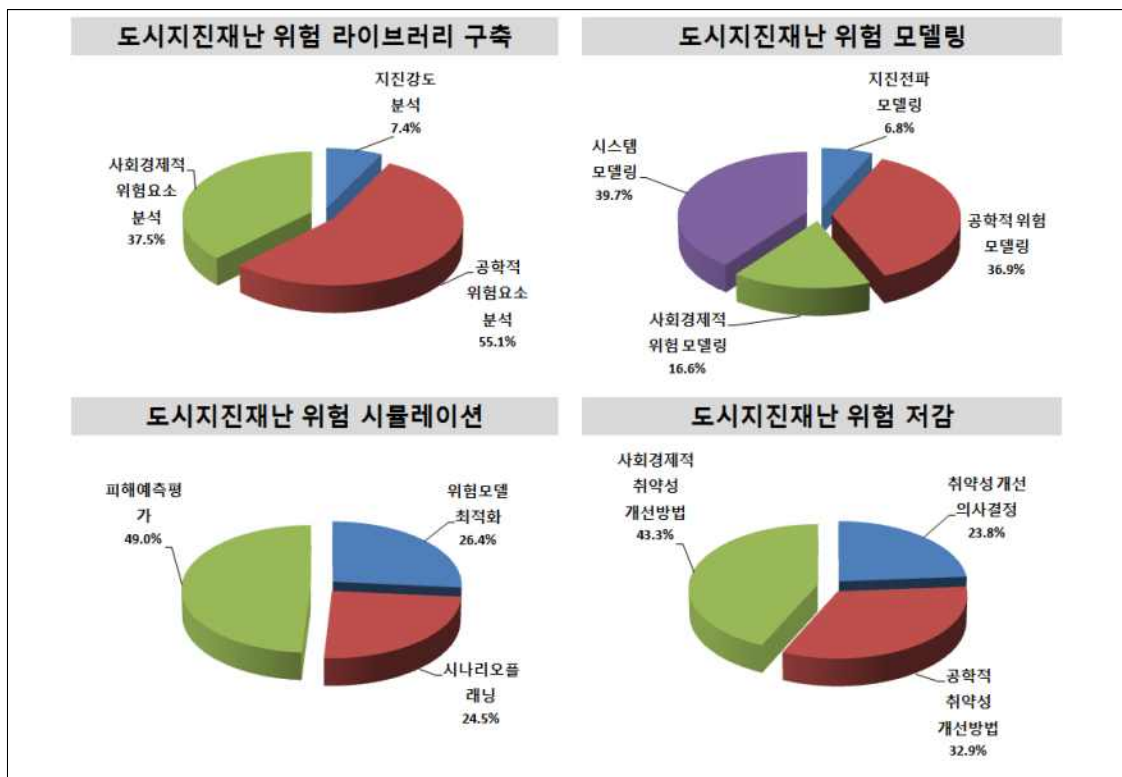


- 도시지진재난 위험 라이브러리 구축 관련 세부 기술 분류별 특허 현황을 보면, 공학적 위험요소 분석 관련 특허가 가장 많은 비중(55.1%)을 차지

- 도시지진재난 위험 모델링 관련 세부 기술 분류별 특허 현황을 보면, 시스템 모델링 관련 특허(39.7%)와 공학적 위험 모델링 관련 특허(36.9%)가 전체 76.7% 비중을 차지
- 도시지진재난 위험 시뮬레이션 관련 세부 기술 분류별 특허 현황을 보면, 피해예측 평가 관련 특허 비중이 49.0%로 가장 많음
- 도시지진재난 위험 저감 관련 세부 기술 분류별 특허 현황을 보면, 사회경제적 취약성 개선방법 관련 특허가 가장 많은 비중(43.3%)을 차지

[그림 5-22] 도시지진재난 기술 중분류 특허 동향

(단위: 건, %)

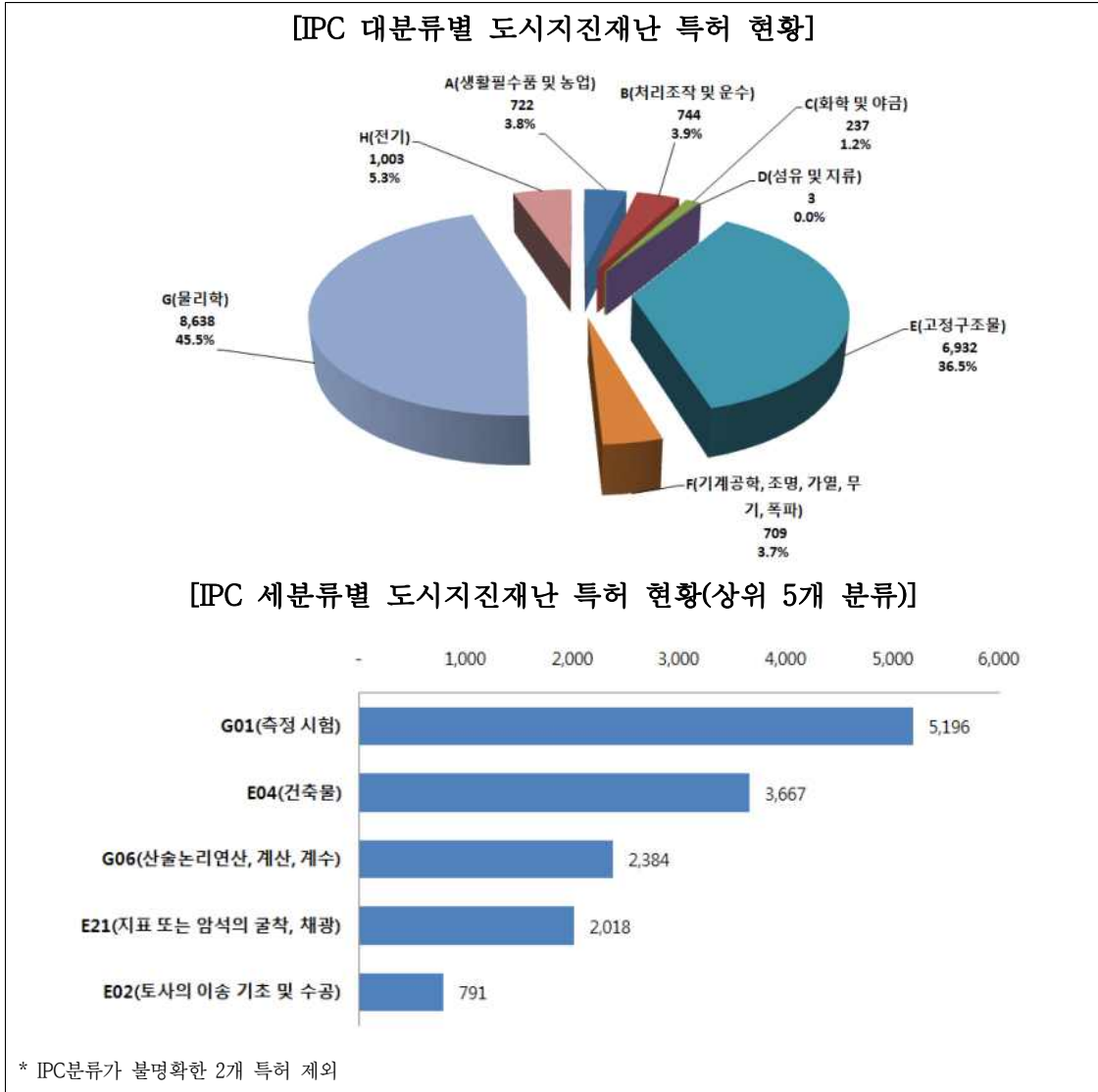


□ IPC 분류별 특허출원/등록 현황

- 도시지진재난 관련 특허의 IPC(국제특허분류) 분류에 따른 분포 현황을 보면, E(고정구조물)와 G(물리학) 관련 특허 비중이 전체 대비 82.0%를 차지
  - 세부 분야별 비중은 G01(측정시험), E04(건축물), G06(산술논리연산, 계산, 계수), E21(지표 또는 암석의 굴착 채광), E02(토사의 이송 기초 및 수공) 순으로 높은 비중을 보임

[그림 5-23] 도시지진재난 IPC분류별 특허 동향

(단위: 건, %)

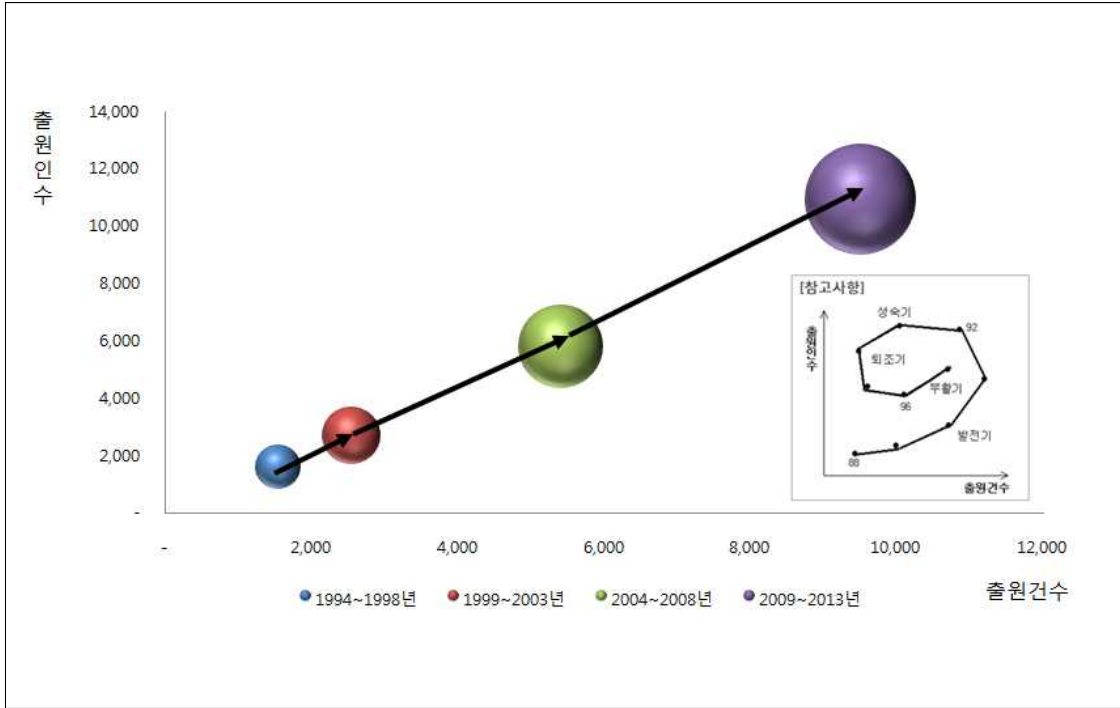


□ 도시지진재난 전체 특허발전도 및 질적 수준

- 분석기간에 따른 특허건수와 출원인수 변화를 통해 도시지진재난 분야 기술의 발전도를 분석
- 분석대상 기간을 5년 단위로 구분하여 출원건수와 출원인수 동향을 분석
- 도시지진재난 기술은 출원건수와 출원인수가 지속적으로 증가하는 발전기에 해당하는 것으로 판단됨

[그림 5-24] 도시지진재난 특허발전도 현황

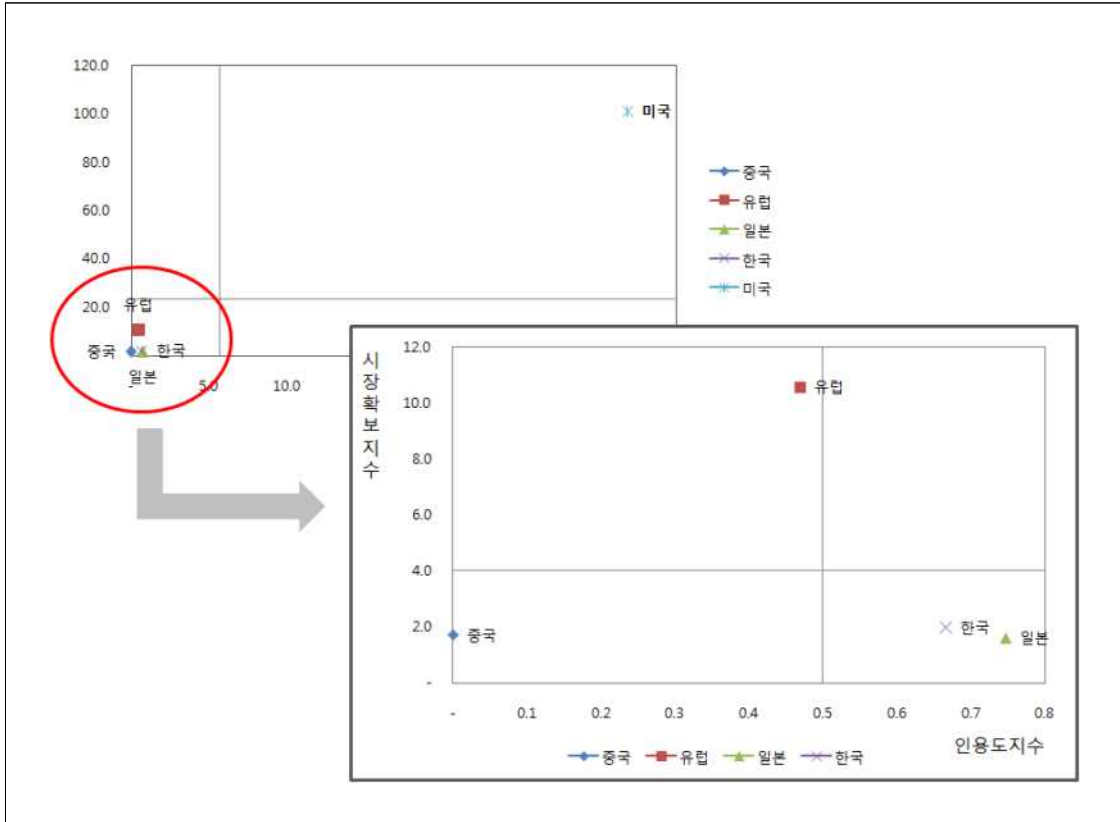
(단위: 건, %)



- 도시지진재난 관련 기술의 피인용도지수와 시장확보력이 가장 높은 국가는 미국으로 확인
- 중국은 도시지진재난 관련 특허를 많이 출원하고 있으나, 피인용지수와 시장 확보지수를 볼 때, 기술의 질적 수준은 상대적으로 낮음

[그림 5-25] 도시지진재난 특허 인용도지수 및 시장확보지수 현황

(단위: 건, %)



- 도시지진재난 관련 특허 기술력지수 또한 미국이 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 일본이 높게 나타남

[표 5-14] 국가별 도시지진재난 특허 기술력지수 현황

국가	미국	일본	한국	유럽	중국
기술력지수	18,766.8	144.8	62.0	16.4	0.0

## 제6장 연구개발과제 구성 및 추진전략

---

- 1절 환경분석
- 2절 기술분류체계 구성
- 3절 추진전략 및 전략사업 도출
- 4절 비전 및 목표



## 제6장 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 1절 환경분석

#### 1. 외부환경분석

##### 1) 사회적 요인(Social)

###### □ 노후시설 유지관리에 대한 국민의 관심 및 요구 증가

- 1970년대 국민의 주된 관심이 ‘발전’ 이었다면, 경제 발전 및 도시화로 인해 국민의 삶의 질에 대한 욕구가 크게 증가하였으며, 그 중 ‘안전’에 대한 국민의 관심과 요구가 증가하고 있는 추세
  - 특히 2014년 발생한 세월호 관련 선박사고의 근본적 원인은 여객선의 노후화로 알려져, 노후화로 인해 발생하는 안전사고에 대한 관심 증대
- 비교적 잘 정비된 내진설계기준으로 지진 대비를 하고 있는 일본의 지진 피해는 ‘지진재난 방재력 마련 및 지진재난 대비 노후시설물의 안전관리’에 대한 국민의 관심과 요구를 갖게 하는 계기 마련

###### □ 국민안전 기반 강화를 목표로 예방대책 및 대비체계 중심의 가치 확산 시도

- 2014년 정부는 안전정책을 강조하고 안전의 개념과 범위를 새로 정립하면서 재난 및 안전에 대한 국가적·사회적 책임을 강조
- 국토교통부는 사회기반시설의 내진성능확보에 주력하며 지진재난 수습을 위한 해결책을 찾고자 노력하고 있음

##### 2) 기술적 요인(Technological)

###### □ 노후시설에 대한 합리적 유지관리기술의 필요성 증가

- 선진국의 재난·재해·안전 분야 및 시설 유지관리의 기술수준과 국내 기술 수준을 대비했을 때, 국내 지진재난에 대응할 수 있는 전략기술 개발 수준이나 시설 유지관리 기술수준은 상대적으로 미흡
  - 우리나라와 최고기술국 간 재난·재해·안전 분야 기술격차는 3.9~6.8년에 분포
  - 첨단기술 기반의 시설물 정밀진단·안전점검 대응 역량 강화 확대 필요

□ 강진 발생 가능성이 낮아 지진취약성 평가 모델의 정확성 검증 어려움

- 지진 발생 횟수는 증가하는 데 비해 현재 국내에서는 규모 5 이상의 강진 발생 가능성은 낮은 편이므로, 지진 발생 시 평가 모델을 실제 사용하여 정확성을 검증하는 것은 어려움

3) 환경적 요인(Ecological)

□ 기후변화 등으로 인해 지진재난 발생 횟수 증가 및 피해의 복잡화·대형화

- 최근 국토 면적이 넓지 않은 한반도 및 주변 지역에서 국지적인 지진 발생이 잦아지고 있으며, 기상이변 및 환경오염 등 과거와는 다른 환경 변화로 인해 지진의 잠재적 발생 가능성이 높아지고 있음
- 지구온난화 등으로 인한 기후변화로 인해 특정 장소의 지진 단층이 자극되어 지진재난 발생빈도가 증가하고 있으며, 이에 따른 피해 규모도 점점 증가하는 추세

□ 도시 지진취약성을 증가시키는 요인 존재

- 다양한 요인으로 인해 도시 공간은 지진과 같은 재난에 취약한 환경으로 점차 변화
  - 건물의 고층화, 주거지역의 밀집화, 인구의 과밀화, 건축물 및 시설물 노후화, 지하공간 증가 등 도시의 환경 변화는 지진재난에 더욱 취약해 졌고, 이로 인한 1차 피해 후 2·3차 피해가 예상되는 복합재난에 대한 우려가 커지고 있음

□ 시설물 노후화 현상 가속화

- 공용연수가 오래된 시설물의 비중이 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 공용연수가 26~30년 이상인 시설 노후화 현상이 급격하게 진행
  - 시설물정보관리종합시스템(Facility Management System, FMS)의 조사 결과에 따르면, 공용연수가 26~30년 이상인 국내 전체 시설물은 6%의 비중을 차지
    - 이 시설물 중에는 교량 10.7%, 터널 9.7%, 건축물 2.3%, 상하수도 20.3%의 비중을 차지하는 것으로 나타남

#### 4) 경제적 요인(Economic)

##### □ 재해·재난·안전 분야 예산 투자 증가 추세

- 2014년 재해·재난 및 안전관리 기술개발 시행계획 상의 투자 계획을 살펴본 결과, 2014년도 재해·재난·안전 분야 R&D 분야 예산은 증액 추세
- 2014년 재해·재난·안전 R&D 투자계획은 2,785억원으로 2013년 2,714억원 대비 28.1% 증가, 국가 R&D예산(17조 7천억원)에서 차지하는 비중은 1.57% 로 증가
  - 국민의 생명과 안전 확보를 위한 예방 대책 및 대비체계를 수립하기 위해 예산 투자 증대

##### □ 지진 발생 시 노후화시설에 막대한 피해 발생 가능

- 시설 노후화에 적절하게 대비하지 못하여 기반시설물 중 하나라도 그 기능을 상실할 경우, 대형 안전사고 발생뿐만 아니라 다른 기반시설물의 기능 역시 연달아 마비되는 상황으로 이어지는 등 서비스 수준 저하를 유발하여 경제적 부담 증가 초래
  - 노후시설물에 대한 개량 및 보수를 위한 예산 마련도 많이 들기는 하나, 지진 발생으로 인해 노후화시설이 파괴 혹은 기능 상실이 되었을 때의 피해 복구 비용은 더 큼

#### 5) 정치적 요인(Political)

##### □ 국민안전에 대한 정부 정책 패러다임 변화

- 정부의 국정과제, 지진방재종합대책, 지진재해대책법 상에 국민안전에 대한 변화를 촉구하는 사항 마련
- 국토교통부도 국정목표 기반 예방대책 및 대비체계 등을 정립하여 지진대응 체계 마련
  - 예방대책으로는 지진재해대책법에 따른 지진방재종합대책, 기존공공시설물 내진보강계획, 기관별 및 연차차별로 내진설계기준, 지진해일 대책 및 기존 시설물 보강 등에 관한 세부대책을 마련
- 2013년~2017년 기간 동안 시설 안전 제도 및 정책 선진화와 기술발전 촉진을 위한 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 마련

6) 외부환경분석 결과 종합

□ 도시 지진취약성 대비 노후시설 개선기술 개발을 위한 외부환경의 기회 및 위협 요인을 종합하면 다음과 같음

[표 6-1] 외부환경 요인분석 종합

구분	외부환경 요인	내용	기회/위협
사회적 요인	예방안전 및 노후화시설 유지관리에 대한 국민의 관심 및 요구 증가	국민의 재난안전에 대한 관심 및 요구가 증가함에 따라 연구 개발 활성화 및 국가적·사회적 책임 강조	기회
	국민안전 기반 강화를 목표로 예방 대책 및 대비체계 중심의 가치 확산 시도	정부는 안전정책을 강조하고 안전의 개념과 범위를 새로 정립하면서 재난 및 안전에 대한 국가적·사회적 책임 강조	기회
기술적 요인	노후화시설에 대한 합리적 유지관리기술의 필요성 증가	선진국의 재난·재해·안전 분야 및 시설 유지관리의 기술수준과 국내 기술수준을 대비했을 때, 국내 기술수준은 상대적으로 미흡	위협
	강진 발생 가능성이 낮아 지진취약성 평가 모델의 정확성 검증 어려움	지진 발생 횟수는 증가하고 있으나 강진 발생 가능성이 낮아, 개발한 지진위험도 평가 모델에 대한 실제 사용시의 정확성 판단 불가능	위협
환경적 요인	기후변화 등으로 인해 지진재난 발생 횟수 증가 및 피해의 복합화·대형화	지구온난화에 따라 지진재난 발생가능성이 증가하는 추세이며 피해 규모와 사회적 파급력이 큰 대형복합재난 발생 가능성 증가	위협
	도시 지진취약성을 증가시키는 요인 존재	건물의 고층화, 주거지역의 밀집화, 인구의 과밀화, 건축물 및 시설물 노후화, 지하공간 증가 등 도시의 환경 변화로 인해 도시 공간은 지진과 같은 재난에 취약한 환경으로 점차 변화	위협

구분	외부환경 요인	내용	기회/ 위협
	시설물 노후화 현상 가속화	공용연수가 오래된 시설물의 비중이 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 공용연수가 26~30년 이상인 시설 노후화 현상이 급격하게 진행	위협
경제적 요인	재난·재해·안전 분야 R&D 예산 투자 증가	2013년도 대비 예산 28.1% 증가, 국가 R&D예산(17조 7천억원)에서 차지하는 비중 증가(1.57%)	기회
	지진 발생 시 노후화시설에 막대한 피해 발생 가능	시설 노후화에 적절하게 대비하지 못할 경우, 대형 안전사고 발생 및 기반시설물의 서비스 수준 저하를 유발하여 경제적 부담 증가 초래	위협
정치적 요인	국민안전에 대한 정부 정책 패러다임 변화	국정과제, 지진방재종합대책, 지진재해대책법, 지진대응체계, 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 상에 국민안전 관련 사항 마련	기회

## 2. 내부환경분석

### 1) 자원적 요소

#### □ 지진재난 관련 연구개발 투자 위축

- 2008~2014년도 지진 관련 연구개발 수행 현황을 보면, 과제 건수 및 각 과제에 투입되는 개발 예산 모두 감소
  - 2013년도 약 222억원에서 2014년에 약 204억원으로 투자 예산이 약 18억원 감소

#### □ 지진 분야의 전문 연구인력 부족

- 2014년 기술수준평가서에 따르면, 재난·재해·안전 분야의 전략기술 수준 향상을 위해 정부는 향후 5년 간 인력양성 및 유치(3순위) 정책 부문을 중점 추진하는 것이 필요
- 전문 연구인력 부족을 해소하고 재난·재해·안전 분야 전략기술 개발을 위해 글로벌 인재 유입 및 양성 필요

**[표 6-2] 전략기술의 수준 향상을 위해 중점추진이 필요한 정책 부문**

(단위: 순위)

전략기술	직접적 정책			간접적 정책		
	인력양성 및 유치	인프라 구축	연구비 확대	국내협력 촉진	국제협력 촉진	법·제도 개선
지진분야 (재난·재해·안전 분야)	3	2	1	5	6	4

자료: KISTEP, 2014년 기술수준평가, 2015

### 2) 기술적 요소

#### □ 기초 연구개발 추진 관련 분야의 기술력 축적

- 지진 관측 및 예측 중심의 기초 연구, 지진 발생 분포와 지체 구조의 특성과 관련된 지속적인 연구 수행을 통해 기초 연구 분야에 대한 수많은 연구 성과 및 노하우 축적

□ 세계최고 수준의 ICT 기술을 확보하였으며, ICT 관련 정보기술을 활용하여 다양한 응용기술 개발 추진 가능

- 시설물 구조특성 분석, 지진재난 경제적 및 인명 피해 유형 분석 기술, 유동 및 상주 인구분석을 통한 도시공간 이용패턴분석 기술 등 시설물 및 사회경제적 위험요소 분석을 위해서는 스마트 IT 기술 필요
  - ICT 기술 기반으로 효과적인 지진방재계획 수립 가능
- 최첨단 컴퓨팅 기술을 활용하여 빅데이터에 기반한 지진관측, 물리적 지진취약도 분석 및 예측, 사회경제적 도시 지진취약성 평가, 실시간 감시망 구축 등 지진재난 관련 다분야 연구 활성화 가능

□ 개발 연구 미진으로 인해 지진재난 발생 시 문제해결에 실제적이고 즉각적인 도움을 줄 수 있는 기술 개발 부족

- 연구개발 단계별로 도시 지역에서 발생 가능한 지진과 관련된 연구(2008~2014년)\*를 분석해 보면, 응용 연구는 70~97%로 지속적으로 높은 비중을 유지하고 있는 반면, ‘개발연구’ 분야의 비중은 약 20%대를 차지
  - \* 도시 지진 재난 연구: 기존에 수행된 지진 관련 국가 연구개발 전체 과제 중, 도시, (지진)위험도, (지진)관리, 정량화, 시설물, 사회경제, 네트워크, 시스템 등의 Keyword 검색을 통한 특정 과제 도출

□ 노후시설에 대한 합리적인 내진성능관리 의사결정 체계 미비

- 노후시설에 대한 체계적 자료를 토대로 내진성능관리 의사결정 할 수 있는 체계에 대한 연구 지원이 미비

3) 연구개발 수행 요소

□ 도시지역에 특화된 지진재난 관련 국가 R&D 과제 수행 증가

- 도시 지진재난 관련 국가 연구개발 과제 수행 건수는 2012년을 기점으로 급격하게 증가
  - 2011년 도시 지진관련 국가 연구개발 과제는 2건이 수행되었으나, 2012년 9건으로 연구개발 수행 건수 증가

□ 민간 연구개발 참여 미비로 인한 연구개발 성과 활용 및 확산 미흡

- 도시지역에 특화된 지진재난 관련 국가 R&D 과제 수행 현황을 보면 산업계의 개발 참여는 미흡

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 과제 개발비 비중은 국공립·출연연구소가 대부분을 차지(75%)하고 있으며 민간 기관인 중소기업은 정부의 투자비중이 낮음(5%)

□ 다른 연구단계보다 기초연구 분야 과제의 중복 추진 경향

- 기존에는 다부처가 참여하여 지진 분야 연구개발 과제를 추진하였으나, 사업별·과제별로 연구의 연계성이 부족하여 기초연구 분야의 유사·중복성 발생
  - 기초연구 분야의 특성 상 대부분 지진 관측·모니터링을 통해 지진 규모, 진앙, 지진 발생 위치 및 거리 등에 대한 분야를 중복해서 연구
- 과제 선정부터 평가가 가능한 연구개발사업의 전주기적 관리시스템을 구축하여, 이 프로세스를 통해 중복성 현황을 수시로 확인하는 것이 필요

4) 네트워크 요소

□ 지진재난 발생 예측, 대피 및 피해저감 활동을 위한 정보 연동 전달 등의 재난 관리 역할을 담당할 지진재난 관리체계 미흡

- 지진재난 발생 시 대응·복구 위주의 임시적인 체제로 이뤄지기 때문에 의사결정체계가 일원화되지 못하는 상황
  - 국내에 지진재난이 발생할 경우 국민안전처, 국토교통부, 기상청 등 정부부처 인력과 지방 재난안전대책본부의 인력 모두 의사결정에 관여하는 상황
- 미국의 경우, 1997년 미국 연방 재난 관리청(FEMA)을 설립하여 국가적 재난에 대한 다중 협업체계를 구축하여 대처를 하고 있음
  - 전체 인력 10,056명(상근 인력 2,600여명)과 전국 10여 곳에 지방 사무소 보유
  - 국가 단위의 중대한 재난이 발생할 경우, 일원화된 지휘체계를 통해 효율적인 위기관리 능력을 발휘, 피해를 최소화
- 일원화된 협업체계를 갖춘 지진재난 관리체계 마련 필요

5) 내부환경분석 결과 종합

□ 지진재난 분야의 가치요소별 내부역량을 분석하여 강점 및 약점요인을 종합한 결과는 다음과 같음

[표 6-3] 내부환경 요인분석 종합

내부환경 요인	내용	강/약점
지진재난 관련 연구개발 투자의 위축	2013년도 약 222억원에서 2014년에 약 204억원으로 투자 예산이 약 18억원 감소	약점
지진 분야의 전문 연구인력 부족	전문 연구인력 부족을 해소하고 재난·재해·안전 분야 전략기술 개발을 위해 글로벌 인재 유입 및 양성 필요	약점
기초 연구개발 추진 관련 분야 기술력 축적	지진 발생 분포와 지체 구조의 특성과 관련된 지속적인 연구 수행을 통해 기초 연구 분야에 대한 수많은 연구 성과 및 노하우 축적	강점
세계 최고 수준의 ICT 기술 확보	최첨단 컴퓨팅 기술을 활용하여 빅데이터에 기반한 지진관측, 지진피해평가시스템, 대응시스템, 실시간 감시망 등 효과적인 지진방재계획 수립 가능	강점
개발 연구 미진에 따른 지진재난 문제해결 지원기술 부족	응용 연구는 70~97%로 지속적으로 높은 비중을 유지하고 있는 반면, ‘개발연구’ 분야의 비중은 약 20%대를 차지	약점
도시지역에 특화된 지진재난 관련 국가 R&D 과제 수행 증가	도시 지진재난 관련 국가 연구개발 과제 수행 건수는 2012년을 기점으로 증가	강점
민간 연구개발 참여 미비로 인한 연구개발 성과 활용 및 확산 미흡	도시지역에 특화된 지진재난 관련 국가 R&D 과제 수행 현황을 보면 산업계의 개발 참여 미흡	약점
기초연구 분야 연구 과제의 중복 추진	다부처가 참여한 지진 분야 R&D를 추진하였으나, 사업별·과제별 연구의 연계성이 부족하여 기초연구 분야의 유사·중복성 발생	약점
지진재난 관리체계 미흡	지진재난 발생 시 대응·복구 위주의 임시적인 체제로 이뤄지기 때문에 의사결정체계가 일원화되지 못하는 상황	약점
노후시설 유지관리 대책 미흡	노후시설에 대한 합리적 내진성능관리 의사결정 체계 미비	약점

## 2절 기술분류체계 구성

### 1. 기술분류체계 구성 개요

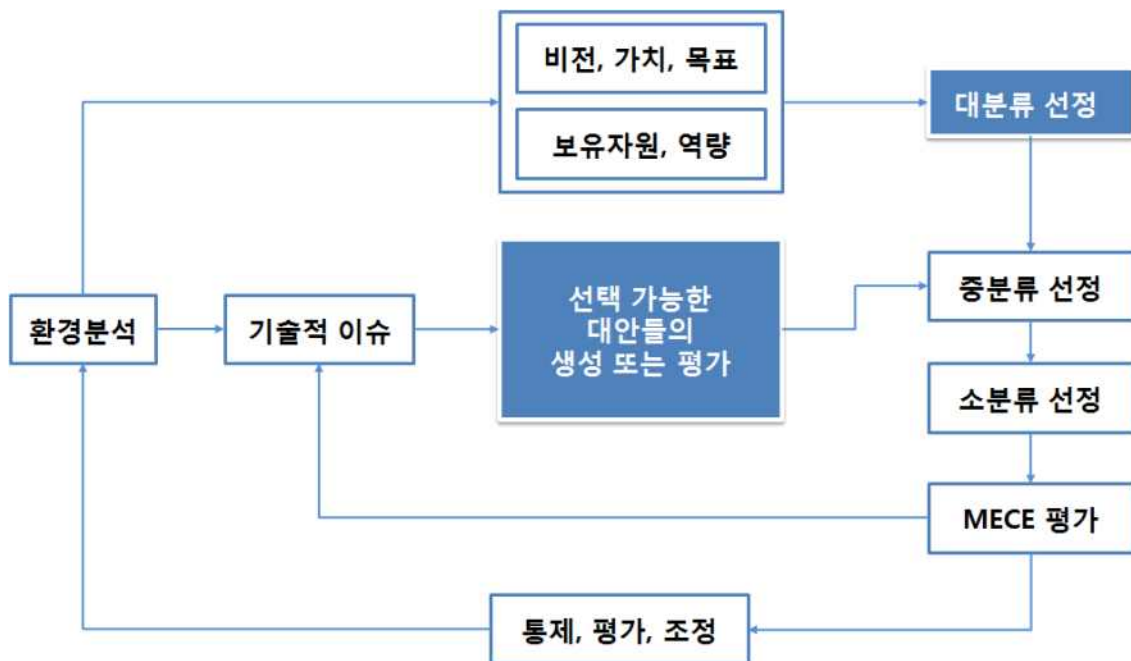
#### 1) 분석 개요

□ 기술분류체계 구성을 위하여 시나리오 플래닝 기법을 적용함

- 환경분석을 통한 기초분석 자료와 기술적 이슈를 기반으로 도시 지진재난과 관련된 기본 대분류 과제를 구성
- 설정된 대분류는 중분류, 소분류 설정 이후 MECE 원칙에 따라 중복성과 배타성을 검증함
- 피드백과정을 반복하여 최종 대분류를 선정함

□ 도시 지진관련 분야의 기술을 점검하기 위해 4개의 대분류를 구성함

[그림 6-1] 시나리오 플래닝을 통한 기술분류 구성 프로세스



[표 6-4] 도시 지진재난 기술분류체계(안)

대분류		중분류	소분류	
1	도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술	1.1 지진강도 분석	1.1.1	지진 크기 분석
			1.1.2	지진 발생 위치·거리 분석
			1.1.3	지진파 전달 매질특성 분석
			1.1.4	발생 빈도 분석
		1.2 공학적 위험요소 분석	1.2.1	시설물 종류 분석
			1.2.2	시설물 규모 분석
			1.2.3	시설물 밀집도(공간성) 분석
			1.2.4	시설물 구조특성(내진성) 분석
			1.2.5	시설물 위치특성(지반 등) 분석
			1.2.6	시설물 영향(또는 중요도) 분석
		1.3 사회경제적 위험요소 분석	1.3.1	상주인구 구성 분석
			1.3.2	상주인구 밀도 분석
			1.3.3	이동인구 구성 분석
			1.3.4	이동인구 밀도 분석
			1.3.5	고정물품 종류 분석
			1.3.6	고정물품 구성 분석
			1.3.7	고정물품 밀도 분석
			1.3.8	이동물품 종류 분석
			1.3.9	이동물품 구성 분석
1.3.10	이동물품 밀도 분석			

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

2	도시 지진재난 위험 모델링	2.1	지진 전파 모델링	2.1.1	지진 발생 예측 모델링
				2.1.2	지진 에너지 전파 모델링
		2.2	공학적 위험 모델링	2.2.1	지진 기인 복합재난 피해 예측 모델링
				2.2.2	여진 피해 예측 모델링
		2.3	사회경제적 위험 모델링	2.3.1	직접피해 추정 모델링
				2.3.1	간접피해 추정 모델링
		2.4	상호작용·네트워크 모델링	2.4.1	1차적(인접 요소간) 상호작용 모델링
				2.4.2	2차적(이격 요소간) 상호작용 모델링
3	도시 지진재난 위험 시뮬레이션	3.1	위험 모델 최적화	3.1.1	빅데이터 분석기술 기반 위험 모델 최적화
				3.1.2	지진재난 실시간 상황정보 분석 및 정보 공유
		3.2	시나리오 플래닝	3.2.1	대피·피난 시나리오
				3.2.2	구조·구난 시나리오
				3.2.3	연속성 유지 시나리오
		3.3	피해예측 평가	3.3.1	시설물 피해예측 평가
				3.3.2	물품 피해예측 평가
				3.3.3	인적 피해예측 평가
				3.3.4	피해비용 평가
				3.3.5	복구기간 평가
4	도시 지진재난 위험 저감 기술	4.1	취약성 개선 의사결정	4.1.1	취약성 결정 평가
				4.1.2	취약성 개선 의사결정 우선순위 모델링
				4.1.3	지진재난 대비 운영 체제 개선
		4.2	공학적 취약성 개선방안 도출	4.2.1	지진피해 저감 (내진, 면진, 제진, 보강 등)
				4.2.2	지진재난 폐기물 처리
		4.3	사회경제적 취약성 개선방안 도출	4.2.3	지진재난 현장 환경 복구지원
				4.3.1	지진재난 피해자 물질적 지원 및 관리
		4.3.2	지진재난 피해자 정신적 피해 관리		
		4.4	행정적 취약성 개선방안 도출	4.4.1	지진재난 관리 제도·정책 개발
				4.4.2	협력 네트워크 구축

## 2. 수요자 니즈 분석

### 1) 분석 개요

□ 실수요자의 니즈를 보다 구체화하여 반영하기 위해 기술개발 관련 수요자를 대상으로 설문조사를 실시

- 세부추진과제 도출 및 추진계획 수립, 사업 추진 효율성 증대를 도모하고, 예상되는 사업 성과물의 활용도 제고를 위해 설문조사 실시
- 수요자 니즈 분석 결과는 기술분류체계 기준 중점추진분야 설정 및 미래지향적인 도시 지진재난 기술개발 추진 계획 수립에 활용
- 수요자 니즈 조사 관련 문항을 ① 연구개발의 중요성, ② 연구개발의 시급성, ③ 기술개발 우선순위 범주로 구분하여 분석을 실시

**[표 6-5] 기술개발을 위한 수요자 니즈 조사 개요**

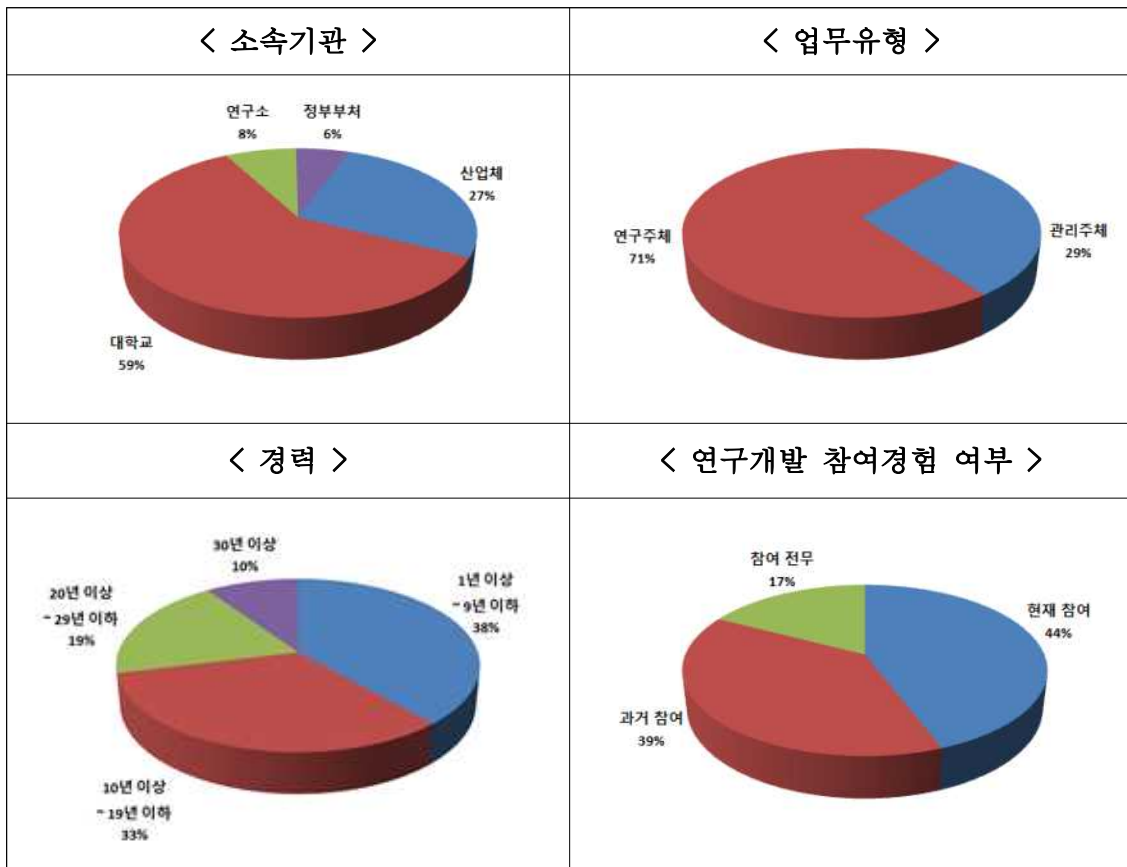
구분	내용	비고
제목	도시 지진취약성 대비기술 개발을 위한 설문조사	-
조사 기간	2015년 11월 19일 - 2015년 12월 02일 (2주)	-
조사 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진재난 관련 관리주체: 산업체, 정부부처 관계자</li> <li>▪ 지진재난 관련 연구/기술주체: 대학교, 연구기관 관계자</li> </ul>	총 52명
주요 조사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시 지진위험도 정량화 기반 지진재난 관리체계 관련 연구개발의 중요성</li> <li>▪ 도시 지진위험도 정량화 기반 지진재난 관리체계 관련 연구개발의 시급성</li> <li>▪ 연구개발 우선순위를 통한 기술개발 방향성</li> </ul>	-
수행 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처 관계자에게 설문지 배부/회수를 통한 온라인 조사</li> </ul>	-

2) 응답자 분포 현황

□ 지진 관련 국내 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처 관계자로 구성된 설문대상자 52명의 응답을 기초로 분석 실시

- 응답자 분포를 보면 산업체 14명(26.92%), 대학교 31명(59.62%), 연구소 4명(7.69%), 정부부처 3명(5.77%)이 차지
  - 이를 직위 및 담당업무 등을 통해 다시 분류하면, 관리주체 15명(29%), 연구주체 37명(71%)이 본 수요자 니즈 조사에 참여
  
- 1년 이상~9년 이하 경력을 지닌 인력(20명, 43%)이 가장 많았으며, 지진 관련 연구개발 참여 경험(현재 참여, 과거 참여)이 있는 인력은 총 37명(80%)으로 많은 비중을 차지

[그림 6-2] 설문 응답자 분포 현황



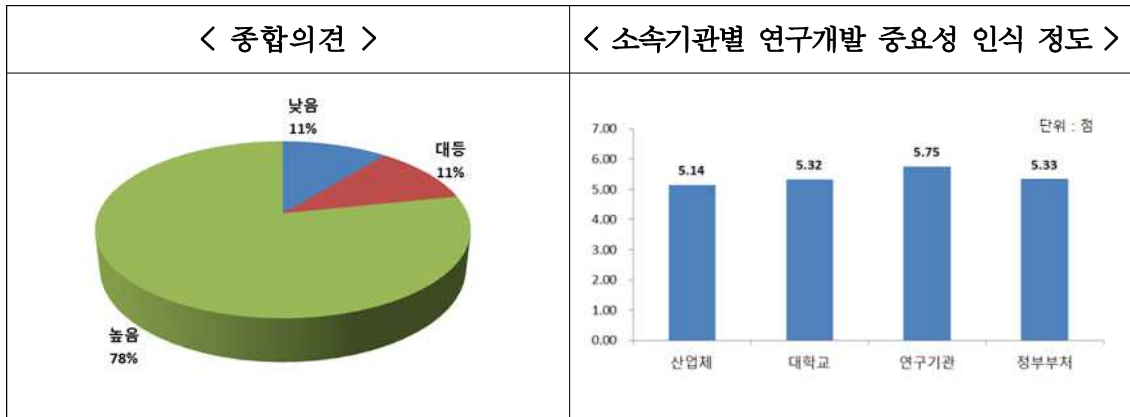
3) 분석 결과

① 연구개발의 중요성에 대한 인식

□ 도시 지진재난 관련 수요자들은 도시 지역 지진재난 관련 연구개발의 중요성이 ‘높다’ (78%) 라고 인식

- 수요자들은 여타 재난안전 연구개발 분야 대비 도시 지역에서 발생하는 지진 재난 관련 연구를 중요하게 생각
- 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처 모두 연구개발 중요성이 ‘높다’ (5.14~5.75점) 고 인식

[그림 6-3] 연구개발 중요성에 대한 의견

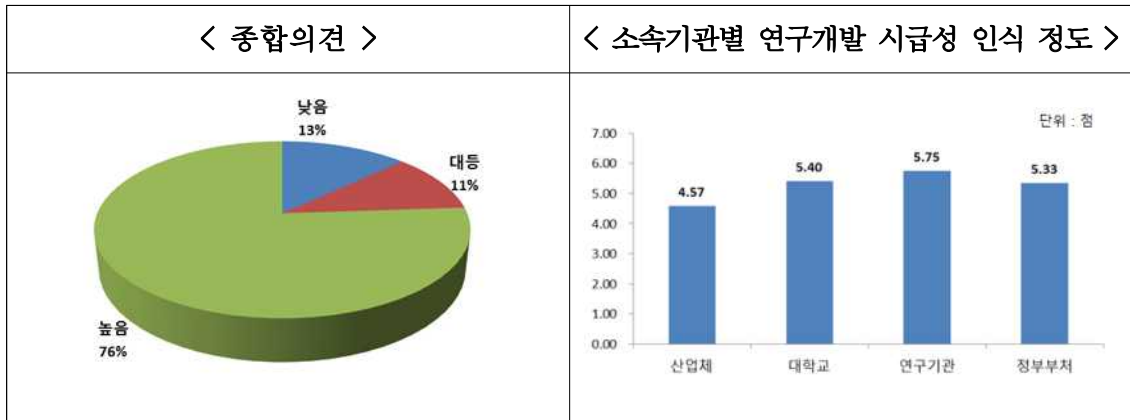


② 연구개발의 시급성에 대한 인식

□ 도시 지진재난 관련 수요자들은 도시 지역 지진재난 관련 연구개발의 시급성이 ‘높다’ (76%)고 인식

- 도시 지역에서 발생하는 지진재난 관련 연구를 여타 재난안전 연구개발 분야 대비 더 시급하게 추진해야 한다고 생각
- 대학교, 연구기관, 정부부처 모두 연구개발 시급성이 ‘높다’ (5.33~5.75점)고 인식하는 것으로 나타난 반면, 산업체는 다소 ‘대등하다’ (4.57점)고 평가

[그림 6-4] 연구개발 시급성에 대한 의견



③ 연구개발의 중요성 및 시급성에 대한 인식

□ 국내 산업체, 대학교, 연구기관, 정부부처 전문가는 도시 지진재난 연구개발의 중요성 및 시급성이 모두 ‘높다’ 고 인식

○ 대학교, 연구기관, 정부부처는 도시 지진재난 연구개발의 중요성 및 시급성이 평균보다 ‘높다’ 고 인식하고 있는 반면, 산업체는 연구개발의 중요성 및 시급성을 전체 평균보다 낮게 인식하고 있음

[그림 6-5] 연구개발 중요성 및 시급성에 대한 종합 의견



④ 기술개발 우선순위에 대한 인식

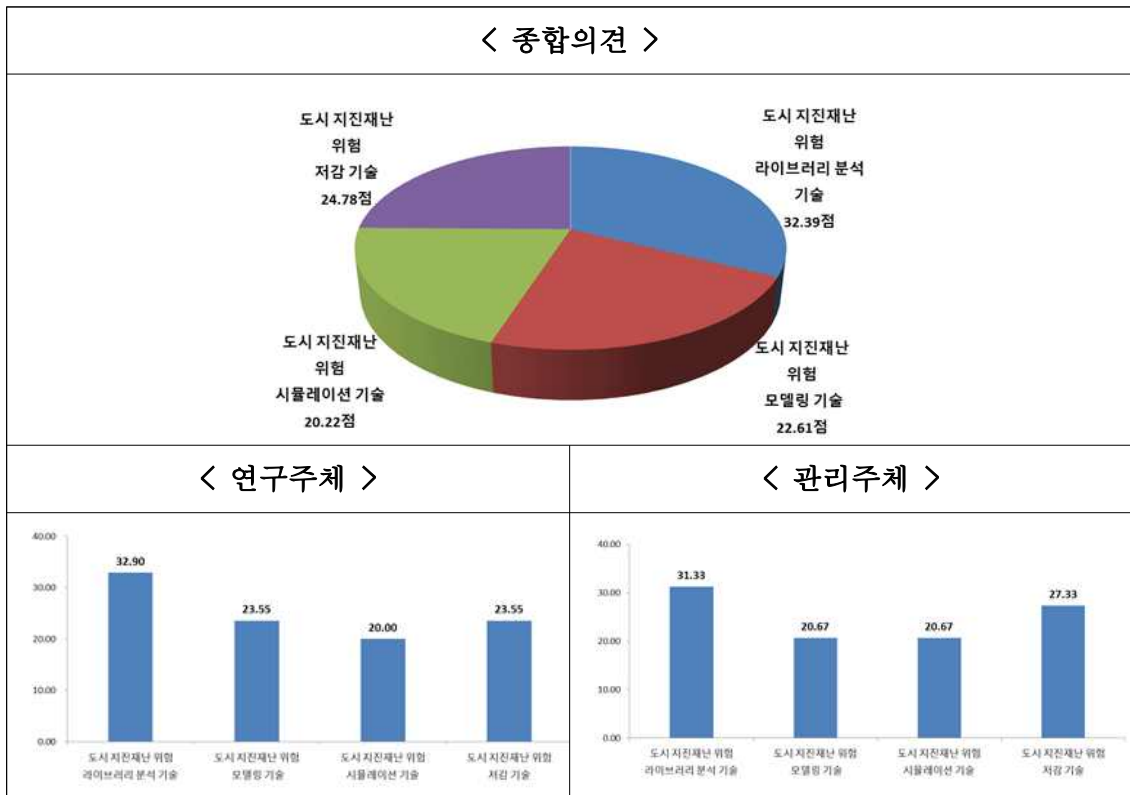
□ 도시 지진재난 관련 위험도 분석 기술 확보를 위해 가장 우선순위로 추진해야 하는 과제는 ‘도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술’ (32.39%)로 나타났고, 다음으로 ‘도시 지진재난 위험 저감 기술’ (24.78%)로 나타남

○ 연구주체는 ‘도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술’ (32.90점)을 가장 우선적으로 추진해야 한다고 나타났으며, 관리주체 또한 ‘도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술’ (31.33점)을 가장 우선적으로 추진해야 한다고 응답

□ 응용 및 개발연구단계에 해당하는 ‘도시 지진재난 위험 모델링 기술’ 과 ‘도시 지진재난 위험 시뮬레이션 기술’ 은 우선적으로 추진해야 한다는 인식이 상대적으로 낮음

○ 이는 도시 지진재난 관련 국가 연구개발 과제의 현황 분석에서도 나타나듯이, 현재 우리나라 지진재난 관련 기술개발은 응용 및 개발 연구 단계의 실제 현장 적용이 가능한 기술은 아직 우선순위가 낮고 여전히 기초 연구단계에 머물고 있음

〈그림 6-6〉 기술개발 우선순위에 대한 의견



### 3절 추진전략 및 전략사업 도출

#### 1. 추진전략 도출

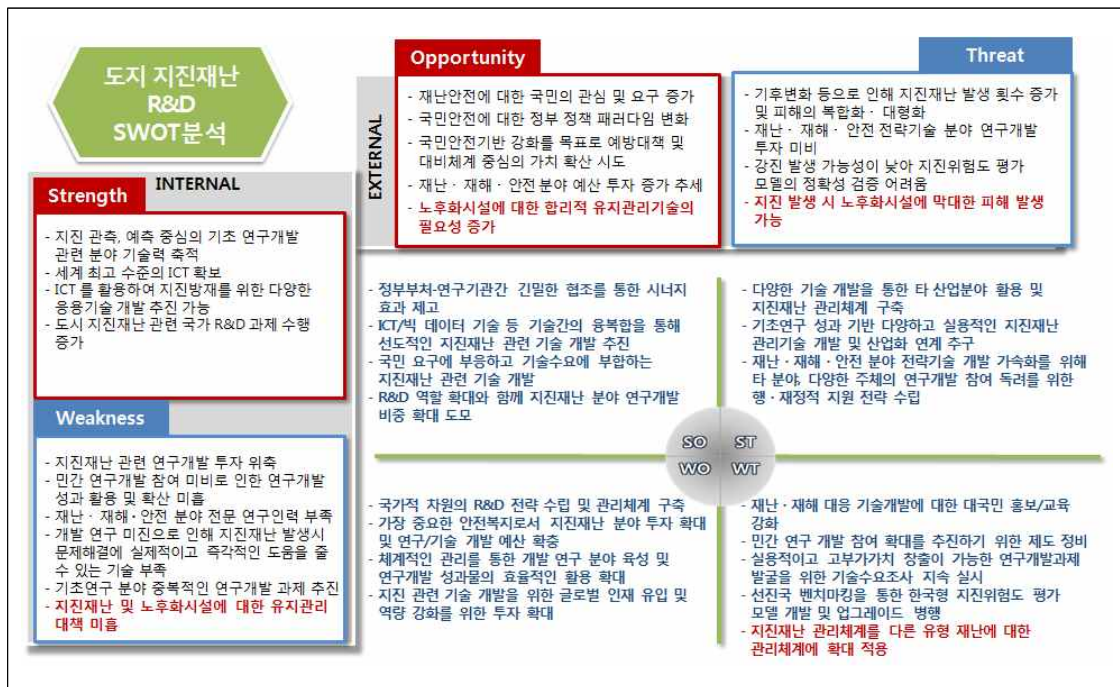
□ SWOT 분석을 통해 지진재난 분야를 위한 외부환경 및 내부역량 분석을 통한 기회 및 위협, 강점 및 약점을 종합하여 전략 및 시사점을 도출

○ SWOT 분석은 수집된 정보를 통해 내부의 강점(Strengths), 약점(Weaknesses), 외부의 기회(Opportunities), 위협(Threats)을 규정하여 포괄적으로 평가하고 분석함으로써 사업에 대한 전략적 계획(Strategic Planning)을 세우기 위한 분석 도구

○ 전략적 계획은 강점을 가지고 기회를 살리는 SO전략, 강점을 가지고 위협을 회피하거나 최소화하는 ST전략, 약점을 보완하여 기회를 살리는 WO전략, 약점을 보완하면서 동시에 위협을 회피하거나 최소화하는 WT전략으로 구분

□ 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업의 전략적 방향을 도출하기 위해 ‘SWOT Framework’ 을 활용하여 분석하였으며, 외부 기회 및 위협요인, 사업의 내부 강점 및 약점요인을 정리한 내용은 다음과 같음

[그림 6-7] SWOT 분석을 통한 전략방향 도출



□ 강점과 약점, 기회 요인 및 위협 요인을 조합하여 SWOT 분석을 통해 SO 전략, WO 전략, ST 전략, WT 전략을 도출

- SO 전략: 내부의 강점과 외부의 기회를 활용하여 성장을 이루는 전략
  - 정부부처-연구기관 간 긴밀한 협조를 통한 시너지 효과 제고
  - ICT/빅 데이터 기술 등 기술 간의 융복합을 통해 선도적인 지진재난 관련 기술 개발 추진
  - 국민 요구에 부응하고 기술수요에 부합하는 지진재난 관련 예방기술 개발
  - R&D 역할 확대와 함께 지진재난 분야 예방 연구개발 비중 확대 도모
  
- WO 전략: 외부의 기회를 활용하기 위해 내부의 약점을 보완하는 전략
  - 국가적 차원의 지진재난 R&D 전략 수립 및 관리체계 구축
  - 가장 중요한 안전복지로서 지진재난 분야 투자 확대 및 연구/기술 개발 예산 확충
  - 체계적인 관리를 통한 개발 연구 분야 육성 및 연구개발 성과물의 효율적인 활용 확대
  - 지진 관련 기술 개발을 위한 글로벌 인재 유입 및 역량 강화를 위한 투자 확대
  
- ST 전략: 내부의 강점을 더욱 강화하여 외부 위협을 최소화 하는 전략
  - 다양한 기술 개발을 통한 타 산업분야 활용 및 지진재난 관리체계 구축
  - 기초연구 성과 기반 다양하고 실용적인 지진재난 예방안전기술 개발 및 산업화 연계 추구
  - 선진국 벤치마킹을 통한 한국형 지진취약성 평가 모델 개발 및 오픈 플랫폼 업그레이드 병행
  
- WT 전략: 내부의 약점을 보완하여 외부 위협으로부터 생존하는 전략
  - 민간 연구 개발 참여 확대를 추진하기 위한 제도 정비 및 재정적 지원 전략 수립
  - 도시 지진취약성을 증가시키는 환경에 대응할 수 있는 대비책 개선
  - 기반시설 노후화 예방을 위한 실용적인 연구개발과제 발굴 및 기술 개발
  - 지진재난 관리체계를 다른 유형의 재난관리체계로 확대 적용

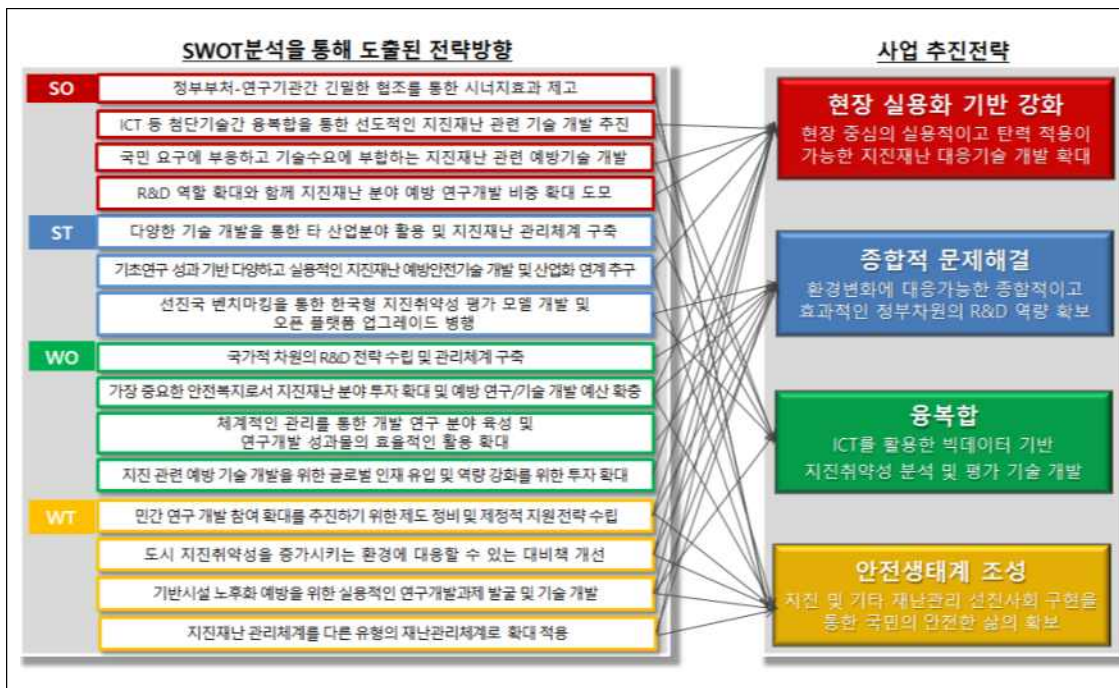
□ SWOT Matrix 분석 결과 도출된 각각의 SO 전략, WO 전략, ST 전략, WT 전략을 전략 간 연계성 관점에서 재조합하여 최종적인 지진재난 R&D 사업 추진전략 도출

- 도출된 사업 추진전략은 순환형 지진재난 관리체계 구축 연구의 기획 전략 방향과 연계성 검토를 통해 지진재난 R&D 사업의 내역사업 구성(안) 도출에 활용

지진재난 R&D 사업의 4가지 최종적인 추진전략

- 사업 추진전략 #1: 현장 실용화 기반 강화
  - 현장 중심의 실용적이고 탄력 적용이 가능한 지진재난 대응기술 개발 확대
- 사업 추진전략 #2: 종합적 문제해결
  - 환경변화에 대응 가능한 종합적이고 효과적인 정부차원의 R&D 역량 확보
- 사업 추진전략 #3: 융복합
  - ICT를 활용한 빅데이터 기반 지진취약성 분석 기술 및 플랫폼 개발
- 사업 추진전략 #4: 안전생태계 조성
  - 지진 및 기타 재난관리 선진사회 구현을 통한 국민의 안전한 삶의 확보

[그림 6-8] 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업 추진전략 도출



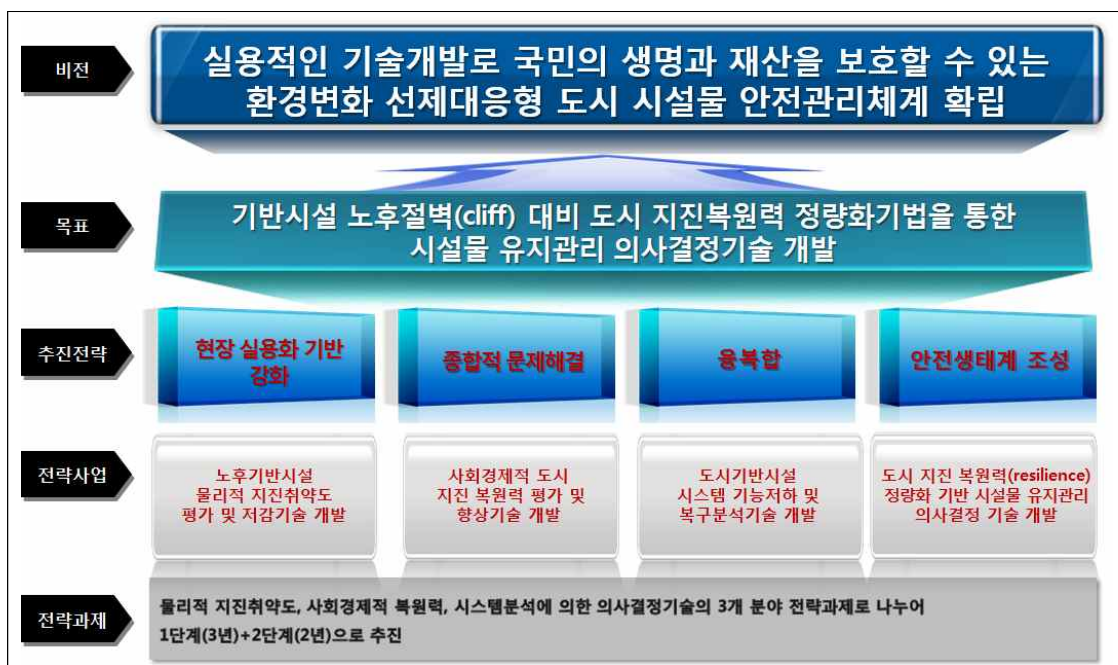
## 2. 전략사업 도출

- 지진재난 R&D 사업 전략방향과의 연계성, 환경 및 현황분석 결과, 기술분류체계와의 매칭을 통해 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 내역사업을 도출
  - R&D 현황 및 환경분석으로부터 전략 사업 방향을 설정할 수 있는 17개의 키워드 도출하고, 전략 키워드를 기반으로 도시 지진복원력 정량화 및 노후기반시설의 예방안전 기술 개발에 필요한 기술을 총 4개로 구분
  - R&D 현황 및 환경분석, 전략 키워드, 기술분류 간의 연계성을 검토한 결과, ① 노후기반시설 물리적 지진취약도(Fragility) 분석 및 예측 기술 개발, ② 도시 기반시설 시스템 복원력(Resilience) 분석 기술 개발, ③ 사회경제적 도시 지진취약성(Vulnerability) 평가 기술 개발, ④ 도시 지진복원력 정량화 기반 시설물 예방안전 의사결정 기술 개발로 내역사업(안)을 도출

## 4절 비전 및 목표

- 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업의 비전은 ‘실용적인 기술개발로 국민의 생명과 재산을 보호할 수 있도록 도시 노후시설물에 대한 환경변화 선제 대응형 안전관리체계 확립’ 으로 선정
  - 비전 실현을 위해서는 기반시설 노후절벽(cliff)대비 도시 지진복원력 정량화 기법 및 합리적 유지관리 기술 개발 필요
  - 지진재난 대비 노후시설 개선기술 사업을 추진하기 위해 연간 연구개발비를 국가 전체 연구개발비의 1%(연간 1,500억원 이상 수준)로 확대하는 것이 필요
  - 지진재난과 같은 환경변화에 대응할 수 있는 도시 노후시설물 안전관리체계 확립을 위해서는 국토교통과학기술진흥원 연구개발예산의 25%의 투입이 요구됨
- SWOT 분석을 통해 도출된 4개 사업 추진전략을 비전·목표 달성을 위한 발전전략으로 원용하고, ‘실용적인 기술개발을 기반으로 한 도시 시설물 안전관리체계’ 를 구축하기 위해 본 연구의 기획 전략방향과 연계된 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업 추진

[그림 6-9] 지진재난 대비 노후시설 개선기술 R&D 사업 비전 및 목표



## 제7장 중점추진과제



- 1절 전략사업별 중점추진과제 도출
- 2절 기술개발 로드맵



## 제7장 중점추진과제

### 1절 중점추진과제 도출

#### 1. 과제 도출 개요

□ 중점추진과제는 연구필요성, 과제성과, 사업활용기관의 3가지 관점으로 접근함

○ 연구필요성: 해당 과제의 중복성, 타당성, 당위성 검토

도로의 경우, 교량 또는 터널의 붕괴, 옹벽의 붕괴, 사면 붕괴, 지반 액상화에 의해 파괴가 발생하면 교통망으로서의 기능을 거의 할 수 없게 된다(그림 7-1). 이것이 원인이 되어 지진 직후부터는 엄청난 정체가 발생하고 소방활동, 긴급 구급활동 등이 큰 영향을 받아 지진 피해가 확대된다. 또한 구급 물자수송, 복구 활동에도 큰 지장을 초래하게 된다. 특히 간선도로가 피해를 입으면 물류 및 인적 자원 수송에 큰 영향을 주게 되어 사회기능을 회복하는데 큰 장애요소가 된다.

[그림 7-1] 지진에 의한 도로파괴



일본의 경우, 지진 시 도로망의 피해로 복구에 많은 어려움을 경험한 바 있기 때문에 지진 피해시 도로의 기능을 확보하기 위하여 종합적인 대책을 강구하고 있다. 도로시설물의 내진보강과 같은 하드한 대책과 교통규제 등의 소프트한 대책을 함께 고려하고 있다. 도로망 전체로서의 내진성능과 도로구간의 보강효과에 기초하여 중요도 등을 정량적으로 평가하고자 하는 연구를 지속하고 있다. 한편, 도로망이나 도로구간으로서의 내진성능을 평가할 때는 지진피해에 따른 기능장애를 저감하는 관점에서 광역간선도로, 긴급수송도로, 일반도로의 속성에 따라 지진 시 기대하는 내진성능을 명확히 하고 있다. 광역간선도로, 긴급수송도로에서는 공용기간 내에 1~2차례 발생하는 지진에 대해서 통행에 장애가 생기지 않도록 하고, 발생확률이 낮지만 세기가 큰 지진에 대해서는 손상이 한정되도록 하여 긴급보수에 의해서 긴급차

량의 통행 가능한 정도의 내진성능을 부여하고 있다. 일본에 있어서 도로 속성에 따라 각기 다른 내진성능을 확보하는 개념은 표 7-1과 같다.

[표 7-1] 도로 속성에 따른 내진성능 확보 개념(일본)

내진성능을 고려한 교량의 분류	광역간선도로	긴급수송도로	일반도로
지진피해를 입는 경우 기능 장애	광역 경제활동에 영향이 현저한 영향	지역단위의 긴급활동에 큰 영향	-
구조물 공용기간 내 1~2 차례 발생하는 지진에 대한 내진성능	손상에 의한 기능장애가 발생하지 않음		
구조물 동용기간 중 발생확률은 낮지만 세기가 큰 지진에 대한 내진성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>구간으로서의 내진성능 한정된 손상으로 긴급보수에 의해 긴급차량의 통행이 가능</li> <li>도로망(네트워크)로서의 내진성능 다중화 및 대체성 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구간으로서의 내진성능에 치명적인 피해를 방지</li> </ul>	
대규모 단층변위에 대한 내진성능	하나의 단층변위에 기인하는 손상, 피해에 의해 어떤 지역의 도로전체가 단절되는 등 도로기능의 장애가 발생되지 않도록 도로망(네트워크)의 여용력을 확보		

우리나라의 도로교는 1992년 도로교시방서에 지진하중이 처음으로 고려되면서 시작 되었지만 다른 도로시설물은 1995년 자연재해대책법에 의해 도로시설물이 내진설계 대상시설물로 지정되면서 시작되었다. 따라서 아직도 많은 도로시설물은 내진설계가 되어 있지 않아 지진에 매우 취약한 상황이다.

도로의 주요 시설물인 교량과 터널의 경우, 대부분 내진I등급으로 분류되며 이들 내진등급 구조물은 재현주기 1000년 지진에 대해서 ‘붕괴방지’를 목표로 내진설계가 수행된다(표 7-2 및 표 7-3). 이러한 내진설계의 목표는 지진 시 시설물의 ‘붕괴방지’라는 목표를 쉽게 구현할 수는 있지만 지진 피해 시에도 도로의 기능을 유지하여야하는 도로에 대해서는 현행 설계법으로는 그 목표를 달성할 수 없다.

[표 7-2] 도로교의 내진등급(붕괴방지 수준)

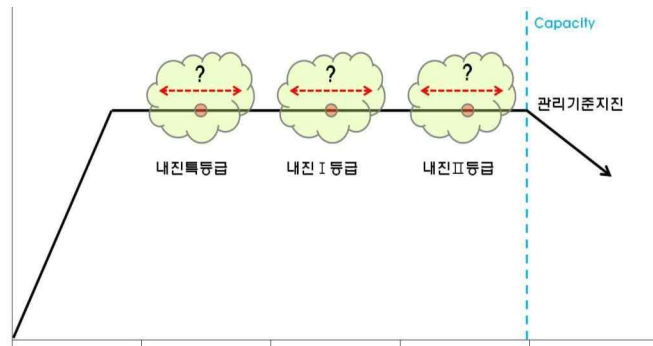
내진등급	교 량	설계지진의 평균재현주기
내진I등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량</li> <li>· 지방도, 시도 및 군도중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획교통량 기준으로 판단했을 때 중요한 교량</li> <li>· 내진등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교</li> </ul>	1000년
내진II등급	-내진I등급교에 속하지 않는 교량	500년

[표 7-3] 터널의 내진등급(붕괴방지 수준)

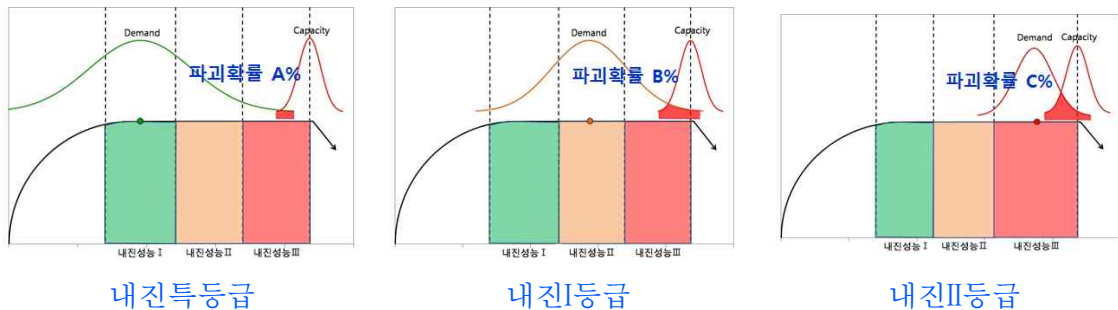
내진등급	터널	설계지진의 평균재현주기
내진I등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고속철도 및 도시철도 터널</li> <li>· 고속국도, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 터널</li> <li>· 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재 및 국방계획상 필요한 도로상에 건설된 터널</li> <li>· 내진등급으로 건설되는 구조물에 영향을 줄 수 있는 터널</li> </ul>	1,000년
내진II등급	· 내진I등급에 속하지 않는 터널	500년

지진 시 피해가 발생할 것으로 예상되는 지역 내의 도로망에는 지진 시 요구하는 기능의 중요도에 따라서 ‘매우 중요한 도로’, ‘중요한 도로’ 및 중요하지 않은 ‘일반 도로’가 함께 존재하고 이들 도로망에는 ‘내진II등급’, ‘내진I등급’ 및 ‘내진특등급’에 해당하는 도로시설물이 함께 존재하게 된다. 이 경우 설계지진이 발생하면 ‘매우 중요한 도로’에 포함되는 도로시설물의 손상은 매우 제한적이어야 하며 손상수준이 예측 가능하여야 지진 시 ‘매우 중요한 도로’로서의 기능을 유지할 수 있는지 판단할 수 있게 된다. 그러나 현행 내진설계법으로 설계된 구조물에서는 손상수준을 예측할 수 없다(그림 7-2). 즉, 지진 시 도로에 기대하는 내진성능수준을 유지하기 위해서는 도로를 구성하는 개별 도로시설물의 피해수준을 예측할 수 있어야 하며, 도로의 중요도에 따라 각기 다른 수준의 내진성능수준이 부여되어야 한다. 이를 위해서는 하나의 설계기준에 대해서 ‘붕괴방지수준’으로 통일된 내진성능수준이 아니라 각기 다르면서 손상수준이 예측 가능한 새로운 내진성능을 부여하여야 한다.(그림 7-3)

[그림 7-2] 현행 내진설계의 문제점(도로 기능 확보 측면)



[그림 7-3] 내진등급에 따른 내진성능(손상수준) 부여



한편, 모든 시설물에 공통으로 적용되는 ‘내진설계기준’에서는 시설물에 요구하는 내진성능수준을 기존의 ‘기능수행수준’과 ‘붕괴방지수준’뿐만 아니라 새롭게 ‘즉시복구수준’과 ‘장기복구수준’도 정의하고 있으며, 요구하는 내진성능수준도 표 7-4와 같이 새롭게 정의하고 있다. 표 7-4와 같이 재현주기 500년 설계지진에 대해서 시설물의 중요도에 따라서 각기 다른 내진성능수준을 부여할 수 있게 되었다. 이러한 내진성능수준은 기존의 시설물에 대해서도 동일하게 적용 가능하다.

따라서, 도로망의 분석에 의해서 각각의 도로의 중요도가 결정되면 이에 부합되도록 도로에 요구되는 내진성능수준을 설정하고 그 다음에 도로에 속하는 도로시설물의 내진성능수준(‘즉시복구수준’, ‘장기복구수준’, ‘붕괴방지수준’)을 도로의 내진성능수준에 부합되도록 부여하는 단계적 내진성능수준의 설정이 필요하다. 이렇게 도로시설물의 내진성능수준이 정의되면 도로시설물에 대한 내진성능평가(성능기반 내진성능평가)가 수행되어야 하고 내진성능평가결과 내진성능이 부족하다고 평가되는 경우에는 그 내진성능수준을 만족하도록 내진성능향상(성능기반 내진보강)작업이 수행되어야 한다. 이렇게 내진성능향상 작업이 수행된 시설물의 내진성능은

도로에 피드백 되어서 당초 설정한 도로의 내진성능수준이 만족하는 지 재검토하여야 한다.

[표 7-4] 새로운 내진성능목표(내진설계기준)

설계지진 재현주기(년)	내진성능수준			
	기능수행	즉시복구	장기복구/ 인명보호	붕괴방지
50년	Ⅱ등급			
100년	I등급	Ⅱ등급		
200년	특등급	I등급	Ⅱ등급	
500년		특등급	I등급	Ⅱ등급
1000년			특등급	I등급
2400년				특등급
4800년				특등급

이러한 절차를 표로 나타내면 표 7-5와 같다. 전체적으로 보면 도로망해석 단계(1~3단계, 7~8단계)와 도로시설물 해석 및 사회경제적 요소 평가 단계(4~6단계)로 구성된다. 첫 번째 도로망 해석 단계(1~3단계)를 통해서 주요 도로를 선정하고, 지진시 주요 도로망에 기대하는 사회경제적 복원력 또는 기능수준에 따라서 적절한 내진성능수준을 설정한다. 그러면 이 도로망에 포함되는 도로시설물은 도로망에 설정된 내진성능수준에 부합되도록 내진성능수준(손상수준)을 부여하고, 내진성능평가 및 사회경제적 요소 평가를 수행하고, 내진보강 수행 및 사회경제적 요소 향상 방안을 제시한다(4~5단계). 이 단계를 거치면 도로시설물의 내진성능수준이 확보되므로 개별 시설물별로 취약도와 사회경제적 요소 향상 방안을 정량화(6단계)하고, 이를 도로망 해석단계로 피드백하여 도로망을 재해석하고 도로의 내진성능수준을 재검토한다(7~8단계). 이러한 연구단계는 도로시설물이 시간이 경과함(노후화)에 따라서 저하되는 성능저하를 포함하여 사회경제적 복원력을 포함한 포괄적인 접근으로 실시되므로 합리적이고 장기적으로 지속 가능한 내진성능관리시스템을 구축할 수 있다.

이들 연구내용을 현행과 비교하면, 도로망해석 단계는 전혀 실시되고 있지 않으며 사회경제적인 요소를 고려하는 복원력의 개념을 고려하지 않고 있다. 도로시설물의 해석단계에서 필요한 내진성능평가와 내진보강은 현재 교량을 대상으로 시설안전공단과 도로공사에서 관련 매뉴얼을 확보하고 있으나 이는 ‘붕괴방지수준’에 대한 평가 및 보강이어서 새로운 내진성능수준(손상수준), 예를 들어 ‘즉시복구수준’, ‘장기복구수준’을 반영할 수 없다. 또한, 도로시설이 도시에 미치는 사회경제적 영향을 고려하는 방법론이 구축되어 있지 않고 있다. 따라서 본 과제에서 추구하고자 하는 연구는 현재 진행되고 있거나 과거에 수행되었던 과제와는 전혀 중복성이 없는 새로운 연구과제이다.

【표 7-5】 내진성능관리 의사결정 절차(안)

단계	대상	주요내용	세부내용	현행 비교
1		도로망해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로시설물의 그룹핑</li> <li>· 각 그룹별 지진취약도 및 사회/경제 복원력 산정</li> </ul>	현행 없음
2	도로망 및 도로	주요도로 선정 및 내진성능수준 부여	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로망 복원력 및 도로기능에 의한 선정기준 제시</li> <li>· 도로 내진성능수준 부여</li> </ul>	현행 없음
3		도로시설물의 내진성능수준 부여	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로시설물의 내진성능수준(손상수준) 부여</li> <li>· 내진성능수준별 지진거동한계 설정</li> </ul>	현행 없음(현행은 모두 ‘붕괴방지수준’ 임)
4	도로시설물 및 사회경제적 요소	도로시설물 내진성능 평가 및 사회경제적 요소 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부여된 내진성능수준 만족여부 평가(성능기반 내진성능 평가)</li> <li>· 사회경제적 요소의 영향 평가</li> </ul>	현행 없음(현행은 개별시설물에 대해서 ‘붕괴방지수준’ 평가 및 보강만 실시)
5		도로시설물 내진성능 보강(성능기반) 및 사회경제적 요소 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부여된 내진성능수준을 만족하도록 내진보강(성능기반 내진성능 보강)</li> <li>· 사회경제적 요소 향상 방안 제시</li> </ul>	
6		취약도 산정 및 복원력 산정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개별 도로시설물의 취약도산정</li> <li>· 사회경제적 요소 향상 방안을 정량화</li> <li>· 도로망해석(1단계)에 피드백</li> </ul>	
7	도로망	도로망 재해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개별시설물의 취약도와 사회경제적 요소 향상 방안을 반영한 도로망 재해석</li> </ul>	현행 없음
8	도로	도로 내진성능수준 재검토	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설정된 도로의 내진성능수준 만족여부 재검토</li> <li>· 불만족시 3~6단계 재수행</li> </ul>	

○ 과제성과: 연구성과의 활용율과 정량적 측정이 가능한지 검토 (표 7-6)

연구과제와 관련하여 각 단계별에서 생성되는 성과물은 다음과 같다. 성과물은 각 단계별 연구에서 구체적인 매뉴얼(지침서, 절차서 및 기준서)로 제시되며 이

를 통합하여 도로망을 해석하고 내진성능관리 의사를 결정할 수 있는 기술을 개발한다.

우리나라 도로시설물의 내진설계비율이 높지 않아서 이들 성과물의 활용성은 매우 크다. 도로교와 터널에 대해 그룹별 취약도함수가 제공되고 지진 대비 내진성능관리에 필요한 사회경제적 요소를 명확히 규정하고 이를 개선할 수 있으므로 도로망의 전반적인 성능수준을 예측할 수 있어서 지속 가능한 내진성능관리 시스템을 구축할 수 있다. 또한, 개별시설물에 대한 성능기반 내진성능평가 및 내진보강 절차서가 제공되므로 향후 새롭게 반영될 내진설계기준(성능기반 내진설계)에 대비하여 기존 시설물에 선제적으로 실시할 수 있다.

[표 7-6] 내진성능관리 의사결정 절차별 성과물

단계	대상	주요내용	세부내용	관련성과물
1	도로 망 및 도로	도로망해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로시설물의 그룹핑</li> <li>· 각 그룹별 지진취약도 및 사회/경제 복원력 산정</li> </ul>	도로망해석 및 내진성능관리의 의사결정지원 기술 교량 및 터널의 그룹별 취약도함수
2		주요도로 선정 및 내진성능수준 부여	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로망 복원력 및 도로기능에 의한 선정기준 제시</li> <li>· 도로 내진성능수준 부여</li> </ul>	도로성능기준서
3	도로 시설 물 및 복원 력	도로시설물의 내진성능수준 부여	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로시설물의 내진성능수준(손상수준) 부여</li> <li>· 내진성능수준별 지진거동한계 설정</li> </ul>	도로시설물의 성능기준서
4		도로시설물 내진성능 평가 및 복원력 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부여된 내진성능수준 만족여부 평가(성능기반 내진성능 평가)</li> <li>· 복원력 평가</li> </ul>	성능기반 내진성능 평가 절차서
5		도로시설물 내진성능 보강(성능기반) 및 복원력 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부여된 내진성능수준을 만족하도록 내진보강(성능기반 내진성능 보강)</li> <li>· 복원력 향상 방안 제시</li> </ul>	성능기반 내진성능 보강 절차서
6	도로 망 및 도로	취약도 산정 및 복원력 산정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개별 도로시설물의 취약도산정</li> <li>· 복원력 향상 방안을 정량화</li> <li>· 도로망해석(1단계)에 피드백</li> </ul>	취약도함수 산정 절차서
7		도로망 재해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개별시설물의 취약도와 복원력 향상 방안을 반영한 도로망 재해석</li> </ul>	도로망해석 및 내진성능관리의 의사결정지원 기술
8	도로 내진성능수준 재검토	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설정된 도로의 내진성능수준 만족여부 재검토</li> <li>· 불만족시 3~6단계 재수행</li> </ul>		

○ 사업활용기관: 적법한 기관 활용도와 사업 확장성 검토

본 과제의 연구성과를 활용하는 기관은 크게 중앙정부 관계부처, 지자체 및 시

설물 관리기관이다.

경주 및 포항지진을 계기로 행정안전부에서는 국가적 차원의 종합지진방재대책을 수립 중에 있다. 합리적인 대책을 수립하기 위해서는 지진 시 피해수준을 예측할 수 있어야 하며 이를 위해서는 시설물별 취약도합수가 절대적으로 필요하다. 현재 행정안전부에서 운용 중인 지진피해 모사 시스템 내에는 도로시설물에 대한 취약도 정보가 탑재되어 있지 않다. 본 과제를 통해서 주요 시설물에 대한 그룹별의 취약도합수가 완성되면 이를 지진피해 모사 시스템에 활용할 수 있다.

무엇보다 가장 중요한 기관은 도로시설물을 관장하는 국토교통부이다. 도로는 지진 시 사회기능을 조속히 회복하고 2차 피해로 확대되는 것을 방지하는 매우 중요한 기간시설물이다. 도로망의 정량적인 중요도를 파악할 수 있고, 지진에 의한 도로망의 피해를 예측할 수 있어서 적절한 수준의 지진대비책을 수립할 수 있다. 향후, 내진설계의 개념은 ‘붕괴방지수준’의 설계를 벗어나서 성능기반 내진설계로 전환되어야 하고 사회경제적 복원력의 개념을 적용한 포괄적인 접근이 필요하다. 공공시설물 중에서 가장 많은 시설물을 관리하는 국토부가 이를 추진하는 첨병의 위치에 있다. 해외의 예를 보더라도 성능기반 내진설계의 개념은 기존 시설물에 우선적으로 적용되어 왔다. 따라서 도로가 사회경제적 복원력에 미치는 영향에 따라 도로시설물에 적절한 내진성능을 부여하고 확보하는 기술은 향후 도로시설물의 성능기반 내진설계를 위한 기초 연구에 해당되며 이는 도로시설물 뿐만 아니라 모든 시설물에 공통적으로 적용 가능하다. 지차체의 경우에도 지자체 수준의 지진방재 계획이 수립되어야 하며 도로망에 대한 합리적인 내진성능관리 시스템을 제공할 수 있다.

기존 도로시설물을 관리하는 시설안전공단과 도로공사에서는 도로시설물의 내진성능을 확보하기 위해서는 내진성능 평가 및 내진보강 매뉴얼이 필요하다. 현행 매뉴얼은 ‘붕괴방지수준’의 평가 및 보강 매뉴얼이어서 향후 성능기반 평가 및 보강을 위해서는 개정이 불가피하다. 따라서 본 연구를 통해서 성능기반 내진성능 평가 및 보강에 대한 기본개념과 구체적인 절차서를 제공하며 향후 일관성 있는 관련 매뉴얼의 작성이 가능하다.

본 연구의 주요 목표는 기존 도로시설물의 지진피해 및 복원력을 고려한 합리적 내진성능관리 의사결정지원 시스템을 제공하는 것이다. 이를 위한 핵심기술요소로서 도로시설물의 지진취약도 및 지진복원력의 평가 기술이 필요하다. 이 연구에 포함되는 새로운 내진관련 개념은 ‘성능기반 평가 및 보강’과 취약도합

수에 기반한 ‘확률론적 지진복원력 평가’이다. 이러한 개념은 도로시설물뿐만 아니라 모든 기존 시설물로 확대 가능하며, 기존 시설물뿐만 아니라 향후 신설 구조물의 내진설계에도 반영 가능하다. 내진설계 공통사항(행정안전부, 2017)에서 이미 성능기반 내진설계 개념이 반영되어 있으므로 타 시설 및 신설구조물에 대한 본 연구의 활용가치는 매우 크다.

□ 도출 연구과제: 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발

- 연구목표: 도로시설의 노후화를 고려하여 지진 이전 내진 보수·보강에 대한 의사결정을 지원하는 기술을 개발하여, 보수·보강 예산의 효율적 집행이 가능하도록 하는 것이 목표임.
- 도로시설: 교량, 터널, 도로옹벽, 사면노반 등을 칭함. 본 연구에서는 교량, 터널, 사면 및 옹벽을 연구범위로 함
- 내진성능관리: 지진 이전 또는 지진 이후, 시설물에 대한 지속적인 평가(물리적 취약도, 네트워크해석 및 사회경제적 복원력 평가) 및 내진보수·보강을 통하여 목표로 하는 요구 내진성능수준을 유지·확보할 수 있도록 대상 시설물을 관리하는 것을 의미함. 본 연구에서는 지진 이전 시설물의 내진성능관리(보수·보강)를 연구범위로 함
- 지진복원력: 도로망의 사회경제적 요소와 물리적 요소가 작동하여 지진피해로부터 원상복구하는 능력을 의미함. 구성요소들의 불확실성을 고려하여 도로망의 사회경제적 비용 및 피해, 성능저하, 복구수준, 복구비용 또는 복구기간으로 정량화할 수 있음. 지진복원력을 정량화하기 위해서는 지진재해도 정의, 개별 시설의 물리적 지진취약도 정의, 개별 시설물 간의 네트워크해석을 통한 지진위험도 계산, 위험도를 토대로 지진복원력을 계산하는 절차를 따름. 본 연구는 이 절차에 필요한 근거자료들을 구축하기 위한 연구이며, 이 절차에 따라 복원력을 정량화 하고 이를 노후 도로시설물의 내진성능관리 의사결정에 활용하는 것임
- 노후화: 긴 시간에 걸쳐 여러 요인에 의해 발생하는 성능의 저하를 의미함. 특별히, 내진성능 노후화는 재료적(콘크리트 열화, 철근 부식, 받침고무 경화), 환경적(누수, 동결융해, 세굴, 염해, 피로하중, 지진하중), 태생적(설계오류, 재료분리, 철근정착, 철근이음, 철근후크, 철근피복 등) 요인에 의해 발생.

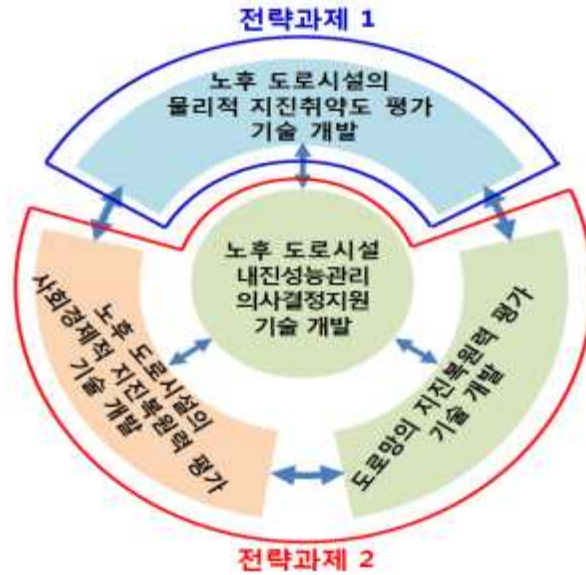
본 연구에서는 재료적 요인에 의한 노후화를 고려하는 것을 연구범위로 함

- 입력지진: 지진규모보다는 내진기준에서 정의하는 설계지진을 입력지진으로 고려함. 또는 발생 가능한 지진 시나리오를 토대로 설계지진에 준하는 지진의 공간적 분포를 정의하여 도로망에 적용시킴

□ 최종 3개의 전략과제 도출

- 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술을 구성하는 연구 분야는 다음과 같이 4개 분야로 나눌 수 있음.
  - ✓ 분야 1: 노후 도로시설의 물리적 지진취약도 평가
  - ✓ 분야 2: 노후 도로시설의 사회경제적 지진복원력 평가
  - ✓ 분야 3: 도로망의 지진복원력 평가
  - ✓ 분야 4: 노후 도로시설 내진성능관리 의사결정지원 기술
- 분야 1 ‘노후 도로시설의 물리적 지진취약도 평가’에서는, 도로시설물의 노후도를 고려한 지진취약도 함수를 개발하고, 이를 위한 실험 및 해석이 수행되고, 노후 도로시설의 보수·보강 효과를 고려한 물리적 지진취약도 평가가 수행됨. 분야 2 ‘노후 도로시설의 사회경제적 지진복원력 평가’에서는 사회경제적 복원력 평가를 수행함. 분야 3 ‘도로망의 지진복원력 평가’에서는 요소들 사이 상호관계를 고려한 도로망의 네트워크 해석 기반으로 한 복원력 평가를 수행함. 분야 4 ‘노후 도로시설 내진성능관리 의사결정지원 기술’에서는 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리의 시기와 투입비용에 대한 의사결정을 지원하는 기술을 개발함.
- 이를 아래와 같이 2개의 전략과제로 정리함(그림 7-4).
  - ✓ 전략과제 1 (분야 1): 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발
  - ✓ 전략과제 2 (분야 2, 3 & 4): 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원기술 개발 및 시범적용

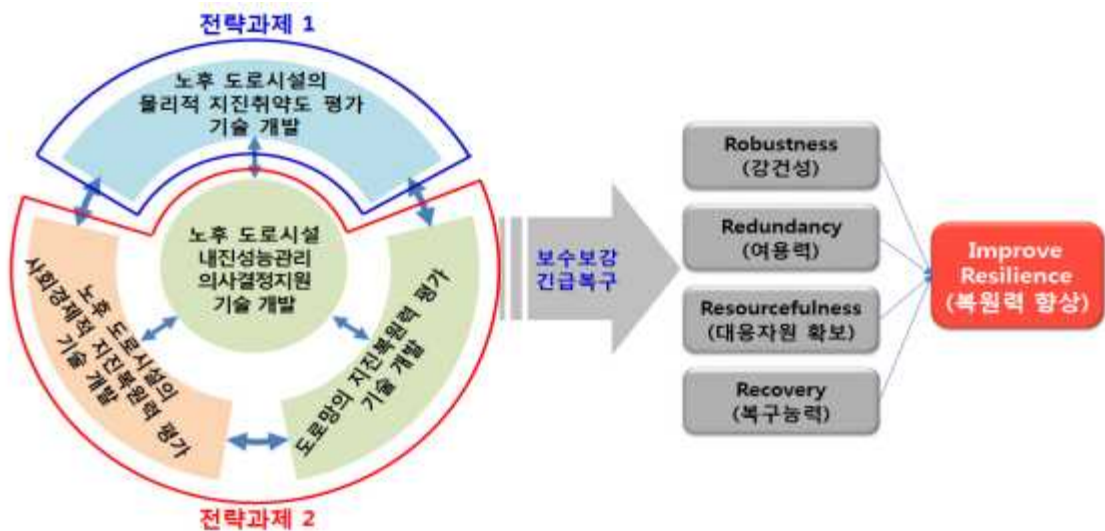
(그림 7-4) 전략과제간 연계 프로세스



□ 지진재난의 복원력을 기준으로 전략과제 간 연계성을 검토

- 2개 전략과제를 도출하여 복원력의 기본개념인 4R(강건성, 여유력, 대응자원 확보, 복구능력) 점검을 실시한 뒤, 과제 연계성을 검토
- 지진 직후 긴급복구와 지진 이전 내진보강에 대한 의사결정을 위해, 물리적 지진취약도 평가 및 저감 기술은 기초기술로서 필요. 긴급복구는 복구능력을 증가시켜 주며 내진보강은 도로망의 강건성과 여유력을 증가

(그림 7-5) 도시 지진재난 복원력과 전략과제 연계성



## 2. 세부전략과제

### 1) 전략과제 1: 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발

#### ○ 연구필요성

- 지진에 의한 도로망 기능장애 저감 및 복원하는 기술의 합리적 선택 및 그 영향에 대한 정량적 평가 필요 (내진보강 영향 평가 프로그램 개발 필요)
  - \* 서울시내 한강교량의 85.71%가 시설물 안전 C등급으로 나타남
- 전국 도로시설의 노후화에 따라 이에 대한 합리적 유지보수관리 의사결정을 통한 효율적 예산 집행 필요.
- 노후 도로시설의 지진에 의한 기능장애로 인한 사회경제적 복원력 평가 기법 개발을 통한 유지보수에 대한 의사결정지원 기법 개발 필요 (유지보수관리 의사결정지원 플랫폼 개발 필요)
- 지진에 의한 도로망 기능장애를 저감 및 복원하는 기술의 합리적 선택 및 그 영향에 대한 정량적 평가 필요 (내진보강 영향 평가 필요)
- 노후 도로시설의 복원력 분석·진단 및 평가를 통해 도로시설의 지속가능한 관리 및 복원력 향상을 위한 대책 수립 필요
- 국가 또는 도시의 사회경제적 지진 복원력을 평가하기 위해서는 주요 도로시설물의 지진 시 장단기 재난대응성능 수준을 평가하는 것이 필요
- 지진에 의한 도로망 기능장애로 인해 장단기적으로 발생하는 사회경제적 복원력에 대한 정량적 평가 필요 (프로그램 개발 필요)
- 노후화된 교통시설은 단기적으로 재난 대응에 필요한 긴급복구를 방해할 수 있고, 장기적으로 지역사회의 유지 및 발전을 저해할 수 있음 (사회경제적 영향 평가 필요)
- 지진화산재해대책법에 의한 ‘기존시설물 내진보강 기본계획(’ 11~’ 15년)에 따르면 2016년 이후에도 5년 단위로 4단계에 걸쳐서 24조원의 재원 투입 예정

#### ○ 과제성과

- 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설 내진성능수준 결정 기술 보고서
  - ✓ 도로의 내진 등급에 따른 내진성능수준 결정 기술
  - ✓ 도로시설물의 내진성능수준에 따른 부재 손상수준 결정 기술
  - ✓ 도로망과 도로시설물의 내진성능수준 연계 기술
- 도로시설물의 지진거동특성 정량화 기술 보고서
  - ✓ 도로시설물 형식별 지진거동특성 정량화 기술
  - ✓ 요구내진성능수준, 부재별·손상수준별 거동한계상태(허용손상수준)에 따른 정량화 기술
  - ✓ 노후도를 고려한 도로시설물 지진거동특성 정량화 기술
- 도로시설물 노후도를 고려한 지진취약도 정립 기술 보고서

■■■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■■■

- ✓ 노후도를 고려한 도로시설물 구조부재의 지진취약도 함수
- ✓ 노후 도로시설물의 지진취약도 함수
- 대표재료의 노후도 반영 역학적 특성 모델
- 내진보수보강 재료의 역학적 특성 모델
- 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼
- 내진 보수보강 시설물 평가 매뉴얼
- 도로시설물 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리
  - ✓ 내진보수·보강 공법 D/B
  - ✓ 내진보수·보강 부재의 역학적 거동 특성 및 효과 정량화 기술
  - ✓ 내진보수·보강 공법 선정 합리화 기법
  - ✓ 내진성능 보수·보강 공법별 내진성능향상효과 평가 기술
- 도로시설물 내진보수보강 공법별 지진취약도 정립 기술 보고서
  - ✓ 내진보수·보강 기법별 도로시설물 구조부재의 지진취약도 함수
  - ✓ 내진보수·보강된 도로시설물의 지진취약도 함수
- 내진성능관리 의사결정지원 시스템 구축을 위한 지진취약도 라이브러리
  - ✓ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 데이터

○ 사업 활용기관

- 지진화산재해대책법에 의한 ‘기존시설물 내진보강 기본계획’에 따른 도로시설물 내진성능평가 및 보강계획 수립(국토교통부·지자체)
- 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 다양한 의사결정에 활용(국토교통부, 지자체)
- 도로시설물의 생애주기 내진성능관리 계획 수립에 활용(국토교통부·지자체)
- 주요 도로시설물 지진취약도를 방재대책 수립에 활용(국토교통부·행정안전부)
- 노후 도로시설로 인한 피해액 예측 시 활용(국립재난안전연구원, 한국시설안전공단)
- 주요 도로시설물의 내진성능 평가에 활용(내진성능평가 기관)

2) 전략과제 2: 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용

○ 연구필요성

- 전국 도로시설의 노후화에 따라 이에 대한 합리적 유지보수관리 의사결정을 통한 효율적 예산 집행 필요.
- 지진에 의한 도로망 기능장애로 인한 복원성 평가를 통해 내진보강 대상시설물의 우선순위 결정 필요 (유지보수관리 의사결정 플랫폼 개발 필요)
- 지진에 의한 도로망 기능장애를 저감 및 복원하는 기술의 합리적 선택 및 그 영향에 대한 정량적 평가 필요 (내진보강 영향 평가 필요)
- 노후 도로시설의 복원력 분석·진단 및 평가를 통해 도로시설의 지속가능한 관리 및 복원력 향상을 위한 대책 수립 필요
- 도로망의 노후화로 인한 지진재난에 대한 사회경제적 복원력 향상 기술 분석·개발을 통한 합리적인 재난피해 경감 대책 수립 필요
- 노후 도로시설의 지진에 의한 기능장애로 인한 사회경제적 복원력 평가 및 향상 기법 개발을 통한 유지보수에 대한 의사결정 기법 개발 필요
- 지진에 의한 도로망 기능장애로 인해 장단기적으로 발생하는 사회적·경제적 복원성에 대한 정량적 평가 필요 (프로그램 개발 필요)
- 도로망의 원활한 기능 유지 및 개선은 재난발생시 사회경제적 비용을 저감할 수 있기 때문에 기존 노후도로시설에 대한 복원력 향상이 중요
- 선제적 내진보강을 통한 노후 도로망의 재난 복원력 제고를 통한 재난 피해 저감 및 그로 인한 사회경제적 손실 저감
- 지진화산재해대책법에 의한 ‘기존시설물 내진보강 기본계획(’11~’15년)에 따르면 2016년 이후에도 5년 단위로 4단계에 걸쳐서 24조원의 재원 투입 예정

○ 과제성과

- 노후 도로시설물의 사회경제적 복원력 평가 기술 보고서
  - ✓ 노후도를 고려한 복원력 유형 DB
  - ✓ 노후도를 고려한 복원력 평가 기술
- 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가 S/W
  - ✓ 도로망 지진재해 시뮬레이션 S/W
  - ✓ 도로망 교통 시뮬레이션 S/W
  - ✓ 도로망 지진복원력 확률평가기법 S/W
  - ✓ 노후 도로망 복원력 영향 분석 S/W
- 지진발생 전 내진 보수·보강 의사결정지원 시스템
- 중소 도시(경주, 포항지역 등) 실제 도로망에 시범적용 및 기존 방법과 비교검증 보고서

■■■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■■■

- 실제 도로망의 시범적용을 통해 개선된 의사결정지원시스템 사용 매뉴얼(실무에 적용 가능한 효율적인 매뉴얼 작성, 발간)

○ 사업 활용기관

- 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 다양한 의사결정에 활용(국토교통부, 지자체)
- 지진으로 인한 피해의 복구 및 예방·대비 예산 산정 시 활용 가능(국토교통부, 행정안전부, 지자체)
- 노후 도로시설에 의한 사회경제적 직간접적 피해 및 영향 예측(국토교통부, 행정안전부, 한국시설안전공단)
- 지진으로 인한 피해 규모 예측 모델 개발 및 복원력 평가 모델 개발에 활용(국토교통부, 국립재난안전연구원)

## 2절 기술개발 로드맵

### 1. 총괄 기술로드맵 구성

#### □ 연구사업 수행을 위해 2가지 전략과제 구성

○ 복원력을 정의하기 위해서는 거시적 관점에서 물리적 요인, 물리적 요인 사이 상호작용을 고려하는 네트워크 요인, 사회경제적 요인을 고려해야 함. 복원력을 정의하고 나면 이를 토대로 노후 도로시설물의 내진성능관리 의사결정지원 기술을 구축할 수 있음. 이와 같은 내용을 토대로 아래와 같이 연구내용을 5개로 구분하여 정의할 수 있음.

- 물리적 요인: 1) 노후 도로시설의 물리적 지진취약도 평가기법 개발과 2) 보수·보강 후 물리적 지진취약도 평가기술 개발을 목표로 진행
- 네트워크 요인: 3) 도로시설의 상호작용을 고려한 분석기법 개발
- 사회경제적 요인: 4) 사회경제적 요인을 반영한 복원력 평가기법 개발
- 의사결정지원 기술: 5) 노후 도로시설물의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발

○ 위에 언급한 5개의 연구내용은 아래 그림에 보인 바와 같은 연관성을 가짐.

- 1) 노후 도로시설의 물리적 지진취약도: 실험 및 해석을 통해 도로시설의 노후도를 고려한 지진취약도 함수를 정의함.
- 2) 보수·보강 후 물리적 지진취약도: 실험 및 해석을 통해 내진보수·보강에 의한 내진성능향상효과를 반영한 지진취약도 함수를 정의함.
- 3) 도로시설의 상호작용을 고려한 분석기법: 각 시설물의 지진취약도 사이 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능을 평가함.
- 4) 사회경제적 요인을 반영한 복원력 평가기법: 노후 도로시설 및 도로망의 사회경제적 복원력을 평가함.
- 5) 노후 도로시설물의 내진성능관리 의사결정지원 기술: 복원력 정량화를 토대로 지진발생 전 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템을 구축함.

[그림 7-6] 총괄 기술로드맵



2. 전략과제별 로드맵

□ 전략과제 1: 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발

- 연구목표(최종목표)
  - 도로시설의 노후도를 고려한 지진취약도 평가기술 개발
- 연구내용, 예산 및 성과물

[표 7-7] 전략과제 1의 연구내용, 예산 및 성과물

구분	연구내용	예산 (백만원)
1. 도로시설물별 지진거동특성 정량화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설의 내진성능수준 결정 기술 및 부재 손상수준 결정 기술 개발</li> <li>✓ 도로시설물 대표요소에 대한 요구내진성능수준별 지진거동특성 정량화 기술 개발</li> </ul>	500
2. 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 정립 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 도로시설물 대표재료 및 대표요소의 실험 검증 및 문헌자료 분석을 통한 노후거동특성 모델 개발</li> <li>✓ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 적용을 위한 지진취약도 함수 표준형식 선정</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진거동 정량화 기술 개발</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 함수 개발</li> </ul>	6,000
3. 내진 보수보강 공법 라이브러리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 정량화 기술 개발</li> <li>✓ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 지진취약도 함수 개발</li> <li>✓ 도로시설물의 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리 구축</li> </ul>	1,500
합계		8,000
성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설 내진성능수준 결정 기술</li> <li>✓ 도로시설물의 지진거동특성 정량화 기술</li> <li>✓ 도로시설물 노후도를 고려한 지진취약도 정립 기술</li> <li>✓ 대표재료의 노후도 반영 역학적 특성 모델</li> <li>✓ 내진보수·보강 재료의 역학적 특성 모델</li> <li>✓ 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼</li> <li>✓ 내진 보수·보강 시설물 평가 매뉴얼</li> <li>✓ 도로시설물 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리</li> <li>✓ 도로시설물 내진보수·보강 공법별 지진취약도 정립 기술</li> <li>✓ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 구축을 위한 지진취약도 라이브러리</li> </ul>	

□ 전략과제 2: 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용

○ 연구목표(최종목표)

- 도로시설의 지진취약도를 토대로 도로망의 성능과 사회경제적 복원력을 평가하여 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정을 지원하는 기술을 구축하고 시범적용함.

○ 연구내용, 예산 및 성과물

[표 7-8] 전략과제 2의 연구내용, 예산 및 성과물

구분	연구내용	예산 (백만원)
1. 사회경제적 복원력 평가 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 직간접 손실 및 복원력 유형 분석</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 복원력 평가기술 개발</li> </ul>	500
2. 노후 도로망 시스템 내진성능 평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가기술 개발</li> </ul>	700
3. 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 지진발생 전 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템 개발</li> <li>✓ 도로시설의 지진 직후 내진성능관리(복구) 의사결정지원 기술 개발을 위한 기초 연구 및 방안 제시</li> <li>✓ 중소 도시(경주, 포항지역 등)의 실제 도로망에 해당지역의 지반특성을 반영하여 개발기술 시범적용</li> </ul>	800
합계		2,000
성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 노후 도로시설물의 사회경제적 복원력 평가 기술</li> <li>✓ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가 S/W</li> <li>✓ 지진발생 전 내진 보수·보강 의사결정지원 시스템</li> <li>✓ 중소 도시(경주, 포항지역 등) 실제 도로망에 시범적용 및 기존 방법과 비교검증 보고서</li> <li>✓ 실제 도로망의 시범적용을 통해 개선된 의사결정지원시스템 사용 매뉴얼</li> </ul>	

## 제8장 사업 타당성 분석

---

- 1절 사업 타당성 분석 개요
- 2절 정책적 타당성 분석
- 3절 기술적 타당성 분석
- 4절 경제적 타당성 분석



## 제8장 사업 타당성 분석

### 1절 사업 타당성 분석 개요

#### □ 타당성 분석 목적 및 내용

- R&D 사업의 타당성 분석은 향후 연구비 규모 확대 등 내역사업의 예산 규모가 500억원<sup>30)</sup> 이상일 경우 예비타당성 조사를 실시해야 하며, 이에 따라 예비타당성 조사 준비를 위한 기초 자료 마련을 목적으로 하고 있음
- 지진재난 R&D 사업의 타당성 분석은 KISTEP 및 KDI에서 추진하고 있는 ‘예비타당성 조사 운용지침’ 등 예비타당성조사에서 요구하고 있는 동일한 분석 항목을 기준으로 실시하되, 사업의 특성에 따라 현 시점에서 분석하기 어려운 분석 항목은 제외하였음
- 예비타당성조사는 크게 정책적 타당성, 기술적 타당성, 경제적 타당성에 대해 평가하며 각각의 세부적인 분석 항목은 다음과 같음
  - (정책적 타당성) 국가 전략의 중요성, 상위계획과의 부합성, 사업추진의지 및 타 기관과의 협조체계, 사업추진상의 위험요인 및 대응방안 등을 분석함
  - (기술적 타당성) 기술개발계획의 적절성, 기술개발의 성공가능성, 기존 사업과의 중복성 등을 분석함
  - (경제적 타당성) 비용-편익분석 또는 비용-효과분석 등을 분석함

#### □ 타당성 분석 항목

##### **타당성 분석 기본 전제**

- 본 사업의 타당성 분석은 특정 세부사업 및 내역사업에 대한 예비타당성조사가 아니므로 예비타당성조사에서 요구하는 전체 분석 항목에 부합하는 조사·분석에는 한계가 존재함
  - ‘예비타당성조사 운용지침’ 제2장 제9조(대상사업의 단위)는 ‘세부사업’을 기준으로 예비타당성을 실시한다는 기본원칙을 제시하고 있음
  - 명확한 R&D 세부사업에 대한 내용이 없으면 예비타당성조사에서 요구하는 전체 분석 항목을 실시할 수 없음

30) 사업구상 단계에서 총사업비가 500억원 이상이면서 국가의 재정지원규모가 300억원 이상인 사업에 대해서 예비타당성 조사를 시행하고 있음

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 본 과제와 같이 중장기 계획 등에 대한 성격이 강한 경우 일괄 예비타당성조사 실시가 가능하며 이에 따라 본 분석에서는 지진재난 R&D 사업 전반에 대한 타당성 분석을 실시하였음
  - ‘예비타당성조사 운용지침’ 제2장 제10조(중장기 계획 등에 대한 일괄 예비타당성조사)에서는 사업의 중장기계획과 같이 해당 계획에 포함된 개별사업 간에 상호연계성이 높고 우선순위에 영향을 미칠 가능성이 있는 경우에는 계획에 포함된 개별사업들에 대하여 일괄 예비타당성조사를 실시할 수 있다고 제시하고 있음
- 따라서 지진재난 R&D 타당성 분석 항목은 ‘예비타당성 조사 운용지침’ 등 예비타당성조사에서 요구하고 있는 분석 항목 중 본 사업에서 가능한 항목만을 조사·분석하였음
- 향후 내역사업의 예산 규모가 500억원<sup>31)</sup> 이상일 경우 본 타당성 분석을 기초로 심층적인 예비타당성조사가 별도로 실시될 필요성이 있음

**타당성 분석 항목**

- 본 사업에 대한 타당성 분석은 예비타당성 조사 운용지침에서 요구하는 기본 분석 항목을 기준으로 다음과 같은 세부 항목에 대해 조사·분석하였음
  - (정책적 타당성) 국가 전략의 중요성, 상위계획과의 부합성, 사업추진상의 위험요인 및 대응방안
  - (기술적 타당성) 기존 사업과의 차별성(유사·중복성 검토)
  - (경제적 타당성) 비용-편익 분석

**【표 8-1】 타당성 분석 항목**

구분	분석 항목	세부 분석 항목
정책적 타당성	국가 전략의 중요성	사업 추진의 시급성
		정부지원의 필요성
	상위계획과의 부합성	국가 차원 계획과의 부합성
		부처 고유업무 및 자체계획과의 일관성
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	자원조달의 위험요인 및 대응방안
인력수급의 위험요인 및 대응방안		
기술적 타당성	기존 사업과의 차별성	유사·중복성 검토
경제적 타당성	사업 경제성	비용-편익분석

31) 사업구상 단계에서 총사업비가 500억원 이상이면서 국가의 재정지원규모가 300억원 이상인 사업에 대해서 예비타당성 조사를 시행하고 있음

## 2절 정책적 타당성 분석

### 1. 국가 전략의 중요성

#### 사업 추진의 시급성

#### □ 자연재해 및 사회적 재난의 대형화 및 피해규모 증가

- 최근 지구온난화가 빠르게 진행됨에 따라 홍수와 폭우 등 극한기후 발생빈도가 증가했으며, 자연재해 발생횟수와 피해규모도 점점 증가하는 추세<sup>32)</sup>임
- 건물의 고층화, 주거지역의 밀집화, 인구의 과밀화 등 도시환경 변화 역시 자연재해 피해에 더욱 취약해 졌으며 이로 인해 1차 피해 후 2,3차 피해가 예상되는 복합재난<sup>33)</sup>의 우려가 커지고 있음. 1995년 1월 17일 일본 효고현 남부지진의 경우, 고속도로 교량에 전도나 낙교 등의 심각한 피해를 입었고 교통 기반시설이 좁은 영역에서 동시에 큰 피해를 입어 피해 직후의 위기 대응에서 복구까지 그 영향은 상당히 광범위한 지역에 걸쳐 나타남(지진공학회 1998). 도시 교통 네트워크는 교량이나 성토의 피해, 사면 붕괴, 지반 액상화에 의해 파괴되기 때문에 교통기능이 거의 불가능하게 됨. 이것이 원인이 되어 지진 직후부터는 엄청난 정체가 발생하고 소방활동, 구급 구급활동 등이 큰 영향을 받아 지진 피해가 확대되며 구급 물자수송, 복구 활동에도 큰 지장을 초래하게 됨. 한편, 간선 교통도 피해를 입으면 물류 및 인적 자원 수송에 큰 영향을 주게 됨.
- 최근 기상이변 및 그에 따른 각종 자연재해는 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 이슈화 되고 있음
- 자연재해의 대형화, 빈발화 추세에 따라 방재 R&D 사업의 시급성 및 중요성이 증가하고 있으며 특히 최근 국지성 집중호우 등 기상이변으로 인해 피해가 확산되고 있고, 불규칙적이기 때문에 사전 예측의 중요성도 증가하고 있음
  - 태풍 ‘루사’(2002), 우면산 산사태(2011)
- 사회재난은 재산 및 인명피해 등 가시적 손실보다 비가시적 손실 규모가 더 크며,

32) 미국 보스턴보고서에 따르면 지구 온도가 1.5°C 상승하면 4억~17억명이 물부족으로 고통을 겪고, 3°C가 상승하면 300만명이 홍수와 폭우로 인한 위협에 처하게 될 것이라고 경고하고 있음

33) 2011년 동일본 대지진의 경우, 1차 피해(지진으로 인한 피해) → 2차 피해(쓰나미로 인한 피해) → 3차 피해(원자로 전력 중단으로 인한 방사능 유출) → 4차 피해(환경 및 해양 자원 오염) 등의 복합재난이 발생하였음

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

특히 자연재해에 비해 사후 수습과정에서 정치적·사회적 갈등 유발 가능성이 높고 사고 영향의 지속성이 높음

- 성수대교 붕괴(1994), 삼풍백화점 붕괴(1995), 대구지하철화재사고(2003), 세월호 사고(2014)

□ 재난·안전에 대한 국민적 불안감 증대

- 해마다 발생하는 태풍, 홍수, 산사태 등 자연재해 및 끊이지 않는 사회재난은 재난·안전 등 국가 사회 전반에 대한 국민적 불안감을 증대시키고 있음
- 안전행정부(현 행정안전부) ‘4대약 국민안전 체감도 조사<sup>34)</sup>’를 2013년 7월부터 매월 시행하고 있으며 6개월마다 조사결과를 발표\*하고 있음
  - (2013. 8) ‘안전’ 24.2%, ‘불안전’ 30.4% → (2013. 12) ‘안전’ 29.8%, ‘불안전’ 28.5% → (2014. 5) ‘안전’ 16.0%, ‘불안전’ 54.0% (안전행정부(현 행정안전부) 2013. 8, 2013. 12, 2014. 8 보도자료)
- 특히 2014년 4월 세월호 참사 이후 국민의 안전에 대한 불안감은 대폭 증대되었고 이를 해결하기 위한 정부의 노력이 시급한 실정임
  - 세월호 참사 이후 국가 재난안전관리 시스템에 대한 총체적 부실이 드러나고, 연이은 안전사고들로 국가의 재난대비·대응 역량과 시스템에 대한 국민 신뢰 저하와 사회적 갈등 심화 등이 초래되고 있음

[표 8-2] 세월호 사고 이후 발생한 주요 안전사고

사고	발생일자	피해사항
과천 삼성 SDS 화재 사고	2014. 4. 20	제휴사 등 금융서비스 등 중단
서울 지하철 2호선 전동차 추돌 사고	2014. 5. 2	부상자 238명 발생
고양종합터미널 화재 사고	2014. 5. 26	사망 8명, 부상 110명
전남 장성 요양병원 화재	2014. 5. 28	사망 21명, 부상 7명

□ 재난·재해에 대한 미래 대비 및 국가 경쟁력 확보

- 선진국의 경우 공공안전과 복지 차원에서 많은 예산을 방재분야에 집중 투

34) ‘4대약 국민안전 체감도 조사’는 사회전반 안전 체감도 및 4대약(성폭력·학교폭력·가정폭력·식품안전) 안전 체감도로 구분하여 조사하고 있음.

자하고 있는 추세임

- 또한 과거 복구중심의 재난관리에서 기후 및 사회구조 변화에 따른 재난발생 메커니즘 규명 등 첨단형 재난관리에 초점을 두고 있으며 이를 지원하기 위한 각종 방재 R&D와 미래형 정책방향을 제시하고 있음

**정부지원의 필요성**

□ 국가차원의 방재 R&D 지원의 필요성

- 도시지진재난 R&D 사업의 대상인 ‘방재’ 분야는 공공성이 강하며 재난안전 분야 역시 국가의 전략적 중점분야로서 정부 개입의 필요성이 높은 사업에 해당함
- 자연재해 및 사회적 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 방재 분야 기술개발은 공공의 이익을 위한 기술개발로써 민간투자에 따른 사업성을 확보할 수 없는 R&D 사업이 대부분으로 정부차원의 전략적 투자를 통해 국민의 안전확보와 국가 경쟁력을 높이는데 필요한 사업임
- 방재, 특히 도시지진재난 R&D 사업은 국민과 국가를 위해 꼭 필요한 사업임에도 불구하고 아직까지 시장의 규모가 작고 대규모 재원이 투입되어야 하기 때문에 영세한 방재 산업체에서 쉽게 개발에 참여하지 못하는 진입장벽 존재

□ 국민의 안전 및 삶의 질 향상을 위한 재난안전 연구 필요

- 국가의 경제적 성장이 일정수준 도달하여 의식주가 해결되면서 기본적인 욕구를 넘어, 삶의 질 차원의 안전한 환경 및 여건에 대한 욕구가 증가되었으나, 우리나라는 아직 삶의 질에 대한 국제적 수준과 국민적 욕구에 부합하지 못하고 있음
- 정부의 지속적인 예방 노력으로 자연재해에 의한 피해는 대폭 감소하였으나 국민생활환경에서 발생하는 각종 안전사고로 인한 피해는 큰 변화가 없는 실정 - 국민의 안전에 대한 욕구와 민감성이 매우 높아지고 있음
- 미국, 영국, 프랑스 등 주요 선진국(미국: 89.5%, 영국: 92.1%, 프랑스: 82.7%)은 국가 연구개발 총 예산의 80% 이상을 비산업 분야(보안, 안전, 보건, 에너지 등)에 사용하고 있으나, 우리나라는 불과 50% 정도만 비산업 분야에 투자하고 있음

- 따라서, 국민의 안전욕구와 국제적 위상에 걸맞은 사회적 환경을 조성하기 위해서는 국가 재난안전관리 역량의 향상을 위한 국가차원의 연구가 필요함

2. 상위 계획과의 부합성

**국가 차원 계획과의 부합성**

□ 사업의 법적 근거

- 본 사업은 「재난 및 안전관리 기본법」 제1조, 제3조, 제4조, 제71조, 「자연재해대책법」 제1조, 제2조, 제3조에 따라 법적 근거를 확보하고 있음

[표 8-3] 사업의 법적 근거

근거법	내용
재난 및 안전관리 기본법	<p><b>제1조(목적)</b> 이 법은 각종 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위하여 국가와 지방자치단체의 재난 및 안전관리체제를 확립하고, 재난의 예방·대응·복구와 안전문화활동, 그 밖에 재난 및 안전관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다. &lt;개정 2013.8.6.&gt;</p> <p><b>제2조(기본이념)</b> 이 법은 재난을 예방하고 재난이 발생한 경우 그 피해를 최소화하는 것이 국가와 지방자치단체의 기본적 의무임을 확인하고, 모든 국민과 국가·지방자치단체가 국민의 생명 및 신체의 안전과 재산보호에 관련된 행위를 할 때에는 안전을 우선적으로 고려함으로써 국민이 재난으로부터 안전한 사회에서 생활할 수 있도록 함을 기본이념으로 한다.</p> <p><b>제3조(정의)</b> 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. &lt;개정 2009.12.29., 2011.3.29., 2012.2.22., 2013.3.23., 2013.8.6.&gt;</p> <p>1. "재난"이란 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 다음 각 목의 것을 말한다.</p> <p>가. 자연재난: 태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일(海溢), 대설, 낙뢰, 가뭄, 지진, 황사(黃砂), 조류(藻類) 대발생, 조수(潮水), 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해</p> <p>나. 사회재난: 화재·붕괴·폭발·교통사고·화생방사고·환경오염사고 등으로 인하여 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해와 에너지·통신·교통·금융·의료·수도 등 국가기반체계의 마비, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른 감염병 또는 「가축전염병예방법」에 따른 가축전염병의 확산 등으로 인한 피해</p> <p>&lt;중략&gt;</p>

근거법	내용
	<p><b>제4조(국가 등의 책무) ① 국가와 지방자치단체는 재난이나 그 밖의 각종 사고로부터 국민의 생명·신체 및 재산을 보호할 책무를 지고, 재난이나 그 밖의 각종 사고를 예방하고 피해를 줄이기 위하여 노력하여야 하며, 발생한 피해를 신속히 대응·복구하기 위한 계획을 수립·시행하여야 한다.</b> &lt;개정 2013.8.6.&gt;</p> <p>② 제3조제5호나목에 따른 재난관리책임기관의 장은 소관 업무와 관련된 안전관리에 관한 계획을 수립하고 시행하여야 하며, 그 소재지를 관할하는 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 "시·도"라 한다)와 시·군·구(자치구를 말한다. 이하 같다)의 재난 및 안전관리업무에 협조하여야 한다. &lt;개정 2012.2.22.&gt;</p> <p><b>제71조(재난 및 안전관리에 필요한 과학기술의 진흥 등) ①</b> 정부는 재난 및 안전관리에 필요한 연구·실험·조사·기술개발(이하 "연구개발사업"이라 한다) 및 전문인력 양성 등 재난 및 안전관리 분야의 과학기술 진흥시책을 마련하여 추진하여야 한다.</p> <p>② 안전행정부장관과 소방방재청장은 연구개발사업을 하는 데에 드는 비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위에서 출연금으로 지원할 수 있다. &lt;개정 2013.3.23., 2013.8.6.&gt;</p> <p>③ 안전행정부장관과 소방방재청장은 연구개발사업을 효율적으로 추진하기 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관·단체 또는 사업자와 협약을 맺어 연구개발사업을 실시하게 할 수 있다. &lt;개정 2013.3.23.&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국공립 연구기관</li> <li>2. 「특정연구기관 육성법」에 따른 특정연구기관</li> <li>3. 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 과학기술분야 정부출연연구기관</li> <li>4. 「고등교육법」에 따른 대학·산업대학·전문대학 및 기술대학</li> <li>5. 「민법」 또는 다른 법률에 따라 설립된 법인으로서 재난 또는 안전 분야의 연구기관</li> <li>6. 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조제1항 제2호에 따른 기업부설연구소 또는 기업의 연구개발전담부서</li> </ol> <p>④ 안전행정부장관과 소방방재청장은 연구개발사업을 효율적으로 추진하기 위하여 안전행정부 소속 연구기관이나 그 밖에 대통령령으로 정하는 기관·단체 또는 사업자 중에서 연구개발사업의 총괄기관을 지정하여 그 총괄기관에게 연구개발사업의 기획·관리·평가, 제3항에 따른 협약의 체결, 개발된 기술의 보급·진흥 등에 관한 업무를 하도록 할 수 있다. &lt;개정 2013.3.23., 2013.8.6.&gt;</p> <p>⑤ 제2항에 따른 출연금의 지급·사용 및 관리와 제3항에 따른 협약의 체결방법 등 연구개발사업의 실시에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.</p>

근거법	내용
자연재해 대책법	<p><b>제1조(목적)</b> 이 법은 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 규정함을 목적으로 한다.</p> <p><b>제2조(정의)</b> 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. &lt;개정 2012.2.22., 2013.8.6.&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. "재해"란 「재난 및 안전관리 기본법」(이하 "기본법"이라 한다) 제3조제1호에 따른 재난으로 인하여 발생하는 피해를 말한다.</li> <li>2. "자연재해"란 제1호에 따른 재해 중 기본법 제3조제1호가목에 따른 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 말한다.</li> <li>3. "풍수해"(風水害)란 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 말한다.</li> <li>4. "사전재해영향성검토"란 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해 유발 요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책을 마련하는 것을 말한다.</li> <li>5. "풍수해저감종합계획"이란 지역별로 풍수해의 예방 및 저감(低減)을 위하여 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다) 및 시장·군수가 지역안전도에 대한 진단 등을 거쳐 수립한 종합계획을 말한다.</li> <li>6. "우수유출저감시설"이란 우수(雨水)의 직접적인 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설을 말한다.</li> <li>7. "수방기준"(水防基準)이란 풍수해로부터 시설물의 수해 내구성(耐久性)을 강화하고 지하 공간의 침수를 방지하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장 또는 소방방재청장이 정하는 기준을 말한다.</li> <li>8. "침수흔적도"란 풍수해로 인한 침수 기록을 표시한 도면을 말한다.</li> </ol> <p>&lt;중략&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>14. "지역안전도 진단"이란 자연재해 위험에 대하여 지역별로 안전도를 진단하는 것을 말한다.</li> <li><b>15. "방재기술"이란 자연재해의 예방·대비·대응·복구 및 기후변화에 신속하고 효율적인 대처를 통하여 인명과 재산 피해를 최소화시킬 수 있는 자연재해에 대한 예측·규명·저감·정보화 및 방재 관련 제품생산·제도·정책 등에 관한 모든 기술을 말한다.</b></li> <li>16. "방재산업"이란 방재시설의 설계·시공·제작·관리, 방재제품의 생산·유통, 이와 관련된 서비스의 제공, 그 밖에 자연재해의 예방·대비·대응·복구 및 기후변화 적응과 관련된 산업을 말한다.</li> </ol>

근거법	내용
	<p><b>제3조(책무)</b> ① 국가는 기본법 및 이 법의 목적에 따라 자연현상으로 인한 재난으로부터 <u>국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설을 보호하기 위하여 자연재해의 예방 및 대비에 관한 종합계획을 수립하여 시행할 책무를 지며, 그 시행을 위한 최대한의 재정적·기술적 지원</u>을 하여야 한다.</p> <p>② 기본법 제3조제5호에 따른 재난관리책임기관(이하 "재난관리책임기관"이라 한다)의 장은 자연재해 예방을 위하여 다음 각 호의 소관 업무에 해당하는 조치를 하여야 한다. &lt;개정 2012.10.22.&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 자연재해 경감 협의 및 자연재해위험개선지구 정비             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 자연재해 원인 조사 및 분석</li> <li>나. 자연재해위험개선지구 지정·관리</li> </ol> </li> <li>2. 풍수해 예방 및 대비             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 풍수해저감종합계획 수립</li> <li>나. 수방기준 제정·운영</li> <li>다. 우수유출저감시설 설치 기준 제정·운영</li> <li>라. 내풍(耐風)설계기준 제정·운영</li> <li>마. 그 밖에 풍수해 예방에 필요한 사항</li> </ol> </li> <li>3. 설해(雪害)대책             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 설해 예방대책</li> <li>나. 각종 제설자재 및 물자 비축</li> <li>다. 그 밖에 설해 예방에 필요한 사항</li> </ol> </li> <li>4. 낙뢰대책             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 낙뢰피해 예방대책</li> <li>나. 각 유관기관 지원·협조 체제 구축</li> <li>다. 그 밖에 낙뢰피해 예방에 필요한 사항</li> </ol> </li> <li>5. 가뭄대책             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 상습가뭄재해지역 해소를 위한 중·장기대책</li> <li>나. 가뭄 극복을 위한 시설 관리·유지</li> <li>다. 빗물모으기시설을 활용한 가뭄 극복대책</li> <li>라. 그 밖에 가뭄대책에 필요한 사항</li> </ol> </li> <li>6. 재해정보 및 긴급지원             <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 재해 예방 정보체계 구축</li> <li>나. 재해정보 관리·전달 체계 구축</li> <li>다. 재해 대비 긴급지원체계 구축</li> <li>라. 비상대처계획 수립</li> </ol> </li> <li>7. 그 밖에 자연재해 예방을 위하여 재난관리책임기관의 장이 필요하다고 인정하는 사항</li> </ol> <p>③ 재난관리책임기관의 장은 자연재해 예방을 위하여 재해 발생이 우려되는 시설 또는 지역에 대하여 정기점검 및 수시점검을 하여야 한다.</p> <p>④ 제3항에 따른 자연재해 예방을 위한 점검 대상 시설 및 지역, 점검 방법, 점검 결과의 기록·유지 등에 필요한 사항은 대통령</p>

근거법	내용
	<p>령으로 정한다.</p> <p>⑤ 시장(특별자치시장을 포함한다. 이하 같다)·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)은 자연재해의 유형별로 지역 특성을 고려한 구체적인 대처 요령을 정하여 관계 공무원의 업무지침, 주민 교육·홍보자료 등으로 적극 활용하여야 한다. &lt;개정 2012.2.22.&gt;</p> <p>⑥ 국민은 국가, 지방자치단체 및 재난관리책임기관이 수행하는 자연재난의 예방·복구 및 대책에 관한 업무 수행에 최대한 협조하여야 하고, 자기가 소유하거나 사용하는 건물·시설 등에서 재난이 발생하지 아니하도록 노력하여야 한다. [전문개정 2011.3.7.]</p>

□ 제3차 과학기술기본계획(2013~2017)

- 정부는 2013년 과학기술분야 정부 최상위 계획인 ‘제3차 과학기술기본계획’을 수립하고 경제부흥과 국민행복을 위한 하이파이브(High Five) 전략을 추진하고 있음
- 본 사업은 제3차 과학기술기본계획의 5대 전략 중 ‘국가전략기술개발’의 걱정없는 안전사회 구축의 세부추진과제와 부합됨
  - 5대 전략 중 ‘국가전략기술개발’은 ① ICT 융합 신산업 창출, ② 미래성장동력 확충, ③ 깨끗하고 편리한 환경조성, ④ 건강장수시대 구현, ⑤ 걱정 없는 안전사회 구축 등 5대 중점 분야로 구분되어 추진됨

[표 8-4] 제3차 과학기술기본계획과의 부합성

전략	중점분야	추진과제	세부 내용	부합
국가전략 기술개발	걱정 없는 안전사회 구축	선제적 자연재해 대응과 피해최소화	홍수, 산사태, 지진 등과 같은 자연재해 피해 증가로 인한 물적, 인적 손실에 대한 체계적 대응책 마련	●
			국민의 재산과 생명을 보호하고 사회적 비용의 최소화를 위한 기상, 지진관측·예측능력 강화 및 대응기술 개발	●
			재해예측·복구 지원체계 구축 시 미래 재해 대비 신기술 적극 활용방안 마련	●

전략	중점분야	추진 과제	세부 내용	부합
		사회적 재난 대응체계 확보	범죄·테러 등 사회적 재난의 복합화·대형화 추세에 맞서 국민 생활 위협에 선제적 대응	△
			명료하고 현장적용이 가능한 원자력 안전기술 개발 강화로 국민이 안심할 수 있는 원자력 안전 구현	×
			방사선을 이용한 질병의 진단 증가에 따른 의료방사선 안전관리 구현	×
			전자파에 대한 공학적 및 생물학적 연구를 통해 국민건강을 보호하고 불안감 해소	×
			감염병 및 인수공통 전염병에 대한 대응 강화	×
		식량안보와 식품안전 향상	해당 사항 없음	

주 : ● 강한 부합, ○ 부합, △ 약한 부합, × 미부합

□ 국가재정운용계획(2014~2018)

- 국가재정운용계획은 단년도 예산편성의 시계를 넘어 국가 정책방향과 중장기 경제·재정전망을 반영한 중기 자원배분전략으로 분야별 자원배분계획을 수립함
- 분야별 자원배분의 기본방향으로 활기찬 경제, 희망찬 경제, 안전한 사회라는 분야별 자원배분의 기본방향을 제시하고 있으며 세부 내용은 다음과 같음
  - (활기찬 경제) 재정의 경기 대응력을 높이고, 경제체질 개선을 위한 투자 확대
  - (희망찬 국민) 소상공인·비정규직 지원, 핵심 복지정책 골격 완성 등으로 민생안정 도모
  - (안전한 사회) 전면적인 시설물 안전점검 및 안전투자 확대 등 국민이 안심하고 살 수 있는 생활환경 마련
- 국가재정운용계획(2014~2018년)에서 12대 분야 외 안전 분야 투자방향을 최초로 포함하고 있음
  - 안전 예산의 개념 및 분류체계를 재정립하고, 안전 분야투자의 방향성을 처음으로 제시하였음

- 국가재정운용계획의 분야별 자원배분 계획은 다음과 같음
  - 재난현장 대응능력 강화를 위한 교육훈련 확대 및 안전과 직결되는 재난 예방·복구사업 투자 확대로 국민생활 안전 구현한다는 정책방향에 따라 공공질서·안전 분야의 예산이 증가하고 있음

[표 8-5] 분야별 자원배분 계획

(단위 : 조원, %)

구 분	2014	2015	2016	2017	2018	연평균
1. 보건·복지·고용	106.4	115.5	122.6	129.9	137.7	6.7
2. 교 육	50.7	53.0	57.5	60.7	63.9	5.9
3. 문화·체육·관광	5.4	6.0	6.6	7.3	8.3	11.2
4. 환 경	6.5	6.7	6.5	6.4	6.4	△0.3
5. R&D	17.8	18.8	19.6	20.1	20.4	3.5
6. 산업·중소기업·에너지	15.4	16.5	15.3	14.6	14.2	△2.1
7. SOC	23.7	24.4	22.4	20.7	19.1	△5.2
8. 농림·수산·식품	18.7	19.3	19.1	19.1	19.2	0.7
9. 국 방(일반회계)	35.7	37.6	39.1	40.4	41.7	4.0
10. 외교·통일	4.2	4.5	4.7	4.9	5.2	5.5
11. 공공질서·안전	15.8	16.9	17.8	18.7	19.5	5.4
12. 일반·지방행정	57.2	59.2	63.8	67.8	72.4	6.0
총지출	357.5	378.4	395	410.6	428	

□ 제3차 국가안전관리기본계획(2015~2019)

- 국가안전관리기본계획은 각종 재난 및 사고로부터 국민의 생명·신체·재산을 보호하기 위하여 국가의 재난 및 안전관리의 기본방향을 설정하는 최상위 계획임
  - ‘재난 및 안전관리기본법 제22조’에 의거 5년마다 수립하고 도시화·인구집중, 고령화, 기후변화, 신종전염병 발생 등 재난환경변화에 대응하기 위함
- 국가안전관리기본계획은 ‘안전한 나라, 행복한 국민’이라는 비전하에 3대 목표, 5대 추진전략을 기본방향으로 제시하고 있음
  - (3대 목표) ① 안전이 생활화된 국민, ② 안전이 체질화된 사회, ③ 안전이 우선시되는 국가정책

**[표 8-6] 국가 재난 및 안전관리 5대 전략  
(5Cs : Command, Capability, Culture, Continuity, Creativity)**

추진전략	세부내용	부합
① 재난안전 컨트롤타워 기능 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난현장 통합 지원 컨트롤 타워 기능 강화</li> <li>모든 재난에 적용가능한 재난대응표준체계 확립</li> <li>분야별 안전정책 총괄 관리·개선체계 구축</li> <li>국가재난안전 정책방향 및 표준설정</li> </ul>	●
② 현장의 재난대응 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 재난대응 역량 및 책임성 강화</li> <li>빈틈없는 대응을 위한 재난대비 교육·훈련 강화</li> <li>육상(소방) 구조구급 등 현장대응 역량 강화</li> <li>해상(해경) 구조구급 및 오염방제 역량 강화</li> </ul>	△
③ 생활속 안전문화 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>생애주기별 맞춤형 국민안전교육 강화</li> <li>범국민 안전문화 전방위 확산</li> <li>주민참여형 민관협력 거버넌스 구축</li> <li>안전복지 정책 강화</li> </ul>	○
④ 재난안전 예방 인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난 조사 및 평가·환류 체계 강화</li> <li>예방을 통한 기능·업무 연속성 확보</li> <li>과학기술을 활용한 실효적 재난예방 실현</li> <li>신성장 동력으로서의 안전산업육성</li> </ul>	●
⑤ 분야별 창조적 안전관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교, 에너지, 산업단지, 감염병, 의료서비스, 유해화학물질, 산업현장, 시설물, 교통, 해양, 원자력, 가축질병, 정보통신, 기타(14개분야)</li> </ul>	△

주) ● 강한 부합, ○ 부합, △ 약한 부합, × 미부합

**부처 고유업무 및 자체계획과의 일관성**

□ 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)

- 국토종합계획은 국토기본법에 의거하여 수립되는 국토의 이용·개발 및 보전에 관한 최상위 계획으로서, 군사에 관한 계획을 제외하고 다른 법령에 의해 수립되는 국토에 관한 계획에 우선하여 그 기본이 됨
- 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)은 ‘대한민국의 새로운 도약을 위한 『글로벌 녹색국토』’ 라는 비전 달성을 위해 4대 목표와 6대 추진전략을 제시하고 있음
  - (4대 목표) ① 경쟁력 있는 통합국토, ② 지속가능한 친환경국토, ③ 품격있는 매력국토, ④ 세계로 향한 열린국토

- (6대 추진전략) ① 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화, ② 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성, ③ 쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성, ④ 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축, ⑤ 세계로 열린 신성장 해양국토 기반 구축, ⑥ 초국경적 국토경영기반 구축

[표 8-7] 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020) 6대 추진전략

추진전략	세부내용	부합
① 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 국토의 성장잠재력을 극대화하기 위해 3차원 지역발전 전략을 발전적으로 수용</li> <li>▶ 5+2 광역경제권 발전을 견인하는 도시권 육성</li> <li>▶ 국가경제를 견인하는 신성장거점 육성</li> <li>▶ 글로벌 경쟁력을 갖춘 신성장 산업입지 육성</li> <li>▶ 농·산·어촌의 녹색성장 기반 구축</li> <li>▶ 문화국토 조성을 위한 역사 문화 관광자원의 연계 활용</li> </ul>	×
② 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 강·산·바다를 연계한 국토 품격의 새로운 창출</li> <li>▶ 국민과 강이 어우러지는 친수국토 조성</li> <li>▶ <b>지속가능하고 안전한 국토·생활공간 조성</b></li> </ul>	●
③ 쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 녹색성장 시대에 부응하는 한국형 압축도시 조성</li> <li>▶ 삶의 질을 향유할 수 있는 매력적 문화도시 창조</li> <li>▶ 인구 감소 및 기존 도심 쇠퇴에 대응하는 도심재생 활성화로 도시경쟁력 제고</li> <li>▶ 도시경쟁력 제고 위한 용도지역체계의 탄력적 적용</li> <li>▶ <b>주거 수준의 선진화 및 주거안전망 확충</b></li> </ul>	△
④ 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 철도 중심의 저탄소 녹색성장형 교통체계 구축</li> <li>▶ 선택과 집중을 통한 효율적 도로망 정비를 통해 국토경쟁력 강화 지원</li> <li>▶ 교통수단간 기능적 역할분담을 통한 통합연계 교통체계 구축</li> <li>▶ 탄소배출을 줄이고 에너지를 절약하는 친환경 교통정책 추진</li> <li>▶ 고부가가치 창출 및 동북아 물류 중심국가 성장을 위한 글로벌 물류체계 구축</li> <li>▶ <b>첨단 국토정보 인프라 구축 및 활용을 통한 국토관리 선진화</b></li> </ul>	△
⑤ 세계로 열린 신성장 해양국토 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 해양자원 확보를 위한 활동영역 확장과 해양산업의 국제 경쟁력 강화</li> <li>▶ 생태계에 기반한 해양자원 및 공간의 통합적 관리</li> </ul>	×
⑥ 초국경적 국토경영기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 남북한 교류협력 확대에 대비한 기반 구축</li> <li>▶ 유라시아-태평양 시대를 선도하는 글로벌 국토역량 강화</li> <li>▶ G20 개발의제 실천을 통한 글로벌 연성국토 개척</li> </ul>	×

주) ● 강한 부합, ○ 부합, △ 약한 부합, × 미부합

3. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

**재원조달의 위험요인 및 대응방안**

□ 국가연구개발사업 투자현황 총괄

- 2015년 정부가 수행한 연구개발사업 총 투자액은 18.9조원으로 전년 대비 약 6.4%가 증가하였으며 최근 지속적으로 연구개발 투자가 확대되고 있음

**[표 8-8] 국가연구개발사업의 연도별 투자 현황**

(단위 : 조원, %)

구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
투자액	13.7	14.9	16.0	16.9	17.8	18.9

자료 : 기획재정부 「국가재정운용계획」 (각 년도)

□ 국가재정운용계획

- 국가재정운용계획상의 2014년에서 2018년까지 분야별 재원배분 계획을 살펴보면 'R&D 분야' 및 '공공질서·안전분야'의 재원배분은 지속적으로 상승하고 있음
  - 특히, 이번 국가재정운용계획에서는 안전분야의 투자방향\*을 최초로 포함·제시하고 있음
  - 안전분야 투자 방향에는 재난 예측 및 대응 기술, 싱크홀 예방을 위한 건설 기술 개발 등 안전 R&D 투자 확대 지속 등 포함

**[표 8-9] 국가재정운용계획 분야별 재원배분 계획**

(단위 : 조원, %)

구분	2014	2015	2016	2017	2018	연평균
1. 보건·복지·고용	106.4	115.5	122.6	129.9	137.7	6.7
2. 교육	50.7	53.0	57.5	60.7	63.9	5.9
3. 문화·체육·관광	5.4	6.0	6.6	7.3	8.3	11.2
4. 환경	6.5	6.7	6.5	6.4	6.4	△0.3
5. R&D	17.8	18.8	19.6	20.1	20.4	3.5
6. 산업·중소기업·에너지	15.4	16.5	15.3	14.6	14.2	△2.1
7. SOC	23.7	24.4	22.4	20.7	19.1	△5.2
8. 농림·수산·식품	18.7	19.3	19.1	19.1	19.2	0.7
9. 국방(일반회계)	35.7	37.6	39.1	40.4	41.7	4.0
10. 외교·통일	4.2	4.5	4.7	4.9	5.2	5.5
11. 공공질서·안전	15.8	16.9	17.8	18.7	19.5	5.4
12. 일반·지방행정	57.2	59.2	63.8	67.8	72.4	6.0
총지출	357.5	378.4	395	410.6	428	

□ 국가안전관리기본계획

- 국가안전관리기본계획(2010~2014)에서 계획기간 중 재난 및 안전관리에 총 49 조원을 배정하였으며 자연재해 및 사회적 재난(인적재난 + 국가기반보호)분야에 약 43조원을 배정하여 전체의 89%를 차지하고 있음

[표 8-10] 국가안전관리기본계획 투자계획 총괄

(단위 : 백만원)

구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	합계
자연재해	5,395,814	7,030,569	7,036,913	6,061,750	4,914,639	30,439,685
인적재난	1,418,751	1,536,161	2,181,991	1,808,402	1,219,218	8,164,523
국가기반보호	726,781	1,473,539	1,382,004	641,113	658,045	4,881,482
전염병	139,873	199,490	200,865	202,238	201,389	943,855
안전관리	376,056	568,484	543,322	482,645	2,460,268	4,430,775
합계	8,057,275	10,808,243	11,345,095	9,196,148	9,453,599	48,860,320

□ 재원조달 위험요인 평가

- 본 사업은 국가차원의 도시지진재난 R&D사업으로 주요 상위계획 등 국가 정책방향과 일치하고 재난·재해로부터 국가 재산보호, 국민의 삶의 질 향상 등 공공성이 높은 사업으로 정부지원의 필요성이 높게 인정되며 재원조달의 위험요인은 적을 것으로 판단됨
  - 국가연구개발예산 추이, 국가재정운용계획상의 분야별 재원배분 계획, 국가안전관리기본계획 등을 재난 및 안전에 대한 투자가 지속 확대 추세

**인력수급의 위험요인 및 대응방안**

□ 인력수급 위험요인 및 대응방안 분석 개요

- 인력수급의 위험요인 및 대응방안은 기획된 국가차원의 소방방재 R&D 사업을 추진하기 위한 연구인력의 양적/질적 우수성을 평가하는 단계로 본 분석에서는 NTIS\* 국가R&D참여인력정보를 활용하여 분석하였음
- 본 분석에서는 국가 전체 R&D참여인력 중 연구자 상세검색 메뉴를 활용하여 분석하였음
  - 기본적으로 상세검색 메뉴 중 ‘논문’ 과 ‘연구실적’ 에서 각각 주요 키워드 분석을 통해 연구인력 검색
  - 최종학위는 박사 및 박사수료
  - 주요 검색 키워드 : 자연재해, 재해, 재난, 방재, 지진해일, 지진

□ 인력수급 위험요인 및 대응방안 분석결과 종합

- NTIS 분석에 의하면 국내 도시지진재난 R&D사업 연구가능 인력은 총 2,475명(Keyword간 중복 포함)으로 나타났음

[표 8-11] 소방방재 R&D 연구가능 인력

단위: 명

구분	논문	연구실적	합계
KEYWORD	인력 수		
자연재해	46	46	92
재해	327	332	659
재난	113	144	257
방재	432	304	736
지진해일	20	11	31
지진	439	261	700
합계	1,377	1,098	2,475

□ 인력수급 위험요인 평가

- 도시지진재난 R&D 사업을 수행하는데 있어 국가 R&D참여인력 현황에서도 확인할 수 있듯이 사업을 수행 시 인력수급의 위험요인은 적을 것으로 판단됨
- 또한 국가재정운용계획상의 안전분야 투자방향을 고려하면 안전한 사회구현을 위해 안전투자를 지속적으로 확대할 계획이며 이중 재난전문인력 확충 및 종사자 안전교육 등 교육·훈련에 대한 투자확대가 포함되어 있어 향후 인력수급과 관련한 위험요인은 감소할 가능성이 존재함

### 3절 기술적 타당성 분석

#### 1. 기존 사업과의 차별성

##### □ 사업기획 프로세스의 차별성

- 기존 재난안전 및 방재 관련 R&D 사업 기획은 단위과제 위주로 추진되는 Bottom-up 구조이고, 특히 지진재난 R&D는 일부 분야에 치우친 기초연구 중심의 과제로 구성됨에 따라 다음과 같은 한계를 가짐
  - 재난안전 R&D의 경우, 대형사고, 주요 이슈 등 당면한 이슈를 해결하고 대응하기 위한 단발성 과제 중심으로 과제발굴 및 사업추진이 이루어지고 있어 국가차원의 체계적인 재난안전 관련 R&D 사업 추진이 어려움
  - 재난안전 R&D의 비전 및 목표와 단위사업, 단위과제간의 연계성이 부족하여 연구개발 성과활용이 미비하고, 단위과제간의 유사·중복성 문제가 발생하고 있어 한정된 R&D 예산이 비효율적으로 투자되고 있음
  - 지진재난 R&D의 경우 지구과학 및 지구물리학 분야에 치우친 기초연구 또는 도입 단계의 연구가 개별적으로 이루어지고 있고, 연구결과의 상호 연계·활용을 통한 총괄적인 지진재난 관리체계 구축에 대한 연구가 미진함
  
- 국가 차원의 체계적이고 총괄적인 지진재난 R&D 기획이 부재하다는 기존 기획방식의 한계를 보완하기 위해 총 7단계 절차를 통하여 내역사업-단위과제를 도출하였음
  - (1단계 : 현황조사) 과거 추진 R&D 과제분석, 문헌조사, 전문가 심층인터뷰, 해외기관 벤치마킹 등 기획에 필요한 기초자료를 확보하기 위해 소방방재 R&D 관련 전반적인 현황분석 및 이슈를 분석하여 시사점을 도출하였음
  - (2단계 : 전략방향 도출) 현황분석, 외부환경 및 내부역량분석, 미래예측 등 지진재난 R&D 기획에 필요한 전략 Keyword들을 도출하고 이를 기반으로 4대 추진전략을 도출하였음
  - (3단계 : 사업구조 재편) 국토교통부 미래 비전 및 목표에 부합하고 효과적이고 체계적인 사업 추진을 위해 성격상 유사한 단위사업을 통합·조정하고 상향식 사업구조(Bottom-up)에서 하향식 사업구조(Top-Down)로 재편하였음
  - (4단계 : R&D 수요조사) 산·학·연 전문가 인터뷰, 대학별 세미나 등을 통해 지진재난 R&D 전략방향과 연계된 연구개발 수요조사를 실시하였음
  - (5단계 : 기획위원회 운영) 지진재난 R&D 사업의 체계적인 연구 및 국가차원의 R&D 기획을 위해 기획위원회를 구성·운영\*하여 세부과제를 도출하고 도출 결과의 신뢰성을 확보함

- \* 기 추진 과제와의 중복성 검토, 예산 적절성, 기술실용화 가능성 등 현실성 검토, 과제간 타 부처 연계 추진 가능성 등 연계성 검토
- (6단계 : 총괄위원회 운영) 기획위원회에서 도출된 세부과제에 대해 총괄위원회를 구성·운영하여 전략사업별 균형 및 분야별 중복성을 검토하여 최종적으로 통합·조정하였음
- (7단계 : 사업 확정) 기획위원회·총괄위원회를 통해 선정된 최종 결과에 대해 발주기관의 검토를 거쳐 최종적으로 확정하였음

□ 타 부처 과제 유사·중복성 검토

- 타 부처 과제 유사·중복성 검토는 기존의 추진 중인 타 부처 사업 혹은 과거 추진했던 사업을 대상으로 조사하며 유사사업과의 목표비교, 추진대상 비교, 추진 내용 비교 측면에서 세부적인 검토가 이루어짐
- 재난 및 안전관리, 지진재난 관련분야 정책 또는 국가연구개발사업 목록 및 과제목록 검색을 통해 비교분석을 실시하며 특정 핵심기술에 대한 분석이 불가능하기 때문에 전반적인 유사·중복성을 검토함
- 본 분석에서는 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획에 따라 타 부처에서 수행된 과제를 대상으로 유사·중복성 분석을 실시하였음
- 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획은 시행기간을 2013년에서 2017년으로 하며 총 13개 중앙행정기관이 대상기관이고 이 중 재난 및 안전관리 기술개발 시행계획이 수립된 2013년과 2014년 과제를 대상으로 유사·중복성 검토가 이루어졌음
- 타 부처 과제 유사·중복성 검토는 부처별 재난·안전 관련 주요 R&D 영역을 분석하여 1차적으로 영역적 차별화가 있는 부처는 제외하고 유사 영역이 존재하는 부처를 대상으로 세부과제에 대한 유사·중복성 검토를 수행함

[표 8-12] 유사·중복성 검토(1차)

구분	주요 R&D 영역	세부 유사·중복성 검토 필요 여부
원자력안전위원회	원자력안전과 관련한 R&D 영역	×
미래창조과학부	생화학테러, 우주전파교란, 인공공동전염병 등 국가재난 및 사회기반시설과 관련한 R&D 영역	×
행정안전부	재난·안전 및 방재인프라와 관련한 R&D 영역	○
농림축산식품부	식품, 가축질병, 식물역병과 관련한 R&D 영역	×
보건복지부	신종인플루엔자, 감염병, 급만성 질환, 질환극복 등과 관련한 R&D 영역	×
환경부	토양, 지하수, 수질오염 및 화학사고 등에 대응하기 위한 R&D 영역	×
해양수산부	해양생태계, 유류오염, 연안침식, 항만권역 등 해양과 관련한 R&D 영역	×
식품의약품안전처	식품안전, 바이오의약품 안전 등의 R&D 영역	×
농촌진흥청	농식품, 가축질병과 관련한 R&D 영역	×
산림청	대부분 산불 및 산사태와 관련된 R&D 영역	×
기상청	기후변화 및 지진, 지진해일, 화산 등 자연재해 R&D 영역	○

- 1차 유사·중복성 검토 결과 행정안전부, 기상청 등 2개 부처에서 유사한 R&D 영역을 수행하고 있는 것으로 나타나 2개 부처를 대상으로 세부적인 과제 유사·중복성 검토를 실시하였음
  - (행정안전부) 지진재난 R&D 사업과 유사한 성격의 과제들이 있는 것으로 나타났으나 세부과제 검토 결과 행정안전부 과제의 주요 내용은 국가기반체계, 방재인프라, 시스템 통합, 생활안전 등 방재연구보다는 국가 전체 안전에 대한 연구가 주를 이루고 있음
  - (기상청) 지진재난 R&D 사업과 유사한 성격의 과제들이 있는 것으로 나타났으나 세부과제 검토 결과 기상청 과제의 주요 내용은 대부분 기후변화에 대응한 지진 및 화산과 관련한 예측 및 관측 연구로 범위가 매우 한정됨
  
- 본 기획을 통해 도출된 내역사업 및 단위과제들은 최종 예상 성과물에 있어서도 매우 미래지향적 성격이 강하며 앞에서 나타난 부처 간의 유사성은 중복성보다는 연계성이 높은 것으로 판단되며 중복 투자 및 자원 낭비 등의 문제는 없을 것으로 판단됨
  - 사업 단위에서의 중복성은 적지만 세부 과제 단위에서 일부 유사성을 갖는 경우가 있으나, 각 부처별 전문영역에 한정되거나 활용 측면까지 고려하지 않고 기초 연구 수준 또는 해당 부처 영역 내 활용 수준에 머무르는 경우가 다수이므로 과제간 중복성으로 보기보다는 사업 추진 시 해당 과제 성과의 연계활용 가능성에 보다 주목하는 것이 타당함

## 4절 경제적 타당성 분석

### 1. 분석 개요

- 경제적 타당성 분석은 국토교통 R&D 사업의 경제적 파급효과분석을 통해 투자적합성을 분석하는 핵심적 조사과정으로 사업시행에 따른 수요를 추정하여 편익을 산정하고 총사업비와 해당 사업 운영에 필요한 모든 경비를 합하여 비용을 산정함
  
- 본 사업의 경제성 분석은 사업의 경제적 파급효과와 투자적합성을 분석하기 위해 예비타당성조사 운용지침 제34조에 의거하여 비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 기본 방법론으로 채택하여 분석하였음
  - (비용 산정) 본 사업의 비용은 국토교통 R&D(건설기술 부문) 예산 추이 분석을 통해 2017년부터 2023년까지 비용을 산정·분석하였음
  - (편익 추정) 본 사업의 편익은 1차적 편익\*과 2차적 편익\*\*으로 구분하여 산정하였음
    - \* 1차적 편익: 본 사업을 통해 얻을 수 있는 직접적인 효과로 ① 재해발생 감소율, ② 재해발생시 피해감소율로 구분하여 분석
    - \*\* 2차적 편익: 본 사업을 통해 얻을 수 있는 간접적인 효과로 R&D사업을 통해 절감할 수 있는 사회적 비용<sup>35)</sup> 절감효과를 분석

35) 사회적 비용이란 일반적으로 기업의 생산활동이 일반시민이나 사회전체에 부담시키는 비용의 크기로 정의되는데 본 분석에서는 도시 지진발생으로부터 노후기반 시설의 예방·안전을 위해 추가적으로 국가 또는 국민이 부담해야 되는 비용을 의미함.

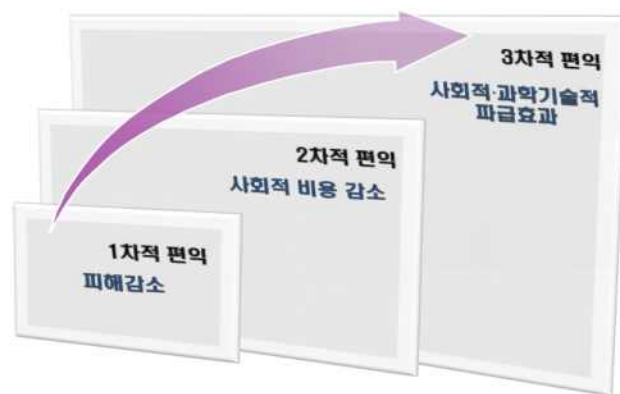
## 2. 기본가정

- (비용산정 분석기간) 본 R&D 사업이 시행되는 2017년부터 2023년까지 총 7년간의 R&D사업 예산을 추정하여 비용으로 설정하였음
- (편익추정 분석기간) 본 R&D 사업이 성공적으로 수행되었을 시 예상되는 편익추정을 위해 R&D사업 종료 후 총 10년간<sup>36)</sup>을 편익기간으로 설정하였음
- (사회적 할인율) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사에서는 일반지침의 할인율 적용을 원칙으로 하고 있기 때문에 본 경제성 분석에서는 할인율 5.5%를 적용함
- (편익추정 범위) 본 사업의 경제적 효과는 1차적 편익과 2차적 편익만을 대상으로 비용-편익 비율(Cost-Benefit ratio)을 산출하였음

**【표 8-13】 편익추정 논리**

1차적 편익	미래재해피해액 - 재해발생감소율 - 재해발생시 피해감소
2차적 편익	사회적 비용 - 사회적 비용 절감율

**〔그림 8-1〕 국토교통 R&D 사업 편익의 범위**



36) 미국 등록 특허의 평균 기술수명기간 적용

### 3. 비용산정

- 2009년부터 2016년까지의 국토교통 R&D 사업 예산을 토대로 2017년부터 2023년까지의 국토교통 R&D 예산(건설기술 부문)을 산정하였음
  - 2009년부터 2016년의 국토교통 R&D 예산의 연평균 증가율(CAGR)은 1.6%로 나타났으며 전년도의 예산에 CAGR값을 곱하여 산정하였음
  
- 국토교통 R&D 사업 예산추이로 산정한 7개년 간(2017~2023년)의 사업비용은 총 1,284,800백만원으로 산정되었음
  - 본 기획연구에서 산정된 사업비용은 국토교통 R&D 추정 사업 예산의 2.3%에 해당함
  
- 비용산정 결과를 종합하여 할인율 5.5%를 적용하여 2016년 기준 현재가치로 환산하면 약 983,245백만원이 산출됨
  - 본 기획연구에서 산정된 사업비용을 2016년 기준 현재가치로 환산하면 약 24,076백만원이 산출됨

**【표 8-14】 총비용의 현재가치(2016년 기준)**

(단위: 백만원)

구분	국토교통 R&D		본 연구비용	
	총비용	현재가치	총비용	현재가치
2017년	170,800	153,456	4,100	3,886
2018년	173,500	147,755	4,700	4,223
2019년	178,200	143,846	5,000	4,258
2020년	183,000	140,020	4,000	3,229
2021년	188,000	136,346	3,600	2,754
2022년	193,000	132,675	4,150	3,010
2023년	198,200	129,147	3,950	2,715
총합계	1,284,800	983,245	29,500	24,076

#### 4. 편익추정

##### 가. 편익추정 방법론 선택

- 연구개발사업은 비투자 재정사업과 더불어 대표적인 비정형 사업에 해당하며  
가시적인 효과를 정량적으로 추정하기 어렵기 때문에 근거로 삼을만한 자료를 확보하기 어렵고 객관적이고 일관성 있는 편익추정에는 많은 어려움이 존재함
  - 연구개발사업의 산출물은 그 자체로 시장에서 거래가치를 갖지 않고 유·무형의 중간재로 작용함
  
- 공공투자사업의 편익 추정을 위해서는 직/간접적인 재화나 서비스의 시장수요 추정이 필수적이고 다음과 같은 방법을 통하여 추정함
  - (시장수요접근법) 시장수요로부터 계량화 가능 시 사용
  - (현시선호접근법) 직접적인 시장자료가 없을 경우 비시장재화와 연관이 있는 대리시장(surrogate market)을 찾아서 간접적인 시장을 분석
  - (진술선호접근법) 대리시장의 정보확보에 제약이 있을 경우 가상의 시장을 설정하여 선호도를 조사
  
- 본 사업은 시장수요접근법 및 현시선호접근법으로 편익추정이 불가능하여 시장에 존재하지 않는 재화에 대한 가상의 시장을 이용한 사전평가방법인 진술선호접근법을 사용하여 편익을 추정하였음
  - 진술선호접근법 중에서 조건부가치추정법(CVM)<sup>37)</sup>을 응용하여 재해 발생감소와 재해발생시 피해감소에서 국토교통 R&D 사업이 기여할 수 있는 점을 편익으로 선정하고 가치를 측정하였음

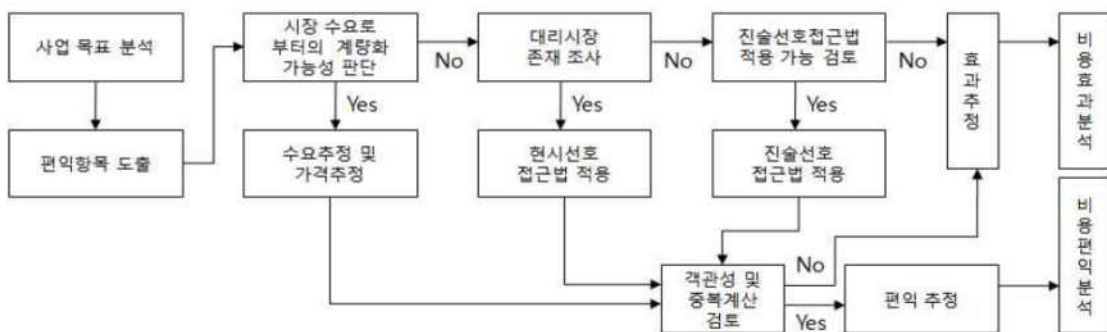
37) CVM은 기본적으로 설문응답에 근거하여 어떤 공공재나 환경재의 가치를 추정하는 방법으로 시장에서 거래되고 있지 않은 환경재 또는 공공재 등 비시장재화의 가치를 측정하기 위해 고안된 여러 방법론 중 하나로 여행비용모형이나 헤도닉 가격모형의 단점을 보완하기 위해 고안되었음

- CVM은 자원 및 환경경제학 분야에서 더욱 더 광범위하게 받아들여지고 있으며, 경제학의 범주를 넘어 실험설계, 마케팅, 정치과학, 심리학, 사회학, 조사연구 등의 다른 영역과 결합되어 유연성있게 환경재의 가치측정에 이용되고 있음
- CVM은 가치측정이 어려운 재화에 대하여 가상의 상황을 만들어 지불용의액을 추정하는 방법으로 2010년 말 기준 44건에 대한 예비타당성 조사 및 타당성 재조사의 편익 추정에 적용되어 왔음
- KDI에서는 예비타당성 조사의 일관성 제고를 위해 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구」를 비롯하여 부문별 표준지침을 제정해 적용하고 있음(지금까지 박물관 등 시장에서 거래되지 않는 공공재의 가치평가에는 일반지침의 ‘비정형사업 편익산정 기법 중 CVM 적용을 위한 실행지침’ 연구 결과를 적용)

[표 8-15] 편익추정 추정 방법 비교

구분	내용	세부 가치추정 방법
시장수요 접근법	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장수요로부터 계량화 가능 시 사용</li> </ul>	시장수요접근법
현시선호 접근법	<ul style="list-style-type: none"> <li>직접적인 시장자료가 없을 경우 비시장재화와 연관 있는 대리시장(surrogate market)을 찾아서 간접적인 시장을 분석</li> <li>사람들의 행동으로 나타난 선호를 바탕으로, 즉 현시된 선호를 기반을 두어 비시장재화의 가치를 추정하는 방법</li> <li>시장에서 거래행위 관찰에 근거하고 있으므로 사후 평가방법</li> </ul>	여행비용접근법 특성가격접근법 회피행위접근법
진술선호 접근법	<ul style="list-style-type: none"> <li>대리시장의 정보 확보에 제약이 있을 경우 가상의 시장을 설정하여 선호도를 조사</li> <li>현시된 선호를 관측하기 어려울 때나 그 선호가 정확하다고 보기 어려울 때, 가상의 시장에 사람들을 몰입시키고 그 상황에서 가상의 거래를 어떻게 할지를 질문하고 이에 대해 대단한 선호, 즉 진술된 선호를 이용하여 경제적 가치를 추정하는 방법</li> <li>시장에 존재하지 않는 재화에 대한 가상적 시장을 이용하므로 사전 평가방법</li> </ul>	조건부가치접근법 조건부순위접근법 조건부행위접근법

[그림 8-2] 연구개발부문 예비타당성조사 경제적 타당성 분석 과정 개략도



자료 : KISTEP, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판), 2011

나. 미래 피해액 추정

- (사회재난) 재난연감의 2005년부터 2014년까지의 주요 재난 유형별(화재/폭발, 붕괴) 피해액 데이터를 활용하여 미래 발생가능한 피해액을 추정하였음
  - 재난유형 중 지진으로 인해 발생할 수 있는 유형을 선정함
  
- (유형별 피해액 비중 산출) 추정한 피해액 중 유형별 비중을 산출하기 위해 10년간의 총 피해액 중 유형별 비중을 산출하여 최종적인 편익추정 시 활용함
  - 화재/폭발 91.5%, 붕괴 1.1%
  
- 사회재난의 주요 유형별 피해액 추정값은 다음과 같음

**[표 8-16] 사회재난 유형별 피해액 추정값**

(단위: 백만원)

구분	사회적 재난 피해액 추정값	주요 유형	피해액
2024년	554,997	화재/폭발	507,822
		붕괴	6,104
2025년	588,297	화재/폭발	538,291
		붕괴	6,471
2026년	623,595	화재/폭발	616,187
		붕괴	7,408
2027년	662,257	화재/폭발	654,390
		붕괴	7,867
2028년	703,317	화재/폭발	694,962
		붕괴	8,355
2029년	746,923	화재/폭발	738,050
		붕괴	8,873
2030년	793,232	화재/폭발	783,809
		붕괴	9,423
2031년	842,412	화재/폭발	832,405
		붕괴	10,007
2032년	894,641	화재/폭발	884,014
		붕괴	10,627
2033년	950,109	화재/폭발	938,823
		붕괴	11,286

□ 1차 편익추정

- 국토교통 R&D 사업의 편익을 추정하기 위해 전문가를 대상으로 R&D 사업을 통한 재해발생감소 및 피해감소에 대한 설문조사를 실시하였음

[표 8-17] 설문조사 결과

(단위: %)

구분	재해발생 감소율	재해발생 시 피해감소율
화재/폭발	22.7	18.0
붕괴	22.3	13.9

- 사회재난 편익 추정값은 다음과 같음

[표 8-18] 사회재난 유형별 피해액 추정값

(단위: 백만원)

구분	주요 유형	피해액	발생감소 편익	피해감소편익	합계
2024년	화재/폭발	507,822	115,276	91,408	206,684
	붕괴	6,104	1,361	848	2,210
2025년	화재/폭발	538,291	122,192	96,892	219,084
	붕괴	6,471	1,443	899	2,343
2026년	화재/폭발	616,187	139,874	110,914	250,788
	붕괴	7,408	1,652	1,030	2,682
2027년	화재/폭발	654,390	148,547	117,790	266,337
	붕괴	7,867	1,754	1,094	2,848
2028년	화재/폭발	694,962	157,756	125,093	282,850
	붕괴	8,355	1,863	1,161	3,025
2029년	화재/폭발	738,050	167,537	132,849	300,386
	붕괴	8,873	1,979	1,233	3,212
2030년	화재/폭발	783,809	177,925	141,086	319,010
	붕괴	9,423	2,101	1,310	3,411
2031년	화재/폭발	832,405	188,956	149,833	338,789
	붕괴	10,007	2,232	1,391	3,623
2032년	화재/폭발	884,014	200,671	159,123	359,794
	붕괴	10,627	2,370	1,477	3,847
2033년	화재/폭발	938,823	213,113	168,988	382,101
	붕괴	11,286	2,517	1,569	4,086

■ 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 ■

- 편익추정 결과를 종합하여 할인율 5.5%를 적용하여 2016년 기준 현재가치로 환산하면 약 1,487,924백만원의 편익이 추정됨

**[표 8-19] 총 편익의 현재가치(2016년 기준)**

(단위: 백만원)

연도	사회적 재난 편익	사회적 재난편익 현재가치
2024년	208,894	136,115
2025년	221,427	136,760
2026년	253,470	148,389
2027년	269,185	149,374
2028년	285,875	150,365
2029년	303,598	151,362
2030년	322,421	152,366
2031년	342,412	153,378
2032년	363,641	154,395
2033년	386,187	155,420
합계	2,957,110	1,487,924

□ 2차 편익추정

- 2차 편익추정을 위해 현재 도시 지진취약성 관리를 통한 노후기반시설 안전을 위해 국가 또는 국민이 부담하고 있는 사회적 비용과 국토교통 R&D 사업을 통한 사회적 비용 절감효과를 조사하였음
- 조사 결과, 전문가들이 생각하고 있는 사회적 비용은 GDP의 약 4.7%로 나타났으며, 국토교통 R&D사업을 통해 절감할 수 있는 사회적 비용은 약 20.2%로 나타났음
- IMF의 2015년 기준 우리나라의 GDP는 약 1,464조원으로 사회적 비용은 약 69조원, 사회적 비용 절감액은 약 296조원으로 나타났음

□ B/C ratio

- 국토교통 R&D 사업에 대한 비용-편익분석을 수행한 결과 약 1.4배[(편익 1,487,924백만원\*2.3%) ÷ 비용 24,076백만원]의 효과가 있는 것으로 나타났음

## 제9장 기대효과 및 활용방안



1절 기대효과

2절 활용방안



## 제9장 기대효과 및 활용방안

### 1절 기대효과

#### 1. 전략과제1: 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발

연구 목표		
최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로시설의 노후도를 고려한 지진취약도 평가기술 개발</li> </ul>	
연구목표 및 성과물	구분	연구기간 4년
	연구목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설의 내진성능수준 결정 기술 및 부재 손상수준 결정 기술 개발</li> <li>✓ 도로시설물 대표요소에 대한 요구내진성능수준별 지진거동특성 정량화 기술 개발</li> <li>✓ 도로시설물 대표재료 및 대표요소의 실험 검증 및 문헌자료 분석을 통한 노후거동특성 모델 개발</li> <li>✓ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 적용을 위한 지진취약도 함수 표준형식 선정</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진거동 정량화 기술 개발</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 함수 개발</li> <li>✓ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 정량화 기술 개발</li> <li>✓ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 지진취약도 함수 개발</li> <li>✓ 도로시설물의 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리 구축</li> </ul>
	성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설 내진성능수준 결정 기술</li> <li>✓ 도로시설물의 지진거동특성 정량화 기술</li> <li>✓ 도로시설물 노후도를 고려한 지진취약도 정립 기술</li> <li>✓ 대표재료의 노후도 반영 역학적 특성 모델</li> <li>✓ 내진보수·보강 재료의 역학적 특성 모델</li> <li>✓ 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼</li> <li>✓ 내진 보수·보강 시설물 평가 매뉴얼</li> <li>✓ 도로시설물 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리</li> <li>✓ 도로시설물 내진보수·보강 공법별 지진취약도 정립 기술</li> <li>✓ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 구축을 위한 지진취약도 라이브러리</li> </ul>

기 대 효 과	정책적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 선제적 지진재해 대응체계 확립을 통해 국민의 생명과 재산 보호</li> <li>▪ 도로시설물 재난복원력 제고를 통한 재난·재해 예방 및 체계적 관리</li> <li>▪ 도로시설물의 적절한 유지관리를 통한 시설물의 효용 증진</li> <li>▪ 기존 시설물 내진보강 관련 국가예산의 절감 및 효율적 사용</li> <li>▪ 도시 지진복원력을 구체적, 실증적으로 파악하여 관련 정책에 대한 국민 신뢰도 향상</li> <li>▪ 시설물 노후화 대응관련 기술 개발을 통한 안전산업 활성화 및 신성장동력 발굴</li> </ul>
	기술적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 주요 도로시설물의 명확한 지진재난 대응성능 파악을 통해 경제/사회적 지진피해 평가기반 제공</li> <li>▪ 지진 이외 다른 자연재해, 재난에 대한 성능평가 기술 개발에 확대 적용</li> <li>▪ 신축 시설물 성능기반 설계기준으로 확장 및 성능기반 엔지니어링 기술 활성화</li> <li>▪ 노후도를 고려한 생애주기 내진성능 향상을 통해 시설물 장수명화 기술 개발 촉진</li> <li>▪ 도로시설 노후도와 잔류 수명 측정 기술 개발</li> <li>▪ 국토교통부에서 노후 도로시설 내진보강 또는 내진성능평가에 대한 예산 산정과 대책 수립 의사결정에 활용</li> <li>▪ 시설안전공단에서 노후 도로시설에 지진취약도 산정에 활용</li> </ul>
	경제적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제규모에 상응하는 재난대비를 통해 재난 발생 시 국가경제 피해 최소화</li> <li>▪ 내진성능 평가 및 보강 활성화에 따른 관련 산업 활성화</li> <li>▪ 합리적 수준의 내진보강에 의한 주요시설물 소관 부처 예산 절감</li> <li>▪ 사회 기반시설 안전 확보를 통해 원활한 국가경제활동 지원</li> </ul>

2. 전략과제 2: 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용

연구 목표		
<b>최종 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도로시설의 지진취약도를 토대로 도로망의 성능과 사회경제적 복원력을 평가하여 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정을 지원하는 기술을 구축하고 시범적용함.</li> </ul>	
<b>단계별 연구 목표 및 성과물</b>	구분	연구기간 4년
	연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 직간접 손실 및 복원력 유형 분석</li> <li>✓ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 복원력 평가기술 개발</li> <li>✓ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가기술 개발</li> <li>✓ 지진발생 전 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템 개발</li> <li>✓ 도로시설의 지진 직후 내진성능관리(복구) 의사결정지원 기술 개발을 위한 기초 연구 및 방안 제시</li> <li>✓ 중소 도시(경주, 포항지역 등)의 실제 도로망에 해당지역의 지반특성을 반영하여 개발기술 시범적용</li> </ul>
	성 과 물	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 노후 도로시설물의 사회경제적 복원력 평가 기술</li> <li>✓ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가 S/W</li> <li>✓ 지진발생 전 내진 보수·보강 의사결정지원 시스템</li> <li>✓ 중소 도시(경주, 포항지역 등) 실제 도로망에 시범적용 및 기존 방법과 비교검증 보고서</li> <li>✓ 실제 도로망의 시범적용을 통해 개선된 의사결정지원시스템 사용 매뉴얼</li> </ul>

기 대 효 과	정책적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 노후 도로시설의 재난복원력 향상을 통한 재난·재해 예방 및 체계적 관리</li> <li>▪ 노후 도로시설의 복원력 유형 파악 및 분석을 통한 유지관리 및 의사 결정에 들어가는 사회경제적 비용 저감</li> <li>▪ 노후 도로시설의 사회경제적 복원력 평가 및 향상 기법을 활용한 시설 복구 기간 및 비용 저감</li> </ul>
	기술적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도로시설 노후화에 따른 사회경제적 피해예측과 손실산정 계수 및 알고리즘 개발을 통한 한국의 실정에 맞는 피해 및 복원력 예측 기술 개선</li> <li>▪ 주요 노후 도로시설 지진재난에 대한 복원력 평가 및 분석을 통해 사회경제적 지진피해 평가기반 구축</li> <li>▪ 사회경제적 직간접적 영향 유형 및 복원력 유형 도출을 통한 기존 분석 기법의 확장 가능성 제공</li> <li>▪ 지진 이외의 다른 자연재해, 재난에 대한 성능평가 기술 개발에 확대 적용 기반 제공</li> <li>▪ 주요 시설의 지진재난 복원력 분석을 통한 사회경제적 직간접적 지진피해 평가기반 제공</li> <li>▪ 국토교통부에서 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 다양한 의사결정에 활용</li> <li>▪ 시설안전공단에서 노후 도로시설에 의한 사회·경제적 직·간접적 피해 및 영향 예측에 활용</li> </ul>
	경제적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제규모에 상응하는 재난대비를 통해 재난 발생 시 국가경제 피해 최소화</li> <li>▪ 복원력 평가 및 복원력 향상 평가 기법 개발을 통한 관련 산업 활성화</li> <li>▪ 지진 복원력 향상 및 평가기법 개발을 통한 도로 시설물 유지관리 및 피해 복구에 필요한 소관 부처의 예산 절감</li> <li>▪ 도로 시설물을 비롯한 사회 기반시설의 복원력 확보를 통한 원활한 국가경제활동 지원</li> </ul>

## 2절 활용방안

### 1. 전략과제 1: 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발

연구 추진 체계 및 실용화/사업화 방안			
연구 추진 체계 (중복 가능)	주관 기관	①② ③④	①산업체    ②대학    ③연구소    ④제한없음
	참여 기관	①② ③④	①산업체    ②대학    ③연구소    ④제한없음
실용화/사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구성과의 실용화를 위한 전략 수립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발기술의 현장적용을 통한 검증 및 적용 사례 제시</li> <li>- 개발기술의 실질적인 활용 확대전략 수립</li> <li>- 도로시설물과 도로망 연계 내진성능평가 S/W 개발로 실용화 극대화</li> </ul> </li> <li>○ 기술수요처(공사·공단, 지자체 및 보수·보강 업체 등 시설물 내진성능관리 관련 기관)들과의 유기적 협조체계 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴</li> <li>- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영</li> </ul> </li> </ul>		

	활용내용	활용기관 (부처/기관/민간)
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진재해대책법에 의한 ‘기존시설물 내진보강 기본계획’에 따른 도로시설물 내진성능평가 및 보강계획 수립</li> <li>▪ 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 다양한 의사결정에 활용</li> <li>▪ 도로시설물의 생애주기 유지관리 계획 수립에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 지자체</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 주요 도로시설물 지진취약도를 방재대책 수립에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 행정안전부</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 노후 도로시설로 인한 피해액 예측 시 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국립재난안전연구원</li> <li>▪ 한국시설안전공단</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 주요 도로시설물 내진성능 평가에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 내진성능평가기업</li> </ul>

2. 전략과제 2: 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용

연구 추진 체계 및 실용화/사업화 방안			
연구 추진 체계 (중복 가능)	주관 기관	①② ③④	①산업체    ②대학    ③연구소    ④제한없음
	참여 기관	①② ③④	①산업체    ②대학    ③연구소    ④제한없음
실용화/사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구성과의 실용화를 위한 전략 수립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발기술의 현장적용을 통한 검증 및 적용 사례 제시</li> <li>- 개발기술의 실질적인 활용 확대전략 수립</li> <li>- 도로시설물과 도로망 연계 내진성능평가 S/W 개발로 실용화 극대화</li> </ul> </li> <li>○ 기술수요처(공사·공단, 지자체 및 보수·보강 업체 등 시설물 내진성능관리 관련 기관)들과의 유기적 협조체제 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴</li> <li>- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영</li> </ul> </li> </ul>		

활용방안	활용내용	활용기관 (부처/기관/민간)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 다양한 의사결정에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 지자체</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진으로 인한 피해의 복구 및 예방·대비 예산 산정 시 활용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 행정안전부</li> <li>▪ 지자체</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 노후 도로시설에 의한 사회경제적 직간접적 피해 및 영향 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 행정안전부</li> <li>▪ 한국시설안전공단</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진으로 인한 피해 규모 예측 모델 개발 및 복원력 평가 모델 개발에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 국립재난안전연구원</li> </ul>	

### 3절 연구일정에 따른 인력투입계획

#### 1. 전체사업 인력 투입계획

연차별 투입 연구인력

구분	1단계 사업(전략과제1, 전략과제2)				합계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
참여 연구원	10	45	50	25	130

상세 투입인력

구분	1단계 사업		합계
	전략과제 1	전략과제 2	
참여연구원	60	70	130

세부과제별 투입인력

참여연구원	1단계 사업(전략과제1, 전략과제2)				소계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
전략과제1	4	20	22	14	60
전략과제2	6	25	28	11	70
합계	10	45	50	25	130

2. 연구 소요예산 산정

1) 전체사업 소요예산

총괄 소요예산

(단위 : 억원)

분류	1단계 사업(전략과제1, 전략과제2)				합계
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
	정부	정부	정부	정부	정부
총괄	5	35	40	20	100
전략과제1	3	15	18	11	47
전략과제2	2	20	22	9	53

예산 항목별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부항 목	단가 (월급여)	예산항목				소계
			1단계 사업				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
인 건 비	참여 연구원		125	875	1,000	500	2,500
	소계		125	875	1,000	500	2,500
직 접 비	연구장비 재료비 연구추진비 연구활동비	200		1,400	1,600	800	4,000
	연구수당	60		420	480	240	1,200
	소계	260		1,820	2,080	1,040	5,200
	간접비		115	805	920	460	2,300
	합계		500	3,500	4,000	2,000	10,000

2) 세부과제별 소요예산

□ 전략과제1 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항 목	세부항목	예산항목					소계
		단가 (월급여)	1단계 사업				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
인 건 비	참여 연구원		100	400	500	300	1,300
	소계		100	400	500	300	1,300
직 접 비	연구장비 재료비 연구추진비 연구활동비		540	1,800	1,500	1,000	4,840
	연구수당		20	80	100	60	260
	소계		260	1,880	1,600	1,060	5,100
	간접비		100	600	500	400	1,600
합계			500	3,000	2,500	2,000	8,000

□ 전략과제2 소요예산

(단위 : 백만원)

예산 항 목	세부항목	예산항목					소계
		단가 (월급여)	1단계 사업				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	
인 건 비	참여 연구원		30	250	250	110	640
	소계		30	250	250	110	640
직 접 비	연구장비 재료비 연구추진비 연구활동비		52	270	270	240	832
	연구수당		6	50	50	22	128
	소계		58	320	320	262	960
	간접비		20	150	150	80	400
합계			108	720	720	452	2,000

## 참 고 문 헌

- 건설연구인프라운영원, 노후(철거)교량의 성능평가를 통한 공용중 교량의 장수명화 연구기반 구축 기획보고서, 2016
- 과학기술정책연구원, 공공데이터의 효율적 활용을 위한 정책과제, 2014
- 국가과학기술위원회, 2014년 재난·재해 R&D 투자전략(안), 2013
- 국가과학기술위원회, 연도별 재난 및 안전관리기술개발 시행계획(안), 2008~2012
- 국가과학기술위원회, 제 1차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획, 2008
- 국가과학기술위원회, 제 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획, 2013
- 국가과학기술위원회, 제1차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획, 2007
- 국가과학기술위원회, 제2차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획, 2013
- 국과심의위원회, 2014년도 재난 및 안전관리기술개발 시행계획(안), 2014
- 국과심의위원회, 2015년도 정부연구개발사업 예산 배분·조정(안), 2014
- 국립재난안전연구원, 내진설계기준 정비 방안, 2013
- 국립재난안전연구원, 범부처 재난·안전 R&D 추진현황 및 전략분석, 2013
- 국립재난안전연구원, 지진분야 R&D사업 효율화 방안
- 국토교통부, 국토교통 R&D 동향조사, 2013
- 국토연구원, 도로정책 Brief, 2016
- 국토연구원, 미국의 전국 간선도로망계획, 1995
- 기상청, IPCC 특별보고서 기후변화 적응을 위한 극한현상 및 재해 위험관리, 2013
- 기상청, 지진포커스, 2013
- 기획재정부, 2014~2018년 국가재정운용계획, 2014
- 김은성·안혁근, 중앙정부와 지방정부 재난안전관리의 효과적 협력방안 연구, 2009
- 내각부, 2011 일본의 재해대책, 2011
- 내각부, 2013 과학기술관련예산, 2013
- 내각부, 2014 과학기술관련예산(안), 2014
- 내각부, 2014 방재백서, 2014
- 내각부, 연도별 과학기술기본계획, 2010~2014
- 내각부, 전략적 혁신창조프로그램 연구개발계획, 2014
- 대구경북연구원, 대구지역 풍수해 재난관리 방향과 전략과제에 관한 기초연구, 2013
- 문일주 외 3명, 기후변화에 따른 한반도 상륙 태풍강도 변화, 2007
- 미래창조과학부, 2014년도 정부연구개발투자 방향 및 기준(안), 2013
- 미래창조과학부, 제3차 과학기술기본계획, 2013
- 미래창조과학부, 한국과학기술기획평가원, 2012년도 국가연구개발사업 조사·분석보고서, 2013
- 민승덕, 미국의 재난관리 관련 주요 법률, 2014
- 박정배, 지식재산권 창출의 전략과제에 관한 연구, 2011, 재구성

- 방재과학기술연구소, 방재과학기술연구소 요람
- 소방방재청, 2008, 방재의 경제성 분석 및 국가경제 과급효과 연구
- 소방방재청 연구개발사업 관리시스템(<http://rdms.nema.go.kr>)
- 소방방재청, 2013 재해연보, 금세기에 일어난 중요한 자연재해 총괄(1900~2013)
- 소방방재청, 2013 재해연보, 금세기에 일어난 중요한 자연재해 총괄(1900~2013)
- 소방방재청, 소방방재 R&D 실용화 종합발전 계획, 2013. 9
- 소방방재청, 소방방재청 국가연구개발사업 중장기 기획 연구, 2007
- 소방방재청, 연도별 소방방재청 R&D사업 시행계획(안), 2008~2014
- 소방방재청, 연도별 재난연감(인적재난), 2003~2012
- 소방방재청, 연도별 재해연보(자연재해), 2003~2012
- 소방방재청, 재난에 안전한 나라 행복한 국민(2014년 업무보고), 2014. 2
- 안전행정부, 국립재난안전연구원, 재난·안전 R&D 미래 발전전략 조사·분석, 2013
- 안전행정부, 정부 3.0 길라잡이, 2014
- 오국성, 한국의 재난관리 효율적 운영방안에 관한 연구, 2012
- 오금호, 유병태 외, 국가 재난/안전 R&D 기반구축을 위한 표준분류체계 마련 방안, 2013. 11
- 이승준, 최준혁 외, 고속도로 교통분석 프로그램(ExTRAM) 개발, 2010. 12
- 유동훈 외 1명, 자연재해저감기술개발사업단의 소개, 2010
- 유재복, “특허정보조사의 이론과 실제”, 형설출판사, 2004.8
- 이성관, 강승림, and 김창호. “Socio-Economic Impacts of an Unscheduled Event.” 한국도로학회논문집 11.1 (2009): 117-126.
- 이성덕, 미국 IT R&D 시스템의 기획·조정체계 분석, 2005
- 정보통신정책연구원, 외국의 재난안전관리시스템 운영사례, 2013
- 중앙소방학교, 2013, 제 23호 소방연구논문집
- 중앙안전관리위원회, 행정안전부, 국가안전관리기본계획(2010~2014)
- 질병관리본부, 2012, 폭염 건강피해 백서, 2013
- 한국개발연구원, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판), 2008
- 한국과학기술기획평가원, 2012 기술수준평가보고서, 2012
- 한국과학기술기획평가원, 우리나라 주요 자연재난 대응 동향, 2011
- 한국과학기술기획평가원, 2012년 기술수준평가, 2013
- 한국과학기술기획평가원, 2013년도 정부연구개발예산 현황분석, 2014
- 한국과학기술기획평가원, 우리나라 주요 자연재난 대응 동향, 2011. 12
- 한국과학기술기획평가원, 2014년 기술수준평가, 2015
- 한국과학기술정보원, 과학기술정보 분류 현황분석, 2005
- 한국 지진공학회, 외국의 지진재해 피해사례 연구를 통한 20개 법정시설물의 내진 설계 타당성 분석, 1998
- 한국특허정보원, 기초에서 활용까지 특허맵 작성 실무, 2002, 재구성
- 한국토지주택공사, LH 지반 빅데이터 활용 시스템 개발, 2015

- e-나라지표(<http://www.index.go.kr/potal/main/>)
- USGS(<http://www.usgs.gov/>)
- 국가태풍센터(<http://typ.kma.go.kr>)
- 기상청 (<http://www.kma.go.kr/>)
- 소방방재청 ([www.nema.go.kr](http://www.nema.go.kr))
- Biondini, Fabio, Elena Camnasio, and Andrea Titi. "Seismic resilience of concrete structures under corrosion." *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 44.14 (2015): 2445-2466.
- Bocchini, Paolo, and Dan M. Frangopol. "Restoration of bridge networks after an earthquake: multicriteria intervention optimization." *Earthquake Spectra* 28.2 (2012): 426-455.
- Dong, You, Dan M. Frangopol, and Duygu Saydam. "Pre-earthquake multi-objective probabilistic retrofit optimization of bridge networks based on sustainability." *Journal of Bridge Engineering* 19.6 (2014): 04014018.
- Faturechi, Reza, and Elise Miller-Hooks. "Measuring the performance of transportation infrastructure systems in disasters: a comprehensive review." *Journal of infrastructure systems* 21.1 (2014): 04014025.
- Kiremidjian, Anne, et al. "Seismic risk assessment of transportation network systems." *Journal of Earthquake Engineering* 11.3 (2007): 371-382.
- Lim, Hyun-Woo, Junho Song, and Nolan Kurtz. "Seismic reliability assessment of lifeline networks using clustering-based multi-scale approach." *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 44.3 (2015): 355-369.
- Markets and Markets, Clinical decision support system market global forecast to 2018, 2014
- Tatano, Hirokazu, and Satoshi Tsuchiya. "A framework for economic loss estimation due to seismic transportation network disruption: a spatial computable general equilibrium approach." *Natural Hazards* 44.2 (2008): 253-265.
- World bank, UNDERSTANDING RISK: Review of Open Source and Open Access Software Packages Available to Quantify Risk from Natural Hazards, 2014

## 부 록



1. 기술수요조사 설문지

2. RFP



## 1. 기술수요조사 설문지

※ 통계법 33조(비밀의 보호)에 의거 본 조사에서 개인의 비밀에 속하는 사항은 엄격히 보호됩니다.

### 도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난 관리체계 기술개발을 위한 설문조사

본 설문은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 ‘도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난 관리체계 기획 연구’의 일환으로, 국내 도시 지진재난 관련 기술/연구개발 역량을 파악하기 위해 지진재난 관련 정책 수립, 연구개발 및 관리, 현장 대응 분야의 전문가를 대상으로 조사하고 있습니다.

지진재난 관련 연구개발 기획 및 관리 전문가로 선정되신 귀하의 의견은 ‘도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난 관리체계 기획’ 수립을 위한 귀중한 기초 자료가 될 것이며, 본 목적 이외에는 결코 사용되지 않을 것입니다.

감사합니다.

2015. 11.

연구책임자 조해성 (트리마란컨설팅(주) 공동대표)

※ 문의 및 이메일 회신 : 전선미 (070-4323-3490, seonmi\_j@trimaran.co.kr)

제출자 인적사항			
소 속 기 관	① 산업계 ② 대학교 ③ 연구소/연구기관 ④ 정부부처 ⑤ 기타( )		
담 당 업 무	① 연구/기술자(교육자 포함) ② 연구/기술 관리자 ③ 행정가(경영자 포함) ④ 기타 ( )		
직 급		경 력	년
학 위 / 전 공			
지진재난 관련 연구개발 사업 참여경험	① 현재 참여 중 ② 과거 참여한 적 있음 ③ 참여 경험 없음		

**설문1. 도시 지진재난 관련 연구개발의 자원 수준(Resource)**

국내 도시 지진재난 관련 연구개발 자원 투입 수준(기술 및 운영·관리 인력 규모, 조직체계 구성 수준, 예산투자 규모, 법·제도 정비, 장비·인프라 구축 등)은 국내의 여타 분야(IT/BT/NT(나노)/ET(환경)/ST(우주)/CT(문화)) 혹은 외국의 경우와 비교하여 상대적으로 어떠한 수준입니까? **답 ( )**

매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문2. 도시 지진재난 관련 연구개발의 준비 및 운용 수준(Readiness)**

국내 도시 지진재난 관련 기술/운용/관리를 위한 준비 및 운용 수준(인력의 전문역량, 법·제도 운용, 인프라 활용성, 조직문화 자율성/탄력성 등)은 국내의 여타 분야(IT/BT/NT(나노)/ET(환경)/ST(우주)/CT(문화)) 혹은 외국의 경우와 비교하여 상대적으로 어떠한 수준입니까? **답 ( )**

매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문3. 도시 지진재난 관련 연구개발의 성과 수준(Realizability)**

국내 도시 지진재난 관련 기술/운용/관리를 위한 성과 수준 (경제·사회 기여도, 국가연구개발 기여도, 과학기술발전, 국가 브랜드 제고, 실용화 및 사업화, 논문 특허, 관련 고객만족도 등)은 국내의 여타 분야(IT/BT/NT(나노)/ET(환경)/ST(우주)/CT(문화)) 혹은 외국의 경우와 비교하여 상대적으로 어떠한 수준입니까? **답 ( )**

매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문4. 도시 지진재난 관련 연구자/기술자의 혁신역량 수준(Innovation)**

도시 지진재난 관련 기술/운용/관리를 위한 연구자/기술자의 업무혁신 수준(관련 분야의 미래 환경변화에 대한 인식, 자기 계발 및 학습 노력, 개인과 조직의 혁신 의지, 혁신추진 역량 등)은 국내의 여타 분야(IT/BT/NT(나노)/ET(환경)/ST(우주)/CT(문화)) 혹은 외국의 경우와 비교하여 상대적으로 어떠한 수준입니까? **답 ( )**

매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문5. 도시 지진재난 관련 기술수준1**

국내 지진재난 관련 분야 전문가로서, 도시 지진재난 관련 **대분류** 부분의 **국내 기술수준**은  
 최고기술 보유국가 대비 어느 수준(%)에 있다고 생각하십니까? 아래 표의 대분류 부문 괄호  
 안에 답해 주십시오. (\* 중분류/소분류는 참고)

대분류	중분류	소분류
1 도시 지진재난 위험 라이브러리 분석 기술 ( % )	1.1 지진강도 분석	1.1.1 지진 크기 분석
		1.1.2 지진 발생 위치·거리 분석
		1.1.3 지진과 전달 매질특성 분석
		1.1.4 발생 빈도 분석
	1.2 공학적 위험요소 분석	1.2.1 시설물 종류 분석
		1.2.2 시설물 규모 분석
		1.2.3 시설물 밀집도(공간성) 분석
		1.2.4 시설물 구조특성(내진성) 분석
		1.2.5 시설물 위치특성(지반 등) 분석
		1.2.6 시설물 영향(또는 중요도) 분석
	1.3 사회경제적 위험요소 분석	1.3.1 상주인구 구성 분석
		1.3.2 상주인구 밀도 분석
		1.3.3 이동인구 구성 분석
		1.3.4 이동인구 밀도 분석
		1.3.5 고정물종 종류 분석
		1.3.6 고정물종 구성 분석
		1.3.7 고정물종 밀도 분석
		1.3.8 이동물종 종류 분석
		1.3.9 이동물종 구성 분석
1.3.10 이동물종 밀도 분석		
2 도시 지진재난 위험 모델링 ( % )	2.1 지진 전파 모델링	2.1.1 지진 발생 예측 모델링
		2.1.2 지진파 모델링
	2.2 공학적 위험 모델링	2.2.1 지진/여진 기인 복합재난 피해 예측 모델링
		2.2.2 취약도 함수 도출 모델링
	2.3 사회경제적 위험 모델링	2.3.1 직접피해 추정 모델링
		2.3.1 간접피해 추정 모델링
	2.4 상호작용·네트워크 모델링	2.4.1 직렬/병렬/복합연결 모델링
		2.4.2 상호작용 모델링
3 도시 지진재난 위험 시뮬레이션 ( % )	3.1 위험 모델 최적화	3.1.1 빅데이터 분석기술 기반 위험 모델 개발
		3.1.2 도시 지진재난 실시간 상황정보 분석 및 정보 공유 플랫폼 개발
	3.2 시나리오 플래닝	3.2.1 대피·피난 시나리오
		3.2.2 구조·구난 시나리오
		3.2.3 연속성 유지 시나리오
	3.3 피해예측 평가	3.3.1 시설물 피해예측 평가
		3.3.2 물품 피해예측 평가
		3.3.3 인적 피해예측 평가

4	도시 지진재난 위험 저감 기술 ( % )	4.1	취약성 개선 의사결정	3.3.4	피해비용 평가
				3.3.5	복구기간 평가
				4.1.1	취약성 결정 평가
		4.2	공학적 취약성 개선방안 도출	4.1.2	취약성 개선 의사결정 우선순위 모델링
				4.1.3	도시 지진재난 대비 운영 체제 개선
				4.2.1	지진피해 저감 (내진, 면진, 제진, 보강 등)
		4.3	사회경제적 취약성 개선방안 도출	4.2.2	도시 지진재난 폐기물 처리
				4.2.3	도시 지진재난 현장 환경 복구지원
				4.3.1	도시 지진재난 피해자 물질적 지원 및 관리
		4.4	행정적 취약성 개선방안 도출	4.3.2	도시 지진재난 피해자 정신적 피해 관리
				4.4.1	도시 지진재난 관리 제도·정책 개발
				4.4.2	협력 네트워크 구축

**설문6. 도시 지진재난 관련 기술수준2**

현재 우리나라 도시의 지진재난 위험도 정량화\* 및 지진재난 관리체계\*\* 관련 기술 발전 속도를 고려할 때, 향후 몇 년 내 우리나라가 세계 최고 기술수준에 도달할 것으로 예측하십니까? 답 ( )

- ① 5년 이내    ② 6~10년    ③ 11~15년    ④ 16~20년    ⑤ 불가능

\* 정량화 기술 : 도시 지진재난 위험 요인 분석 기술/모델링 기술/피해 예측 평가 등의 시뮬레이션  
 \*\* 관리체계 기술 : 위험도 개선 방안 도출, 유관기관별 협력체계 구축 등의 총체적인 지진재난 위험도 저감 기술

**설문7. 도시 지진재난 관련 연구개발의 중요성**

도시 지진재난 위험도 정량화 및 지진재난 관리체계 구축 관련 연구개발의 중요성은 국내 재난안전 여타 연구개발 분야와 비교하여 상대적으로 어느 정도라고 생각하십니까? 답 ( )

- 매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문8. 도시 지진재난 관련 연구개발의 시급성**

도시 지진재난 위험도 정량화 및 지진재난 관리체계 구축 관련 연구개발의 시급성은 국내 재난안전 여타 연구개발 분야와 비교하여 상대적으로 어느 정도라고 생각하십니까? 답 ( )

- 매우 낮다    다소 낮다    대등    다소 높다    매우 높다  
 ① ----- ② ----- ③ ----- ④ ----- ⑤ ----- ⑥ ----- ⑦

**설문9. 도시 지진재난 관련 연구개발 성과의 경제적 효과 예측**

‘연구개발 사업(도시 지진재난위험관리 관련)’을 추진할 경우, 도시 지진재난 발생 감소율 및 재난발생시 피해 감소율은 어느 정도로 예상하십니까?

※ 참고 : 자연재해(호우/대설/강풍/태풍/홍수) 방재 R&D 사업을 통한 효과 : 재난 발생 감소율 5.94%, 피해 감소율 17.15%로 조사(국민안전처, 2015)

답 : (재난 발생 감소율/발생시 피해 감소율) (      % /      % )

**설문10. 도시 지진재난 관련 연구개발 성과의 사회적 비용 절감 효과**

도시 지진재난으로부터 국민안전을 위해 부담(현재/미래)하는 사회적 비용(GDP 대비)과 ‘연구개발 사업(도시 지진재난위험관리 관련)’을 통한 절감효과(사회적 비용 대비)는 어느 정도로 예상하십니까?

※ 참고1 : 자연재해(호우/대설/강풍/태풍/홍수)로 인한 사회적 비용 비중은 GDP 대비 4.67%, 절감 효과는 사회적 비용 대비 20.19%로 조사(국민안전처, 2015)

※ 참고2 : 우리나라의 2015년도 GDP는 1,662조원임

답 : (사회적 비용/사회적 비용 절감 효과) (      % /      % )

**설문11. 『도시 지진재난 관리체계 구축 사업』 연구개발 주제**

제안하고자 하는 기술/연구개발 주제에 대한 개요를 작성하여 주시기 바랍니다.

※ 기술/연구개발 주제 또는 명칭만 간략하게 제시해 주셔도 됩니다.

주제	※ 과제, 프로그램 단위 수준의 과제 명칭으로 제시  예시 : 도시 지진재난 피해 예측 평가 체계 구축 및 관리 시스템 개발
최종 연구 목표	※ 제안하고자 하는 기술/연구개발 과제의 경량적, 정성적 목표

세부 연구 내용 및 성과목표			
구분	연구내용		세부 연구별 성과목표 (특허, 논문, S/W, 사업화, 기술이전 등)
1단계 (연구 기간)	세부 1	* 연구개발의 목표를 달성하기 위해 수행할 단계별 세부연구의 소요기간, 세부 연구 목표, 내용 및 추진방안 기술	▪ 특허 00건 ▪ 논문 00건
	세부 2	▪	▪
2단계 (연구 기간)	세부 3	▪	▪
	세부 4	▪	▪
3단계 (연구 기간)	세부 5	▪	▪

- 감사합니다 -

## 2. RFP (과제카드)

### □ 노후 도로시설(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발

연구개발과제명	노후 도로시설(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발
1. 연구개발 목표	<p>○ 도로시설의 노후도 고려 지진피해평가를 통한 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1세부)도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가 기술 개발</li> <li>- (2세부)도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용</li> </ul> <p>※ 용어정의 및 연구범위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로시설이란 교량, 터널, 도로옹벽, 사면노반 등을 칭함. 본 연구에서는 교량, 터널, 사면 및 옹벽을 연구범위로 함</li> <li>- 내진성능관리란, 지진 이전 또는 지진 이후, 시설물에 대한 지속적인 평가(물리적 취약도, 네트워크해석 및 사회경제적 복원력 평가) 및 내진보수·보강을 통하여 목표로 하는 요구 내진성능수준을 유지·확보할 수 있도록 대상 시설물을 관리하는 것을 의미함. 본 연구에서는 지진 이전 시설물의 내진성능관리(보수·보강)를 연구범위로 함</li> <li>- 지진복원력이란 도로망의 사회경제적 요소와 물리적 요소가 작동하여 지진피해로부터 원상복구하는 능력을 의미함. 구성요소들의 불확실성을 고려하여 도로망의 사회경제적 비용 및 피해, 성능저하, 복귀수준, 복구비용 또는 복구기간으로 정량화할 수 있음. 지진복원력을 정량화하기 위해서는 지진재해도 정의, 개별 시설의 물리적 지진취약도 정의, 개별 시설물 간의 네트워크해석을 통한 지진위험도 계산, 위험도를 토대로 지진복원력을 계산하는 절차를 따름. 본 연구는 이 절차에 필요한 근거자료들을 구축하기 위한 연구이며, 이 절차에 따라 복원력을 정량화 하고 이를 노후 도로시설물의 내진성능관리 의사결정에 활용하는 것임</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후화란 긴 시간에 걸쳐 여러 요인에 의해 발생하는 성능의 저하를 의미함. 특별히, 내진성능 노후화는 재료적(콘크리트 열화, 철근 부식, 받침고무 경화), 환경적(누수, 동결융해, 세굴, 염해, 피로하중, 지진하중), 태생적(설계오류, 재료분리, 철근 정착, 철근이음, 철근후크, 철근피복 등) 요인에 의해 발생. 본 연구에서는 재료적 요인에 의한 노후화를 고려하는 것을 연구 범위로 함</li> </ul>
<p><b>2. 연구개발의 필요성 및 기술동향</b></p>	
<p><b>□ 연구개발의 필요성</b></p>	<p><b>○ 정책적 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- '16년 9월12일 규모 5.8의 경주 지진과 '17년 11월 15일 규모 5.4의 포항 지진 발생으로 인해 지진재난 대비의 중요성에 대한 국가적 관심 증대</li> <li>- 정부의 100대 국정과제 중 '내 삶을 책임지는 국가' 국정목표를 위한 '국민안전과 생명을 지키는 안심사회' 전략 중 '안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축'과 '통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화' 과제에 부합</li> <li>- 지진복원력 향상, 노후 도로시설 보수·보강은 제3차 과학기술 기본계획의 국가전략기술 개발 전략(High 2) 중 '깨끗하고 편리한 환경 조성' 및 '걱정 없는 안전사회 구축' 분야의 전략 기술과 연계됨</li> <li>- '시설물의 안전관리에 관한 특별법'은 시설물의 안전점검과 적정한 유지관리를 통한 재해·재난 예방 및 시설물의 효용 증진을 요구함</li> <li>- '제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획'의 4대 전략 중 '선진적 안전관리체계 확립'에 부합하는 연구 필요</li> <li>- 국토교통부 "국토교통 R&amp;D 중장기 전략"에서 재해·재난에 대한 선제적 대응 및 고부가가치 설계 엔지니어링 자립 등, 자연재해 및 사회적 재해·재난 대응기술 개발을 통한 피해저감 및 안전한 산업활동 지원 계획에 따라 세부연구가 필요함</li> <li>- 한정된 보수·보강 재원을 합리적으로 배분 집행하기 위해서는 우선순위에 대한 합리적 평가와 보수·보강에 따른 효과의 정량적 평가가 필수적이므로, 도로시설물의 보수·보강 우선순위</li> </ul>

결정과 보수·보강에 따른 복원력 평가를 기반으로 한 보수·보강 의사결정기술 개발 필요

○ 기술적 필요성

- 기존의 내진성능평가 및 보강요령은 1) 개별 교량의 중요도와 구조물 위주의 평가, 2) 결정론적 방법, 3) ‘사용년수/설계수명’으로 정의한 지수를 사용하여 노후도를 고려하여 내진성능평가를 하고 있으나, 1) 개별 구조물을 포함한 도로망으로서의 피해수준, 2) 지진의 불확실성을 반영한 확률론적 방법, 3) 동일한 사용년수의 구조물이라도 환경에 따른 노후도가 다를 수 있어 구조물의 실제 노후도를 반영하여 평가할 필요 있음
- 현재 지진으로 인한 사회·경제적 간접적 피해에 대한 연구는 많지 않고, 대부분 물리적 취약도에 초점이 맞춰져 있어 복원력과 관련한 연구 및 기술 개발 필요
- 개별 시설물의 현재 상태를 기준으로 미래의 노후도를 예측하여 지진재난 발생 시 주요 시설물에 대한 기능 유지, 적정 수준의 보수, 보강 또는 철거 후 신축에 대한 의사결정지원 기술 필요
- \* '14.1월 기준, 연령 30년 이상 시설물은 전체의 9.6% 수준, 10년 후 21.5%로 급속한 고령화
- 도로시설의 노후도로 인한 지진취약성 및 복원력을 종합적으로 평가하고, 이를 토대로 합리적인 지진피해 경감 대책을 수립할 수 있는 기술 필요
- 노후 도로시설의 지진에 의한 기능장애로 인한 사회경제적 복원력 평가 및 향상 기법 개발을 통해 유지보수에 대한 합리적 의사결정 기법 개발 필요
- 국가 또는 도시의 사회경제적 지진 복원력을 평가하기 위해서는 주요 도로시설물의 지진 시 장단기 재난대응성능 수준을 평가하는 기술 개발 필요
- 지진에 의한 도로망 기능장애로 인해 장단기적으로 발생하는 사회경제적 복원력에 대한 정량적 평가 필요

○ 경제적 필요성

- 도로 구조물의 급속한 노후화로 지진재난 발생 시 천문학적

국가경제 손실이 우려되므로 재난 복원력 제고를 통한 재난 피해 저감 필요

- \* '15년 12월 기준 전체 교량 30,983개 중에 공용년수 30년 이상 경과한 교량은 3,057개(9.9%)이며, 향후 10년 후에는 9,576개(30.9%), 20년 후에는 31,737개(70.2%)로 크게 증가. 터널 및 기타구조물 또한 교량과 비슷한 시기에 시공되었으므로, 교량과 비슷하게 노후화가 진행될 것으로 추정됨
- 막대한 예산을 효율적으로 사용하기 위해서 노후도에 따라 지진취약도가 크고 재난 발생 시 파급 영향이 큰 시설물을 식별하여 선제적 대응 필요
- 관련 원천기술 개발을 통한 안전산업 활성화 및 신성장동력 발굴
- 응급비상 필수 도로시설물의 구조 안전성 증가로 인명구호 활동 증대 및 경제적 피해 저감
- 선제적 내진보강에 의한 노후 도로망의 재난 복원력을 제고하여 재난 피해 저감 및 사회경제적 손실 저감

□ 기술동향

○ 국내동향

- 지진재해로 인한 도로망 내진보강 우선순위 결정 방법
  - 한국도로공사는 3단계의 규모별 피해조사 기준에 따른 상황별 지진 대응 체계를 구축하여 조사 범위를 제시하고 있으며, 조사 범위에 포함된 도로시설물(교량, 터널, 건축물)에 대해 안전점검을 수행
- 기존 도로시설물의 내진성능평가 기술 현황
  - 내진설계 반영 여부에 따른 내진성능평가 및 보강효과에 대한 연구가 대부분이며 노후도를 반영한 연구는 이루어진 바 없음
  - 한국시설안전공단의 ‘기존교량의 내진성능평가 요령’에는 교량의 내진성능 상세평가를 위한 우선순위방법이 제시되고 있으나 개별 교량의 중요도와 구조물 위주의 평가로 도로시설의 네트워크로서의 기능은 반영되어 있지 않음
  - 기존의 내진성능평가 및 보강요령은 개별 시설물에 대해서 결정론적 방법으로 내진안전성을 평가하고 있어서, 도로망으로서의 피해수준과 지진의 불확실성을 제대로 고려하여

평가하기 어려움. 이를 인식하여 국내 교량에 대해서도 유형을 구분하고 지진취약도 곡선의 개발 필요성을 제시하였으나 관련 연구가 수행되고 있지 않음(국내 건축물은 이를 구축하였음)

- 현 기술수준은 시간 경과에 따른 도로시설의 내진성능수준의 변화를 시설물 ‘사용년수/설계수명’으로 정의한 지수를 사용하여 반영하고 있어 실제 시설물의 노후화 정도를 반영하기 어려운 한계가 있음
- 국내 교량 및 도로망 등의 인프라 관리 시스템 현황
  - 국내 대형교량의 유지관리시스템은 구조물과 사회기반시설물을 관리하는 한국시설안전공단에서 설치되어, 교량 유지관리를 위한 모니터링-시스템 개발 사업이 활발하게 수행되고 있음
  - 그러나 현재 통용되고 있는 교량 유지관리 기법 또는 시스템은 현황 파악을 위한 DB 성격의 시스템으로, 유지관리 공법 및 시기 결정 등 주요 의사결정 지원기능은 갖춰지지 않은 상황임

○ 국외동향

- 도로 네트워크 평가 방법
  - 다양한 유효성 척도(Measures of effectiveness)에 따른 평가 방법론 확립 : 교통시스템의 서비스 가용성(통행 시간, 거리, 통행량, 접근성) 및 위상적 측정(연결 중심성, 매개 중심성, 연결 중요도 지수)을 기준으로 함
  - 개별 구조물·시설물의 실제 상태에 근거한 상태기반 네트워크 신뢰성해석 기법을 제시하여 리스크 해석의 정확도를 향상(Lee et al., 2011)
- 노후 도로망 내진보강 우선순위 결정 방법
  - 도로망 네트워크 복원력(Resilience) 확보에 최적화된 복구 시나리오를 시행하고, 네트워크가 기능을 회복하는데 소요되는 시간과 비용을 최소화하는 방법론 개발 (Bocchini et al., 2012)
  - 지진 리스크에 근거하여 한정된 예산으로 도로망에 포함된 교량의 보수, 보강 우선순위 및 최적 유지관리 시점을 선정하

<p>기 위한 기법을 제안 (You et al., 2014)</p> <p>- 도로네트워크 관리 시스템 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (미국) Ergo. NCSA(National Center for Supercomputing and Application, USA)에서 개발한 시뮬레이션 기반 오픈소스 재난재해 위험 평가 프로그램으로서, 재난재해로 발생하는 구조물, 교량, 사회기반 라이프라인 네트워크의 지진 피해 해석 모듈을 통해 각 요소들의 피해 및 그로 인한 사회경제적 손실을 예측 가능토록 함</li> <li>• (미국) HAZUS. 재난관리자 교육, 재난발생시 응급대처, 시민과 기관의 응급복구, 2차재해 발생 억제, 재난피해의 최소화를 위하여 HAZUS 프로그램을 개발하여 사용</li> <li>• (일본) 지진방재정보시스템(DIS). 지진 시 피해상황의 조기 파악과 적절한 초동 대응, 관계기관 상호간의 정보공유에 활용</li> <li>• (대만) HAZ-Taiwan. 미국 HAZUS를 바탕으로 개발되었고, 피해 지진 후 재해 평가, 재해 복구 계획 및 가상 시나리오 제공, 재해보험을 포함하여 재해 대응방안 제시를 목표로 하는 재난관리 체계 구축</li> </ul>	
<p><b>3. 연구개발내용</b></p>	
<p><input type="checkbox"/> 세부 과제별 연구내용</p>	<p><input type="checkbox"/> (1세부) 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설의 내진성능수준 결정 기술 및 부재 손상수준 결정 기술 개발</li> <li>○ 도로시설물 대표요소에 대한 요구내진성능수준별 지진거동 특성 정량화 기술 개발</li> <li>○ 도로시설물 대표재료 및 대표요소의 실험 검증 및 문헌자료 분석을 통한 노후거동특성 모델 개발</li> <li>○ 내진성능관리 의사결정지원 시스템 적용을 위한 지진취약도 함수 표준형식 선정</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진거동 정량화 기술 개발</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 함수 개발</li> <li>○ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 정량화 기술 개발</li> <li>○ 내진보수·보강 공법별 내진성능향상효과 지진취약도 함수 개발</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로시설물의 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리 구축</li> <li>□ (2세부) 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 직간접 손실 및 복원력 유형 분석</li> <li>○ 노후도를 고려한 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 복원력 평가기술 개발</li> <li>○ 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가기술 개발</li> <li>○ 지진발생 전 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 시스템 개발</li> <li>○ 도로시설의 지진 직후 내진성능관리(복구) 의사결정지원 기술 개발을 위한 기초 연구 및 방안 제시</li> <li>○ 중소 도시(경주, 포항지역 등)의 실제 도로망에 해당지역의 지반특성을 반영하여 개발기술 시범적용                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시범적용 결과를 기존의 내진성능유지관리 의사결정방법과 비교하여 개발된 기술의 개선안 제안</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>4. 연구개발 추진방법</b></p>	
<p>□ 추진전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 세부 개별 기술간 연계성 강화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종 목표 달성을 위한 개별 기술 상호 간 연계성 강화</li> </ul> </li> <li>○ 연구성과의 실용화를 위한 전략 수립             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발기술의 현장적용을 통한 검증 및 적용 사례 제시</li> <li>- 개발기술의 실질적인 활용 확대전략 수립</li> <li>- 도로시설물과 도로망 연계 내진성능평가 S/W 개발로 실용화 극대화</li> </ul> </li> <li>○ 기존 국내외 선행 기술들과의 차별화 전략 및 정량적인 연구 개발 목표 수립             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ‘중소 노후교량 장수명화 요소기술 실증 및 최적화 연구’ 등 기 추진되었거나 추진 중인 과제와의 차별화 및 연계 전략 제시</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술수요처(공사·공단, 지자체 및 보수·보강 업체 등 시설물 내 진성능관리 관련 기관)들과의 유기적 협조체제 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의 견수렴</li> <li>- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영</li> </ul> </li> <li>○ 총 연구기간 내 연차별 연구개발 목표 설정 및 실현 전략 제 시             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세 부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화하여 가시화 방안 제시</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>□ 추진체계</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 공모는 연구단 컨소시엄 공모임             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구단장은 세부과제별 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 연구계획(연구내용 및 연구개발비 등 포함)을 수립하여 제안</li> <li>- RFP에서 제시된 세부과제별 연구내용에 부합하도록 참여기관 의 특성을 고려하여 수행체계 제안</li> </ul> </li> <li>○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용</li> <li>○ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경 제적 보완사항에 대한 자문</li> <li>○ 연구신청자는 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관 으로서만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모</li> <li>○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요</li> <li>○ 동 연구를 통해 개발될 ‘내진성능관리 의사결정지원 시스템’ 의 수요처(사용처) 참여를 통한 연구성과 실용화 추진</li> </ul>
<p><b>5. 최종성과물</b></p>	
<p><b>□ 주요 최종성과물</b></p>	<p><b>□ 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도로의 중요도(등급)에 따른 도로시설 내진성능수준 결정 기 술 보고서             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로의 내진 등급에 따른 내진성능수준 결정 기술</li> <li>- 도로시설물의 내진성능수준에 따른 부재 손상수준 결정 기 술</li> <li>- 도로망과 도로시설물의 내진성능수준 연계 기술</li> </ul> </li> <li>○ 도로시설물의 지진거동특성 정량화 기술 보고서</li> </ul>

- 도로시설물 형식별 지진거동특성 정량화 기술
- 요구내진성능수준, 부재별·손상수준별 거동한계상태(허용손상수준)에 따른 정량화 기술
- 노후도를 고려한 도로시설물 지진거동특성 정량화 기술
- 도로시설물 노후도를 고려한 지진취약도 정립 기술 보고서
  - 노후도를 고려한 도로시설물 구조부재의 지진취약도 함수
  - 노후 도로시설물의 지진취약도 함수
- 대표재료의 노후도 반영 역학적 특성 모델
- 내진보수·보강 재료의 역학적 특성 모델
- 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼
- 내진 보수·보강 시설물 평가 매뉴얼
- 도로시설물 구성요소별 및 손상모드별 내진 보수·보강 공법 라이브러리
  - 내진보수·보강 공법 D/B
  - 내진보수·보강 부재의 역학적 거동 특성 및 효과 정량화 기술
  - 내진보수·보강 공법 선정 합리화 기법
  - 내진성능 보수·보강 공법별 내진성능향상효과 평가 기술
- 도로시설물 내진보수·보강 공법별 지진취약도 정립 기술 보고서
  - 내진보수·보강 기법별 도로시설물 구조부재의 지진취약도 함수
  - 내진보수·보강된 도로시설물의 지진취약도 함수
- 내진성능관리 의사결정지원 시스템 구축을 위한 지진취약도 라이브러리
  - 노후도를 고려한 도로시설물의 지진취약도 데이터

**□ 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용**

- 노후 도로시설물의 사회경제적 복원력 평가 기술 보고서
  - 노후도를 고려한 복원력 유형 DB
  - 노후도를 고려한 복원력 평가 기술
- 지진규모 및 시설물 간 영향인자를 고려한 노후 도로망 시스템 내진성능 평가 S/W

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로망 지진재해 시뮬레이션 S/W</li> <li>- 도로망 교통 시뮬레이션 S/W</li> <li>- 도로망 지진복원력 확률평가기법 S/W</li> <li>- 노후 도로망 복원력 영향 분석 S/W</li> <li>○ 지진발생 전 내진 보수·보강 의사결정지원 시스템</li> <li>○ 중소 도시(경주, 포항지역 등) 실제 도로망에 시범적용 및 기존 방법과 비교검증 보고서</li> <li>○ 실제 도로망의 시범적용을 통해 개선된 의사결정지원시스템 사용 매뉴얼(실무에 적용 가능한 효율적인 매뉴얼 작성, 발간)</li> </ul>
<p><b>6. 활용방안 및 기대효과</b></p>	
<p><b>□ 활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 노후 도로시설 지진피해에 대한 복원력 향상을 위한 예산 산정과 대책 수립 등 의사결정에 활용</li> <li>○ 지진 등 기타 재난의 복구 및 대비 예산 산정 시 확대 활용</li> <li>○ 노후 도로시설로 인한 지진피해액 예측 및 보수·보강 우선순위 결정 시 활용</li> <li>○ 노후 시설의 지진피해액 예측 및 보수·보강 우선순위 결정 시 활용 가능</li> </ul>
<p><b>□ 기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정책적 기대효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선제적 지진재해 대응체계 확립을 통해 국민의 생명과 재산 보호</li> <li>- 노후 도로시설의 재난복원력 제고를 통한 재난 예방 및 체계적 관리</li> <li>- 노후 도로시설의 적절한 유지관리를 통한 시설물의 효용 증진</li> <li>- 노후 도로시설 내진보강 관련 국가예산의 효율적 사용을 통한 절감</li> <li>- 국가 지진위험도를 구체적, 실증적으로 파악하여 관련 정책에 대한 국민 신뢰도 향상</li> <li>- 시설물 노후화 대응관련 기술 개발을 통한 안전산업 활성화</li> </ul> </li> </ul>

및 신성장동력 발굴

- 노후 도로시설의 복원력 유형 파악 및 분석을 통한 유지관리 및 의사 결정에 들어가는 사회경제적 비용 저감
- 노후 도로시설의 사회경제적 복원력 평가 및 향상 기법을 활용한 시설 복구 기간 및 비용 저감

○ 기술적 기대효과

- 주요 시설의 명확한 지진재난 대응성능 파악을 통해 사회경제적 지진피해 평가기반 제공
- 지진 이외의 다른 자연재해, 재난에 대한 성능평가 기술 개발에 확대 적용
- 신축 시설물의 성능기반 설계기준으로 확장 및 성능기반 엔지니어링 기술 활성화
- 노후도를 고려한 생애주기 내진성능 향상을 통해 시설물 장수명화 기술 개발 촉진
- 시설물의 노후도와 잔류 수명 측정 기술 개발
- 도로시설 노후화에 따른 사회경제적 피해예측과 손실산정 계수 및 알고리즘 개발을 통한 한국의 실정에 맞는 피해 및 복원력 예측 기술 개선
- 주요 노후 도로시설 지진재난에 대한 복원력 평가 및 분석을 통해 사회경제적 지진피해 평가기반 구축
- 사회경제적 직간접적 영향 유형 및 복원력 유형 도출을 통한 기존 분석 기법의 확장 가능성 제공

○ 경제적 기대효과

- 경제규모에 상응하는 재난대비를 통해 재난 발생 시 국가경제 피해 최소화
- 내진성능 평가 및 내진보강 활성화에 따른 관련 산업 활성화
- 합리적 수준의 내진보강에 의한 주요시설물 소관 부처의 예산 절감
- 사회 기반시설의 안전 확보를 통해 원활한 국가경제활동 지원
- 복원력 평가 기법 개발을 통해 지진재난 보험 관련 산업 활성화
- 지진 복원력 향상 및 평가기법 개발을 통한 도로 시설물 유

<p>지관리 및 피해 복구에 필요한 소관 부처의 예산 절감</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 시설물을 비롯한 사회 기반시설의 복원력 확보를 통한 원활한 국가경제활동 지원</li> </ul>	
<p><b>7. 연구개발기간 및 소요예산</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구개발기간 : 2018.04 ~ 2021.12 (3년 9개월)</li> <li>- 1차년도 연구개발기간 : 2018.04 ~ 2018.12 (9개월)</li> <li>○ 총 정부출연금 : 9,565백만원 이내</li> <li>- 1차년도 정부출연금 : 1,913백만원 이내</li> </ul> <p>※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음</p> <p>※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발 사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능</p> <p>※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수</p> <p>※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능</p>	
<p><b>8. 기 타</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임</li> <li>○ 연구단장 신청자는 반드시 세부과제의 주관연구책임자로 참여하여야 함</li> <li>○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음</li> <li>○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함</li> <li>* <a href="http://www.kaia.re.kr">www.kaia.re.kr</a> 열린정보, <a href="http://rndgate.ntis.go.kr">http://rndgate.ntis.go.kr</a>의 유사과제목록 참조</li> <li>- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의</li> </ul>	

- 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
    - \* 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
  - 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
  - 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
    - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
      - \* (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
    - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
  - 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
    - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
      - \* 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
    - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
  - 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발 계획에 제시해야 함
    - 연구개발 기술 수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시하여야 함
  - 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공,

시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 연구비(안) 등은 ‘도시 지진재난위험도 정량화를 통한 순환형 지진재난관리 체계구축 기획’ 기획보고서 참조

#### 주 의

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

비매 품/무료

93530



9 788978 124096  
ISBN 978-89-7812-409-6