

지진재해 대응기술 기획사업

The Planning on Research and Development of
Prevention against Earthquake Hazard

연구기관

과학기술정책관리연구소

과 학 기 술 처

이 페이지는

여백입니다

제 출 문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 “지진재해 대응기술 기획사업”(기획기간 : 1997. 2. - 1997. 7.)의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 7.

연구기획주관기관명 : 과학기술정책관리연구소

연구기획총괄책임자 : 오 정 무

연구 원 : 박 재 혁

김 인 호

<기 획 위 원>

총괄 및 지진연구분야	: 전 명 순(자원연구소)
	박 창 업(서울대학교)
	민 경 식(원자력연구소)
	전 정 수(자원연구소)
활성단층분야	: 이 진 한(고려대학교)
	최 위 찬(자원연구소)
내진공학분야	: 김 재 관(서울대학교)
	김 병 석(건설기술연)
	홍 성 걸(서울대학교)
연구망구축/운영분야	: 지 현 철(자원연구소)
	박 필 호(표준연구소)
	엄 준 호(기 상 청)

이 페이지는

여백입니다

요 약 문

I. 제목

지진재해 대응기술 기획사업

II. 연구기획의 목적 및 필요성

- 한반도에서는 1905년 이후 규모 4.0 이상의 지진이 17회나 발생하였으며, 1996년 12월 영월에서 발생한 지진은 규모 4.5로서 6회의 여진을 수반하여 지진의 안전지대가 아님을 알 수 있음.
- 최근 도시의 고밀도화, 대형구조물의 증가, 전기 및 가스의 사용증대 등으로 지진에 의한 피해규모가 기하급수적으로 증가하고 있어 지진재해에 대한 대책 마련이 시급함
- 반면 우리 나라의 경우 내진설계는 원전, 대형건축물, 교량 등에 대해 제한적으로 적용되고 있을 뿐이며 그나마 외국의 기준을 원용하고 있어 한국의 지진특성에 적합한 지진연구 및 내진기준 설정이 필요함
- 또한 지진은 단층의 응력집중에 의한 것으로 지각내의 물리화학적 특성을 이해하게 되면 지진예보가 가능하게 되어 이에 대한 연구 및 종합적인 자료의 수집이 필요함

III. 연구기획의 내용 및 범위

- 피해지진 발생시 사회의 기본기능이 유지될 수 있도록 정부차원의 종합대책 방안 필요
- 지진방재 관련 관측망 (지진계, 가속도계, 지구위치측정계, 활성단층 및 지진예지를 위한 모니터링) 구축 시급
- 내진설계와 지진예지를 위해서는 종합적인 국책과제의 지속적인 추진이 요구됨
- 지속적인 지진연구 강화대책 관련 국책과제는 지진분야 뿐만 아니라 토목, 건축 등 여러 분야 전문가들이 참여하여 수행되어야 함

IV. 연구기획 결과

가. 사업목표

내진설계와 지진예지를 위한 종합적인 연구계획 수립

나. 기술개발 목표

1) 최종목표

- 지진발생시 사회의 기본기능이 유지되기 위한 장기 연구계획 수립
- 지진재해도 및 내진설계를 위한 국가방재차원의 관측망 구축계획 수립
- 구조물 내진성능 평가 및 향상기술 확보를 위한 장기계획 수립
- 지진 Database 및 공급체계 확립

2) 단계별 목표

1단계	2단계	3단계
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진관측망 구축 ○ 활성단층 조사 ○ 지진 데이터베이스 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진발생과 지질구조와의 관련성 규명 ○ 발생가능 최대지진 산출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진위험도 산정 ○ 내진설계 기준 제시 ○ 지진예측 연구

다. 분야별 기술개발 과제

1) 지진연구

- 지진발생원인 및 특성 규명
- 한반도 지진활동의 통계적 분석, 평가를 통해 지진위험도 작성
- 응답 스펙트럼 작성 등을 통한 내진기준치 설정
- 지진발생 가능성 평가 등을 통한 지진예보 기반 구축

2) 활성단층연구

- 한반도 신기지체구조도, 지진 지체구조도 작성
- 지구물리학적, 지화학적 방법에 의한 지진예지 시도

3) 내진공학

- 지반과 구조물의 지진응답특성 규명
- 시설과 구조물의 내진설계 및 내진성능 향상
- 차세대 내진설계 개념과 지진응답제어기법 연구

4) 연구망 구축

- 전국적 지진 관측망의 네트워크 구축과 Data 수신 및 보관 체계 확립
- 5개소의 지진예지 연구망 및 지진 방재를 위한 가속도 연구망 구축
- 1, 2차 GPS 감시망 구축

5) 분야별 우선순위 및 소요 연구비 (단위 : 억 원)

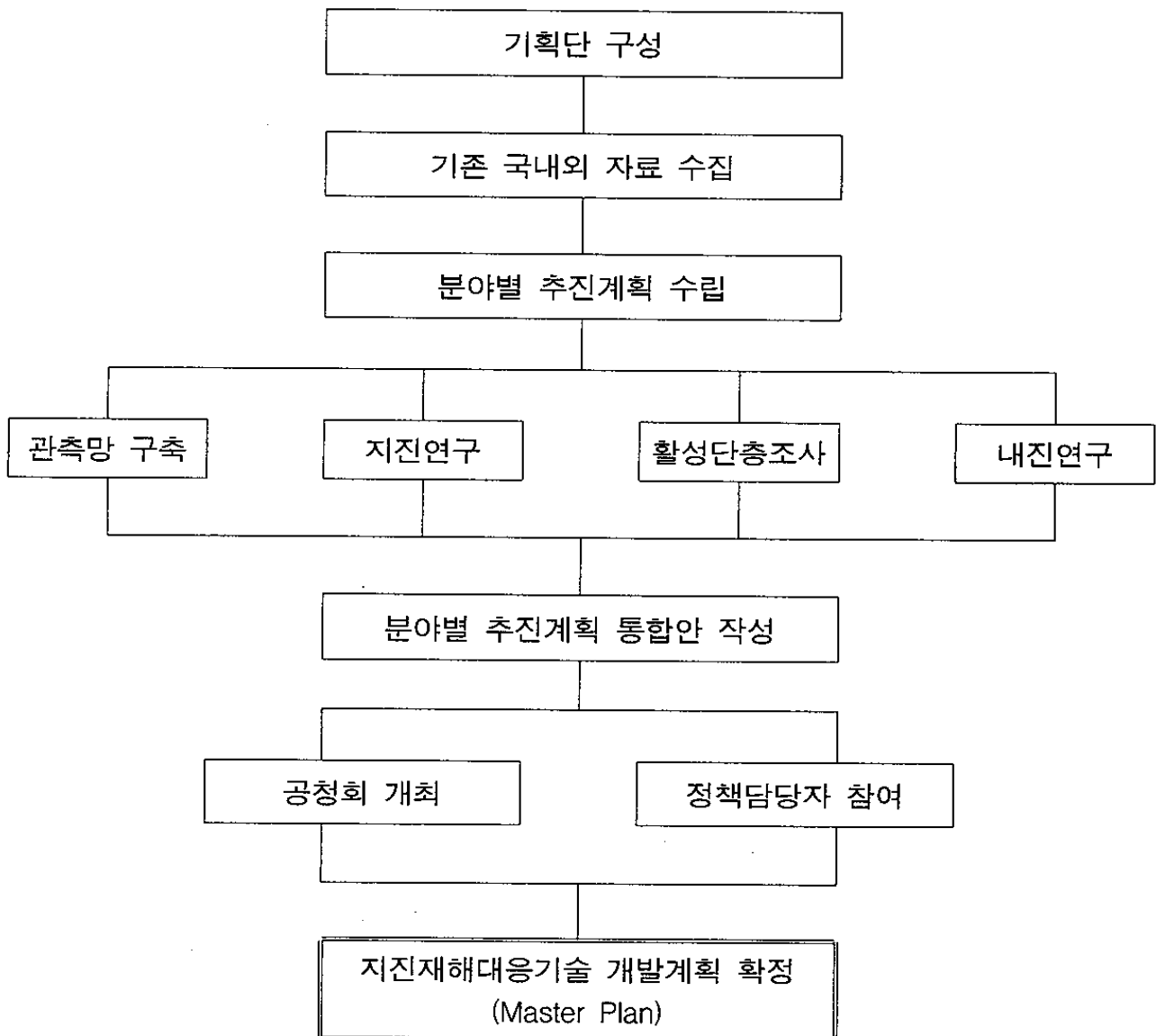
중과제	세 부 과 제	소요예산					우선 순위
		1단계			2단 계	3단 계	
		'97	'98	'99	'00- '02	'03- '05	
1. 지진 연구망 구축/운영	1. 지각변위 GPS 감시망 구축	*	*	*	*		1
	2. 이동식 지진계 운영 및 연구망 구축	*	*	*	*		2
	3. 네트워크 구축 및 연구망 운영	*	*	*	*		3
	4. 지진예지 및 가속도 연구망 구축	*	*	*	*		4
	5. 지진재해 조기경보 경감 시스템	*	*	*	*		5
	소 계	6	20	50	120		
2. 활성 단층연구	6. GPS를 통한 신기 지각변형 연구	*	*	*	*	*	1
	7. 지진화학적 연구	*	*	*	*	*	2
	소 계	2	6	17	30	30	
3. 지진 연구	8. 지진원 및 지진파 전달특성 연구	*	*	*	*	*	1
	9. 지진 지체구조구 설정 및 지진위협도 작성	*	*	*	*	*	2
	10. 지진응답 스펙트럼작성		*	*	*	*	3
	12. 지진예지 연구				*	*	4
	13. 원자력시설 부지 지질·지진 안정성 평가 규제				*	*	5
	소 계	3	9	10	30	30	
4. 내진 공학	14. 차세대 내진설계개념과 지진응답 제어기법 연구	*	*	*	*	*	1
	15. 라이프라인의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	2
	16. 특수구조물의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	3
	17. 기초와 기반의 지진응답특성 규명	*	*	*	*	*	4
	18. 원자력시설 내진안정성 평가 규제 및 검증 기술				*	*	5
	소 계	2	5	20	30	30	
합 계		13	40	97	210	90	

라. 추진전략 및 추진체계

1) 추진전략

- 전문가와 정책담당자로 구성된 연구원 및 평가단 구성
- 외국과 국내 관련연구 및 관측분야 비교 분석
- 관측망 구축, 지진연구, 활성단층 연구 및 내진연구 등 중과제 도출 및 수행방법 제시
- 중과제별 전문가 집단에 의한 세부과제 도출 및 수행방법 제시
- 사업참여자, Panel 및 정책관련자 등 산학연관이 참여하는 공개 토론을 통해 여론수렴 및 최종안 제시

2) 추진체계



V. 연구개발결과의 활용계획

- 지진발생시 사회 기본기능 유지
- 장기적 대책과제 수행을 위한 지진관련 종합계획 작성
- 구조물 내진평가 및 보강기술 확보
- 내진설계에 필요한 한국형 표준응답스펙트럼 작성

Executive Summary

I. Title

"The planning on Research and Development of Prevention against earthquake hazard."

II. Objectives and Requirements

- o In Korean peninsula, since 1905, 17 earthquakes with magnitude of above 4.5 have taken place, and, very recently, Youngwol earthquake on December of 1996 which had magnitude of 4.5 and ensued more than 6 aftershocks were reported. Based on these facts, Korean peninsula appears to be no longer the safe place from the seismic hazard.
- o Because of increasing seismic hazard due to dense urbanization, increased critical structure, enormous use of utility and gas, etc, assessment and prevention against earthquake hazard must be provided in a soon.
- o Until now, the standard of earthquake-proof design adapted from foreign country has been applied to only special construction, such as, nuclear power plant, bridges, mega-structure. The newly developed standard of earthquake-proof design for Korean peninsula must be applied to the construction of all structure after performing various studies on earthquakes in Korea.
- o Comprehensive study on the interior of the earth and collection of all data from seismic stations throughout the Korean peninsula as an understanding tool of earthquake mechanism which seem to make possible to predict future earthquake are essential.

III. Contents and Scope

- o Comprehensive measures from Government for maintaining social basic functions in case of emergency caused by earthquakes are needed.
- o The monitoring systems of earthquakes including seismometers, accelerometers, GPS, etc must be constructed.
- o As a national research project, continuous investment on earthquake studies to establish the new standard of earthquake-proof design which is suitable for the Korean situation and for earthquake prediction is needed.
- o For systematic studies on earthquake as a national research project, the expertise from various fields including seismology, geology, civil engineering, architecture, etc must be joined.

IV. Conclusions

1. Objective of the Project

To establish comprehensive research plan for earthquake-proof design and earthquake prediction.

2. Technical Development

(a) Final Goal

- o To establish long-term research plan for maintaining social basic functions in case of the emergency concerned with earthquake
- o To establish master plan for installation of monitoring systems in order to obtain

earthquake risk map and appropriate standard for earthquake-proof design.

- o To establish long-term plan in order to improve the estimation technique for the safety of structures against earthquake.

(b) Goal of Each Phase

Phase I (1997-2000)	Phase II (2000-2003)	Phase III (2003-2006)
<ul style="list-style-type: none"> o Installation of seismic network o Investigation of active fault o Establishment of database system on seismic data 	<ul style="list-style-type: none"> o Clarification on relationship between earthquake mechanism and geological tectonic structure o Decision on potential maximum earthquake in Korean peninsula 	<ul style="list-style-type: none"> o Completion of earthquake risk map o Establishment of standard form of earthquake-proof design o Initiation of research on earthquake prediction

3. The Technical Development for the Sub-projects

(a) The Study of Earthquake

- o Investigation of mechanism and character of earthquake
- o Completion of earthquake risk map through statistical analyses of earthquake activities in Korea peninsula
- o Establishment of the appropriate standard of earthquake-proof design in Korea
- o Development of basis for earthquake prediction through the analysis of location and magnitude of earthquake which may be take place in the future, with accumulated data.

(b) The Study of Active Faults

- o Completion of geological neo-tectonic structure map and seismic tectonic map in Korea
- o Conduct of earthquake prediction through detailed investigation of active fault using geophysical and geochemical methods

(c) The Study on Earthquake-proof

- o Investigation for the seismic response of basement and structures
- o Establishment of standard of earthquake-proof design and improvement of construction technique for facilities and structures
- o Study on next-generation concept of earthquake-proof design and control technique of the structural response

(d) Installation of Research Stations

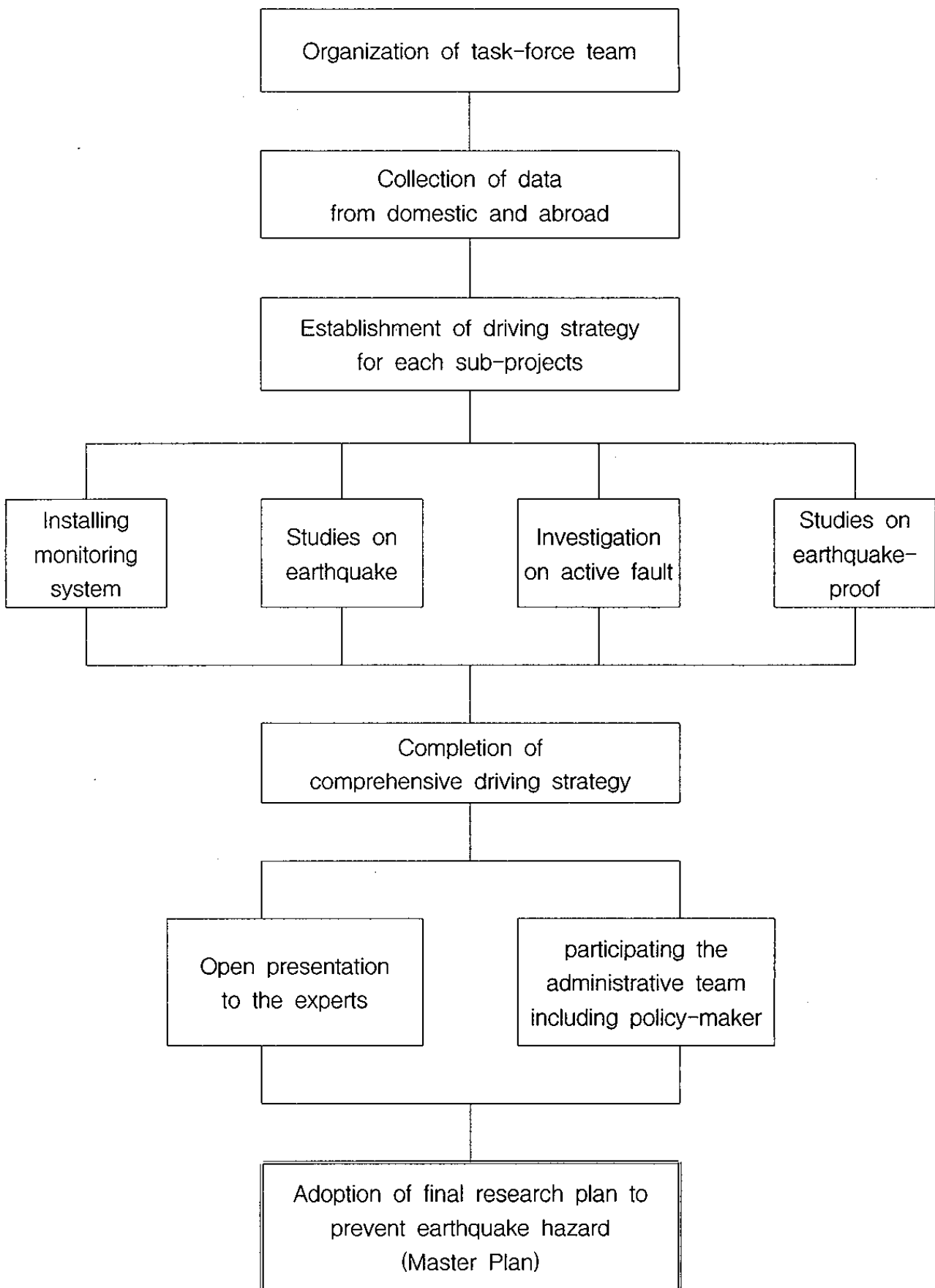
- o Establishment of the monitoring system including accelerometer network to detect earthquakes at the beginning stage
- o Installation of 5 earthquake-prediction local networks
- o Installation of GPS monitoring stations to detect active fault

4. Driving Strategy and Strategy Scheme

(a) Driving Strategy

- o Organization of research and task force teams including experts and policy makers
- o Comparison of domestic and international studies on earthquake-related fields
- o Decision of sub-project items and suggestion of detail specifications
- o Decision of final comprehensive plan through compiling of opinions suggested from various groups such as experts, policy makers, public, etc

(b) Driving Scheme



V. Expected Effects

- o Maintain social basic functions in case of emergency caused by earthquakes
- o Lay-out comprehensive plan related to the research on earthquakes for conducting national research projects
- o Achieve the improved techniques for the safety of structures against earthquake.
- o Achieve the Korean standard spectrum to apply on earthquake-proof design

Contents

I. Introduction	1
I-1. Background	1
I-2. Objectives and Scope	3
I-3. Results of the Study	4
I-4. Chronology	5
II. Objctives and Contents	9
III. Circumstance Analysis for Project	18
III-1. Studies on Earthquake	18
III-2. Investigation on Active Fault	24
III-3. Studies on earthquake-proof	27
III-4. Installation of Monitoring System	32
IV. Status of Earthquake Monitoring in Korea	38
IV-1. Instrument Earthquake	38
IV-2. Historical Earthquake	47
V. Strategy and Scheme for the Drive	49
V-1. Studies on Earthquake	49
V-2. Investigation on Active Fault	63
V-3. Studies on earthquake-proof	69
V-4. Installation of Monitoring System	88
VI. Conclusion	110
References	113

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 지진재해 대응기술개발의 필요성	1
제 2 절 연구기획의 내용 및 범위	3
제 3 절 연구기획 결과	4
제 4 절 지진재해 대응기술기획 추진경위	5
제 2 장 지진재해 대응기술 개발 목표 및 내용	9
제 3 장 국내외 기술개발 현황	18
제 1 절 지진연구	18
제 2 절 활성단층연구	24
제 3 절 내진공학연구	27
제 4 절 연구망 구축/운영	32
제 4 장 우리 나라 지진관측 현황	38
제 1 절 계기지진	38
제 2 절 역사지진	47
제 5 장 기술개발 계획 및 추진 전략	49
제 1 절 지진연구	49
제 2 절 활성단층연구	63
제 3 절 내진공학연구	69
제 4 절 연구망 구축/운영	88
제 6 장 결 론	110
참고문헌	113

표 목 차

표 1. Armenia 지진, 인도 Latur 지진 및 미국의 Nothridge 지진의 피해 규모 비교 56

그림 목차

그림 1. 기상청에서 운영중인 관측망 분포도	40
그림 2. 한국자원연구소에서 운영중인 관측망 분포도	43
그림 3. 원주 KSRS 구성도	44
그림 4. 북한에서 운영중인 관측망 분포도	45

제 1 장 서 론

제 1 절 지진재해 대응기술개발의 필요성

현대는 도시의 팽창으로 인구의 밀집화, 구조물의 대형화 및 원자력발전소 등 중요 기간시설들이 증가함에 따라 지진뿐만 아니라 자연재해에 의한 위험도 증가하고 있다. 특히 현대사회에서는 직접적인 인명과 재산의 손실뿐만 아니라 정상적인 사회기능이 마비되는 모든 현상을 재해로 규정하고 있다. 또한 현대사회의 다양한 기능은 통신, 수도, 전기, 가스, 철도, 지하철 등의 생명선 (Life-line)으로 구성되어 있는 바, 이들 생명선의 경우는 그 일부가 파괴되어도 전체기능이 마비되는 현실이다.

이런 문제를 해결하기 위해 UN은 제 44차 총회에서 150여개 국가가 합의하여 1990년 대의 10년간을 국제 자연재해 감소를 위한 기간 (International Decade for National Disaster Reduction; IDNDR)으로 결의하고 모든 나라가 자연재해로부터 인명, 재산 및 고통을 경감키 위한 노력을 경주하고 있다. 세계보건기구 (WHO) 의 보고서에 따르면 1964년부터 1983년까지 20년 동안 자연재해에 의한 사망자 수는 200 만명이 넘고 직접적인 경제 손실은 연간 200억불을 넘는다.

우리나라처럼 판경계부에서 멀리 떨어진 지역에서 발생하는 지진(intraplate earthquake)은 판경계부(interplate earthquake)에 비해 그 크기가 작고 숫자도 작다. 일반적으로 판내 지역에서 활성단층이 운동하면서 큰 지진을 일으키는 재래주기(return period)는 지역에 따라 수천년에서 수십만년에 이르기도 한다. 이런 점에서 근래에 한반도 주변에서 피해를 일으킨 대규모 지진이 발생하지 않고 있으나 앞으로도 우리 나라에서 큰 규모의 지진이 발생하지 않으리라고 속단 할 수는 없다. 약 2000년에 걸친 우리의 역사문헌에는 대규모 지진이 발생해 100여명의 인명피해를 내는등 상당한 규모의 피해를 발생시킨 기록이 있다.

또한 우리 나라에서 20세기에 발생해 피해를 일으킨 지진은 1936년 지리산 쌍계사 지역에서 발생했던 지진과 1978년 홍성에서 발생했던 지진으로 알려져 있다. 그러나 한반도 주변에서 가까운 동해에서는 규모 5.7 이상의 지진이 1960년대에 2회 발생한 사실이 있고, 특히 1952년 한국전쟁 동안에 북한의 평양근처 강서에서 발생한 지진은 북한 지진 연구소에 의하면 규모 6.3 으로 보고되었다. 이런 점에서 최근 지진학자들은 한반도에서 피해를 일으킬 수 있는 규모 5.5급의 지진이 발생할 가능성이 있다고 판단하고 있다.

그러나 지진 등 초자연적인 현상을 인간의 힘으로 억제할 수 없고 이에 대한 대비는 과학적인 방법을 통해 이런 자연 현상이 일어날 가능성 (자연재해의 종류, 규모, 발생일 시 및 발생장소) 을 평가하여야 한다. 이를 위해서는 자연현상에 대한 관측자료를 지속적으로 수집·분석·평가하여 지진발생 원인규명 등 기초연구가 선행되어야 한다. 현재의 과학기술로 신빙성있는 지진예보는 수행되지 못하고 있으나, 지진은 느닷없이 일어나는 현상이 아닌 판구조운동에 의해 오랜 기간 힘이 축적되면서 한계점에 도달해 일시에 에너지가 방출되는 현상이다. 따라서 지진이 일어나기 전 준비과정에서 지각내의 물리, 화학적 변화가 오랫동안 계속되는 것이 사실이다. 이들 현상에 대한 장기적인 Monitoring 및 종합적인 해석을 통해 우리 나라 주변의 지진발생 메커니즘을 이해하고 장래 지진예보에 필요한 자료를 제공할 것이다.

우리나라에서 활성단층에 대한 논란은 1980년대 이기화 등에 의해 고리, 월성 원자력 발전소 주변의 양산단층에 대해 제기되었다. 이들 주장의 근거는 경주에서 발생한 비교적 큰 규모의 지진이 역사문헌에 기록되어 있으며, 또한 경주를 지나는 가장 큰 단층이 양산단층이라는 사실이다. 그 후 1990년대 오카다 등은 언양부근에서 양산단층에 대한 간이 트렌치 조사를 수행하여 단층 변위가 발견된 지층의 연대를 일본의 지질과 대비하여 제 4기로 추정하고, 일본 기준에 의한 C급(변위량 0.1mm/yr 이하) 활성단층으로 주장하였다. 이는 양산단층 주변에 고리, 월성 등 원자력발전소 지진 안전성 확보에 매우 중요한 문제이기 때문에 과학적이고 합리적인 방법으로 규명되어야 한다.

또한 1995년 방사성폐기물 처분장 부지 조사시 굴업도 인근 해저에서 현생 퇴적물을 변위시킨 4조의 단층이 발견되어 활성단층으로 판명되었으나 이들 단층의 운동시기나 규모에 대한 정량적인 연구는 수행되지 못하였다. 본 연구를 통해서 단층에 대한 조사 연구를 체계적으로 수행되어, 한반도에서의 활성단층의 분포, 규모 등을 과학적으로 규명하여야 할 것이다.

우리 나라의 내진설계는 원자력발전소(1972년), 건축물(1988년), 교량(1992년)에 제한적으로 실시되고 있으나, 현실적으로 우리나라에서 내진설계가 체계적으로 적용된 시설물은 원자력발전소 뿐이다. 일반적으로 우리나라의 경우 대부분의 산업구조물이 내진설계의 중요성에 관한 인식수준이 낮고 기술인력이 부족하여 독자적으로 개발된 내진설계기준의 체계를 갖지 못한 상태에서 외국의 설계기준과 기술이 충분히 검토되지 못한 채 건설되었다. 따라서 내진설계기준에 일관성과 체계성이 결여되어 있으며, 실무 기술자들은 내진설계에 미숙한 형편이다. 또한 최근 내진설계의 세계적인 추세는 지진 발생시 구조물의 성능발휘에 대한 목표, 즉, 성능목표를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 내진설계를 하는 개념으로 변하고 있으므로, 우리 나라에 적합한 독자적인 설계기준이 개발되어야

할 것이다.

또한 내진설계의 가장 중요한 입력자료인 설계지반운동은 근거리에서 관측된 가속도 지진기록을 사용하여야 하나 우리나라에는 이런 자료가 없어 원전의 경우에도 내진설계 시 외국의 가속도 지진기록을 사용하고 있는 실정이다. 그러나 우리 나라의 지질 및 지진 특성은 미국의 서부 지역이나 일본과는 매우 다른 양상을 보이므로, 우리나라의 내진 설계에 적용되는 지반운동은 한반도의 지질 및 지진특성을 포함하는 자료를 사용하여야 한다.

또한 지진발생시 대부분의 피해가 발생하는 2차적인 피해를 줄이기 위해서는 지진학자 뿐만 아니라 지질, 지구물리, 건축, 토목학 분야가 종합된 장기적인 연구가 선행되어야 한다. 일본의 지진방재 대책은 건축물과 토목시설물의 내진안전성 확보 이외에도 도시계획, 치안, 소방, 의료, 교통, 통신, 방송, 에너지공급, 상하수도관, 식량 등을 포함한 종합대책을 강구하고 있다.

따라서 한반도에서 발생한 지진의 특성을 규명하여 지역별 지진위험도 및 내진설계 기준을 설정하고, 장래 발생할 지진의 일시, 위치 및 크기를 예측하여 지진발생시에도 사회의 기본기능이 유지될 수 있도록 하기 위한 지진피해 감소 및 예측 기술개발은 국가적으로 매우 중요하다.

제 2 절 연구기획의 내용 및 범위

- 피해지진 발생시 사회의 기본기능이 유지될 수 있도록 정부차원의 종합대책 방안 강구
- 지진방재 관련 관측망 (지진계, 가속도계, 지구위치측정계, 활성단층 및 지진예지를 위한 모니터링) 구축/운영
- 내진설계와 지진예지를 위한 종합적인 국책과제의 지속적인 추진계획 수립
- 지속적인 지진연구 강화대책 관련 국책과제는 지진분야 뿐만 아니라 토목, 건축 등 여러 분야 전문가들이 참여하여 수행

제 3 절 연구기획 결과

1. 사업목표

내진설계와 지진예지를 위한 종합적인 연구계획 수립

2. 기술개발 목표

가. 최종목표

- 지진발생시 사회의 기본기능이 유지되기 위한 장기 연구계획 수립
- 지진재해도 및 내진설계를 위한 국가방재차원의 관측망 구축계획 수립
- 구조물 내진성능 평가 및 향상기술 확보를 위한 장기계획 수립

나. 단계별 목표

1단계	2단계	3단계
○ 지진관측망 구축 ○ 활성단층 조사 ○ 지진 데이터베이스 구축	○ 지진발생과 지질구조와의 관련성 규명 ○ 발생가능 최대지진 산출	○ 지진위험도 산정 ○ 내진설계 기준 제시 ○ 지진예측 연구

3. 분야별 기술개발 과제

가. 지진연구

- 지진발생원인 및 특성 규명
- 한반도 지진활동의 통계적 분석, 평가를 통해 지진위험도 작성

- 응답 스펙트럼 작성 등을 통한 내진기준치 설정
- 지진발생 가능성 평가 등을 통한 지진예보 기반 구축

나. 활성단층연구

- 한반도 신기지체구조도, 지진 지체구조도 작성
- 지구물리학적, 지화학적 방법에 의한 지진예지 시도

다. 내진공학

- 지반과 구조물의 지진응답특성 규명
- 시설과 구조물의 내진설계 및 내진성능 향상
- 차세대 내진설계 개념과 지진응답제어기법 연구

라. 연구망 구축/운영

- 지진 관측망의 네트워크 구축을 통한 운영의 효율성 제고
- 5개소의 지진예지 연구망 및 지진 방재를 위한 가속도 연구망 구축
- 1, 2차 GPS 감시망 구축

제 4 절 지진재해 대응기술기획 추진경위

1. 기획사업 추진경위

- 지진관측 및 연구강화 계획발표 (과학기술처, '97. 1. 21.)
 - 연구망구축 183억, GPS 52억, 활성단층 63억, 내진기술 152억원 등 총 450억 투자
- 지진대응기술 기획 관련자 회의 ('97. 2.)
 - 기술분야, 기획방향 및 참여전문가 토의
- 제 1 차 지진대응기술기획 전문가회의 개최 ('97. 3. 4.)
 - 기획방향, 기획서 작성방안, 작성책임자, 기획초안 작성일자 등 결정

- 분야별 기획안 작성완료 ('97. 4. 20)
- 제 2 차 지진대응기술기획 전문가회의 개최 ('97. 4. 29)
 - 기획초안에 대한 세부분야별 발표 및 토의
- 제 3 차 지진대응기술기획 전문가회의 개최 ('97. 5. 22)
 - 수정기획안에 대한 발표 및 토의
 - 세부과제 우선순위 결정
- 지진재해 대응기술 기획 공청회 개최 ('97. 5. 30)
 - 전문가회의에서 결정된 기획초안에 대한 공청회 개최
 - 분야별 발표자
 - * 지진연구 분야 : 전명순(한국자원연구소)
 - * 활성단층 분야 : 이진한(고려대학교)
 - * 내진공학 분야 : 김재관(서울대학교)
 - * 연구망구축/운영 분야 : 지헌철(한국자원연구소)
- 공청회 의견 보완 ('97. 6. 10)
- 기획안초안 작성 완료 및 과학기술처와 협의 ('97. 6. 24)
 - 원자력안전기술원 제안 과제의 정책적인 추가
 - 기획안의 소요예산을 현실에 맞추어 축소조정 및 이에 따른 세부과제조정
- 과학기술처 협의사항 보완결과를 과학기술처와 최종협의 ('97. 7. 18)
- 기획에 참여하지 않은 제3의 전문기관(대학)에 의한 기획서 검토 ('97. 7. 22-(28))
- 제3의 전문기관에 의한기획서 검토결과의 최종 반영 ('97. 7. 29)

2. 지진재해 대응기술과제의 우선순위 및 소요연구비 조정결과
 가. 분야별 우선순위 및 소요 연구비 조정결과

종과제	세 부 과 제	소요예산					우선 순위
		1단계			2단 계	3단 계	
		'97	'98	'99	'00- '02	'03- '05	
1. 지진 연구망 구축/운영	1. 지각변위 GPS 감시망 구축	*	*	*	*		1
	2. 이동식 지진계 운영 및 연구망 구축	*	*	*	*		2
	3. 네트워크 구축 및 연구망 운영	*	*	*	*		3
	4. 지진예지 및 가속도 연구망 구축	*	*	*	*		4
	5. 지진재해 조기경보 경감 시스템	*	*	*	*		5
	소 계	6	20	50	120		
2. 활성 단층연구	6. GPS를 통한 신기 지각변형 연구	*	*	*	*	*	1
	7. 지진화학적 연구	*	*	*	*	*	2
	소 계	2	6	17	30	30	
3. 지진 연구	8. 지진원 및 지진파 전달특성 연구	*	*	*	*	*	1
	9. 지진 지체구조구 설정 및 지진위협도 작성	*	*	*	*	*	2
	10. 지진응답 스펙트럼작성		*	*	*	*	3
	12. 지진예지 연구				*	*	4
	13. 원자력시설 부지 지질·지진 안정성 평가 규제				*	*	5
	소 계	3	9	10	30	30	
4. 내진 공학	14. 차세대 내진설계개념과 지진응답 제어기법 연구	*	*	*	*	*	1
	15. 라이프라인의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	2
	16. 특수구조물의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	3
	17. 기초와 기반의 지진응답특성 규명	*	*	*	*	*	4
	18. 원자력시설 내진안정성 평가 규제 및 검증 기술				*	*	5
	소 계	2	5	20	30	30	
합 계		13	40	97	210	90	

나. 과제별 우선순위 및 예산배정 조정 의견

- 중과제별 우선순위 및 최종 예산 분배는 STEPI와 MOST가 협의, 결정
- 중과제별 우선순위 :
 - 1) 지진연구망 구축/운영 2)활성단층연구 3)지진연구 4) 내진공학
- 중과제 ① (지진연구망 구축/운영)
 - 세부과제 5번은 기상청 요구과제
- 중과제 ③ (지진연구)
 - 세부과제 13번은 원자력안전기술원 요구과제를 정책적으로 추가
- 중과제 ④ (내진공학)
 - 1차 작성안에서 우선순위 5, 6, 7번 과제는 연구내용(건교부 사항) 및 예산관계로 제외함
 - 세부과제 18번은 원자력안전기술원 요구과제를 정책적으로 추가
- '97년도의 총 예산은 당초 요구액 75억에서 13억으로 조정함 (안) 임
- 세부과제들은 예산을 배분하지 않고 연구기간만 *포함. 중과제 하의 세부과제 예산배분은 중과제 연구책임자에게 위임

제 2 장 지진대응기술 개발 목표 및 방법

제 1 절 총괄

1. 기술개발 목표

가. 최종목표

내진설계와 지진예지를 위한 종합적 연구

나. 단계별 목표

1단계	2단계	3단계
<ul style="list-style-type: none">○ 지진연구망 구축○ 활성단층 조사○ 지진 데이터베이스 구축	<ul style="list-style-type: none">○ 지진발생과 지질구조와의 관련성 규명○ 발생가능 최대지진 산출	<ul style="list-style-type: none">○ 지진위험도 산정○ 내진설계 기준 제시○ 지진예측 연구

2. 기술개발내용

- 국가방재 차원의 지진, GPS, 및 지진예지 연구망 구축
- 한반도 지진발생 가능지역 도출
- 활성단층 조사를 통해 지역별 발생가능 최대지진 산출
- 지역별 지진위험도 및 내진설계 기준 설정
- 구조물 내진성능 평가 및 향상기술 확보

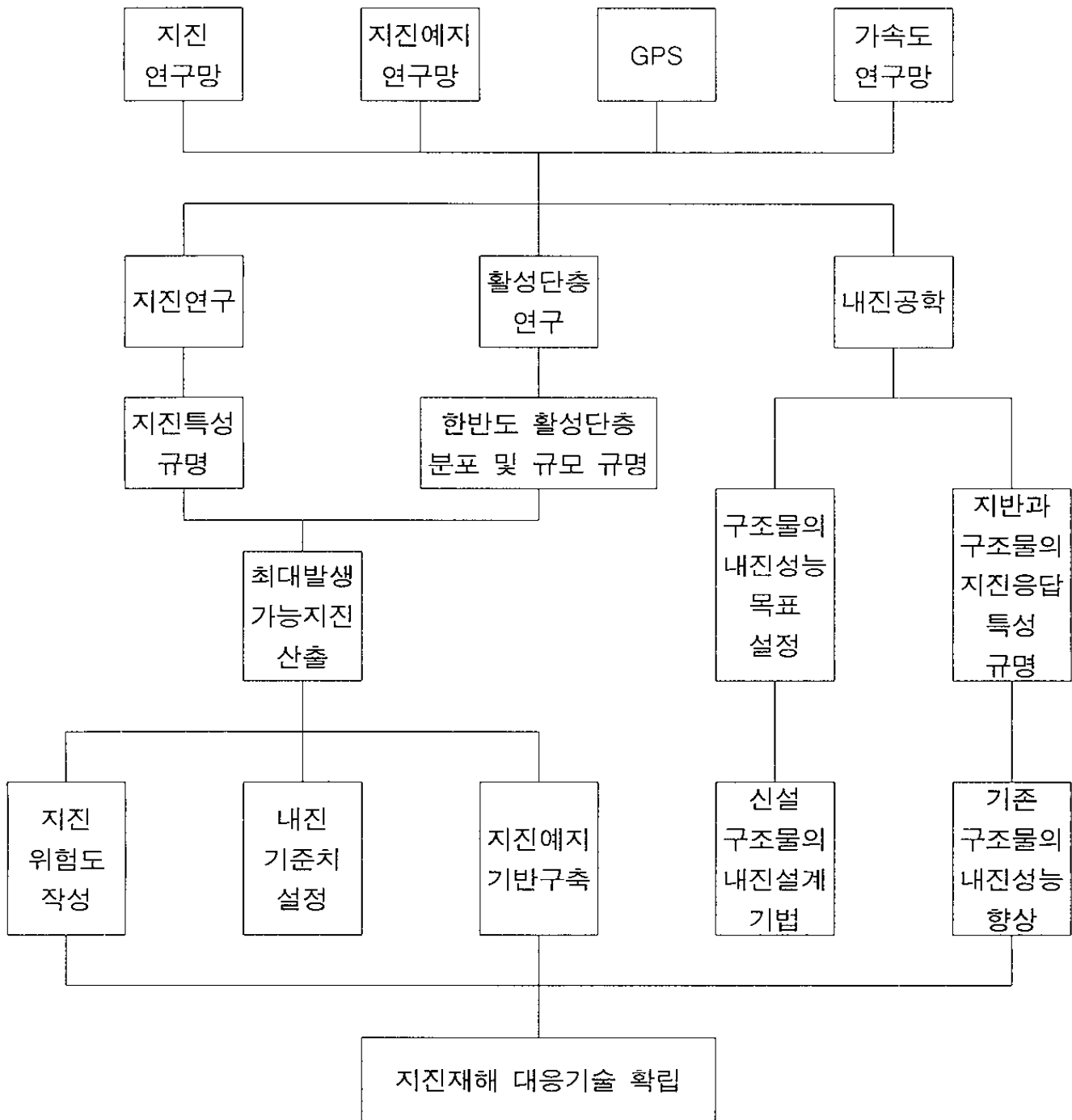
3. 추진전략 및 추진체계

가. 추진전략

- 지진, GPS, 지진예지 연구망 등 모든 관측망은 가능한 한 1단계에 설치
- 기존의 지진관련 자료를 포함하는 통합 지진 데이터베이스 구축

- 사업참여자 및 모든 관련기관에 자료 제공
- o 인접분야를 포함하는 모든 관련 전문가가 참여하여 통합된 최종안 제시
- o 국제공동연구등을 통해 인접국의 자료 및 기술을 단시일내 습득

나. 추진체계



제 2 절 분야별 기술개발 목표 및 내용

1. 지진연구

가. 연구의 목표

Ⅲ 한반도 및 주변해역의 지진발생 특성을 규명하고 지진발생과 지질지체구조와의 연관성을 밝힌다. 또한 이를 근거로 한반도 전역의 지진위험도를 평가하고 특정지역에서 기대되는 지진동의 주파수 특성을 연구해 한반도 지진특성에 적합한 응답스펙트럼을 작성하여 각종 구조물의 내진설계에 적용할 수 있는 설계자료를 제공한다. 또한 지진예지를 위한 각종 지구물리, 지구화학적 기초 연구를 수행하여 장래 지진예보를 위한 기반기술을 개발한다.

나. 필요성

우리나라는 70년대부터 원자력발전소가 건설, 가동되기 시작하였으나 당시 우리나라의 지진관측 및 연구실태는 매우 미흡한 상태였다. 그후 방사성 폐기물 처분장 조사시 서해 굴업도해역에서 활성단층이 보고 되었고, 내륙에서도 활성단층에 관한 논란이 계속되고 있다. 이런 상황에서 현재 가동중인 원자력발전소의 지진안전성에 대한 논란이 계속되어 국민들이 지진에 의한 안전성에 의구심을 느끼고 있는 실정이다.

또한 산업화에 따라 인구는 밀집되고 각종 대형구조물이 날로 증가하고 통신, 전기, 상하수도등의 기본 사회구조가 복잡하게 있는 상황에서 국민의 재산과 안녕을 확보하기 위한 지진연구체계를 구축하는 것은 매우 절실한 상태이다.

따라서 한반도 및 주변 해역에서 발생하는 지진의 특성을 이해하고 이들이 활성단층 등 특정지질구조와의 연관성을 규명하여, 한반도 전역의 지진위험도를 평가하고 한반도 지진특성을 고려한 내진설계 기준을 제공하는 것은 국민의 생명과 재산을 지진으로부터 보호하기 위해 매우 시급하고 절실한 문제이다.

다. 연구내용

앞서 언급한 연구의 목표를 달성하기 위해서 본 과제에서는 다음과 같은 연구를 수행하려고 한다.

(1) 지진원, 속도구조 및 지진파 전달특성 연구

우리 나라 주변에서 발생하는 지진의 발생 메카니즘의 특성을 밝히고, 지진이 발생하여 특정지역에 지진파가 도착하는 경우 지진파의 특성을 연구하여 전파과정에서의 에너지 감쇄 특성을 밝히고 내진공학에 자료를 제공하기 위한 기초연구를 수행한다.

(2) 지진 지체구조구 설정 및 지진위험도 작성

한반도의 활성단층 자료 및 동아시아의 지진활동 및 지질구조를 종합하여 해석하여 판구조론적 입장에서 한반도의 지진, 지질학적 특성을 규명한다. 또한 역사지진 및 계기 지진자료를 종합하여 한반도 및 주변에서 피해를 일으킬 가능성이 있는 대규모 지진의 재래주기를 밝히고, 지진발생과 특정단층과의 연관성을 밝히는 조구조적 특성을 연구한다.

그리고 한반도 각 지역의 활성단층 여부, 지진의 재래주기, 각 지역별 지진파 전파특성을 고려하여 특정지역에서 일정기간동안 기대되는 최대 지진동 값을 통계적으로 산출하여 지도화한다. 이들 자료는 우리나라의 각 지역별 지진위험도를 한눈에 볼수 있게 되며 각 지역에서 내진설계에 필요한 내진설계값을 제시한다.

(3) 지진응답스펙트럼 작성

한반도의 각 지역에서 지진이 발생 할 경우 이들 지진의 주파수특성을 연구한다. 실제로 내진설계를 위해서는 특정 지역의 최대지진동 값뿐만 아니라 이들의 주파수별 특성이 요구되는바 본 연구는 실제 내진설계에 필요한 구체적인 자료를 제공하게 된다.

(4) 지진예지연구

지진을 예지 한다는 것은 장래 발생할 지진의 위치, 크기 및 시기를 알아내는 것이다. 일반적으로 지진예지는 장기예지와 단기예지로 구별된다. 장기적인 지진예지는 대상지역의 활성단층의 특성을 조사하고, 그 지역의 과거의 지진활동사(역사지진 및 계기지진 자료) 및 지진발생과 활성단층과의 관계를 규명하면 가능하게 된다. 그러나 단기적인 지진예지는 현재의 과학기술로는 매우 어려운 과제이다. 그러나 지진발생이 느닷없는 현상이 아닌 판구조운동에 의해 오랜기간에 걸쳐 힘이 집중되면서 한계점에 이르면 지진을

일으킨다. 따라서 지진이 일어나기 전 준비과정에서 지각내의 물리, 화학적 변화가 오랫동안 계속되는 것이 사실이다. 이들 현상을 장기적이고 종합적으로 Monitoring 하면 우리 나라 주변의 지진발생 메카니즘을 이해하여 장래 지진예보에 필요한 자료를 제공 할 것이다.

(5) 원자력시설 부지 지질·지진안전성 평가 규제 검증기술 개발

현재 국내 원자력시설에 대한 규제 및 검증 기술기준으로 외국의 기술기준을 준용하고 있으므로 원자력시설의 안전성 향상과 효과적인 규제기술 개발을 위해서는 국내 원자력시설 부지의 지질 및 지진환경에 적합한 규제 및 검증기술 개발이 필요하다. 또한 원자력시설 부지에 적용되고 있는 대부분의 기술기준은 과거 20여년 전에 정립된 기준으로 최근 자연과학 분야의 급격한 발전에 따라 원자력 기술 선진국에서는 지난 90년대 초부터 원자력시설 부지에 적용할 기술기준을 개정중에 있어, 이들 국가와의 공동연구 등을 통하여 국내 원자력시설 부지에 대한 진보된 기술기준 개발이 요구됨.

2. 활성단층연구

가. 연구의 목표

한반도에 분포하는 활성단층을 확인하고 확인된 활성단층의 형성과정 및 특성을 정밀 분석하여 지진발생 위험구역을 설정하고 이를 토대로 한 지진예지 기술을 개발한다.

나. 필요성

최근 한반도 및 그 주변국가에서 빈발하는 지진원인에 대한 연구결과에 의하면 많은 경우가 활성단층에 기인한 것으로 알려지고 있다. 활성단층은 지진을 일으키는 가장 근원적인 요인으로서 미국, 일본 등 지진재해의 발생빈도가 높은 지역에서는 활성단층의 연구가 상당히 진척되어 완성단계에 이르렀다.

그러나, 우리나라는 1995년 굴업도 주변에서 4조의 활성단층이 발견되어 이에 대한 연구가 수행된 바 있을 뿐, 한반도 전반에 대한 활성단층의 분포와 규모산정은 되어 있지 않은 실정이다. 한반도에 분포하는 활성단층을 정밀 조사하여 한반도 지질 및 지각 구조 특성에 부합되는 신기체구조도와 지진 지체구조도를 작성하고, 이를 이용한 지각 응력상태의 파악은 단층의 향후 운동상황을 예측하고 이를 통한 지진예지 기술개발에 반

드시 선행되어야 할 요소이다.

또한, 원자력 산업과 대규모 SOC 투자시설등은 지반의 안정성에 매우 민감한 특성을 지니고 있으며, 이것이 곧 대형 재해예방과 직결된다. 특히 원자력발전소 및 방사성 폐기물 저장시설의 경우, 지반내에 발달하는 단층이 가장 위험한 요인으로 작용하고 있고 그 단층의 활성여부 및 특성규명이 이루어지지 않는다면 구조물의 안정성을 보장할 수 없다.

한편, 활성단층의 연구는 연구 특성상 지질학적인 상황이 다른 선진국의 연구 결과를 한반도에 그대로 적용할 수 없으므로 우리나라의 지역적인 특성과 환경을 고려한 자체적인 연구가 필요하며 이를 토대로 한 지진예측연구와 측정방법의 개발이 시급한 과제이다.

다. 연구내용

상기한 연구의 목표를 달성하기 위해 다음과 같은 연구내용을 수행할 계획이다.

(1) GPS를 통한 지각변형 연구

- 정밀 야외지질조사를 통한 활성단층의 분포 및 규모 분류
- 단층 중심부의 탄성과 탐사 및 트렌치 조사
- 단층 변위 측정을 위한 LASER 관측망 구축 및 운용
- GPS 관측망을 구축하여 자동화 운용
- LASER 관측망 자료와 연계하여 지각변위의 정량적 파악

(2) 지진 화학적 연구

- 전자자기공명(ESR) 연령측정 기법을 통한 최근 단층운동 시기결정
- 단층암석내 광물을 추출하여 다양한 절대연령 측정방법(C^{14} , K-Ar, U-Pb-Th)을 동원, 정확한 단층운동 시기 및 운동역사 규명
- 단층암석의 분석을 통한 단층형성 및 운동시의 환경 파악
- 라돈 및 트리티움의 변화 측정과 단층활동과의 관계 파악
- 지하수 내의 양, 음이온 변화 측정을 통한 단층활동 특성 규명
- 가스조성 및 Noble Gas의 동위원소 비율 측정을 이용한 단층운동 파악
- 각 지화학 인자들을 바탕으로 하는 종합적인 지진예측 시도

3. 내진공학연구

가. 연구의 목표

공학적으로 정량화된 지진재해에 대하여 지반과 건축물, 교량, 라이프 라인 시설 등의 구조물과 시설물의 내진 성능목표를 달성할 수 있도록 공학적인 방안을 연구·개발한다.

나. 필요성

산업이 점차 발달함에 따라 많은 시설들이 대형화되고 인구가 도심에 집중되게 되며, 대부분의 산업시설들과 주거시설들이 정교해지고 있다. 따라서 이들에 대한 피해는 사회적으로 커다란 혼란을 야기시킬 수 있으며, 경제적으로도 막대한 손실을 가져올 수 있다.

지진피해의 규모는 사회전체의 지진에 대한 준비태세와 내진 설계기술의 발달 정도 및 적용의 정밀도에 따라 크게 달라진다. 따라서 점차 산업이 고도화되고 있는 우리나라 미래의 사회-경제시스템을 지진 재해로부터 보전하고 국민의 생명을 보호하며 동시에 삶의 질을 향상시키기 위해서는 지진재해로부터 오는 위험을 예측 가능한 수준으로 제어할 수 있도록 사회기반 시설의 최적시스템과 첨단 지진 재해 경감기술을 연구 개발하는 것이 필요하다.

그리고 우리나라에서는 유사 이래 인명손실과 구조물 피해를 초래한 지진이 40회 이상 발생하였고, 최근에는 지진활동이 증가하는 추세인데 반해, 대부분의 구조물과 시설물은 내진설계가 적용되지 않은 실정이므로 이들의 내진성능을 효과적으로 향상시키고 새로 건설되는 구조물과 시설물에 대한 내진설계가 요구된다.

한편, 우리나라의 내진설계는 국제적 수준에 비해서 현저하게 뒤떨어져 있으며, 관련된 소요기술의 자체적 개발도 최근에 시작한 형편이므로, WTO 체제하에서 기술이 종속되는 상태를 미연에 방지하고, 건설기술의 국제경쟁에서 우위를 선점하기 위해서는 고도의 핵심기술에 대한 연구가 매우 시급하다.

다. 연구내용

앞서 언급한 연구의 목표를 달성하기 위해서 본 과제에서는 다음과 같은 연구를 수행하

려고 한다.

(1) 기초와 지반의 지진응답 특성규명 연구

우리 나라 고유의 지반특성에 적합한 지반구조물에 대한 내진설계기법을 정립하고 지반공학 관련 내진설계기술을 개발한다.

(2) 건축구조물의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발

건축물에 대한 내진설계기법의 체계적인 연구와 특수용도 구조물들에 대한 안전한 내진대책 연구를 수행한다.

(3) 교량의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발

교량에 대한 내진 안전성에 대한 연구를 수행하고 기존 교량의 내진성능 평가와 내진성능을 향상시키는 방법을 개발한다.

(4) 특수구조물의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발

탱크 및 댐, 해양구조물 등의 특수구조물에 대한 지진응답 해석기법 및 내진설계기법을 개발한다.

(5) 라이프라인의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발

지상 및 지하 라이프라인 시설들에 대한 내진설계와 내진성능 향상기법을 개발한다.

(6) GIS에 기초한 지진 위험 관리 시스템 개발

지진피해를 예측하는 기법 및 실시간으로 지진재해를 관리할 수 있는 시스템을 개발한다.

(7) 차세대 내진설계 개념과 지진응답 제어기법 연구

차세대 내진설계개념을 정립하고 지진응답을 제어하는 기법을 연구하며, 문화재 및 옛 구조물의 지진에 대한 초정밀 안정대책을 강구한다.

(8) 원자력시설 내진안전성 평가 규제 및 검증기술 개발

내진설계 및 검증분야 기술기준의 급격한 발달로 기존 원전의 내진안전성 재평가를 위한 규제기술을 개발한다.

4. 연구망 구축/운영

가. 연구의 목표

지진연구, 활성단층연구 및 내진설계등 본 과제 수행에 필요한 각종 관측자료제공

나. 필요성

우리나라의 경우 지진분야의 연구가 활성화 되지 못하고 내진설계 등 구체적인 지진방재 대책이 수립되지 못한 가장 큰 이유는 이에 필요한 각종 자료의 부족이다. 따라서 본 연구과제는 지진의 발생 원인, 지각구조 규명등의 지진연구 뿐만 아니라 내진설계 그리고 궁극적인 지진예지를 위해서 가장 우선적으로 수행되어야 할 과제이다.

다. 연구내용

- 기존의 제반 관측망을 네트워크로 연결하여 지진통보의 정확성을 향상시키고 자료의 축적을 통한 연구의 효율성을 제고
- 이동식 관측망을 운영하여 한반도의 정밀한 지각구조를 조사
- 지진연구, 내진설계, 활성단층 조사등에 필요한 제반 관측망을 구축
- 지진재해의 경감을 위한 조기 경보 시스템 구축에 관한 연구

제 3 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 지진연구

1. 기술개발 동향

가. 기술개발년표

개발년도	기술개발내용	
	국내	국외
1860		○ 세계 지진활동도 작성
1874		○ 진도 개념 도입
1880		○ 최초의 지진계 제작
1905	○ 인천에 지진관측소 설치	
1935		○ 규모 개념 도입
1936		○ 지구내핵의 존재 규명
1959		○ 표준 응답 스펙트럼 개념 도입
1960년대 후반		○ 지진위험도 분석
1975		○ 지진예지 연구 본격화
		○ 중국 해성지진예보 성공
1978	○ 기상청 지진관측망 구축 시작	
1979-1982	○ 한반도의 지진위험도 분포도 작성 및 원자력 발전소에 대한 지반진동 연구	
1983	○ 한반도 지진위험도 작성	
1983-1990	○ 한반도 지역별 미소지진활동 연구	○ 지진예지의 실용화를 위한 연구
1991-1992	○ POSEIDON Project에 의해 포항에 광대역 지진관측소 설치 및 경상분지 일원의 미소지진활동 조사	
1993	○ 지진과 지질구조를 종합하여 동아시아의 지구조 연구	
1994-1997	○ 양산 단층 일원의 지진자료 수집 및 분석	

나. 기술개발동향

선진국들은 각국의 환경에 적합한 내진설계 기준을 확립하였으며, 관측-연구-예보가 일원화된 지진예보 시스템을 운영중이며, 지진재해에 대한 관측 및 자료수집의 단계를 지나 자연재해별 발생 가능성, 위치, 시기 및 크기 등을 예측하는 예보 기술 정확성 향상과 자연재해 발생시 피해를 최소화하기 위한 재해 경감 기술에 집중하고 있다.

- ① 지진 및 지구변형 모니터링 체계의 확충 및 전세계적 자료교환체계 구축
- ② 지역별 자연재해 위험도를 분석하여 발생 가능성이 높은 지역에 대해 집중적인 정밀 관측을 통한 예보체계 확립
- ③ 자연재해에 의한 피해 경감 기술

(1) 중국

중국은 국가적 차원에서 지진예보를 위한 노력을 기울이고 있으며, 이는 지진의 준비, 발전 및 발생단계에서 물리·화학적 법칙을 연구하는 것과 지진예보를 위한 경험·통계적인 연구로 집약되며, 이로부터 4단계의 지진예보 절차를 확립 운영 중

- 1단계 : 장기예보 (10년 - 20년 사이의 장기 예보)
- 2단계 : 중기예보 (1년 - 수년 사이의 지진위험 지역과 크기를 예측)
- 3단계 : 단기예보 (수개월 범위의 지진 전조를 이용한 예보)
- 4단계 : 즉시예보 (수일 - 수십일 범위의 예보)

(2) 일본

일본은 지진예보 종합위원회(Coordinating Committee for Earthquake Prediction)를 설치하여, 각 연구기관으로부터 수집된 자료 및 연구결과를 종합하여 장래에 큰 지진이 일어날 것이라고 예상되는 지역을 선정하여 지진의 선행현상이 관측될 경우 “대지진 대책법(The Large-Scale Earthquake Counter-measures Act)”에 의거 피해를 최소화하기 위한 조치를 취하고 있음

(3) 국내

지진학 분야의 연구는 지진 다발지역의 파악, 지진발생시 단층의 운동 파악, 정확한 지진 심도의 계산, 지진위험도 파악 및 내진설계치 산정 등 직접적인 지진자료 분석이 전문가에 의해 수행되어야 하는데 양질의 자료 부족으로 기초연구가 부실하여 국내 내진

설계 등에 필요한 실용적인 연구는 수행되지 못하고 있음.

다. 기술수준

요소기술명	성능 및 특성비교	선진국 대비 국내기술수준	기술격차 (년)	비고
지진위험도 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 자국의 조건(특히 지질분야)에 적합한 지진위험도를 작성 완료하여 산업계에서 직접적인 이용 가능 ○ 국내 : 지진위험도의 필요성에 의해 충분한 자료의 수집 및 분석 없이 작성되었으며 새로운 자료의 추가로 보완, 개정이 요구됨 	60 %	3년	
내진기준치 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 내진기준치의 법제화가 완료 ○ 국내 : 내진기준치의 필요성에 따라 지질학적 환경보다는 행정구역에 의해 구분되어 있음 	30 %	6년	
지진예지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 지진 예보를 위한 관측체계를 구축하고, 지진예지의 정확도 향상에 집중 투자 ○ 국내 : 지진예지를 위한 기반이 구축되어 있지 못함 	10 %	15년	

2. 연구개발 현황 및 성과

가. 주요 연구과제 추진현황 (국내·외)

구분	연구과제명	주요성과	비고
국내	○ 원주 KSRS 지진관측망 운영	○ 유엔 CTBT 검증체제에서 전 세계적으로 선정된 50개 주요 지진관측소로 등록 ○ IDC를 통한 전세계 지진자료 교환체계 구축 ○ 한반도 및 주변지역 지진활동 분석	기관고유
국내	○ 지진모니터링 및 재해대응기술 개발	○ 지진 및 지구변형 모니터링 체계 및 DB 구축 ○ 지역별 재해위험도 분석 ○ 영월지진 피해 조사 보고 ○ 지각구조 모델 설정 ○ 20C 초기 계기지진자료 정리	국책
국내	○ 한반도 지진활동 및 지각변형에 관한 연구	○ 경상남북도 일원의 지진자료 수집 및 지진발생 특성 분석	기관고유
국내	○ 양산단층을 고려한 설계기준 지진의 재평가	○ 양산단층의 활동 가능성 평가 ○ 원전부지 부근의 지진특성 평가	수탁
국내	○ 지진연구	○ 경상도, 전라도 및 충청도 일원에서의 미소지진자료 수집 및 분석	통산부
국내	○ 한반도와 그 주변의 Neotectonic에 관한 연구	○ 지진과 육상 및 해양 지질구조를 종합하여 한반도 및 동아시아의 지구조 연구	과기처 기본

나. 주요 연구주체(국내)

기관명	주요 연구실적	현 연구활동내용	인력/장비현황
한국자원연구소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경상도, 전라도 및 충청도 일원에서의 미소지진활동 분석 ○ 한국의 통계적 지진위험 분포 및 미진에 관한 연구 ○ 원자력발전소 부지의 G값 분석 ○ 1983년까지 역사지진/계기지진자료 수집 및 분석을 통해 한반도 전역의 지진위험도 작성 ○ 지진발생과 지질구조와의 연관성 연구 ○ 현재 동아시아의 지구조 해석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진재해 모니터링 및 재해대응 기술 개발 ○ 양산단층 일원의 지역관측망 운영 및 자료 분석 ○ 양산단층을 고려한 설계기준지진의 재평가 ○ 원주 KSRS 지진관측망 운영 ○ 활성단층 조사 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인력 : 5명 ○ 장비 : -원주 KSRS 광대역 3성분 1대 단주기 1성분 19대 장주기 3성분 3대 -지역관측망 단주기 3성분 12대
기상청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1978-1992 지진 관측보고 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 발생시 지진요소(위치,규모,일시) 통보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인력 : 5명 ○ 장비 : -전국 단주기 수직 성분 12개소 -인천 IRIS 관측소
대학교	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 분야에 대한 이론적인 연구가 부분적으로 수행되었음. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양질의 자료 부족으로 이론적인 연구에 중점을 두고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인력 : 9명 ○ 대학별로 1-4개의 이동식 지진계
한국전력공사		<ul style="list-style-type: none"> ○ 양산단층을 고려한 설계기준지진의 재평가 	
한국지진공학회		<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설별 내진기준 보완을 위한 연구 용역 (건설교통부) 	

다. 주요 연구인력(국내)

성명	소속기관	부서/직위	주소	전화번호
전명순	자원연구소	방재지질연구센터	대전시 유성구 가정동 30	(042) 868-3344
강익법	"	"	"	(042) 868-3343
지현철	"	"	"	"
전정수	"	"	"	(042) 868-3344
박창업	서울대학교	지질학과/교수	서울시 관악구 신림9동 산56-1	(02) 880-6735
이기화	"	"	"	(02) 880-6731
김성균	전남대학교	지질학과/교수	광주시 북구 용봉동 300	(062) 520-7185
김소구	한양대학교	지구해양학과/교수	경기도 안산시	(0345) 400-5532
조봉곤	전북대학교	지질학과/교수	전북 전주 덕진동 1가 664-14	(0652) 70-3395
김우한	경상대학교	지질학과/교수	경남 진주시	(0591) 751-6003
김준경	세명대학교	자원공학과/교수	충북 제천시 신월동 산21-1	(0443) 49-1319
민경식	원자력연구소		대전시 유성구 덕진동 150	(042) 868-8726
경제복	교원대학교	지구과학교육과/교수	충북 청원군 강내면 다락리	(0431) 230-3742
이정보	경북대학교	지질학과/교수	대구시 북구 산격동 1370	(053) 950-5361
노명현	안전기술원	부지환경평가실	대전시 유성구 가정동	
엄준호	기상청	지진과/과장	서울 종로구 송월동 1번지	(02) 723-8803

3. 대체(경쟁) 및 지원기술 전망

현재까지 국내에서는 지진연구의 연구가 미흡한 상태이며, 지진 발생에 따른 재해의 범위는 국경에 제한을 받지 않고, 지역적(지질학적) 특성에 좌우된다. 따라서 외국의 지진관련 분야에서 개발된 기술이나 경험은 활용 가능하나 한국의 지진자료를 사용하여 연구해야 한다.

제 2 절 활성단층연구

1. 기술개발동향

가. 기술 개발 년표

개발년도	기술 개발 내용	
	국 내	국 외
1970's		<ul style="list-style-type: none"> - 활성단층 변위량 측정 - 지진예지를 위한 지화학적 감시망 운영
1990's	<ul style="list-style-type: none"> - 굴절도 활성단층 공식발표 - 단층암석 절대연령 측정 시도 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS감시망 구축운영

나. 기술개발동향 (향후 10년)

(1) 국내

- 제 1단계
 - * 활성단층 조사기법 습득
 - * 단층 절대연령측정 기법 습득
 - * 현생단층 변위량 측정 기법습득 (GPS, LASER)
- 제 2 단계 : 제반기술 축적
- 제 3 단계 : 국내산업계 적용기준 설정

(2) 국외

- 해양저 현생단층 변위량 측정기법 개발

다. 기술수준

해당기술	선진국대비국내수준	기술격차	보완기간
활성단층조사	15%	20년	5년
GPS	5%	10년	3년

2. 연구개발 현황 및 성과

가. 주요 연구과제 추진현황 (국내·외)

구분	연구과제명	주요성과	비 고
국내	양산단층을 고려한 설계 기준 지진의 재평가	활성단층의 징후 조사중	한국전력공사 수탁사업
	활성단층조사 평가 연구	“	통상산업부 출연사업
국외	활성단층 분야		일본지질조사소

나. 주요연구주체 (국내)

기 관 명	주요연구실적	현 연구활동내용	인력/장비현황
한국자원연구소	굴업도 활성단층 인지	양산단층, 추가령단층	25명/K-Ar 분석기 GPS 측정기
강원대학교	외국학회지(3편)	ESR	1명
고려대학교	외국학회지(3편)	미세구조	2명
천 문 대	GPS 국제공인획득	관측망 운영	3명/GPS 측정기

다. 주요연구인력 (국내)

성명	소속기관	부서/직위	주소	전화번호
최위찬	한국자원연구소	방재지질연구센터	대전시 유성구 가정동 30	042-868-3050
최영섭	“	지질연구부	“	042-868-3051
최범영	“	지질연구부	“	042-868-3394
조등룡	“	지질연구부	“	042-868-3040
김유숙	“	탐사연구부	“	042-868-3166
신성천	“	탐사연구부	“	042-868-3165
김인준	“	광상연구부	“	042-868-3105
이동영	“	지질연구부	“	042-868-3055
기원서	“	환경지질연구부	“	042-868-3071
박필호	천문대	응용천문부	“	042-862-2526
이희권	강원대	지질학과/조교수	강원도 춘천시	0361-50-8558
이진한	고려대	지질학과/부교수	서울	02-920-2167
원중선	연세대	지질학과/조교수	서울 서대문구 신촌동 134	02-361-2673

3. 대체(경쟁) 및 지원기술 전망

○ 국내에서는 경쟁(대체) 기술이 없음

4. 산업현황 및 시장규모 (국내 및 주요 외국업체)

관련산업	시 장 규 모		관련업체
	국 내	국 외	
원 자 력	원전확장 및 차세대 원전 건설	(북한 신포원전 기술 지원)	한국전력공사
		기술도입	IAEA, BECHTEL DAMES & MOORE, DA PPOLONIA
SOC 투자시설	고속전철		한국고속전철공사
		기술도입	BECHTEL
	고속도로		한국도로공사
	Life Line		한국전력공사 한국가스공사

제 3 절 내진공학연구

1. 기술개발 동향

가. 기술개발년표

나. 기술개발동향

(1) 시설물과 구조물의 내진성능 목표설정

지진과 같은 자연재해에 대하여 사회-경제시스템의 피해가 전혀 발생하지 않도록 설계할 수도 있으나, 이것은 경제적으로 매우 비현실적이다. 따라서 구조물과 시설물의 내진설계에 있어서도 사회-경제적 가치판단에 의해서 결정되는 사회적으로 수용 가능한 위험 범위 내에서 구조물과 시설물에 피해가 발생하도록 허용하고 있다. 이러한 관점에서 최근 내진설계의 세계적인 추세는 지진시 구조물의 성능발휘에 대한 목표, 즉, 성능목표를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 내진설계를 하는 개념으로 변하고 있다. 성능목표를 종래의 단일수준 성능목표를 설정하는 것으로부터 발전하여 다단계 성능수준(Multi-level Performance Criteria)개념으로 나아가고 있다(Caltrans의 교량설계). 그리고 구조물이나 시설물의 기능의 중요성에 따라서 설계지반운동의 평균재현주기를 다르게 적용하는 등 성능목표를 다르게 하고 있다.

(2) 지반과 구조물의 지진응답특성 규명

지반의 지진응답특성에 관해서는 액상화에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있고 실제 지진피해 현장을 조사하고 진동대 실험 및 3차원 비선형 모델링에 의해 액상화의 기본 매커니즘을 밝힐 뿐 아니라 액상화 가능성(Liquefaction Potential)에 대한 지도를 작성하고 있다. 지반-기초 또는 지반-구조물 시스템의 거동특성이 실험과 비선형수치모델에 의해서 조사·연구되고 있으며, 횡담과 사력담에 대한 연구도 활발히 수행되고 있다. 표층 지반이 지진지반운동을 증폭시키고 그 주파수 내용을 변화시키는 현상, 즉, 부지조건에 영향을 대해서도 연구가 계속되고 있으며 부지조건에 영향(Site Effects)을 좀 더 합리적으로 구분하여 적용하고자 하는 연구노력이 진행 중에 있다.

구조물의 지진응답에 대해서는 실제 지진피해기록과 그 당시 계측된 자료로부터 많은 것이 밝혀지고 있고, 구성요소와 시스템의 성능을 규명하기 위하여 실험과 수치해석방법을 사용한 연구가 진행되고 있고, 실제 크기의 모델실험의 중요성도 최근 Northridge 지진에서 부각되었다. 구조시스템의 지진응답을 해석적으로 규명하고 내진설계와 내진성능

평가에 적용하기 위해서, 구조요소 또는 부재의 연성적인 비선형 거동현상을 적절하게 묘사할 수 있는 해석기법들이 개발되고 있다. 교량의 경우에는 교각의 연성에 관한 연구와 조인트 및 교량받침의 비선형 거동을 규명하기 위해 실험적 연구들이 수행되고 있다.

(3) 내진설계

내진설계는 신설구조물의 내진설계와 기존구조물의 내진성능향상의 두 부문에서 연구가 진행되고 있다. 최근에 발생한 중요한 지진 Loma Prieta 지진(1989), Northridge 지진(1994), Hyogo-ken Nanbu 지진(1995)의 피해 사례에서, 오래된 구조물의 경우 현대기술보다 엄격하지 못한 설계기준에 따라 예상보다 낮은 수준의 지반운동에 대하여 설계되었기 때문에 붕괴가 초래되는 등 지지피해가 발생되었다. 한편, Northridge 지진과 Hyogo-Ken Nanbu 지진은 내진설계기준에서 적용하는 설계지진 수준을 훨씬 초과해서 구조물과 시설에 큰 피해를 초래하였으며, 손상을 입은 구조물들을 복구하고 그 성능을 대폭 향상시키는 문제가 현실적으로 대두되어 이에 대한 연구노력이 집중되었다.

최근 피해의 주된 원인 중의 하나는 종래 설계기준에 의해 설계된 구조물의 경우, 지진에너지를 흡수할 수 있는 연성(Ductility)이 없다는 것이다. 최근 발생한 대표적인 근역 지진인 Northridge 지진과 Hyogo-ken Nanbu 지진의 지반운동은 일반적으로 내진설계에 사용되던 설계지반의 특성과는 매우 다른 양상을 보였으며, 구조물의 응답도 예상치 않은 방향으로 나타났다. 근역에서 발생한 지진에 대해서는 지반가속도보다는 지반의 속도가 구조물의 거동에 좋은 지표가 된다는 것에 주목하여 변위에 기초하는 설계법이 제안되고 있다.

구조물이나 시설물의 설계원칙에서는 성능기초설계(Performance-Base Design) 쪽으로 통일되는 경향을 보이고 있고, 허용하중설계법을 고집하던 일본도 건축법령을 폐기하고 성능기초설계법을 채택하고 있는 과정에 있다. 성능기초설계에서는 종래의 단일 성능수준으로부터 다단계 성능수준을 만족시키는 쪽으로 발전하고 있다. 다단계 성능수준에 대한 관심은 Northridge 지진 등에서 붕괴 한계상태에 근거하여 설계한 구조물이 심한 손상을 경험한 데서 비롯되었다. 병원의 경우 구조적인 거동은 설계된 대로 만족스러운 것이었으나 파이프시스템 등이 손상을 입었기 때문에 병원 본래의 기능을 수행할 수 없었다. 이 예는 사용성도 내진설계에서 심각하게 고려되어야 한다는 것을 보여 준 좋은 예라고 하겠다. 성능기초설계법은 큰 지진 발생시 구조물의 붕괴도 방지할 뿐 아니라 작은 지진에서는 기능 수행에 관한 성능 요구조건을 만족시킬 수 있도록 설계하고자 하는 설계 개념이고, 성능목표를 설정함에 있어서 확률의 개념을 도입하고 있다. 그리고 이 성능기초설계법에서는 내진역량(Seismic Capacity)을 연성(Ductility)이나 에너지 흡수능력으로 평가하고자 하며, 따라서 종래에 사용되어 오던 강도(Strength) 접근법보다는 오히려 연성이나 에너지 흡수능력을 잘 표현할 수 있는 변형/변위 접근법의 사용이 적극 고려되었다.

최근 미국이나 일본에서 발생한 지진에 의해서는 교통시설을 포함함 Lifeline 시설에 큰 피해가 발생하여 지진경과 후 사회-경제시스템이 원래의 기능을 회복하는데 오랜 시간이 소요되었다. 이러한 경험으로부터 Lifeline 내진설계의 중요성이 부각되었다.

(4) 지진피해예측과 지진위험관리시스템

최근 미국, 일본, 멕시코, 터키, 그리스 등 여러 나라에서는 예상되는 지진이 발생하였을 경우, 인명손실과 구조물 및 시설물을 포함한 사회-경제시스템에 초래될 수 있는 피해와 그 결과를 예측 평가하는 이른바 "Earthquake Damage Scenario" 또는 "Urban Seismic Risk Analysis"에 대한 연구를 발전시켜 오고 있다. 지진피해 예측에는 지진원 특성, 대상지역의 지질구조, 지반특성의 공간적 분포에 의해서 결정되는 지진재해도 수준의 공간적 변화, 건물과 Lifeline시설의 지진취약도, 기타 사회-경제 시스템의 이차적인 지진취약도 등에 관한 정보가 필요하다. 이러한 정보의 데이터베이스를 구축하고 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 공간정보를 관리하고 지진재해도를 해석하며 전문가 시스템을 도입하여 구조물과 시설물을 포함한 사회-경제 시스템의 피해와 기능의 손실을 예측하는 기법이 개발되고 실제로 적용되고 있다. 지진피해 예측은 사회의 지진에 대하여 취약한 점을 노출시킴으로써 지진에 대한 대비태세를 강화할 수 있게 하여 준다. 지진피해예측기법은 비단 지진에 대한 사전 대비책 수립에 활용될 뿐 아니라, 실제 지진이 발생하였을 때 그 피해상황을 가늠할 수 있는 정보를 제공하기 때문에 신속한 대응책과 조치를 가능하게 할 수 있을 것이다.

미국에서는 NCEER과 Blume Earthquake Research Center등에서 라이프라인의 피해추정과 시스템의 기능해석에 대한 연구를 진행 중에 있으며 일본의 경우 경도대학의 방재연구소(DPRI)의 Urban Earthquake Hazard Research Center에서 이러한 연구를 진행하고 있으며, 이 연구소의 Research Center for Disaster Reduction Systems에서는 더 나아가 주요 구조물 또는 라이프라인시설의 지진시 거동에 관한 정보를 실시간 모니터링하여 긴급대응조치판단과 복구계획수립 및 우선순위 결정에 활용하고자 하는 연구가 진행 중에 있다.

다. 기술수준

우리 나라는 독자적으로 개발된 내진설계기준의 체계를 갖지 못하고 있다. 따라서 구조물 또는 시설물의 내진설계를 위해서, 미국, 일본 등 여러 나라의 설계기준을 원용하여 왔기 때문에 내진성능 목표도 외국의 기준을 그대로 취하였다. 그러나 우리나라의 지진활동성은 미국의 서부 지역이나 일본과는 매우 다른 양상을 보이고 있음으로 외국기준에

성능목표를 무비판적으로 수용한다는 것은 타당치 않을 것으로 판단되고 앞으로 독자적인 설계기준을 개발할 때에 신중하게 검토되어야 할 것이다.

내진설계는 원자력발전소(1972년), 건축물(1988년), 교량(1992년)에 제한적으로 실시되고 있다. 그러나 내진설계의 중요성에 관한 인식수준이 낮고 기술인력이 부족하여 외국의 설계기준과 기술이 충분히 검토되지 못한 상태에서 단편적으로 도입되어 왔다. 따라서 내진설계기준에 일관성과 체계성이 결여되어 있으며, 실무기술자들은 내진설계에 미숙한 형편이다.

내진설계의 관건이 되는 설계지반운동은 계기지진기록이 빈약한 관계로 많은 불확실성을 내포하고 있을 뿐 아니라 연구자별로 평가결과에 상당히 차이를 보이고 있다. 설계지반운동의 특성은 우리 나라 고유의 지각구조와 지진특성에 기초하여야 함에도 불구하고 외국의 설계지반운동 특성을 차용하고 있는 실정이다.

최근 국내외에서 교육과 훈련을 받은 지진공학 분야의 전문가가 증가하고 있고 연구 노력도 가속되고 있으나 연구는 산발적이고 비체계적으로 수행되고 있는 실정이다.

2. 연구개발 현황 및 성과

가. 주요 연구과제 추진현황(국내·외)

구 분	연구과제명	주요성과	비 고
국내	시설별 내진설계 기준보완을 위한 2단계 용역	현재 진행중	건설교통부

나. 주요 연구주체(국내)

기관명	주요연구실적	현 연구활동내용	인력/장비
한국지진공학회		시설별 내진설계 기준보완을 위한 2단계 용역	
건설기술연구원		시설별 내진설계 기준보완을 위한 2단계 용역	

다. 주요연구인력(국내)

성 명	소속기관	부서/직위	주 소	전화번호
장승필	서울대학교	토목공학/교수	서울 서초 반포본동 반포APT 75-303	(02)599-0084
김동수	한국과학기술원	토목공학/교수	대전 서구 둔산동 목련APT 103-603	(042)484-8870
김명모	서울대학교	토목공학/교수	경기 성남분당 금호타운APT 101-1801	(0342)711-5410
김문겸	연세대학교	토목공학/교수	경기 고양마두 삼성APT 109-403	(0344)907-1997
김상호	연세대학교	토목공학/부교수	서울 서대문 연희동 대림APT 1-902	(02)333-0326
김수일	연세대학교	토목공학/교수	서울 서초 반포동 반포APT 68-406	(02)593-9379
김원기	호서대학교	건축공학/조교수	충남 천안 청수동 극동APT 202-1502	(0417)553-3781
김재관	서울대학교	토목공학/조교수	서울 관악 신림4동 501-34	(02)853-3995
신현목	성균관대학교	토목공학/부교수	서울 강남 개포동 177 현대APT 1-304	(02)572-9766
윤정방	한국과학기술원	토목공학/교수	대전 유성 어은동 한빛APT 132-904	(042)869-1409
이동근	성균관대학교	건축공학/교수	서울 동작 사당동 우성APT 203-1507	(02)537-2747
이승준	아주대학교	도시공학/교수	서울 서초 잠원 51 잠원훼밀리A 1-1605	(02)535-6137
이종세	한양대학교	토목공학/부교수	서울 서초 방배동 삼호APT 5-1001	(02)599-0716
임홍철	연세대학교	건축공학/조교수	서울 강남 압구정동 현대APT 23-204	(02)548-5959
정영수	중앙대학교	토목공학/교수	서울 강남 대치1동 선경APT 1-1001	(02)558-1339
조양희	인천대학교	토목공학/교수	서울 강남 대치동 선경APT 12-302	(02)563-7687
최병호	성균관대학교	토목공학/교수	서울 영등포 당산 유원제일APT 203-806	(02)675-4636
최완철	승실대학교	건축학과/부교수	서울 서초 반포동 반포APT 110-402	(02)594-6450
홍성걸	서울대학교	건축학과/강사	서울 서초 잠원동 한신2차APT 108-402	(02)532-2792

제 4 절. 연구망 구축/운영

1. 기술개발 동향

가. 기술개발년표

개발년도	기술개발내용	
	국내	국외
1880		○ 최초의 지진계 제작
1905	○ 인천에 지진관측소 설치	
1935		○ Richter 지진계로 규모 개념 도입
1945	○ 기존 지진관측소 폐쇄	○ 체계적인 관측망 구성 및 연구
1968	○ 원주 KSRS 관측망 설치	
1978	○ 기상청 지진관측망 구축 시작	
1982	○ 자원연구소 이동관측망 운영 시작	○ 예지를 위한 관측망 구축 시작
1991	○ 포항 광대역 관측소 설치 ○ GPS 감시망 구축 시작	○ 전국 GPS 감시망 구축
1994	○ 자원연구소 지역관측망 설치 시작	
1995	○ 인천 IRIS 관측소 설치	

나. 기술개발동향

선진국들은 지진의 위치, 시기 및 크기등 기본적인 지진통보를 위한 단주기 지진관측망 뿐만 아니라 지진의 발생원인 규명, 내진설계 기준 확립을 위한 광대역 및 가속도 연구망이 이미 구축하여 운영 중에 있다. 특히 지진예지를 위한 각종 관측이 수행 중에 있으며 예보 기술 정확성 향상과 자연재해 발생시 피해를 최소화하기 위한 재해 경

감 기술에 투자가 집중하고 있다.

(1) 일본

지진업무가 이분화 되어 있어 지진발생시 지진발생 위치, 시각 및 크기에 관한 대략적인 정보를 국민에게 신속하게 알리는 지진통보 기능은 기상청이 수행하고 있으며 제반 지진연구는 연구소 및 대학이 담당하고 있다. 이는 1900년대 초 지진계가 없었을 때 전국에 분포된 기상인력을 활용하여 지진발생을 기록하였던 과거의 선례가 남아 있기 때문으로 현재 전세계적으로 기상청이 지진업무에 다소 관여하는 나라는 일본, 한국, 필리핀 및 네덜란드 정도이다.

현재 일본의 경우 지진통보에 필요한 최소한의 관측망만이 기상청이 관리하고 대부분의 관측망은 연구소가 주관하고 있다. 각 기관별 업무 및 장비 현황은 다음과 같다.

기 관	담당 업무	장비 현황	비 고
기상청	지진통보 자료수집	○ 전국 관측망 단주기 1성분 80개소 단주기 3성분 50개소	○ 지진통보에는 단주기 자료만 이용 ○ 해일발생 예상지역의 해변에 광대역 STS2 지진계를 집중 배치 하여 해일 발생 여부 를 확인
	해일경보	○ 주요 해역 관측망 광대역 STS2 3성분 20개소	
방재기술 연구소	지진, 산사태, 내진 기준치 적용 등 제반 방재관련 규정, 법규 등연구	○ 전국 관측망 광대역 STS1 3성분 5개소 단주기 3성분 70개소 가속도 3성분 1000개소	○ 현재 연구에 필요한 관측소 확충을 담당 ○ 추가 확충 계획 광대역 STS1 100개소 단주기 3성분 500개소
대학교	지진에 관한 기초, 응용 연구	○ 광대역 STS1 3성분 20개소 단주기 3성분 300개소	○ 지역적으로 분활하여 지진연구를 담당

신속한 지진통보를 위해서는 자료의 수신 및 분석시간을 최대한 단축하여야 함으로 기상청은 단주기 1성분 (주로 수직성분)을 중심으로 관측망을 운영하고 있다. 일본에서는 해변에서 지진의 발생 위치가 지표면이고 주로 역단층의 경우 해일을 동반하는 경우가 많다. 이를 조기에 경보하기 위해서 기존에 알려진 지역의 주변 해역에 광대역 지진계중 STS2를 집중 배치하여 단층면해 등을 통해 해일의 발생 여부를 확인한다. 이와 같이 국민에게 신속히 알려야 하는 지진통보나 해일경보는 기상청이 담당하고 이외의 제

반연구는 연구소를 중심으로 대학교에서 수행하고 있다. 현재 지진연구를 위한 관측망은 '95년 1월 고베지진 이후 연구소가 담당하고 있으며, 광대역 STS1을 중심으로 단주기 지진계를 전국 주요 지진발생 예상지역에 설치하여 운영 중에 있는데 모두 3성분 자료를 획득하고 있다.

GPS 감시망은 '91년도 지각변위 감시 및 지진의 예측을 위해 구축하기 시작하였으며, 현재 일본 전국에 걸쳐 30 km간격으로 약 610개 관측소가 설치하여 운영하고 있다.

(2) 미국

지진연구는 지질조사소를 중심으로 대학에서 수행 중에 있으며, 일부 핵확산금지조약(CTBT)의 일환으로 운영되는 배열 관측망 (array network)은 미공군이 담당하고 있다. 현재 한국기상청이 주관기관인 인천 IRIS 관측소는 미국지질조사소가 설치한 것이고, 한국자원연구소가 주관기관인 원주 KSRS 배열 관측망은 미공군이 설치한 것이다.

지진통보는 지진연구와 병행하여 대학교가 담당하고 있다. 지진 다발 지역중 하나인 미국 남부 캘리포니아의 지진통보를 담당하고 있는 CalTech 대학의 지진관측망은 다음과 같다.

기 관	담당 업무	장비 현황	비 고
CalTech대학 지진연구소	지진통보	단주기 1성분 250개소 단주기 3성분 43개소	- 지진통보에는 단주기 자료만 이용 - CUBE 시스템 운영
	지진연구	광대역 STS1, STS2 3성분 20개소	

CalTech대학의 실시간 자료 전송은 전화회사가 무상으로 제공하는 전용회선을 이용하여 지진통보를 위한 CUBE 시스템은 현재 전세계에서 가장 신속하게 지진통보를 하는 것으로 유명한 데 현재 지진발생후 지진통보까지 소요되는 시간은 약 5분 정도이다. 남부 캘리포니아에는 현재 45개소의 GPS 관측소가 설치되어 있으며 현재 250개소로 확충할 계획이다.

(3) 국내

일본과 같이 지진업무는 이분화되어 있다. 지진통보는 기상청이 담당하고 있는 데 현재 12개소 관측망으로부터 단주기 수진성분을 실시간으로 수신하나 아날로그 기록방식으로 지진통보에 다소 시간이 소요되고 있다. 따라서 신속한 지진통보를 위해서 현재 아날로그 기록방식을 3성분 디지털로 전환하여야 하고 단주기 관측망을 확충하여야 한

다. 지진연구는 한국자원연구소와 대학이 담당하고 있는 데 이를 위해서는 광대역 관측망의 확보가 기본이다. 현재 운영중인 광대역 관측소는 미국이 설치한 인천 IRIS, 원주 KSRS 및 일본이 설치한 포항관측소가 전부이며, 자원연구소 '97년말에 3개소를 완공할 예정이다. 이와 같이 연구를 위한 광대역 관측망의 부족으로 기초연구가 부실하다. 따라서 연구소와 대학을 중심으로 광대역 관측망의 확충이 시급하다. 특히 가속도관측망의 미비로 국내 내진설계 등에 필요한 실용적인 연구가 수행되지 못하고 있다.

다. 기술수준

요소기술명	성능 및 특성비교	선진국 대비 국내기술수준	기술격차 (년)	비고
지진연구망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진연구에 필요한 양질의 디지털 자료 축적 ○ 지각구조구 설정 및 단층 특성 규명에 대한 자료 제공 ○ 지진방재 및 내진설계 등의 자료제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 지각구조 및 지진 발생 특성 규명에 필요한 자료가 축적된 상태 ○ 국내 : 기본적인 연구에 필요한 자료도 미비한 상황 	6년	
지진예지 연구망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진예지에 필요한 종합적인 통합연구망 구축 ○ 단층지역의 지구물리 및 지화학적 변화를 관측하여 지진예지에 필요한 자료 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 지진예지를 위한 기본적인 관측체계를 구축하고 예지의 정확도 향상에 집중 투자 ○ 국내 : 지진예지를 위한 기반이 전무한 상태임. 	10년	
GPS 감시망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광역적인 지각변위를 측정하여 활성단층 규명, 지체구조구 설정 등에 필요한 자료제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국 : 지각 구조 운동의 규명에 필요한 전국 GPS 감시망이 구축되어 있음. ○ 국내 : 전국에 단지 4개소만 설치되어 있고 운영주체도 달라 체계적인 연구가 이루어지지 못함. 	4년	

2. 연구개발 현황 및 성과

가. 주요 연구과제 추진현황 (국내·외)

구분	연구과제명	주요성과	비고
국내	○ 원주 KSRS 지진관측망 운영	○ 독자적인 자연 및 인공지진(지하 핵실험등) 감지기술 개발 ○ 한반도 및 주변지역 지진활동 분석	기관고유
국내	○ 지진모니터링 및 재해대응 기술 개발	○ 지진 및 지구변형 모니터링 체계 및 DB 구축 ○ 지역별 재해위험도 분석	국책
국내	○ 한반도 지진활동 및 지각 변형에 관한 연구	○ 경상남북도 일원의 지진자료 수집 및 지진발생 특성 분석	기관고유
국내	○ 양산단층을 고려한 설계 기준지진의 재평가	○ 양산단층의 활동 가능성 평가 ○ 원전부지 부근의 지진특성 평가	수탁
국내	○ 지진연구	○ 지역관측망 운영 ○ 지진공학적 응용 연구	출연

나. 주요 연구주체(국내)

기관명	주요 연구실적	현 연구활동내용	인력/장비현황
한국자원 연구소	○ 1982-90 : 경상도, 전라도 및 충청도 일원에서의 이동식 관측망 운영 ○ 1990 : 포항에 한일공동으로 광대역관측소 설치 ○ 1991-92 : 한일공동으로 경상 분지에 이동식 관측망 운영 ○ 1994-96 : 경상분지 및 주변 지역에 12개소 지역관측망 설치 ○ 1995 : 원주 KSRS 자료 획득	○ '97년말 서울, 대전, 보길도등 3개소 광대역 연구망 설치 완료	○ 인력 : 5명 ○ 장비 : -원주 KSRS 광대역 3성분 1대 단주기 1성분 19대 장주기 3성분 6대 -포항 관측소 장주기 3성분 1대 -지역관측망 단주기 3성분 12대
기상청	○ 전국 12개소 단주기 관측망 보유	○ 2개소 광대역 관측소 설치 예정	○ 인력 : 5명 ○ 장비 : 단주기 수직성분 12개소
대학교	○ 대학별로 1~4대 이동식 관측망 운영	○ 관측망 운영에 필요한 예산 부족으로 체계적인 운영에 어려움	○ 인력 : 9명 ○ 대학별로 1-4개의 이동식 지진계

다. 주요 연구인력(국내)

성명	소속기관	부서/직위	주소	전화번호
지현철	자원연구소	방재지질연구센터	대전시 유성구 가정동 30	(042) 868-3343
전명순	"	"	"	(042) 868-3344
전정수	"	"	"	"
성익환	"	환경지질부	"	(042) 868-3082
임무택	"	자원탐사부	"	(042) 868-3050
조진동	"	자원탐사부	"	(042) 868-3152
박필호	천문대	응용천문연구부	대전시 유성구 화암동 산36-1	(042) 862-2526
김성균	전남대학교	지질학과	광주시 북구 용봉동 300	(062) 520-7185
이정보	경북대학교	지질학과	대구시 북구 산격동 1370	(053)950-5361
박창업	서울대학교	지질학과	서울시 관악구 신림9동 산56-1	(02) 880-6735
김소구	한양대학교	지구해양학과	경기도 안산시 사1동 1271	(0345) 400-5532
조봉곤	전북대학교	지질학과	전북 전주 덕진동 1가 664-14	(0652) 70-3395
김우한	경상대학교	환경지구학과	경남 진주시	(0591) 751-6003
김준경	세명대학교	자원공학과	충북 제천시 신월동 산21-1	(0443) 49-1319
경제복	교원대학교	지구과학교육과	충북 청원군 강내면 다락리	(0431) 230-3742

3. 대체(경쟁) 및 지원기술 전망

현재까지 국내에서는 지진 분야의 연구가 미흡한 상태이며, 지진 발생에 따른 재해의 범위는 국경에 제한을 받지 않고, 지역적(지질학적) 특성에 좌우된다. 따라서 외국의 지진관련 분야에서 개발된 기술이나 경험은 활용 가능하나 직접적인 대체는 불가능

제 4 장. 우리 나라의 지진관측 현황

한반도의 지진에 대한 기술과 기록은 19세기까지 역사문헌에 나타난 역사지진 기록과 20세기에 들어서 시작된 지진계에 의한 계기지진 관측으로 나뉘어 진다.

제 1 절 계기지진

20세기 들어 우리 나라에서 지진계에 의한 현대적 의미의 지진관측은 1905년 일제시대 조선총독부 관측소에 의해서 인천기상대에서 처음으로 실시되었다. 그후 1943년까지 서울, 대구, 부산, 추풍령, 평양 및 원산에 지진관측망이 보강되어 광복 전까지는 전국적으로 7개소에서 지진계에 의한 관측을 수행하였다. 당시 조선총독부는 1933년부터 1938년 까지 6년 동안의 지진자료를 1935년부터 1940년까지 매년 지진연보로 발간하였다 (Weather Bureau of Tyosen, 1935 - 1938). 이들 연보는 약 90 쪽 분량의 영어 책자로 발간되었으며, 당시 한반도 지진관측소의 장비들의 제원에 대해 상세히 기술하고 있다. 1935년에 발간된 1933년의 연보를 살펴보면 기상대의 본부인 인천기상대에 모두 4종류의 지진계가 설치되어 있어 Wiechert Seismograph는 수평방향 두성분 (남-북 및 동서방향) 과 상하방향을 포함 3-성분 기록을 실시하였으며, Oomori Portable Seismograph는 수평방향의 2-성분을, low magnification seismograph는 상하 및 수평방향의 3-성분 기록을 하고 있었는데 이는 주로 우리나라 근처의 지진 보다는 다른 먼 곳에서 일어나는 지진을 기록하기 위한 것으로 보인다. 또한 수평의 2-성분을 기록하는 현재의 강진계로 추정되는 Oomori Tronometer를 운영하여 총 10 종류의 지진기록을 매일 관측하고 있었다. 서울기상대에서는 Wiechert Seismograph에서 수평 2-성분을, Oomori Portable Seismograph가 수평 2-성분 기록 총 4종류의 지진기록을 관측하고 있었으며, 대구기상대에서는 Wiechert Seismograph가 수평방향 2-성분을, Oomori Portable Seismograph는 수평방향의 2-성분, low magnification seismograph는 수평방향 및 상하방향의 3-성분 등 모두 7종류의 지진관측을 기록했다. 부산기상대에서는 Oomori Seismograph로 수평방향 중 남-북 방향의 1-성분을 기록했으며, 평양기상대에서는 C.M.O. Portable Seismograph가 동-서 및 남-북 방향의 2-성분을, low magnification seismograph는 수평방향 2-성분 및 상하방향의 수직성분 등 3-성분을 기록하여 총 5종류의 지진관측을 기록했다. 따라서 1933년 일제시대에는 매일 전국적으로 총 27개의

지진자료가 획득되었음을 알려주는 것으로, 이는 1995년 12월 현재 기상청에서 관측되는 지진자료의 양보다 많은 것이다. 또한 1933년 한해 동안 전국에서 발생한 12개의 유감지진, 4개의 진앙지와 진도를 기술하고 있다. 뿐만 아니라 미국 본토, 하와이, 독일, 러시아 등 외국의 지진자료와 종합하여 Alaska 와 New Guinea 등에서 발생한 원거리 지진들도 분석하여 보고하고 있다. 1933년의 지진기록이 출판된 것은 1935년 1월인데 약 1년간의 시간차는 외국의 자료들을 수집·분석하는 데 걸린 기간으로 추측된다. 당시에 출판되던 지진연보는 1940년에 1938년의 지진자료를 정리한 것이 마지막으로 발간되었는데, 이는 일본이 2차대전을 일으켜 전쟁체제로 바뀌면서 한반도에서 지진관측을 제대로 실시하지 못한 것이 그 원인으로 판단된다.

1. 기상청 관측망

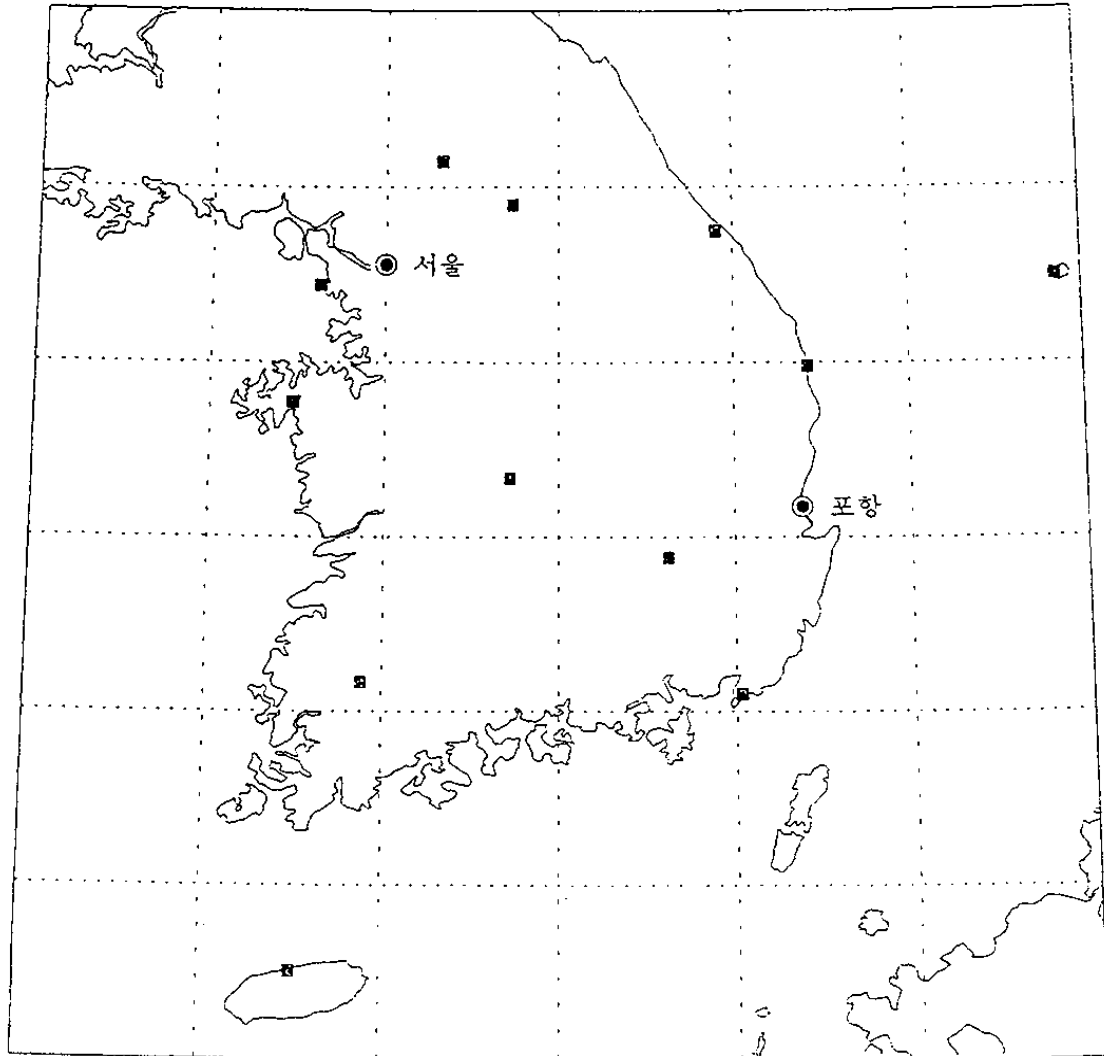
일제시대의 지진관측에 비해 해방 후에는 6.25 전쟁을 겪으며 우리나라에서는 지진관측이 이루어지지 않다가, 1963년 3월 미국 지질조사소 (USGS) 가 전세계 지진관측망 (World-Wide Standard Seismograph Network; WWSSN) 구축사업의 일환으로 서울 기상청에 지진계를 설치하면서 시작되었다. WWSSN 관측망의 구성은 장주기와 단주기를 각각 3-성분(남-북, 동-서 및 수직방향의 진동을 기록하기 위함)씩 종이 위에 Analog 형태의 지진파형을 그리는 형태였다.

그 후 1977년 일본제 지진계 2대를 도입하여 서울과 광주 2개소에서 관측을 실시하였는데, 이는 지진의 발생위치와 크기를 정할 수 있는 최소한의 관측망에도 미달되는 수준이었다. 1978년 홍성지진 발생 후 사후 대책의 일환으로 지진관측 장비를 보강하면서 1980년 말부터 미국제 관측소용 지진계 3대와 간이 이동식 지진계 2대를 도입, 설치하여 서울, 강릉, 추풍령, 광주, 부산 및 서산 6개소에서 관측을 시작하였다. 이는 한반도에서 발생하는 지진의 위치와 크기를 알아내기 위한 최소한의 관측망으로 일제시대에 일본인들이 운영하던 관측망과 유사한 규모이다. 그 후 1988년, 서울 올림픽을 준비하면서 기상장비의 현대화 작업의 일환으로 1991년 8월부터 기상청의 지진관측망이 보강됨에 따라 1992년 현재 남한에서는 12개의 단주기 수직성분 지진 관측소를 운영하고 있다(그림 1).

현재 기상청은 서울, 부산, 대구 등 전국 12개 지역에서 전용회선을 이용하여 수집되는 자료를 실시간 (real-time)으로 전송하여 분석하고 있다. 그러나 대부분의 관측소가 대도시 (서울, 광주, 부산, 대구, 인천 등) 에 위치하고 있으므로 잡음이 심한 편이다.

Seismic Network of KMA

39N



33N

125E

131E

그림 1. 기상청에서 운영중인 관측망 분포도

지진계는 모든 종류의 진동을 감지하는데 주변의 잡음(사람이나 차량의 통과에 의한 진동)이 심하면 감도(感度)를 높일 수 없다. 그 이유는 감도를 높일 경우, 우리가 원하는 자료뿐만 아니라 잡음(noise)도 증폭되어 자료가 잡음 속에 묻혀버리기 때문이다. 원칙적으로 지진계는 주변 잡음이 없는 인적이 드문 곳에 설치하여야 하나, 이럴 경우에는 부지 확보 및 관측소 유지에 어려움이 따른다. 현재 기상청 지진계는 대부분 대도시의 지방기상청이나 측후소에 설치되어 있는 실정이다. 지진예보를 통해 실제로 피해를 줄인 경험이 있는 중국의 경우에는 자료관측의 중요성을 인식하여 법령(국가지진국령 제1호)으로 지진관측소(다른 지구물리 관측소 포함) 근처 30 m 범위에는 건물을 전혀 지을 수 없도록 하고, 200 m 이내에는 4층 이상의 건물을 지을 수 없도록 규정하고 있다.

세계적으로 표준 지진관측은 장주기와 단주기의 2개 주파수 영역으로 나뉘어 각 주기마다 수직방향과 동-서 및 남-북 2 방향을 포함하여 모두 3방향의 6 종류의 진동을 관측하는 것이 기준이다. 그러나 기상청의 관측망에서 관측되는 자료는 장주기 기록이 없고, 단주기 중에서도 수직성분 한 성분만을 기록하는 체제이므로 연구용으로는 부적합한 관측망이다. 따라서 하루속히 3성분 디지털 지진관측망의 확보가 필요하다. 또한 기상청 업무도 기상과 지진(지진과)로 이원화하여 지진 인력을 충분히 확보하여야 한다.

그러나 우리나라 지진의 운동양상의 대부분이 수평이동단층운동에 의해서 발생하여 수직방향 보다는 수평방향의 진동이 크기 때문에 현재와 같은 수직성분을 기록하는 타입이 아닌 3성분 가속도 기록을 측정하는 디지털 지진계를 설치하는 것이 지진연구에 필수적이다. 현재 지진관측은 모두 디지털 자료를 얻고 있다. 그러나 기상청에서는 외부에서 디지털 자료를 요구하면 이를 제공하지 못하고 있는 실정이다.

2. 기상청 이외의 관측망

원자력발전소가 가동되면서 원전의 지진안전성 확보를 위해 시작되었다. 우리나라의 원자력발전소는 1978년 고리원자력발전소에서 상업발전을 시작하면서 이에 관련한 국내의 준비는 60년대 중반부터 시작되었다. 95년 12월 현재는 고리, 월성, 울진 및 영광에서 10기의 원자로가 가동중이고 6기가 건설중이며 2006년까지 7기를 추가 건설할 예정이다. 참고로 원자력발전소 부지 선정시 가장 중요한 요소는 발전을 하면서 가열되는 원자로를 식힐 수 있는 충분한 양의 냉각수를 확보하는 것이다. 대부분의 원자력발전소

가 큰 강이나 바닷가에 설치되는 것은 냉각용수의 확보 때문이다. 다음으로 중요한 요소는 지진에 의해 원자로가 기울거나 파괴되지 않도록 안전한 곳에 부지를 선정하여야 한다. 만약 지진에 의해 원자로 안전에 이상이 생기면 이는 국가차원의 중대한 문제가 발생하기 때문이다. 이런 상황에서 원자력발전소의 안전을 담당하는 정부에서는 1980년부터 원자력발전소 안전성에 관한 연구를 한국자원연구소에서 수행하도록 지원하기 시작하였다. 1981년 당시 상공자원부 출연연구비로 지진연구를 시작하면서 1982년과 1983년에 걸쳐 IBRD 차관에 의해 9개의 이동식 간이 지진계를 구입하여 80년대에는 1년에 약 1-2개월간 주로 원자력발전소 부지를 중심으로 한 지역에서 지진관측을 시작하였다.

현재 한국자원연구소에서 운영하고 있는 지진관측소는 1991년부터 자원연구소 포항 출장소에 광대역 STS-1 지진계를 설치해 운영하고 있고, 1994년 양산단층 주변에 3-성분 디지털 단주기 관측소를 5개소 운영하고 있으며, 95년 12월말 현재 6개소의 추가 관측소를 설치하여 운영중이다 (그림 2). 양산단층 주변에서 운영하는 지진관측망은 인근의 원자력발전소 (고리, 월성 및 울진) 의 지진안전성 확보차원에서 양산단층의 지진 활동성을 감시하는 데 그 목적이 있다.

또한 현재 한국자원연구소는 미군과 KSRS (Korea Seismic Research Station) 관측망의 인수 및 공동운영 방안에 관한 협의를 진행 중에 있다. KSRS는 1960년대 중반 미군이 구공산권 (구소련 및 중국)의 핵실험을 감지하기 위해 설치한 지진감시망으로, 현재 UN 군축회담 산하에서 진행되고 있는 포괄적 핵실험 금지조약 (Comprehensive Test Ban Treaty; CTBT)에서 선정한 전세계 50개 주요 지진관측소 중의 하나이다. KSRS 관측망은 원주, 횡성 및 춘천 일대에 분포하는데 그 구성은 수직성분 단주기 지진계 (vertical-component short-period seismometer) 19개 관측소, 3-성분 장주기 지진계 (3-component Long-period seismometer) 6개 관측소 및 광대역 3성분 지진계 (Broad-band 3-components seismometer)로 되어 있으며, 도심지가 아니고 강원도 산골의 지하 약 100 m 정도의 시추공 내에 수신기 (Sensor) 를 설치하여 주변 잡음이 적은 양질의 관측망으로 우리나라 지진연구에 양질의 자료를 제공할 것으로 기대된다 (그림 3). 그림에서 S01 등은 단주기 지진관측소의 위치를, L1 등은 장주기 지진관측소의 위치를 나타낸다. 참고로 북한은 과학원 산하에 독립된 지진연구소를 설립 운영하고 있고 1960년대부터 지진관측소를 설치하여 현재 지진관측소의 분포는 그림 4와 같다.

KSRS 관측망의 한국이관을 전제로 1995년 12월부터 KSRS 관측망에서 수집되는 모든 자료는 전용회선을 통해 대전에 소재한 한국자원연구소로 전송되고 있다. 한국자원연구소는 다른 관측망에서 측정된 자료와 함께 분석하여 한반도 주변의 핵실험 감지는

KIGAM Digital Seismic Observation Network

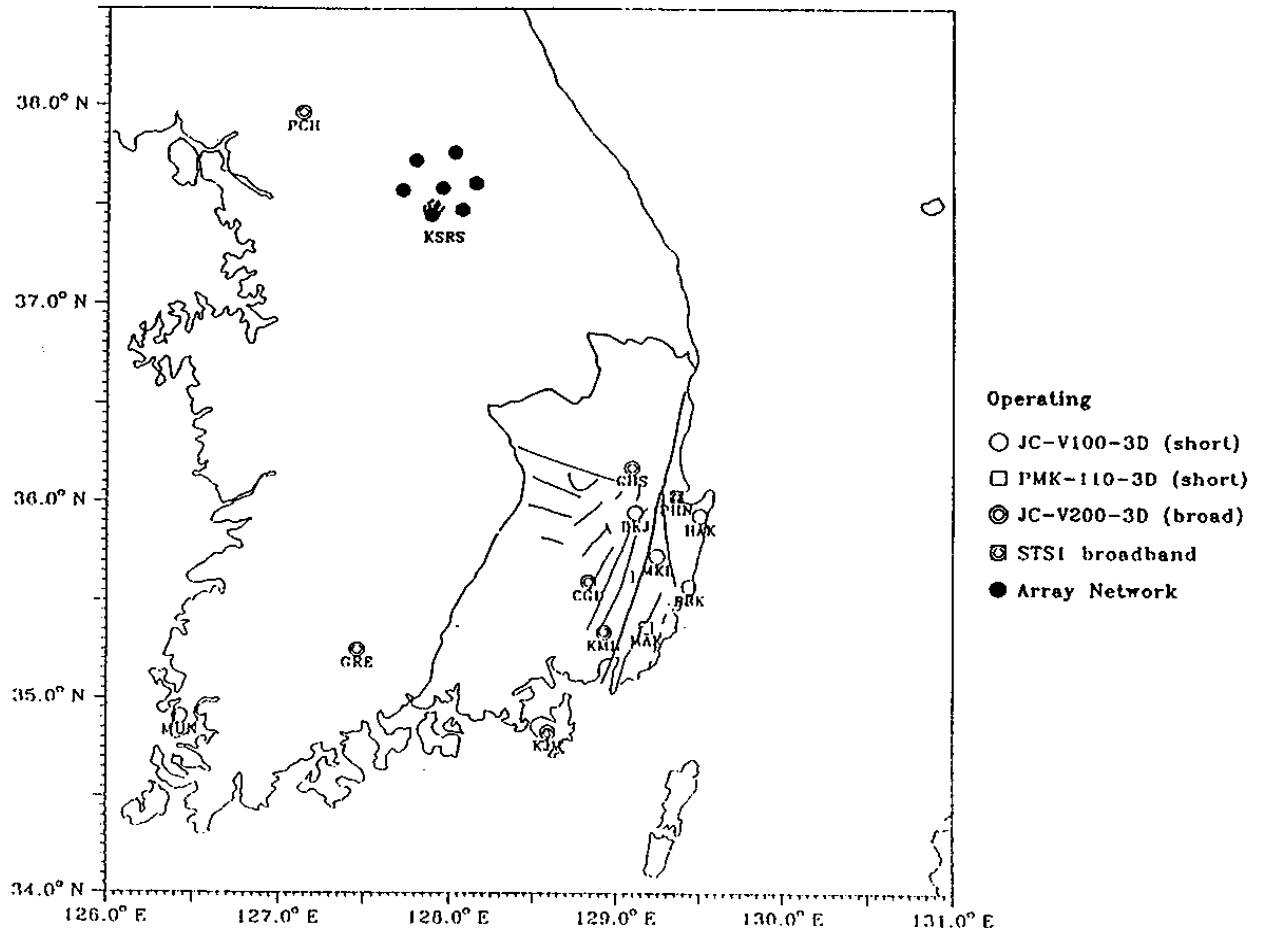


그림 2. 한국자원연구소에서 운영중인 관측망 분포도

Wonju KSRS

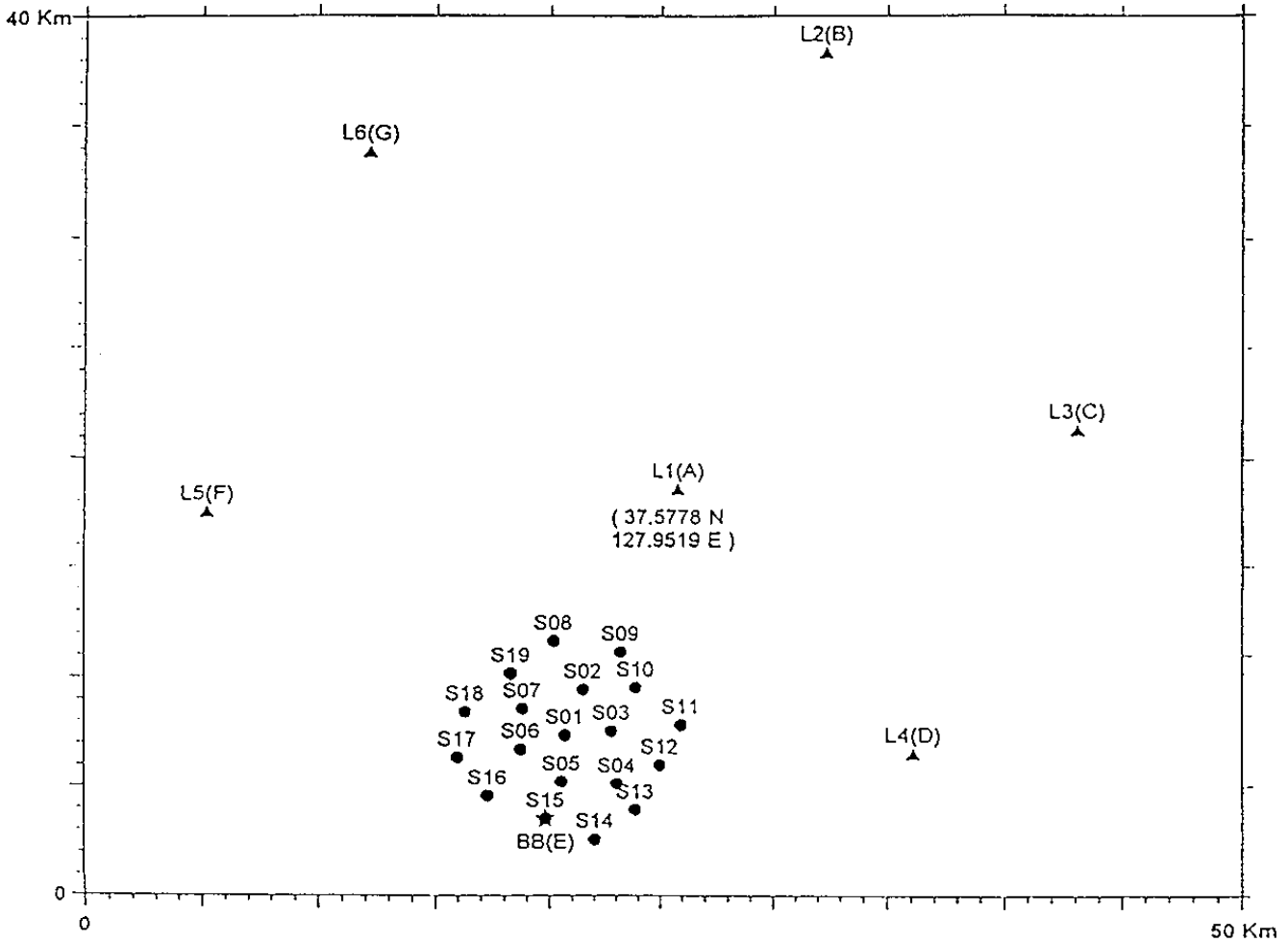


그림 3. 원주 KSRS 구성도

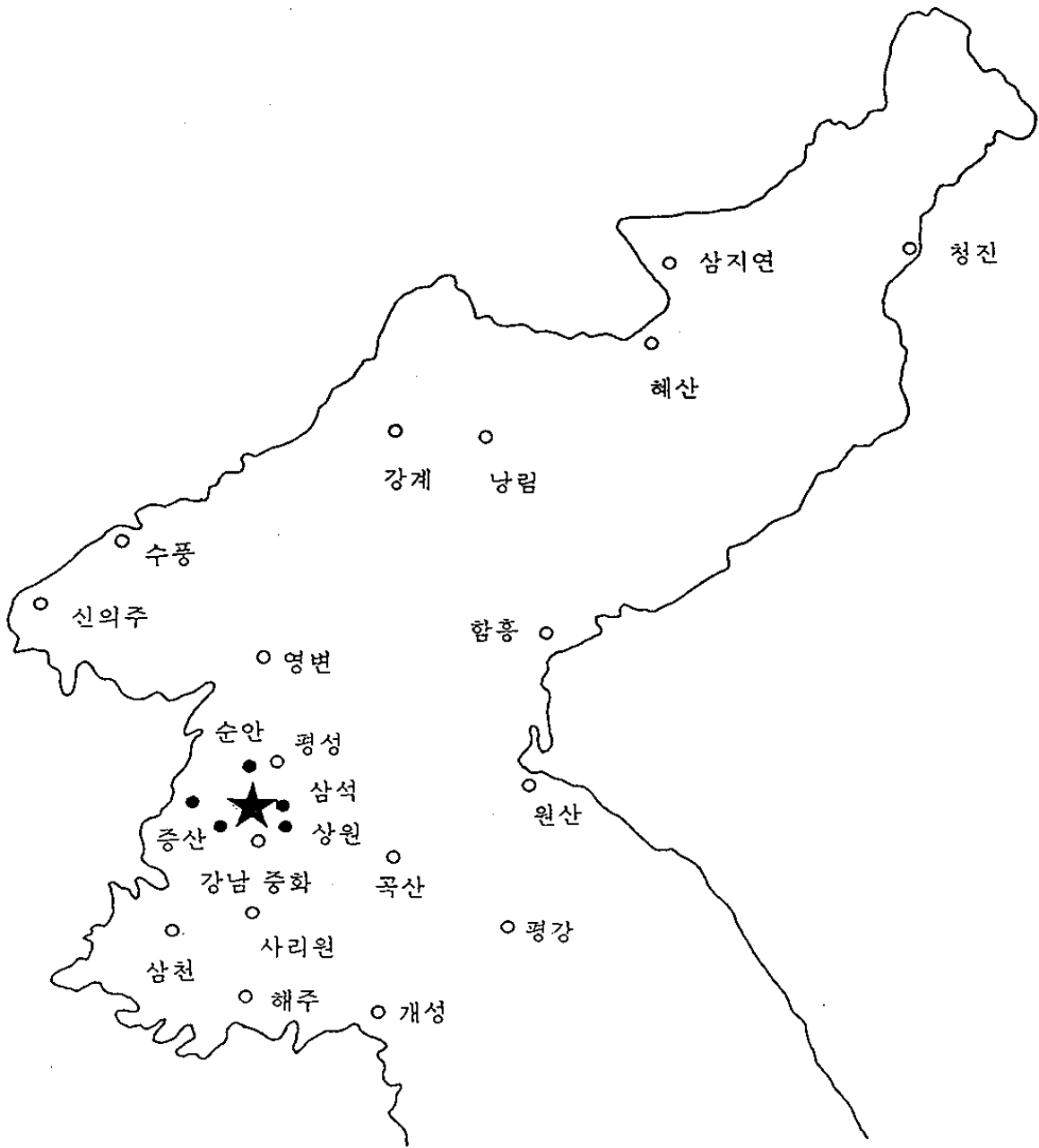


그림 4. 북한에서 운영중인 관측망 분포도

물론 한반도 인근에서 일어나는 지진자료들을 종합, 유엔에서 추진하는 포괄적 핵실험 금지조약의 국제감시체제 (IMS; International Monitoring System)에서 국제자료센터 (IDC; International Data Center)와 국내 접촉창구인 한국자료센터 (NDC; National Data Center)의 기능을 수행하고 있다.

지진에 의한 진동은 변위 (Displacement), 속도 (Velocity) 및 가속도 (Acceleration) 등으로 구별되며, 목적에 따라 각각 다른 종류의 지진계를 설치해 필요한 자료를 얻게 된다. 이론적으로 지진을 측정하는 것은 움직인 정도 즉, 변위를 측정하는 것이 합리적이므로 20세기초에 발명된 지진계는 지면이 움직인 정도를 직접 기록하는 변위형 지진계였다. 그러나 변위를 직접 측정하기 위해서는 지진계가 매우 커져야 하기 때문에 불편이 따른다. 20세기 후반에 들어 전자기학이 발전하면서 전자기의 원리를 이용한 속도형 지진계는 작은 부피로 감도를 높일 수 있게 됨에 따라 속도형 지진계가 일반화되기 시작했다.

지진이 발생하면 방출되는 지진파는 매우 단주기 (100 Hz : 1초에 100번씩 움직이는 진동) 부터 매우 장주기 (0.001 Hz : 1000초에 한번 움직이는 진동) 까지 다양하다. 이 중 단주기 지진파는 정확한 시간을 판독하여 진앙지 결정 등에 쓰이고, 장주기 지진파는 지진의 에너지를 계산하기 편리하다. 따라서 모든 지진의 정보를 과학적으로 분석하기 위해서는 단주기 부터 장주기까지 모든 정보를 분석해 내야 가능하다. 특히 내진설계에는 진동의 최대 크기뿐만 아니라 각각의 주파수에 대한 최대 진동이 필요하다. 그 이유는 모든 건물은 실제로는 고유한 주파수를 가지고 조금씩 흔들리고 있는 것이다. 그러다가 같은 (혹은 비슷한) 주파수의 진동이 지진에 의해 도달되면 건물고유의 주파수와 합쳐져서 진동이 증폭되어 건물의 강도보다 커지게 되면 건물이 무너지는 것이다. 따라서 건물을 지을 때 건물의 높이, 면적 및 재질에 따라 가장 중요한 주파수가 결정된다. 지진도 특성에 따라 특정 주파수에 에너지가 많이 집중되는 경향이 있는데 이러한 지진고유의 주파수와 건물의 주파수에 따라서 보통 몇층짜리 건물이 얼마나 무너졌느냐 하는 것은 전문가들 사이에서 큰 지진후 관심거리 중 하나이다. 따라서 내진설계에는 최대진동 뿐만 아니라 각각의 주파수별 진동이 매우 중요한 요소가 된다.

실제로 넓은 범위의 주파수 범위의 정보를 해석하기 위한 계산은 수치분석 (數値分析)에 의해 이루어지기 때문에 종이 위에 기록하는 아날로그 (Analog) 형태의 기록방법으로는 불가능하고 수치 (Digital) 형태의 기록방법이어야 가능하다. 따라서 최근의 지진계는 아날로그 형태가 아니고 디지털 지진기록을 얻는 추세이다. 기록방법이 디지털로 되면서 센서 (Sensor; 受震槓) 각각 다른 주파수 영역 (Frequency Band) 에 예민하게 설계되어 단주기 (Short-period), 중간주기 (Intermediate-period), 장주기 (Long-period) 로 구

별할 필요가 없어지고 단주기부터 장주기까지를 한꺼번에 수신하는 광대역 (廣帶域: Broad-Band) 수신기가 발명되었는데, 이런 시스템을 광대역 디지털 지진계라고 부른다.

그러나 이런 광대역지진계는 장비가 고가 일뿐만 아니라 관측소도 별도의 건물을 건축해야 하며, 수신기 (Sensor) 도 기압과 온도에 예민하여 진공상태를 유지해야 하기 때문에 터널을 만들어 설치하거나 시추공내에 설치하는 등의 세심한 기술적인 배려가 필요하므로, 지진관측 및 연구 경험이 짧은 우리나라에서는 아직 일반화되어 있지 않다.

이런 점에서 3-성분의 관측도 같은 의미를 갖는다. 지진에 의해 전달되는 진동은 여러 형태의 복합적인 것이어서 수직성분만으로는 최대진동을 측정 할 수 없다. 일반적으로 지구상에 존재하는 모든 물체는 중력의 영향하에 있는데 이는 주로 수직방향(지표에서 지구중심을 향해)으로 작용하고 있다. 따라서 책상 위에 있는 물체를 위에서 힘을 가하면 이동하지 않지만 옆으로 힘을 가하면 쉽게 이동한다. 마찬가지로 모든 건물이나 구조물도 수직방향의 힘에는 강하지만 상대적으로 수평방향으로 작용하는 힘에는 약하기 때문에 지진이 일어나서 건물이 무너지는 것은 대부분이 수평방향의 힘에 의해 발생된다. 따라서 지진관측에서 수직성분만이 아닌 동-서 및 남-북의 수평성분 관측도 매우 중요한 의미를 갖는다.

제 2 절 역사지진

지진연구에서 역사지진의 연구는 매우 중요한 역할을 한다. 특히, 우리나라처럼 지진활동이 심하지 않은 경우 역사지진을 체계적으로 정리해 피해를 낸 큰 지진들의 지역적 분포나 재래주기를 산출하는 것은 지진위험도 평가 및 주요 시설물의 내진설계에 매우 중요한 요소이다.

그러나 역사지진을 연구하기 위해서는 약 2000년 동안의 역사기록을 모두 확인해야 하는 방대한 작업이 필요하기 때문에 아직 체계적인 연구는 이루어지지 못한 상태이다. 역사지진의 체계적인 정리를 위해서는 역사학자들이 연구의 주체를 이루어야 하며 지진학자들도 반드시 참가하여야 할 것이다. 역사지진 평가에서 가장 중요한 것은 정확한 발생위치와 지진의 크기를 규명하는 것인데 이는 매우 어려운 작업이다. 왜냐하면 대부분의 역사기술이 이러한 평가에 적합하지 않게 기술되어 있기 때문이다. 일례로 “땅이 흔들리고 민가가 무너져 땅바닥에 깔려 죽은 사람이 있었다” 라는 식의 표현이 많아 이들의 진도를 얼마로 정해야 하는지, 발생위치를 어디로 정해야 하는지 등의 문제점이 있다.

우리나라 역사지진의 경우 지금까지 밝혀진 바로는 서기 2년부터 문헌에 기록이 남아 있다. 이들 역사기록이 체계적으로 조사된 것은 일제시대 일본인 과학자에 의해서 정리된 것이 최초이다. 역사지진의 경우 그동안 한국자원연구소 (한반도의 지진위험도, 1983) 를 비롯하여 일부 대학 (이기화, 김소구) 에서 몇번의 정리를 시도하였으나 모두 약 1년 동안의 연구에 그쳐, 약 2000년에 걸치는 동안 문헌에 기록된 막대한 양의 자료를 체계적으로 정리하였다고 보기는 어려우며 주로 일본인이 정리한 자료를 일부 수정한 정도이다. 역사지진은 지진기술(정보) 자체가 부족하고 불확실하기 때문에 정확하게 현재의 규모와 장소, 시간을 결정할 때 어려운 점이 많이 발생하는 것은 세계 어디서나 동일하다. 또한 규모 결정은 경험식에서 공식의 차이가 있기 때문에 저자마다 차이가 있다. 예를 들면 북한의 역사지진의 규모는 남한보다 항상 0.5-1 단위가 크다. 그리고 일반적으로 역사지진은 계기지진보다는 항상 크게 결정되어진다. 따라서 역사지진에 대한 연구는 장기간의 계획을 세워 여러 명의 역사학자, 건축학자 (역사시대의 건축구조나 양식을 평가하기 위해) 및 지진학자들이 대거 참여하는 대형 연구과제의 형태로 수행되어야 할 것이다.

참고로 지금까지 밝혀진 지진기록이 나타난 역사문헌은 삼국사기 (인본 50권), 증보 문헌비고 (인본 250권), 고려사 (인본 137권), 국조보감 (인본 90권), 풍운기 (원본 62권), 천변사출담록 (원본 116권), 조선열성실록 (원본 1177권), 승정원일기 (원본 3067권), 일성록 (원본 2277권), 기상보고, 해동잡록 (인본 1권), 난중잡록 (인본 1권), 전사잡기 (인본 1권), 서운관지 (인본 4권) 등이며, 앞으로 숫자가 더 늘어날 가능성도 있다.

제 5 장 기술개발 계획 및 추진 전략

본 과제의 원활한 수행을 위해서는 연구에 필요한 각종 자료 수집을 위한 관측망 구축이 선행 되어야한다. 따라서 연구용 관측망의 설치는 제1단계(97-99)에 완료하는 것을 목표로 하고 이를 위해 연구비도 4개 중분야 중 연구망구축에 우선적으로 배당하여야 한다. 그러나 관측망 구축에 소요되는 막대한 비용조달의 현실성을 감안하여 2단계(2000-2002) 까지 완료하는 것으로 한다. 3단계 이후의 관측망 운영은 지진연구나 활성 단층 연구등 연구과제에서 관측망을 운영토록 한다.

또한 본 과제에서 구축하는 연구망에서 생산되는 관측자료는 기상청, 지리원, 중앙재해대책본부등 국가기관 뿐만 아니라 학계, 산업계 등에서 여러목적으로 사용될 수 있도록 체계적인 데이터베이스를 구축하고, 기상청의 지진통보 기능에 활용할 수 있도록 실시간 자료 송수신 체계를 구축한다.

한반도에서 발생하는 지진의 경우에 그 메카니즘을 이해하기 위해서는 한반도 뿐만 아니라 동아시아 일대의 지구조운동과 관련된 종합적인 지구과학적 접근이 필요하다. 또한 일본 근처의 동해에서 역단층운동에 의한 천발지진이 발생하는 경우, 이에 의해 발생하는 쓰나미에 의해 우리나라의 동해안에 피해를 입는 경우가 종종 발생하므로 일본, 중국 및 러시아등 인접국가들과 자료교환 및 공동연구 체계를 구축하여야 한다. 이들 우리의 인접국들은 최근에도 빈번한 지진에 의해 상당 규모의 피해를 겪으면서 지진예보를 위해 국가차원의 지원에 힘입어 수십년간 내진공학연구와 지진예지에 심혈을 기울인 국가들로서 이런 분야에서 인접국가와의 국제공동연구는 필수적이다.

제 1 절 지진연구

1. 기술의 개요

가. 기술의 범위 및 주요 내용

현대는 도시의 팽창으로 인구의 밀집화, 구조물의 대형화 및 원자력발전소등 중요 기간시설들이 증가함에 따라 지진에 의한 위험도 증가하고 있다. 특히 현대사회에서는 직접적인 인명과 재산의 손실뿐만 아니라 정상적인 사회기능이 마비되는 모든 현상을 재해

로 규정하고 있다. 또한 현대사회의 다양한 기능은 통신, 수도, 전기, 가스, 철도, 지하철 등의 생명선 (Life-line)으로 구성되어 있는 바, 이들 생명선의 경우는 그 일부가 파괴되어도 전체기능이 마비되는 현실이다.

따라서 한반도에서 발생한 지진의 특성을 규명하여 지역별 지진위험도 및 내진설계 기준을 설정하고, 장래 발생할 지진의 일시, 위치 및 크기를 예측하여 지진발생시에도 사회의 기본기능이 유지될 수 있도록 하기 위한 지진피해 감소 및 예측 기술개발은 국가적으로 매우 중요하다. 이를 위하여 향후 지진연구에서 수행되어야 할 연구의 범위 및 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 지진원, 속도구조 및 지진파 전달 특성 연구

특정지역에 도달하는 지진파는 지진원 특성, 전파 특성 및 부지 효과가 종합되어 나타나는 것이므로 각 요소의 특성이 규명되어야 지진에 대한 종합적인 이해가 가능하다.

지진원은 지진 발생 현장에서의 모든 지진학적 특성을 포함하는 개념으로 지진 발생의 원인과 지진발생 메카니즘을 파악하기 위하여서는 지진원의 특성에 관한 이해가 필요하며 이는 지진학 연구의 기초자료이다. 따라서 지진원에 대한 정확한 연구는 지진 방재 대책과 내진설계 등 활용에 선결되어야 하는 과제이다. 지진원의 특성은 지진학적 연구의 중요한 분야인 지진파의 합성에 매우 중요한 입력자료로 사용된다. 특히 강진의 발생 빈도가 매우 낮은 우리 나라에서 한반도 지진특성을 대표하는 합성 지진파 연구는 실제적으로 내진설계에 필요한 응답 스펙트럼 작성 연구에 매우 중요한 역할을 할 것이다.

따라서 진원의 위치, 심도 및 규모를 결정하여 이들의 분포 특성을 분석하고, 특정구조와의 관련성 규명, 단층면의 구조, 운동형태, 및 주 응력 방향 등을 규명하여 한반도 일대에서 발생하는 지진의 발생 원인과 지진발생 메카니즘을 이해할 수 있는 정량적 자료를 제시한다.

지각 내에서 지진파의 전파속도는 일반적으로 하부로 가면서 속도가 증가하지만 이는 일정치 않고 지역에 따라 변한다. 따라서 지각구조를 규명하는 것은 진앙위치를 정확하게 결정하고 특히 진원깊이를 결정하는데 매우 중요한 요소이다. 특정 지역에서 지진 발생 깊이를 규명하는 것은 지표에 건설되는 구조물의 지진 안전성 평가에 매우 중요한 요소이다. 현재 우리나라의 경우 진원의 깊이 결정은 매우 부정확한 상황이다. 또한 지각연구를 바탕으로 지진파의 주시시간계산, 파형 분석, 합성 지진파 등의 연구를 병행하며, 이는 지구과학 및 토목분야에서의 내진설계 연구 등에 기초자료로 활용될 수 있다.

미국의 지진학자 Richter(1935)에 의해 제안된 규모(Magnitude)의 개념은 지역의 지질학적 특성에 따라 다르게 나타나나, 우리 나라의 경우 현재 일본에서 결정된 쓰보이(Tsujoi,1954) 공식을 사용하고 있다. 따라서 한반도 및 주변 부에서의 거리 및 주파수에

다른 지진파의 전달 특성에 대한 연구를 통해 한국의 지질조건에 적합한 규모공식을 산출해야 한다. 또한 원자력발전소등 구조물을 건설할 때 부지에 도착하는 지진파의 에너지는 진원에서 방출된 에너지 중 일부는 전달과정에서 감쇠되고 일부만 도달하게 된다. 이때 에너지가 감쇠되는 정도는 지진파가 전파하는 매질(지질)과 지진파 자체의 주파수에 따라 다르다. 따라서 우리 나라에서의 주파수별, 거리에 따른 에너지 감쇠정도를 규명하는 것은 내진설계 등에 매우 중요한 과제이다.

(2) 지진 지체구조구 설정 및 지진위험도 작성

장래 발생할 지진의 크기 및 위치를 예측하기 위해서는 과거에 발생했던 지진의 기록을 정확하게 이해하여야 한다. 우리 나라에는 오랜 역사 기간동안 지진에 대한 많은 역사지진기록과 1900년대 전반기의 초기 계기지진자료가 있음에도 불구하고 체계적으로 정리되지 못하고, 여러 종류의 개인적인 자료가 존재하고 있는 상황이므로 이에 대한 종합적이고 체계적인 연구가 시급하다. 따라서 한반도 지진 위험도를 산정하기 위해서는 한반도 및 주변부의 지진활동 상황을 파악하고 그와 관련된 지진 지체구조구가 설정되어야 한다.

이를 위해서는 역사 및 계기 지진 자료의 재정리 및 평가를 수행하여, 특정 지질구조와의 관련성을 밝히는 것은 지표에 나타나지 않은 지하 심부의 활성단층의 존재 여부를 규명하는데 매우 중요하다. 한편 한반도 및 주변의 지진발생 양상을 규명하는 것은 동아시아 지역에서 현재 진행중인 지구조 운동을 이해하는데 매우 중요한 요소로 이는 장기적인 지진 예지를 위해 필수적이다. 또한 자료의 불확실성을 고려한 통계적인 분석을 통해 한반도 및 주변 지역에서의 지진활동을 밝히고, 지진발생과 지구조 운동과의 관련성을 규명하여 지진위험도 작성 등에 필요한 지진 지체구조구를 설정함을 목표로 한다.

지진위험도를 분석하는 데는 대상지역 혹은 인근에 활성단층이 존재하는 경우와 존재하지 않은 경우에 따라 전혀 다른 접근방법을 취하게 된다. 우리 나라의 경우 이제까지는 지진위험도 분석시 활성단층이 존재하지 않는 것을 전제로 일부 연구가 수행되었다. 그러나 1995년 방사능 폐기물 처분장 부지조사시 굴업도 일대에서 활성단층의 존재가 보고되었다. 또한 육상의 일부 단층대에서도 활성단층의 존재 가능성이 제기되어, 이를 규명하기 위한 연구가 진행 중에 있다. 따라서 활성단층의 존재 여부를 규명하는 것과 이를 고려한 지진위험도를 작성하여야 한다.

현재 우리 나라는 편의상 행정구역을 기준으로 내진 기준치가 설정되어 있으며, 자료의 부족 및 전문가들의 이견으로 다양한 지진위험도가 제시되고 있으나 우리 나라의 상황에 적합하고 검증된 내진 기준치가 없는 상황이다. 이와 같은 내진 기준치를 제공하

기 위해서는 지진위험도 작성이 선행되어야 한다.

지진위험도를 작성하기 위해서는 지진 지체구조구별 최대발생 가능 지진의 위치 및 규모를 확률론 적으로 분석하여야만 한다. 이를 위해서는 지역별 및 주기별 발생 가능한 최대 지진을 도출하고, 원자력발전소 등 주요 지역에서의 부지 특성을 규명하고, 지진원, 감쇠식 등 지진위험도 작성 인자에 대한 통계적 분석을 수행하여야 한다. 이를 토대로 확률론적 지진재해도를 분석하여 지진위험도를 작성할 수 있다.

(3) 지진 응답 스펙트럼 작성

관측소 주변의 지질구조 연구는 지진원의 파라미터를 정확하게 구하는데 필수적이다. 이와 관련하여 관측소 주변의 표층에 의한 지진파의 증폭 또는 감쇠, 비선형적 행동 등을 연구함으로써 유사한 지질 조건에 위치하는 구조물의 내진 설계 등에 응용될 수 있다. 한편 지하 구조의 불균질성에 의한 분산 효과 연구는 부지에 도달하는 지진 에너지의 크기 및 특성을 이해하는데 필수적이다. 따라서 관측소 주변의 표토층 효과, 지하 불균질성에 의한 분산효과 등을 규명하기 위해서는 관측소 주변의 하부 구조가 우선적으로 규명되어야 한다.

실제로 지진재해로부터의 완전한 피해 방지는 불가능하고 경제적으로도 감당할 수 없는 비현실적인 것이다. 따라서 사회 전체가 동의할 수 있고 수용할 수 있는 피해의 수준이 설정되어야 하고, 이를 위한 내진설계가 수행되어야 한다. 이런 목표를 달성하기 위해서는 각 지역별로 설정된 지진위험도에 근거하여 각종 시설과 구조물에 대한 우리나라 고유의 지진 특성이 고려된 설계 응답 스펙트럼이 제시되어야 한다.

따라서 표준 응답 스펙트럼을 작성하기 위해서는 합성 강지진동, 스케일화 및 유사 강지진동을 이용한 표준 응답 스펙트럼의 평가 방법을 분석하고, 입력 파라미터에 대한 민감도를 분석하여 국내 발생 지진의 특성을 대표할 수 있는 지진을 일차적으로 선정하여야 한다. 또한 표층 등의 지역별 지질구조특성에 따른 지진파의 증폭 또는 감쇠와 같은 비선형적 행동을 분석하여 우리나라 실정에 적합한 표준 응답 스펙트럼을 작성하여야 한다.

(4) 지진 예지 연구

최근의 경제 발전에 따른 인구 집중 및 산업 시설의 밀집과 같은 생활 환경의 변화는 지진 재해에 대하여 극도로 취약한 상태에 있다. 따라서 가까운 장래에 어떤 지역에서 발생 가능한 지진을 확률적으로 예측하여 피해를 최소화할 수 있는 지진 예지에 관한 폭

넓은 연구가 요구되고 있다.

그러나 지진의 예보는 현대 지진학의 궁극적인 목표중의 하나로 이는 인접분야의 과학 기술을 총 망라한 종합적인 접근에 의해서만 가능하다. 이를 위해서는 지진학뿐만 아니라 지질학, 지구물리학, 지구화학, 수리지질학 등 모든 분야의 자료 수집과 분석이 종합적으로 수행되어야 한다.

지진 예지를 위해서는 우선적으로 기존의 지진예지에 관한 연구 사례를 수집 분석하여 한반도에서의 적용 가능성을 평가하여야 한다. 이로부터 지전류, 지자기, 지각변형, 응력, 지진파 속도변화, 지하수위 변동 등 지진 발생 전에 나타나는 전조현상과 지진 발생과의 관련성을 규명하여 지진 예지 가능성을 타진함을 일차적인 목표로 하며, 신뢰도가 제고된 지진 재해 확률 및 수준을 정량적으로 평가하는 기법을 확립한다.

(5) 원자력시설 부지 지질·지진안전성 평가 규제 및 검증기술 개발

최근 한반도에서의 잦은 지진발생 및 한반도 주변지역에서 대규모 지진피해 빈발에 따라 원자력시설의 지진안전성에 대한 학계 및 국민적 관심이 증가하고 있으며, 이에 대한 해결책 마련을 위한 국내 원자력시설 부지의 지질 및 지진특성을 고려한 기술기준 개발이 시급히 요구되고 있다

따라서 원자력시설 부지에 대한 지진재해도 평가 및 검증기준을 연구하고, 원자력시설의 안전성 관련 활동성 단층에 대한 공학적 평가기준, 조사범위 및 조사방법을 연구하여 원자력시설 부지 적합성 평가시 조사범위 및 조사방법에 대한 기준을 설정한다.

나. 중요성

(1) 기술적 중요성

(가) 국가연구개발사업으로의 추진 필요성

우리 나라는 역사지진자료에 나타난 바와 같이 다수의 강진이 발생하였으며, 최근 지진발생 빈도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 1996년 12월 13일 강원도 영월에서 발생한 규모 4.5의 지진은 6회의 여진을 수반하여 지진 안전성에 대한 국민의 불안이 증

가하고 있다. 그러나 우리 나라의 내진설계는 원자력 발전소, 대형 건축물 및 교량에 대해 제한적으로 적용되고 있으며, 내진설계 필요한 한반도 지진특성을 반영한 지진동 자료가 없어 외국의 자료를 원용하고 있는 실정이다. 따라서 한반도에서 발생한 지진의 특성을 규명하여 지역별 지진위험도 및 내진설계 기준을 설정하고, 장래 발생할 지진의 일시, 위치 및 크기를 예측하여 지진 발생시에도 사회 기본 기능의 유지, 지진피해 감소 및 예측하는 기술개발은 국가적으로 매우 중요하다.

(나) 기술성능 향상 효과

현재의 과학 기술로는 지진예보를 실용화하기에는 해결하여야 할 많은 문제점이 있다. 그러나 지진발생이 느닷없이 나타나는 현상이 아니고 판구조운동에 의한 힘이 특정 단층에 집중되면서 단층의 마찰 한계를 초과하면 단층이 이동되면서 지진이 일어난다. 따라서 지진이 일어나기 전 준비과정에서 발생하는 지각내의 물리, 화학적 변화 현상을 완전히 이해하게 되면 지진예보의 현실화가 가능하다. 따라서 지진예지의 가장 큰 전제 조건은 장기적이고 종합적인 자료를 수집, 분석, 및 평가하여야 한다.

실제로 중국의 경우 1975년 2월 4일 요령성의 해성시에서 발생한 규모 7.3의 지진으로 도시 전체가 폐허화했으나, 지진발생 직전 여러 전조현상들을 종합하여 지진예보를 통해 도시 전체를 소개시켜 인명피해는 약 1,000여명에 그쳤으며, 이는 성공적인 지진예보의 한 예이다.

장래 발생할 지진의 위치, 크기 및 시기를 예측하기 위해서는 장기적이고 종합적인 관측과 이들 자료의 합리적인 분석능력 및 평가기술이 발전되어야 한다.

(다) 타 기술에 미치는 효과

현대 사회의 구조가 인구는 밀집되어 도시가 거대화하면서, 고층 아파트, 원자력발전소 및 다목적 댐등 대규모 산업시설등 대형 구조물들이 증가하여 재해가 발생하면 피해도 대형화되고 있다. 또한 지상뿐만 아니라 지하에도 지하철, 전기, 전화선, 상하수도관, 도시가스 등 많은 시설물들이 밀집되는 복잡한 구조를 갖고 이에 따라 지진 등 재해에 대한 피해도 다양하고 복잡해진다.

따라서 국가차원의 지진방재 정책을 위해서는 지진연구의 연구내용이 인접 자연과학 분야뿐만 아니라 사회과학자, 정책 당국에 제공되어 재해 경감을 위한 모든 분야가 참여하는 방재체계가 구축되어야 한다.

(2) 경제적 중요성

(가) 기술개발 및 상용화 투자규모와 예상 수익성을 전망

본 연구 결과 획득된 자료로부터 직접적인 수익성은 없지만, 이들 연구자료를 이용하여 국토이용계획 수립과 같은 정책 결정의 평가 자료로, 원자력 발전소, 댐, 대규모 건축물과 같은 주요 구조물의 설계 자료로, 각 지역에 따른 내진 기준치 설정 기초 자료로 활용되므로 지진과 같은 재해 발생시 피해를 최소화 할 수 있어 이를 직접적으로 평가할 수 없는 무한의 가치를 가지고 있다.

(나) 국내외 시장규모, 개발된 기술의 시장점유 가능성, 경쟁기술에 대한 우위성

지진위험도 작성, 내진 기준치 설정, 및 지진예지와 같은 기술을 개발함에 있어서는 국가간의 기술 교류도 가능하지만, 각국의 지질학적인 특징에 의해 최종적으로 결정되어야 하므로 어느 한 국가에서 적용된 기준을 다른 나라에 직접적으로 적용할 수는 없다. 따라서 현재 세계적으로 각국에서 개발된 기술은 공개적으로 발표되고 있고, 이들 자료를 어떻게 활용하는 가는 그 나라의 문제이다.

지진 등과 같은 자연현상에 대한 기술은 지역적(지질학적) 특성에 따라 변하므로 외국기술의 직접적인 도입은 무의미하나, 자료처리 및 해석을 위한 경험 및 기술의 도입은 부분적으로 가능할 뿐이다.

(3) 공공(사회, 문화적) 중요성

동일한 지진의 지진이 발생하여도 각국의 인명피해 정도는 많은 차이를 보여주고 있다. 아래 표에서 보는 바와 같이 평상시 지진에 대한 대비 정도에 의해 지진 발생시 많은 인명과 재산을 보호할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 우리 나라의 경우 지진의 발생 빈도는 낮으나 지진에 대한 대비책이 미흡하며, 같은 규모의 지진 발생시 지진에 대비한 사회보다는 큰 피해가 발생할 수 있다. 따라서 지진재해 발생시 피해 정도는 평상시의 대비 정도에 좌우되므로 국가적으로 연구개발에 지속적으로 투자하여야 한다.

국토가 좁고 인구가 많은 우리 나라의 경우 급속한 산업화에 의해 도시팽창, 주요 시설물 등이 증가하는데 따른 효율적인 국토관리가 매우 절실하다. 또한 대규모 토목공사(원자력발전소, 핵폐기물 저장소, 고속전철, 댐, 항만건설, 해저터널 등)와 건설공사(고층 건물, 대형 아파트단지 등)를 위해서는 지역별 지진위험도 평가 등의 연구결과가 산업체에 제공되는 협조체계가 구축되어야 함.

표 1. Armenia 지진, 인도 Latur 지진 및 미국의 Nothridge 지진의 피해 규모 비교

일시	1988. 12. 7.	1993. 9. 30.	1994. 1. 17.
발생시각	정오경	새벽 4시	새벽 4시 30분
지진규모	6.2	6.3	6.7
진원 깊이	5-6 km	9-15 km	8-19 km
진앙 위치	북부 Armenia	중부 인도 Latur	LA 북서부
사망자	25,000 명	11,000 명	57 명
부상자	19,000 명	다수	9,000 명
건물완파		19,000 동	없음
건물반파		200,000 동	8,900 동
피해액	162 억불		130-200 억불

다. 기술체계도

부문	중분류	소분류	주요 세부 기술
지진연구	지진특성 연구	지진원 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진요소 결정 ○ 응력상태 규명 ○ 지진발생 메커니즘
		지진파 전달특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지각구조 ○ 거리 및 주파수에 따른 지진파 전달 특성
	지진위험도 작성	역사 및 계기 지진활동 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 역사 및 계기지진자료 수집/재평가 ○ 통계적 분석을 통한 한반도 지진활동 평가
		지진지체구조구 설정	○ 지진발생과 지구조운동과의 관련성 규명
	내진기준치 설정	지진위험도 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진위험도 작성 인자에 대한 통계적 분석 ○ 지역별 및 주기별 발생 가능한 최대 지진 도출 ○ 확률론적 지진재해도 분석
		부지반응특성	○ 주요 지역에서의 지질구조에 따른 부지특성 규명
	지진 예지	응답 스펙트럼 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 응답 스펙트럼 평가 방법 분석 ○ 입력변수의 민감도 분석
		지구물리 및 지화학 모니터링 및 분석	○ 지진 전조현상과 물리화학적 물성변화와의 관련성 규명
		지진 예지	○ 장단기적 발생 가능한 지진의 위치 및 규모 평가

라. 주요 용도 및 활용분야 (개조식)

- 지역별 지진위험도를 작성하여 국토이용계획 수립시 효율적 국토이용을 위한 기초자료 제공
- 표준 응답 스펙트럼을 작성하여 대규모 건설 및 토목공사시 주요 구조물들의 내진 기준치를 제공하여 지진으로부터의 안전성 확보
- 지진 발생과 관련된 물리, 화학적 특성 변화의 관련성을 분석하여 지진 발생 가능성을 예지하여 지진에 대한 사전 대비 가능
- 한반도 및 주변지역에서의 지진발생 원인과 지진발생 메카니즘을 규명
- 한반도에서 지진발생 가능 지역을 도출하고, 지진발생 가능성이 높은 지역에 대한 정밀 관측을 통해 지진 발생 가능성을 사전 평가

2. 기술개발전략

가. 기술개발 목표

분야 \ 단계	1단계	2단계	3단계
지진특성 연구 및 위험도 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진원 특성 분석 ○ 지진관련 기존 자료의 수집 및 재평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통계적 분석을 통한 한반도 지진활동 평가 ○ 지진발생 원인 및 메카니즘 규명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 지체구조구 설정 ○ 지진위험도 작성 ○ 원자력시설 부지의 안전성 향상을 위한 규제 및 검증기술 개발
내진기준치 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지질구조에 따른 부지반응 특성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력변수의 민감도 분석 ○ 표준 응답 스펙트럼 평가 방법 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 발생 지진의 특성을 대표하는 지진 선정 ○ 표준 응답 스펙트럼 작성
지진 예지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 자료의 수집 및 분석하여 한반도에서의 적용 가능성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 전조현상을 규명하기 위한 지구물리적/화학적 관측망 구축 및 획득된 자료 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 발생 가능성 평가 기술 개발 ○ 지진 예보를 위한 기반 구축

나. 중점 추진 기술개발 과제

(1) 지진원, 속도구조 및 지진파 전달 특성 연구

목표																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 일원에서 발생하는 지진의 정확한 지진요소 및 응력장 분포를 분석하여 지진발생 원인 및 지진발생 메카니즘 규명 ○ 거리 및 주파수에 따른 지진파 전파특성 규명 																																						
필요성																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진원은 지진 발생 현장에서의 모든 지진학적 특성을 포함하는 개념으로 지진 발생의 원인과 지진발생 메카니즘을 파악하기 위하여서는 우선적으로 지진원의 특성이 규명되어 있어야 함 ○ 지진 방재 대책과 내진 설계 등에 활용하기 위해서는 기본적으로 정확한 지진원 특성과 지각 내에서의 지진파 감쇠 특성에 관한 연구가 필요함 																																						
주요연구내용																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지각구조 규명 ○ 지진의 정확한 위치와 심도 결정 및 분포 특성 ○ 지진발생 메카니즘 분석 ○ 지진파 전달 특성 																																						
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 연구망의 구성 및 운영, 그리고 데이터베이스 구축 연구 등 밀접한 관련분야와 긴밀한 협조 체계 구축 ○ 자료의 획득은 연구소 및 기상청이 담당하고, 획득된 모든 지진자료는 모든 연구자가 공동으로 사용할 수 있는 체계를 구축 																																						
기대효과																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 지진의 발생 원인과 지진 발생 메카니즘 규명을 통한 정량적이고 본격적인 지진 연구 토대 마련 ○ 지진을 일으키는 한반도 주변의 응력상태 규명 ○ 지표에 나타나지 않은 지하단층 도출 ○ 방재 및 설계 응답 스펙트럼 개발 분야에 기본 입력자료 제공 																																						
소요예산 및 인력																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)	2	5	4	15	20		소요인원(명)							계	2	5	5	15	20	
구분	1단계			2단계	3단계	비고																																	
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																		
소요예산(억원)	2	5	4	15	20																																		
소요인원(명)																																							
계	2	5	5	15	20																																		

(2) 지진 지체구조구 설정 및 지진위협도 작성

목표																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 및 주변부의 지질구조와 지구조 운동과 관련하여 지진 지체구조구 설정 ○ 지진 지체구조구별 최대발생 가능 지진의 위치 및 규모를 확률론적으로 분석하여 한반도 지진위협도 작성 																																					
필요성																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 지진재해 위험도를 산정하기 위해서는 한반도 및 주변부의 지진활동 상황을 파악하고 그와 관련된 지진 지체구조구가 설정되어야 함 ○ 현재 우리나라는 편의상 행정구역을 기준으로 내진기준치가 설정되어 있으므로 지진 재해의 위험도를 기준으로 하는 내진기준치로 전환할 필요가 있음 ○ 자료의 부족 및 전문가들간의 이견으로 다양한 지진위협도가 제시되고 있으나, 우리 나라의 상황에 적합하고 검증된 내진기준치가 없음 																																					
주요연구내용																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 역사 및 계기지진자료의 재정리 ○ 지진원, 감쇠식 등 지진위협도 작성 인자에 대한 통계적 분석 ○ 확률론적 지진재해도 분석 ○ 한반도 지진 지체구조구 설정 																																					
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 역사지진 자료의 확보 및 평가를 위해 주변국과 협조체계 유지 ○ 활성단층연구분야 등과 긴밀한 협조체계 구축하고 대학교, 연구소, 한국전력 및 안전기술원 등 산학연 지진 관련 분야가 전부 참가하는 공동연구체계 구축 																																					
기대효과																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 및 주변부의 지진활동 규명 ○ 지역별 지진 재해 가능성에 대한 정량적 평가 																																					
소요예산 및 인력																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>14</td> <td>14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>14</td> <td>14</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)	1	3	4	14	14		소요인원(명)							계	1	3	4	14	14	
구분	1단계			2단계	3단계		비고																															
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																	
소요예산(억원)	1	3	4	14	14																																	
소요인원(명)																																						
계	1	3	4	14	14																																	

(3) 지진 응답 스펙트럼 작성

목표																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 발생 지진의 특성을 대표할 수 있는 지진을 선정하여 구조물의 효과적 내진 설계에 필요한 표준 응답 스펙트럼 제시 																																					
필요성																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 발생 지진의 특성을 대표하는 지진에 의한 표준 응답 스펙트럼의 제시는 국내 산업계가 요구하고 있는 다양한 대형 구조물의 내진설계에 직접 적용 ○ 설계 응답 스펙트럼에 관한 연구는 대규모 지진에 의한 구조물 파괴를 효율적으로 방지하는 등 지진재해의 예방에 필요함 																																					
주요연구내용																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표준 응답 스펙트럼 평가 방법론 분석 (합성 강지진동, 스케일화 및 유사 강지진동 이용) ○ 시설물별로 요구되는 지진 응답 스펙트럼의 효과적 분석 ○ 민감도(Sensitivity) 분석 																																					
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구 결과의 이용도를 고려하여 산/학/연의 합동 연구 필요 ○ 연구부분은 대학이, 응용부분은 연구소와 산업계가 담당 																																					
기대효과																																						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토목, 건축 및 원전 건설과 산업계가 요구하는 내진설계에 필요한 기초자료 제공 ○ 응답 스펙트럼의 주파수별 대역에 영향을 미치는 제어지진 등에 대한 과학적인 평가 및 규명을 통하여 대형 구조물의 지진에 대한 안전성 확보 																																					
소요예산 및 인력																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>6</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)		1	2	6	6		소요인원(명)							계		1	2	6	6	
구분	1단계			2단계	3단계		비고																															
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																	
소요예산(억원)		1	2	6	6																																	
소요인원(명)																																						
계		1	2	6	6																																	

(4) 지진 예지 연구

목표																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 발생 전에 나타나는 전조현상과 지진 발생과의 관련성 규명 ○ 장래 발생 가능한 지진발생의 위치, 크기 및 시기를 예측 																																						
필요성																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제 발전에 따라 지진 재해 위험도는 기하급수적으로 증가 ○ 지진에 의한 피해를 최소화하기 위한 지진 예지 연구의 필요성이 높아지고 있음 																																						
주요연구내용																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진 예지에 관한 사례 연구 수집 및 한반도에서의 적용 가능성 검토 ○ 지전류, 지자기, 지각변형, 응력, 지진파 속도 변화, 지하수위 등의 전조현상과 지진 발생과의 관련성 규명 ○ 장단기적으로 발생 가능한 지진 발생 위치 및 규모를 예측하는 기법 개발 																																						
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종합적인 지진 전조현상을 연속 관측하여 지진자료센터에서 수집 및 분배하여 모든 연구자가 동시에 평가할 수 있는 체계를 구축 ○ 이상진조 발생시 전문가들로 구성된 위원회를 소집하여 종합 평가할 수 있는 체계 구축 ○ 인접국과의 공동연구를 통해 축적된 자료와 분석기법을 조기 도입 																																						
기대효과																																							
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진발생과 과 전조현상과의 관련성을 규명 ○ 지진 예보의 기반 구축 																																						
소요예산 및 인력																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)				10	10		소요인원(명)							계				10	10	
구분	1단계			2단계	3단계	비고																																	
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																		
소요예산(억원)				10	10																																		
소요인원(명)																																							
계				10	10																																		

(5) 원자력시설 부지 지질·지진안전성 평가 규제 및 검증기술 개발

목표	
○ 원자력 시설 부지의 안전성 향상을 위한 규제 및 검증기술 개발	
필요성	
<p>○ 현재 국내 원자력시설에 대한 규제 및 검증 기술기준으로 외국의 기술수준을 준용하고 있으므로 원자력시설의 안전성 향상과 효과적인 규제기준 개발을 위해서는 국내 원자력시설 부지의 지질 및 지진환경에 적합한 규제 및 검증기술 개발이 필요</p> <p>○ 원자력시설 부지에 적용되고 있는 대부분의 기술기준은 과거 20여년 전에 정립된 기준으로 최근 자연과학의 급격한 발전에 따라 원자력 선진국(미국, 캐나다, 일본, 영국 등)에서는 지난 90년대 초부터 원자력시설 부지에 적용할 기술수준을 개정중에 있어 이들 국가와의 공동연구 등을 통하여 국내 원자력시설 부지에 대한 진보된 기술기준 개발이 요구됨</p> <p>○ 최근 한반도에서의 잦은 지진발생 및 한반도 주변지역에서 대규모 지진피해 빈발에 따라 원자력시설의 지진안전성에 대한 학계 및 국민적 관심이 증가하고 있으며, 이에 대한 해결책 마련을 위한 국내 원자력시설 부지의 지질 및 지진특성을 고려한 기술기준 개발이 시급함</p>	
주요연구내용	
<p>○ 원자력시설 부지 지진재해도 평가 및 검증기준 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설계지진평가 관련 규제요건(안) 및 규제검증용 전산프로그램 개발 - 원자력시설부지 지진재해도 분석, 신뢰도 및 민감도 분석 - 원자력시설 설계지진 목표확률(Target Probability) 결정 기준 - 스펙트럼 지진동 및 지반 지진동 감쇄식 결정 <p>○ 부지고유지반 응답스펙트럼 작성 관련 규제 및 검증 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원자력시설 부지고유 지반응답 스펙트럼 결정 기준 - 원자력시설 부지 지진파 전달특성 분석 <p>○ 원자력시설의 안전성 과련 활동성 단층(Capable Fault)에 대한 공학적 평가기준, 조사범위 및 조사방법 연구</p> <p>○ 원자력시설 부지 적합성 평가시 조사범위 및 조사방법 기준 연구</p>	

제 2 절 활성단층연구

1. 기술의 개요

가. 기술의 범위 및 주요내용

- 지진이나 단층운동은 판구조운동에서 기인하므로, 활성단층의 형성과정을 알기 위해서는 우선적으로 지질시대별 지각변형 과정이 규명되어야 한다. 제 4 기 단층은 위성영상분석, 지질구조조사 등의 과정을 거쳐 인지될 수 있겠으나, 단층암석의 절대연령을 알기 위해서는 지화학적 방법이 수반되어야 한다. 현생 단층운동은 GPS (Global Positioning System)나 LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) 측정자료가 있어야 입증 가능하다.
- 지진예지는 GPS, LASER, 지하수위 및 지하수와 기체의 화학조성비 등의 변화를 동시에 종합적으로 측정하는 감시망이 장기간 (수년-수십년간) 수행되어야 비로써 예측이 가능하다.
- 활성단층의 분포 및 규모분류가 산정된 연구결과는 지진자료와 함께 지질지체구조, 지진위험 구역을 설정할 때, 지질구조적 규제조건으로 필요하며, 동시에 산업계에서 제반 건설계획 수립시 부지안정성 평가조건으로 이용된다.

나. 중요성

(1) 기술적 중요성

(가) 국가연구개발사업으로의 추진필요성

우리나라는 활성단층의 분포, 규모산정이 전혀 되어있지 않은 실정이다. 한반도 지질 및 지각구조 특성에 부합되는 지진 지체구조구, 지진위험구역 설정에 원천적으로 필요한 활성단층 연구사업은 국가적 규모의 방재 대응기술로써 장기간의 자체기술개발을 요한다.

(나) 기술성능 향상효과

활성단층을 인지하는 기술은 국내에서는 아직 없다고 볼 정도의 수준이며, 지진예지

를 위한 물리학적, 화학적 연구도 여태껏 시도된 바 없다. 지진재해 대응기술연구 사업의 1단계에서는 선진국의 기술습득을 완료하고, 2단계의 기술축적 과정을 거쳐, 3단계에서는 활성단층 기술의 산업계 기여를 도모한다.

(다) 타기술에 미치는 효과

- 지진연구에서 도출되어야 할 표준응답스펙트럼 기준치, 지진지체구조구, 지진위험구역 분류등은 활성단층분포, 규모산정 등의 연구결과가 수반되어야 한다.
- GPS 및 지진예지를 위한 종합관측망 위치선정시, 한반도 단층분포, 규모 등의 기준이 반영되어야 한다.
- 원자력산업, SOC 투자시설 등의 국가규모 건설사업에서 부지 또는 사면 안정성이 결여될 경우, 토목·건축 기술설계의 수정, 보완 또는 기술투입 불가의 영향을 줄 수있다.

(2) 경제적 중요성

(가) 기술개발 및 상용화 투자규모와 예상수익성

종합관측망 구축에 소요되는 예산은 수백억원 정도의 방대한 규모인 관계로 국가차원에서 지원 가능하다. 예측될 수 있는 지진재해에 대한 방재기술 수익성은, 선진국의 예를 통계적으로 감안해 볼 경우, 투자규모와는 비교가 안될 정도로 훨씬 높은 예방성 수익효과를 가져온다.

(나) 국내외 시장규모, 개발된 기술의 시장점유 가능성, 경쟁기술에 대한 우위성

- 국내시장 : 국내산업계에는 활성단층 인지 및 측정 기술이 없으며, 국가 기관에서 기준을 만들어 줄 것을 촉구하고 있다. 현재 선진국 회사들로 부터 국내 시장을 잠식당하고 있는 실정이다.
- 국외시장 : 선진국에서는 수십년전부터, 활성단층 기술을 보유하고 있으며, 현재 개발도상국가들을 상대로 이미 시장점유를 하고 있다. 우리나라의 활성단층 기술이 국외시장을 개척할 가능성은 매우 적으며, 저개발 - 개발도상국의 오지를 대상으로 개척할 가능성은 있다고 본다.
- 경쟁기술 : 활성단층 기술은 GPS 와 지질학의 여러 세부분야가 모아진 종합기술이며, 우리나라에서는 활성단층 기술의 보급이 아직 안된 상태이므로, 국내의 활

성단층 경쟁기술은 없으며, 활성단층기술과 경쟁이 될만한 다른 분야의 기술은 국내외적으로 존재하지 않는다.

(3) 공공(사회, 문화적) 중요성

- 사회, 문화적 효과 : 활성단층 기술은 국가차원의 원자력산업, SOC 투자시설 등에 주로 이용된다. 실례를 들어보면, 정부에서 공익을 위한 대책사업으로 원전 또는 방사성 폐기물 처분관리 시설 건설이나 공항, 항만, 고속전철 등의 SOC 투자시설에 대한 대규모 사업을 계획할 경우에 건설여부를 결정하는 중요한 평가 수단으로 사용된다.
- 긍정적 효과 : 선진국처럼 국내 활성단층분포, 규모 산정기준이 이미 설정되어 있을 경우에는, 정부에서 대상지역 선정시, 부지안정성이 평가된 지역을 선택하므로 현지주민의 찬성도, 복지시설향상, 환경오염 방지대책 및 토지 보상 등의 조건이 적합하다고 보는 지방자치단체들은 서로 유치경쟁을 할 정도로 긍정적일 수 있다.
- 부정적 효과 : 그러나 우리나라처럼 아직 활성단층에 대한 연구가 안되어 있는 경우에는, 공익을 위한 대책건설사업지역 선정시, 해당 후보지역 주민의 인식부족에 의한 완강한 반대에 부딪치게 된다. 이유는 활성단층 존재 가능성 및 이에 따른 심각할 수도 있는 환경오염 등이다. 이 경우에는 활성단층으로 인해 사회적으로 부정적 효과를 가져올 뿐이다.

다. 기술체계도

부문	중분류	소분류	주요세부기술
활성 단층 연구	활성 단층 기술	GPS 를 통한 신기 지각변형 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ GPS 를 이용한 현생-지각변위량 측정 ○ LASER를 이용한 현생단층운동량 측정 ○ 활성단층조사 ○ 제 4기 지층변위량 조사(트렌치) ○ 신기 지체구조 연구
		지진화학적 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수의 수리학적 및 화학조성 변화를 감시 ○ 기체의 동위원소 및 정량변화 감시 ○ 전자 자기공명(ESR) 연령측정 ○ 단층 암석대 내의 점토 및 방해석 형성과정 연구

라. 주요용도 및 활용분야

- 지진지체 구조구 및 지진위험구역 설정 자료
- 원자력산업 : - 원자력발전소, 방사성 폐기물 처리 및 관리시설을 위한 지반안정성 평가
- SOC 투자시설 : - 공항, 항만, 고속전철, 고속도로, 국도, 댐, 다리, 첨단산업입지 조성 등의 부지안정성 평가

2. 기술개발 전략

가. 기술개발목표

세 부 기 술	목 표		
	1 단 계	2 단 계	3 단 계
활성단층조사	○ 야외조사 기법 습득 ○ LASER 관측망 구축	○ 활성단층 분포 및 규모분류 ○ 단층심부 탄성과 탐사 ○ 트렌치	○ 신기지체구조구 설정 ○ 원자력산업 및 SOC 투자시설 부지 안정성 평가
GPS	○ 관측망 구축 (60개소)	○ 감시망 자동화 운용 ○ 고정밀 자료처리 기술개발(mm)	○ 국내외 지각변위 감시 자동화기술 개발
단층암석대 절대연력 측정	○ 전자자기공명 (ESR) 연력측정 기법 도입 ○ 단층연력측정 체제구축	○ 단층 연력체제 구축 운영	
지화학적 연구	○ 종합관측망 구축	○ 감시망 체제운영 ○ 활성단층 감시	

나. 중점 추진 기술개발 과제

(1) GPS를 통한 신기 지각변형 연구

목표																																						
단층 운동량을 측정하여 한반도의 신기 지각변형 파악																																						
필요성																																						
선진국에서는 GPS, LASER 등을 통하여 활성단층 운동량을 실측하고 있으며, 이 기술을 실용화하여 자연재해를 예방하고 있음																																						
주요연구내용																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ GPS, LASER 자료해석 연구 ○ 활성단층 분류 및 형성과정 연구 ○ RS 자료 판독 연구 ○ 제 4 기층 분류 및 변위 측정 (트렌치) 																																						
추진체계 및 전략 (산학연합동여부)																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계 : GPS, LASER 관측망 구축 (출연기관) ○ 2단계 : 학연 협동 자료 축적, 결과 도출 ○ 3단계 : 산업계 적용 																																						
기대효과																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자력 산업 및 SOC 시설투자에 기초자료 제공 																																						
소요예산 및 인력																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8.5</td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8.5</td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)	1	3	8.5	20	20		소요인원(명)							계	1	3	8.5	20	20	
구분	1단계			2단계	3단계		비고																															
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																	
소요예산(억원)	1	3	8.5	20	20																																	
소요인원(명)																																						
계	1	3	8.5	20	20																																	

(2) 지진화학적 연구

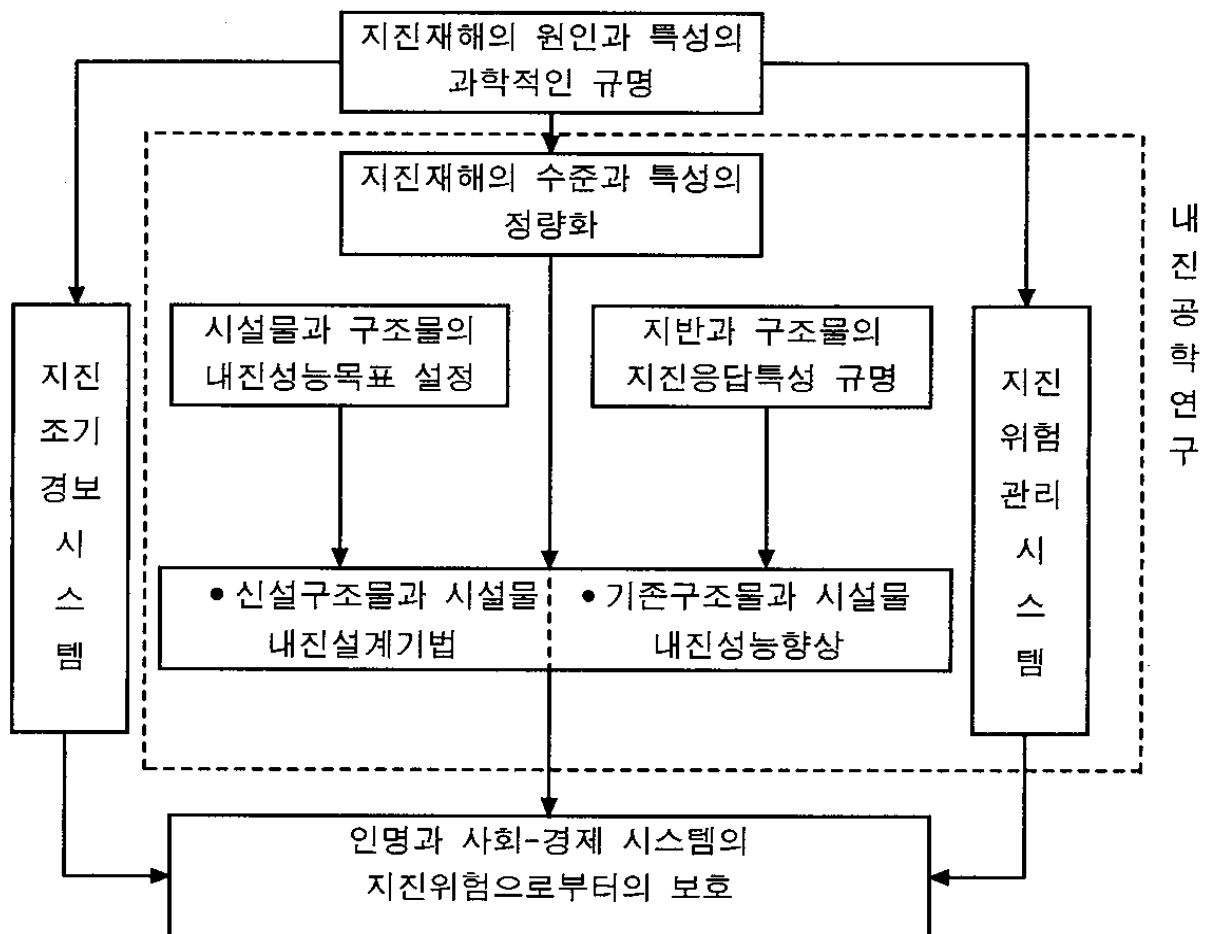
목표																																						
지진 화학적 감시체제 구축을 통한 활성단층 운동 가능성 평가																																						
필요성																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국에서는 지난 수십 년간의 단층활동 감시 연구를 통해, 지진예측을 시도하고 있으며, 21세기초에는 지진예보가 실용화될 전망이다 ○ 우리나라 지질 특성에 부합되는 자료 축적이 요구됨 																																						
주요연구내용																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 가스 조성 및 Noble Gas의 동위원소 비율 측정 ○ 라돈 및 트리티움 변화 측정 ○ 지하수 모니터링 (수위, 화학조성) ○ 단층연령 측정 (TL, ESR, C¹⁴, K-Ar, Ar-Ar, U, Pb, Th) 																																						
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계에서는 산·학·연·관 협동 관측망 구축 ○ 2단계에서는 산·학·연 공동으로 기술 축적 ○ 3단계에서는 지진예측 기술을 산업계에 적용 시도 																																						
기대효과																																						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 활성단층 운동 가능성 평가 																																						
소요예산 및 인력																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8.5</td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8.5</td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)	1	3	8.5	20	20		소요인원(명)							계	1	3	8.5	20	20	
구분	1단계			2단계	3단계		비고																															
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																	
소요예산(억원)	1	3	8.5	20	20																																	
소요인원(명)																																						
계	1	3	8.5	20	20																																	

제 3 절 내진공학연구

1. 기술의 개요

가. 기술의 범위 및 주요 내용

- 지진재해수준과 특성의 정량화
- 사회-경제적 가치판단에 의한 내진성능 목표설정
- 공학적으로 정량화된 지진재해에 대하여 구조물과 시설물의 내진성능목표를 달성할 수 있는 공학적 방책 연구개발



나. 중요성

(1) 기술적 중요성

- 우리나라 내진설계는 국제적 수준에 비하여 현저히 뒤떨어져 있으며, 관련 요소 기술의 자체 개발은 최근에 시작한 형편이다.
- 우리나라의 대부분의 구조물과 시설물은 내진설계가 적용되지 않은 실정이므로 이들의 내진성능을 효과적으로 향상시켜야 하고, 새로 건설되는 구조물과 시설물은 내진설계가 되어야 한다.
- 국제적인 추세인 차세대 내진설계개념을 도입하고 우리 나라의 지진 지반운동의 특성과 지진재해도 수준에 적합한 고유의 내진설계개념 모델을 개발
- GIS에 기초한 지진피해예측기법은 지진대비태세 점검과 확립 및 지진위험관리에 크게 기여할 것으로 예상

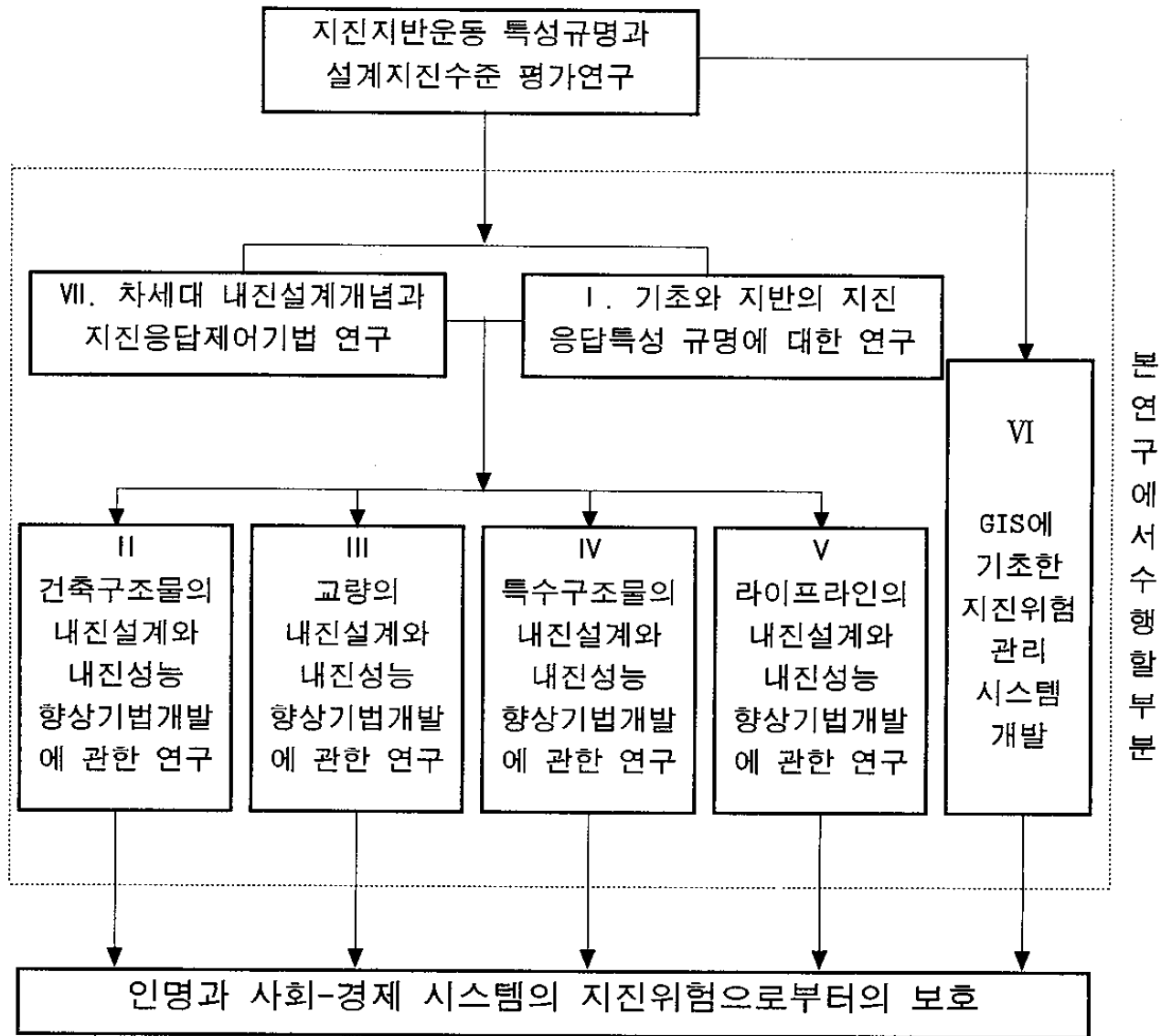
(2) 경제적 중요성

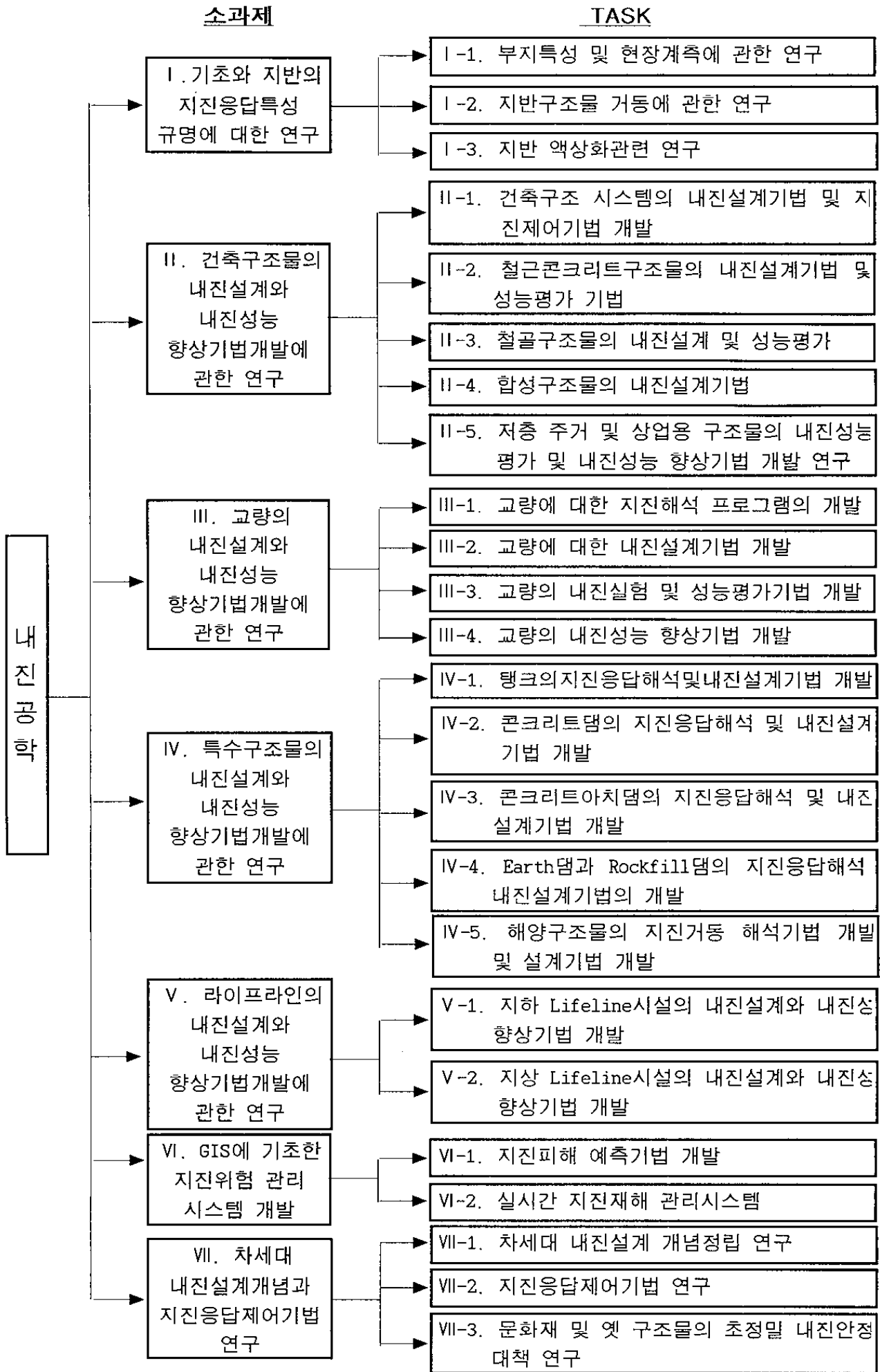
- 인구와 사회경제활동이 도심으로 집중되고 사회기반시설들이 대형화하는 현 추세에서, 효율적 사회기간시설물의 내진설계를 통한 강진시 인명과 재산 등 국가의 경제적손실 최소화
- WTO체제 하에서 기술의 증속상태를 미연에 방지하고, 건설기술의 국제경쟁에서 우위를 선점하여 기술력향상을 통한 국가경쟁력 증대

(3) 공공(사회, 문화적) 중요성

- 내진설계를 통한 사회 기간시설물에 대한 사회적 불안감 해소
- 부실시공 방지에 대한 공감대 형성
- 안전불감증에 대한 경각심 고조
- 정밀기기와 귀중 문화재를 지진위험으로부터 보호

다. 기술체계도





소과제	TASK	주요세부기술
I. 기초와 지반의 지진응 답특성 규명에 대한 연구	I-1. 부지특성 및 현장계측에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 지반의 동적 물성치획득을 위한 현장 및 실내 시험법 정립 • 국립야외실험장 Site 관련 연구 • 현장계측을 통한 부지특성
	I-2. 지반구조물 거동에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 지반-구조물의 내진설계개념 및 해석기법 관련연구 • 모형시험을 이용한 내진설계기법 검증 • 우리나라 고유의 지반구조물 내진설계기법 정립
	I-3. 지반 액상화 관련 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 지반 액상화 평가를 위한 기반조성 연구 • 실험을 통한 평가기법 검증연구 • 우리나라 고유의 액상화 평가기술 및 대책공법
II. 건축구 조물의 내진설 계와 내진성 능 향상기 법 개발에 관한 연구	II-1. 건축구조 시스템의 내진설계기법 및 지진제어 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 건축구조 시스템의 내진설계기법에 대한 연구 • 지진력에 대한 제진과 지진격리를 이용한 제어시스템의 특성분석 및 활용방법 • 점탄성 재료를 이용한 에너지 감쇠기구가 설치된 가새골조의 내진성능향상에 대한 연구
	II-2. 철근콘크리트 구조물의 내진설계 기법 및 성능 평가 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 철근 콘크리트 부재의 내진성능 평가 • 철근 콘크리트 골조 시스템의 내진성능 • 철근 콘크리트 구조물의 내진성능 향상기법 개발
	II-3. 철골 구조물의 내진설계 및 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> • 철골 형강 보-기둥 접합부의 내진성능 향상에 관한 연구 • 재료의 비선형 및 P-Δ효과를 고려한 기하학적 비탄성구조해석 • 이중골조의 지진거동에 대한 연구
	II-4. 합성구조물의 내진설계 기법	<ul style="list-style-type: none"> • 합성구조부재의 내진성능평가 • 합성 보-기둥 접합부의 내진성능 • 합성구조 골조 시스템의 내진성능 평가
	II-5. 저층 주거 및 상업용 구조물의 내진성능평가 및 내진성능향상기법 개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 조적 구조부재의 내진성능 • 저층 조적구조 시스템의 내진취약부분의 규명 • 저층 주거 및 상업용 건축구조물의 내진성능 향상기법

III. 교량의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 대한 연구	III-1. 교량에 대한 지진해석 프로그램의 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 일반교량에 대한 지진해석 프로그램의 개발 • 장대교량에 대한 지진해석 프로그램의 개발 • 교량에 대한 상세설계 및 전·후처리 프로그램의 개발
	III-2. 교량에 대한 내진설계 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 교량의 지진취약부위에 대한 내진설계기술의 개발 • 교량의 하부구조물에 대한 내진설계기술의 개발 • 교량의 내진특수장치 설계기법 개발
	III-3. 교량의 내진실험 및 성능평가 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 교량의 내진성능평가 알고리즘 개발 및 축소모형 설계기술 개발 • 교량의 진동계측을 이용한 내진성능 평가 및 유사동적실험기법의 응용 • 지진피해 교량의 내진성능평가 및 실험적인 내진성능 평가기준 개발
	III-4. 교량의 내진 성능향상기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 교량의 교각 및 교좌장치에 대한 내진보강기법 개발 • 교각기초의 지반특성을 고려한 교량의 지진격리 시스템 개발 • 교량의 내진성능향상을 위한 설계상세 개발
IV. 특수구조물의 내진설계와 내진성능향상기법 개발에 대한 연구	IV-1. 탱크의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탱크의 들림을 고려한 비선형지진해석 및 설계기법 개발 • 탱크의 재료비선형과 들림을 고려한 지진응답 해석기법 개발 • 지진격리를 이용한 탱크구조물의 지진해석 및 설계기법 개발
	IV-2. 콘크리트댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트댐의 지진응답 선형해석기법 개발 • 콘크리트댐의 지진응답 비선형해석기법 개발 • 콘크리트댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-3. 콘크리트아치댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트아치댐의 지진응답 선형해석기법 개발 • 콘크리트아치댐의 지진응답 비선형해석기법 개발 • 콘크리트아치댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-4. Earth댐과 Rockfill댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • Earth댐의 지진응답 해석기법 개발 • Rockfill댐의 지진응답해석기법 개발 • Earth댐과 Rockfill댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-5. 해양구조물의 지진거동해석기법 개발 및 설계기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 부유구조물의 지진응답 해석을 위한 유체-구조물-지반 상호작용 모델 개발 • 부유구조물의 지진응답해석 및 실험적 검증 • 부유구조물의 내진설계기법 개발

V. 라이프 라인의 내진설계와 내진성능향상 기법개발에 관한 연구	V-1. 지하 Lifeline시설의 내진설계와 내진성능향상 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지하관로의 지반변위와 지진파 전달에 의한 지진응답해석기법 개발 • 지하관로의 내진설계기법 개발 • 지하관로의 내진성능평가와 내진성능향상기법 개발
	V-2. 지상 Lifeline 시설의 내진설계와 내진성능향상 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지상 Line시설의 지진응답 해석기법 개발 • 지상 Line시설의 내진설계기법 개발 • 지상 Line시설의 내진성능평가와 내진성능향상기법 개발
VI. GIS에 기초한 지진위험관리 시스템 개발	VI-1. 지진피해 예측기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지진피해 예측시스템 모델 개발 • 지진재해 Database구축과 GIS에 기초한 지진피해 예측 시스템 시험
	VI-2. 실시간 지진재해 관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 지진응답 모니터링 시스템 개발 • 지진손상의 비파괴 확인기법 개발 • 실시간 지진재해 관리시스템 개발
VII. 차세대 내진설계개념과 지진응답제어 기법 연구	VII-1. 차세대 내진설계 개념 정립 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 외국의 현행 및 차세대 내진설계개념 분석 • 우리나라 고유의 차세대 내진설계개념 개발 • 시설별 차세대 내진설계기준작성
	VII-2. 지진응답제어기법 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 제진장치-구조물 연계시스템의 해석기술 • 제진장치가 설치된 구조물의 진동대실험 • 지진응답 제어기법별 설계기준 작성
	VII-3. 문화재 및 옛구조물의 초정밀 내진안정대책 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 내진안정성향상이 필요한 문화재의 지진응답 해석기법 개발 • 문화재 및 옛 구조물의 지진응답특성 규명 • 문화재 및 옛 구조물의 초정밀 내진안정대책 수립

라. 주요용도 및 활용분야

- 지진재해 조기경보 시스템화
- 차세대 지능형 구조물 설계를 위한 핵심기술의 확보
- 국내지반의 액상화 평가기술 및 대책공법 정립
- 국내 지반구조물의 내진설계개념 및 설계기법 정립
- 건축구조물에 대한 다단계 내진설계기법 정립
- 초대형 구조물에 적용할 수 있는 응답제어기술의 확보
- 효율적인 사회기간시설물의 내진설계를 통한 국가 경제적 손실의 최소화
- 지진위험으로부터 인명과 사회-경제시스템의 보호
- 중요 문화재의 지진피해로부터 보호

2. 기술개발전략

가. 기술개발목표

세부과제	TASK	1단계	2단계	3단계
I. 기초와 지반의 지진응답특성 규명에 대한 연구	1-1. 부지특성 및 현장 계측에 관한 연구	• 지반의 동적 물성치획득을 위한 현장 및 실내 시험법 정립	• 국립야외실험장 Site 관련 연구	• 현장계측을 통한 부지특성
	1-2. 지반구조물 거동에 관한 연구	• 지반-구조물의 내진설계개념 및 해석기법 관련연구	• 모형시험을 이용한 내진설계기법 검증	• 우리나라 고유의 지반구조물 내진설계기법 정립
	1-3. 지반 액상화 관련 연구	• 우리나라 지반 액상화 평가를 위한 기반조성 연구	• 실험을 통한 평가기법 검증연구	• 우리나라 고유의 액상화 평가기술 및 대책공법
II. 건축구조물의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 관한 연구	II-1. 건축구조 시스템의 내진설계기법 및 지진제어기법 개발	• 건축구조 시스템의 내진설계기법에 대한 연구	• 지진력에 대한 제진과 지진격리를 이용한 제어시스템의 특성분석 및 활용방법	• 점탄성 재료를 이용한 에너지 감쇠기구가 설치된 가새골조의 내진성능향상에 대한 연구
	II-2. 철근콘크리트 구조물의 내진설계 기법 및 성능평가 기법	• 철근 콘크리트 부재의 내진성능 평가	• 철근 콘크리트 골조 시스템의 내진성능	• 철근 콘크리트 구조물의 내진성능 향상기법 개발
	II-3. 철골 구조물의 내진설계 및 성능평가	• 철골 형강 보-기둥 접합부의 내진성능 향상에 관한 연구	• 재료의 비선형 및 P- Δ 효과를 고려한 기하학적 비탄성구조해석	• 이중골조의 지진 거동에 대한 연구
	II-4. 합성구조물의 내진설계 기법	• 합성구조부재의 내진성능평가	• 합성 보-기둥 접합부의 내진성능	• 합성구조 골조 시스템의 내진성능 평가
	II-5. 저층 주거 및 상업용 구조물의 내진성능평가 및 내진성능향상기법 개발 연구	• 조적 구조부재의 내진성능	• 저층 조적구조 시스템의 내진취약 부분의 규명	• 저층 주거 및 상업용 건축구조물의 내진성능 향상기법

세부과제	TASK	1단계	2단계	3단계
III. 교량의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 대한 연구	III-1. 교량에 대한 지진 해석 프로그램의 개발	• 일반교량에 대한 지진해석 프로그램의 개발	• 장대교량에 대한 지진해석 프로그램의 개발	• 교량에 대한 상세설계 및 전·후처리 프로그램의 개발
	III-2. 교량에 대한 내진 설계 기법 개발	• 교량의 지진취약 부위에 대한 내진 설계기술의 개발	• 교량의 하부구조물에 대한 내진설계기술의 개발	• 교량의 내진특수장치 설계기법 개발
	III-3. 교량의 내진실험 및 성능평가 기법 개발	• 기존 교량의 내진성능평가 알고리즘 개발 및 축소모형 설계기술 개발	• 교량의 진동계측을 이용한 내진성능 평가 및 유사동적실험기법의 응용	• 지진피해 교량의 내진성능평가 및 실험적인 내진성능평가기준 개발
	III-4. 교량의 내진 성능 향상기법 개발	• 기존 교량의 교각 및 교좌장치에 대한 내진보강기법 개발	• 교각기초의 지반 특성을 고려한 교량의 지진격리 시스템 개발	• 교량의 내진성능 향상을 위한 설계상세 개발
IV. 특수구조물의 내진설계와 내진성능향상 기법 개발에 대한 연구	IV-1. 탱크의 지진응답 해석 및 내진설계기법 개발	• 탱크의 들림을 고려한 비선형지진 해석 및 설계기법 개발	• 탱크의 재료비선형과 들림을 고려한 지진응답 해석 기법 개발	• 지진격리를 이용한 탱크구조물의 지진해석 및 설계 기법 개발
	IV-2. 콘크리트댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	• 콘크리트댐의 지진응답 선형해석기법 개발	• 콘크리트댐의 지진응답 비선형해석기법 개발	• 콘크리트댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-3. 콘크리트아치댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	• 콘크리트아치댐의 지진응답 선형해석기법 개발	• 콘크리트아치댐의 지진응답 비선형해석기법 개발	• 콘크리트아치댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-4. Earth댐과 Rockfill 댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발	• Earth댐의 지진응답 해석기법 개발	• Rockfill댐의 지진응답해석기법 개발	• Earth댐과 Rockfill댐의 내진성능평가 및 내진설계기법 개발
	IV-5. 해양구조물의 지진거동해석기법 개발 및 설계기법 개발	• 부유구조물의 지진응답 해석을 위한 유체-구조물-지반 상호작용 모델 개발	• 부유구조물의 지진응답해석 및 실험적 검증	• 부유구조물의 내진설계기법 개발

세부과제	TASK	1단계	2단계	3단계
V. 라이프라인의 내진설계와 내진성능향상 기법개발에 관한 연구	V-1. 지하 Lifeline시설의 내진설계와 내진성능향상기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지하관로의 지반 변위와 지진파 전달에 의한 지진응답해석기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하관로의 내진설계기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하관로의 내진성능평가와 내진성능향상기법 개발
	V-2. 지상 Lifeline 시설의 내진설계와 내진성능향상기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지상 Line시설의 지진응답 해석기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지상 Line시설의 내진설계기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지상 Line시설의 내진성능평가와 내진성능향상기법 개발
VI. GIS에 기초한 지진위험관리 시스템 개발	VI-1. 지진피해 예측기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지진피해 예측시스템 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지진재해 Database구축과 GIS에 기초한 지진피해 예측시스템 시험 	
	VI-2. 실시간 지진재해 관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 지진응답 모니터링 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지진손상의 비파괴 확인기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 지진재해 관리시스템 개발
VII. 차세대 내진설계개념과 지진응답제어 기법 연구	VII-1. 차세대 내진설계 개념 정립 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 외국의 현행 및 차세대 내진설계개념 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 고유의 차세대 내진설계개념 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설별 차세대 내진설계기준작성
	VII-2. 지진응답제어기법 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 제진장치-구조물 연계시스템의 해석 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 제진장치가 설치된 구조물의 진동대실험 	<ul style="list-style-type: none"> • 지진응답 제어기법별 설계기준 작성
	VII-3. 문화재 및 옛구조물의 초정밀 내진안정 대책 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 내진안정성향상이 필요한 문화재의 지진응답 해석 기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 문화재 및 옛 구조물의 지진응답특성 규명 	<ul style="list-style-type: none"> • 문화재 및 옛 구조물의 초정밀 내진안정대책 수립

나. 중점 추진 기술개발 과제

(1) 예산 (총괄예산표)

(단위 : 억)

소과제 \ 단계	1단계 소요예산				2단계 소요예산	3단계 소요예산	소요예산 합계
	97년	98년	99년	소계			
I	1.172	1.758	2.930	5.86	9.52	6.89	22.27
II			4.070	8.14	13.23	9.57	30.94
III			3.905	7.81	12.70	9.18	29.69
IV	0.294	0.441	3.665	7.33	11.91	8.61	27.85
V	0.326	0.978	1.630	3.26	5.29	3.82	12.37
VI	0.272	0.978	1.355	2.71	4.41	3.19	10.31
VII	0.326	0.978	2.445	4.89	7.94	5.74	18.57
계	2.390	5.133	20.000	40.00	65.00	47.00	152.00)

(2) 세부과제

① 기초와 지반의 지진응답특성 규명에 대한 연구

목 표						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반의 지진응답특성 예측을 위해 현장계측을 포함한 부지특성평가기법 연구 ○ 깊은 기초, 토류구조물, 사면구조물, 매립지 등과 같은 지반구조물의 지진거동을 모형실험에 의하여 규명하고 지진응답해석과 내진설계기법 개발 ○ 우리나라 고유의 지반에서의 액상화특성을 모형실험 및 현장실험을 통해 규명하고 우리나라의 액상화 위험 구역도 작성을 위한 기초연구 수행 						
필요성						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라 고유의 지반특성에 적합한 지반구조물에 대한 내진설계기법 정립을 위해 필요하다. ○ 국내 환경에 부합되는 지반공학관련 내진설계기술 필요 						
주요연구내용						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 부지특성 및 현장계측에 관한 연구 ○ 지반구조물 거동에 관한 연구 ○ 지반 액상화 관련 연구 						
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
○ 산/학/연 공동연구						
기대효과						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 부지특성 평가를 위한 현장 및 실내시험법 정립 ○ 지반구조물의 지진응답해석 및 내진설계기법 정립 ○ 우리나라 지반의 액상화 평가기술 및 대책공법 정립 ○ Lifeline 시설의 내진설계기술의 향상에 기여 						
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	1.172	1.758	2.93	9.52	6.89	
소요인원(명)	6	12	18	57	42	

② 건축구조물의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 관한 연구

목 표						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라 지진재해도 수준에 적합한 건축구조물의 내진설계기법 개발 ○ 현행 구조시스템 및 구조요소에 대한 내진성능 평가기법 개발 ○ 내진성능이 취약한 기존 구조물의 내진성능 향상기법 개발 ○ 우리나라 건축분야 건설실정에 적합한 내진설계기법 개발 					
필 요 성						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건축물에 대한 내진설계기법의 체계적인 연구 필요 ○ 특수용도 구조물들에 대한 안전한 내진대책 필요. 					
주요연구내용						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건축구조 시스템의 내진설계기법 및 지진제어기법 개발 ○ 철근콘크리트 구조물의 내진설계기법 및 성능평가기법 ○ 철골구조물의 내진설계 및 성능평가 ○ 합성구조물의 내진설계기법 ○ 저층 주거 및 상업용 구조물의 내진성능평가 및 내진성능 향상기법 개발 연구 					
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
	○ 산/학/연 공동연구					
기대효과						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라 지진특성에 적합한 내진설계법의 개발, 보급으로 효과적인 지진피해 저감 ○ 내진성능 평가에 의한 기존 건물의 내진성능 향상대책 수립 ○ 구조진동 제어 및 내진설계 기술 향상으로 21세기 국제 건설시장에서 국가경쟁력 확보 					
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	1.628	2.442	4.07	13.23	9.57	
소요인원(명)	10	15	25	80	60	

③ 교량의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 관한 연구

목 표						
○ 교량의 비선형 지진응답해석 및 내진설계기법 개발						
필요성						
○ 중요한 사회기반시설인 교량에 대한 내진안전성 필요 ○ 기존 교량들은 지진에 대한 고려가 미비했으므로 기존 교량들의 내진성능을 정확히 평가하고 내진성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요.						
주요연구내용						
○ 교량에 대한 지진해석 프로그램 개발 ○ 교량에 대한 내진설계기법 개발 ○ 교량의 내진실험 및 성능평가기법 개발 ○ 교량의 내진성능 향상기법 개발						
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
○ 산/학/연 공동연구						
기대효과						
○ 교량의 내진안전성 확보 ○ 교량의 내진해석 및 설계에 대한 기술의 향상 ○ 사회-경제시스템의 안전성 확보						
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	1.562	2.343	3.905	12.7	9.18	
소요인원(명)	8	16	24	76	56	

④ 특수구조물의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 관한 연구

목 표						
○ 탱크, 댐, 해양구조물 등 특수구조물에 대한 유체-구조물-지반 상호작용을 고려한 비선형 지진응답해석 및 내진설계기법 개발						
필요성						
○ 사회기간시설물 중의 하나인 대형 유류탱크의 파괴는 막대한 경제적 또는 환경적인 피해를 가져다 줄 수 있다. ○ 강진시 대규모 댐의 성능유지 및 붕괴방지를 위하여 필요 ○ 대양과 해저자원의 개발을 위한 해양구조물과 수중구조물의 건설을 위해 부유구조물의 내진설계기술을 개발하여야 한다.						
주요연구내용						
○ 탱크의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발 ○ 콘크리트댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발 ○ 콘크리트아치댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발 ○ Earth댐과 Rockfill댐의 지진응답해석 및 내진설계기법 개발 ○ 해양구조물의 지진거동 해석기법 개발 및 설계기법 개발						
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
○ 산/학/연 공동연구						
기대효과						
○ 특수구조물들의 내진안전성 확보 ○ 특수구조물의 내진성능평가 및 핵심기술의 자체 개발 및 보유						
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	1.466	2.199	3.665	11.91	8.61	
소요인원(명)	10	15	20	70	50	

⑤ 라이프라인의 내진설계와 내진성능 향상기법 개발에 관한 연구

목 표						
○ 지하 Lifeline 시설과 지상 Line 시설의 내진설계와 내진성능향상기법 개발						
필 요 성						
○ 기존의 국내 지하 및 지상 Lifeline 시설에 대해서는 내진설계가 적용되어 있지 않다. ○ 이들 시설의 지진피해시 사회-경제시스템에 심각한 타격을 줄 수 있다.						
주요연구내용						
○ 지하 Lifeline 시설의 내진설계와 내진성능향상기법 개발 ○ 지상 Lifeline 시설의 내진설계와 내진성능향상기법 개발						
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
○ 학/연 공동연구						
기대효과						
○ 지하관로 및 지상관로의 내진안전성 확보 ○ 사회-경제시스템의 지진재해 경감						
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	0.652	0.978	1.63	5.29	3.82	
소요인원(명)	4	6	10	32	24	

⑥ GIS에 기초한 지진위험 관리 시스템 개발

목 표						
<ul style="list-style-type: none"> ○ GIS에 기초한 구조물과 Lifeline 등 사회기반시설의 지진피해 예측기법 개발 ○ 주요 구조물과 사회기반시설 지진응답의 실시간 모니터링 기법 개발 ○ 지진피해 예측기법과 실시간 지진응답 모니터링기법을 이용한 실시간 지진재해 관리 시스템 개발 						
필 요 성						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 산업이 고도화되고 도시에 기능과 인력이 집중됨에 따라서 사회-경제 시스템 전체의 지진재해 경감대책 수립이 요구됨. ○ 종합적인 지진위험관리를 위해서는 먼저 지진 발생시 예상되는 지진피해를 예측할 수 있어야 하며, 중요 구조물들의 지진손상시 초래되는 피해와 재난을 최소화하기 위해서 지진시 이들의 거동과 피해정도를 실시간으로 모니터링 할 필요가 있다. 						
주요연구내용						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진피해 예측기법 개발 ○ 실시간 지진재해 관리 시스템 개발 						
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
○ 학/연 공동연구						
기대효과						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진재해에 대한 사전 대비태세 강화 ○ 사전 지진재해 대책수립에 활용 ○ 지진발생시 신속 적절한 대응조치 가능 ○ 지진경과후 신속한 복구계획 수립 및 관리 						
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	0.542	0.813	1.355	4.41	3.19	
소요인원(명)	4	4	8	26	19	

⑦ 차세대 내진설계개념과 지진응답 제어기법 연구

목 표						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 외국의 현행 내진설계기준과 개발단계에 있는 차세대 내진설계개념을 엄밀하게 분석하여 그 기본원칙과 앞으로의 발전방향 파악 ○ 지능형 구조물의 개념을 실현할 수 있는 인공 지능형 차세대 지진응답 제어기법과 핵심요소기술 개발 ○ 목조 및 석조 문화재의 정밀 지진응답해석기법을 연구개발하고 지진응답제어기법을 이용한 내진설계기술 개발 					
필 요 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ WTO체제하에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 새로운 내진설계개념을 적극 도입할 필요가 있다. ○ 중요구조물의 지진으로부터의 격리를 위하여 지진응답제어기법에 대한 연구가 요구된다. ○ 문화재와 옛 구조물은 현대의 구조물과는 특성이 다르므로 이에 대한 지진응답특성 규명 및 내진안정대책에 대한 연구가 요구된다. 					
주요연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차세대 내진설계개념 정립 연구 ○ 지진응답 제어기법 연구 ○ 문화재 및 옛 구조물의 초정밀 내진안정대책 연구 					
추진체계 및 전략 (산학연 합동여부)						
	○ 학/연 공동연구					
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라 내진설계의 기본개념과 기준에 통일성을 부여하고, 국제적표준으로 채택될 가능성이 있는 차세대 내진설계개념의 적극적인 도입 ○ 차세대 지능형 지진응답제어 핵심기술을 확보하여 WTO 체제하 국제경쟁에서 기술적 경쟁력 확보 ○ 귀중한 국가 문화재를 지진으로부터 보호 					
소요예산및 인력						
	1 단 계			2 단 계	3 단 계	비 고
	'97	'98	'99	'00~'02	'03~'05	
소요예산 (억원)	0.978	1.467	2.445	7.94	5.74	
소요인원(명)	6	9	15	48	36	

⑧ 원자력 시설 내진안전성 평가 규제 및 검증기술 개발

목표																																						
○ 원자력 시설의 내진안전성 향상을 위한 규제기술 개발																																						
필요성																																						
○ 내진설계 및 검증분야 기술기준의 급격한 발달로 기존 원전의 내진안전성 재평가 필요함																																						
○ 원전 기기 국산화율 증가에 따른 독자적인 기기 내진검증 규제기술 확보가 시급함																																						
○ 지진계측기기의 성능향상에 따라 기존의 지진계측기 설치기준 보완 및 지진발생시 정확한 내진안전성 재평가 기법 개발이 필요함																																						
주요연구내용																																						
○ 원자력 시설의 내진안전성 재평가 연구																																						
- 외국의 내진안전성 재평가 사례 및 결과 수집·분석																																						
- 원자력 발전소별 내진설계 자료 및 설계 변수 분석																																						
- 진동 특성을 이용한 원자력 구조물의 강성 평가																																						
- 원자력 시설의 내진안전성 재평가 절차 확립																																						
○ 원자력 시설 기기의 내진검증기술 연구																																						
- 내진검증 방법론 및 절차 확립																																						
- 내진검증 Database 구축																																						
- 내진검증 방법론 및 절차의 실제 적용 및 검증 (시험 및 해석)																																						
- 내진검증 평가 규제기술 개발																																						
○ 지진계측 및 지진후 안전성 평가절차 연구																																						
- 지진계측기 설치 및 유지관리 기준 정립																																						
- 지진발생시 원자로 안전정지 기준 정립																																						
- 지진발생후 안전성 평가 기법 개발																																						
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)																																						
○ 학·연 공동연구																																						
○ 국제협동연구																																						
기대효과																																						
○ 원자력 시설의 내진안전성 향상 및 지진대응기술 개발																																						
○ 원자력 시설 내진설계 및 규제기준의 국산화를 통한 국가경쟁력 제고																																						
○ 일반 산업시설의 내진설계 및 검증기술 향상																																						
소요예산 및 인력																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">1단계</th> <th>2단계</th> <th>3단계</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>'97</th> <th>'98</th> <th>'99</th> <th>('00-'02)</th> <th>('03-'05)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소요예산(억원)</td> <td>1.5</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>소요인원(명)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>1.5</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					구분	1단계			2단계	3단계	비고	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	소요예산(억원)	1.5	3	4	8	8		소요인원(명)							계	1.5	3	4	8	8	
구분	1단계			2단계	3단계		비고																															
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)																																	
소요예산(억원)	1.5	3	4	8	8																																	
소요인원(명)																																						
계	1.5	3	4	8	8																																	

제 4 절 연구망 구축/운영

1. 기술의 개요

가. 기술의 범위 및 주요 내용

산업화에 따른 인구 집중 및 구조물의 대형화로 지진에 의한 위험도가 급증하고 있다. 특히 원자력발전소등은 지진에 대한 안전성 확보가 매우 중요하다. 또한 수도, 전기, 가스등은 사회기능의 생명선이나 지진에 대해 매우 취약한 상태로 지진에 대한 재해를 최소화하기 위해서는 지진을 발생 위치, 특성을 조사하여 내진설계 기준을 설정하여야 한다. 궁극적으로는 지진 예측 기술을 개발하여 국가적 차원에서 지진에 대해 적극적인 대처 방안을 강구하여야 할 것이다. 따라서 이를 위한 지진연구를 정량적으로 수행하기 위한 향후 연구망 구축 및 운영분야에서 수행되어야 할 범위 및 주요내용은 다음과 같다.

(1) 네트워크 구축 및 연구망 운영

지진학 연구의 대부분은 자료의 분석에 기반을 두고 있으므로 자료의 수집, 보관, 분배는 지진에 관한 연구 이전에 구축되어야 할 기반사업이다. 우리나라의 지진학자 대부분은 한국 지진학 발전 장애의 대표적 요인으로 지진자료의 부족을 꼽고 있다. 현재 지진관측은 기상청, 한구자원연구소, 대학 뿐 아니라 가스공사, 원자력발전소, 건설회사 등에서도 수행하고 있으며 향후 내무부 산하 방재연구원 및 한국전력연구원에서도 자체적으로 지진계를 운영할 예정이다. 따라서 각 기관이 독자적으로 관측망을 확충하기에 앞서 기존의 관측망을 네트워크로 연계하여 운영하는 것이 중복 투자에 따른 예산의 낭비를 막고 국내 관측 자료를 모두 이용함으로써 지진연구를 보다 활성화할 수 있을 것이다.

이를 위해서는 우선 현재 또는 향후 국내에서 지진계를 운영하는 기관의 관측 목적, 지진계 기종 등을 파악하여야 한다. 이 자료를 바탕으로 지진전문가회의를 통해 지진 자료의 format 및 전송방식의 표준을 정하고 이를 본 기획사업에서 설치예정인 지진연구망에 적용하고 타 기관이 지진계를 구입할 경우 이를 추천하는 것이 바람직하다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- 국내에서 지진관측을 하는 기관의 관측 목적, 지진계 기종 등을 파악.
- 지진전문가회의를 통해 자료의 format와 전송방식의 표준을 제정
- 지진 자료의 교환을 위한 통합 네트워크 구축 방안 확정

- 지진계를 운영중인 기관이 요청시 본 기획사업에서 지진계의 전송방식 변경 등에 필요한 기술 및 예산을 지원.
- 연구기관에 통합 데이터베이스를 구축하여 건설회사, 한국전력연구원, 가스공사 등에 자료를 제공
- 향후 설치될 지진관측소의 경우 표준으로 설정된 전송방식 등을 채택토록 추천.

이와 같은 기관과의 네트워크를 통한 협력방안으로 자원연구소의 지진관측소를 기상청의 지진통보에 이용하는 방안이다. 기상청은 전국에서 발생하는 유감지진 (규모 2.5이상)을 관측하여 통보하기 위해서 전국에 퍼져 있는 지방 기상청이나 기상대에 관측소를 설치 운영하고 있다. 지진은 단층운동에 의해 발생하는 지구물리학적 현상으로 자원연구소는 단층운동에 의한 미소 지진 (규모 1.3이상)을 관측하기 위하여 주요 단층 지역에 관측소를 집중 배치하여 운영 중에 있다. 따라서 자원연구소의 관측소를 네트워크를 통해 기상청의 지진통보에 이용하는 것이 자료의 효율성을 높이고 중복 투자에 의한 예산 낭비를 막을 수 있을 것이다. 이를 위해서는 자원연구소가 본 기획사업을 통해 지진전문가 및 기상청과 협의하여 추진하는 것이 타당할 것이다.

지진자료 뿐 아니라 특히 지하수 등 성격이 다른 자료를 효율적으로 수집하고 앞으로 생성될 방대한 양의 자료를 효과적으로 분배하는 시스템을 구축하는 것은 매우 중요하다. 연구망의 주변 환경 변화에 따른 이전 문제, 연구망의 기기, 통신망의 고장 등으로 인한 자료 생산력 감소 등을 최대한으로 줄이기 위하여 연구망의 효율적 운영이 확보되어야 한다.

(2) 이동식 지진계 운영 및 구축

지진발생 시각, 위치 및 심도의 정확한 결정은 지진연구의 기본으로 이를 위해서는 지각의 정확한 속도구조의 조사가 선행되어야 한다. 현재 디지털 자료의 미비로 한반도의 속도구조가 거의 파악되지 못한 상태이다. 현재 채석장이나 주요 건설현장에서 대규모 발파가 이루어지고 있으며 이를 지진원을 사용하여 이동식 관측망을 운영함으로써 짧은 시간 내에 지각의 속도구조를 조사할 수 있다. 특히 큰 규모의 지진발생시 여진을 동반하는 데 이를 정밀히 관측함으로써 지진유발 단층을 규명할 수 있다.

지진원은 지진 발생 현장에서의 모든 지진학적 특성을 포함하는 개념으로 지진 발생의 원인과 지진발생 메카니즘을 파악하기 위하여서는 지진원의 특성에 관한 이해가 필요하며 이는 지진학 연구의 기초자료이다. 또한 지진파의 지역적 감쇄특성은 내진설계 기준 설정시 매우 중요한 역할을 한다. 이와 더불어 지진의 특정구조와의 관련성 규명, 단층면의 구조, 운동형태, 및 주 응력 방향 등을 규명하기 위해서는 광대역 연구망의 구축은 매우 시급히 추진되어야 할 과제이다.

(3) GPS 감시망 구축

지진의 원인은 지구를 싸고 있는 몇개의 거대한 지각판 혹은 지역적인 단층대의 상호 작용 때문이라는 것이 학계의 정설이기 때문에 지각 및 단층운동을 정밀하게 측정하고 감시하는 체계의 구축 및 관련기술의 개발은 중요한 현안이다. 오늘날 지각변위의 측정 및 감시를 위하여 인공위성의 전파를 받아 지상의 위치를 파악하는 GPS 기술을 이용하는 것이 세계적인 추세로 이로부터 단층의 움직임을 수 mm의 정밀도로 감시할 수 있다. 따라서 지진발생의 원인을 측지학적 측면에서 종합적으로 연구할 수 있는 GPS 감시망의 구축은 국가적 차원의 장기적인 대책이다.

(4) 지진예지 및 가속도 연구망 구축

지진의 예보는 현대 지진학의 궁극적인 목표중의 하나로 이는 인접분야의 과학 기술을 총 망라한 종합적인 접근에 의해서만 가능하며 이를 위해서는 지진학뿐만 아니라 지질학, 지구물리학, 지구화학, 수리지질학 등 모든 분야의 자료 수집과 분석이 종합적으로 수행되어야 한다.

지진 예지를 위해서는 우선적으로 지진이 발생할 가능성이 높은 활성단층 의심지역을 선정하여 지진예지 연구망을 구축한 후에 지전류, 지자기, 지각변형, 응력, 지진파 속도변화, 지하수위 변동등 지진발생 전에 나타나는 전조현상과 지진 발생과의 관련성을 규명하여 지진 예지 가능성을 확인하여야 할 것이다.

국내 발생 지진의 특성을 대표하는 지진에 의한 설계 응답 스펙트럼의 제시는 국내 산업계가 요구하고 있는 다양한 대형 구조물의 내진설계에 실질적으로 적용할 수 있는 부분이다. 이러한 설계 응답 스펙트럼에 관한 정량적 연구를 위해서는 가속도 연구망을 전국적으로 구축하여 지표층등 지역적 지질구조 특성에 따른 지진파의 증폭 및 시설물에 따른 주파수별 거동 특성등을 연구하여야 할 것이다.

(5) 지진 재해 조기 경보 경감 시스템

전세계적으로 지진통보는 단주기 관측망 자료를 이용하는 데 정확성을 높이기 위하여 관측망이 조밀하게 구성되어 있어야 하면 신속성을 향상시키기 위해 주로 1성분(수직성분)의 자료를 처리하게 된다. 이를 위해 단주기 관측망의 확충을 위한 위치선정, 적정관측수 등을 결정하여야 하며, 특히 진앙결정에 소요되는 시간을 최소화할 수 있는 중앙처리 시스템의 개발이 요구된다.

나. 중요성

(1) 기술적 중요성

(가) 국가연구개발사업으로의 추진 필요성

우리 나라는 역사지진자료에 나타난 바와 같이 다수의 강진이 발생하였으며, 최근 지진 발생 빈도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 1996년 12월 13일 강원도 영월에서 발생한 규모 4.5의 지진은 6회의 여진을 수반하여 지진 안전성에 대한 국민의 불안이 증가하고 있다. 그러나 우리 나라의 내진설계는 원자력 발전소, 대형 건축물 및 교량에 대해 제한적으로 적용되고 있으며, 내진설계 필요한 한반도 지진특성을 반영한 지진동 자료가 없어 외국의 자료를 원용하고 있는 실정이다. 따라서 한반도에서 발생한 지진의 특성을 규명하여 지역별 지진위험도 및 내진설계 기준을 설정하고, 장래 발생할 지진의 일시, 위치 및 크기를 예측하여 지진 발생시에도 사회 기본 기능의 유지, 지진피해 감소 및 예측하는 기술개발은 국가적으로 매우 중요하다.

(나) 기술성능 향상 효과

일반적으로 과학적인 방법에 의해 지진을 예보하는 것은 매우 어렵다. 그러나 지진 발생이 느닷없이 나타나는 현상이 아닌 판구조운동에 의해 힘이 집중되면서 한계점에 이르면 지진을 일으킨다. 따라서 지진이 일어나기 전 준비과정에서 지각내의 물리, 화학적 변화가 오랫동안 계속되는 것이 사실이다. 이들 현상을 장기적이고 종합적으로 모니터링하여 분석하고 평가하는 연구를 지속적으로 수행하여야 한다. 이런 지진이 일어날 가능성(자연재해의 종류, 규모, 발생일시 및 발생장소)을 평가하고 이에 대비토록 하는 것이다. 실제로 중국의 경우 당산지진의 경우 수십만명 이상의 인명피해를 입었으나, 비슷한 규모의 지진인 1975년 2월 4일 요령성의 해성시에서 발생한 규모 7.3의 지진을 예보하여 인명피해는 1000여명에 그쳤으며, 이는 성공적인 지진예보의 한 예이다.

(다) 타 기술에 미치는 효과

현대 사회의 구조가 인구는 밀집되어 도시가 거대화하면서, 고층 아파트, 원자력발전소 및 다목적 댐 등 대규모 산업시설 등 대형 구조물들이 증가하여 재해가 발생하면 피해도 대형화되고 있다. 또한 지상뿐만 아니라 지하에도 지하철, 전기, 전화선, 상하수도관, 도시가스 등 많은 시설물들이 밀집되는 복잡한 구조를 갖고 이에 따라 지진 등 재해에

대한 피해도 다양하고 복잡해진다. 따라서 지진 등 자연재해로부터의 안전성 확보는 국가안보차원의 매우 중요한 문제이며, 이는 지진현상 자체를 연구하는 자연과학 분야뿐만 아니라 사회과학적 접근은 물론 행정당국과의 긴밀한 협조체제와 주민들의 협조를 포함하는 총체적 접근에 의해서 피해를 최소화할 수 있다.

(2) 경제적 중요성

(가) 기술개발 및 상용화 투자규모와 예상 수익성을 전망

본 연구 결과 획득된 자료로부터 직접적인 수익성은 없지만, 이들 연구자료를 이용하여 국토이용계획 수립과 같은 정책 결정의 평가 자료로, 원자력 발전소, 댐, 대규모 건축물과 같은 주요 구조물의 설계 자료로, 각 지역에 따른 내진 기준치 설정 기초 자료로 활용되므로 지진과 같은 재해 발생시 피해를 최소화 할 수 있어 이를 직접적으로 평가할 수 없는 무한의 가치를 가지고 있다.

(나) 국내외 시장규모, 개발된 기술의 시장점유 가능성, 경쟁기술에 대한 우위성

지진위험도 작성, 내진 기준치 설정, 및 지진예지와 같은 기술을 개발함에 있어서는 국가간의 기술 교류도 가능하지만, 각국의 지질학적인 특징에 의해 최종적으로 결정되어야 하므로 어느 한 국가에서 적용된 기준을 다른 나라에 직접적으로 적용할 수는 없다. 따라서 현재 세계적으로 각국에서 개발된 기술은 공개적으로 발표되고 있고, 이들 자료를 어떻게 활용하는 가는 그 나라의 문제이다.

지진 등과 같은 자연현상에 대한 기술은 지역적(지질학적) 특성에 따라 변하므로 외국기술의 직접적인 도입은 무의미하나, 자료처리 및 해석을 위한 경험 및 기술의 도입은 부분적으로 가능할 뿐이다.

(3) 공공(사회, 문화적) 중요성

동일한 지진의 지진이 발생하여도 평상시 지진에 대한 대비 정도에 따라 인명 및 재산 피해 정도는 많은 차이를 보여주고 있다. 우리 나라의 경우 다른 국가에 비해 지진의 발생 빈도는 낮으나, 상대적으로 지진에 대한 대책이 미흡하며, 지진 발생시 재해에 더욱 취약한 상태이다. 따라서 지진재해 발생시 평상시의 대비 정도에 의해 많은 손실을 경감시킬 수 있으므로 국가적인 지진방재에 관한 투자와 대비를 지속적으로 수행하여야 한다.

또한 국가의 사회간접자본 사업의 활성화 일원으로 수행될 대규모 토목공사(원자력발

전소, 핵폐기물 저장소, 고속전철, 댐, 항만건설, 해저터널 등)와 건설공사(고층건물, 대형 아파트단지 등)시 지역별 지질재해 위험치 기준 설정 등 연구결과를 산업체에 제공하는 협조체계가 구축되어야 하며, 이를 위해서는 장기간에 걸친 국가주도하의 자료수집과 분석이 선행되어야 함.

다. 기술체계도

부문	중분류	소분류	주요 세부 기술
연구망 구축/운영	지진연구망	네트워크 구축 및 연구망 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관측망 전송방식 표준설정 ○ 지진전문가회의를 통한 관측망의 추진 계획 확정 ○ 지진계 변경에 따른 기술 및 예산 지원
		이동식지진계 운영 및 광대역연구망 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상부 지각구조 조사 ○ 여진 모니터링 ○ 부지별 탁월주기 조사 ○ 지진발생, 감쇄특성등 지진연구 자료제공
	GPS 감시망 구축	1차, 2차 감시망 설치	○ 활성단층 규명 및 지체구조 구 설정등에 자료 제공
	지진에지 및 가속도 연구망 구축	지자장, 지전기 관측	○ 단층운동의 전조현상으로 지자장 교란 및 지전기변화를 측정
		지하수 관측	○ 지하수의 수위 및 화학적 변화를 측정
		정밀 단층변위 관측	○ 단층을 중심으로 지각변위의 정밀 관측
		응력 변화 관측	○ 단층의 응력상태 관측
		미소지진 모니터링	○ 단층운동에 의한 미소지진의 지속적인 모니터링
	가속도 연구망	○ 지진방재 및 내진설계 등의 자료 제공	
	조기경보 경감 시스템	자동감지기 개발 및 프로그램 개발	○ 조기 경보를 위한 장비 및 소프트웨어 개발

라. 주요 용도 및 활용분야

- 한반도에서의 지진발생 원인과 지진발생 메카니즘 규명의 자료제공
- 한반도에서 지진발생 가능 지역을 도출하고, 지진발생 가능성이 높은 지역에 대한 종합적인 지진예지 연구망을 통해 지진 발생 가능성을 사전 평가
- 한반도 및 주변의 지각, 단층활동에 대한 측지학 및 역학적 기본자료를 제공함으로써 지진발생에 대한 총체적인 역학적 분석이 가능함.
- 지역별 지진위험도를 작성하여 국토이용계획 수립시 효율적 국토이용을 위한 기초자료 제공
- 가속도 연구망을 통해 표준 응답 스펙트럼을 작성하여 대규모 건설 및 토목공사시 주요 구조물들의 내진 기준치를 제공하여 지진으로부터의 안전성 확보
- 지진 발생과 관련된 물리, 화학적 특성 변화의 관련성을 분석하여 지진 발생 가능성을 예지하여 지진에 대한 사전 대비 가능
- 지진 발생시 조기경보를 통해 가스에 의한 화재등 2차 재해를 감소

2. 기술개발전략

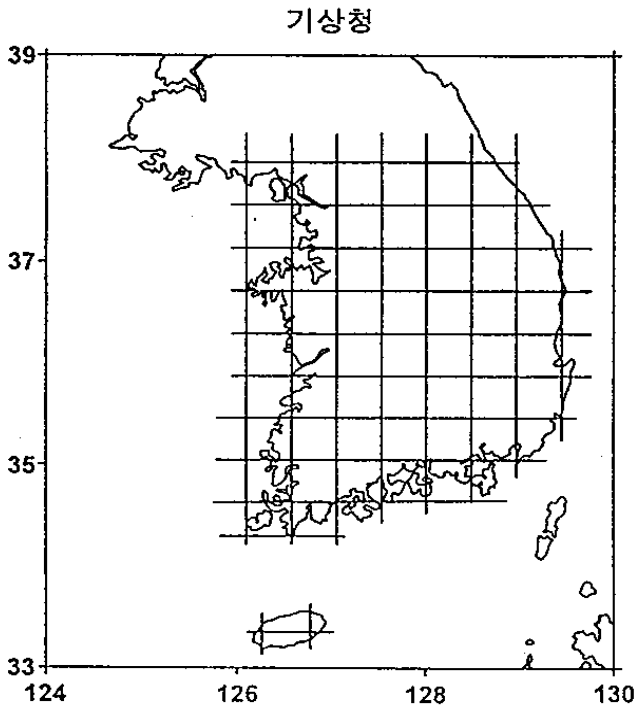
가. 기술개발 목표

분야 \ 단계	1단계	2단계	3단계
지진 연구망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동식관측망 운영체제 확립 ○ 광대역연구망 구축 완료 ○ 주요 인구 밀집지역에 가속도연구망 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가속도연구망 확충 ○ 지진 조기 경보 및 대처 시스템 구축 완료 	
지진예지 연구망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 5개소 예지연구망 구축 ○ 지진예측 및 자료 배분 프로그램 개발 ○ 지진자료 취득 및 분석 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 5개소 예지연구망 구축 	
GPS 감시망	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차 GPS 감시망 구축 ○ 아시아 지역 IGS 관측 소와의 연계시스템 완료 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2차 GPS 감시망 구축 	

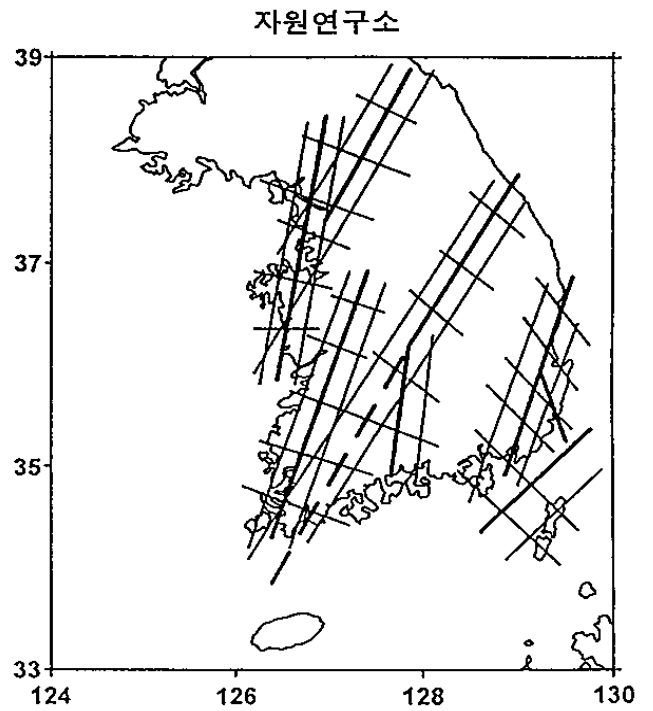
나. 추진 방안

(1) 지진관측망 설계 개념도

지진관측망 설계 개념도



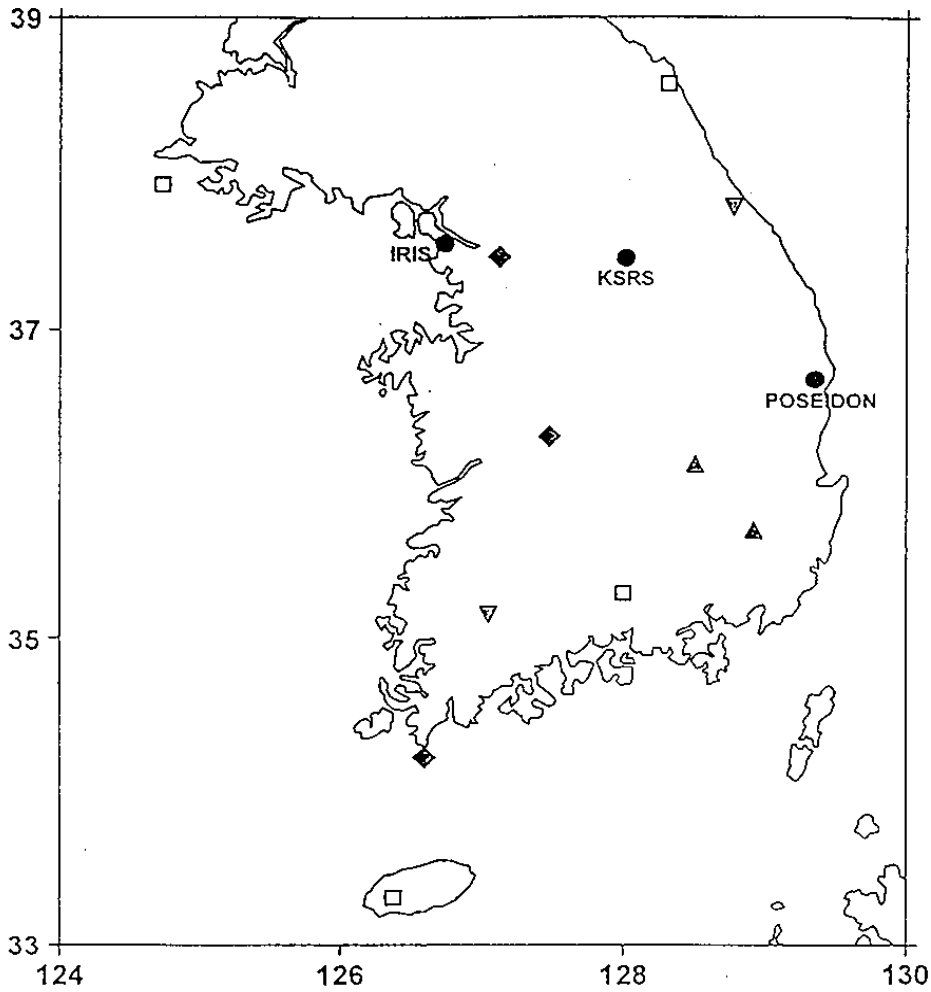
- 유감지진의 신속한 통보
- 전국적으로 분포된 지방 기상청 및 기상대에 설치
- 모두 실시간으로 자료전송



- 단층운동에 의한 미소 지진 관측
- 단층 및 주요시설 (원전등) 주변의 조용한 산간지역에 설치
- 전화회선을 통한 자료전송

(2) 광대역 연구망 구축 (안)

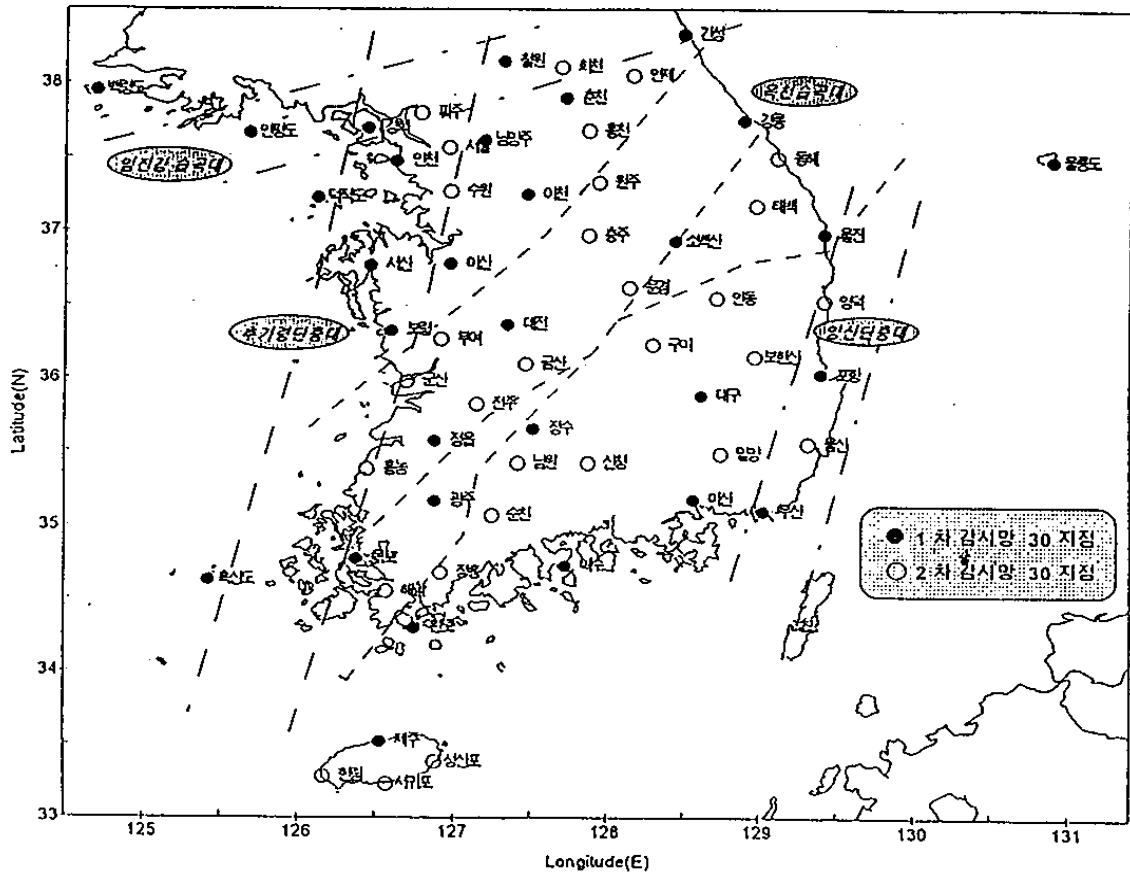
광대역 연구망 구축(안)



- 현재 운영중
 - ◆ 97년 자원연 ▲ 경북대 ▽ 기성청 설치 예정
 - 98년 본 연구과제에서 설치.
- * 추후 지진 전문가 회의에서 위치 및 설치 순위 결정.

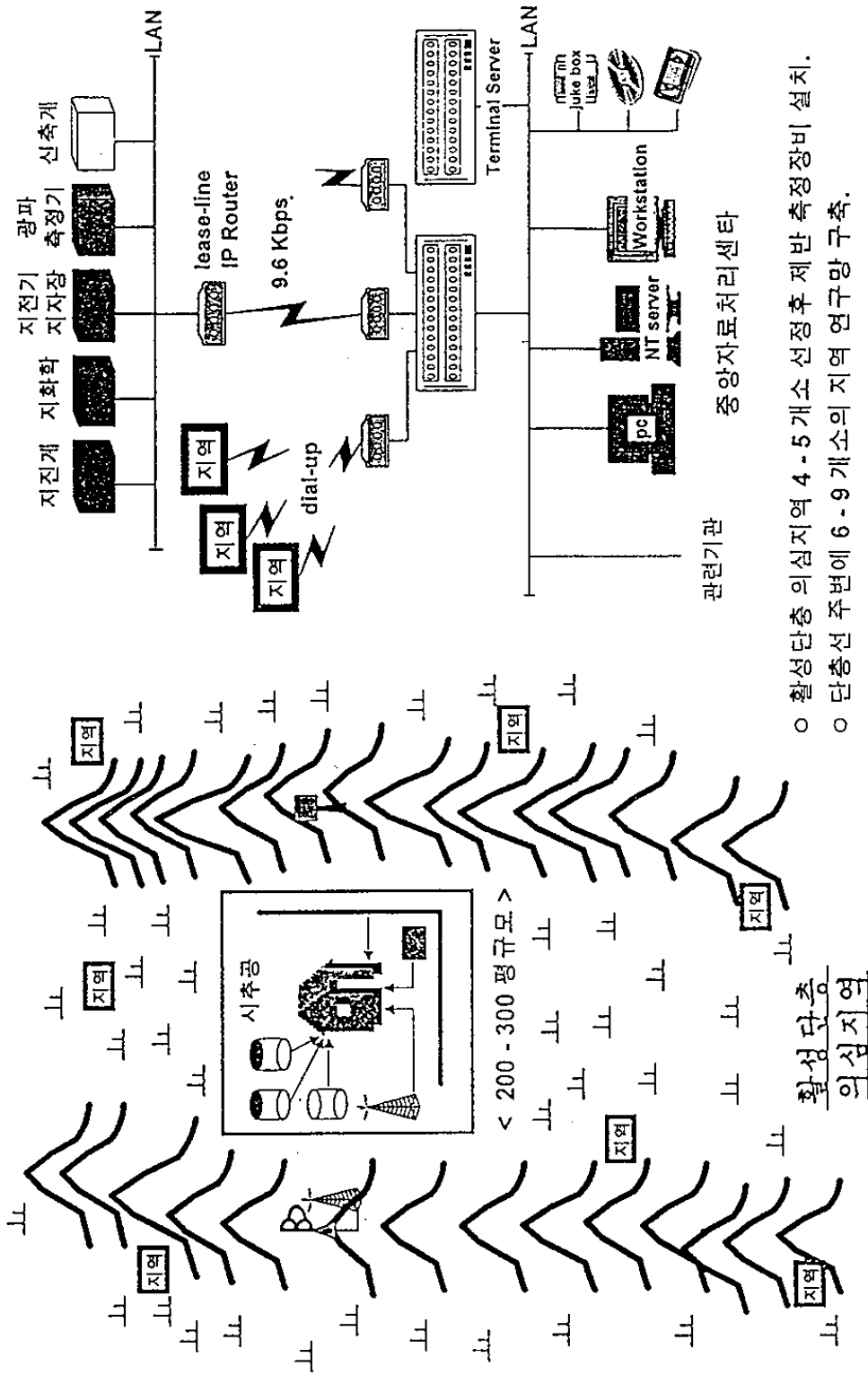
(3) 지각변위 GPS 감시망 (안)

지각변위 GPS 감시망 (Korea GPS Network for Geodynamics)



(4) 지진예지 연구망 구축 (안)

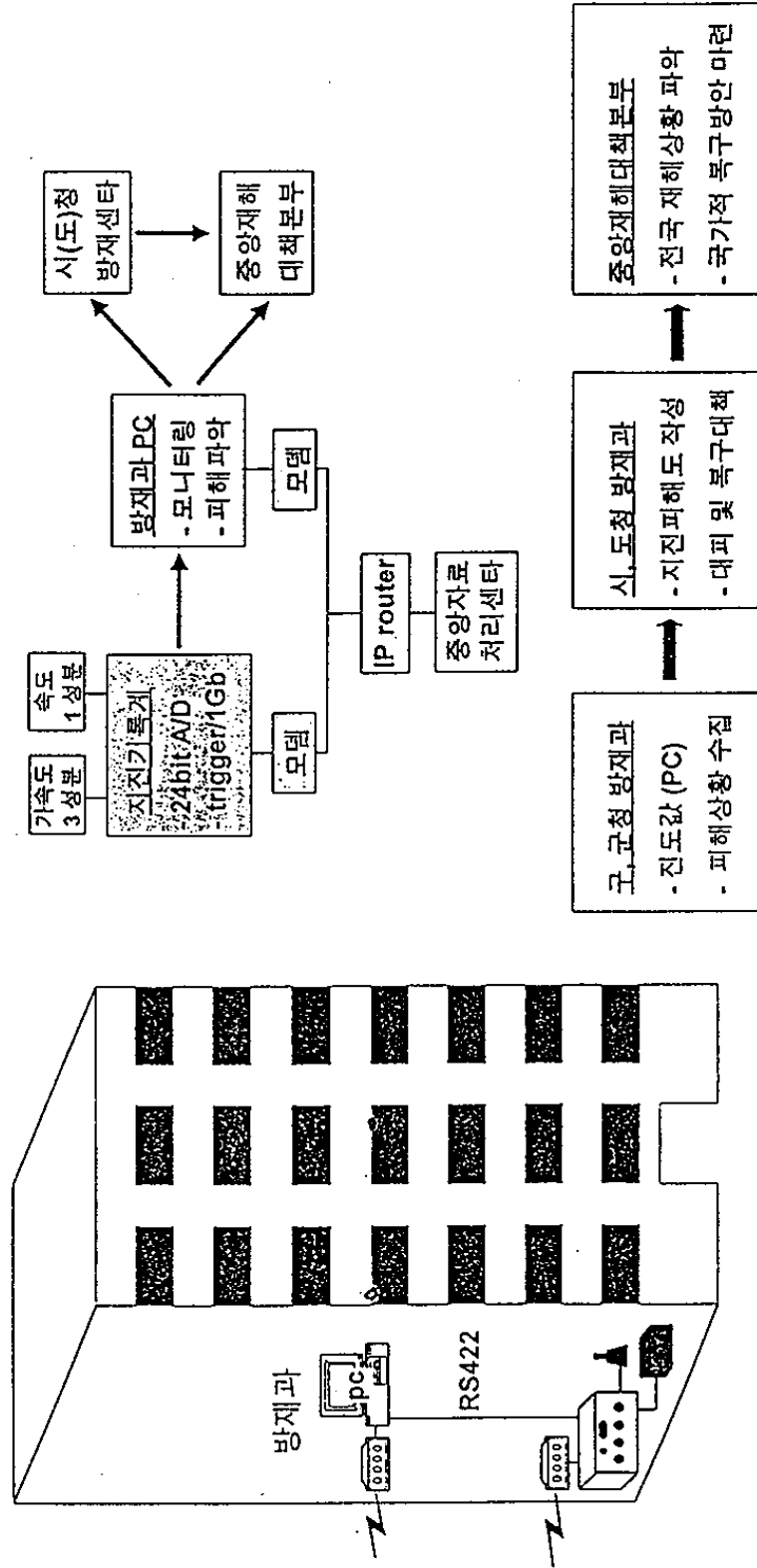
지진예지 연구망 구축(안)



- 활성단층의 심지역 4-5 개소 선정후 제반 측정장비 설치.
- 단층선 주변에 6-9 개소의 지역 연구망 구축.

(5) 가속도 연구망 구축 (안)

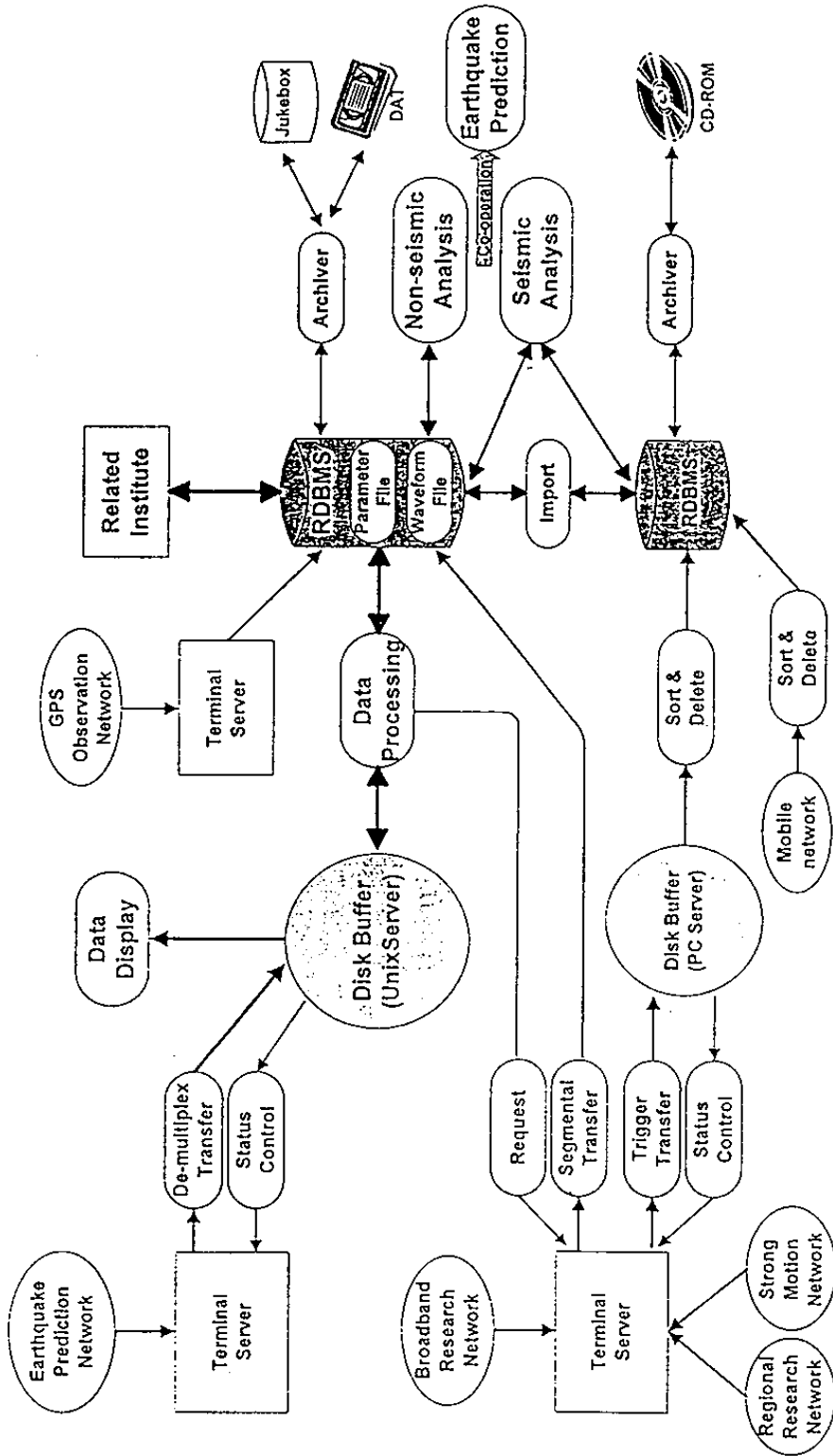
가속도 연구망 구축(안)



구청 및 군청

(6) 자료처리 및 DB 시스템 구축 (안)

자료처리 및 DB 시스템 구축(안)



다. 중점 추진 기술개발 과제

(1) 네트워크 구축 및 연구망 운영

목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진연구망의 네트워크를 구축하여 자료의 활용성을 극대화하고 연구망을 효율적으로 통합하여 운영할 수 있는 체계를 구축.
필요성	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 지진계를 운영하고 있는 것으로 파악된 기관은 기상청, 자원연, 대학 뿐 아니라 가스공사, 원자력발전소, 현대건설 기술연구소 (남해대교) 등이며 향후 내무부 산하 방재연구원, 한국전력연구원 등에서도 자체적으로 지진계를 운영할 예정으로 있음. ○ 운영기관의 설치 목적 및 기종에 따라 서로 다른 자료 format 및 전송방식을 채택하고 있음. ○ 이에 따라 많은 관측 자료가 연구에 이용되지 못하고 있음. ○ 네트워크를 구축할 경우 자원연구소가 단층운동의 모니터링 및 지진연구를 위해 단층주변에 집중적으로 설치 운영중인 지역관측망의 자료가 기상청의 지진통보에 이용될 수 있음. ○ 또한 가스공사, 원자력발전소 등의 자료를 정기적으로 교환하여 자료를 축적함으로써 저렴한 경비로 지진연구를 보다 활성화할 수 있음. ○ 지진연구의 효율적인 수행을 위해서 지진전문가회의를 통해 관측 기종, 전송방식 및 주관 기관이 다른 지진자료의 취합 및 분배가 효과적으로 수행되어야 한다. ○ 지속적인 자료획득에 따른 방대한 자료량의 처리, 보관 및 분배를 효율적으로 수행하기 위하여 데이터베이스 시스템을 도입하여야 한다. ○ GPS를 통한 광역적 지각변형 및 광파측정을 이용한 지역적 변형 등이 효과적으로 활성단층 조사 및 지체구조구 설정 등에 이용될 수 있도록 자료의 형식 및 접근이 용이하여야 한다.
주요연구내용	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 운영중인 지진계의 기종 및 이의 주관 기관을 파악하여 효율적인 자료 교환을 위한 체계를 구축할 수 있는 시스템을 연구. ○ 기상청의 지진통보의 정확성을 높이고 자원연, 대학 등의 지진연구에 필요한 자료의 효율적 교환을 위해 자원연, 기상청 및 대학 관측망의 네트워크를 구축. ○ 한국내의 지진자료 format 및 전송방식의 표준을 설정. ○ 연구망 위치, 운영상태 평가 및 운영경비의 절감을 위한 통합 운영 방안 연구 ○ 지진 관련 자료의 데이터베이스화 및 User-friendly한 자료 분배 기법 개발 ○ 지진예지 관련 자료 (GPS, 지하수 등)의 전문가 분석 및 연구 활성화 방안 연구

추진체계 및 전략 (산학연협동여부)

- 현재 지진계를 운영중에 있거나 향후 운영할 예정인 기관의 설치 목적 및 지진계 기종을 파악하여 종합적인 운영 방안을 강구한다.
- 지진전문가회의를 통해 지진자료 format 및 전송방식의 표준을 설정하여 본 기획사업의 일환으로 설치될 지진연구망에 적용하며 타 기관의 지진계 선정시 이를 추천한다.
- 자원연 및 대학이 운영중인 관측망을 최대한 활용하여 기상청의 지진통보 기능을 보다 강화하도록 한다.
- 이를 위해 기상청이 협조를 의뢰할 경우 본 과제를 통해 기상청이 요청한 자원연 및 대학 관측소의 관측장비를 변경하고, 전기통신공사가 관측소에서 지방 기상관서까지 전용회선을 설치하는 비용을 부담함으로써 기상청에 실시간으로 전송될 수 있도록 적극 지원한다.
- 기상청은 지방 기상관서에서의 전용회선 연결, 전용회선의 지속적인 사용료 지급, 자료의 수신 및 처리 등을 담당한다.
- 지진, 지자장, 지하수, GPS 등의 전문가그룹을 활용하여 효율적인 통합 운영방식 및 자료처리 방안을 도출한다.
- 자료의 효과적인 이용을 위하여 자원연구소, 대학 및 기상청이 연계하여 국내 자료뿐 아니라 세계 관측자료를 함께 제공할 수 있는 데이터베이스를 구축한다.

기대효과

- 관측소의 중복 설치에 따른 예산의 낭비를 제거할 수 있음.
- 국내에서 관측된 모든 자료를 연구에 활용함으로써 연구성과를 향상시킬 수 있음.
- 자원연 및 대학의 관측자료를 기상청의 지진통보에 이용함으로써 정확성을 높힐 수 있음.
- 지자장, 시추공내 지화학 및 응력분포등의 자료를 제공하여 관련 분야를 활성화함.

소요예산 및 인력

구분	1단계			2단계	3단계	비고
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	
소요예산(억원)	1.5	2	2	1		
소요인원(명)	3	2	2	3		
계						

(2) 이동식 지진계 운영 및 구축

목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진원 결정의 정밀도를 높이기 위해 상부 지각의 속도구조를 조사하고 여진(after-shock)의 모니터링을 통해 지진유발 단층의 특성을 규명 ○ 주파수 범위에 따른 지진파 전파특성 연구등에 필요한 광대역 지진자료를 제공
필요성	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 96년 12월 13일에 발생한 영월지진 이후 7번의 여진이 관측되었으나 이동식 지진계의 미확보로 여진을 통한 단층의 특성 규명이 이루어지지 못하였음. ○ 진원의 위치를 정확히 결정하기 위해서는 속도 변화가 심한 상부 지각에 대한 조사가 필요함. ○ 내진설계의 자료가 되는 탁월주기등 지반특성이 전혀 조사되어 있지 않음. ○ 지진원 특성, 지진지체구조구 설정 등에 필요한 기본적인 지진자료 축적을 위해서는 지진연구의 기본적인 광대역 연구망 구축이 우선되어야 함.
주요연구내용	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동식 관측망의 효율적 설치 및 운영을 위한 연구. ○ 지역적 상부지각의 속도 구조 및 지반 특성 조사 ○ 주요 지진발생시 이동식 관측망의 집중 배치로 지진유발 단층의 특성 파악 ○ 지진연구의 기본적인 관측망인 광대역 연구망을 확충하여 지진자료 제공
추진체계 및 전략 (산학연합동여부)	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대학의 보유인력 (지진 분야 원생)을 활용하여 지역별로 대학이 중심이 되어 지진 관련 연구소와 학연공동으로 이동식 지진계를 운영한다. ○ 이를 위해 주관기관은 이동식 지진계의 운영에 필요한 부대장비 및 기술을 점진적으로 대학에 이관하여 대학별로 자체적인 연구를 수행하도록 적극 지원한다. ○ 채석장 및 주요 토목공사의 발파을 이용하여 상부 지각의 속도구조를 조속히 규명 ○ 지진발생후 여진(after-shock)의 모니터링을 통해 단층의 운동 범위, 방향등을 규명하여 한반도의 지진발생 메카니즘 및 응력분포 등의 연구에 필요한 자료를 대학 등 관련 연구기관에 제공한다. ○ 인구 밀집지역, 신규 개발지역 및 주요 구조물 설치지역의 탁월주기등 지반특성을 년차적으로 조사하여 내진설계에 필요한 자료를 지속적으로 축적한다. ○ 지진전문가회의를 통해 기존 연구망 운영실태를 분석하여 본 과제를 통해 향후 설치될 광대역 연구망의 위치, 설치 순위 등을 결정하여 시행한다. ○ 광대역 연구망을 관련대학에 지역적으로 분할하여 학연공동으로 설치하고, 기본적인 운영(전기, 전화선 유지등)을 위임함으로써 운영의 효율성을 최대한 높인다.

- 신규로 설치되는 광대역 연구망은 3성분 속도 및 가속도를 모두 연속과 트리거 방식으로 기록하며 트리거자료는 일반 전화회선을 통해 주기적으로 획득.
- 주요 지진발생시 주파수 거동특성, coda 분석등을 위한 자료축적을 위해 관련 대학이 현지에서 연속기록을 주기적으로 획득하여 주관기관에 전송하는 방식을 채택.
- 자료 획득의 간편성과 분석의 용이함을 위해 기존 광대역 연구망의 주관기관과 협의하여 기록 및 전송방식을 최대한 통일함.

기대효과

- 지진원 특성, 발생메카니즘, 심부 지각구조 규명 등에 필요한 자료를 제공
- 내진설계에 필요한 지역적 탁월주기 등 기초적인 자료를 제공
- 지체 구조구 설정에 필요한 자료 제공
- 활성단층 조사에 필요한 자료 제공
- 대학교등 관련기관의 이동식 지진계 및 관측망 운영 기술 확보
- 한반도 지진연구을 위한 기본적인 연구망 확보로 지진연구를 활성화.

소요예산 및 인력

구분	1단계			2단계	3단계	비고
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	
소요예산(억원)	2.5	3	12	6		
소요인원(명)	5	5	5	3		
계						

(3) 지각변위 GPS 감시망 구축

<p>목표</p>	
<p>○ 지구조 운동에 의한 광역적인 지각변위를 측정하여 활성단층 규명, 장기적인 지진예보 및 지체구조구 설정등에 필요한 자료를 제공</p>	
<p>필요성</p>	
<p>○ 지진의 발생원인은 거대한 지각판 혹은 지역적인 단층대의 상호작용으로, 이를 정밀하게 측정하고 감시하는 체계의 구축 및 기술의 개발은 국가적 지진방재 차원의 시급하고 중요한 현안임.</p> <p>○ 한반도는 아모르 플레이트라는 지각위에 놓여 있어 매년 2-3cm씩 동진하다는 가설이 있으며 이의 확인을 위한 지각변위의 측정 및 감시를 위하여 GPS 기술을 이용하는 것이 세계적 추세임.</p> <p>○ 국가적 방재차원에서 볼 때 지진발생의 원인을 측지 및 지질학적 측면에서 종합적으로 연구하여 지진을 사전에 예지하는 것이 국가적 차원의 장기적인 대책임.</p>	
<p>주요연구내용</p>	
<p>○ GPS를 이용하여 한반도 및 주변의 지각, 단층대의 변위량을 mm의 정밀도로 감시할 수 있는 자동화 체계의 구축과 관련 고유기술 및 모델의 개발.</p>	
<p>추진체계 및 전략 (산학연협동여부)</p>	
<p>○ 전국 평균 50km간격의 60개 GPS감시국과 1개의 감시센터로 감시망을 구축함.</p> <p>○ 감시국을 가능하면 기상청산하 지방기상대 및 측후소에 설치해 소요비용을 절감함.</p> <p>○ 국내 주요 단층대를 고려해서 감시국을 설치하되 가능하면 전국에 고루 분포시킴. - 기준 : 단층대내에 4점이상, 단층대 바깥 4점이상</p> <p>○ GPS 감시망은 1, 2차 감시망으로 구분함. - 1차 감시망 30점 : 주요 지점 및 대도시, 한반도 외곽섬 - 2차 감시망 30점 : 주요 단층지역과 지진 발생빈도가 높은 지역의 세부 감시망</p> <p>○ 한반도 주변 지각변위 감시를 위해 감시망을 아시아 지역 IGS 관측소와 연결하여 운영함.</p>	

기대효과	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 및 주변의 지각, 단층활동에 대한 측지학 및 역학적 기본자료를 제공함으로써 지진발생에 대한 총체적인 역학적 분석이 가능함. ○ 지진의 원인이 되는 주요 단층 및 습곡대의 활성, 비활성에 대한 측지학적 검증 및 판단과 주요 단층의 특성 규명이 정량적으로 가능하게 되어 단층별 지진 잠재 가능성 산출이 가능하게 됨. ○ 지진에 의한 측지학적 3차원 지각변위량을 정밀하게 측정하여 지진의 원인, 유형, 강도등을 보다 상세히 분석할 수 있고, 이는 지진연구에 있어 지진발생에 대한 예측 및 역학적 원인 규명의 중요한 기초자료로 활용됨. ○ 지진에 의한 지각변형과 구조물 변형의 상관성등 내진공학에 필요한 정량적인 기초자료를 제공함.

소요예산 및 인력						
	1단계			2단계	3단계	비고
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	
소요예산(억원)	2	6	14	7		
소요인원(명)	4	4	3	3		
계						

(4) 지진예지 및 가속도 연구망 구축

목표						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 단층 지역의 지진발생 전후에 나타나는 지구물리 및 지화학적 변화를 관측하여 지진예지에 필요한 자료 제공 ○ 지진방재 대책과 내진설계등에 필요한 가속도 자료 제공 						
필요성						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지자장, 지각변형, 응력변화, 지하수위 변화등의 전조현상과 지진발생과의 관련성 규명 및 향후 지진 예측을 위해서는 지속적인 모니터링이 요구됨. ○ 지진재해 감소를 위한 지진공학적 연구를 위해 가속도 관측 자료 획득이 필요함. 						
주요연구내용						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진예지에 필요한 종합적인 통합 연구망 구축 ○ 지진동의 지역적 가속도 거동을 측정하기 위한 가속도 연구망 구축 						
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진자료 및 활성단층 조사 결과등을 이용하여 지진발생시 막대한 피해가 예상되는 활성단층 의심지역을 선정하여 단층선상에 지진예지 연구망을 설치. ○ 지진전문가, 활성단층 조사, 지구물리학자, 지하수 전문가등과 협의하여 지진예지를 위한 종합적인 모니터링 방안 결정. ○ 단층 활동의 모니터링을 위해 지역연구망을 구축하여 미소지진을 관측. ○ 중앙재해 대책 측면과 지진공학적 연구 필요성에 부합하여 가속도 연구망은 인구밀집 지역인 구 및 군청등의 지방자치단체에 설치하며 기본적인 운영은 방재과에 위임. 						
기대효과						
<ul style="list-style-type: none"> ○ 종합적인 지진예지연구망으로 전파공학 연구에 필요한 지역적 지자장 자료를 제공 ○ 한반도 지반응력의 정량적 해석을 위한 응력의 지역적 분포 및 변화자료를 제공 ○ 응력변화에 따른 지하수 변위를 관측함으로써 지하수 거동특성 연구를 활성화. ○ 방재 및 설계 응답 스펙트럼 개발 분야에 필요한 기본 자료 제공 						
소요예산 및 인력						
구분	1단계			2단계	3단계	비고
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	
소요예산(억원)	2	9	33	23		
소요인원(명)	8	7	7	6		
계						

(5) 지진 재해 조기 경보 경감 시스템

목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수도, 전기, 가스회사와 원자력 발전소등 유관기관에서 지진의 피해를 최소화할 수 있도록 10 - 20 초 이내에 지진경보를 할 수 있는 시스템을 구축
필요성	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라의 경우 96년 12월 규모 4.5의 영월 지진이 발생하였고, 역사 지진 기록에 의하면 강진의 가능성이 높음. ○ 지진 발생시 피해 양상은, 1차적으로 지진동에 의한 구조물의 파괴가 있고, 2차적으로 전기, 가스, 수도등의 파괴로 인한 화재등의 피해가 있음. ○ 실질적으로 지진 발생시 피해를 일으키는 것은 먼저 도착하는 P파에 의한 것보다는 늦게 도착하는 S파와 표면파에 의하여 막대한 피해를 입고 있음. ○ P파를 감지한 후 S파가 도착하기 전까지 전기와 가스, 수도등을 차단할 수 있다면 화재등에 의한 지진의 2차 피해를 경감시킬 수 있다.
주요연구내용	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진발생을 최단 시간내 감지할 수 있는 조밀한 단주기 관측망 구성 위한 연구 (적정관측수, 위치선정, 설치방법 개선등) ○ 소음 최소화를 위한 지진계실 설치에 관한 연구 ○ 기존 관측망의 온라인, 실시간 연결을 위한 조사 연구 ○ P파 감지후 10 - 20초 이내에 분석 판정하여 지진경보를 발령하는 소프트웨어개발 ○ 작성된 지진속보를 각 유관기관에 고속으로 전달하는 소프트웨어 및 장비 개발. ○ 지진속보후 전국 피해 상황의 예상을 위한 가속도 관측자료 수집 표출을 위한 연구
추진체계 및 전략 (산학연협동여부)	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 기상청 및 자원연구소에서 운영하고 있는 기존의 관측망과 앞으로 설치하게 될 지진 관측망을 활용한다. ○ 신규로 운영되는 조기 경보를 위한 관측망은 자동으로 P파와 S파를 감지하기 위하여 3성분 속도형 디지털 지진 관측망으로 운영한다. ○ 조기 경보를 위한 지진관측망은 초고속 통신망을 이용하여 관측된 결과를 중앙 처리 장치에 초고속으로 입력하여 P파 감지후 10 - 20초 이내에 발생 위치와 발생 규모를 산출한다.

- 관측된 결과를 자동으로 분석하기 위하여 한국형 자동 강진 감지기를 개발한다.
- 개발된 한국형 자동 강진 감지기를 이용하여 10 - 20초 이내에 개략적인 지진 발생 위치와 규모를 산출하여 유관기관으로 강진 경보를 통보하는 소프트웨어를 개발한다.

기대효과

- 한국형 지진 자동 강진 감지기와 자동 지진 분석 소프트웨어를 개발함으로써 지진 속도 및 통보 시간의 획기적 단축
- 지진 발생시 2차 피해를 경감시킴.
- 1 - 2분후 전국적인 진도 분포 및 피해 상황 예상
- 설치된 조기 경보를 위한 광대역, 단주기, 디지털 3성분 지진 관측망은 계속적으로 국내외에서 발생하는 지진자료를 국내의 지진 연구기관에 제공함으로써 한국내에서의 지진연구의 활성화.

소요예산 및 인력

구분	1단계			2단계	3단계	비고
	'97	'98	'99	('00-'02)	('03-'05)	
소요예산(억원)			2	28		
소요인원(명)			3	7		
계						

제 6 장 결 론

최근 도시의 고밀도화, 대형구조물의 증가, 전기 및 가스의 사용증대 등으로 지진에 의한 피해규모가 기하급수적으로 증가하고 있어 지진재해에 대한 대책 마련이 시급한 상황이다. 그러나 우리나라의 경우 내진설계는 원전, 대형건축물, 교량 등에 대해 제한적으로 적용되고 있을 뿐이며 그나마 외국의 기준을 원용하고 있어 한국의 지진특성에 적합한 지진위험도 및 내진기준설정이 필요하다.

지진관측망의 경우 자원연구소, 기상청, 대학뿐만 아니라 각 기관의 목적에 따라 가스공사, 원자력발전소, 건설회사 등에서 개별적으로 운영되고 있어 지진연구의 기본이 되는 자료축적이 이루어지지 못하고 있다. 따라서 현재 각 기관에서 운영중인 지진계의 설치목적 및 기종을 우선 파악하여야 한다. 이를 바탕으로 지진전문가회의를 통해 종합적인 관측망 운영계획을 수립하고 기존의 관측망뿐 아니라 향후 설치되는 연구망을 연계하는 통합 네트워크를 구축하여야 할 것이다.

또한 지진예지를 위해서는 지진이 발생하기 전에 지진발생과 연관된 지각내의 물리적 및 화학적 변화에 따른 전조 현상을 관측하고 연구하여야 한다. 이를 위해서는 지진학적 정보뿐만 아니라 측지학적 변화, 지층의 경사변화, 해수면의 변화, 지구 중력의 변화, 암석의 변형률의 변화, 지하수면의 변화, 토양과 지하수의 라돈이나 헬륨등 지화학적 변화 등과 같은 비지진학적 정보를 종합적으로 수집되어야 한다. 그러나 현실적으로 전국토를 대상으로 이런 다양한 종류의 관측망을 구축하는 것은 많은 비용이 들기 때문에 일부 선진국들이 국가 경제력을 바탕으로 시행하고 있거나, 중국과 같은 일부 사회주의 국가에서 국토관리 차원에서 시행하고 있다. 따라서 지진발생 가능성이 높거나 지리적으로 중요한 지역에 우선적으로 구축하여야 할 것이다

내진설계를 위해서는 디지털 가속도자료가 필수적이거나, 우리나라에는 내진설계에 필요한 자료획득용으로 설치된 가속도 연구망이 없다. 그러므로 우리나라 혹은 주변 바다에서 상당규모의 지진이 발생한다고 하더라도 차후에 내진설계등에 사용할 수 있는 가속도 기록을 얻을 수 없는 실정이며, 우리나라의 경우 대규모 지진의 발생빈도가 매우 낮아 내진설계에 필요한 가속도 자료를 획득할 가능성 또한 매우 낮은 상황이므로 가능한 빠른 시일 내에 디지털 가속도 관측망이 구축되어야 한다.

이 연구기획보고서에서는 이를 위해 필요기술의 개요와 체계 등을 분석하고 국내외의 기술환경을 분석·평가한 후 과제를 도출하였으며 그에 따른 단계별 목표 및 내용, 이를 달성하기 위한 추진전략 등을 기술하였다. 이 기획보고서의 주요 요점은 다음과 같다.

중과제	세 부 과 제	소요예산					우선 순위
		1단계			2단 계	3단 계	
		'97	'98	'99	'00- '02	'03- '05	
1. 지진 연구망 구축/운영	1. 지각변위 GPS 감시망 구축	*	*	*	*		1
	2. 이동식 지진계 운영 및 연구망 구축	*	*	*	*		2
	3. 네트워크 구축 및 연구망 운영	*	*	*	*		3
	4. 지진예지 및 가속도 연구망 구축	*	*	*	*		4
	5. 지진재해 조기경보 경감 시스템	*	*	*	*		5
	소 계	6	20	50	120		
2. 활성 단층연구	6. GPS를 통한 신기 지각변형 연구	*	*	*	*	*	1
	7. 지진화학적 연구	*	*	*	*	*	2
	소 계	2	6	17	30	30	
3. 지진 연구	8. 지진원 및 지진파 전달특성 연구	*	*	*	*	*	1
	9. 지진 지체구조구 설정 및 지진위협도 작성	*	*	*	*	*	2
	10. 지진응답 스펙트럼작성		*	*	*	*	3
	12. 지진예지 연구				*	*	4
	13. 원자력시설 부지 지질·지진 안정성 평가 규제				*	*	5
	소 계	3	9	10	30	30	
4. 내진 공학	14. 차세대 내진설계개념과 지진응답 제어기법 연구	*	*	*	*	*	1
	15. 라이프라인의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	2
	16. 특수구조물의 내진설계와 내진성능 향상	*	*	*	*	*	3
	17. 기초와 기반의 지진응답특성 규명	*	*	*	*	*	4
	18. 원자력시설 내진안정성 평가 규제 및 검증 기술				*	*	5
	소 계	2	5	20	30	30	
합 계		13	40	97	210	90	

1. 한반도의 지진위험도, 내진기준치 설정 및 지진예지를 위해서는 지진학, 지질학, 측지학, 내진공학 등의 관련 전문가들이 모두 참여하여 체계적인 자료교환, 분석 및 종합적인 해석을 수행하여야 한다. 이를 위해 지진연구, 활성단층, 내진공학 및 연구망 구축의 4개 중과제 분야로 분류하였으며, 각 중과제 분야별로 세부 기술개발과제를 도출하고 소요예산 및 우선 순위를 결정하였다.

2. 현재 선진국에서는 축적된 자료를 이용하여 지진예보 등의 분야에서 정확도 향상에 집중적인 투자가 이루어지고 있으나, 국내의 경우 이와 관련된 자료의 부족으로 이론적인 연구만이 수행되고 있는 상황이다. 따라서 지진, 가속도, 지진예지를 위한 관측망을 포함하는 종합적인 연구망은 우선적으로 1단계에서 구축되어야 하나, 예산상의 지원이 어려울 경우 최소한 2단계 전반부에는 완료되어야 한다.

3. 내진설계와 지진예지 등을 위해서는 장기간에 걸친 자료의 축적과 분석이 우선되어야 하므로 종합적인 국책과제로서 지속적인 지원이 절대적으로 필요하다.

참고문헌

- 김소구, 1978, 한반도의 지진활동, 자원개발연구소, p.201
- 기상청, 1992, 1978-92 지진관측 보고, 기상청
- 전명순, 최위찬, 박근필, 정승환, 1991, 최근 한반도의 지진활동과 선구조(요약), 대한지질학회 제46차 학술발표
- 전명순, 최위찬, 박근필, 1993, 한반도와 그 주변의 Neo-Tectonic에 관한 연구, 한국자원연구소 연구보고서, KR-93-(B)-14, p. 86.
- 전명순, 강익범, 지현철, 전정수, 이희일, 신인철, 성낙훈, 1995, 원주 KSRS 지진관측망 운영, 한국자원연구소 연구보고서, KR-95(S)-4, p. 55.
- 조선지진연구소, 1984, 조선지진목록, p. 69.
- 중국지진국 중국지진구획도 편찬위원회, 1981, 중국 및 주변지역 해역 활동구조도, 1:4,000,000, 지진출판사, 중국 중대 자연재해 및 방재대책
- 한국동력자원연구소, 1983, 한반도의 지진위험도, p. 295.
- 한국언론연구원, 1995, 일본의 위기대응 체제와 행위에 관한 연구 -한신대진재 사례를 중심으로-, 연구보고서 95-1, p. 558.
- 한국원자력안전기술원, 1992, 한반도의 지진위험도 분석기준 설정을 위한 장기대책 연구 수립 연구, p. 134.
- 한국원자력연구소, 1979, 원자력발전소 내진설계지침 작성연구(안), p. 196.
- 한국자원연구소, 1992, 지진연구, 연구보고서 KR-92-1g-3, p.53.
- 한국자원연구소, 1995, 방사성 폐기물 관리시설지구 부지특성 평가 중간보고서, p. 98.

한양대학교 환경과학연구소, 1979, 흥성지진의 현황 조사 연구, 한양대학교 환경과학연구소 R-79-1, p. 321.

Okada, A., M. Watanabe, H. Sato, M. S. Jun, W. R. Jo, S. K. Kim, J. S. Jeon, H. C. Chi, K. Oike, 1994, Active fault topography and trench survey in the central part of the Yangsan fault, southeast Korea, Journal of Geography 103, p. 111-126.

The Research group of Active Faults of Japan, 1992, Maps of active faults in Japan with an explanatory Text, University of Tokyo Press, p. 74.

Weather Bureau of Tyosen, 1937, The seismological bulletine of weather bureau of Tyosen for the year of 1936, p. 55.

주 의

1. 이 보고서는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.