

# 지진과 구조물의 안전

윤 기 용 (선문대학교 토목공학과 교수)

## 1. 서론

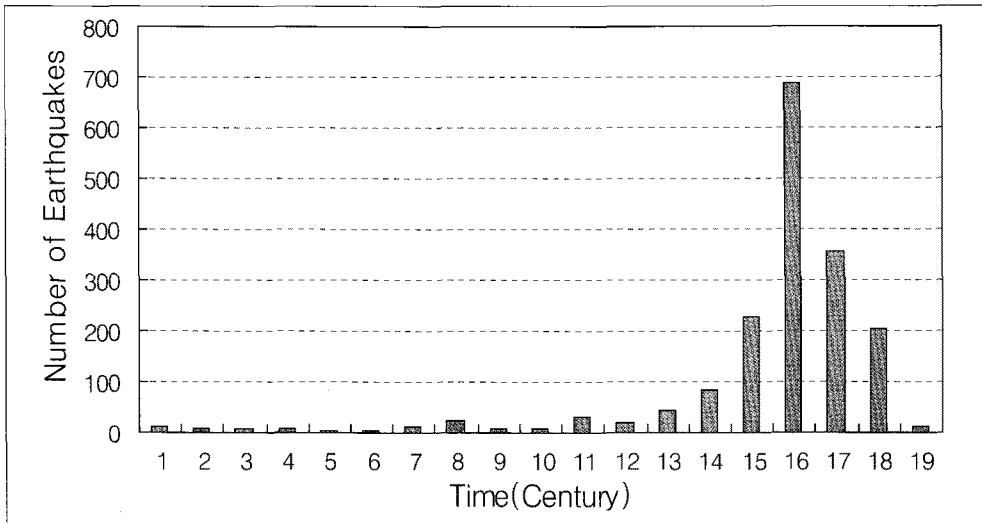
21세기에 접어들면서 지진활동으로 인한 대형재난의 발생소식을 자주 접하고 있다. 2004년 12월 26일 인도네시아 슈마트라섬 인근 해안에서 발생한 규모 9.1의 지진은 강력한 지반진동과 대형 쓰나미를 야기하여 사망자가 약 22만명에 이르며, 인도양 연안의 12개국에 피해를 입혔다. 2008년 5월 12일에는 중국 쓰촨성에서 규모 7.9의 지진이 발생하여 약 8만 7천명의 사망자, 2010년 1월 12일에는 아이티에서 규모 7.0의 지진으로 약 22만명의 사망자가 발생하였으며 막대한 경제적 피해를 유발하였다. 특히 2011년 3월 11일 일본 동북부에서 발생한 규모 9.0의 지진으로 인한 지반진동과 대형 쓰나미는 2만 4천여명의 인명피해와 엄청난 사회·경제적 피해를 야기하고 있으며, 원자력발전시설의 피해로 인한 방사능의 공포는 일본뿐만 아니라 전세계를 긴장시키고 있다.

우리나라는 유라시아판 내부에 위치하여 지진의 발생빈도가 낮고, 특히 18세기이후 큰 지진이 발생하지 않아 지진과 지진으로 인한 재난에 경험이 없다. 그러나 역사기록을 살펴보면 우리나라에서도 인명 및 재산피해를 유발한 피해지진이 약 40회 발생한 기록이 있다. 증보문헌비고에 의하면 신라 혜공왕 3년(서기 779년)에 경주에서 발생한 지진으로 인해 100여명이 사망하였다고 기록되어 있다. 또한 1518년 7월 서울에서 발생한 지진과 1681년 6월 양

양에서 발생한 지진은 지반진동이 전국적으로 전달되어 기록된 지진이기도 하다. 한편 20세기에는 동해안에서 4번의 쓰나미가 관측되었으며, 1983년 일본 아키타현 서쪽해역에서 발생한 규모 7.7의 지진으로 인한 쓰나미는 인명피해를 수반하기도 하였다. 이렇듯 우리나라도 지진과 쓰나미로부터 안전한 지대라고 할 수 없다. 그러기에 최근 발생하고 있는 일련의 대형지진재난 소식에 우리는 긴장할 수밖에 없으며, 우리나라의 지진과 구조물의 안전 현실을 뒤 돌아보게 된다.

## 2. 한반도의 지진

한반도는 유라시아판 내부에 위치하기 때문에 판경계부에서의 단층활동으로 인한 지진이 빈번히 발생하는 지역에 비하여 지진발생빈도가 낮으나 지진활동으로부터 안전하다고 말할 수는 없다. 지진은 지각내부에 축적된 에너지가 일순간 방출되며 발생하는 지각의 흔들림 현상이므로 지각이 에너지를 충분히 축적하기 위해서는 오랜 시간이 필요하기 때문에 지진활동에 안전한가를 판단하기 위해서는 오랜 기간의 지진기록을 살펴봐야 하기 때문이다. 국내에 지진계가 설치된 것은 1905년이므로 국내에서의 지진활동을 분석하기 위해서는 역사기록 속에서의 지진기록에 대한 고찰이 매우 중요하다.(국립방재연구소, “지진재해 수습체계 및 대응능력 연구”, 1998.) 역사기록에 의하면 <그림-1>에서 보는 바와 같이

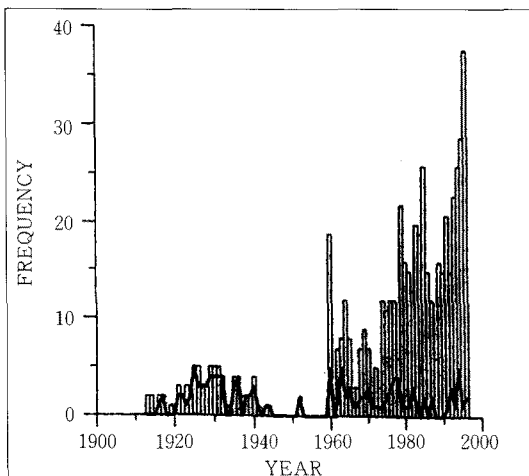


〈그림-1〉 역사기록에 의한 세기별 지진발생 횟수

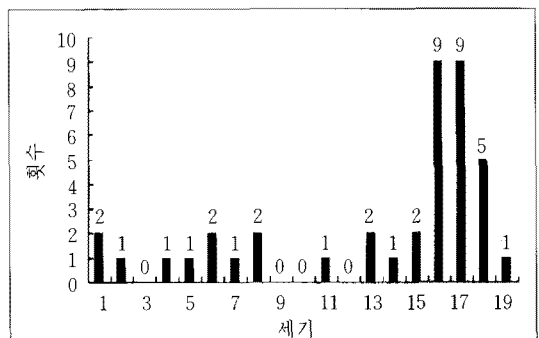
삼국시대 102회, 고려시대 169회, 조선시대 1,500회 이상 지진이 발생한 것으로 기록되어 있다. 또한 지진발생 빈도가 300~400년의 주기성을 가지는 것으로 보이는데 10세기에 7회로 가장 낮은 수치를 보이다가 점차 증가하여 14세기에 85회, 15세기에 228회로 늘어났고 이어 16세기에는 650회로 절정을 이루다가 17세기 358회, 18세기 206회로 줄었으며 19세기에는 단 14회에 불과했다. 한편 지진계가

설치된 이후의 계기지진의 발생횟수는 〈그림-2〉와 같다.(건설교통부, “내진설계기준연구(II)”, 1997.) 〈그림-2〉를 살펴보면 지진발생횟수가 20세기 중반부터 꾸준히 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 이 같은 추세로 볼 때 21세기 이후에는 보다 많은 지진이 발생할 것으로 예상된다. 〈그림-2〉에서 굵은 실선은 규모4.0 이상의 지진발생빈도이다.

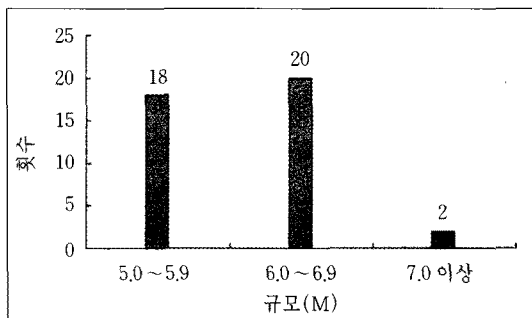
다시 이 기록들을 자세히 분석하여 살펴본 바에 의하면 〈그림-3〉에서 보는 바와 같이 한반도에서는 삼국시대 이래 구조물 피해를 수반한 강진이 약 40회 이상 발생하였고, 특히 15~17세기 기간에는 지



〈그림-2〉 계기지진 발생횟수



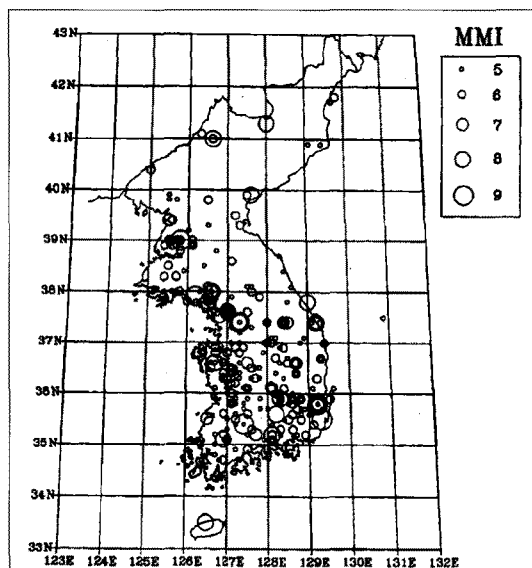
〈그림-3〉 세기별 피해지진의 발생횟수



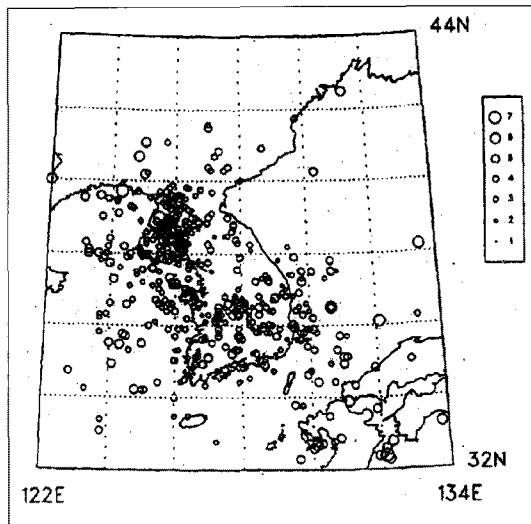
〈그림-4〉 피해지진의 환산 규모별 발생횟수

진활동이 매우 활발하였다. 피해를 수반한 강진들을 과거의 상황과 기록을 분석하여 규모로 환산하면 〈그림-4〉와 같다.(국립방재연구소, “한반도의 지진 재해도 작성을 위한 역사피해지진의 평가 및 종합 정리”, 1999.)

〈그림-1〉과 〈그림-3〉에서 보는 바와 같이 15세기에서 17세기 기간동안 지진발생횟수도 많고 피해를 유발했던 지진도 많이 발생했음을 알 수 있다. 특히 16세기와 17세기에는 10년에 1회 정도로 피해지진 즉 강진이 많이 발생하였다. 이 지진기록들을 발생 위치로 다시 정리하여 나타내면 〈그림-5〉와 〈그림-



〈그림-5〉 역사지진의 진앙분포도



〈그림-6〉 1905년부터 1996년까지의 지진분포도

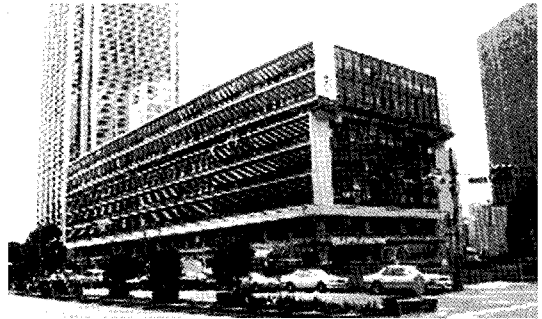
6)과 같다. 역사기록에 의한 지진기록은 북부(393회)보다 남부(782회)와 중부(960회)쪽에서 지진이 많이 발생했으며, 동해안지역(636회)보다 서해안지역(1353회)이 특히 평야지대에서 지진이 많이 발생했으며, 경기도의 한강과 임진강 하류유역과 황해도의 예성강 중·하류 지역과 서울부근 등이 강진이 발생했던 지역으로 나타나고 있다. 또한 계기지진에 의한 지진기록도 역사지진에 의한 것과 동일한 양상으로 지진기록의 분포를 나타내고 있음을 〈그림-5〉와 〈그림-6〉을 비교하면 알 수 있다. 다시 말하면, 지진의 발생위치가 대부분 인구나 산업이 밀집된 지역을 중심으로 많이 분포하고 있는 것을 나타냈다.

이상에서 역사지진과 계기지진을 살펴본 바와 같이 한반도에서의 지진은 300~400년의 주기성을 가지고 발생하고 있으며, 그 규모면에서 중진 이상의 큰 규모의 지진이 300여년 전까지도 많이 발생하였다. 그러나, 18세기 후반부터 지진발생빈도도 작고 규모 또한 작아서 한반도가 지진에 대해 안전한 시대라는 인식을 가질 수 있도록 한 것으로 사료된다. 비록 300여년 동안 지진에 의한 피해가 거의 발생하지 않고, 지진발생빈도도 작았으나 최근 홍성지진(1978년 규모5.0), 백령도 지진(1995년 규모4.2),

영월 지진(1996년 규모4.5)과 같은 중소규모의 지진 활동이 다시 증가하는 경향에 비추어 볼 때 한반도에서도 인명과 사회·경제 시스템에 큰 피해를 초래할 수 있는 대형 지진재해 발생의 가능성을 배제할 수 없다.

### 3. 지진으로 인한 피해

지진에 의해 발생하는 재해는 지진활동 중 발생하는 <그림-7>에서 <그림-9>까지에서 보는 바와 같이 주택, 건물, 교량 등과 같은 구조물의 붕괴로 인한 인명피해 및 재산손실과 같은 직접적인 피해와 <그림-10>에서 <그림-15>까지에서 보는 바와 같이 화재, 가스 및 유해물질의 유출, 교통, 통신두절로 인해 유발되는 2차적인 피해의 형태로 나타난다.



<그림-9> 일본 구 고베시청의 지진피해

(Japan National Committee for International Decade for Natural Disaster Reduction, "1995, 1, 17 Pictures of Disasters in the Great Hanshin-Awaji Earthquake", 1995.) 특히 2차적인 피해는 사회경제활동을 마비시키는 대규모의 재해를 유발



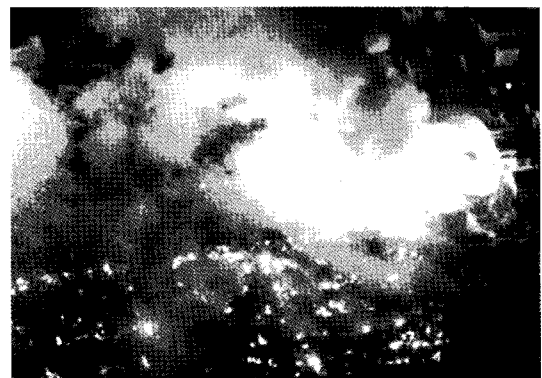
<그림-7> 일본 고베시 주택가의 지진피해



<그림-10> 고베지진 발생 직후 시가지에서의 화재



<그림-8> 한신고속도로의 붕괴



<그림-11> 지진 발생 당일 밤의 화재



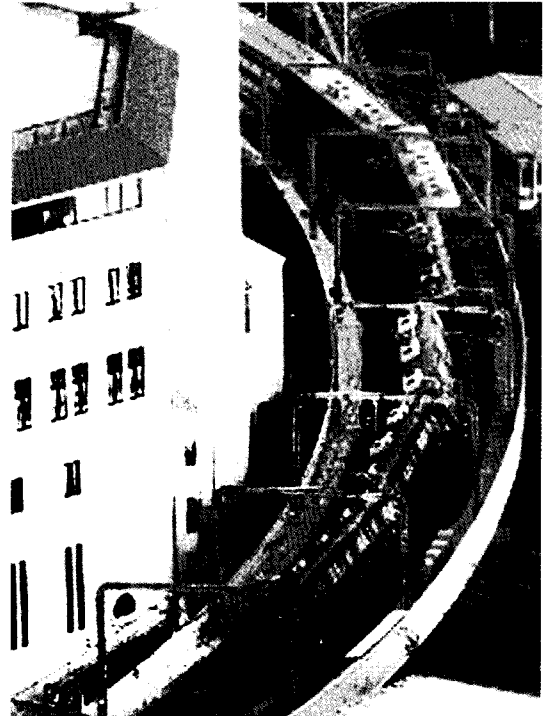
〈그림-12〉 사면붕괴 및 도로파손



〈그림-13〉 단수로 인한 식수를 공급받는 모습



〈그림-14〉 통신두절을 해소하기 위한 임시공중전화 운영



〈그림-15〉 대중교통 수단 마비

하는 특징을 가지고 있다.

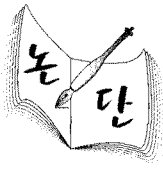
최근에 세계각국에서 발생한 중요한 지진들의 규모와 피해정도를 비교하면 〈표-1〉과 같다.(국립방재연구소, “내진설계 제도 및 기준에 관한 연구II”, 1998.) 〈표-1〉에서 보는 바와 같이 지진재해는 지진에 대한 사회 전체의 준비 태세와 내진 설계 기술의 수준 및 시공의 정밀도에 따라서 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 1999년 8월 터키 Izmit 지진(규모 7.4)과 동년 9월 대만 Chichi 지진(규모 7.6)은 지진의 규모면에서 서로 큰 차이가 없으나 지진으로 인한 사망 및 실종자의 수는 4만여명과 2천여명으로 엄청난 차이가 있다. 이는 비교적 충실하게 내진설계를 실시하고, 지진재해에 대비한 활동을 꾸준히 전개하여왔던 대만의 사회분위기에 비하여 터키에서는 급속한 도시화과정에서 내진설계를 무시하고, 정부와 시민 모두가 지진에 대하여 무방비 상태였던 것으로 알려지고 있다.

〈표-1〉 주요지진 피해 사례 및 교훈

주요지진	발생시기	규모	특 징	교 훈
Mexico	1985.9	8.1	약 10,000명 사망 약 200동 이상의 고층건물 붕괴 원인 : 연약지반의 영향	※ 지반특성의 중요성 부각
Armenia	1988.12	6.8	약 60,000명 사망 및 실종 70억불 이상의 경제 손실 원인 : 급속한 도시화 내진설계 무시와 부실시공으로 인한 구조물 피해	※ 내진설계의 중요성
Loma Prieta	1989.10	7.1	62명 사망 약 83억불의 재산손실 원인 : 초기 화재진압 실패 사회기반시설 파괴(2차재해)	※ 내진설계의 중요성 ※ 2차 재해에 대한 인식
Northridge	1994.1	6.8	58명 사망 미국 역사상 최대 경제손실 원인 : 진원이 도심 예상을 초과한 지반운동 사회기반시설 파괴(2차재해)	※ 사회기반시설의 내진설계 ※ 라이프라인의 내진설계 ※ 기존 구조물의 내진성능향상
고베	1995.1	7.2	5,502명 사망 일본 역사상 최대 경제손실 원인 : 도시적하형 지진 예상을 초과한 지반운동 사회기반시설 파괴(2차재해) 특징 : 1989년 개정된 지방서에 의해 설계된 구조물의 피해 경미	※ 내진설계 및 지진재해에 대한 대응방안의 변화필요 ※ 역사적 지진재해기록에 대한 철저한 분석
Izmit	1999.8	7.4	약 15,000명 사망 30,000명 실종 막대한 구조물 피해와 재산손실 원인 : 내진설계 무시와 부실시공 시민들의 안전불감증 정부 및 공무원의 부패 지진 대응시스템 부재	※ 내진설계의 중요성 ※ 지진재해 대응방안 확립 ※ 국민들의 의식변화
Chichi	1999.9	7.6	약 2,500명 사망 주요 구조물 및 시설물의 붕괴 원인 : 도심에 근접한 진원 내진규정의 재정비 미완료 도시기능의 마비(2차재해)	※ 지진재해 대응방안 확립 ※ 국민들의 방재의식 고취

1985년 Mexico 지진(규모 8.1), 1989년 Loma Prieta 지진(규모 7.1) 및 1995년 고베 지진(규모 7.2) 으로부터 발생한 지진재해는 지진재해가 지반의 특성에 매우 민감함을 알 수 있게 하였다. Mexico

지진의 경우에는 지진이 Mexico City의 대규모 연약지반을 통과하면서 진동성분이 장주기로 변환되어 비교적 지진시 붕괴위험이 적은 장주기를 갖는 구조물의 붕괴를 유발하였다. 특히 매립지역에서의



역상화현상은 지진재해를 크게 증가시키는 요인임을 알 수 있었다.

현대사회는 산업화가 진행됨에 따라 도시로 인구가 집중되고 경제활동의 규모가 대형화되고 밀집되면서 그 기능이 복잡하면서도 정교해지고 있다. 따라서 고도 산업사회의 사회경제 체제를 유지하기 위해서는 교통, 수도, 가스, 전기 및 통신시설을 비롯한 라이프라인 시스템이 잘 정비되어 있어야 하고 그 기능이 원활하게 수행되어야 한다. 이와 같은 산업화 사회현상은 대도시화를 유발하고 그로 인하여 도로, 공항 및 라이프라인시설 등의 사회기반시설물의 고밀도 집적화하도록 하는 현상이 대다수의 국가에서의 공통 특징이라 말할 수 있다.

최근 미국(1989년 Loma Prieta 지진, 1994년 Northridge 지진)과 일본(1995년 고베지진), 대만(1999년 Chichi 지진)의 대도시에 발생한 지진으로 인해서 라이프라인 시설이 큰 피해를 입었고, 그 때문에 도시의 사회·경제 활동의 기능이 장기간 마비되었다. 이러한 경험으로부터 지진발생시 인명 피해와 구조물파괴라는 직접적인 피해를 방지하는 것도 중요하지만 사회경제 체제의 기능을 보존하는 것이 매우 중요하다고 하겠다. 이와 같이 통신단절로 인한 사태파악의 어려움, 교통두절로 인한 접근의 장애, 화재의 초기진압 불가, 가스와 유해물질의 누출로 인한 2차 피해발생 등으로 엄청난 피해를 가져올 수밖에 없는 것이 현대사회에서의 지진재해의 또 하나의 특성이라고 할 수 있다.

이상에서 정리하여 살펴본 바와 같이 지진재해는 국가적인 차원에서의 방재정책과 지진재해 대비·대응능력, 지역적 특성을 효과적으로 고려한 내진설계 수준과 기술능력 뿐만 아니라 국민들의 의식수준 및 훈련정도에 따라 큰 차이를 나타냄을 알 수 있다.

#### 4. 우리나라의 내진설계 현황

정부에서는 2004년 12월 26일 인도네시아 수마트라 해역에서 발생한 규모 9.0의 강진으로 인하여

막대한 인명피해가 발생하는 등 지진에 대한 사회적 관심이 증대되면서 국무총리의 범정부적인 지진방재종합개선대책 마련 지시에 따라 2005년 5월에 지진방재종합개선지원단을 발족하여 지진재해경감대책법(안)을 마련하고, 지난 2008년 3월 28일에 지진재해대책법이 제정·공포되었다. 지진재해대책법 제4장 내진대책의 제14조에는 30개 법정시설을 내진설계대상으로 설정하여 내진설계를 시행할 것을 규정하고 있으며, 이들 중 ‘(30) 대통령령으로 정하는 시설’을 제외한 시설물들을 개별 시설물별로 분류하면 모두 31가지로 분류할 수 있다. 또한, 지진재해대책법 제15조에는 동법 제14조에 따른 내진설계 대상 시설물 중 관련 법령이 제정되기 전에 설치된 공공시설물이나 관계 법령의 제정 이후 내진설계기준이 강화된 공공시설물(이하 “기존시설물”이라 한다)의 내진성능 향상을 위하여 5년마다 기존시설물 내진보강기본계획을 수립하도록 내진보강을 추진하도록 명문화하였다. 다음 <표-2>는 31개 내진설계 대상시설물 별 소관부처 현황, 관련 내진설계기준의 제정년도를 정리한 것이다.

소방방재청에서 수립한 제3차 지진종합방재대책과 2009년 소방방재청에서 연구한 기존구조물 내진보강 기본계획 수립에 대한 연구결과에 의하면 2008년 12월 현재 31개 시설물들에 대한 내진설계 현황은 다음 <표-3>과 같다.

#### 5. 내진보강 기본계획

내진보강을 추진하기 위해서는 일련의 절차가 필요하다. 우선, 대상 시설물에 대한 내진보강이 필요한지 여부를 밝혀야 한다. 내진보강의 필요 여부를 판단하기 위해서는 시설물이 보유하고 있는 내진성능을 알아야 한다. 즉, 현재 시설물이 보유하고 있는 내진성능의 수준을 기준으로 내진보강 여부를 판단하고, 보강이 필요한 경우 적절한 내진보강설계를 통해서 내진보강을 추진하게 된다.

내진성능의 평가는 시설물이 현행 내진설계기준

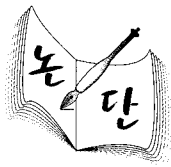
〈표-2〉 내진설계 대상시설물 현황

대 상 시 설 계	기준제정년도	소관부처	내진설계대상 31 시설
1. 원자로 및 관계시설	1960	교과부	모든 원전시설
2. 발전용 수력·화력설비, 송전·배전·변전설비	1960	지경부	모든 시설
3. 석유 정제·비축 및 저장시설	1974	지경부	"
4. 다목적댐	1979	국토부	"
5. 건축물	1988	"	3층 이상, 연면적 1천m <sup>2</sup> 이상
6. 고속철도	1991	"	모든 시설
7. 가스공급, 고압가스, 액화석유가스저장시설	1998	지경부	"
8. 도로시설물	1999	국토부	교량, 터널
9. 철도시설	1999	"	철도, 건축, 교량 등
10. 항만시설	1999	"	모든 시설
11. 어항시설	1999	농식품부	"
12. 수도시설	2000	환경부	"
13. 농업생산기반시설	2000	농식품부	"
14. 일반댐 (용수전용댐)	2000	국토부	"
15. 수문	2000	국토부	"
16. 배수갑문	2001	국토·농식품부	"
17. 압력용기	2001	노동부	"
18. 크레인	2001	노동부	"
19. 리프트	2001	노동부	"
20. 송유관	2002	지경부	"
21. 매립시설	2002	환경부	교량, 터널, 건축, 전기시설
22. 산업단지폐수종말처리시설	2003	환경부	모든 시설
23. 공항시설	2004	국토부	"
24. 도시철도	2005	국토부	"
25. 공동구	2005	"	"
26. 하수종말처리시설	2007	환경부	"
27. 학교시설	1988	교과부	3층 이상, 연면적 1천m <sup>2</sup> 이상
28. 삭도 및 궤도	-	국토부	기준 마련 중
29. 유기시설	-	문화부	기준 마련 중
30. 종합병원, 병원, 요양병원	1988	복지부	3층 이상, 연면적 1천m <sup>2</sup> 이상
31. 전기통신설비	-	방통위	기준 마련 중

대비 어느 정도의 내진성능을 보유하고 있는지를 판단하는 것이다. 대상 시설물을 설계할 때 적용했던 내진설계기준의 수준부터 시설물의 노후도, 사회적

중요도 등 고려해야 할 항목들이 많이 있다. 즉, 구조공학 전문가가 내진성능을 평가하기 이전에 내진 설계 현황을 파악해야 한다.





〈표-3〉 시설물별 내진설계 현황 요약

시 설 물	내진설계 대상	내진적용	내진 목적용			소 계	비 고	
			내진양호	내진보강 완료	내진보강 필요			
총 계	86,729	23,063	15,347	1,337	46,982	63,666		
1. 건축물	15,943	3,142	-	-	12,801	12,801		
2. 배수갑문	95	9	59	1	26	86		
3. 공항시설	145	95	36	6	8	50		
4. 수문	3	-	-	-	3	3		
5. 농업생산기반시설	553	171	251	21	110	382		
6. 다목적댐	15	15	-	-	-	-		
7. 일반댐(용수전용댐)	14	8	6	-	-	6		
8. 도로시설물	32,744	10,843	7,485	1,173	13,243	21,901		
9. 가스공급, 고압가스, 액화석유가스저장시설	54	51	3	-	-	3		
10. 도시철도	1,421	47	1,065	-	309	1,374		
11. 압력용기	1,586	292	1,294	-	-	1,294		
12. 크레인	4,109	2,307	1,426	-	376	1,802		
13. 리프트	229	186	43	-	-	43		
14. 석유 정제·비축 및 저장시설	185	169	16	-	-	16		
15. 송유관	4	-	4	-	-	4	1,081km	
16. 산업단지폐수종말처리시설	60	18	1	8	33	42		
17. 수도시설	539	-	-	-	539	539		
18. 어항시설	635	73	477	-	85	562		
19. 원자로 및 관계시설	21	21	-	-	-	-		
20. 발전용 수력·화력설비, 송전·배전·변전설비	1,479	1,195	24	12	248	284		
21. 철도시설	3,437	695	2,337	96	309	2,742		
22. 매립시설	18	2	-	-	16	16		
23. 하수종말처리시설	2,354	393	156	-	1,805	1,961		
24. 고속철도	158	158	-	-	-	-		
25. 항만시설	844	102	3	0	739	742		
26. 공동구	21	-	6	1	14	21		
27. 학교시설	국립학교	13,912	1,449	-	-	12,463	12,463	
	사립학교	3,817	407	-	-	3,410	3,410	
28. 삭도 및 궤도	-	-	-	-	-	-		
29. 유기시설	-	-	-	-	-	-		
30. 종합병원, 병원, 요양병원	공공병원	209	85	69	-	55	124	
	민간병원	2,125	1,130	586	19	390	995	
31. 전기통신설비	-	-	-	-	-	-		

따라서 내진보강을 추진하기 위해서는, 내진설계 현황 파악, 내진성능평가, 내진보강(설계와 시공)의 절차를 거쳐야 한다. 따라서 내진보강 기본계획에는 이러한 절차들을 추진하는데 필요한 사항들이 포함되어야 한다.

## 6. 맺음말

2008년에 지진재해대책법이 31종 시설물에 대한 내진설계를 의무화하였고, 대부분의 시설물들에 대한 내진설계기준은 이미 그 이전에 마련되어 있었다. 하지만, 설계자들이 얼마나 내진설계기준을 이해하고 있으며, 내진설계기준이 실제로 얼마나 엄격하게 구조설계에 적용되고 있는지는 미지수이다. 이러한 여건을 고려하면, 우리나라의 내진보강 설계기술이나 시공기술이 미국이나 일본과 같은 지진공학 선진국들에 비해 많이 뒤쳐져 있는 것은 당연한 일이라고 할 수 있다. 이 절에서는 내진보강 계획을 수립하는 과정에서 발견된 문제점들과 향후 내진보강 사업의 추진을 위해 필요한 점들을 제시한다.

### 1) 내진설계 현황 조사

기존시설물에 대한 내진설계 현황이 보다 자세한 수준으로 조사되어야 한다. 현재의 데이터베이스에서 가장 절실하게 필요한 것은 개별 시설물에 적용된 내진설계기준이 어느 해 제정된 기준이나 하는 것이다. 내진설계기준은 최초로 제정된 이후에 일정기간을 주기로 개정되는 것이 일반적이므로, 내진설계기준이 개정되면, 이전의 기준으로 설계된 시설물의 내진성능은 상대적으로 떨어지게 된다.

시설물의 내진설계기준 연도에 대한 데이터베이스는 내진보강의 우선순위를 결정하는데 유용하게 사용될 수 있다.

### 2) 내진성능평가 방법

시설물의 내진성능평가는 최신 내진설계기준 대비 어느 정도의 내진성능을 보유하고 있는 것인지를

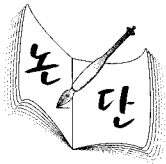
판단하는 것이다. 내진성능평가는 내진보강설계의 기반이 되기 때문에 성능평가가 부정확하게 이루어지면, 보강설계가 과다하게 되어 비경제적인 설계가 되거나, 보강설계가 실제보다 부족하게 되어 지진발생 시 시설물이 큰 손상을 입을 수도 있다. 따라서 내진성능평가 방법은 현행 내진설계기준 대비 부족한 내진성능을 정확하게 파악할 수 있도록 구성되어야 한다.

하지만, 현재 우리나라에서는 2004년 한국시설안전공단에서 제작한 일부 시설물의 내진성능 향상요령 이외에는 내진성능평가 방법에 대한 기준이나 지침이 거의 없는 상태이다. 게다가, 한국시설안전공단의 요령집이 발간된 이후에 내진성능평가 기술이 많이 개발되었으므로, 이 요령집에 대한 개정작업도 필요한 실정이다. 따라서 내진성능평가 방법에 대한 연구개발 투자를 통한 국내 내진설계기준에 부합하는 내진성능평가 방법을 개발하여 효율적인 내진보강설계가 이루어지도록 해야 한다.

### 3) 내진보강 비용산정

지진재해대책법은 5년 주기로 시설물에 대한 내진보강 계획을 수립하도록 규정하고 있고, 기본계획의 중요 항목 중의 하나는 소요예산이다. 현재 내진보강에 소요되는 비용을 산정하는데 있어 가장 어려운 점은 근거가 될 만한 사례가 없다는 점이다. 현재까지 건축물과 교량에 대한 내진보강이 일부 추진된 사례가 있으나, 신뢰도 높은 보강비용 단가를 산출하기에는 자료의 양이 부족하다. 게다가 건축물과 교량을 제외한 나머지 시설물들은 사례가 전무하다. 따라서 내진보강 사업을 추진해 가면서 자료를 축적하여 보강비용 단가를 보정해 나아가야 한다.

내진보강의 소요비용을 산정할 때 또 하나의 어려움은, 시설물의 유지보수 및 보강과 내진보강을 뚜렷하게 구분하기가 어렵다는 점이다. 건축물의 예를 들면, 내진성능과 관련 없는 리모델링이 종종 이루어지는데, 내진보강을 추진하게 되는 경우, 리모델링과 연계하여 내진보강 설계 및 시공을 하는 것이 합



리적이다. 이와 같이 비내진보강과 내진보강이 혼재된 경우, 내진보강에만 소요되는 인건비, 재료비, 설계비 등을 분리할 수 없게 된다.

‘시설물 안전관리에 관한 특별법’(이하 시특법)에 의하면 특정 시설물에 대해 정기적인 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하도록 규정하고 있고, 정밀안전진단에는 내진성능평가 및 보강을 포함할 수 있도록 하고 있다. 시특법과 지진재해대책법에서 각각 시설물의 비내진 및 내진 보강을 의무화하고 있으므로, 이들 두 개의 법이 규정하는 범위를 단일화하는 것이 효율적으로 시설물을 관리하고 보수 및 보강비용을 절감하는 방안이 될 수 있다.

#### 4) 내진보강 기술개발

해외에서는 수요가 가장 많은 건축물과 교량을 중

심으로 내진보강 기술이 발전해 왔고, 우리나라도 그러한 방향을 따르고 있다. 하지만, 지진재해대책법에 의해 31종 시설물에 대한 내진보강수요가 급증할 수 있는 점을 고려하면, 기타 시설물들에 대한 보강기술을 시급히 개발할 필요가 있다. 특히, 개착터널, 관로, 매립시설 등과 같은 지중구조물이나 항만과 관련된 수중구조물에 대한 보강기술은 해외에서도 찾아보기 힘들다.

이와 같은 시설물들의 경우, 신설시공과 보강시공의 시공환경에 차이가 많아, 내진보강 기술개발 시 시공여건을 고려해야 한다. 예를 들어, 개착터널의 주터널의 벽체를 보강해야 하는 경우, 터널의 안쪽으로부터의 접근만이 가능하고, 터널의 바깥쪽은 매설되어 있어 접근이 불가능하다는 점을 보강설계시 고려해야 한다. ▲

## ▶▶▶ 시사 용어 해설 ◀◀◀

### ▶ SOA(서비스 지향 아키텍처)

Service-Oriented Architecture의 약어로 우리말로 ‘서비스 지향 열개’라 순화하여 쓰기도 한다. 기업의 소프트웨어 인프라인 정보 시스템을 공유와 재사용이 가능한 서비스 단위나 컴포넌트 중심으로 구축하는 정보 기술 아키텍처. 정보를 누구나 이용 가능한 서비스로 간주하고 연동과 통합을 전제로 아키텍처를 구축해 나간다. 서비스 지향 아키텍처(SOA)의 대표적인 예인 단순 객체 접근 프로토콜(SOAP) 기반의 웹 서비스에서는 서로 다른 이용자들이 서로 다른 방식으로 서비스와 의사소통을 하면서도 통합 관리되는 서비스들을 사용할 수 있다. 1996년 컨설팅 업체 가트너(Gartner)가 처음 소개한 것으로 기업의 IT 시스템을 비즈니스에 맞춰 유연하게 사용할 수 있다는 것이 장점이다. SOA는 기존 개념에 이벤트 기반 아키텍처(EDA:Event Driven Architecture)를 더해 비즈니스에서 발생하는 각각의 상황을 실시간으로 처리하는 개념인 SOA 2.0을 도입하고 있다.