
저자 (Authors)	한상환 Han Sang Whan
출처 (Source)	건축 55(5) , 2011.5, 22-26(5 pages) Review of Architecture and Building Science 55(5) , 2011.5, 22-26(5 pages)
발행처 (Publisher)	대한건축학회 ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01635962
APA Style	한상환 (2011). 우리나라 내진설계 현황 및 문제점. 건축, 55(5), 22-26
이용정보 (Accessed)	이화여자대학교 203.255.***.68 2020/04/25 15:45 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

우리나라 내진설계 현황 및 문제점

Korean Seismic Design Code and Application Status



한 상 환 / 정회원, 한양대 건축공학부 교수
Han, Sang Whan / Professor, Hanyang University
swhan@hanyang.ac.kr

1. 서론

지난 3월 11일 일본에서 동북부 지진이 발생하여 지진해일, 지진진동, 액상화, 원전시설 파괴로 인한 방사능 유출 등 매우 큰 피해를 초래하였다. 그 후 계속되는 여진으로 일본뿐만 아니라 인접한 우리나라와 중국에서 지진에 대한 큰 공포를 느끼고 있다. 우리는 지난 2008년 5월 중국 쓰촨성지진 (규모 8.0)에 의한 그 지역의 피해 상황을 지켜본 바 있다. 약 8만 명의 사망자와 2만 명의 실종자, 37만 명의 부

상자가 발생하였다. 경제적으로는 약 22조 5000억원의 손실이 발생하였다. 이번 동북부지진은 규모가 9.0에 달하는 것이었으며 사망자 (행방불명자 포함) 약 2만 4천명과 330조원에 가까운 경제적 피해를 추정하고 있으며 30만 명이 넘는 이재민이 발생했다고 보고하고 있다. 그림 1에는 실제 동북부 지진발생으로 인한 해일과 우리나라 영화 해운대의 가상 해일 사진이다. 해운대 영화를 보며 영화속의 가상의 일이라 생각했던 일이 현실이 되었음을 사진을 통하여 알 수 있다.



그림 1. 실제 동북부 지진사진(상) -International Herald tribune 발췌
영화 해운대사진(하) -해운대 공식 사이트 발췌

지진은 지각변동 및 지반운동으로 인하여 인명 및 재산피해를 가져오는 무서운 자연재해다. 지진은 예측하기 힘들다는 어려움이 있을 뿐만 아니라 지진이 발생하면 피해지역이 매우 광범위하게 된다. 지진은 1년에 약 만명 정도의 인명피해를 낸다고 하니 그 위험도를 간과하여서는 안 된다.

우리가 살고 있는 지구는 크게 약 10개의 다른 판들이 서로 다른 운동을 하며 판과 판이 인접한 경계 부분에서 지진이 많이 발생을 하게 된다. 이를 판경계 지진 (plate edge earthquakes)이라고 한다. 이번에 동북부지진도 태평양판과 북아메리카 판이 만나는 경계부에서 발생한 것이고 그 경계부분에 역단층이 형성되어 있어 지진 발생하며 큰 해일을 수반하였다.

우리나라는 판 경계부와는 거리가 있다. 이러한 지역에서 발생하는 지진을 판 내부지진 (intraplate earthquakes)이라고 한다. 판 내부에서는 판의 경계 부분처럼 지진활동이 빈번하지 않지만 큰 지진이 판 내부에서 발생한 사례가 보고되고 있다. 대표적인

예로는 1886년 Chaleston 지진과 1811년과 1812년 미시시피지진이 있다. 미시시피 지진에서는 미시시피 강의 많은 섬이 없어질 정도의 큰 지진이었다고 보고하고 있다. 또한 이러한 지역은 일반적으로 지진이 빈번하지 않아 구조물들을 내진설계 하지 않는 것이 통상적인데, 이로 인하여 큰 지진이 발생할 경우 그 피해는 막대한 것이라 할 수 있다. 미국에서는 이러한 점을 인식하여 중, 저 지진 지역인 미국의 중부와 동부를 위한 내진설계를 최근 재정립하고 있다.

우리나라의 경우 지진이 발생하지 않는 것으로 인식되어 왔으나 지진은 작거나 중간정도 규모의 지진들이 과거부터 현재까지 발생하고 있는 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서는 1970년부터 지진에 대한 계기관측을 시작한 이래, 1978년 9월 규모 5.2의 속리산지진, 같은 해 10월 규모 5.0의 홍성지진, 1996년 12월 13일 규모 4.5의 영월지진이 기록되었다. 또한 1997년 경주지진, 2004년 울진지진, 2007년 월정사지진 등 규모 5.0 전후의 지진들이 발생하여 지진에 대한 관심과 우려가 높아지고 있다. 계기관측이 시작된 이후 규모 6.0에 달하는 지진도 서해에서 세 차례나 있었다. 기상청 자료에 따르면 우리나라에 규모 3.0이상의 지진이 연간 약 40회 발생하는 것으로 보고하고 있다. 우리나라에서도 지진에 대한 국내의 사례와 인접국들의 지진피해를 경험하며 이에 대한 대책을 여러 기관에서 마련하고 있다. 또한 내진설계 기준도 계속 제정하고 있고 그 내진설계 대상을 확대해 나가고 있다.

우리나라도 지진에 대한 안전국이 아님을 인식하고, 주변국의 지진으로 인한 여러 경험과 교훈을 깊게 기억한다면 이에 대한 대비를 사전에 철저히 하는 것이 중요하다. 본 기사에서는 우리나라의 내진 설계 현황 및 문제점을 살펴보고자 한다.

2. 현행 내진설계기준 개정 배경

내진기준이 우리나라에서 만들어진 것은 지난 1988년이다. 이후 2000년에 개정이 있었는데 그 방법에는 큰 변화가 없었다. 하지만 2005년 개정 당시 내진기준이 완전 개편되었다고 할 수 있다. 2009년에는 2005년 기준과 큰 차이는 없지만 지진위험지도

를 허용하는 것이 큰 변화라고 할 수 있고 주요건물의 중요도 등급과 높이제한 및 허용한계에 변화가 있었다. 우리나라의 내진설계가 의무화된 계기는 1978년의 충남 홍성지진과 1985년 멕시코 지진의 경험에서 시작되었다고 할 수 있다. 홍성지진은 규모 5.0의 지진으로 가옥 및 성벽 등이 붕괴되며 우리나라에도 지진의 위험이 있다는 것을 인식할 수 있도록 한 계기가 된 지진이었다. 멕시코지진은 멕시코의 수도에서 지진으로 많은 건물들이 붕괴되어 그 당시 내진설계에 대한 큰 경각심을 불러 일으켰다. 이에 대한 우려를 반영하기 위하여 당시 건설부는 대한건축학회를 주관으로 하여 내진설계기준을 작성하도록 하였다. 이 기준은 미국의 ATC 3-06을 기초로 하고 있다. 또한 그 근거에 대하여 명확히 밝히고 있지는 않지만 진도 7이상의 지진에 건물의 안전을 목표로 하고 있고, 지진의 위험이 적은 강원도와 전라남도, 제주도는 진도 6의 지진에 대한 구조물의 안전을 목표로 하는 것으로 명시하고 있다.

이 기준이 마련되기 전인 86년에는 21층 이상 건물과 16층 이상 아파트는 내진설계를 해야 한다는 고층건축물 내진설계지침을 제정하여 매우 제한적으로 내진설계를 적용하였다. 특히 86년 이전에 지어진 아파트나 대부분의 건물은 내진설계가 반영되지 않았다고 볼 수 있으며 현재 지하철·빌딩·교량·경부고속철도등 대부분 국가 주요 시설에 내진설계가 되어 있지 않아 중간규모의 지진이 발생하여도 그 안전성을 확신할 수 없어 이에 대한 대책마련이 필요하다. 현재까지의 우리나라 내진기준의 큰 변화를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 1962년 건축법 제정-구조계산 시 지진에 대하여 검토하도록 하였으나, 구체적 검토기준은 없었음.
- (2) 1985년 건축법시행령 개정(공포 후 6개월 후 시행)
- (3) 1988년 우리나라의 설계기준 : 미국의 ATC 3-06 기준을 적용(진도7)
- (4) 2000년 건축구조설계기준(Korean Building Code) 제정(3층 이상 연면적 1000 m^2 이상)
- (5) 2009년 건축구조설계기준(Korean Building Code) 개정 (상세 지진재해도 채용, 내진설계범주 'D'에 대한 시스템 제한과 높이제한 설정)

지진재해 및 구조물의 내진설계

2005년 내진기준과 2009년 내진기준은 그 이전 기준과 다르다고 언급한바 있다. 이는 다음과 같은 차이점을 열거할 수 있다.

1) 최대지진 (Maximum considered earthquake) 과 설계지진 (Design earthquake):

이전까지는 50년에 10%초과할 수 있는 지진에 대하여 내진설계를 하여왔다면 2005년부터는 최대지진인 50년의 2%초과확률을 갖는 지진에 대하여 붕괴하지 않도록 설계한다. 하지만 설계에서 이러한 지진력을 직접 사용하는 것이 아니라 이 지진의 2/3의 수준의 설계지진을 사용한다. 이는 일반적인 건물이 잘 설계될 경우 그 하중보다 1.5배 초과강도를 보유하고 있는데서 결정한 것이다. 따라서 2/3으로 낮춘 설계 지진을 사용하여 설계하더라도 최대지진이 발생

할 경우 구조물은 초과강도로 인하여 붕괴하지 않는다는 개념을 기초로 한다. 이는 FEMA 303에서 제시한 개념으로 현행 미국 내진설계기준이 IBC 2009와 ASCE 7에서 기본으로 하고 있다. 이러한 개념은 성능기반 설계로 가는 임시적인 것이라 할 수 있다. 다음 그림은 그 개념을 나타낸 것으로 이 기준으로 설계할 경우 일반적인 건물 (Group I)인 경우 최대지진에 대하여 붕괴를 방지하고 그 지진의 2/3에서는 인명안전을 보장한다는 매트릭스이다.

2) 상세지진재해도의 도입

2009년 이전까지는 1988년에 만들어진 그림 3(a)와 같은 지진재해도를 사용하여 설계하여 왔다. 하지만 1997년 내진설계기준연구를 통하여 상세지진재해도가 마련되었으며 이를 2009년 개정 기준에서는 드디어 반영하기로 결정하였다. 그림 3(a) 2009년 이전 사용하던 지진 재해지도이고 (b)는 2009년 이후 사용하는 지진재해도이다.

3) 지반계수의 변화

지반계수는 2005년 이전기준에서는 지반을 4가지로 분류하여 강진지역의 기준에서 사용하던 것을 준용하였다. 하지만 최근 암반에서 일어난 지진의 지반 조건에 따른 증폭인 약한 지진에서 더 크게 증폭하는 것을 보고하고 있으며 이를 반영하기 위하여 기준이 개정되었다. 다음 그림은 지진의 최대가속도에 따른 지진운동의 증폭을 나타내고 있다. 현행기준에서는 최대지진의 가속도 스펙트럼 크기에 따라 그 지반 조건에 따른 증폭계수를 조정하도록 하고 있다.

4) 내진설계 범주의 사용

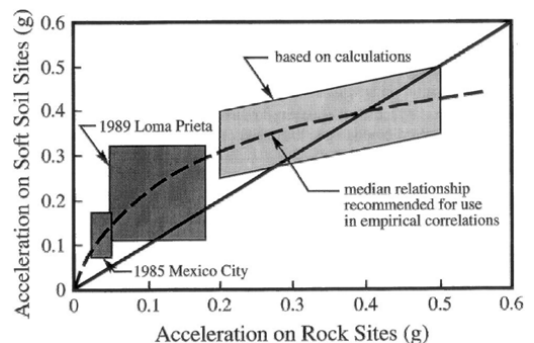


그림 4. 지진운동의 증폭

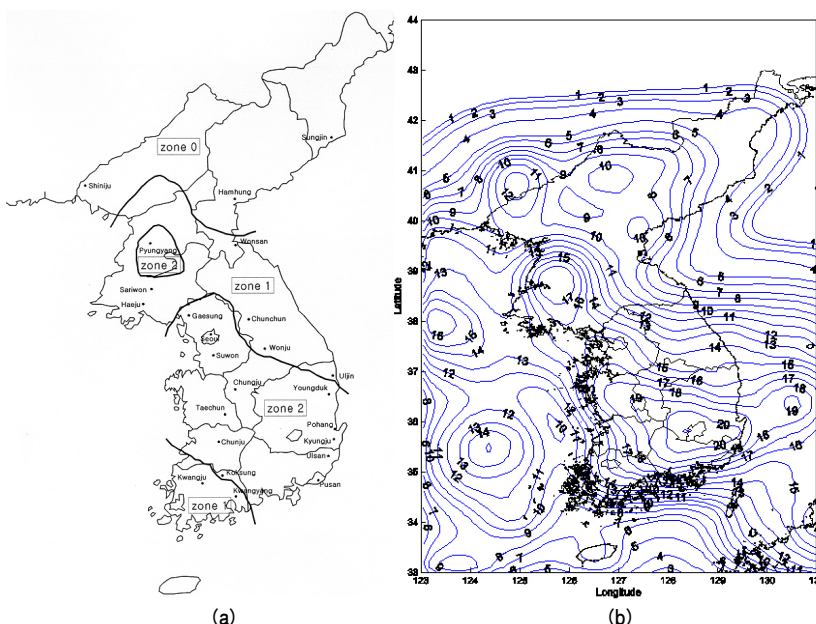


그림 3. (a) 지진 재해지도 (2005년 이전) (b) 2005년 이후

2005년 이후 내진설계기준에서는 내진설계범주를 사용하도록 하고 있으며, 이 범주는 건물의 중요도와 지진의 위험도에 따라 결정이 된다. 이 범주에 따라 높이제한, 특별상세 요구조항, 시스템제한 및 허용하는 해석법의 제한 사항이 뒤따른다.

5) 기준의 일관성

2005년 기준은 강도설계를 위한 지진하중으로 하중계수를 1.0으로 하여야 한다. 하지만 기준 기준에서는 지진하중이 허용응력 설계를 위한 수준인지 아니면 강도설계를 위한 지진하중 수준인지 명확하지 않았다. 2005년에 내진설계 기준이 개정되며 이에 대한 혼선이 없어져 보다 일관된 설계를 할 수 있게 되었다.

6) 다양한 횡력저항 시스템

현행 기준에서 무엇보다 크게 달라진 것은 다양한 횡력저항시스템을 허용한 것이다. 또한 이에 대한 재료기준 (콘크리트, 강구조)이 마련된 것이다. 이는 구조실무자가 선택할 시스템의 폭이 커져 구조설계가 더욱 다양한 시스템을 이용하여 이루어지게 되었다.

3. 내진설계 현황

1988년에 내진기준이 법제화 되었으므로 1988년 이전에 지어진 건물은 내진설계가 안되어 있다고 볼 수 있다. 1988년 제정 당시 내진설계의 적용으로 인한 경제적 파급효과를 고려하여 6층 이상의 건물만 내진설계를 하도록 하였다. 이는 2005년 개정되면서 3층 이상 건물을 내진설계 하도록 하여 그 범위가 확대되었다. 따라서 1988년부터 2005년 사이에 지어진 건물의 경우 6층 미만의 건물은 내진설계가 안되어 있다 할 수 있다. 현재 기관에 따른 통계는 다르지만 내진설계가 되어있는 건물은 전체건물의 10% 이내라고 보고 있다. 따라서 이에 대한 대책 마련은 매우 시급하다. 특히 우리나라에서 초·중·고교 건물이 1만 7천동이며, 내진보강이 필요한 건물은 전체의 86.3%인 15,305동이라고 보고한 바 있다.

한국구조기술사회 자료에서는 현재까지 준공된 우리나라 전체건축물 680만동 중 2.3%인 16만동만 내

표 1. 내진설계 적용 건물 (2011년 3월 한국구조기술사회 자료 발췌)

우리나라 전체 건축물	내진설계 대상여부 (3층이상, 연면적 1000㎡ 이상 건축물)		내진설계 적용여부		
	내진설계 비대상	580만동	-	비적용	85.3%
680만동	내진설계 대상	100만동	84만동	비적용	12.4%
			16만	적용	2.3%
비고	우리나라 전체 건축물중 2.3%만 내진설계가 적용되었으며, 그 중에서도 내진설계전문기가 실제로 협력한 건축물은 0.6%에 불과함.				

진설계가 적용되었다고 보고하여 내진설계가 안된 건물이 훨씬 적은 것임을 지적하였다. 이러한 건물은 지진재해에 대하여 어떤 거동을 할지 의심스럽다 할 수 있다. 표1은 한국구조기술사회의 2011년 3월 자료 중 내진설계적용 건물 통계표를 발췌한 것이다.

특히 이 자료에서는 2층에서 5층 사이에 필로티를 갖는 공동주택 및 사무실의 지진위험성을 지적하였다. 이에 대한 피해는 이미 해외 지진으로부터 많이 보고된 사례이다. 하지만 이런 건물이 저층 건물이어 내진설계 대상이 아니며 내진설계도 안되어 있어 더 위험하다. 1층 부분의 필로티는 주차 공간 확보를 위하여 만들어지게 되는 것으로 매우 일반적인 형식이 되었다. 다음 사진은 필로티 부분의 집중된 손상으로 건물이 붕괴한 사진이다.



그림 5. 필로티 파괴

4. 소 결

지난 3월 발생한 동북부지진은 일본의 지진으로 인한 최대 참사였다고 한다. 하지만 내진설계가 된 건물들은 큰 피해가 없었다고 전문가들은 전하고 있다. 내진설계의 중요성은 최근 지진에서 많이 검증된 바 있다. 특히 2008년 6월 14일 일본에서 이와테 현 지진(규모 7.2)발생시 내진설계가 잘 되고 지진에 대한 준비가 잘되어 있어 지진피해가 크지 않았다(사망자 9명과 실종자 10명). 이에 반하여 중국의 쓰촨성 지진의 피해상황은 어마어마한 것이었다. 이러한 교훈을 깊게 인식하여 우리나라에서도 지진에 대한 대비를 하는 것이 중요하다고 판단한다. 본문에서도 언급한 것과 같이 그 준비하여야 한다.

먼저 내진설계가 안된 구조물들에 대한 대책을 마련하여야 한다. 이는 국민의 안전과 직결되는 것이니 정부는 보다 적극적인 자세를 취해야 할 것으로 판단된다. 그리고 제도의 정비이다. 내진설계는 전문 구조기술자에 의하여 수행되어야 하고 책임소재가 분명하여야 한다. 또한 시공감독도 전문구조기술자가 제대로 설계한 상세와 설계가 반영되는지를 판단하여야 한다. 책임질 수 있는 구조기술자가 구조감리를 하는 제도의 도입도 매우 중요하다. 또한 설계기준의 정비이다. 많은 연구들이 진행되고 있으며 해외기준들도 해가 가며 계속 발전하고 있다. 이런 기술들을 적극 반영하여 우리나라의 내진설계 기준을 잘 정비하여야 할 것이고 이를 구조기술자가 바르게 이해하도록 많은 홍보 및 기술지도가 필요하다. 특히 학교 건물이나 지진 후 복구나 치안에 관련한 중요한 건물의 내진보강이나 설계방법에 대한 대책은 시급히 마련되어야 할 것이다. 또한 지진발생시 국민 대처요령의 홍보 다양한 정보를 국민에게 주어야 한다. 지진에 대한 대비는 정부기관, 연구기관, 학교, 국민 모두가 관심을 가지고 하여야 한다. 이에 대한 노력의 결과가 앞으로 있을 지진에 대하여 안전을 확보할 것이라 생각한다.□

참고문헌

1. Federal emergency management agency, NEHRP recommended provisions for seismic provisions for seismic regulations

- for new buildings and other structures, FEMA 302, 303, 1997, Washington DC.
2. 건설부, 내진설계 지침에 관한 연구(내진기준 1988), 1987.12
3. 대한건축학회, 건축물하중기준 및 해설 (내진기준 2000), 2000
4. 대한건축학회, 건축물구조설계기준 (내진기준 2005), 2006
5. 대한건축학회, 건축물구조설계기준 (내진기준 2009), 2009
6. 한국구조기술사회, 일본대지진 관련보도자료, 2011. 3
7. International Herald Tribune
8. 영화 해운대 공식 사이트 <http://cafe.naver.com/haeundae2009>