

기존 철근콘크리트 건축물의 내진성능 평가

Evaluation of the Seismic Performance of Existing Building Structures

우운택* 권용훈** 정 란***
 Woo, Woon-Taek Kown, Yong-Hun Chung, Lan

Abstract

The necessity of the seismic performance evaluation of existing building structures is raised through the Taiwan earthquake in 1999. In this study, the methods of seismic performance evaluation of existing building structures in U.S.A. and Japan were reviewed, applied them to the three-story office building structures in Seoul. It is found out that it is possible to establish the seismic performance evaluation index of RC structure which meet Korean seismic code. Also it is concluded that if sufficient experimental and analytical data could be obtained, a reliable index for the evaluation of seismic performance of existing structures should be established in Korea.

Key words : *Seismic performance evaluation, Evaluation index*

1. 서론

우리나라와 경제적 여건과 내진설계 적용 실태가 유사한 대만에서 1999년 리히터 규모 7.3의 강진이 발생하여 막대한 경제적피해와 수많은 사상자를 기록하였다. 이들 지역은 대만 내진규준에서 중약진 지역으로 분류되고 있는 지역이었으나 예기치 않은 강진으로 인하여 피해가 더욱 가중되었다고 볼 수 있다. 중약진지역으로 분류되는 우리나라에서 내진설계가 적용되지 않은 3~4층 규모의 주거용 건물들이 대다수 건물들임을 고려한다면 지진발생시 많은 문제발생이 예상된다.

우리나라에서는 1986년에 고층건축물 내진설계지침(안)을 작성하였으며 1988년에는 일정규모이상의 건물에 내진설계를 의무화한다는 내진설계지침을 발간하였다. 하지만 현존하는 대다수의 건물들은 내진설계지침이 마련되기 이전에 지어진 건물들이기 때문에 이들의 건물들이 내진성능을

* 정회원, 단국대학교 공학부 건축공학전공 초빙교수

** 학생회원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사과정

*** 정회원, 단국대학교 공학부 건축공학전공 교수

얼마나 보유하고 있는지는 알 수 없으며 평가기법에 대한 절차도 수립되어 있지 않은 실정이다. 이에 따라 국내에서도 미국, 일본 등 선진국에서 적용되고 있는 내진성능 평가 기술에 대한 관심이 높아지고 있을 뿐만 아니라 우리나라 현 실정에 적합한 내진평가 기술의 필요성을 인식하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 외국의 기존 내진성능평가기법에 대한 현황을 연구·분석하고, 기존 건축물에 적용하여 내진성능 평가를 수행해보고자 한다.

2. 내진성능평가 기법의 고찰

미국과 일본에서 이미 적용되고 있는 내진성능 평가 기술에 대해 살펴보기로 한다.

2.1. 미국의 내진성능평가 방법

미국의 내진성능평가 방법에 대한 지침서로는 ATC14와 FEMA-178이 있다. 이 지침서들의 목적은 잠재적인 지진 피해를 결정하며, 지진 발생시 위험을 발생시킬 수 있는 건물 혹은 부재를 판별하기 위하여 기존 건물의 내진성능 평가를 위한 지침을 제시하는 것이다. 기존 건물이 인명 안전을 보장할 수 있는 내진성능을 보유하고 있는지를 평가하게 되는데, 인명 안전 보장의 판별은 대상건물이 존재하는 동안 발생할 수 있는 지진에 대하여 건물에 잠재된 위험요소의 발생 가능성 여부에 따라 이루어진다. 따라서 이 평가방법은 구조체 또는 부재의 파괴를 유발할 수 있는 구조체의 취약 연결부를 판별하는 방법을 평가자에게 제시하는 것이다.

ATC14와 FEMA-178에서 사용된 내진성능평가 방법은 분류된 건물의 각 시스템 및 구조 부재에 따라 건물의 결함이나 약점을 발견하기 위한 평가항목을 제시하는 것이다. 각 평가항목들은 과거의 지진 피해에서 관찰된 파괴 양상을 피하기 위해서 갖추어야 할 필수 사항을 언급하는 방식으로 기술되어 있다. 아래 그림 1과 같이 평가자는 각 항목들에 대해 '적절', '부적절'을 판단하게 되며, 적절하다고 판단된 항목들은 수용되고 부적절하다고 판단된 항목들에 대해서는 추가적인 조사와 등가정적해석이나 동적해석과 같은 정밀해석을 통하여 보유내력과 소요내력을 평가한 후 결과를 종합하여 평가표의 평가항목을 정리한다. 이러한 정밀해석에서도 부적절하다고 판명된 구조 시스템이나 부재는 적절한 내진성능을 보유하지 않은 것으로 결론을 내린다.

2.2. 일본의 내진성능 평가 방법

2.2.1. 내진진단 개념과 내진지표의 산정

기존 건물을 대상으로 해서 구조부분과 비구조부분 각각에 대해 간략한 약산법에 의해 보유하는 내진성능 평점을 부여하려는 것으로 계산의 정밀도에 따라 제1차, 제2차, 제3차 진단법의 3종류로 구성되어 있으며 이때 건물의 내진성능을 아래의 지표(I_s : 구조내진지표)로 표현하고, 그 값이 클수록 내진성이 높은 것으로 간주한다.

$$I_s = E_o \times S_D \times T \times G$$

여기서 E_o 는 건물이 보유하는 성능을 나타내는 기본이 되는 값으로 건물이 보유하는 강도와 연성을 이용해서 건물의 내진성능을 평가하는 척도이다. 이 세기 척도와 연성 척도를 진단기준에서는 각각 C강도지표, 연성지표 F라 부르고 있고, 이들을 간단히 구하는 제1차 진단법부터 다소 상세한 계산을 요한 제3차 진단법까지 3종의 약산법으로 구성이 되어 있다.

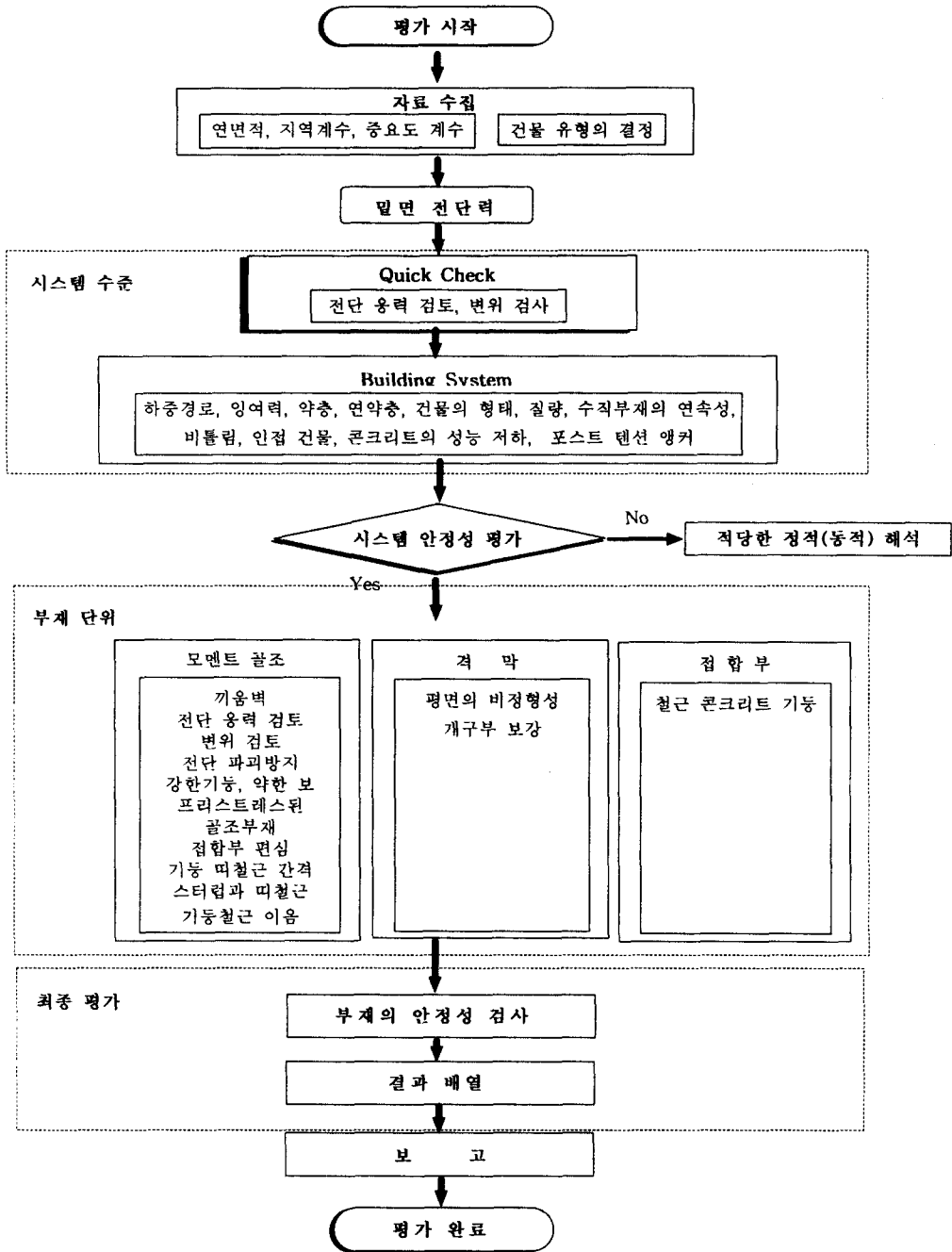


그림 1. 내진 진단의 흐름 (미국)

G 는 지동지표로서 그 지역의 지진활동도, 그 건물의 지반·지형의 상태, 기초 조건등을 가미해서 E 지표를 수정할 목적으로 설정된 것이지만, 진단기준에서는 1.0으로 고정되어 있다.

S_D 는 형상지표로서 지동지표처럼 E_o 지표를 수정하는 지표로 1.0이 표준치이다. 앞서 기술한 것처럼 E_o 지표는 약산적으로 계산되는 값이다. 따라서 건물을 입체적으로 보았을 때의 상하방향 강성의 균형, 평면 강성의 균형 등도 포함한 구조계획의 양부가 건물의 내진성능에 미치는 영향을 충분히 고려할 수 없다. S_D 지표는 형상 혹은 구조계획상의 양부를 고려해서 E_o 지표를 수정할 목적으로 도입된 것이고, 체크 리스트를 이용해 수치를 보정한다.

T 는 경년지표로서 S_D 지표와 마찬가지로 E_o 지표를 수정하는 지표이지만 건물의 경년변화가 판단 기준이 된다. 즉, 경년변화에 의한 재료강도 열화·부동침하 등에 의한 구조손상 발생정도 등에 의해, 내진성능이 건설 당초와 비교해서 어느 정도 저하해 있는가를 추정하는 것이다. 표준치는 1.0으로 경년변화가 많을수록 값이 적게 된다. 체크 리스트 형식의 채점표를 이용해 수치를 얻는다.

2.2.3. 내진진단과 판정

(1) 1차 진단법

주로 기둥과 벽의 콘크리트 단면적만을 이용해서 전단강도만을 약산적으로 고려하는 간략법이다. 따라서, 벽량이 많은 건물의 경우 제1차 진단법에서는 비교적 높은 내진지표가 주어지나, 골조와 벽이 적은 구조형식의 건물에서는 내진 성능치는 그다지 높게 나타나지 않는다. 또한, 제1차 진단법에서는 보와 슬래브 등 수평부재의 강성을 무한으로 간주하여 기둥과 벽과 같은 수직부재만을 평가 대상으로 하고 있다.

(2) 2차 진단법

기둥과 벽과 같은 수직부재만을 평가대상으로 하고 있지만 콘크리트 단면적뿐 아니라 배근된 철근의 단면적, 위치 등을 계산에서 고려하고 있다. 2차 진단법의 내력평가는 휨강도와 전단강도 양쪽을 고려하고 있다.

(3) 3차 진단법

1차 진단법과 2차 진단법에서 제외된 보와 슬래브의 강도도 계산에 고려한다. 그 산정방법은 내력평가에 수평부재를 고려하는 정도이며 2차 진단법과 거의 같다.

(4) 내진성 판정

I_s 는 주로 E_o 에 의해서 결정되는데, E_o 는 강도보다 연성이 큰 부재에서 큰 값을 나타낸다. 이러한 E_o 값은 건물의 종국강도, 파괴형식 및 내진성능에 의해서 평가된다. I_s 는 건물의 내진성능을 평가하는 지표로서 I_s 가 클수록 내진성능이 우수한 건물이 된다.

이와 같이 구한 I_s 값과 여러조건에서 정하는 내진판정지표 E_T 를 비교해서 해당건물의 내진성능을 판정한다. 즉, 건물의 I_s 지표가 E_T 값 이상이면 그 건물은 지진에 대해서 안전하다고 판정할 수 있다.

3. 내진성능평가

현재 우리나라에는 기존 건물의 내진성능평가에 대한 절차가 수립되어있지 않은 실정이지만 미

국과 일본에서는 앞에서 언급된 바와 같이 이미 내진성능평가가 적용되고 있는 실정이다. 일본의 내진진단 기준은 여러 구조 형식 및 재료로 이루어진 구조물을 하나의 기준에 전부 포함한 미국의 내진 지침과는 달리, 구조체를 이루고 있는 각 구성 재료에 대하여 서로 다른 개념과 방법에 의해 진단법이 따로 제정되어 있어 각 구성재료별 구조물의 특징을 최대한 상세히 파악하여 내진 진단을 수행 할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 실제건물을 일본건축방재협회에 있는 철근콘크리트 구조물의 내진성능평가 내진진단기준을 적용하였다.

3.1. 내진성능평가 모델 선정

적용대상 건물은 현재 서울시 양재동에 위치해 있으며 시공된지 약 20년쯤 되고 지상 3층 지하 1층으로 아주 전형적인 박스형태의 근린생활 시설물을 내진성능 평가 대상으로 선정하였다.

3.2. 내진성능 평가

일본의 건축방재협회에서 제시한 건축물 내진진단기준의 기본 골격은 구조부분과 비구조부분 각각에 대해 간략한 약산법에 의해 보유하는 내진성능 평점을 부여하는 I_s 와 비선형 지진응답해석 결과와 지진피해 경험로부터 유도된 E_T 내진판정지표로 구성되어 있다. 본 연구에서는 I_s 값을 구성하고 있는 항목들중 E_0 과 형상 혹은 구조계획상의 양부를 고려하는 형상지표를 제외한 경년 변화가 판단의 기준이 되는 경년지표를 일반화된 건물이라 가정하여 1.0의 값을 적용했다.

이 진단기준은 1차, 2차, 3차 진단법으로 구성되어 있지만 차수가 올라갈수록 계산 난이도에 차이가 있을뿐 그 기본적인 개념은 같으므로 1차와 2차를 제외하고 기둥과 벽과 같은 수직부재 뿐 아니라 보와 슬래브의 휨강도와 전단강도 양쪽 모두 고려하고 있는 3차 진단법으로 모델 1의 내진성능평가를 수행하였다.

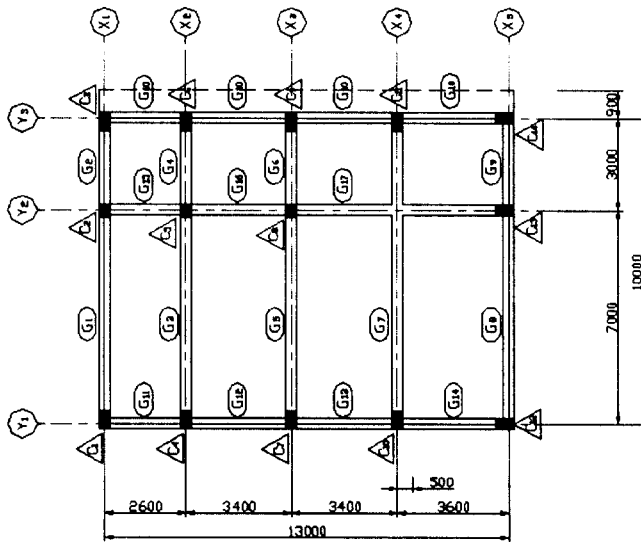


그림 2. 모델 1의 평면도

4. 고찰

모델 1에 대하여 X축, Y축 방향으로 내진성능평가를 실시한 결과를 X축, Y축 양방향 모두 각층별로 그림3, 그림4에 나타냈다. 현재상태의 내진성능이 현행 내진설계규준을 적용하여 재설계한 경우의 내진성능 보다 우수함을 알 수 있었다. 또한 건물 전층에서 나타나듯이 기존 상태가 내진설계규준을 적용한 경우 보다 내진성능 평가치가 큰 것은 기존 건물이 저층건물로서 지진하중이 작기 때문이다.

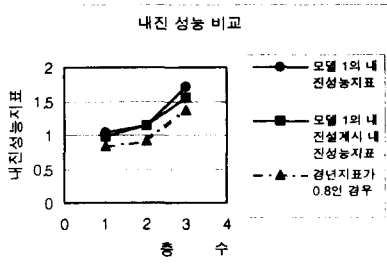


그림 3. X축 방향에 대한 내진성능 평가

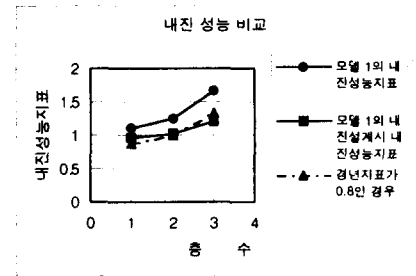


그림 4. Y축 방향에 대한 내진성능평가

또한 현장조사에 의해 주어지는 경년지표를 적용시켜 건물의 노후화를 고려했을 경우는 모두 안전하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 내진성능 평가를 수행하는 경우 경년에 따른 노후도의 영향이 중요한 지표로서 고려되어야 함을 알 수 있다.

5. 결론

1. 일본건축방재협회에서 제시한 기존건축물의 내진진단규준을 이용하여 대상 구조물의 내진성능을 평가한 결과 경년에 따른 노후화를 고려하지 않은 경우는 현행 내진규준에서 요구하고 있는 내진성능보다 높은 내진성능을 보유하고 있으나 경년에 따른 노후화를 고려하였을 경우는 내진보강이 필요함을 확인할 수 있었다.
2. 단일 모델로서의 건축물의 내진성능평가를 하였지만 추후 건물 형상별, 주기별로 다양한 모델들의 내진성능평가와 이들 데이터들의 신뢰성이 실험을 통해 검증이 된다면 우리나라에 적용가능한 내진성능판정지표를 만들 수 있다고 판단된다.

6. 참고문헌

1. 日本建築防災協會 “既存鐵筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説”
2. 日本建築防災協會 “既存鐵筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 改同解説”
3. NEHRP HANDBOOK FOR THE SEISMIC EVALUATION OF EXISTING BUILDINGS
4. 현대건설 기술연구소 “기존 건축물의 내진성능 평가 기법 개발”

7. 감사의 글

본 연구는 1999년도 시설안전기술공단과 한국건설기술연구원의 지원을 받아 수행되었습니다.