

# 국내 저층 철근콘크리트 건물의 내진성능 평가

## Seismic Capacity Evaluation of Low-Rise Reinforced Concrete Buildings in Korea

이 강 석\*                      김 용 인\*\*                      민 경 민\*\*\*  
Lee, Kang Seok                      Kim, Yong In                      Min, Kyung Min

### ABSTRACT

The authors proposed a new rapid-screening method for more reasonably evaluating seismic capacities of medium and low-rise RC buildings controlled by both shear and flexure in Ref. [1]. The method proposed in Ref. [1] was based on relationships between required strengths of each failure system for ductility factors and damage degrees of overall system derived from the view-point of ductility factors. The proposed method was also verified using observed real damage data of low-rise RC buildings caused by past earthquakes. Results indicated that the methodology proposed in Ref. [1] compares well with real damages and is a useful strategy for rapidly identifying low-rise RC buildings having high potential seismic risk. In this study, in order to verify the applicability of the new methodology proposed in Ref. [1] to real RC building systems, seismic capacities of existing eleven low-rise RC buildings in Korea are evaluated based on the new method.

### 요 약

본 연구의 필자는 우리나라 철근콘크리트(RC) 건물의 대다수를 차지하고 있는 중·저층 RC 건물, 특히 전단 및 휨파괴형 부재가 혼합된 중·저층 RC 건물의 성능지정이 가능한 내진성능평가법을 제안하였다<sup>1)</sup>. 문헌[1]에서는 중·저층 RC 건물의 전단 및 휨파괴형 부재 내력과 연성능력 사이의 상관관계를 파악함과 동시에, 전단 및 휨파괴형 부재의 각각의 피해 정도가 건물 전체의 피해 상황에 어떻게 영향을 미치는가를 검토 및 검증하여 내진성능 평가법을 제안하였으며, 또한 실제 지진에서 피해를 입은 중·저층 RC 건물에 적용하여 제안한 평가법의 신뢰성을 검증하였다. 문헌[1]에서 제안한 평가법은 기존의 내력 중심의 내진성능 평가법(일본 내진진단법)에 비하여 보다 효율적으로 내진성능이 우수한 건물을 선별 가능하다고 사료되며, 이에 제안한 평가법을 토대로 본 연구에서는 국내 현존 저층 RC 건물을 대상으로 그 내진안정성을 평가 및 검토하였다.

\* 정회원, 전남대학교, 건축학부, 조교수  
\*\* 정회원, 전남대학교, 건축공학과, 석사과정  
\*\*\* 정회원, 전남대학교, 건축공학과, 박사과정

## 1. 서론

대다수의 철근콘크리트(이하, RC) 건물은 다양한 수평저항시스템으로 이루어져 있으며, 이것들은 각기 다른 변위에서 파괴될 것으로 판단된다. 특히, 전단 및 휨과괴형 부재와 같이 다른 성질의 역학적 특성을 가지는 내진 요소로 혼합된 RC 건물의 내진성능을 평가하기 위해서는 각각의 부재의 내력과 소성 능력이 건물 전체의 내진성능에 어떻게 영향을 미치는가를 우선적으로 검토하는 것이 필요하다. 그러나, 미국의 FEMA310<sup>2)</sup> 및 일본내진진단법<sup>3)</sup>의 내진성능 평가법에서는 각각의 파괴 형식에 대한 평가 기준을 토대로 경험적인 판단을 근거로 평가하는 등 전단 및 휨과괴형 부재가 혼합된 RC 건물의 내진성능에 관해서는 충분히 검토가 되어있지 않는 것이 현재의 실정이다.

상기의 배경 하에 본 연구의 필자는 우리나라 RC 건물의 대다수를 차지하고 있는 중·저층 RC 건물, 특히 전단 및 휨과괴형 부재가 혼합된 중·저층 RC 건물의 성능지정이 가능한 내진성능 평가법을 제안하였다<sup>1)</sup>. 문헌[1]에서는 중·저층 RC 건물의 전단 및 휨과괴형 부재 내력과 연성능력 사이의 상관관계를 파악함과 동시에, 전단 및 휨과괴형 부재의 각각의 피해 정도가 건물 전체의 피해 상황에 어떻게 영향을 미치는가를 검토 및 검증하여 내진성능 평가법을 제안하였으며, 또한 그림 1(0.2g의 요구내력)에 나타난 바와 같이, 실제 지진에서 피해를 입은 중·저층 RC 건물에 적용하여 제안한 평가법의 신뢰성을 검증하였다.

문헌[1]에서 제안한 평가법은 기존의 내력 중심의 내진성능 평가법(일본 내진진단법<sup>3)</sup>)에 비하여 보다 효율적으로 내진성능이 우수한 RC 건물을 선별 가능하다고 사료되며, 본 연구에서는 문헌[1]에서 제안한 평가법을 토대로 국내 현존 저층 RC 건물 11동(표 1)을 대상으로 그 내진안정성을 평가 및 검토하였다.

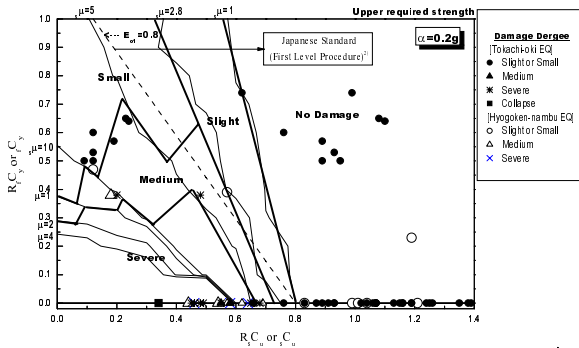


그림 1. 실제 지진에서 피해를 입은 건물과의 비교<sup>1)</sup>

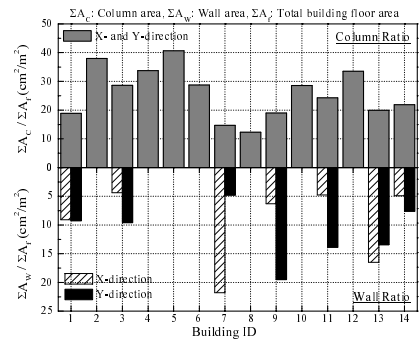


그림 2. 대상건물의 1층의 기둥율 및 벽율

## 2. 대상건물 및 내진성능 평가

그림 2에는 대상건물 1층의 장변(X)방향 및 단변(Y)방향의 기둥율 및 벽율을 나타낸 것으로서, 대상건물은 국내에 현존하는 저층 RC(표 1 참조)이며, 구조형식은 순라멘구조 또는 그것에 가까운 구조이다<sup>4)</sup>. 내진성능평가 시의 각 부재의 내력은 평균전단응력도법<sup>1),3)</sup>을 사용하였으며, 건물의 벽체는 전단파괴형 부재로 가정하여 문헌[1], [3] 및 [4]를 참고로 평균전단응력도를 2MPa(20 kg/cm<sup>2</sup>)로 하였고, 기둥에 대해서는 전단 및 휨과괴형의 2가지 종류로 설정하여 1MPa(10 kg/cm<sup>2</sup>)로 평가하였다. 또한, 바닥면적당 단위중량은 10kPa(1.0t/m<sup>2</sup>)로 하였다. 한편, 입력지진동의 크기는 국내 지진활동을 고려하여 0.1g, 0.15g 및 0.2g의 3종류를 설정하였고, 0.1g 및 0.2g의 입력지진동에 필요한 내진성능 평가를 위한 요구내력(평균 및 상한 요구내력)은 문헌[1]의 검토결과를 이용하였으나, 0.15g에 대해서는 상기 검토결과를 바탕으로 선형보간법을 이용하여 그 요구내력을 유도하였다.

그림 3에는 입력지진동의 크기에 따른 평균 및 상한 요구내력에 대한 내진성능 평가결과를 각각 나타내었으며, 그림 4에는 상기 결과를 바탕으로 평균 및 상한요구내력에 대한 각 지진피해도 별의 지진피해율을 상정하여 나타내었다.

표 1. 대상 건물의 일람표(1988년 이전에 건설된 공공건물)

ID	No. of Story	Span (m)		Design Concrete Strength (MPa)	Typical cross sections of columns (cm)
		Longitudinal direction	Transverse direction		
1	3	7@4.5	2.5+7.5	15	40×40 (8-D19, hoop: D10@28)
2	3	15@4.5	2.5+7.5	18	40×40 (8-D19, hoop: D10@33)
3	3	7@6.0	3@6.0	21	40×50 (8-D22, hoop: D10@30)
4	3	11@6.0	6.3+6.6+6.6	21	40×40 (8-D22, hoop: D10@30)
5	4	14@4.5	2.5+7.5	15	45×40 (8-D19, hoop: D10@25)
6	4	12@4.5	2.5+7.5	18	40×40 (8-D19, hoop: D10@33)
7	4	13@4.5	2.5+7.5	18	40×40 (8-D19, hoop: D10@34)
8	4	14@4.5	2.5+7.5	18	40×40 (8-D19, hoop: D10@30)
9	4	8@4.4	9.9	21	40×40 (8-D19, hoop: D10@33)
10	4	8.0+10@4.0	4.2+2.4+8.1	21	40×40(16-D22, hoop: D10@30)
11	4	19@4.5	2.4+3.6+3.9	21	40×40 (8-D19, hoop: D10@40)
12	5	11@8.8	3@7.5+2.7	21	50×50(16-D22, hoop: D10@30)
13	5	22@4.4	4.0+9.9	21	40×50(14-D25, hoop: D10@25)
14	5	10@8.1	6.0+3.3+8.4	24	50×50(12-D25, hoop: D10@30)

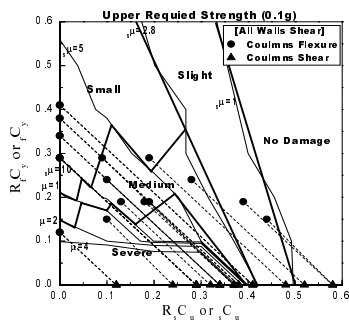
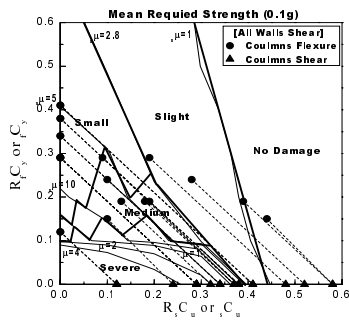


그림 3(a). 내진성능평가결과(0.1g)

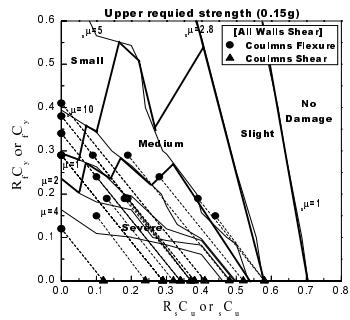
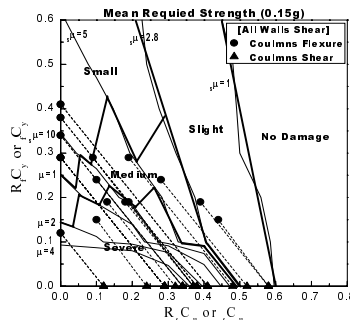


그림 3(b). 내진성능평가결과(0.15g)

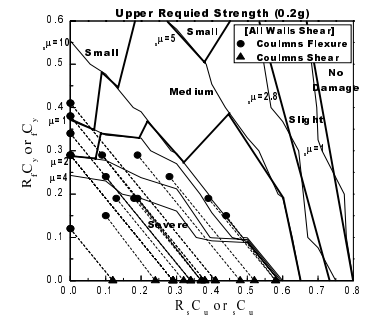
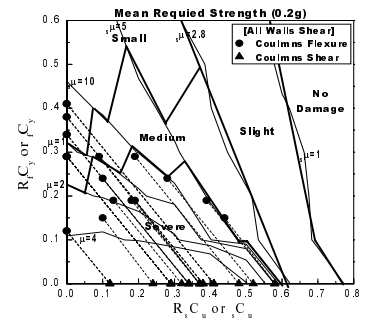


그림 3(c). 내진성능평가결과(0.2g)

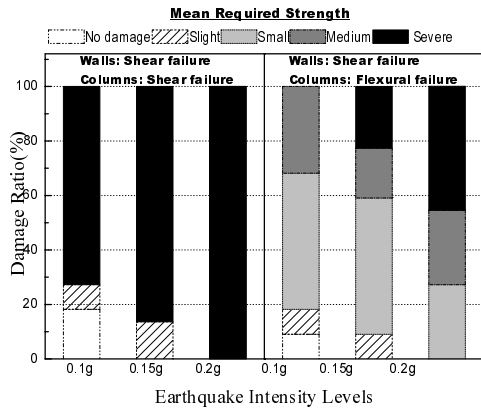


그림 4(a). 지진피해도 별 피해율(평균요구내력)

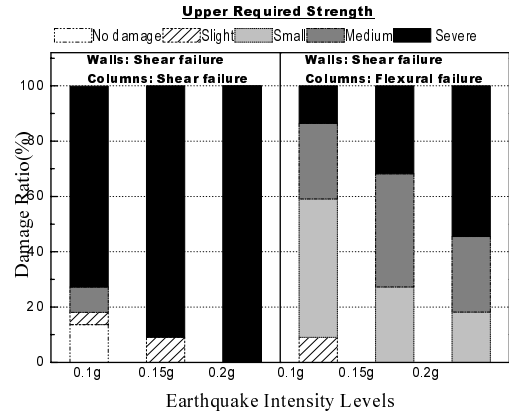


그림 4(b). 지진피해도 별 피해율(상한요구내력)

### 3. 결론

그림 3 및 4로부터 다음과 같은 사실이 추정 가능하다.

- (1) 기둥이 전단파괴형 부재로 가정한 대상건물의 평균 및 상한 요구내력에 대한 평가결과, 입력지진동 0.1g, 0.15g, 0.2g에서 모두 약70~100%의 Severe Damage가 추정되어, 국내 대상 RC 건물 기둥이 전단파괴를 한다면, 대다수의 건물은 대규모의 지진피해가 발생할 것으로 추정된다.
- (2) 기둥을 휨파괴형 부재로 가정한 평균 요구내력에 대한 평가결과는 입력지진동 0.1g에서 약 30%의 Medium Damage가 추정되었고, 상한 요구내력에서는 입력지진동 0.1g, 0.15g, 0.2g에 대해 Medium Damage가 각각 약30%, 40%, 30%, Severe Damage는 약10%, 30%, 55%로 추정되었다. 이는 기둥이 전단파괴형 부재로 가정한 추정결과에 비해, 대규모의 지진피해가 발생할 가능성은 상대적으로는 아주 낮지만, 중규모 이상의 피해규모는 여전히 높은 비율(절대값)을 보이고 있다.
- (3) 기둥을 전단 및 휨파괴형 부재로 각각 가정을 하여 지진피해상황을 추정하였으나, 본 연구에서 평가된 대부분의 건물은 띠철근 간격이 30cm 이상이며, 이것은 문헌<sup>3,4)</sup>등에도 서술된 바와 같이 지진하중에 의하여 전단파괴가 발생할 가능성이 매우 높다. 이와 같은 사실을 고려한다면 국내 저층 RC 건물은 중규모(0.15g)의 지진에서도 대규모의 지진피해가 발생할 가능성이 매우 높을 것으로 추정된다.

### 감사의 글

이 논문은 국토해양부 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업 (과제번호: 07도시재생B04) 및 2008년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행되었습니다(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단). 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 이강석, 송진규, 문정호 「철근콘크리트 건물의 내진성능 평가법」, 한국콘크리트학회지, Vol.19 No.5, pp. 42~50, 2008.
2. Federal Emergency Management Agency, 「FEMA-310 · Handbook for Seismic Evaluation of Buildings -A Prestandard」, Washington, D.C., 268pp, 1988.
3. (財)日本建築防災協會, 「既存コンクリート造建築物の耐震診断基準 · 付解説」. 新洋社, 東京, 140pp, 1977(1990年, 2001年改訂).
4. 이강석, 최호, 이원호 「현존 철근콘크리트 건물의 내진성능 평가 및 지진피해율의 상정」, 대한건축학회논문집 구조계, Vol. 18. No. 1, pp. 11~21, 2002.