



중력전단비에 따른 철근콘크리트 플랫 플레이트 골조의 내진 성능 평가

황보진¹⁾ · 한상환¹⁾ · 박영미^{1)*}

¹⁾한양대학교 건축공학과

Seismic Performance of Reinforced Concrete Flat Plate Frames according to Gravity Shear Ratio

Jin Hwang-Bo,¹⁾ Sang-Whan Han,¹⁾ and Young-Mi Park^{1)*}

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

ABSTRACT This study evaluates the seismic performance of reinforced concrete (RC) flat plate structures relation to the gravity shear ratio. For this purpose, 3 and 7 story framed buildings were designed for gravity loads only. Subsequently, a nonlinear static pushover analysis and a nonlinear time history analysis for the prototype buildings were carried out. In the nonlinear analysis, newly propose analytical slab-column joint model was utilized to capture punching shear failure and fracture mechanism in the analysis. The analytical results showed that seismic performance of RC flat plate frame is strongly influenced by the gravity shear ratio. In particularly, in the RC flat plate frame with a large gravity shear ratio the lateral strength and maximum drift capacity decreased significantly.

Keywords : reinforced concrete flat plate, gravity shear ratio, static pushover analysis, lateral strength, maximum drift capacity

1. 서 론

플랫 플레이트 구조는 층고 절감, 공간의 유연성, 공기 단축 등의 장점으로 널리 사용되고 있다. 플랫 플레이트 골조는 중력저항시스템인 보통 모멘트 골조 또는 ACI 318-05에서 제시한 특별한 상세를 만족하는 중간 모멘트 골조로 설계하여 단독으로 지진하중에 저항하도록 설계하기도 한다.

국내와 같은 중약진 지역의 대부분의 중저층 골조는 내진설계가 되어 있지 않으며, 또한 강진지역에서도 일반적으로 횡력 저항 시스템과 함께 중력하중만으로 설계한 플랫 플레이트 골조를 사용하는 것이 일반적이다.

지진과 같은 횡하중이 작용할 때, 중력하중만으로 설계된 플랫 플레이트 골조는 일체화된 횡력 저항 시스템의 횡변형과 동일한 변형을 일으킨다. 따라서 이러한 횡변형은 슬래브-기둥 접합부에 설계시 고려되지 않았던 불균형 모멘트가 발생하고, 이로 인한 접합부의 뚫림 전단파괴의 위험은 증가된다. 접합부의 뚫림 전단파괴는 급작스럽게 일어나기 때문에, 일반 RC 보-기둥 골조와 달리 슬래브-기둥 접합부의 뚫림 전단파괴의 예측은 매우 중요하다. 또한 슬래브-기둥 접합부의 뚫림 전단파괴는

플랫 플레이트 골조에 작용하는 중력전단비($V_u / \phi V_c$, $\phi = 0.75$)에 의한 영향이 큰 것으로 보고되고 있다.¹⁻³⁾ 여기서 V_u 는 접합부의 위험 단면에 작용하는 직접 전단력이고, V_c 는 콘크리트 공칭전단강도이다.

이 연구는 중력하중만으로 설계된 3층, 7층 RC 플랫 플레이트를 중력전단비($V_u / \phi V_c$)를 변수로 하여 선행 연구⁴⁾에서 제안된 슬래브-기둥 접합부 모델을 사용하여 내진 성능 평가를 수행하였다. 또한 중력전단비에 따라 접합부의 거동이 내진 성능에 미치는 영향을 살펴보고, 이를 위하여 비선형 정적 푸쉬 오버 해석과 지진 운동에 대한 비선형 동적 해석을 수행하였다.

2. 대상 건물

이 연구에서는 뚫림 전단파괴에 가장 큰 영향을 주는 중력전단비의 영향을 변수로 하여 3층과 7층의 플랫 플레이트 건물을 설계하였다. 설계는 중력하중만을 고려하여 ACI 318-05⁵⁾에 따라 수행하였다. 대상 골조는 Fig. 1과 같이 층고 3.5 m, 경간 6 m를 갖는 양방향 3경간의 정방형 골조이다. 슬래브의 두께는 200 mm로 정하였고, 기둥의 크기는 600 × 600 mm로 하였다.

대상 건물의 용도는 중력전단비의 차이를 갖는 일반 주거 및 사무실 그리고 판매장의 2가지로 선정하였다. 슬래브의 고정하중은 자중(23.5 kN/m³)과 마감 및 칸막이 하중을 고려하여 0.49 kPa로, 적재하중은 주거 및 사무실

*Corresponding author E-mail: cielmi@hanyang.ac.kr

Received October 24, 2008, Revised June 1, 2009,

Accepted November 26, 2009

©2010 by Korea Concrete Institute

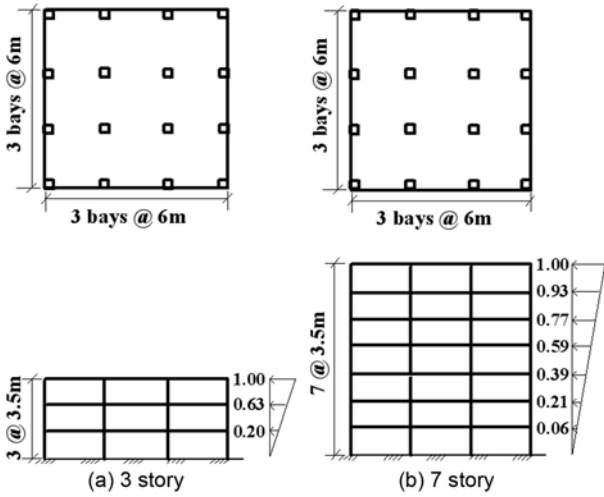


Fig. 1 Prototype structures

건물에는 1.96 kPa와 판매장의 경우에는 3.59 kPa를 사용하였다. 따라서 주거 및 사무실 건물의 내부와 외부 접합부의 중력전단비($V_u / \phi V_c$, $\phi = 0.75$)는 각각 0.46과 0.39로 나타났으며, 판매점 건물은 내부와 외부 접합부의 중력 전단비는 각각 0.59와 0.51로 나타났다. 이 연구에서는 대상건물의 뚫림 전단파괴에 대하여 내부의 중력전단비를 중심으로 설명하였다. 콘크리트의 설계 압축강도는 30 MPa로, 철근의 항복강도는 400 MPa로 가정하였다. 구조물의 설계를 위하여 상용 프로그램인 MIDAS-Gen⁶⁾를 사용하였다. 골조의 진동 주기는 OpenSees⁷⁾를 이용하

Table 1 Natural period

	3-story	7-story
Fundamental period (sec)	0.699	1.995

여 고유치 해석을 수행하여 Table 1에 정리하였다.

3. 골조 접합부 해석 모델

이 연구에서는 선행 연구⁴⁾에서 제안한 접합부 모델을 사용하여 RC 플랫 플레이트 골조를 모델링하였다. Fig. 2와 같이 슬래브-기둥 접합부 모델은 탄성 거동하는 보양단부의 슬래브 주열대 스프링을 사용하여 비선형 거동을 표현하였으며, 기둥은 Fiber 요소를 사용하였다. 그리고 슬래브는 탄성 보 요소로 모델링하였다. 보의 두께(h)는 슬래브 두께와 동일한 것으로 하였고, Banchick⁸⁾이 제안한 유효보폭(b_e)을 사용하였다. 또한 강성감소계수(β)는 Moehle와 Diebold⁹⁾이 유효보폭모델에 대하여 제안한 0.33을 사용하였다.

접합부의 비탄성 스프링은 Fig. 2에서 나타난 것과 같이 다양한 접합부 파괴 형태를 반영할 수 있다. 접합부는 슬래브 철근의 항복 이전과 이후에 뚫림 전단파괴가 발생할 수 있다. 뚫림 전단파괴가 슬래브 철근 항복 전에 발생하면 접합부는 취성적으로 거동하고(전단지배 파괴), 뚫림 전단파괴가 슬래브 철근의 항복 후에 발생하면 접합부는 연성적인 거동을 한다. 따라서 뚫림 전단파

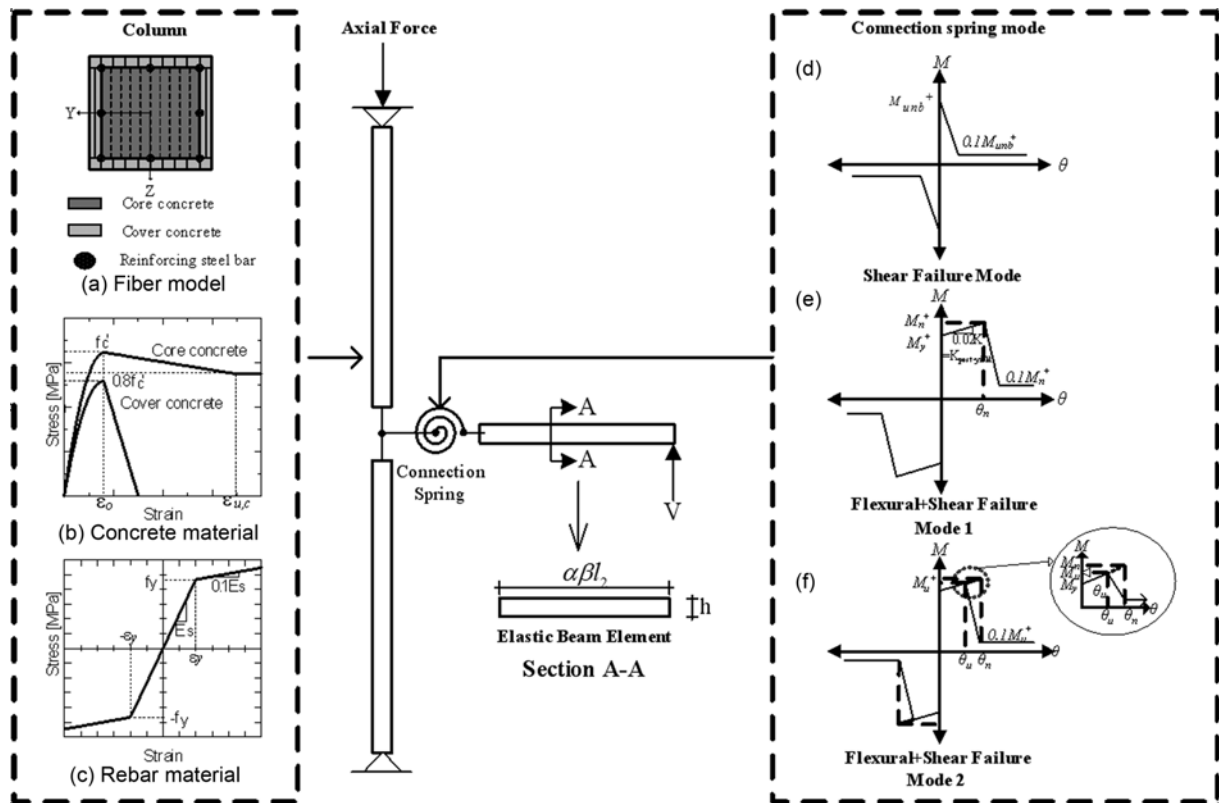


Fig. 2 RC flat plate structure connection modeling

괴는 휨강도 또는 전단강도에 도달하거나 중력전단비에 따른 한계 변형각(θ_u)에 도달하면 발생한다.

접합부를 모델링하기 위하여 요구되는 Fig. 2에 나타난 강도 및 변위 값은 기존 연구에서 제안 식에 따라 결정할 수 있다. 자세한 사항은 선행 연구⁴⁾에 잘 기술되어 있다.

이 연구의 대상건물은 선행 연구의 제안 식에 따른 결과, 중력전단비의 $V_u/\phi V_c = 0.46$ 경우 휨 파괴모드(Fig. 2(f)), $V_u/\phi V_c = 0.59$ 의 경우 전단파괴 모드(Fig. 2(d))로 결정되었다.

비선형 정적 푸쉬 오버 해석과 비선형 동적 해석은 OpenSees⁷⁾ 프로그램을 사용하였으며, P- Δ 효과를 반영하였다. RC 플랫 플레이트 골조의 슬래브에 작용하는 중력하중은 집중 하중으로 기둥에 직접 작용하고, 중력하중에 대한 모멘트는 슬래브 단부에 작용하는 것으로 가정하였다.

4. 비선형 정적 푸쉬 오버 해석

비선형 정적 해석은 푸쉬 오버 결과를 통해 골조의 성능을 평가하는 방법으로 동적 해석에서 알 수 없는 비선형 거동 특성을 파악할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 다른 중력전단비를 갖는 RC 플랫 플레이트 골조의 비선형 거동 특성을 알아보기로 정적 푸쉬 오버 해석을 수행하였다.

정적 푸쉬 오버 해석을 위하여 Fig. 1(b)와 같은 FEMA 356¹⁰⁾에서 제안한 식에 따라 횡하중 분포를 구하였다.

Fig. 3은 정적 푸쉬 오버 해석을 통하여 얻은 최대 층간 변위비 혹은 지붕 층 변위비와 정규화된 밀면 전단력(밀면 전단력/건물 총 중량(=V/W))의 관계를 나타내었

다. 밀면 전단력은 1층의 기둥에 작용하는 전단력을 합하여 계산하였고, 최대 층간 변위비는 주어진 횡하중 상태에서 각 층에서 발생한 층간 변위 중 최대값을 찾아나눈 것이다. 그리고 지붕 층 변위비는 지붕 층 횡변위를 구조물 전체 높이로 나누어 계산하였다. 이 연구에서 최대변위는 최대 강도의 80%를 파괴 시점으로 결정하였다.

Fig. 3에서 중력전단비에 따른 골조의 푸쉬 오버 곡선을 비교해 보면 초기 탄성 영역에서는 비슷한 거동을 보였다. 중력전단비가 큰 경우, 부재가 항복하기 이전에 급격한 밀면 전단력의 감소가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 중력전단비가 작은 경우는 부재가 항복 후 좀 더 높은 강도까지 밀면 전단력 감소 없이 비탄성 이력거동을 하다가 횡력이 더욱 증가하게 되면 접합부의 뚫림전단파괴로 인해 밀면 전단력이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 변위의 증가와 함께 뚫림 전단파괴가 확산되고 이로 인하여 최종 파괴 상황에 이르게 된다.

Table 2에는 중력전단비에 따라 최대 강도와 최대 변위를 비교하였다. 최대 밀면 전단력을 비교해보면 중력전단비가 작은 경우보다 큰 경우, 3층과 7층 골조에서 각각 45.57%, 4.6.93% 감소하는 것으로 나타났다. 최대 지붕층 변위에서는 3층은 74.29%, 7층은 67.74% 크게 감소하였다. 또한 최대 층간 변위에서는 3층은 70.73%, 7층은 66.67% 크게 감소하여 나타났다. 이는 큰 중력전단비를 갖는 골조의 경우 작은 중력전단비를 갖는 골조에 비하여 횡강도가 크게 감소하는 것을 보여준다. 큰 중력전단비에서 횡강도와 횡변위의 감소는 접합부의 큰 전단응력과 함께 추가된 접합부의 횡변위로 발생된 불균형 모멘트에 의한 편심 전단응력으로 뚫림 전단파괴가 빨리 일어났기 때문이라 할 수 있다. 그리고 7층 골조가

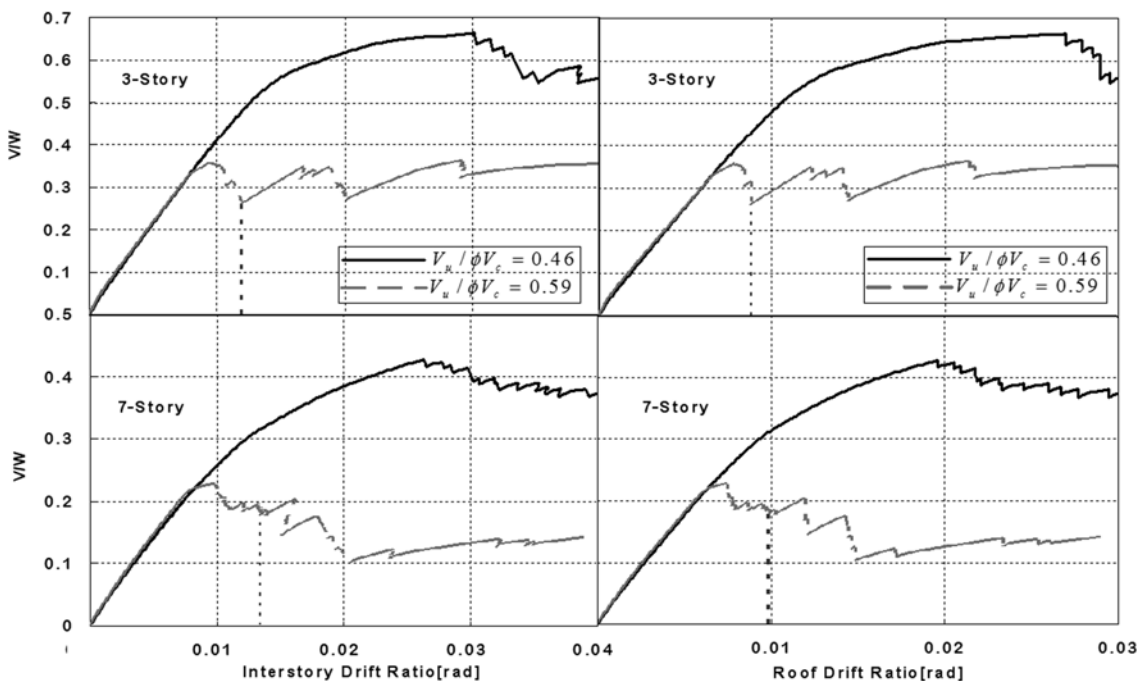


Fig. 3 RC flat plate static pushover analysis

Table 2 Comparison of static pushover analysis results

		Max base shear (kN)	Max roof drift ratio (rad)	Max interstory drift ratio (rad)
3-story	$V_u/\phi V_c = 0.46$ (1)	1314.60	0.035	0.041
	$V_u/\phi V_c = 0.59$ (2)	715.58	0.009	0.012
	[(2)-(1)] / (1)	-45.57%	-74.29%	-70.73%
7-story	$V_u/\phi V_c = 0.46$ (1)	2006.93	0.031	0.042
	$V_u/\phi V_c = 0.59$ (2)	1065.17	0.010	0.014
	[(2)-(1)] / (1)	-46.93%	-67.74%	-66.67%

3층 골조보다 최대 변위비와 최대 층간 변위비가 크게 나타난 것은 P-Δ효과에 의하여 횡력 저항 능력이 감소되었기 때문으로 판단된다.

5. 비선형 동적 해석

이 연구에서는 지진에 대한 비선형 시간 이력 해석을 수행하여 RC 플랫 플레이트 골조의 내진 성능 평가를 수행하였다. 사용된 지반 가속도의 지역은 UBC기준¹¹⁾ seismic zone 4, 3, 2A에 해당하는 LA 지역과 시애틀 지역, 그리고 보스턴 지역을 선정하였다. 국내와 유사한 중

약진 지역뿐만 아니라 강진지역에서 중력하중만으로 설계된 플랫 플레이트 골조의 내진 성능을 함께 알아보기 위하여 이 세 지역의 지반 가속도를 선택하였다. 세 지역의 지반 가속도들은 50년에 초과 확률 10%(재현주기 474년)와 50년에 초과 확률 2%(재현주기 2475년)의 두 가지 hazard level에 대하여 각각 20개의 지반 가속도 기록을 사용하였으며,¹²⁾ 이를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4는 5%의 감쇠비를 갖는 20개의 지진 운동에 대해 개별적인 응답 스펙트럼과 평균 응답 스펙트럼을 나타내었으며, FEMA 356¹⁰⁾에서 제시한 방법에 따라 작성한 응답 스펙트럼도 나타내었다. 또한 20개씩의 지반 가속도에

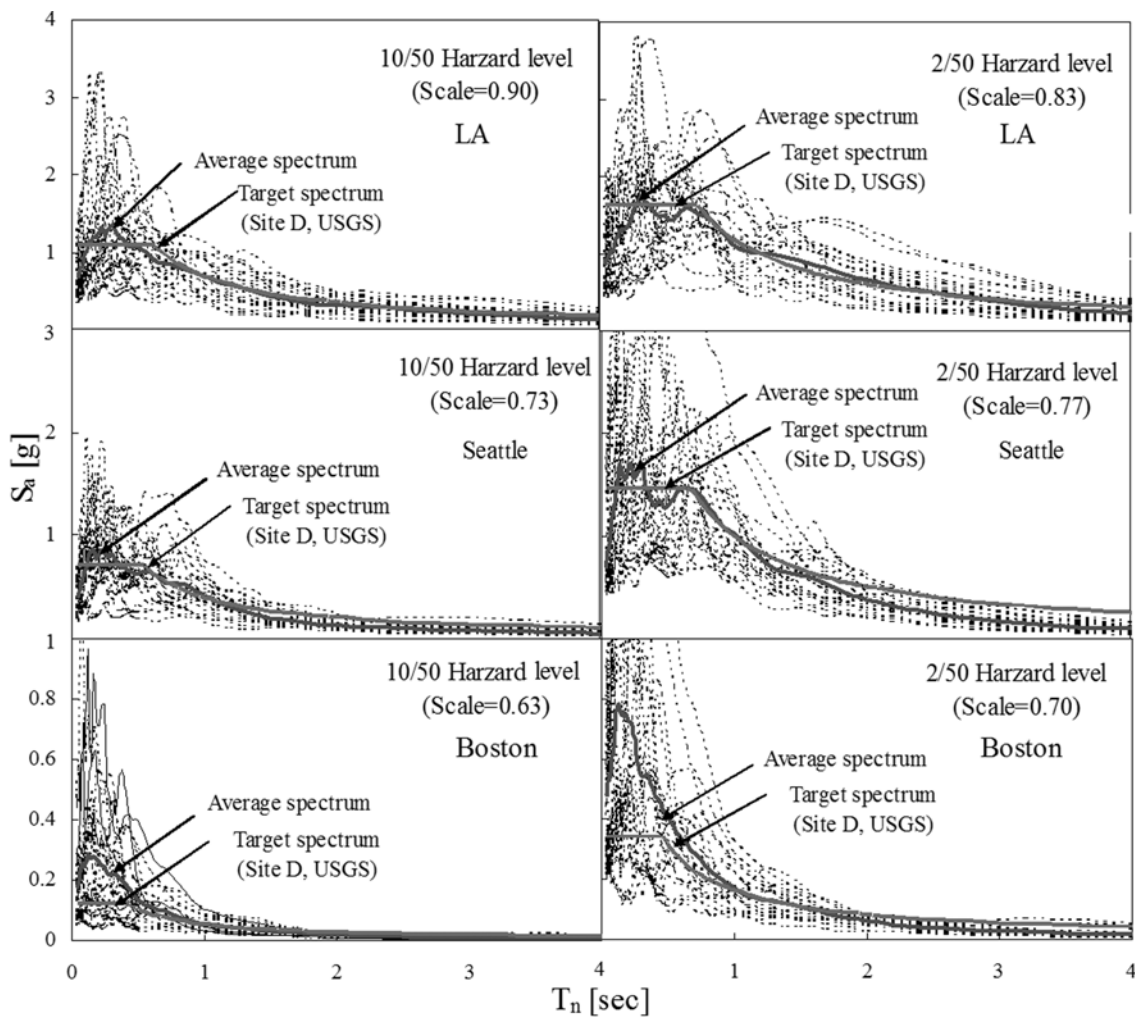


Fig. 4 Response spectra for LA, Seattle, Boston motions

대한 응답 스펙트럼의 신뢰도를 높이기 위해 scale factor를 적용하였다. 50년 2% 지진과 50년 10% 지진에 대한 scale factor는 LA 지역의 경우 각각 0.83과 0.9, 시애틀 지역은 각각 0.77과 0.73을 사용하였고, 그리고 보스턴 지역은 각각 0.70과 0.63을 사용하였다.¹⁵⁾

5.1 LA 지역

Fig. 5는 골조의 층간 변위를 FEMA 356¹⁰⁾에서 제시하고 있는 인명안전수준(life safety)과 붕괴방지수준(collapse prevention)에 대한 한계 층간 변위비와 함께 나타내었다.

재현 주기 50년 10%의 지진에서는 모든 골조에서 LS 한계 층간 변위를 초과하였고, 큰 중력전단비의 7층 골조에서는 CP 한계 층간 변위를 초과하였다. 최대 층간 변위는 큰 중력전단비가 작은 경우보다 3층과 7층에서 각각 1.33배, 1.48배 크게 나타났다. 그리고 50년의 2% 지진에 대해서는 모든 골조가 CP 한계 층간 변위를 초과하여 나타났다. 큰 중력전단비에서 최대 층간 변위는 3층과 7층에서 작은 경우보다 각각 1.43배, 1.56배 크게 나타났다. 이는 중력전단비가 큰 경우 더 작은 지붕층 변위에서 LS와 CP 한계 층간 변위에 도달하는 것을 의미한다.

Figs. 6과 7은 각각 재현 주기 50년 2%와 10%의 지진에 대하여 골조의 뚫림 전단파괴와 소성 힌지의 위치를 나타내었다.

재현주기 50년의 2%의 지진에 대하여 뚫림 전단파괴는 3층의 모든 골조에서 16개씩 나타났으며, 7층 골조는

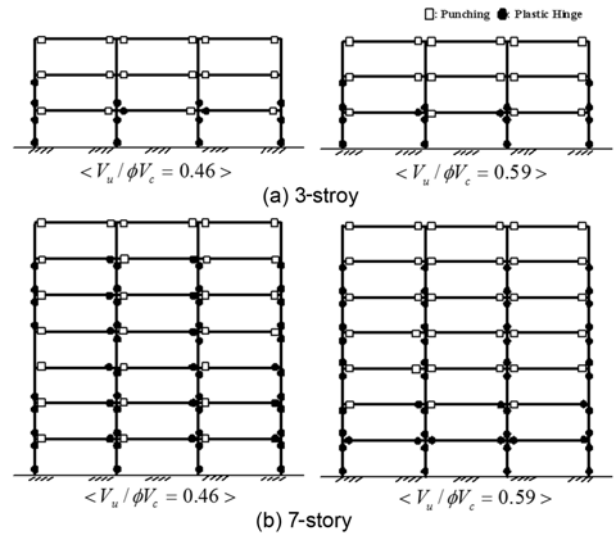


Fig. 6 Plastic hinge and punching shear failure for 2% 50 years LA motions

중력 전단비가 작은 경우 27개와 큰 경우 33개가 발생하였다. 3층 골조의 보와 기둥 접합부의 소성 힌지는 중력전단비가 작은 경우와 큰 경우 각각 5개와 16개, 7층 골조는 각각 57개와 49개가 발생하였다.

그리고 재현주기 50년의 10%의 지진에 대하여 3층 골조의 뚫림 전단파괴는 중력전단비에 따라 각각 9개와 12개, 7층 골조는 각각 11개와 13개가 발생하였다. 따라서 큰 중력전단비를 갖는 골조의 경우가 동일한 지진에 대

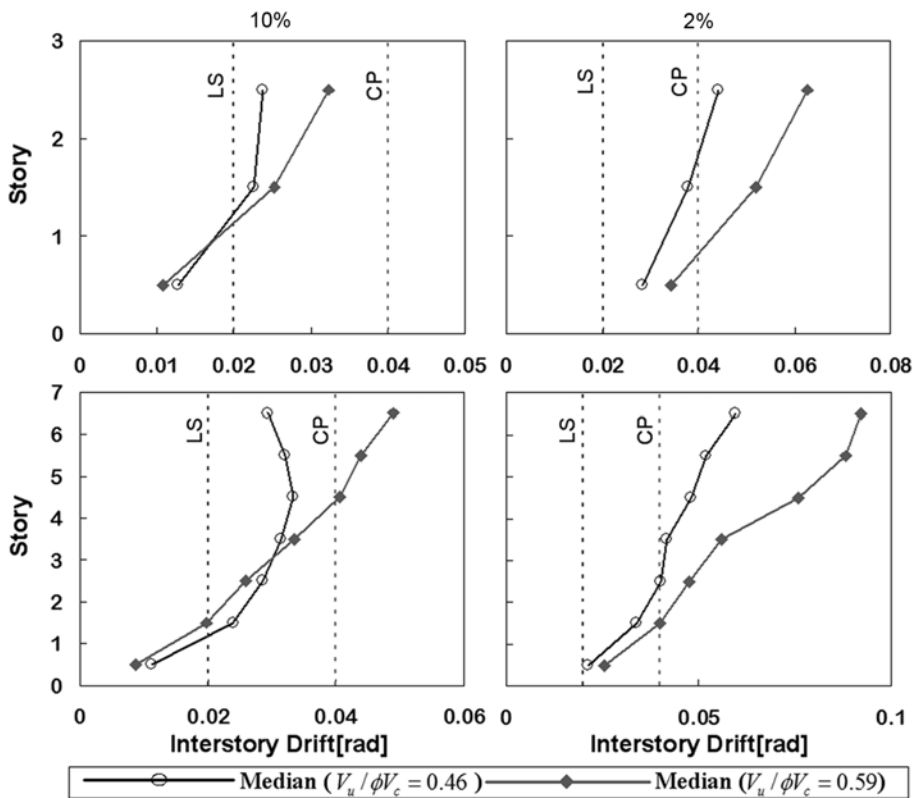


Fig. 5 Median maximum interstory drifts for LA motions

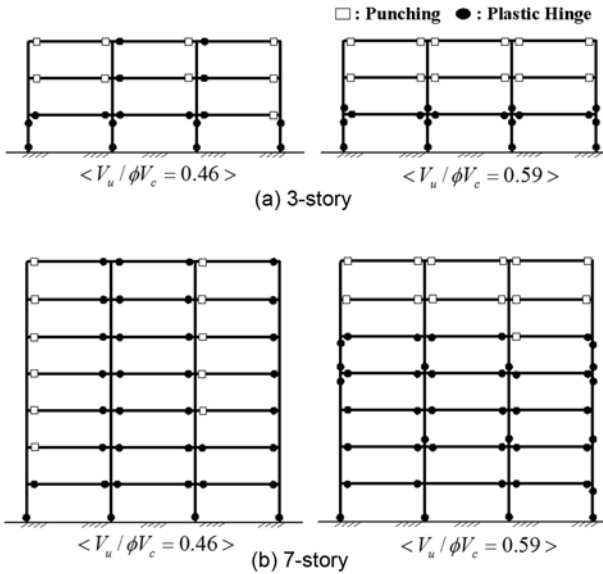


Fig. 7 Plastic hinge and punching shear failure for 10% 50 years LA motions

하여 더 많은 뚫림 전단파괴로 더욱 취약적인 골조의 붕괴가 예상된다. 또한 건물의 층수가 높아짐에 따라 더 많은 뚫림 전단파괴를 보이는 것은 P-Δ효과에 의한 것으로 판단된다.

5.2 시애틀 지역

시애틀 지역의 50년의 2%와 10% 지진에 대한 비선형

응답이력 해석을 통하여 얻은 최대 층간 변위를 Fig. 8에 나타내었다. 50년의 10% 지진에서는 중력전단비의 크기에 관계없이 두 골조 모두가 LS 한계 층간 변위를 초과하지 않았다. 그리고 50년의 2% 지진에 대해서는 중력전단비가 작은 경우 CP 한계 층간 변위는 초과하지 않았으나, 중력전단비가 큰 경우 CP 한계 층간 변위를 넘어서는 것으로 나타났다. 중력전단비가 큰 경우에서 3층과 7층 골조의 최대 층간 변위는 작은 경우보다 각각 1.45배, 1.83배 크게 나타났다.

Fig. 9는 시애틀 지역의 50년의 2%의 지진에서 발생한 골조의 뚫림 전단파괴와 소성힌지 분포도를 나타낸 것이다. 재현주기 50년의 2%의 지진에 대하여 3층 골조의 뚫림 전단파괴는 모든 골조에서 8개씩 나타났으며, 7층 골조는 중력전단비가 작은 경우와 큰 경우 각각 22개와 27개가 발생하였다. 3층 골조의 소성 힌지는 각각 18개와 22개, 7층 골조는 각각 25개와 36개가 발생하였다. 그러나 50년의 10% 지진에 대하여 뚫림 전단파괴와 소성 힌지는 모든 골조에서 발생하지 않았다. 따라서 큰 중력전단비를 갖는 골조의 경우가 더 많은 뚫림 전단파괴와 소성힌지를 발생시켜 LA 지역과 유사한 결과를 보인다.

5.3 보스턴 지역

Fig. 10은 보스턴 지역에서의 RC 플랫 플레이트 골조의 최대 층간 변위비를 나타내었다. 약진 지역인 보스턴 지역에서는 50년의 2%와 10% 지진에 대하여 중력전단

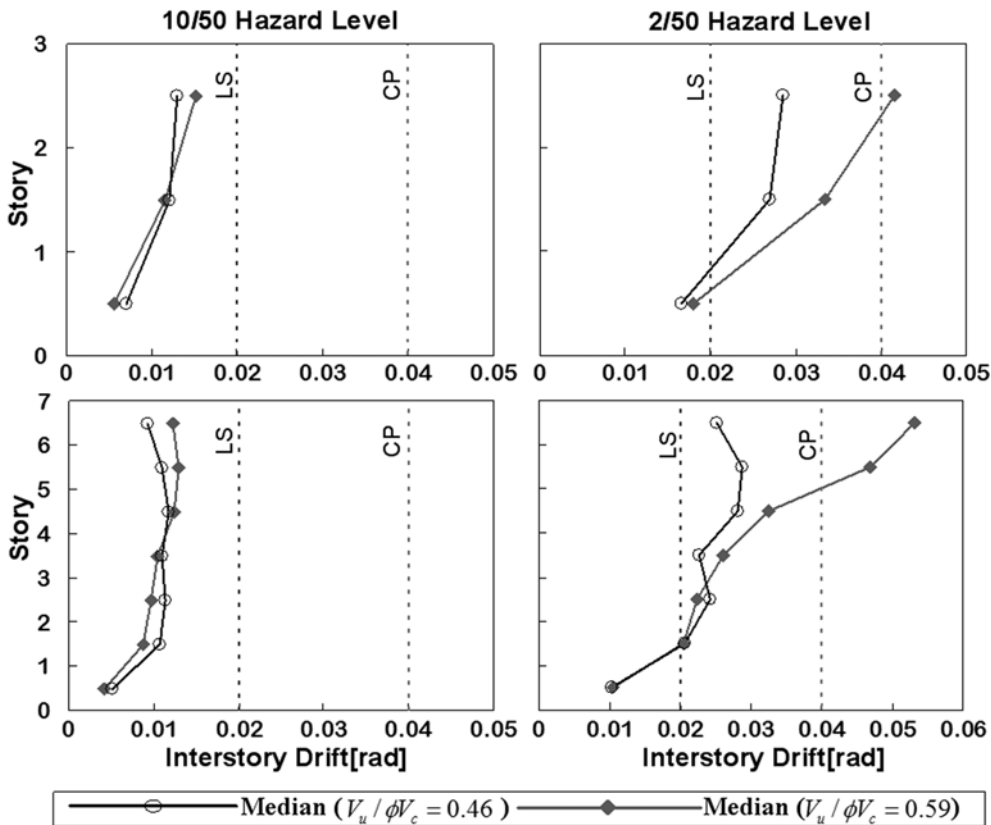


Fig. 8 Median maximum interstory drifts for seattle motions

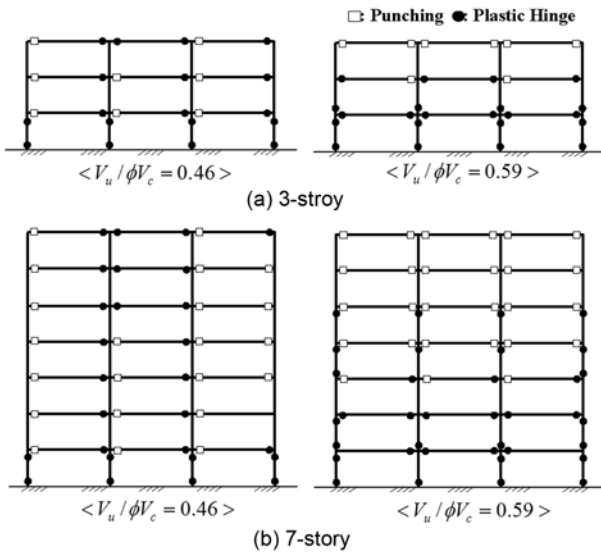


Fig. 9 Plastic hinge and punching shear failure for 2% 50 years Seattle motions

비의 크기에 관계없이 골조 모두가 LS 한계 층간 변위를 초과하지 않았으며, 뿔뿔 전단파괴와 소성 힌지 역시 모든 골조에서 발생하지 않았다.

Table 3은 각 지역에 대한 RC 플랫 플레이트 골조에 대한 요구 층간 변위비를 정리하여 나타낸 것이다.

6. 결 론

이 연구에서는 중력전단비의 차이에 따른 RC 플랫 플레이트 골조에 대해 비선형 정적 해석과 비선형 동적 해석을 통하여 내진 성능 평가를 수행하였다.

- 1) 비선형 정적 해석 결과 중력전단비가 0.46에서는 연성적인 휨지배 파괴가 나타났으며, 0.59에서는 취성적인 전단지배 파괴를 나타내었다.
- 2) 정적 해석 시 중력전단비가 큰 경우, 최대 밀면 전단력과 최대 층간 변위는 작은 경우보다 3층 골조에서 각각 45.57%, 70.73% 감소하였고, 7층 골조에

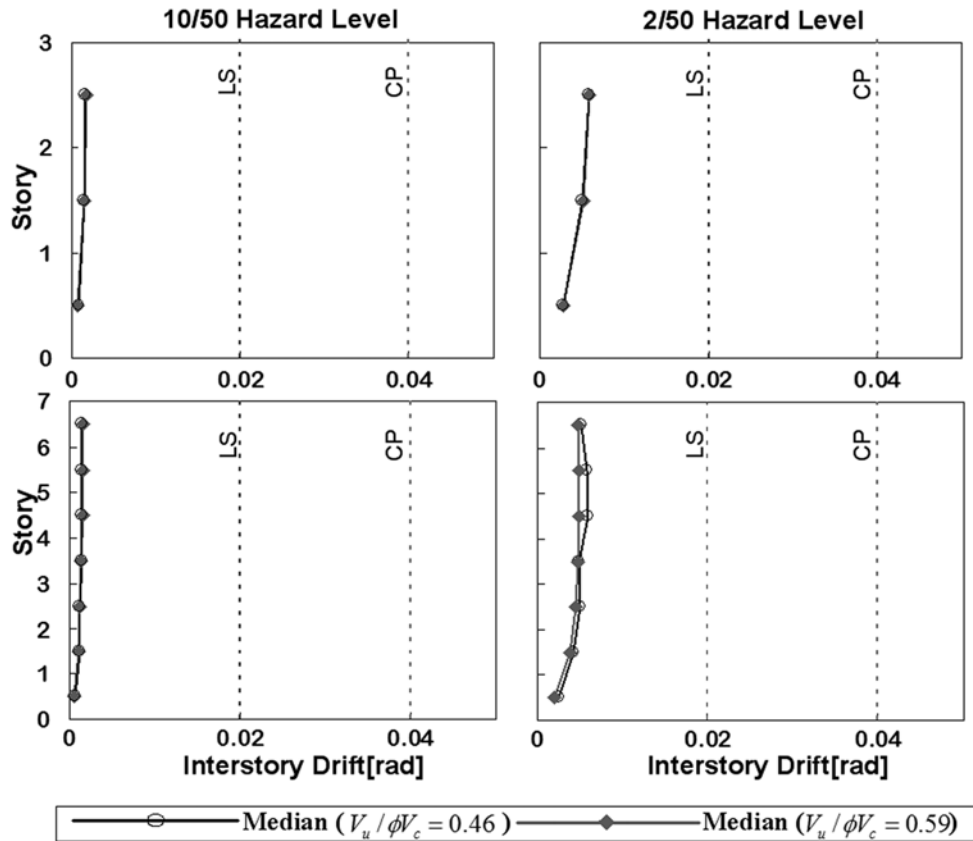


Fig. 10 Median maximum interstory drifts for Boston motions

Table 3 Comparison of median maximum interstory drifts for LA, Seattle, Boston motions

	Max interstory drift ratio (rad)																	
	10/50 (median)									2/50 (median)								
	$V_u/\phi V_c = 0.46$ (1)			$V_u/\phi V_c = 0.59$ (2)			(2) / (1)			$V_u/\phi V_c = 0.46$ (1)			$V_u/\phi V_c = 0.59$ (2)			(2) / (1)		
	Boston	Seattle	LA	Boston	Seattle	LA	Boston	Seattle	LA	Boston	Seattle	LA	Boston	Seattle	LA	Boston	Seattle	LA
3-story	0.002	0.013	0.024	0.002	0.015	0.032	1.03	1.15	1.33	0.006	0.029	0.044	0.006	0.042	0.063	1.03	1.45	1.43
7-story	0.001	0.012	0.033	0.002	0.013	0.049	2.00	1.08	1.48	0.006	0.029	0.059	0.008	0.053	0.092	1.33	1.83	1.56

서 각각 46.93%, 66.67% 성능이 크게 감소한 것을 알 수 있다. 즉, 중력전단비의 증가는 슬래브-기둥 접합부의 전단응력을 가중시켜 횡 변형 능력을 감소시키는 것으로 나타났다. 그리고 7층 골조가 3층 골조보다 최대 층간 변위비가 작게 나타난 것은 P-Δ 효과에 의하여 횡력 저항 능력이 감소되었기 때문으로 판단된다.

- 3) 동적 해석 결과 LA지역의 10/50 지진에서 모든 골조에서 LS 한계 층간 변위를 초과하였고, 중력전단비가 큰 경우 7층 골조에서는 CP 한계 층간 변위를 초과하였다. 50년 2% 지진에 대해서는 모든 골조가 CP 한계 층간 변위를 초과하여 나타났다. 시애틀 지역의 50년 10% 지진에서 모든 골조가 LS 한계 층간 변위를 초과하지 않았으며, 50년 2% 지진에 대해서는 판매장의 골조만이 CP 한계 층간 변위를 넘어서는 것으로 나타났다. 이는 중력전단비가 큰 경우 더 작은 지붕 층 변위에서 LS와 CP 한계 층간 변위에 도달하는 것을 의미한다.
- 4) 동적 해석 결과 LA지역에서 50년 10%와 50년 2% 지진에 대하여 모든 골조에서 소성 힌지와 뚫림 전단파괴가 발생하였다. 시애틀 지역의 50년 2% 지진에서 소성 힌지와 뚫림 전단파괴가 발생하였으나, 50년 10% 지진에서는 발생하지 않았다. 접합부의 뚫림 전단파괴는 중력전단비가 큰 골조에서 그 발생한 수가 많은 것으로 관측되었다. 따라서 중력전단비가 큰 골조의 경우 동일한 지진에 대하여 더 많은 뚫림 전단파괴로 더욱 취약적인 골조의 붕괴가 예상된다.
- 5) 플랫 플레이트의 골조의 내진 성능 평가 시 중력전단비의 영향을 반영하여야 하며 높은 중력 전단비를 갖는 플랫 플레이트 골조인 경우 충분한 내진 성능 평가를 통해 안정성 검토가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2009년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단(2009-0086384)과 우수연구센터육성사업인 한양대 친환경건축센터(R11-2005-056-040020-0)의 지원을 받아 수행되었습니다.

1. Pan, A. D. and Moehle, J. P., "An Experimental Study of Slab-Column Connections," *ACI Structural Journal*, Vol. 89, No. 6, 1992, pp. 626~638.
2. Robertson, I. N. and Durrani, A. J., "Seismic Response of Connections in Indeterminate Flat-slab Subassemblies," *Report No. 41, Department of Civil Engineering, Rice University, Houston, Tex.*, 1990, 266 pp.
3. Sang, W. H., Kee, S. H., Park, Y. M., Lee, L. H., and Kang, T. H.-K., "Hysteretic Behavior of Exterior Post-tensioned Flat Plate Connections," *Engineering Structures*, Elsevier, Vol. 28, No. 14, 2006, pp. 1983~1996.
4. 황보진, 박영미, 한상환, "철근콘크리트 플랫 플레이트 골조의 비선형 모델," 대한건축학회 논문집, 25권, 2호, 2009, pp. 75~82.
5. ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-05)*, American Concrete Institute, Detroit, 2005, 430 pp.
6. MIDAS IT, *MIDAS GEN Advanced Application*, Seoul, Korea, 2002, pp. 7~47.
7. OpenSees Development Team, *OpenSees: Open System for Earthquake Engineering Simulations*, Version 1.7.3, Berkeley, CA, 2006, 344 pp.
8. Banchik, C. A., "Effective Beam Width Coefficients for Equivalent Frame Analysis of Flat-plate Structures," *ME Thesis*, Univ. of California at Berkeley, Cali., 1987, 56 pp.
9. Moehle, J. P. and Diebold, J. W., "Lateral Load Response of Flat Plate Frame," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 111, No. 10, 1985, pp. 2149~2165.
10. Federal Emergency Management Agency, *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building*, FEMA 356, Washington, DC, 2000, pp. 1~36.
11. UBC, *Structural Engineering Design Provisions, Uniform Building Code, Vol. 2*, International Conference of Building Officials, 1994, pp. 2~11.
12. Somerville, P., Smith, N., Puntamurthula, S., and Sun, J., "Development of Ground Motion Time Histories for Phase 2 of the FEMA/SAC Steel Project, SAC Background Document," *Report No. SAC/BD-97/04*, SAC Joint Venture, 555 University Ave., Sacramento, Calif., 1997, 41 pp.
13. Yun, S. Y., Foutch, D. A., and Lee, K., "Reliability and Performance Based Design for Seismic Loads," *PMC2000-311*, Notre Dame, IN, 2000.

요약 이 연구에서는 중력 전단비에 따른 철근콘크리트 플랫 플레이트 골조의 내진성능을 평가하였다. 이를 위하여, 이 연구에서는 3층, 7층 골조를 중력하중만 고려하여 설계하고, 대상 건물에 대한 비선형 정적 푸쉬 오버 해석과 비선형 동적 해석을 수행하였다. 그리고 이 연구는 그 비선형 해석에서 중력 전단비의 차이에 따른 뚫림 전단과 파괴 메커니즘을 예측할 수 있도록 제안한 슬래브-기둥 접합부 모델을 사용하였다. 이 연구 결과에 따르면 중력 전단비가 골조의 내진성능에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 중력 전단비가 커짐에 따라 골조 접합부의 파괴가 취약적인 파괴를 나타내어 내진 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 철근콘크리트 플랫 플레이트, 중력전단비, 푸쉬 오버 해석, 횡방향 강도, 최대 변형 능력