

철근콘크리트 전단벽식 건물의 내진성능지수

Seismic Performance Index of Reinforced Concrete Shear Wall Buildings

권 영 웅*

Kwon, Young-Wung

김 민 수**

Kim, Min-Su

ABSTRACT

This paper concerns the seismic performance index of highrise reinforced concrete shear wall buildings assessed by FEMA 273 and ATC-40 provisions. The applied buildings are 10 to 35 stories and the evaluation level is life safety level. The seismic performance index results of 1st and 2nd evaluations are as follows ;

	Performance Index					
	10F	15F	20F	25F	30F	35F
1 st	0.960	0.912	0.890	0.889	0.878	0.843
2 nd	0.944	0.917	0.895	0.853	0.841	0.792

1. 서 론

벽식아파트 건물의 고층화는 지진발생시 구조적으로 저층부의 벽량부족현상, 약층 및 연약층의 발생과 더불어 과도한 층간변위를 야기시켜 건물로 하여금 이상거동(abnormal behavior)을 일으킨다. 특히 건물은 지진에 대하여 비탄성적으로 거동하므로 탄성의 정적해석법에 근거한 설계법은 건물의 최대변형능력과 정도를 결정하기 위한 직접적인 방법이 되지 못한다.

본 연구에서는 성능목표를 인명안전수준(life safety level)으로 설정하고, 현재 설계단계에 있는 신축 중인 아파트 건물에 대하여 FEMA 273과 ATC-40에서 제안하고 있는 내진성능평가기법을 통하여 기술적으로 적용 가능한 내진평가방법 및 성능지수(seismic performance index) 산정을 설계단계에서부터 제공하여 건물의 성능에 기초한 평가절차 및 보유성능을 제시하고 나아가, 아파트의 고층화에 따른 강성, 질량 및 그 수직방향 횡저항요소의 면내 불연속성과 하중전달능력의 불연속등으로 인한 지진에 대한 내진성능을 평가·비교하여 시스템별 성능을 알아보려는데 그 목적이 있다.

2. 평가대상건물

2.1 건물개요

- (1) 건물명 : 인천광역시 S아파트
- (2) 구조형식 : 철근콘크리트 벽식구조(층수:10F, 15F, 20F, 25F, 30F, 35F)

* 정회원, 인천대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정회원, 인천대학교 대학원, 박사과정

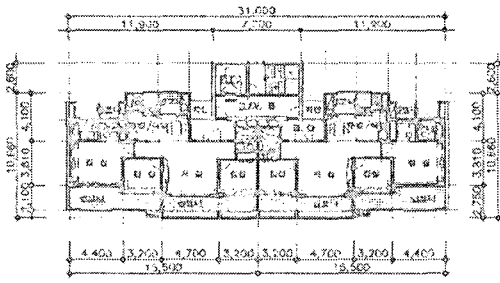


그림 1 기준층 평면도

표 1 재료특성 및 벽두께

Floor	Wall thickness		f_{ck} (MPa)	f_y (MPa)
	Core&EXT. Wall	INT. Wall		
10F	18cm	15cm	21	400
15F	18cm	15cm	21	
20F	20cm	15cm	21, 24	
25F	25cm	18cm	21, 24	
30F	25cm	18cm	21, 24, 30	
35F	30cm	18cm	21, 24, 30, 35	

2.3 적용하중

본 연구에서 적용한 바닥하중과 지진하중은 표2 ~ 표3과 같다.

표 2 바닥하중(kg/m²)

Load	Room	Bath	ENT	BAL	Stair
Dead	595	510	500	490, 610	660
Live	200	200	200	300	300

표 3 지진하중

Load	T	A	I	S	R
Seismic load	$T=0.0733(hn)^{3/4}$	0.11	1.5	1.2	3.0
	$T=0.0488(hn)^{3/4}$				

3. 내진성능평가

3.1 1차내진성능평가

부재에 발생하는 응력의 크기, 구조시스템상의 약층의 존재여부, 구조의 안정성을 보장할 수 있는 척도인 잉여력에 대한 평가에서 전단벽체 응력의 경우 15층 이상 아파트 건물은 기존 설계되어 있는 벽량에 대해서 X방향 저층부에서 허용전단응력을 초과하는 것으로 나타났다. 특히 25층 이상의 아파트의 경우 층수의 절반이상이 허용전단응력을 만족하지 않는 것으로 나타나 이를 위한 벽체의 단면증대 및 신설등의 내진보강(seismic rehabilitation)이 필요할 것으로 판단된다. 강성, 형상 및 상세항목의 평가에서는 층의 셀백(setback)이나 구조시스템의 변화가 없기 때문에 문제가 없는 것으로 나타났다.

3.2 2차내진성능평가

2차 평가에서는 구조물의 동적해석 결과를 이용해서 내진성능을 평가하지만, 여전히 전문가의 경험 및 전문지식에 대한 평가도 포함시켜 종합적인 평가를 해야된다. 이를 위해서 1차 평가시와 유사한 방법으로 평가항목들에 대한 상대적 중요성 및 구조부재의 층 위치에 따른 중요성을 보다 합리적으로 반영하기 위해서 부재별 절근량 및 배근간격을 적용하고, 가중치를 부여하여 종합적인 평가를 수행하였다. 동적해석을 통한 2차평가결과에서 X방향의 경우 1차모드가 Y방향은 2차모드가 지배하는 것을 알 수 있었으며, 강성 측면에서는 문제가 없어보이나, 전단벽체의 부재력은 층수가 증가할수록 기존의 배근량 및 벽두께로는 부족한 것으로 나타났다.

3.3 정밀내진성능평가

비선형 정적해석방법인 CSM(능력스펙트럼)은 일방항가력(pushover) 해석을 이용하여 성능점과 성능점에 도달하는 과정시 발생한 부재의 응력상태를 통해 강도 및 변형능력을 평가한다. 구조물의 내진성능을 평가해 본 결과, 1·2차 평가시 문제점으로 제기되었던 전단벽체에서 소성힌지가 발생하는 것

으로 나타났다. 층수의 증가에 따라 성능점 역시 증가하며 전단에 의한 것보다는 모멘트에 의한 소성
 힌지 발생빈도가 많은 것으로 나타났다. 그러나 변형특성의 경우 인명안전(1.5%)수준에서 허용치를 만
 족하고 있다.

표 4 1차 내진성능지수

1Step	Shear wall (C2)																		Deterioration								
2Step	Strength			Stiffness					Configuration						Detailing Concerns												
3Step	Stress		Weak story	Redundancy	Story drift		Soft story		Adjacently	Load path		Mass change		Plan change		Torsion		Retrofit steel		Opening retrofit							
4Step	II	S.W	II	S.W	II	II	S.W	II	S.W	II	II	S.W	II	S.W	II	S.W	II	S.W	II	S.W	II	S.W	II				
3Step II	10F	1.000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	Engineering Assessment				
	15F	0.735	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0		
	20F	0.610	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	
	25F	0.606	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
	30F	0.547	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0
35F	0.353	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
3Step	W.F	0.6	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5													
2Step II	10F	1.000			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			0.8				
	15F	0.841			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0							
	20F	0.766			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0							
	25F	0.763			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0							
	30F	0.728			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0							
35F	0.611			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0			1.0								
2Step	W.F	0.30			0.15			0.20			0.15			0.15			0.15			0.15			0.2				
1 st Evaluation	10F											0.960															
	15F											0.912															
	20F											0.890															
	25F											0.889															
	30F											0.878															
	35F											0.843															

표 5 2차 내진성능지수

1Step	Shear wall (C2)										Deterioration											
2Step	Strength		Stiffness			Detailing		Concerns														
3Step	Stress		Story drift	Adjacently	Retrofit steel	Opening retrofit																
4Step	II	S.W	II	S.W	II	II	S.W	II	S.W	II	S.W	II										
3I.I	10F	0.961	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	Engineering Assessment									
	15F	0.894	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0											
	20F	0.838	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0											
	25F	0.733	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0											
	30F	0.703	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0											
35F	0.580	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0															
3W.F	1.0	0.8	0.2	0.5	0.5																	
2I.I	10F	0.961	1.0	1.0			1.0			1.0			0.8									
	15F	0.894	1.0	1.0			1.0			1.0												
	20F	0.838	1.0	1.0			1.0			1.0												
	25F	0.733	1.0	1.0			1.0			1.0												
	30F	0.703	1.0	1.0			1.0			1.0												
35F	0.580	1.0	1.0			1.0			1.0													
2W.F	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2			0.2			0.2									
2 nd Evaluation	10F											0.944										
	15F											0.917										
	20F											0.895										
	25F											0.853										
	30F											0.841										
	35F											0.792										

표 6 변형한계

Story	Performance level		Performance point	Maximum total drift	Acceptance criteria
10F	L.S	X-DIR	1.14cm	0.21%	1.5%
		Y-DIR	1.01cm	0.01%	
15F	L.S	X-DIR	3.49cm	0.28%	1.5%
		Y-DIR	1.97cm	0.01%	
20F	L.S	X-DIR	5.35cm	0.31%	1.5%
		Y-DIR	3.43cm	0.01%	
25F	L.S	X-DIR	9.09cm	0.01%	1.5%
		Y-DIR	5.70cm	0.01%	
30F	L.S	X-DIR	11.96cm	0.54%	1.5%
		Y-DIR	8.19cm	0.01%	
35F	L.S	X-DIR	13.39cm	0.56%	1.5%
		Y-DIR	9.88cm	0.01%	

4. 결 론

본 연구는 현재 설계단계에 있는 전단벽식 구조물에 대하여 ATC-40과 FEMA 273에서 제안하고
 있는 내진성능평가를 통하여 내진성능평가방법 및 성능지수를 산정하고, 지진에 대한 내진성능을 평
 가·비교하여 시스템별 성능의 결과는 다음과 같다.

(1) 정적해석 및 탄성해석을 이용한 1, 2차 내진성능평가 결과, 강성 및 형상항목에서는 문제가 없어보
 이나, 강도평가에서 층수가 증가함에 따라 허용전단용력이 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 특히

25층이상의 경우 평가지수가 1차평가에서는 9.9%~13.8%, 2차평가에서는 10.6%~19.2%로 정도로 감소됨을 알 수 있었다.

(2) 비선형 정적해석 방법인 능력 스펙트럼(CSM)을 이용한 정밀내진성능평가에서 성능목표에 따른 소성힌지의 발생여부를 확인할 수 있었으며, ATC-40에서 제시하는 규정에 따라 허용층간변위를 검토한 결과 즉시거주수준과 인명안전에서 구조물의 층간변위가 증가되는 것은 볼 수 있었지만, 허용범위내에 있는 것으로 나타났다.

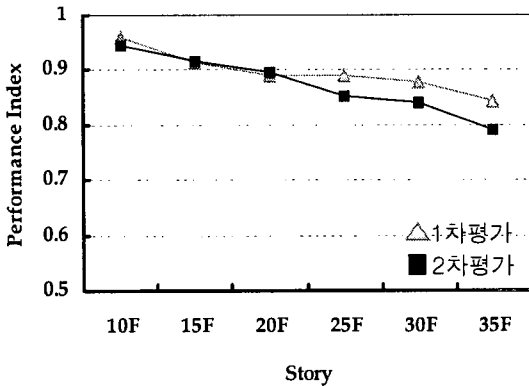


그림 3 성능지수(1st & 2nd)

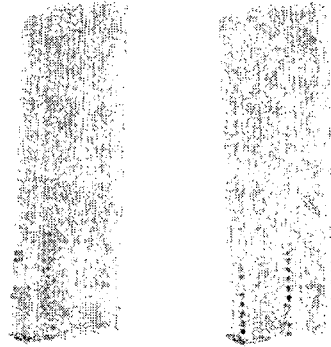


그림 4 소성힌지(X, Y방향)

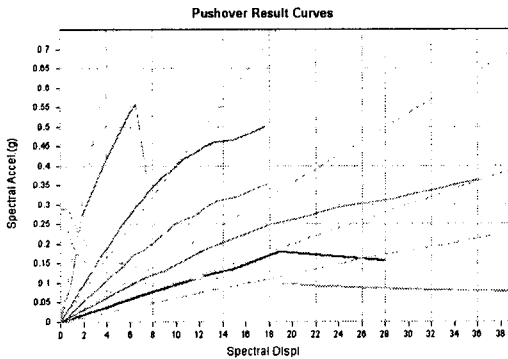


그림 5 성능점(X-DIR)

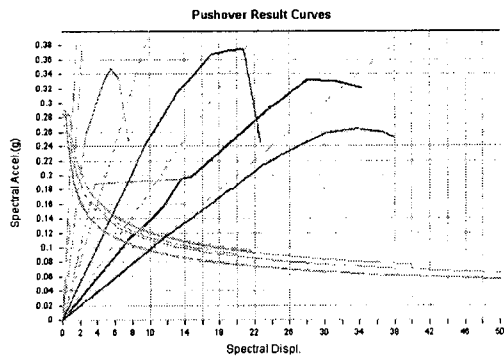


그림 6 성능점(Y-DIR)

참고문헌

1. 권영웅 외 5, "철근콘크리트 전단벽식 고층건물의 내진성능평가에 관한 연구", 한국구조물진단학회, 2002. 10.
2. (주)합건설방재기술단, "인천광역시 S아파트 내진성능평가 연구보고서", 합020820NO235, 2002. 8.
3. (주)합건설방재기술단, "인천광역시 G아파트 내진성능평가 연구보고서", 합020820NO315, 2002. 12.
4. (주)합건설방재기술단, "인천광역시 D아파트 내진성능평가 연구보고서", 합020820NO315, 2002. 6.
5. 박만철, "모멘트 저항 철근콘크리트 건축물의 내진성능에 관한 연구", 인천대학교 석사논문, 2002. 12.
6. 한국지진공학회, "통신용 건물의 내진성능평가 및 내진보강 지침 보고서", 2001.
7. ATC(1996), "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", ATC-40 Report, Applied Technology Council, Redwood City, California.
8. BSSC(1997), "NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation Buildings", Building Seismic Safety Council, FEMA 273.