

학교 건축물의 내진 보강을 위한 가새 - 높이비에 관한 연구

이화정^{1*}, 변대근², 윤성기³

A Study on Brace-height Ratio for Seismic Retrofit of School Building

Hwa-Jung Lee^{1*}, Dae-Kun Byon², Sung-Kee Yoon³

Abstract : The recent earthquake in Korea caused large and small damages to many school building. School building is an important building that is used as a shelter in the event of disaster. Among the seismic retrofit methods, the internal steel braced frame type method is used for its relatively easy construction and excellent performance. In this study, the maximum shear force and displacement were compared and examined by applying the brace frame to existing concrete school buildings. As a result, we verified the adequacy of the analytical model and compared and examined the effect of brace-height ratio on the span of the existing school buildings. The adequacy of the maximum shear force and displacement relationship can be confirmed in the model with a length of 0.3. In addition, seismic frame was applied to the actual non-seismic reinforced concrete school building, and the seismic performance was evaluated by nonlinear static analysis(Push-over analysis) according to the ratio of brace-height. As a result, the increase of the brace-height according to the brace-height ratio has the effect of increasing the maximum shear force and maximum load at the performance point. But the collapse of the braced frame due to the increase in the lateral stiffness occurred, indicating that seismic retrofit according to the proper brace-height is necessary. Therefore, in the seismic retrofit design of brace frame of existing school building, it is necessary to select the proper brace-height after retrofit analysis according to the brace-height ratio.

Keywords: school building, seismic performance, steel brace frame, brace-height ratio, nonlinear static analysis, seismic retrofit

1. 서론

최근 세계 각국에서 지진의 발생이 급증하고, 우리나라도 2016년9월에 발생한 경주지진과 2017년 포항지진이 발생한 후로 크고 작은 지진들로 인해 건물 피해가 발생되고 있다. 그 중에서도 재난이 발생 했을 때 중요한 역할을 하는 공공기관 및 학교 건물은 내진성능 평가에 따라 내진 보강이 중요해졌다(KMA 2018). 현재 학교 건물에 대한 보강들이 내부보강형, 외부보강형, 제진공법 등으로 활발히 이루어지고 있다. 기존의 학교 건물들은 지진 발생시 어떠한 피해가 발생할지 알 수가 없으므로 정확한 내진성능 평가를 통해 부족한 내진성능을 파악한 후 적절한 보강방안을 선정해야 할 것이다. 기존 철근콘크리트 건물의 내진보강공법으로 강도 보강공법, 변형능력향상법, 면진장치, 제진장치를 이용한 많은 공법들이 제안되고 있다(FEMA 2000; JBPDA 2017). 국내 비내진 상세를 가지는 전단파괴형 중·저층 철근콘크리트 건물의 내진성능 향

상으로 강도 증진법이 보다 효율적인 내진보강방법으로 연구되어왔다(Lee et al, 2002). 건물의 전단보강으로는 단면증설, 강판보강, 섬유복합체 보강 등이 있으나 개소수가 많아지면 시공성과 경제성이 떨어져 적용 사례는 많지 않고 주로 전단벽, 날개벽, 골조신설, 끼움골조, 철골 가새 등의 시스템 보강 공법이 주로 내진보강에 적용되고 있다. 본 연구에서는 여러 보강 공법 중에서도 내부 보강형으로 내부에 끼움가새골조 설치로 보강한 철근 콘크리트 골조의 가새-높이비에 따른 내진성능에 대한 평가를 하고자 한다. 기존의 실험 해석 모델의 거동특성과 반복가력해석 결과를 비교하여 해석 모델의 적정성을 확인하고, 제한한 모델의 가새-높이비에 대한 최대전단력 및 변위의 변화에 대해 비교 분석하고자 한다. 또한 가새를 설치한 끼움가새골조를 실제 학교 건축물에 적용하고 비선형 정적 해석(Push-over)을 통하여 가새-높이비에 따른 내진성능을 평가 수행하여 이에 따른 끼움가새골조의 적절한 가새-높이비에 대해 비교 검토하고자 한다.

¹정회원, 동인구조진단(주), 대표이사

²정회원, 동인구조기술(주), 대표이사

³정회원, 부산대학교 건축공학과 정교수, 공학박사

*Corresponding author: leerosal7@naver.com

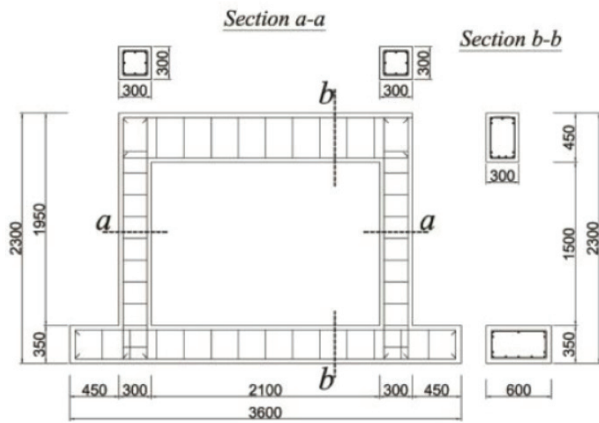
150 Busandaehak-ro, Mulgeum-eup Yansan-si, Gyeongsangnam-do, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2020년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2020년 10월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

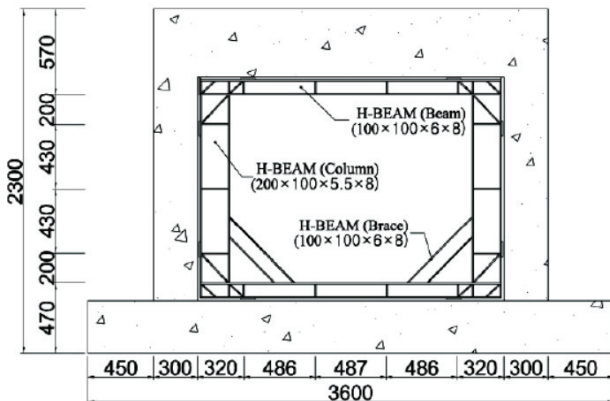
2. 철골 가새골조의 해석 모델

2.1 실험체 형상과 특성

내진설계가 되지 않은 보통모멘트 골조인 학교건물의 1층 1경간에 대한 실험 (Lee et al, 2013) 과 CANNY(2010)를 이용한 비선형해석의 결과를 비교하여 정확성을 검증한다. 실험 모델은 실제 크기의 1/2 크기 실험체이며 실험은 일정한 축력이 가해진 상태에서 변위제어로 수평반복하중을 각 변위별로 3cycle씩 반복하며 기둥 높이에 대한 횡변위비인 Drift ratio 8%까지 반복가력 방식으로 실험하였다. 실험체는 Fig.1과 같으며 콘크리트 압축강도는 45.2 MPa이며 기둥 및 보의 주근은 모두 지름 13 mm 철근, 띠철근은 지름 10 mm를 사용하였고 H형강 프레임에 사용된 강재는 SS400이다. 본 연구에서는 기존의 실험과 동일하게 기둥 높이에 대한 횡 변위비인 Drift ratio 8%까지 변위를 가하는 것으로 반복하중을 가하여 변위로 제어하는 비선형해석을 수행하였다.



(a) Reinforcement detail of RC frame



(b) H-beam frame

Fig. 1 Reinforcement detail of RC frame and H-beam frame

2.2 해석 모델 적용

비선형 동적 거동을 해석할 수 있는 CANNY 프로그램에 적용하기 위하여 기존 구조체를 부재의 중앙과 양단에 비선형 거동을 위한 스프링을 가지는 선형부재로 가정한다. 보부재는 양단부에서 휨스프링에 의해 비선형 휨거동을 하고, 기둥부재는 부재 양단부의 휨스프링에 의해 휨거동을 하며 부재 중앙부의 축스프링에 의해 거동이 표현된다. 기둥의 휨변형은 Tri-linear 복원력 모델을 이용하여 최대강도 이후의 강성저하, 강도저하와 편칭현상을 고려하도록 하였다.

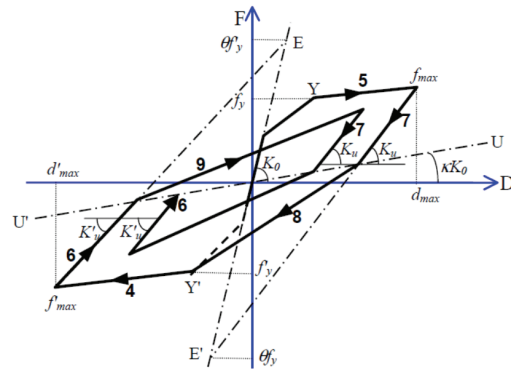


Fig. 2 Sophisticated model CA7

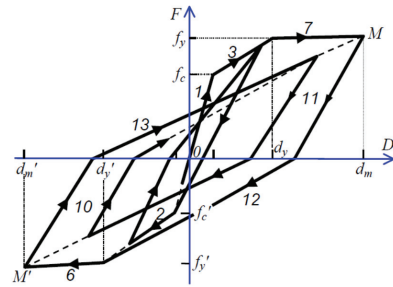


Fig. 3 Cross-peak trilinear/bilinear model, CP3

Table 1 Hysteresis parameter of RC member

Hysteresis parameter		Beam	Column
stiffness	α	0.2	0.27
degradation	β	0.001	0.001
strength deterioration	ϵ	-	0.05
pinching behavior	η	-	0.2
	δ	-	0.3
	λ	-	0.5
unloading parameter	κ	-	0.001
	θ	0.7	1.0
	ξ	1.0	0.1

2.2.1 철근 콘크리트 기둥-보 부재

휨이력거동은 JBDPA(2017) 기준에 의해 계산된 균열강도와 항복강도를 이용하였다. 무보강 기둥 부재인 철근콘크리트 부재는 기둥의 양단부에 축력과 휨거동을 하는 것으로 가정하고 이력 모델은 Fig.2에 나타나는 것과 같이 강성저하, 강도저하, 편칭현상을 고려하여 해석되는 모델 CA7 모델을 사용하였다. 보부재는 축력에 대해 고려하지 않으며 휨거동은 균열강도와 항복강도를 이용하여 비선형 거동을 하는 CP3 모델을 사용하였다.

2.2.2 보강부재

보강부재의 기둥부재는 강제 재료 특성이 반영되는 MS (Multi Axial-Spring) 모델 이용하여 해석하였다. 사용된 H형강 재료의 응력-변형 관계는 Fig.4와 같으며 각 부재는 비선형 이력 거동을 나타낼 수 있는 요소로 $\beta = 0.01$ 로 가정하여 모델화하고, 철근콘크리트 구조체와 보강부재의 접합은 단부 스프링 요소로 치환하였다.

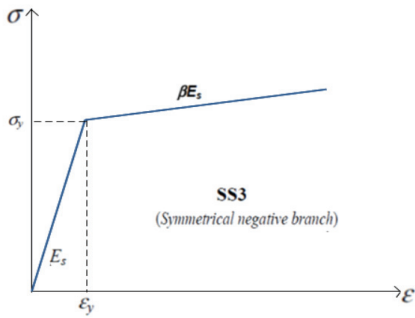


Fig. 4 Bilinear model(SS3) of stress-strain relation

2.3 해석 결과

철근콘크리트 골조와 H형강 보강 골조의 반복 가력 실험결과 (Lee et al, 2013) 와 CANNY를 이용한 변위제어로 인한 수평 반복가력해석 결과는 Table.2에 나타내었다. 실험에서의 무보강골조의 정,부 최대 전단력 137.80 kN 과 -134.68 kN으로 H형강 보강 골조의 정,부 최대 전단력 305.76 kN 과 -304.83 kN으로 약 2.2배 이상 증가하는 것을 볼 수 있다.

해석 결과에서는 H형강 보강 골조가 무보강 골조에서의 최대 전단력이 129.41kN 과 -129.41 kN으로 H형강 보강 골조의 정,부 최대 전단력 284.30 kN 과 -285.02 kN으로 약 2.19배 증가하는 것을 알 수 있다. Fig.5는 수평 반복하중에 의한 무보강 철근콘크리트 골조의 실험과 해석의 이력거동이다.

실험결과에는 최대내력 정가력시 137.80 kN, 부가력시 -134.68 kN이며 해석결과는 정가력시 129.41 kN, 부가력시 -129.41 kN으로 실험 결과와 해석 결과의 오차 비율은 6%, 4%로 유사한 결

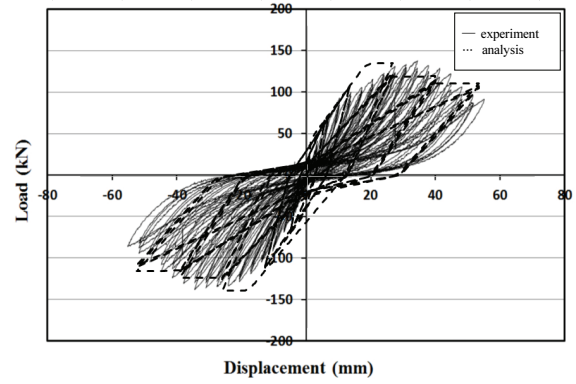


Fig. 5 Comparison of load-displacement between experiment and static analysis of bare frame

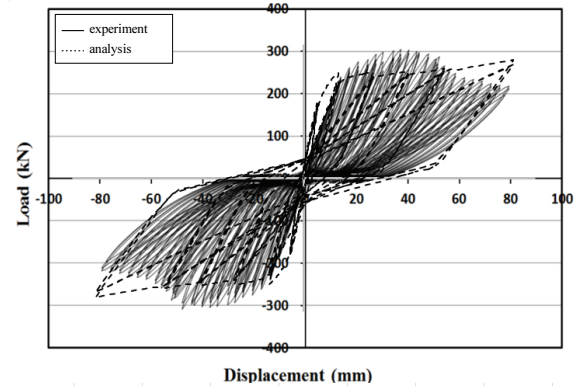


Fig. 6 Comparison of load-displacement between experiment and static analysis of H-beam frame

Table 2 Maximum shear force of experiment and analysis

Item	Method	Maximum shear force	
		V_{max} (kN)	
		Positive	Negative
Bare frame	Experiment	137.80	-134.68
	Analysis	129.41	-129.41
H-beam frame	Experiment	305.76	-304.83
	Analysis	284.30	-285.02

과를 보이고 있다. Fig.6은 H형강 보강 골조의 수평반복 하중에 의한 실험결과와 해석결과의 이력거동이다.

실험결과에는 최대내력 정가력시 305.76 kN, 부가력시 -304.83 kN이며 해석결과는 정가력시 284.30 kN, 부가력시 -285.02 kN으로 오차 비율 7%, 6%로 유사한 결과로 CANNY에 의한 해석 결과의 신뢰성이 검증되었다고 할 수 있다.

3. 철골 가새골조의 가새-높이비에 따른 보강효과

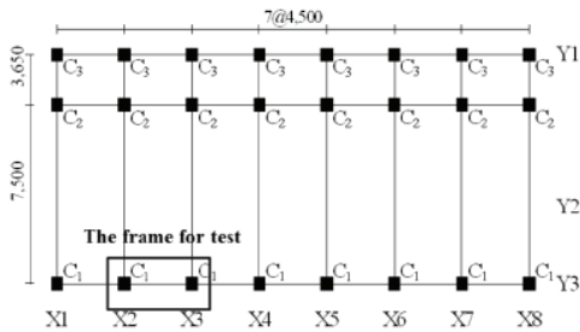
기존의 학교 건물에 적용하여 가새-높이비에 따른 철골 가새골조의 보강효과를 밝혀낸다. 대상건축물은 1980년대 건축된 표준적인 학교건물로서, 일자형 철근콘크리트 보통 모멘트 골조이다. 콘크리트의 설계기준강도는 21 MPa, 철근의 항복강도 240 MPa이며 층고 3.3 m이다 (Lee et al, 2002). Fig.7의 1층 1경간에 대하여 Fig.8과 같은 철골끼움 가새골조로 보강하고 CANNY를 이용하여 비선형해석을 수행한다.

끼움가새골조는 Table 3과 같이 가새-높이비를 0.1~0.5까지 변화시키며 적용한다. 기둥 순길이에 대하여 반복가력방식으로, 가새-높이비(H/L)에 따른 내진보강의 효과를 비교 분석하고자 한다. 반복가력에 대한 힘-변형 곡선은 Fig.9 (a)~(d)와 같

다. Fig.9 (a)는 무가새의 철골보강골조의 이력곡선으로 최대 전단력은 정가력 213.56 kN으로 무보강 철근콘크리트 골조에 비

Table 3 Model name according to brace-height ratio

Model	L=3,750(mm)		
	H/L	H(mm)	B(mm)
RC Frame	-	-	-
Non-Brace Frame	-	-	-
Model-1	0.1	375	375
Model-2	0.2	750	750
Model-3	0.3	1,125	1,125
Model-4	0.4	1,500	1,500
Model-5	0.5	1,875	1,875



(a) Planar of the school building (unit:mm)

	Type C ₁	Type C ₂	Type C ₃
Cross section			
Dim.	350*500 mm	350*400 mm	350*400 mm
Main bar	• 8-D19 ○ 2-D16	• 12-D19 ○ 2-D16	8-D16
Hoop bar	D10-@300	D10-@300	D10-@300

(b) List of the structural members (unit:mm)

Fig. 7 Model

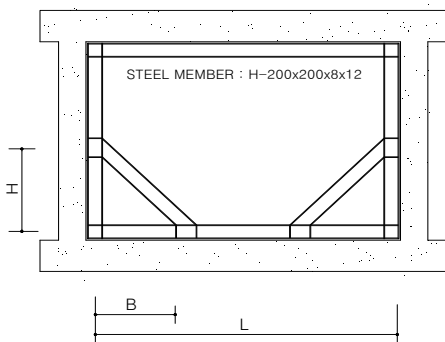
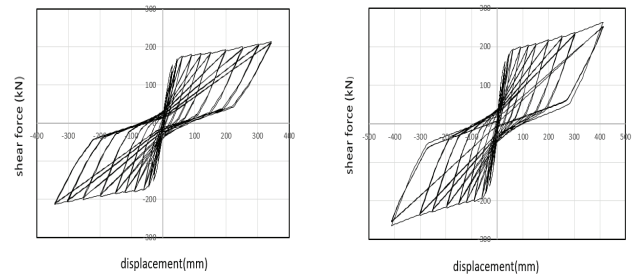
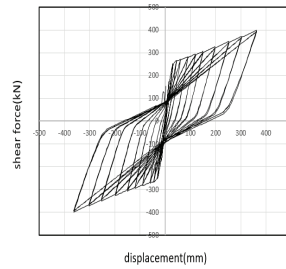


Fig. 8 Steel brace Frame

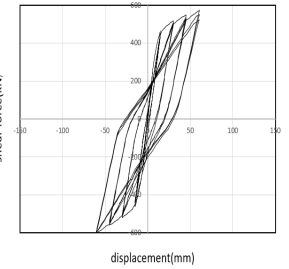


(a) Non- brace frame

(b) Model-1 (H/L=0.1)



(c) Model-3 (H/L=0.3)



(d) Model-5 (H/L=0.5)

Fig. 9 Load - displacement curve

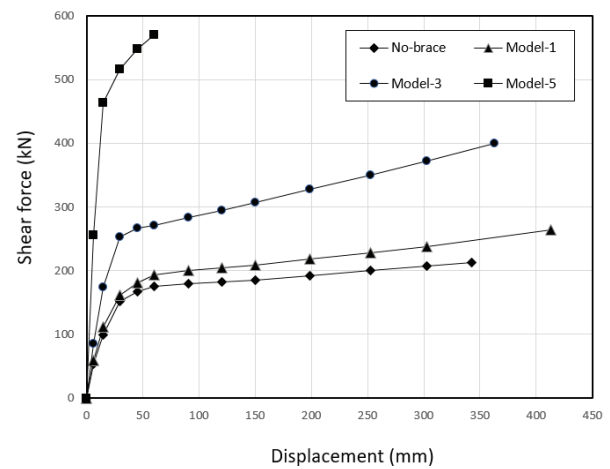


Fig. 10 Comparison of skeleton curves for each model

해 약 2.9배의 최대전단력을 나타내고 있으나 변형에서 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. Fig.9 (b)는 Model - 1(H/L = 0.1)에 대한 이력곡선으로 최대전단력 정가력시 264.85 kN 으로 최대 변형이 410mm로 나타난다.

Fig.9 (c)는 Model-3 (H/L = 0.3)에 대한 힘-변위 이력곡선으로 정가력시 508.02 kN 으로 나타내며 Fig.9 (d)는 Model-5 (H/L = 0.5)에 대한 힘-변위 이력곡선으로 정가력시 636.56 kN으로 최대 전단력의 증가가 나타난다. 그러나, 무가새골조의 최대 변

Table 4 Maximum shear force and displacement according to brace height ratio

Model	V_{max} (kN)	D_{max} (mm)	V-ratio (Model/ Non brace)	D-ratio (Model/ Non brace)
RC Frame	74.50	264	-	-
Non-Brace	213.56	340	1.00	1.00
Model-1	264.85	410	1.24	1.21
Model-2	320.53	400	1.50	1.18
Model-3	508.02	360	2.38	1.06
Model-4	531.57	250	2.49	0.74
Model-5	636.56	60	2.98	0.18

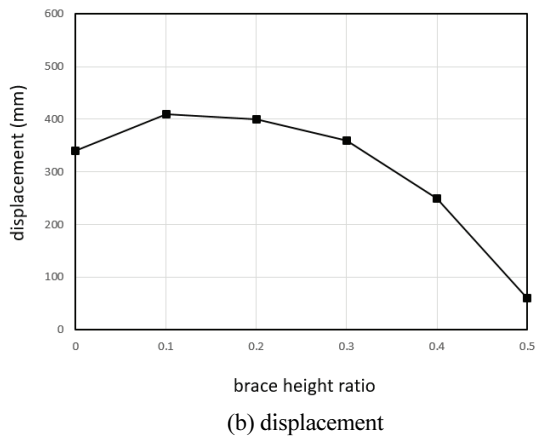
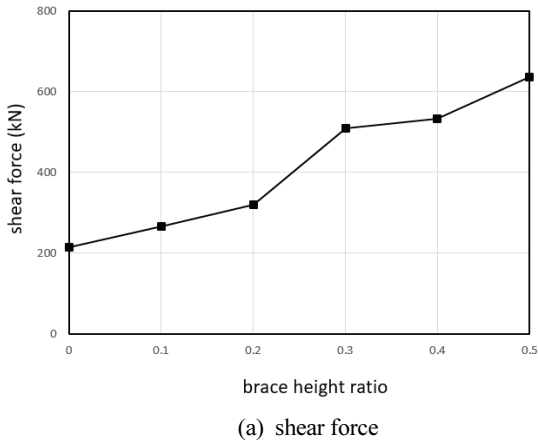


Fig. 11 Comparison of models according to brace height ratio

위 340 mm에서 Model-5 (H/L = 0.5)의 최대변위 60 mm로 크게 줄어 든다. 따라서, 가새 높이에 따른 최대 전단력의 증가는 변위에 영향을 주므로 적절한 가새의 높이비가 요구됨을 알 수 있다. Fig.10은 가새-높이비에 대한 무가새골조, Model-1, Model-3 Model-5의 이력곡선에 대한 포락곡선으로 각 모델의 최대전단력과 최대변위의 관계를 나타내고 있다. 가새의 높이가 증가함에 따라 최대전단력의 증가가 확인되지만 변위에서 전단력이 증가함에 따라 변위량의 감소가 각 모델별로 보여 지고 있다. Table 4는 무보강 철근콘크리트 골조, 무가새 철골 보강골조, 가새-높이비에 대한 철골 가새골조의 Model-1~5의 최대 전단력 및 최대 변위와 무가새골조와의 각 모델에 대한 비교를 나타내고 있다. Fig.11 (a)는 최대전단력의 변화 곡선으로 가새-높이비 0.2~0.3사이에서 최대 전단력이 크게 증가하고 있다. Fig.11 (b)는 최대 변위의 감소가 가새비 0.3이상일 때 급격히 줄어드는 것을 알 수 있다.

4. 철골 끼움가새골조의 적용성을 위한 구조 해석

대상건축물 Fig.7을 철골끼움가새골조 Fig.8로써 보강하여 내진성능을 비교 검토한다. MIDAS-GEN을 사용하여 비선형정적해석을 수행하고 ‘학교시설 내진성능평가 및 보강(교육부 2019)’에 따라서 상세평가를 한다. 무보강골조대비 내진보강골조의 순수보강효과를 확인하기 위하여 조적조 허리벽이 없는 모멘트골조로 Y1열과 Y3열에 가새를 보강하여 Fig.12과 같이 모델링하였다. 해석에 사용된 지진설계변수는 Table 5와 같다. 무보강과 철골골조보강 및 철골가새골조보강에 대한 비선형정적 해석으로 구한 최대전단력과 횡변위를 비교하면 Table 6과 같다. 가새 보강의 효과로 가새-높이비(H/L)가 커질수록 횡강성이 커지면서 최대 전단력이 증가하지만 변위는 감소하는 결과

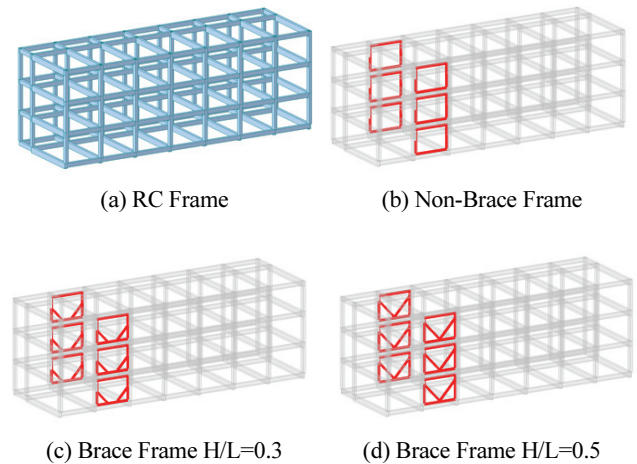


Fig. 12 Push-over analysis model

Table 5 Seismic design parameter

Seismic Zone	1
Zone Factor (S)	0.22
Site Class	S_d
F_a	1.46
F_v	1.58
S_{ds}	0.54
S_{d1}	0.23
Important Factor	1.2
Seismic Design Category	D

Table 6 Maximum shear force and displacement for each model

Type	V_{max} (kN)	D_{max} (m)	V - ratio (Model/ Non-brace)	D - ratio (Model/ Non-brace)
RC Frame	1686.83	0.0860	-	-
Non-brace	1752.62	0.0720	1.00	1.00
Model-1	1813.08	0.0730	1.03	1.01
Model-2	1994.19	0.0790	1.14	1.02
Model-3	2394.10	0.0690	1.37	0.95
Model-4	2700.58	0.0640	1.54	0.90
Model-5	2819.36	0.0380	1.61	0.53

Table 7 Shear force and displacement at performance point (LS)

Type	Performance Point		V - ratio (Model/ Non brace)	D - ratio (Model/ Non brace)
	V_{LS} (kN)	D_{LS} (m)		
RC Frame	1593	0.0614	-	-
Non-brace	1627	0.0561	1.00	1.00
H/L=0.1	1656	0.0551	1.01	0.98
H/L=0.2	1782	0.0506	1.10	0.90
H/L=0.3	1483	0.0298	0.91	0.53
H/L=0.4	2468	0.0472	1.52	0.84
H/L=0.5	-	-	-	-

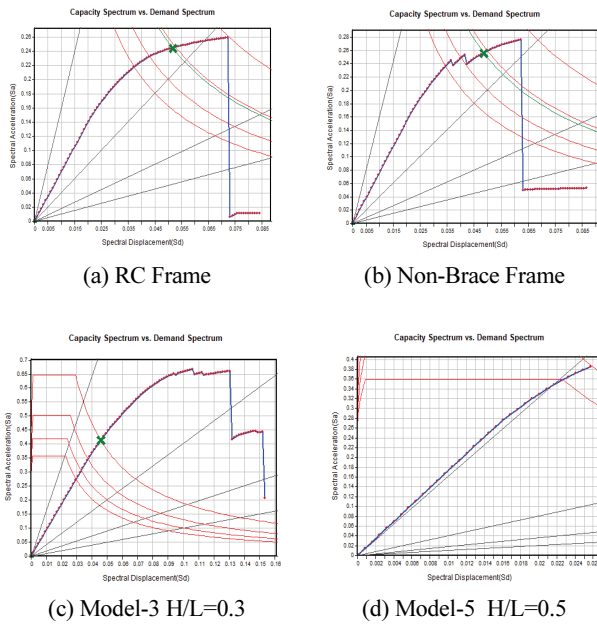


Fig. 13 Performance curve according to brace height ratio

를 보이고 있으며 CANNY를 이용하여 해석한 1경간에 대한 비선형해석의 결과와 일치하는 것을 알 수 있다.

Fig.13은 무보강 철근콘크리트 학교건축물과 무가새 철골골조 및 가새 철골골조의 성능곡선과 요구곡선에 따른 각각의 성능점을 확인할 수 있다. Table 7은 가새-높이비에 따른 성능점(LS)에서의 전단력과 횡변위의 비교이다. 가새-높이비

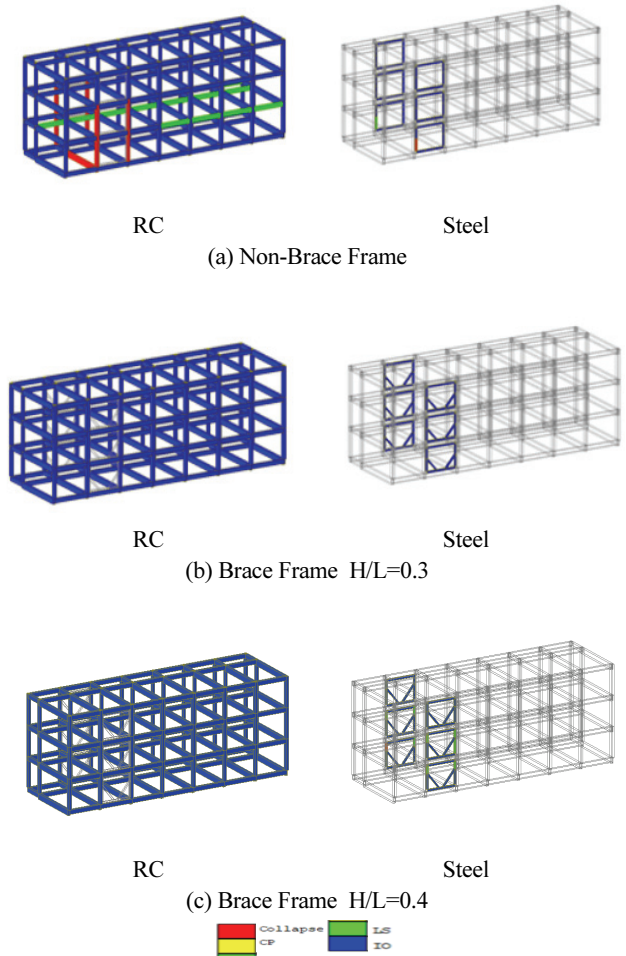


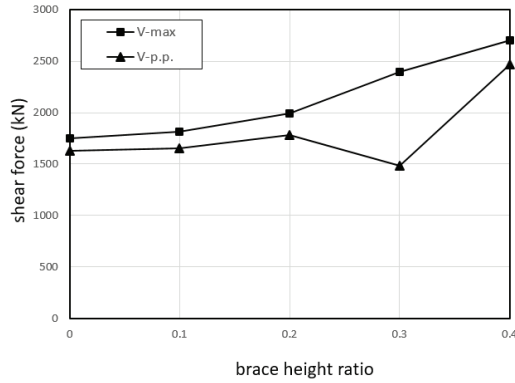
Fig. 14 Member Performance

가 커질수록 성능점에서 전단력이 증가하지만 가새-높이비 H/L=0.3일때 성능점에서 전단력이 감소되고 가새-높이비 H/L=0.5에서는 성능점이 형성되지 않는 결과를 보인다.

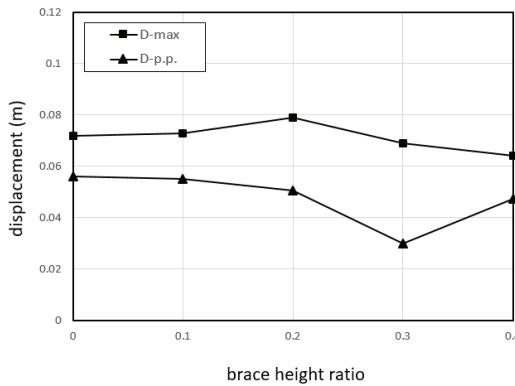
내진보강용 가새 골조의 내력과 강성이 커질수록 최대 전단력은 증가하고 최대 횡변위는 감소하지만, 주어진 지진에 대한 구조물의 응답을 의미하는 성능점은 가새-높이비 H/L=0.3일 때 최솟값으로 나타난다. Fig.14는 인명안전 수준(LS) 성능점에서

Table 8 Member collapse at performance point (LS)

Type	RC (EA)	STEEL (EA)	Collapse member
RC Frame	0	0	-
Non-brace	9	1	RC col.8, beam 1 / Steel col. 1
H/L=0.1	8	0	RC col.8
H/L=0.2	5	0	RC col.5
H/L=0.3	0	0	0
H/L=0.4	0	1	Steel col. 1
H/L=0.5	-	-	-



(a) Shear force



(b) Displacement

Fig. 15 Comparison of models according to brace height ratio (V - max: Maximum shear force, V - p.p.: shear force at performance point D - max: Maximum displacement, D - p.p.: displacement at performance point)

의 가새-높이비에 따른 각각의 부재 성능을 보이고 있다. 횡강성이 작은 가새가 없는 철골 보강골조에서 철근콘크리트의 붕괴가 발생하며, 상대적으로 횡강성이 큰 가새 보강골조에서는 철골의 붕괴가 발생한다. 가새-높이비 H/L=0.4의 경우는 가새 상단부의 철골기둥 1개소가 붕괴되며, 가새-높이비 H/L=0.5의 경우는 가새 상단부의 철골기둥 양측에서 소성힌지가 발생하면서 성능점이 형성되지 않는 결과를 보인다. Table 8은 성능

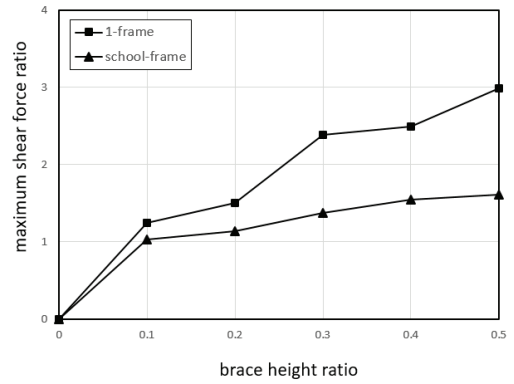


Fig. 16 Maximum shear force ratio according to brace height ratio

점에서의 붕괴되는 부재수를 나타내고 있으며 붕괴되는 부재가 없는 가새-높이비가 바람직한 내진보강설계인 것을 알 수 있다.

Fig.15 (a)는 가새-높이비에 따른 최대 전단력과 성능점에서의 전단력의 비교 곡선이며 (b)는 가새-높이비에 따른 최대 변위와 성능점에서의 변위의 비교곡선이다. 두 비교 곡선에서 가새-높이비 H/L=0.3일때 최대 전단력과 최대변위가 성능점에서의 전단력과 변위에서 차이가 최대로 나타나는 것을 알 수 있다. Fig.16에서 1경간 골조와 전체 학교골조에 대하여 가새-높이비에 따른 최대 전단력을 비교하였다. 1경간의 경우 가새-높이비에 따라서 최대 전단력의 증가비는 2.98이며, 학교 전체 비보강 골조와 가새-높이비에 따른 최대 전단력의 증가비는 1.61로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 무보강 철근콘크리트 골조와 H형강으로 보강된 철근콘크리트 골조의 실험 결과 및 해석 결과를 비교 검토하였다. 가새를 설치한 골조의 가새-높이비에 따른 전단력을 분석하고, 해석 결과를 토대로 비내진 학교 건축물에 가새-높이비에 따른 철골 가새를 보강하여 내진성능평가를 수행하였으며 결과는 다음과 같다.

- 1) 기존 동적해석 프로그램인 CANNY의 모델링 방법의 신뢰성을 검증하기 위해 반복가력실험에 의한 결과와 해석결과를 검토하였다. 무보강 구조물의 경우에 정가력시 실험 결과와 해석 결과가 약 6%의 차이가 나타났고 H형강으로 보강된 모델의 경우에는 실험 결과와 해석 결과가 약 7% 정도의 차이를 보이고 있다. 따라서 실험 결과와 유사한 거동 특성을 나타내어 해석 모델링 방법의 적합성을 확인 할 수 있다.

- 2) 1경간 골조에 대해 가새-높이비에 따른 수평반복가력 해석을 수행함으로써 H형강으로 보강된 구조물의 가새-높이비에 따른 최대 전단력의 증가와 변위의 감소를 알 수 있다. 가새-높이비 증가에 따라 최대 전단력이 증가하나 가새-높이비 H/L=0.3 이후로는 최대 전단력의 증가량이 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 최대 변위의 변화에서도 가새-높이비 H/L=0.3 이후로는 최대 횡변위비가 줄어드는 것을 알 수 있다.
- 3) 표준적인 비내진 학교건축물을 가새보강 골조로 보강하여 가새-높이비에 따른 보강효과를 검토하였다. 내진보강용 가새 골조의 가새-높이비가 커질수록 가새 보강된 부재의 최대내력과 강성이 커지지만 다른 부재에서의 변형 및 붕괴가 나타났다. 가새-높이비 H/L=0.3일 때 인명안전수준(LS) 성능점에서 주변 부재의 붕괴가 보이지 않고 적절한 보강효과를 나타내고 있다.
- 4) 비내진 학교 건축물에 대하여 적절한 높이와 횡강성을 갖는 가새를 이용하여 보강하는 것이 최선의 보강효과를 기대할 수 있다고 판단된다. 따라서, 내진보강에 있어서 가새-높이비에 따른 내진 성능의 차이를 고려하고, 보강 부재의 개수와 보강 위치에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

2. CANNY(2012), Three-Dimensional Nonlinear Static and Dynamic Structural Analysis Computer Program, Canada.
3. Japan Building Disaster Prevention Association(JBDPA, 2017)
4. Kim,M.S., Choi, H.S., Song, S.E., Lee, Y. H.,(2013), Seismic Capacity of Reinforced Concrete Frame Retrofitted with H-beam Frame, *Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea*, 17(3), 127-132
5. Jung,H.C., Jung.J.S., Lee, K. S.,(2019), Seismic Performance Evaluation of Internal Steel Frame Connection Method for Seismic Strengthening by Cycling Load Test Nonlinear Analysis, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 31(1), 79-88
6. Jung.J.S., Lee, K. S.,(2018), Seismic Performance Evaluation of Internal Steel Frame Connection Method for Seismic Strengthening by Cycling Load Test Nonlinear Analysis, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 22(1), 137-146
7. Lee, K.S., Wi, J.D.,Kim, Y.I., Lee, H.H.,(2009), Seismic Safety Evaluation of Korean R/C School Building Built in the 1980s, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 19(1), 013-022
8. A. S. Elnashai, R. Pinho, "Repair and Retrofitting of RC Walls using Selective Techniques", *Journal of Earthquake Engineering*, vol. 2, No. 4, 1998.
9. Choi, Kwang yong, "Seismic Retrofit Design Process of RC Structures using Dual Frame-type Vibration Control System", 10. The Ministry of Education (MOE and EDUFA, 2016), Quick Report of School Buildings damaged by 2016 Gyeongju District, 1-50.
10. Seismic Capacity Evaluation and Retrofit (Ministry of Education 2019)
11. MIDAS-2020 Program, MIDAS Information Technology Co., LTD.

References

1. Architectural Institute of Korea(AIK,2018) Site Inspection and Damage Investigation of Buildings by Earthquakes in Gyeongju and Pohang, 1-347.

Received : 03/26/2020

Revised : 05/14/2020

Accepted : 05/21/2020

요 지 : 최근 국내에 발생한 지진으로 인해 많은 학교 건물들에 크고 작은 피해가 발생하였다. 학교 건축물은 재난 발생시 대피소로 사용되는 중요 건물로서 비내진 건축물일 경우 여러 방법으로 내진 보강이 진행 중이다. 내진보강 공법 중 내부 철골가새골조형 공법은 비교적 시공이 용이하고 성능이 우수하여 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 기존 철근콘크리트 학교 건물에 철골 가새 골조를 적용하여 수평반복가력해석을 수행하여 최대전단력 및 변위를 비교검토 하였다. 그 결과로 해석 모델의 적정성을 확인하였고, 기존 학교 건축물의 1경간에 대한 가새-높이비에 따른 효과를 비교 검토하였다. 가새-높이비 0.3의 모델에서 최대 전단내력과 변위관계에서의 적정성을 확인할 수 있었다. 또한, 실제 비내진 철근콘크리트 학교 건축물에 철골가새를 적용시켜 가새-높이비에 따른 비선형정적해석을 수행하여 내진 성능을 검토하였다. 그 결과, 가새-높이비 0.3에서 부재의 붕괴가 없는 적절한 내진효과를 보이고 있다. 가새 높이의 증가는 최대전단력과 인명안전 수준의 성능점에서 최대 하중을 증가시키는 효과를 나타내고 있으나, 횡강성의 증가로 인한 가새 골조 주변 부재의 붕괴가 발생하므로, 적절한 가새 높이에 따른 내진 보강이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 기존 학교건축물의 가새 골조의 내진보강 설계에 있어서 가새 높이에 따른 보강해석을 고려한 후 가새 높이를 선정하고 적절한 보강 개수와 보강위치를 정하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

핵심용어 : 학교건축물, 내진성능, 철골가새골조, 가새-높이비, 비선형정적해석, 내진보강