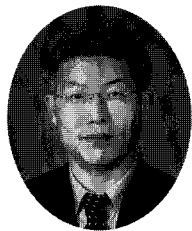
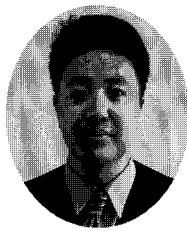


횡력저항시스템의 성능 개선을 위한 BRB 적용 사례

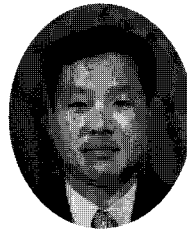
Application of BRB(Buckling-Restrained Brace) to Improve the Performance of Lateral Force Resisting System



임인식*
Lim, In-Sig



이정배**
Lee, Jeong-Bae



백명중***
Baik, Myung-Jong



김재현****
Kim, Jae-Hyeon

1. 서론

철골가새골조는 횡력에 저항하는 시스템으로서 효과적인 거동에도 불구하고, 압축하중을 받는 가새의 경우는 항복응력에 도달하기 전 좌굴로 인한 내력저하로 횡력저항 가새로서의 역할 수행을 기대할 수 없게 된다.

이런 압축좌굴은 가새의 성능과 강성을 저하시키고 소성힌지가 형성됨에 따라 궁극적으로 가새의 파괴로 이어진다. 또한 철골가새의 좌굴은 구조물 전체로서 압축과 인장영역의 불균형에 따른 바람직하지 못한 시스템 응답을 초래할 수 있다.

이에 대한 대응책으로서 일본과 미국 등지에서는 가새의 압축좌굴을 방지함으로써 위에 언급한 일반 철골가새의 단점을 보완한 비좌굴가새(Buckling-Restrained Brace)의 적용이 활발하게 이루어지고 있다. 비좌굴가새는 철골가새의 압축좌굴 억제뿐 아니라, 우수한 저사이클 피로수명(low-cycle fatigue

life)과 안정적인 이력거동을 보이며 많은 에너지를 소산시키는 구조적 성능을 발휘하기 때문에 이력담 피로서도 적용범위가 확대되고 있다.

본 기사에서는 비좌굴가새의 적용으로 가새의 연성을 효과적으로 사용함으로써, 철골가새골조의 횡력저항 성능을 개선한 골조(BRBFs)에 대하여 알아보려고 한다.

2. 비좌굴가새(BRB)

2.1 비좌굴가새(BRB)의 특성

일반적으로 사용되는 철골가새(이하 일반가새)의 인장항복은 연성적 요소거동으로 간주되는 반면, 압축좌굴은 가새의 급격한 내력저하, 소성힌지 발생, 파괴로 이어지는 일련의 과정을 유발하는 불안정 이력거동을 보인다.

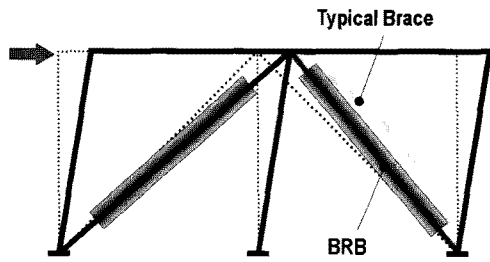
그러나 일반가새와 대조적으로, 비좌굴가새(이하 BRB)는 압축영역의 불리한 거동 특성을 보이지 않고 인장항복 거동과 유사한 압축항복으로 균형적인 거동을 나타낸다<그림 1>. 이로 인해 BRB는 가새가 파괴에 도달하기 전까지 매우 안정적인 이력거동을

* (주)한빛구조엔지니어링, 대표이사

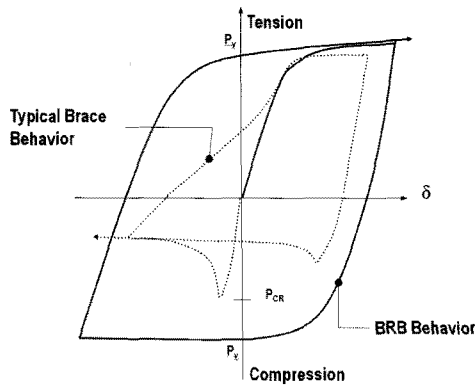
** (주)한빛구조엔지니어링, 소장

*** (주)대우건설 흥인시장재건축현장 공사총괄, 공학박사

**** (주)대우건설 흥인시장재건축현장 현장소장, 시공기술사



〈그림 1〉 압축하중에 대한 일반가새와 BRB의 거동

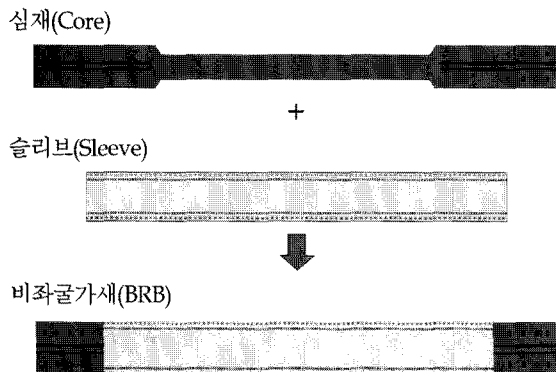


〈그림 2〉 일반 가새와 BRB의 이력거동

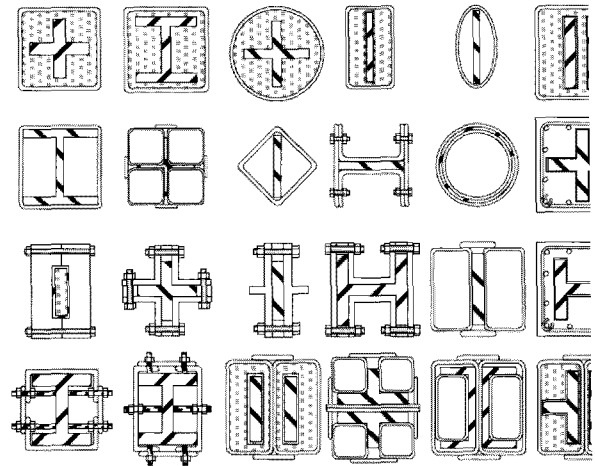
보이며 에너지를 소산한다.〈그림 2〉

2.2 BRB의 구성

일반가새와 다른 BRB의 거동 특성은 가새의 응력 저항(Stress-resisting)과 휨-좌굴저항(Flexural-buckling-resisting)을 분리함으로써 확보된다. 즉, 〈그림 3〉에 보이는 것과 같이 구성된 BRB에서 심재는 축력에 저항하고, 슬리브는 심재의 좌굴에 대한 저항성을 부여한다. 따라서 적절하게 설계된 BRB는 심재의 좌굴이 방지되므로 단면 전체에 거의 균등한 축



〈그림 3〉 BRB의 구성



〈그림 4〉 BRB 단면 형상

변형이 전개되고, 좌굴로 인한 내력저하 및 소성형성은 발생하지 않는다.

BRB의 단면은 심재와 슬리브의 형상에 따라 다양한 형태로 구성할 수 있다〈그림 4〉. 슬리브의 두께가 커질수록 BRB의 최대압축내력은 증가하지만, 인장파괴되는 최소두께로 설계하는 것이 경제적이다. 그리고 BRB의 최대 압축내력(P_c)과 심재(P_y)의 항복강도 비율은 Powell(2002)의 제안식에 의하면 1.5 미만이 되도록 설계하는 것이 바람직하다.⁴⁾

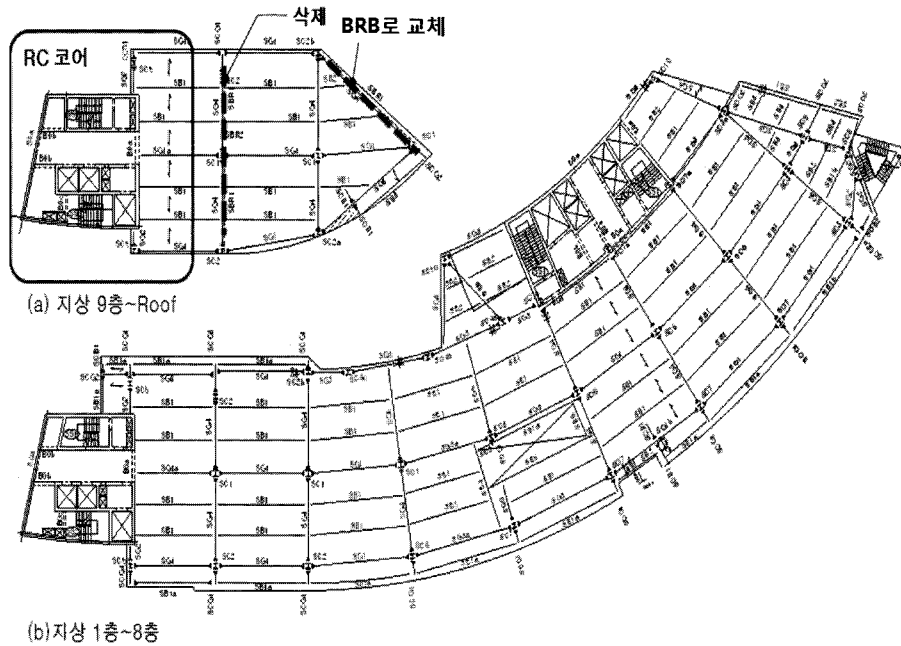
BRB 설계와 관련된 보다 상세한 사항들은 AISC의 ‘Seismic Provisions for Structural Steel Building’ 및 FEMA 450의 ‘NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures’ 등을 참고한다.

3. BRB의 적용 사례

본 장에서는 기존 건축물의 횡력저항 성능을 개선하기 위하여 앞서 기술한 BRB로 일반가새를 대체한 사례를 통해, 횡력저항 가새로서 BRB의 구조 성능 및 적용성을 파악하고자 한다.

3.1 대상 건물의 고찰

대상 건물은 서울시 중구 신당동 773번지에 소재한 동대문 중부상권 시장의 재건축을 통해 신축되는 판매 및 업무시설로서, 건물 규모는 지하 7층, 지상 18층, 연면적 $49938.92m^2$ 이고 구조는 SRC조이



<그림 5> 대상 건물의 구조평면도

다. <그림 5>는 대상 건물의 구조평면도이다.

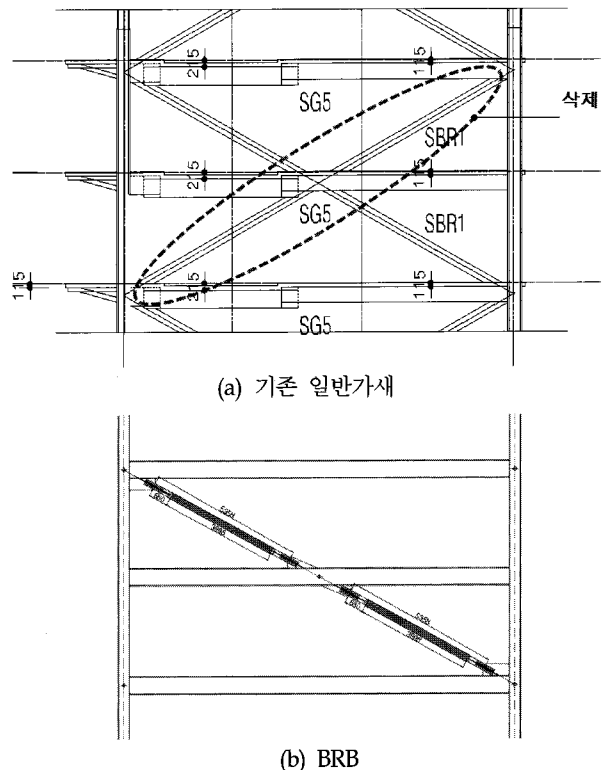
원 설계안에서는 편측 방향에 발생하는 비틀림에 대한 저항성을 증대하기 위해 지상 9층부터 지붕층까지 2개소에 일반가새를 설치하도록 계획되었다. 그러나 횡력저항 성능의 검토 결과, 내측에 설치된 가새는 비틀림 저항효율이 낮은 것으로 나타나 삭제하고, 외곽의 일반가새는 BRB로 대체하도록 하였다<그림 5(a)>.

3.2 BRB의 설계 및 적용

외곽 가새 존치구간의 일반가새를 대체하는 BRB는 <그림 6>에 보이는 것과 같이 X-형에서 1개씩을 삭제한 경사형으로 배치하여, 철골가새골조의 횡력저항 성능을 향상시키는 동시에 경제성과 시공성 또한 만족하고자 하였다.

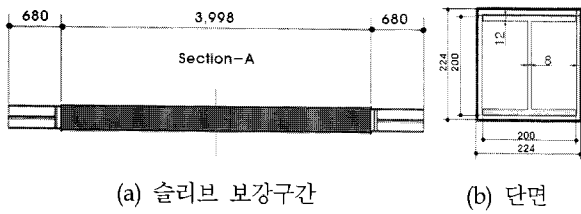
사용된 BRB는 원 설계안의 구조해석을 통해 철골가새가 부담하는 횡력과 압축하중을 확인하고, 인장과 압축영역에서 동등한 성능과 거동을 보이도록 설계하였다. 또한 제작과 시공이 용이하도록 심재는 강종 SS400의 H형강, 슬리브는 강종 SM400의 각형강을 사용하였다.

슬리브 보강구간 및 심재 등의 BRB 제작 사양은 <그림 7>에 보이는 바와 같다. 심재의 양 단부는



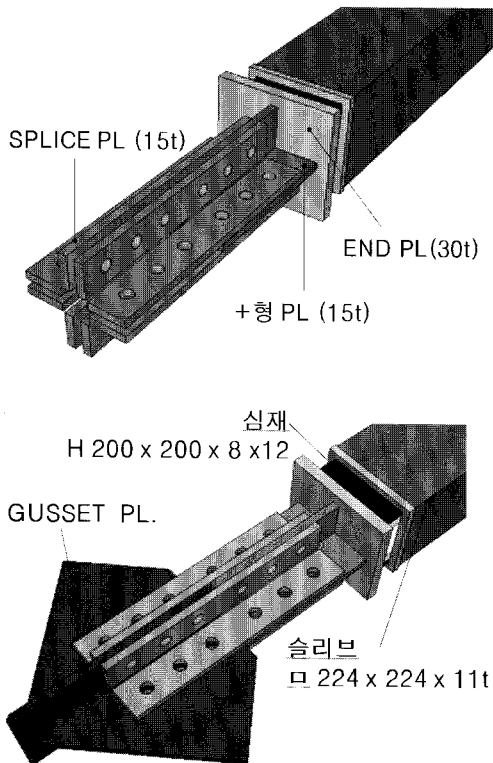
<그림 6> 가새의 배치

<그림 7(c)> 접합부 상세에 나타난 것과 같이 두께 30mm의 평판을 부착하고, BRB 양단 접합부는 힌지로 제작하였다.



(a) 슬리브 보강구간

(b) 단면



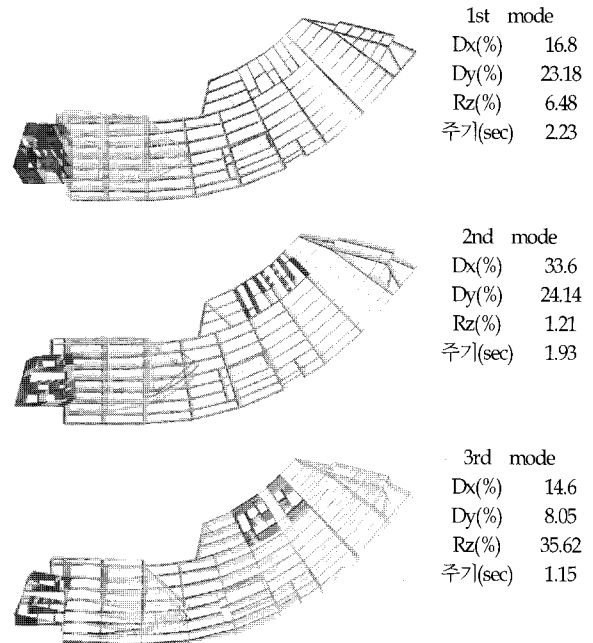
(c) 집합부 상세

<그림 7> BRB 사양

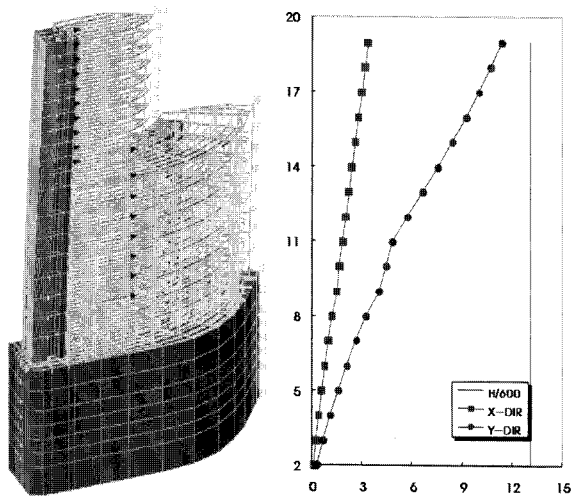
3.3 구조물의 안정성 검토

건물의 구조적 성능 확보를 전제로 적용한 BRB의 횡력저항 성능을 확인하기 위해 변경 설계안의 구조해석을 수행하였다. 전체 구조물의 횡력저항 성능을 확인하고 동적특성(모드형상 및 고유주기)을 검토한 결과는 <그림 8>과 같다.

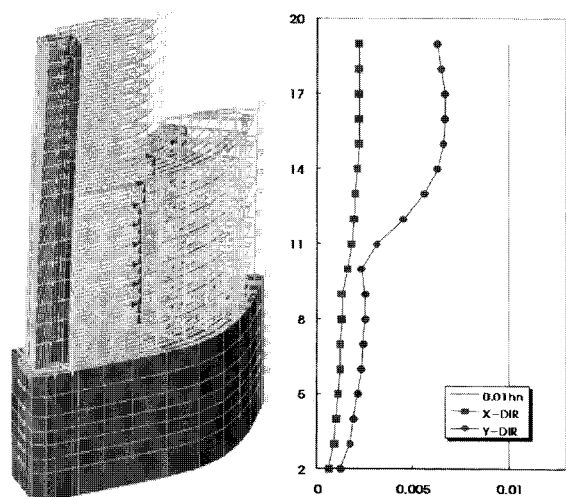
BRB 사용에 따른 구조물의 안정성을 확인한 결과, 극한하중 상태로 지진과 풍하중에 대해서 X-방



<그림 8> BRB 설치 후 구조물의 동적특성



(a) 풍하중에 대한 변위응답



(b) 지진하중에 대한 층간변위

<그림 9> 횡하중에 대한 구조물 응답

향은 지진하중, Y-방향은 풍하중에 의한 응답이 지배적인 결과를 보였다.

풍하중에 대해서는 Y-방향이 상당히 유연한 거동을 보였지만, X, Y-방향 응답변위 모두 설계기준 ($H/600$)을 만족하였다. 지진하중에 대한 응답 역시 X, Y-방향 층간변위 모두 $0.01H_n$ 보다 작은 값 이내의 범위로 안정성이 확보되었다<그림 9>.

4. 맺음말

본 기사에서는 일반가새와 달리 압축하중을 받는 경우에도 좌굴하지 않고 인장항복 거동과 유사한 거동을 하도록 가새의 성능과 강성을 확보한 BRB에 대해 알아보았다. 또한 사례를 통해 일반가새를 대체한 BRB의 좌굴내력 증대와 전체 시스템의 횡력저항 성능개선을 위한 적용성을 확인하였다.

기존 일반가새의 설치 개소 및 개수를 줄여서 BRB로 대체함에도 불구하고, 전체 구조물의 횡저항 거동은 안정적인 결과를 보였다. 이것은 BRB의 적용이 구조물 전체로서 압축과 인장영역의 불균형을 해소함에 따라 횡력저항시스템의 구성에 유연성을 부여한다고 할 수 있다.

이미 많은 적용사례가 있는 일본과 미국 등의 경우를 보더라도 BRB는 일반가새의 단점을 보완하여 철골가새골조의 횡력저항 성능을 개선하거나 이중

골조시스템을 구성하고, 또는 이력댐퍼로서 에너지 소산을 통한 진동제어에 매우 유용한 장치로 사용되고 있다.

국내의 경우도 향후 가새의 연성을 효과적으로 사용하기 위한 방편으로서 뿐만 아니라, 구조물의 횡력저항시스템의 구성 및 효율성을 증대시키는 측면에서 BRB의 적용범위가 확대될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. R. Sabelli & W. Lopex, Design of Buckling-Restrained Braced Frames, North American Steel Construction Conference, March 2004.
2. Structural Engineers Association of Northern California-Seismology & Structural Standards Committee, Recommended Provisions for Buckling-Restrained Braced Frames
3. M. L. Lin, K. C. Tsai, P. C. Hsiao & C. Y. Tsai, Compressive Behavior of Buckling-restrained Brace Gusset Connections, AESE 2005, July 19-21, 2005, Nagoya, Japan
4. 박만우외 4인(2008), 고강도강 비좌굴 가새의 구조성능 평가, 한국강구조학회 논문집 제20권 1호, 355-364.