



H형강 보-기둥 접합부를 갖는 모듈러 시스템의 내진성능평가

장대희¹ · 오근영² · 강창훈³ · 이강민^{4*}

¹석사과정, 충남대학교, 건축공학과, ²박사후연구원, 충남대학교, 건축공학과,

³팀장, 현대엔지니어링(주), 건축구조설계팀, ⁴교수, 충남대학교, 건축공학과

Seismic Performance Evaluation of H-Shape Beam-to-Column Connection in Modular System

Jang, Daehee¹, Oh, Keunyeong², Kang, Changhoon³, Lee, Kangmin^{4*}

¹Master's Course, Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

²Post-doctoral Researcher, Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

³General Manager, Structure Design Team, Hyundai Engineering Co., Ltd., Seoul, 03058, Korea

⁴Professor, Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

Abstract - Recently, modular system has been applied mid- to high-rise buildings for residential. Steel pipe or channel are often used for the members of modular system. However, they have many structural problems such as uncertainty of material strength. Thus, to solve problems such as uncertainty of material strength, H-shape steel was used for beam-to-column connection of the modular system. The specimens consisted of beam-to-column connection with H-shape bracket and angle bracket. As a result, angle bracket connection showed a good structural behavior better than H-shape bracket connection. Also, all specimens were satisfied with the requirement for IMF targeted in this study.

Keywords - Modular system, External connection, Internal connection, H-shape bracket, Angle bracket

1. 서론

모듈러 건축은 공간을 박스 형태로 모듈화하여 공장에서 제작하고 현장에서 조립하는 건축 방식이다. 공장에서 제작하기 때문에 품질확보가 뛰어나고, 현장시공을 최소화하여 공기단축 및 공사비 절감이 가능하다. 기존 국내 모듈러 건축은 기술의 난이도 및 사회적 여건과 공업화 공법이라는 점에서 쉽게 적용되지 못한 실정이며^[1] 운송해야 하는 모듈의 크기와 설계 제한에 따라 학교나 군 시설 등과 같은 저층 비주거용 구조물^[2]에 주로 사용되어 왔다. 하지만 최근 모듈러 건축의 여러 장점으로 인하여 중·고층 주거용 건축물로

확대되고 있다. 이에 따라 모듈러 건축물은 고층화가 될수록 지진과 같은 횡력에 대한 저항 능력이 더욱 필요하다. 일반적으로 모듈러 구조시스템은 횡력에 대한 저항 능력을 향상시키기 위해 가새 보강을 하거나, 콘크리트 코어, 전단 벽과 같은 별도의 횡력 저항시스템을 도입한다^[3]. 하지만 별도의 횡력 저항시스템 없이 모듈 유닛으로만 횡력에 저항 시에는 모듈러 유닛 간 접합부의 충분한 내진성능이 필요하다.

Park *et al.*^[4]은 각형강관 기둥에 경ㄷ형강 보로 구성된 접합부의 거동 평가를 위한 실험적 연구를 실시하여 모듈러 유닛의 보-기둥 접합부에 대한 효율적인 설계가 가능하도록 경ㄷ형강 보의 기초적인 자료를 제시하고자 하였다. 이 연구에서는 브라켓 보강형 접합부와 다이아프램형 접합부에 대한 실험연구를 수행하였고, 두 실험체 모두 접합부의 파괴 없이 경ㄷ형강 보의 국부좌굴로 인한 횡좌굴이 강도를 지배하는 현상을 보였다.

Lee *et al.*^[5]은 각형강관 기둥은 폐쇄형 단면을 가져 상·하 기둥의 이음 시 처리가 개방형 단면보다 좀 더 어렵다고 서

Note.-Discussion open until April 30, 2020. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on March 21, 2019; revised August 26, 2019; approved on September 06, 2019.

Copyright © 2019 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-42-821-5625 Fax. +82-42-823-9467

E-mail. leekm@cnu.ac.kr

술하였고, 가공된 액세스 홀(access hole)이 존재하는 각형강관 기둥과 각형강관 내부에 다이어프램이 설치된 보-기둥 접합부의 실험연구를 진행하였다. 이 실험연구를 통해서 가공된 액세스 홀이 보-기둥 접합부의 강도와 강성을 저하시킬 가능성이 높아 접합부의 거동에 큰 영향을 미친다고 보고하였다.

Lee et al.^[6]은 각형강관 기둥과 C형강 보를 사용하고 변수로 브라켓을 도입하여 접합부 실험을 진행하였다. 기존 모듈러 시스템의 일반적인 접합과는 달리 각형강관에 단면손실을 없애고 전동공구를 이용하여 쉽게 현장 체결할 수 있는 모듈러 시스템에 대한 제안을 하였고, 브라켓의 보강방법에 따른 내진성능 결과를 보고하였다.

일반적으로 모듈러 시스템의 주요 구조부재로는 보에 C형강, 기둥에는 각형강관을 사용하였고 이러한 부재들은 고층화가 될수록 재료적인 문제와 구조적 내력저하로 인한 한계가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 다이어프램형 접합부를 도입하거나 브라켓 등의 시스템을 도입하여 기존 접합부의 문제점들을 개선할 수 있는 대안들이 제시되었다.

본 연구에서는 기존 연구에서 나타난 각형강관이나 C형강과 같은 기존 부재의 문제점을 해결하고자 재료적 한계를 개선하고 구조적 성능을 향상시킬 수 있는 H형강을 주요 구조부재로 사용하여 모듈러 시스템의 접합부를 구성하고, 시공성과 보-기둥의 일체성을 위해 브라켓을 도입하여 실험을 계획하였다. 모듈러 유닛 간 접합 시 생길 수 있는 접합부 형태에 따라 각각의 형태를 실물 규모로 제작하여 내진성능 평가를 수행하였다.

2. 실험연구

2.1 실험개요 및 계획

모듈러 유닛 간 접합 시 생길 수 있는 접합부 형태를 분석한 결과 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 외각부분에서 기둥에 보가 강축 및 약축 방향으로 접하는 2가지 형태(①, ②)와 내부에서 2개의 기둥에 보가 각각 강축 및 약축 방향으로 접하는 2가지 형태(③, ④)로, 총 4가지의 접합부 형태가 확인되었고, 접합부 형태에 따라 실험체를 실물 크기로 제작하였다. 브라켓 형태로는 Fig. 2와 같이 전동공구의 접근성을 위해 웨브를 천공한 H형 브라켓 형태와 ㄱ형 형태의 브라켓으로 설계하였고, 현행 건축구조기준(KBC 2016)^[7]에서 제

시하고 있는 중간모멘트골조(IMF)의 요구사항을 만족하는 것을 목표로 실험연구를 수행하였다.

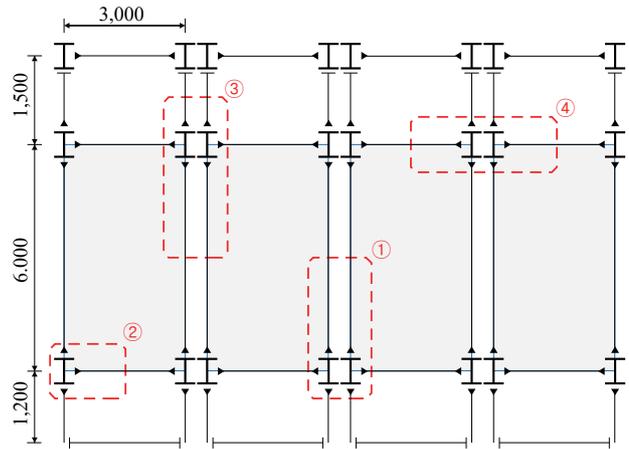


Fig. 1. Structure plan

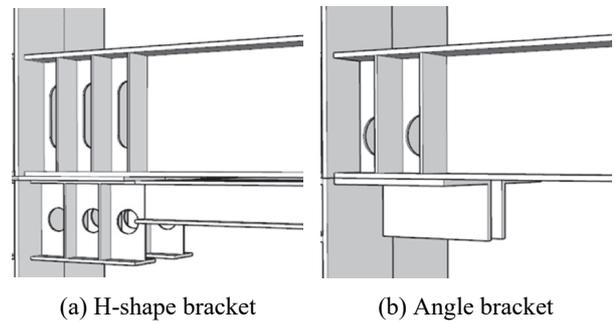


Fig. 2. Bracket type

2.2 실험체 설계

모듈러 유닛 간 접합 시 생길 수 있는 형태에 따라 크게 외부 강축접합 실험체(E-S-H), 외부 약축접합 실험체(E-W-H)와 내부 강축접합 실험체(I-S-H), 내부 약축접합 실험체(I-W-H)로 구성하였다. 실험 결과, 브라켓 상부 보에서 소성힌지가 발현될 것을 기대하였지만, 강기둥-약보 개념을 만족하지 못한 결과를 나타내어, 보가 아닌 기둥에서 응력이 집중되는 현상이 발생하였다. 이를 보완하기 위해 먼저 강기둥-약보 개념을 도입하여 기둥에는 SHN490강재와 보에는 SHN400강재를 사용하였고 브라켓 타입을 ㄱ형 브라켓으로 교체하여 내부 강축 접합(I-S-L)실험체와 내부 약축접합 실험체(I-W-L)를 추가로 제작하였다. 접합부의 구조성능 및 시공성을 높이기 위해 유닛 간 접합부 사이에 연결플레이트를 삽입하고 M20 TS볼트를 이용하여 접합부를 체결하였다. 각 실험체 상세 도면을 Fig. 3에 나타내었다.

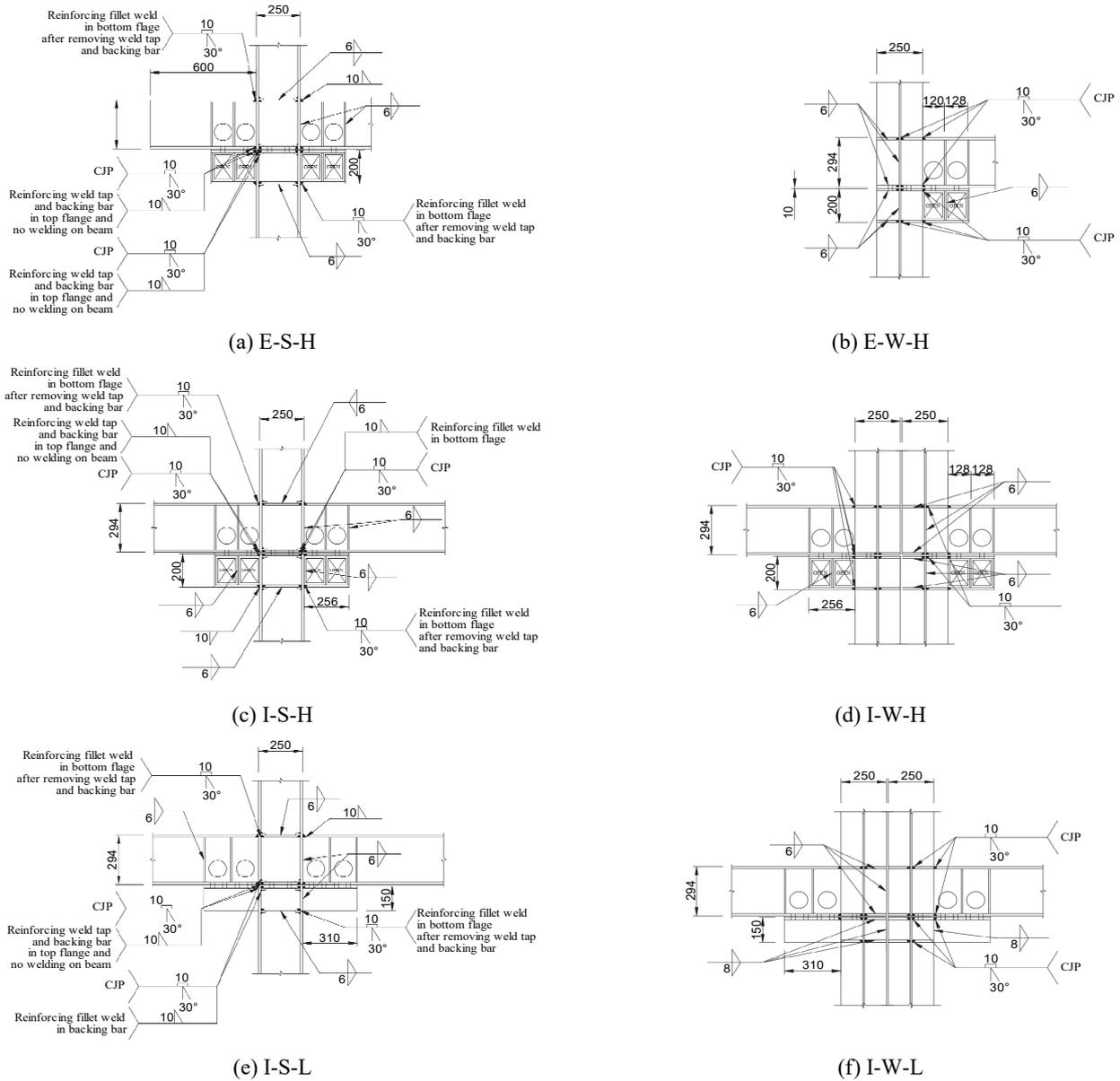


Fig. 3. Detail of specimens

Table 1. Test specimens

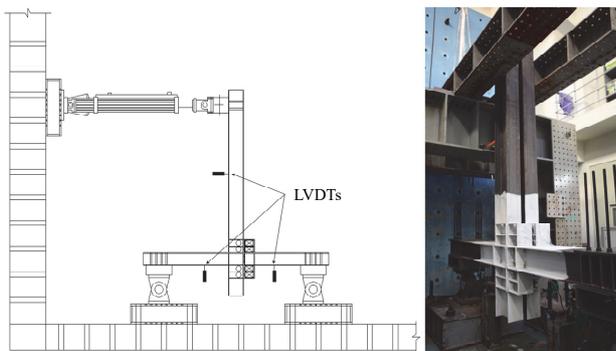
Specimen	Beam $M_{pb} = 1.1R_yF_{yb}Z_b$	Column $M_{pc} = F_{yc}Z_c$	SC/WB ratio $\sum M_{pc} / \sum M_{pb}$	Bracket section	Beam section	Column section
E-S-H	352.9	315.1	1.79 > 1.0	H-200 × 200 × 8 × 14 (SHN490)	H-294 × 200 × 8 × 12 (SHN490)	H-250 × 250 × 9 × 14 (SHN490)
E-W-H	352.9	145.6	0.83 < 1.0			
I-S-H	352.9	315.1	0.89 < 1.0			
I-W-H	352.9	145.6	0.83 < 1.0			
I-S-L	306.0	370.5	1.21 > 1.0	BL-200 × 150 × 15 (SS400)	H-294 × 200 × 8 × 12 (SHN400)	
I-W-L	306.0	171.2	1.12 > 1.0			

E, I = External or Internal; S, W = Strong or Weak; H, L = H-shape bracket or angle bracket
 The calculated values were based on the measured yield strengths in Table 2.

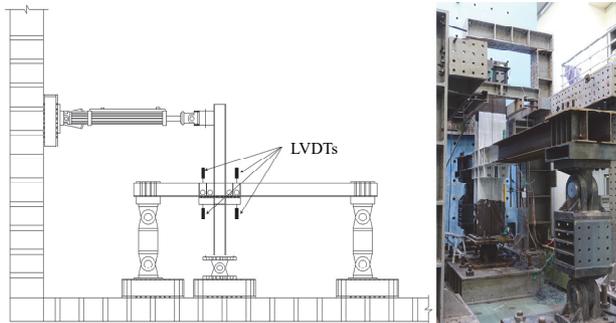
2.3 가력 및 계측 계획

본 실험에서는 외부 접합부 실험체는 T자형, 내부 접합부 실험체는 +자형으로 제작하였다. 현행 건축구조기준(KBC 2016)^[7]과 AISC Seismic Provisions 10^[8]의 실험 방법에 준하여 T자형 외부 접합부 실험체의 기둥은 양단이 회전단인 형태로 설치하였고, +자형 내부 접합부 실험체는 기둥은 회전단, 보는 이동단 형태로 설치하였다. Fig. 4에는 크게 T자형 외부 접합부와 +자형 내부 접합부 실험체의 설치현황을 나타내었다. 용량 1,000 kN, 스트로크 300 mm인 액츄에이터를 이용하여 변위제어 방식으로 실험체를 가력하였고, Fig. 5와 같이 가력 계획은 현행 건축구조기준^{[5],[6]}에서 제시하고 있는 재하이력에 따라 실험체의 층간변위각을 제어하면서 층간변위 0.375%, 0.5%, 0.75%는 6주기씩, 1%는 4주기, 1.5%, 2%, 3%, 4%는 2주기씩 반복 가력하여 실험을 진행하였고, 층간변위 5% 이상에서는 2주기씩 반복 가력하였다.

각 실험체의 변형률과 항복 상태, 소성화 여부를 판단하기 위해 실험체의 보 플랜지, 보 웹, 기둥 플랜지, 브라켓 등에 스트레인게이지를 부착하였고 실험체의 회전각과 슬립 등을 관찰하기 위해 LVDT를 설치하였다. 실험체 접합



(a) 'T' shape test set-up



(b) '+' shape test set-up

Fig. 4. Test set-up

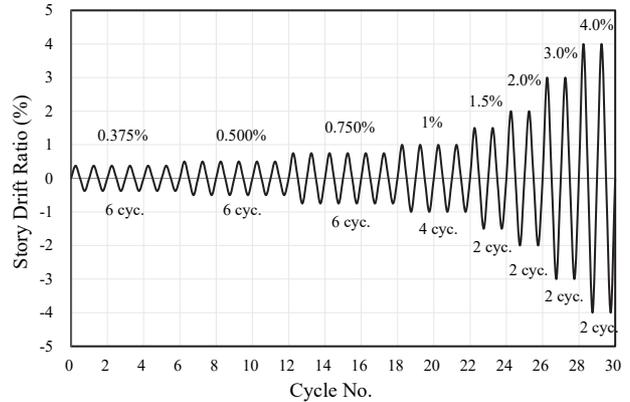


Fig. 5. Loading protocol

부 부분에서의 변형, 항복상태, 소성화 진행 등을 눈으로 쉽게 관찰하기 위하여 실험체에 석회칠(white-washed)을 하였고 실험체가 면외 방향으로 좌굴하는 것을 방지하기 위하여 기둥과 보의 중심선이 만나는 부분에서 가력 지점까지의 1/2이 되는 곳에 가이드 프레임 설치하였다.

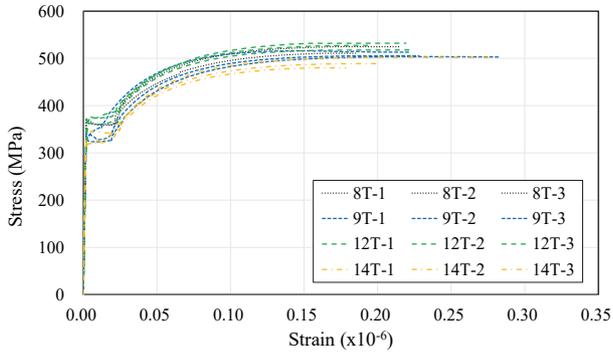
2.4 재료시험 결과

H형 브라켓을 갖는 실험체 제작 이후, ㄱ형 브라켓을 갖는 실험체를 추가로 제작하여 H형 브라켓을 갖는 실험체와 ㄱ형 브라켓을 갖는 실험체에 대한 재료시험을 나누어 진행하였다. 인장시험은 KS D 0801^[9]에 따라 제작하였고 만능 재료시험기(universal test machine, UTM)를 사용하여 인장 시험을 진행하였다. 재료시험결과를 Table 2와 Fig. 6에 나타내었다.

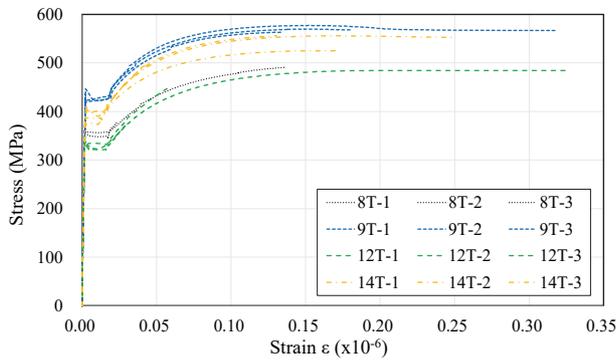
Table 2. Tensile coupon test result

Bracket type	Steel grade	Specimen	F_y (MPa)	F_u (MPa)
H-shape	SHN 490	8T	357	518
		12T	373	525
		9T	330	507
		14T	327	494
Angle	SHN 490	8T	352	486
		12T	323	445
		9T	417	570
		14T	385	539

8T: web of beam; 12T: flange of beam; 9T: web of column; 14T: flange of column



(a) Specimen with H-shape bracket



(b) Specimen with angle bracket

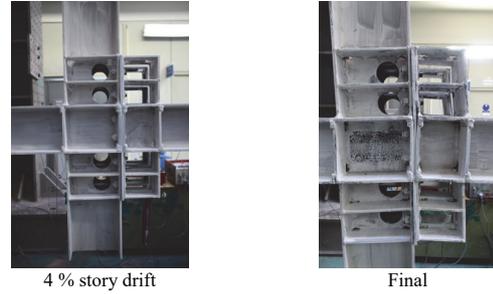
Fig. 6. Stress-strain relationship of coupon test

3. 실험결과 및 분석

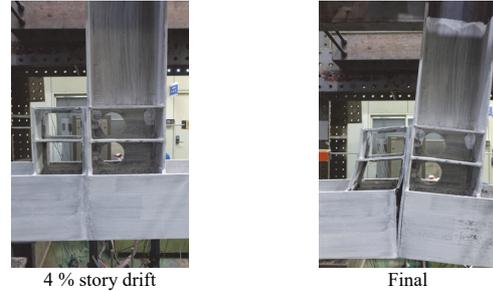
3.1 실험체 거동 및 하중-변위 관계

본 연구에서는 H형강을 사용하여 보-기둥 접합부를 구성하였고 전동공구의 접근성을 위해 H형 브라켓과 ㄱ형 브라켓을 도입하여 모듈러 유닛간 접합 시 생길 수 있는 접합부 형태에 따라 실험체를 제작하여 실험을 진행하였다. Fig. 7에 각 실험체의 거동에 따른 변형모습을 나타내었다.

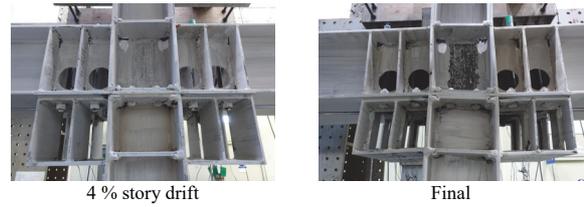
H형 브라켓을 갖는 외부 강축접합 실험체(E-S-H)는 층간변위 0.5%까지는 실험체 거동에 보이는 특별한 현상은 없었다. 층간변위 0.75%에서 브라켓 하부 플랜지에 미세한 초기변형이 발생하여 층간변위 1%까지 기존의 현상을 유지하였다. 층간변위 1.5%에서 패널존이 항복하였고 층간변위 2%에 패널존이 변형경화 상태에 들어섰으며, 브라켓 플랜지 부분에서 항복이 발생하였다. 이후 층간변위 3%까지 기존에 발생한 현상들이 심화되었고, 층간변위 4%에서 패널존이 전소성화에 들어서면서 브라켓의 과도한 전단변형이 발생하였다.



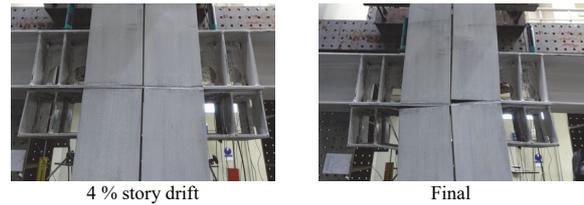
(a) E-S-H specimen



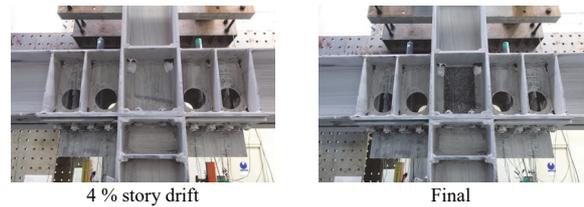
(b) E-W-H specimen



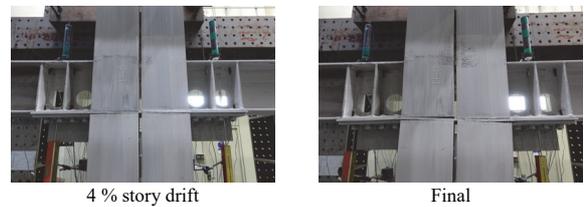
(c) I-S-H specimen



(d) I-W-H specimen



(e) I-S-L specimen



(f) I-W-L specimen

Fig. 7. Experimental deformation of specimens

H형 브라켓을 갖는 외부 약축접합 실험체(E-W-H)는 층간변위 1%까지 실험체 거동에 보이는 특별한 현상은 없었다. 층간변위 1.5%에서 브라켓 하부 플랜지 부분에 초기변형이 심화되어 항복하였고, 현 상태가 층간변위 2%까지 심화되었다. 이후 층간변위 3%에서 기둥 플랜지 부분에 항복이 발생하였고 하부 보와 브라켓 사이의 이격현상이 발생하였으며, 이후 층간변위 4%에서 더욱 심화되는 현상을 보였다.

H형 브라켓을 갖는 내부 강축접합 실험체(I-S-H)는 층간변위 1%까지 실험체 거동에 특이사항은 없었다. 층간변위 1.5%에서 패널존의 초기항복이 발생하였고 층간변위 2%까지 현 상황을 유지하였다. 층간변위 3%에서 패널존의 소성화가 진행되었고, 점차 심화되어 층간변위 4%에서 브라켓의 과도한 전단변형이 발생하였다.

H형 브라켓을 갖는 내부 약축접합 실험체(I-W-H)는 층간변위 1.5%에서 패널존의 초기항복이 발생하여 실험체 전체적인 거동에 영향을 미쳤다. 이후 층간변위 3%에서 패널존의 소성화가 진행되었고, 층간변위 4%에서 하부 보와 브라켓 사이의 이격현상이 발생하였으며 브라켓의 과도한 전단변형이 관찰되었다.

Γ형 브라켓을 갖는 내부 강축접합 실험체(I-S-L)는 층간변위 1%에서 브라켓과 기둥 플랜지가 접하는 부분에서 미세한 초기 변형이 관찰되었고, 이후 점차 변형이 진행되면서 층간변위 1.5%에서 패널존의 미세 변형이 발생하였다. 층간변위 2%에서 패널존이 항복하였고 3%까지 현상이 심화되었다. 층간변위 4%에서 패널존이 소성화되었고, 또한 기둥 플랜지에서 초기에 발생한 미세변형이 점차 증가하여 기둥 플랜지 부분에서도 항복이 관찰되었다.

Γ형 브라켓을 갖는 내부 약축접합 실험체(I-W-L)는 층간변위 1.5%에서 보 플랜지 부분의 초기변형이 발생하였다. 층간변위 2%에서 보와 기둥 접합부분의 기둥 플랜지 부분에서 변형이 발생하여 항복이 발생하였고, 이후 층간변위 3%에서 변형이 더욱 심화되었다. 층간변위 4%에서 기둥 플랜지가 소성화되었고 점차 보 플랜지 부분에서의 변형이 심화되었다. 또한 H형 기둥 안쪽에 상하부 모듈을 연결해주는 볼트가 없어 반복가력을 받으며 슬립 현상이 발생하였다.

모든 실험체에서 층간변위 4%까지 접합부의 성능 저하 현상이 나타나지 않았고, 각 실험체의 목표 변위에 따른 최종 가력 시 접합부의 이격현상 등의 성능 저하 현상이 크게 나타났다.

Table 3에 나타난 실험결과에 따르면 H형 브라켓을 갖는 외부 약축접합 실험체(E-W-H)는 외부 강축접합 실험체(E-S-H)에 비해 초기강성이 약 2.7배 높게 나타났지만 조기에 항복하였고, H형 브라켓을 갖는 내부 실험체와 Γ형 브라켓을 갖는 실험체들의 경우 초기강성과 초기항복점은 유사하게 나타났다.

Fig. 8에 각 실험체의 무차원화된 모멘트-층간변위 곡선을 나타내었다. 항복시점을 보면 H형 브라켓을 갖는 실험체들은 층간변위 1% 내외에서 항복하였고 Γ형 브라켓을 갖는 실험체들의 경우 층간변위 1.5% - 2.0% 사이에서 항복하였다. 이는 전동공구의 접근성을 위해 H형 브라켓의 웹을 친공한 결과 이 부분이 접합부에서의 전단력에 저항하지 못하여 초기 항복이 나타난 것으로 판단된다. 또한 모든 실험체가 층간변위 2%까지 강도저하 현상이 발생하지 않아 본 연구의 목표인 중간모멘트골조(IMF)의 요구사항을 만족한 것으로 판단된다.

Table 3. Test result of specimens

Specimen	k_y (kN/mm)	Positive (+)				Negative (-)			
		P_y (kN)	δ_y (mm)	P_{max} (kN)	$\delta_{P_{max}}$ (mm)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_{max} (kN)	$\delta_{P_{max}}$ (mm)
E-S-H	3.12	86.75	28.93	186.56	115.71	87.15	29.32	199.45	119.76
E-W-H	8.51	133.12	17.95	223.99	105.10	122.97	17.20	232.34	105.50
I-S-H	5.26	91.40	22.80	196.60	145.80	102.89	21.20	200.40	115.10
I-W-H	4.10	95.33	22.90	176.26	91.30	74.16	22.60	204.50	150.70
I-S-L	6.43	142.25	28.08	254.08	120.00	140.13	27.32	262.90	119.00
I-W-L	5.43	137.21	26.14	240.22	104.80	134.88	29.52	232.17	105.30

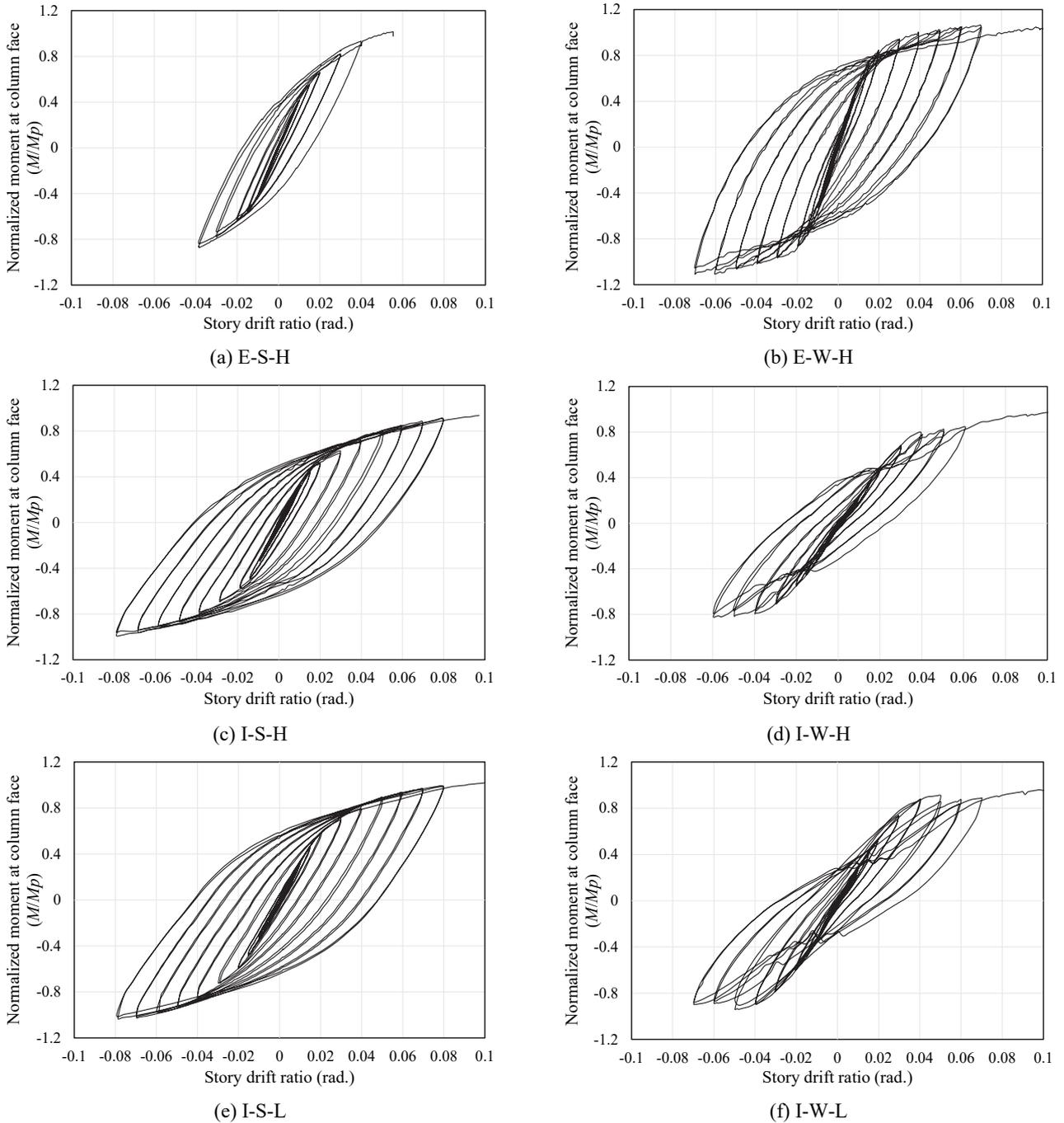


Fig. 8. Normalized moment versus story drift ratio relationship of specimens

3.2 강성변화

Fig. 9에 나타난 그래프를 보면 모든 실험체가 각 실험체의 항복 시점 이후 강성이 감소하는 것을 확인할 수 있으며, E-W-H 실험체의 경우 E-S-H 실험체에 비하여 약 2배 이상의 강성이 나타났다. I-S-H 실험체의 경우 항복시점인 층간

변위 1.5% 이후 강성이 감소하는 것을 확인할 수 있고, I-W-H 실험체의 경우 강성변화가 완만한 것을 볼 수 있다. I-S-L 실험체는 초기부터 층간변위 10%까지 강성변화가 매우 완만한 것을 볼 수 있으며, I-W-L 실험체 또한 초기부터 층간변위 4%까지 강성변화가 완만한 것을 볼 수 있다.

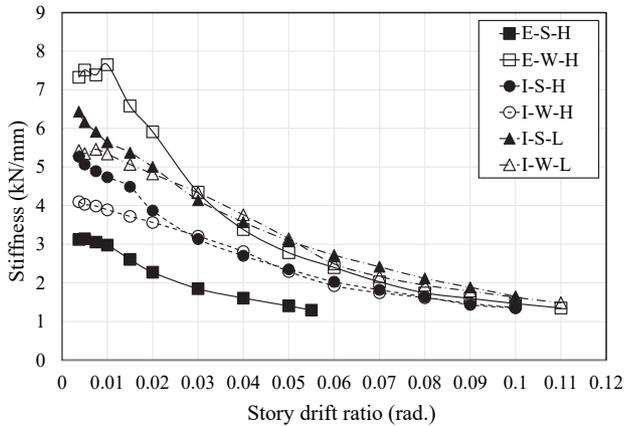


Fig. 9. Stiffness of specimens

3.3 에너지능력 비교

각 실험체별로 층간변위에 따른 목표변위가 상이함에 따라 액츄에이터 스트로크의 한계가 발생하였고, 또한 모든 실험체의 실험상황이 달라 실험체별 가력횟수에 차이가 발생하였다. 따라서 모든 실험체의 객관적인 비교를 위하여 누적소성변형배율을 도입하였다. 누적소성변형배율은 누적된 에너지에 대한 탄성에너지 비로, 구조물의 소성률과 누적소성 에너지를 함께 파악할 수 있는 장점이 있다^[10]. 이에 따라 모든 실험체의 누적소성변형배율 비교를 위해 각 실험체별 층간변위 4%와 6%, 그리고 최대 가력까지로 나누어 Fig. 10에 나타내었다.

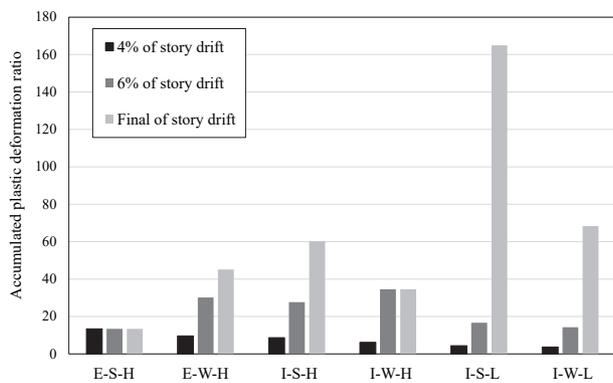


Fig. 10. Accumulated plastic deformation ratio of specimens

모든 실험체의 최대가력까지 누적소성변형배율을 비교해 보았을 때, Γ 형 브라켓을 갖는 실험체가 H형 브라켓을 갖는 실험체들보다 다소 높은 값을 보이는 것으로 나타났다. 또한 각 실험체 접합부의 강축과 약축을 서로 비교해 보았을

때, E-S-H 실험체와 E-W-H 실험체의 경우는 E-S-H 실험체의 액츄에이터 한계와 실험 상황을 인한 가력횟수의 차이로 정확한 비교에는 한계가 있고, I-S-H 실험체와 I-W-H 실험체 비교 시, 강축접합인 I-S-H 실험체가 보다 높은 능력을 보여주는 것을 확인할 수 있고, I-S-L 실험체와 I-W-L 실험체 비교 역시 강축접합인 I-S-L 실험체가 보다 높은 능력을 가진 것으로 판단할 수 있다. 이는 내부 강축접합 실험체인 I-S-H와 I-S-L보다 내부 약축접합 실험체인 I-W-H, I-W-L의 휨강성이 낮아 누적소성변형배율에서 다소 낮은 값을 나타내는 것으로 판단된다.

3.4 브라켓 형상에 따른 비교

H형 브라켓을 갖는 실험체는 급격한 강성저하와 브라켓의 과도한 전단변형, 하부 보와 브라켓 사이의 이격현상 등 구조적인 안전성이 부족하였다. 이에 비해 Γ 형 브라켓을 갖는 실험체는 H형 브라켓을 갖는 실험체에서 나타난 급격한 강성저하, 브라켓의 과도한 전단변형 등이 발생하지 않았고 H형 브라켓에 비해 전동공구의 접근성 또한 우수하였다. 구조적 이점과 시공성 등을 비교해 보았을 때 Γ 형 브라켓이 더욱 우수한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 H형강을 주요 구조부재로 사용하고 시공성과 구조적 안전성을 위해 브라켓을 도입하여 브라켓을 갖는 모듈러 시스템의 H형강 보-기둥 접합부에 대한 내진성능을 평가하였다. 모듈러 유닛 간 접합 시 생길 수 있는 접합부를 분석한 후, 외부 강축 및 약축 접합부와 내부 강축 및 약축 접합부에 대하여 실험체를 제작하였다. 전동공구의 접근성을 위해 도입한 H형 브라켓의 웨브를 과도하게 천공하여 구조적 문제가 발생하였고 이를 보완하기 위해 브라켓 형태를 Γ 형으로 교체하여 추가로 실험체를 제작하였다. 이에 따라 H형 브라켓을 갖는 외부, 내부 강축 및 약축 접합 실험체와 Γ 형 브라켓을 갖는 내부 강축 및 약축 접합 실험체에 대하여 실험연구를 진행하였고, 본 연구 목표인 중간모멘트골조(IMF)의 요구 성능을 만족하는지에 대한 여부를 판단하여, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) H형 브라켓을 갖는 실험체 실험 결과, 전동공구의 접

근성을 위해 브라켓 웹를 천공하여 브라켓에서의 과도한 전단변형이 발생하였고, 하부 보와 브라켓 사이의 이격현상이 발생하였다.

- (2) ㄱ형 브라켓을 갖는 실험체 실험 결과, 브라켓에서의 과도한 전단변형이나, 하부 보와 브라켓 사이의 이격 현상은 발생하지 않았다. 또한 전동공구의 접근성이 뛰어나 H형 브라켓보다 우수한 브라켓 형태로 판단된다.
- (3) 본 연구에서는 중간모멘트골조(IMF)의 요구 성능을 목표로 실험을 진행하였다. 모든 실험체가 층간변위 2%까지 강도저하 현상이 나타나지 않는 것을 보아 본 연구의 목표성능인 중간모멘트골조(IMF)의 요구 사항을 만족하였다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 충남대학교 학술연구비 지원사업의 연구비지원(2018-1075-01)에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌(References)

- [1] Lee, S.S., Park, K.S., Bae, K.W., and Choi, Y.C. (2017) Structural Performance Evaluation for Composite Beam Member of Hybrid Modules Frame with Steel-Precast Concrete, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.29, No.5, pp.331-340 (in Korean).
- [2] Lee, D.Y., Cho, B.H., Hong, P.G., and Ha, T.H. (2019) Seismic Performance Evaluation of Beam-Column Connection of Unitized Floor System, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.31, No.2, pp. 85-96 (in Korean).
- [3] Lee, S.S., Bae, K.W., and Park, K.S. (2016) Comparison of Behavior of Connection Between Modular Units According to Shape of Connector Plates, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.28, No.6, pp. 467-476 (in Korean).
- [4] Park, K.-S., Lee, S.-S., Lim, S.-H., Bae, K.-W. (2009) The Behavior on the Beam of Light Steel Section with Shapes Changed of Connections, *Journal of the Architectural Institute of Korea - Structure & Construction*, AIK, Vol.25, No.1, pp.89-96 (in Korean).
- [5] Lee, S.S., Park, K.S., Hong, S.Y., and Bae, K.W. (2015) Behavior of C-Shaped Beam to Square Hollow Section Column Connection in Modular Frame, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.27, No.5, pp.471-481 (in Korean).
- [6] Lee, S.-J., Kwak, E.-S., Park, J.-S., Kang, C.-H., Shon, S.-D. (2017) Structural Performance of the Modular System with Fully Restrained Moment Connections Using Ceiling Bracket, *Journal of the Architectural Institute of Korea - Structure & Construction*, AIK, Vol.33, No.12, pp.37-44 (in Korean).
- [7] Architectural Institute of Korea (2016) *Korean Building Code (KBC2016) and Commentary*, Kimoondang, Korea. (in Korean).
- [8] American Institute of Steel Construction (2010) *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 341-10), USA.
- [9] Korean Agency for Technology and Standards (2017) *Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0801: 2007), Korea (in Korean).
- [10] Oh, S.H., Oh, Y.S., Hong, S.J., and Lee, J.W. (2011) The Suggestion of Seismic Performance Values on Connections for Performance Based Design of Steel Structures, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.23, No.2, pp.147-158 (in Korean).

요약: 모듈러 건축은 최근 중·고층 건축물로 빠르게 성장하고 있다. 하지만 고층화에 따라 각형강관이나 ㄷ형강과 같은 구조부재의 재료적 한계와 구조적 내력저하 등의 문제점이 발생하였다. 본 연구에서는 기존 구조부재의 재료적 한계와 구조적 내력저하 등의 문제를 해결하고자 보-기둥에 H형강을 사용하여 모듈러 시스템 접합부를 구성하였고, 이에 따른 내진성능평가를 수행하였다. 실험체는 H형 브라켓을 갖는 외·내부 접합부 실험체와 ㄱ형 브라켓을 갖는 내부 접합부 실험체로 구성하였다. 실험결과 모든 실험체가 본 연구에서 목표로 하는 중간모멘트골조의 요구 성능을 만족하였고, ㄱ형 브라켓은 전동공구의 접근성과 시공성이 뛰어나 H형 브라켓 보다 우수한 브라켓 형태로 판단되었다.

핵심용어: 모듈러, 외부 접합부, 내부 접합부, H형 브라켓, ㄱ형 브라켓