

슬롯형 다이아프램을 갖는 각형강관 기둥-H형강 보 모멘트접합부의 실험적 평가

이경구¹ · 진주호^{2*} · 신진원³ · 서희선⁴ · 박구연⁵

¹교수, 단국대학교, 건축공학과, ²박사과정수료, 단국대학교, 건축공학과, ³조교수, 가톨릭관동대학교, 건축공학과,
⁴선임, 기술연구소, (주)가우리안, ⁵연구소장, 기술연구소, (주)가우리안

Experimental Evaluation of Square Tubular Section Column to H-Shaped Beam Moment Connections with Slotted Diaphragm

Lee, Kyungkoo¹, Jin, Jooho^{2*}, Shin, Jinwon³, Seo, Heesun⁴, Park, Kooyun⁵

¹Professor, Dept. of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin, 16890, Korea

²Graduate Student (Doctor Candidate), Dept. of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin, 16890, Korea

³Assistant Professor, Dept. of Architectural Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung, 25601, Korea

⁴Senior Assistant, Technical Research Center, Gaurian Co., Ltd., Goyang, 10401, Korea

⁵CTO, Technical Research Center, Gaurian Co., Ltd., Goyang, 10401, Korea

Abstract - The welded connections using diaphragm in panel zone are widely used for moment connection of square tubular section column to H-shaped beam. However, the welded connection has disadvantages such as weld quality maintenance, stress distribution complexity, and weld fracture. In this study, an oneway-bolted endplate moment connection with inner plate and slotted diaphragm was proposed and the seismic performance of the proposed connection was evaluated experimentally. The specimens varying inner plate thickness and slotted diaphragm thickness were tested under cyclic load. Also, the test results of the proposed connection were compared with the results of through diaphragm connection. It was observed that the proposed moment connections with slotted diaphragm have good strength and ductility.

Keywords - Connection, Oneway bolt, Square tubular section, Slotted diaphragm, Cyclic test

1. 서론

현대 건축물의 고층화, 대형화 추세로 진보된 기술력의 요구뿐만 아니라 빈번한 지진의 발생에 의한 내진성능의 인식이 확산되어 국내 내진설계기준이 강화되고 있다.

그 중 철골모멘트골조형식은 지진에 유리한 구조물로 평가되고 있으며 기둥부재의 경우 자재수급이 용이하고 시공

상의 편리한 H형강이 주로 사용되고 있다. 그러나 약축이 존재하는 구조적으로 매우 불리한 형상의 단면을 가진다. 따라서, 각형강관의 사용을 통하여 재료의 연성과 휨 강성 확보에 유리하며 철골부재량 절감과 건물 내 유효면적을 증가시키는 등 우수한 구조성능을 발현할 수 있다.

각형강관 기둥 접합부는 다이아프램을 이용하여 보 플랜지의 응력을 전달하는 형식으로 일반적으로 관통형 다이아프램, 내측 다이아프램, 외측 다이아프램의 접합방법이 있으며 부재연결은 모두 용접을 실시한다. 하지만 전문인력수급이 날로 어려워지며 품질관리와 안전사고의 위험 등 많은 문제가 발생하고 있으며, 용접부 취성적 거동으로 인한 내진성능 확보에 불리한 단점이 명확하다. 이에 엔드플레이트 접합부와 같이 볼트를 활용한 접합 상세에 대한 요구가 증가하고 있다.

Note.-Discussion open until June 30, 2022. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on November 14, 2021; revised on December 01, 2021; approved on December 03, 2021.

Copyright © 2021 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-31-900-1622 Fax. +82-31-900-1692

E-mail. hojoojin@dankook.ac.kr

강구조 접합부는 일반적으로 단순접합과 강접합으로 해석과 설계가 이루어진다. 하지만 실제로는 강접합과 단순접합 사이의 강성을 갖고 있다. 이에 부분 강접합은 엔드플레이트 접합과 티-스터브 접합이 일반적이며 엔드플레이트 접합은 보의 상부와 하부 플랜지와 보의 기둥 모두 볼트 접합으로 이루어진 시스템으로 완전 강접합과 가까운 거동을 나타낼 수 있다.

1976년, Agerskov는 고력 볼트를 사용한 티-스터브와 엔드플레이트 접합에서 지레력 크기에 영향을 줄 수 있는 변수에 대해 연구하였고^[1], 최근 Masuo와 Nishimura에 의해 항복선 이론을 기초로 하여 이를 통해 극한강도를 평가하였다^[2]. 이러한 티-스터브 접합의 경우 내진과 내력에 우수한 구조이다. 그러나 이러한 부분 강접합의 경우 볼트의 인장 파괴 등 변수로 인하여 모멘트-회전각에 대한 완전 거동을 예측하기 어렵다.

따라서 국내에선 원웨이 볼트(Oneway bolt)를 사용한 부분 강접합부의 회전강성에 대한 연구가 이루어지고 있다^{[3]-[5]}. 관통형 다이아프램을 사용한 실험체에서 취성 파괴를 보이지만, 원웨이 볼트(Oneway bolt)를 사용한 접합부에서는 회전변형능력에 대한 우수한 성능을 나타내었다. 앞으로 현장에서 각형강관 기둥에 적용이 활발해지기 위해서는 아직 많은 연구가 필요하다^[6].

본 연구에서 제안하는 각형강관 기둥-H형강 보 접합상세는 Fig. 1과 같이 (주)가우리아인 원웨이 볼트(Oneway bolt)를 사용한 엔드플레이트 모멘트 접합이 가능하여 Fig. 2와 같이 슬롯형 다이아프램으로의 접합부의 힘 전달 메커니즘이 구현하였다. 따라서 반복하중재하 실험을 실시하여 접합부의 내력, 연성능력, 에너지소산능력 결과를 통해 지진 구조 시스템 접합부로서의 구조적 성능을 검토하였다.

각형강관 접합부에서 가장 일반적인 접합방법인 관통형 다이아프램 형식의 실험체와 개발된 접합부에 다양한 변수를 설정하여 5개의 접합부를 제안하였다.

2. 접합부 상세

슬롯형 다이아프램을 갖는 모멘트접합부는 AISC 358-16^[7] 내 인증된 엔드플레이트 모멘트 접합부의 형태의 메커니즘을 가지고 있지만, 지침에 제시된 H형강 기둥이 아닌 각형강관 기둥을 사용한다.

Fig. 3는 본 연구에서 해결하고자 하는 무용접 접합부 힘의 전달 메커니즘을 보여준다.

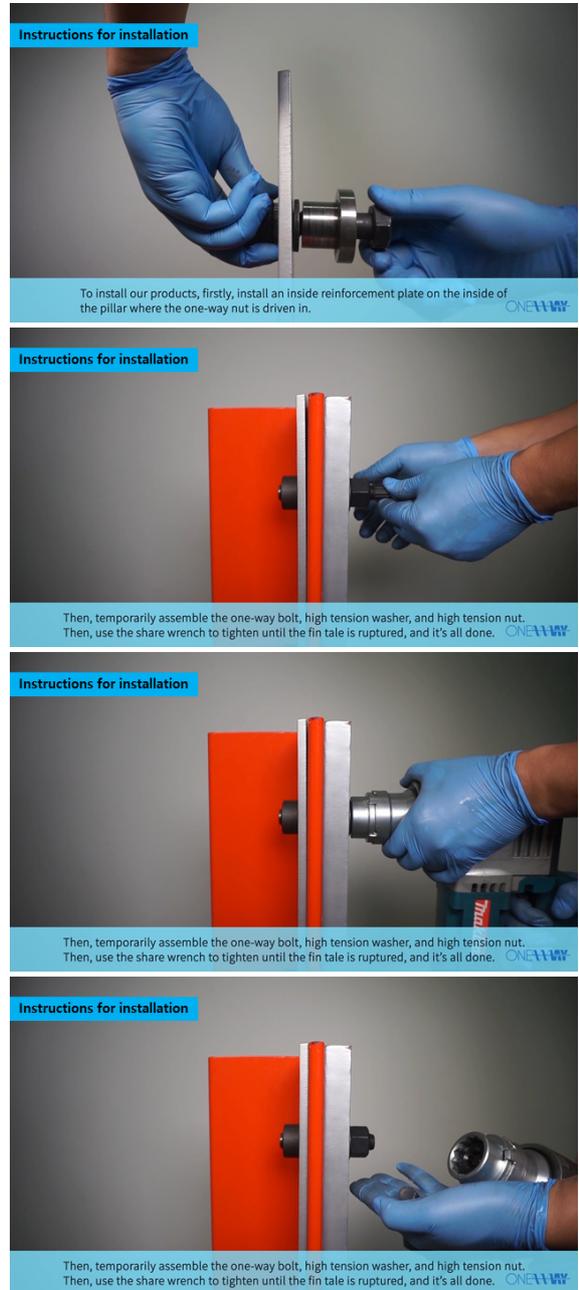


Fig. 1. The Installation of Oneway bolt

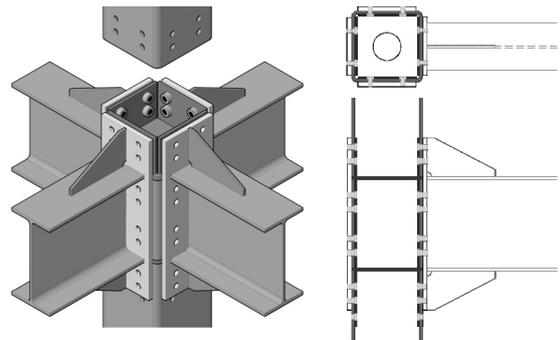


Fig. 2. Details of column-beam connections

폐단면 각형강관의 볼트접합이 가능한 원웨이 볼트(Oneway bolt)를 사용하였으며 H형강 보에서 전달되는 힘의 흐름과 각형강관 기둥 면외변형을 방지하고자 볼트 게이 지 간격을 H형강 기둥 웨브를 중심의 배치를 각형강관 기둥 플랜지면으로 배치하여 무용접 볼트 접합부를 구현하였다.

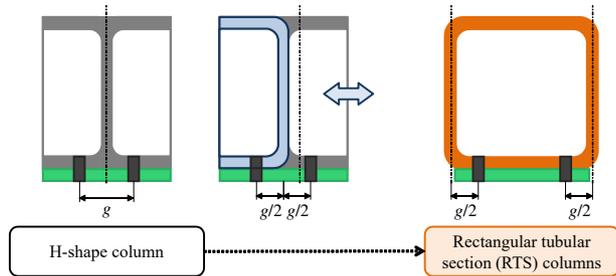


Fig. 3. Beam-to-column connection details for bolting

3. 기둥-보 접합부 실험

3.1 실험체 계획

접합부 실험체는 KDS에서 규정된 기준^[8]을 만족하도록 설계하였다. 국내·외 현장에서 일반적으로 사용되는 관통형 다이아프램 형식의 접합부(TD) 실험체 1개와 원웨이 볼트(Oneway bolt)를 적용한 접합부에 변수를 추가하여 제안된 실험체 5개로 총 6개의 실험체를 제작하였다. 실험체에 사용된 부재의 크기 및 종류는 Table 1에 나타내었다.

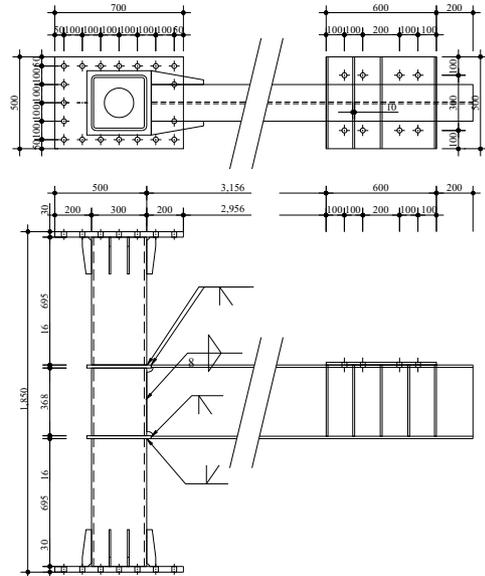
Table 1. Specimens of column-beam connections

No.	Specimens*	Column	Beam
1	TD	□-300×300×12	H-400×200×8×13
2	IP9		
3	IP9-D16(F)		
4	IP14-D16(F)		
5	IP14-D16(S)		
6	IP14-D32(F)		

*IP: inner plate thickness (mm), D: diaphragm thickness (mm), F: slotted diaphragm with beam flange height, S: slotted diaphragm with stiffener height

TD 실험체는 각형강관 기둥을 절단하여 H형강 보 플랜지 상·하 접합 위치에 다이아프램을 설치하고 보 플랜지에 용접으로 접합한 것이다. IP9는 폐단면인 각형강관 기둥에 다이아프램이 없이 내부보강판과 엔드플레이트, 원웨이 볼트로 사용하여 제작하였다. IP9-D16(F), IP14-D16(F), IP14-

D16(S), IP14-D32(F)는 각형강관 기둥 내부에 슬롯형 다이아프램을 설치하며 내부보강판, 엔드플레이트, 원웨이 볼트를 적용하였으며, 내부보강판의 두께, 다이아프램의 두께, 다이아프램의 설치위치를 변수로 지정하였으며 Fig. 4와 같이 총 6개의 실험체를 제작하였다.



(a) Connection elevation

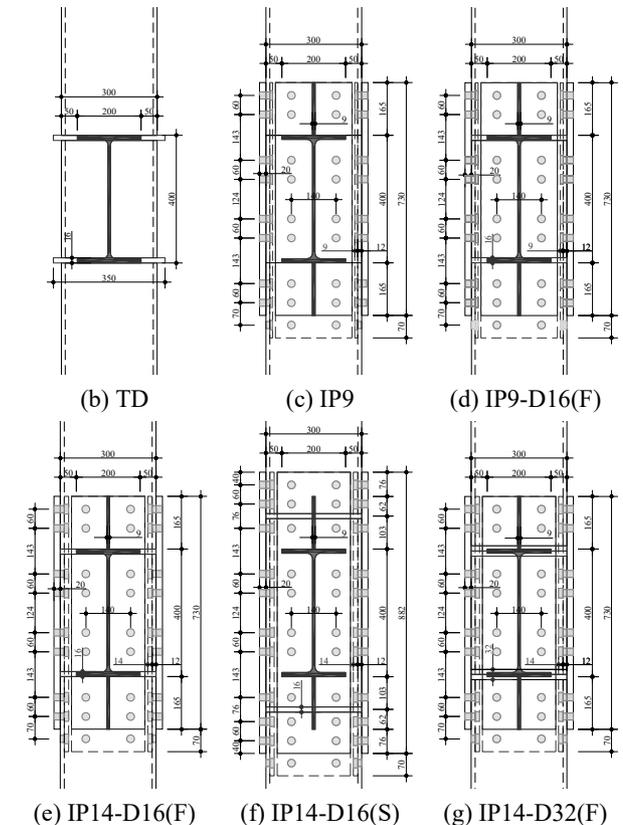


Fig. 4. Details of column-beam connections (Unit: mm)

3.2 실험체 세팅 및 재하 프로그램

각 실험체는 양단이 힌지인 기둥으로 구성하기 위하여 Fig. 5와 같이 바닥 반력판에 힌지와 기둥단부 플레이트를 볼트로 체결하고, 보 가력점에 5,000 kN의 액추에이터를 연결하였다. 보의 횡 좌굴을 방지하기 위해서 보에 횡변위 지지대를 설치하였고, H형강 보와 횡변위 지지대의 마찰을 방지하기 위해 강판을 용접하였다.

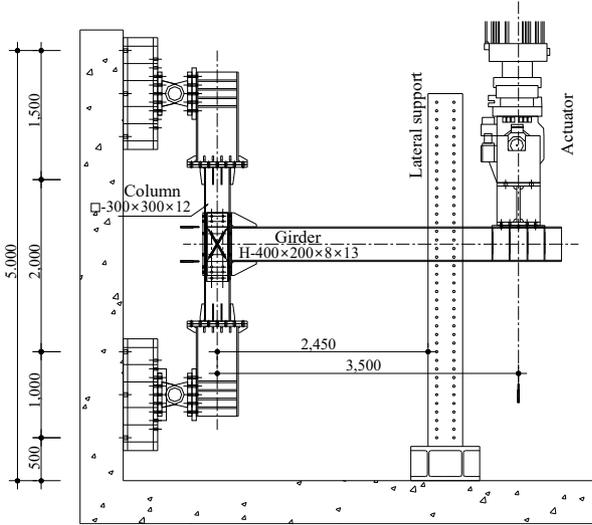


Fig. 5. Specimen test set

하중 가력은 KBC 2016의 0722.2.4.2 보-기둥모멘트접합부의 가력방법^[9]에 준하여 수행하였다. 기둥 중심에서 가력점까지의 거리를 기준으로 층간 변위각을 산정하여 이를 기준으로 액추에이터 변위제어로 반복가력하였다.

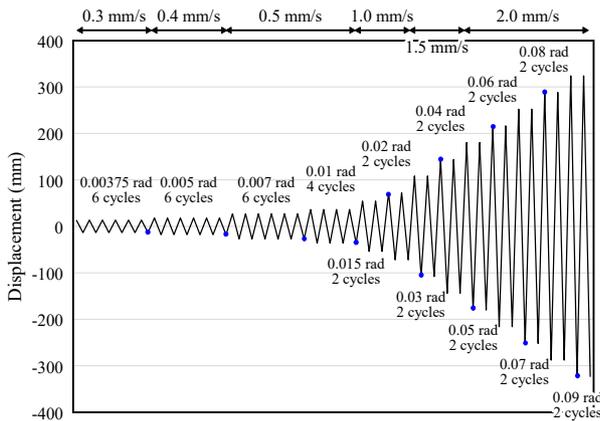


Fig. 6. Cycle loading history

반복가력은 층간 변위비를 기준으로 하여, 0.00375 rad, 0.005 rad, 0.0075 rad일 경우 6회씩, 0.01 rad일 때 4회씩,

0.015 rad 이상은 2회씩 반복가력을 실시하였다. 가력속도는 기존의 유사한 연구사례의 범위 내로 설정하여 0.00375 rad는 0.3 mm/s, 0.005 rad - 0.01 rad는 0.5 mm/s, 0.015 rad - 0.02 rad에서 1.0 mm/s, 0.03 rad - 0.04 rad에서 1.5 mm/s, 0.05 rad 이후에는 파괴할 때까지 2.0 mm/s로 진행하였다.

3.3 계측계획

반복재하 하중실험을 실시하면서 전체적인 거동과 패널 존의 영향을 계측하기 위해 LVDT 변위계와 국부적인 변형을 알기 위한 위치에 스트레인 게이지를 설치하였다. 보 가력점 위치에는 라인 변위계를 설치하여 실험체 변위를 조절하였으며, 가력하중은 액추에이터에 있는 로드셀(load cell)을 통해 측정하였다.

3.4 재료물성치

본 실험의 기둥-보 접합부 제작에 사용된 강재의 기계적 성질을 파악하기 위해 재료시험을 실시하였다. 사용된 강재는 모두 한국산업규격 KS B 0801^[10]에서 제시되어 있는 금속재료 인장시험에 따라서 5호 인장시험편을 제작하였다. 인장시험은 KS B 0802^[11]에서 제시되어 있는 금속재료 인장시험 방법에 따라 3개씩 수행하였다.

인장시험 실시를 위해 사용된 시험기는 500 kN 만능재료시험기(UTM)이며, 연신율을 측정하기 위해 표점거리를 200 mm로 하여 각 시험편에 표시하였다. Vernier calipers를 이용하여 파단 예상부위의 폭을 측정하고, 두께는 micrometer를 사용하여 시험편의 단면적을 산정하여, Table 2에 사용 강재의 기계적 성질에 대한 평균값을 나타내었다.

4. 실험결과

모든 실험체의 항복강도, 최대강도 등은 Table 3에 나타내었다. 실험체의 포락곡선과 이상화된 탄소성 곡선으로 둘러싸인 부분의 면적이 같을 때의 모멘트를 항복모멘트로, 항복모멘트에 대응되는 회전각을 항복 시 회전각으로 정의하여 산정하였다^[12].

4.1 실험체거동 및 파괴양상

TD 실험체의 경우 0.02 rad까지 탄성적으로 거동하였으며, 0.04 rad에서 소성힌지에서 편심으로 횡비틀림좌굴이

Table 2. Tested material properties

Specimens	Type	Thickness (mm)	F_y (MPa)	F_u (MPa)	Yield ratio (%)	Elongation (%)
Rectangular steel tube	SRT355	12	451.62	583.23	77.36	32.20
H-beam	Flange	13	362.32	524.54	69.14	28.35
	Web	8	433.23	557.12	78.61	23.05
Inner plate	SM355	9	380.15	542.15	70.12	27.42
		14	360.30	531.26	68.82	25.45
Diaphragm	SM355	16	367.21	551.48	67.59	23.24
End plate	SM355	20	393.38	547.93	74.15	29.39

Table 3. Result

Specimens	Yield load				Maximum load				Maximum test moment			
	Positive (+)		Negative (-)		Positive (+)		Negative (-)		Positive (+)		Negative (-)	
	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_{max} (kN)	δ_{max} (mm)	P_{max} (kN)	δ_{max} (mm)	M_{max} (kN·m)	θ_{max} (rad)	M_{max} (kN·m)	θ_{max} (rad)
TD	155.04	83.73	-147.26	-79.02	193.99	177.48	-183.69	-171.63	670.42	0.05	-634.83	-0.05
IP9	93.94	87.59	-87.52	-95.42	143.13	286.88	-132.96	-321.98	494.66	0.08	-459.52	-0.09
IP9-D16(F)	94.35	85.68	-90.82	-82.98	142.27	323.40	-145.55	-323.40	491.69	0.09	-503.01	-0.09
IP14-D16(F)	103.51	85.28	-91.47	-80.55	193.36	323.10	-156.36	-319.87	546.95	0.08	-501.40	-0.07
IP14-D16(S)	104.29	72.20	-103.35	-65.00	158.83	215.21	-144.09	-214.01	548.93	0.06	-497.98	-0.06
IP14-D32(F)	99.94	80.95	-92.77	-70.02	163.05	322.28	-142.38	-231.96	563.49	0.09	-492.05	-0.07

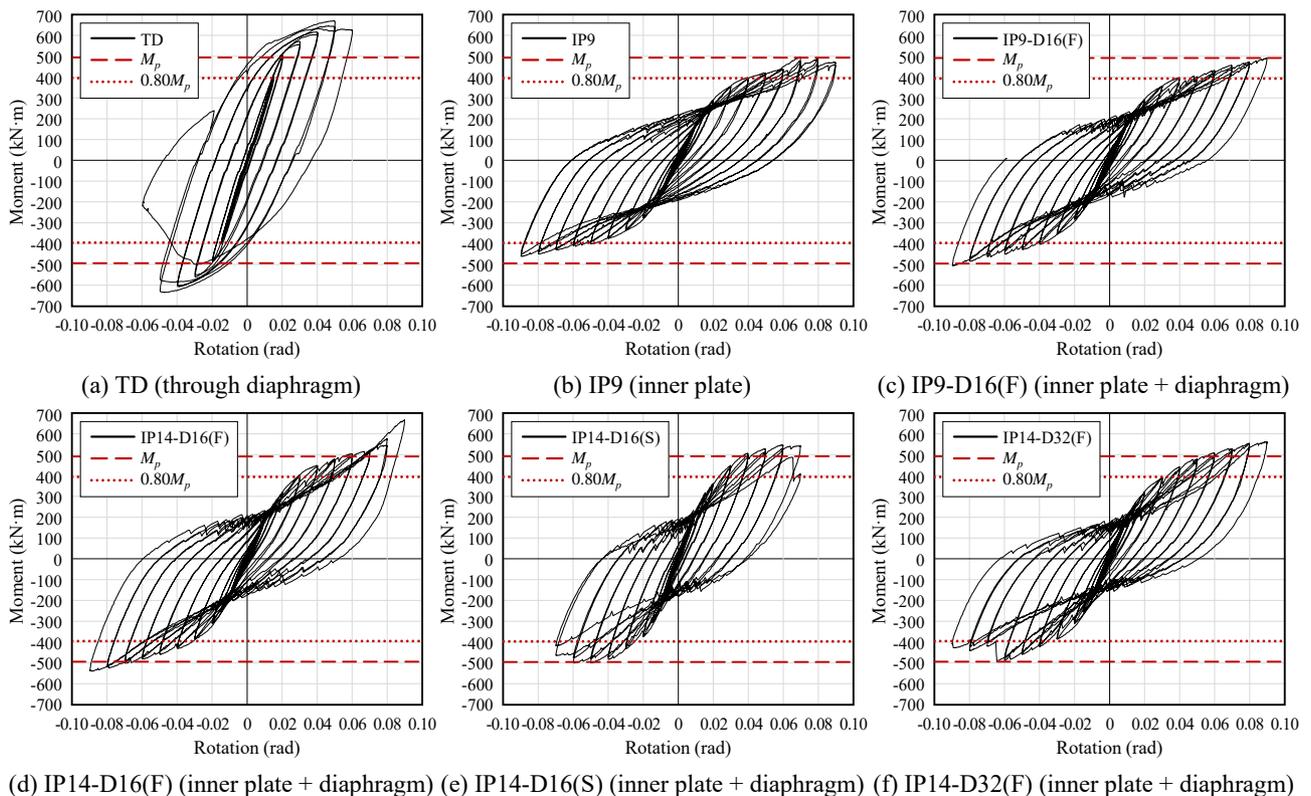


Fig. 7. Moment–rotation relationships for test specimens

발생하였다. ± 0.05 rad 구간에서 최대내력을 발휘하였으며, ± 0.06 rad 구간반복가력 재하 중 보 플랜지 및 웨브가 찢어지면서 파괴되었다.

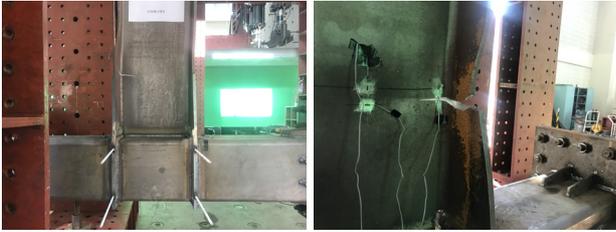


Fig. 8. Test specimen TD at the end of the test

IP9 실험체는 각형강관 기둥면의 변형 방지와 접합부 힘의 흐름을 원활하게 하기 위해 내부보강판을 설치하였다. ± 0.04 rad의 반복재하 단계에서 엔드플레이트(상하부)와 각형강관 기둥과의 벌어짐이 관측되었다. ± 0.06 rad에서 스티프너 국부좌굴이 발생하였다.



Fig. 9. Test specimen IP9 at the end of the test

IP9-D16(F) 실험체는 슬롯형 다이아프램을 추가하여 연결 보 플랜지 위치에 설치한 실험체이다. ± 0.06 rad에서 엔드플레이트에 보강된 스티프너의 국부좌굴이 관측되었으며, 반복가력 종료 후 엔드플레이트와 각형강관 기둥 면의 벌어짐이 육안으로 손쉽게 확인할 수 있었다.



Fig. 10. Test specimen IP9-D16(F) at the end of the test

IP14-D16(F) 실험체는 IP9-D16(F) 실험체 내부보강판의 두께를 증가시킨 실험체이다. ± 0.05 rad의 반복재하단계에서 엔드플레이트(상하부)와 각형강관 기둥과의 벌어짐 발생 이후 ± 0.06 rad 재하단계에서 슬롯형 다이아프램이 인장

파단되어 내력이 소폭 감소하였으며, ± 0.07 rad에서 엔드플레이트에 보강된 스티프너에서 국부좌굴이 관측되었다.



Fig. 11. Test specimen IP14-D16(F) at the end of the test

IP14-D16(S) 실험체는 슬롯형 다이아프램을 엔드플레이트의 보강 스티프너에 위치한 실험체이다. ± 0.04 rad까지 탄성적으로 거동하였으며, ± 0.05 rad 재하 단계에서 엔드플레이트(상·하부)와 각형강관 기둥과의 벌어짐 이후 슬롯형 다이아프램이 인장파단되어 하중 상승률이 소폭 감소하였으며, ± 0.06 rad에서 엔드플레이트에 보강된 스티프너에 국부좌굴이 발생하였다. ± 0.07 rad 구간에서 스티프너 좌굴의 진행이 점차 증가하면서 가력하중이 최대하중의 80%에 도달하여 실험을 종료하였다.



Fig. 12. Test specimen IP14-D16(S) at the end of the test

IP14-D32(F) 실험체는 IP9-D16(F) 실험체의 슬롯형 다이아프램 두께 변수 16 mm에서 32 mm로 적용한 형식이다. ± 0.03 rad에서 엔드플레이트와 각형강관 기둥면의 벌어짐이 관측되었다. 또한 $+0.05$ rad에서 상부 슬롯형 다이아프램이 인장파단되었다. ± 0.06 rad에서 엔드플레이트 보강 스티프너의 국부좌굴이 관측되었으며 하중 감소량이 일정간격으로 유지되면서 회전각은 증가하였다.

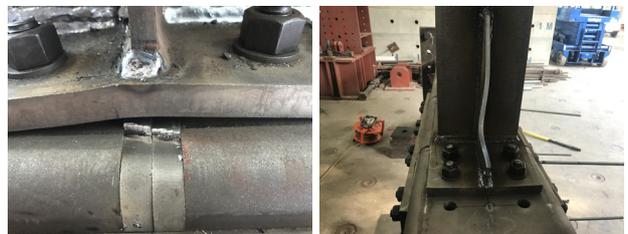


Fig. 13. Test specimen IP14-D32(F) at the end of the test

4.2 내력 및 강성

실험체의 초기강성은 포락곡선에서 탄성구간 이후 소성구간이 시작되는 점으로 산정하여 Table 4에 각 실험체별로 강성을 나타내었다.

Table 4. Initial stress result

Specimens	Initial stiffness K (kN/mm)	
	Positive (+)	Negative (-)
TD	2.00	1.92
IP9	1.70	1.42
IP9-D16(F)	1.94	1.63
IP14-D16(F)	1.73	1.45
IP14-D16(S)	2.18	1.82
IP14-D32(F)	2.02	1.68

Fig. 14은 각 실험체별로 단계적으로 강성 저하율을 비교한 그래프이다. TD 실험체의 경우 0.015 rad까지 일정한 간격으로 강성이 상승하였고 이후 강성이 급격히 낮아지면

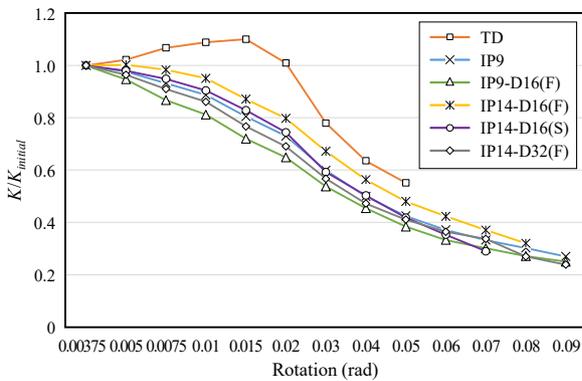


Fig. 14. Stiffness comparison of specimens

Table 5. Moment-rotation comparison

Specimens	Rotation			$\theta_{\#}/\theta_{TD}$	
	Elastic rotation $\theta_{Elastic}$ (rad)	Plastic rotation $\theta_{Plastic}$ (rad)	Total rotation θ_{Total} (rad)	Total rotation	Plastic rotation
TD	0.0226	0.0374	0.0600	1.00	1.00
IP9	0.0254	0.0646	0.0900	1.50	1.73
IP9-D16(F)	0.0234	0.0665	0.0899	1.50	1.78
IP14-D16(F)	0.0230	0.0669	0.0899	1.50	1.79
IP14-D16(S)	0.0190	0.0510	0.0700	1.17	1.36
IP14-D32(F)	0.0209	0.0689	0.0899	1.50	1.84

서 강성 저하율이 높은 것으로 확인되었다. IP14-D16(S) 실험체의 경우 기준 실험체 TD에 비해 102 % 높은 강성값을 가지고 있다. 모든 실험체가 최대하중은 이론값인 143 kN을 상회하였다.

4.3 모멘트-총회전각 비교

Fig. 15은 실험체들을 비교하기 위한 단조화 곡선이다. IP9을 제외한 실험체 모두가 전소성모멘트보다 약 6 % - 32 % 높은 강도가 발현된 것으로 나타났으며, 기준 실험체인 TD보다 높은 내력을 발휘하는 실험체는 없었다. 이때, TD 실험체의 경우 0.04 rad까지의 거동을 확인하기 위해 관통형 다이아프램과 보 플랜지와와의 접합부위를 보강하여 내력이 높게 나타났다.

4.4 소성변형능력

Table 5에서와 같이 모든 실험체의 총회전각과 소성회전각은 평균적으로 기준 실험체인 TD보다 높은 능력을 발휘하였으며, IP14-D16(S) 실험체의 경우 기준 실험체 TD

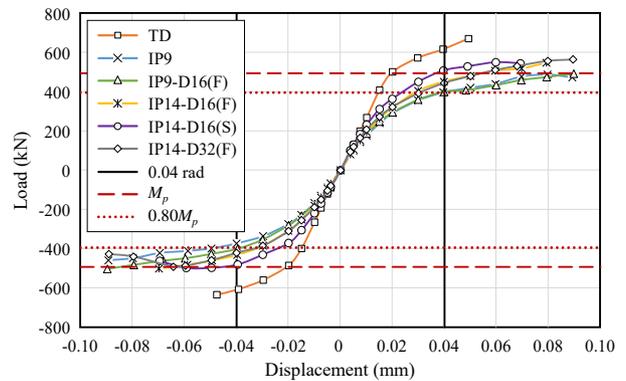


Fig. 15. Comparison of specimens ultimate resistance

보다 총회전각 약 17%, 소성회전각은 약 36% 높게 나타났다. 그 외 나머지 실험체들은 기준 실험체인 TD보다 총회전각 약 50%, 소성회전각 약 73% - 84% 정도 높은 능력을 나타내고 있다.

기준 실험체 TD를 제외한 모든 실험체가 IP14-D16(S) 실험체보다 소성변형 능력이 낮은 이유는 슬롯형 다이아프램의 위치로 기여한 것으로 판단된다.

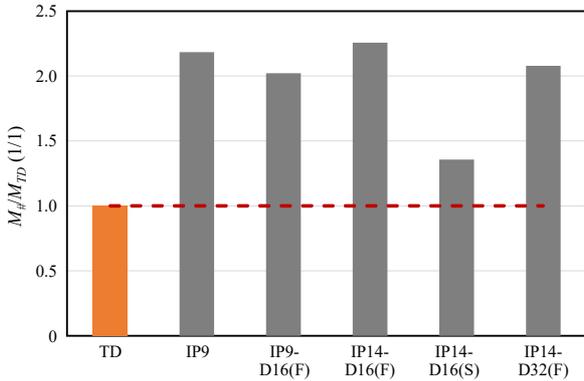


Fig. 16. Cumulative energy absorption capacity

4.5 에너지소산능력

구조물의 중요한 내진성능 지표인 소산에너지는 하중-변위 이력관계에서 사이클별 면적을 통해 얻을 수 있다^[13]. 각 실험체가 최대내력의 80%까지 H형강 보에서 소산한 에너지를 Fig. 17에 비교하였다. 기준 실험체인 TD의 경우 최대내력을 발휘하였지만, 슬롯형 다이아프램이 설치된 실험체보다 낮은 소산능력을 발휘한 것으로 평가되었다. 이는 슬롯형 다이아프램이 설치된 실험체는 0.02 rad까지 기준 실험체 TD와 동일한 강성을 발휘하면서 연성거동을 통해 기준 실험체 TD보다 많은 소성변형으로 소산능력을 발휘한 것으로 판단된다.

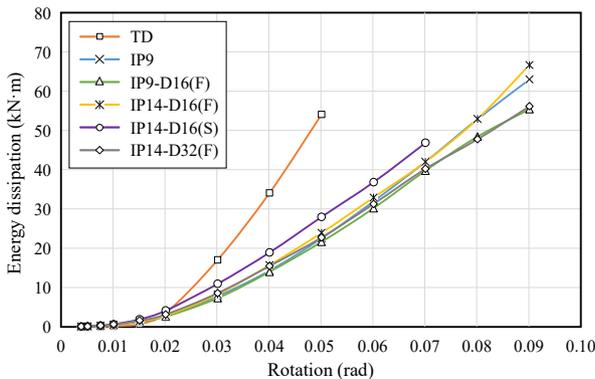


Fig. 17. Total energy dissipation

5. 결론

본 연구에서는 내부 보강판, 외부 보강판, 슬롯형 다이아프램을 조립하여 구성한 각형강관 기둥-H형강보 조립형 접합부의 구조 성능을 실험적으로 평가하였다.

- (1) 관통형 다이아프램 접합부와 슬롯형 다이아프램을 가진 조립형 접합부 실험체들의 최대 내력은 보의 전소성모멘트보다 높은 것으로 확인하였으나, 슬롯형 다이아프램이 없이 내부보강판으로만 구성된 조립형 접합부의 최대 내력은 보의 전소성모멘트에 미치지 못하는 것으로 나타났다.
- (2) 슬롯형 다이아프램을 가진 조립형 접합부는 관통형 다이아프램에 비해 강성이 부족하지만 연성이 큰 부분강점 모멘트 접합부의 특성을 보여주었으며, 내부 보강판의 두께와 슬롯형 다이아프램의 위치가 강성과 강도에 크게 영향을 미침을 확인하였다. 그러나 슬롯형 다이아프램 두께는 강성과 강도에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.
- (3) 내부보강판과 슬롯형 다이아프램의 두께를 합리적으로 설계하고, 슬롯형 다이아프램을 보 스티프너 위치에 배치한 조립형 접합부가 강성 및 내력, 연성, 에너지소산능력에서 가장 우수한 것으로 판단된다.
- (4) 접합부 응력분포와 소성 변형률 분포 등 국부적 응답을 비교 분석한 결과, 슬롯형 다이아프램 변형에 기동 두께, 엔드플레이트 두께가 영향을 미침을 확인하였다.
- (5) 기동 두께 및 엔드플레이트 두께 분석을 수행한 결과, 기동 두께가 엔드플레이트 두께보다 접합부 강성과 강도 향상에 효과가 큼을 확인하였다. 경제성과 제작성을 고려할 때, 기동과 내부보강판의 두께의 적절한 조합이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(2019-3110100020, 해외 내진분석 기술기준을 적용한 표준형원전 설계초과지진 대응 기술개발).

참고문헌(References)

- [1] Agerskov, H. (1976) High-Strength Bolted Connections Subject to Prying, *Journal of the Structural Division*, American Society of Civil Engineers, Vol.102, No.1, pp.161-175.
- [2] Nishimura, K., Fujita, Y., Fukumoto, Y., Masuo, K., and Mukaide, S. (2005) Experimental Study on RHS Column to Vertical Haunch-Beam Connections Using External Diaphragm with High Strength Bolts, *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*, Architectural Institute of Japan, Vol.70, No.591, pp.137-144 (in Japanese).
- [3] Jin, H., Kim, D.H., Kim, H., Shin, J., Park, K., and Lee, K. (2018) Experimental Evaluation of New Seismic Connections Between Rectangular Steel Tube Column and H-Shaped Beam, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.30, No.2, pp. 77-85 (in Korean).
- [4] Jin, J. (2018) *Seismic Performance Evaluation for Modular Prefabricated Connection of H-Shaped Steel Beam to Rectangular Tube Steel Column*, Master's Thesis, Dankook University, Korea (in Korean).
- [5] Jin, J.H., Jung, J.W., Kim, H.S., Hwang, S.H., Park, K.Y., and Lee, K.K. (2019) Experimental Evaluation of Seismic Capacity of the Bolted Connection Between RHSS Column and H-Shaped Beam Using Slotted Diaphragm, *Proceedings of the Annual Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.155-156 (in Korean).
- [6] Shim, H.-J., Jang, B.-R., Chung, J.-A., and Lee, E.-T. (2010) Performance Evaluation of Connection of Seismic Rectangular Steel Tube Column-H Beam Using One-Side Bolts, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.22, No.4, pp.355-363 (in Korean).
- [7] American Institute of Steel Construction (2016) *Pre-qualified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications* (ANSI/AISC 358-16), USA.
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018) *Structural Test and Experiment for Korean Building Code* (KDS 41 10 10: 2016), Korea (in Korean).
- [9] Architectural Institute of Korea (2016) *Korean Building Code and Commentary*, Kimundang, Korea (in Korean).
- [10] Korean Agency for Technology and Standards (2007) *Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0801: 2007), Korea (in Korean).
- [11] Korean Agency for Technology and Standards (2013) *Method of Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0802: 2013), Korea (in Korean).
- [12] Lim, W.-Y., and You, Y.-C. (2017) Seismic Performance of Beam-to-Column Weak-Axis Moment Connection of Small-Size Steel Structure, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.29, No.2, pp.169-180 (in Korean).
- [13] American Concrete Institute (2001) *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing* (ACI T1.1-01), USA.

요 약: 각형강관 기둥과 H형강 보 모멘트접합을 위해 패널 존에 다이아프램을 적용한 용접접합부가 널리 사용되고 있다. 그러나 용접접합부는 용접 품질관리, 응력분포의 복잡성, 용접파단 등의 단점이 있다. 이 연구에서는 내부보강판과 슬롯형 다이아프램을 일방향 볼트로 연결한 엔드플레이트 모멘트접합부를 제안하고, 제안한 접합부의 내진성능을 실험적으로 평가하였다. 내부보강판과 슬롯형 다이아프램 두께를 달리한 실험체에 대하여 반복가력 실험을 수행하였다. 또한 제안한 접합부 실험결과를 관통형 다이아프램 접합부 실험결과와 비교하였다. 이를 통해 제안한 슬롯형 다이아프램을 갖는 모멘트 접합부가 우수한 강도와 연성을 확보하고 있음을 관찰하였다.

핵심용어: 접합부, 원웨이 볼트, 각형강관, 슬롯형 다이아프램, 반복가력
