

접합 방법에 따른 하지철물 구조물의 거동에 관한 실험적 연구

홍성욱¹, 김승훈^{2*}, 백기열³

Experimental Study on the Behavior of Building Hardware with Joint Details

Seonguk Hong¹, Seunghun Kim^{2*}, Kiyoul Baek³

Abstract: In recent years, non-welded building hardware has been installed by bolt assembly is used. The non-welded building hardware method can reduce accidents caused by welding, and can be constructed by bolt assembly, which can reduce labor costs and shorten the construction period. However, there is a need for a method to compensate for the occurrence of buckling at the time of construction. The purpose of this study is to evaluate the behavior of joints between steel pipe and fastener and to evaluate the behavior of joints of non-welded and welded hardware frame. As a result, it was found that the foundation steel structure without welded joints was deformed to a rotation angle of member much larger than the allowable interlayer displacement angle 0.01 to 0.02 required according to the seismic load rating in the seismic load resistance system.

Keywords: Building hardware, Joints, Behavior, Non-welded joint, Anti slip bracket

1. 서 론

리모델링 시장이 커짐에 따라 품질이 우수한 건축물의 내장재 및 외장재들이 개발되고 있다. 개발된 내장재 및 외장재를 건축물의 구조체에 시공하기 위해서 구조체에 하지 철물을 설치하여야 한다. 건축물의 내장재 및 외장재 설치, 데크, 무대 및 마루 등의 시공 시 지지해주는 하부 구조물을 하지철물이라 한다.

하지 철물은 수평재와 수직재를 현장에서 용접 접합을 하여 구조체에 설치하는 방법이 주로 사용되었다. 일반적인 용접접합 방식의 시공은 용접 불씨에 의한 화재 발생으로 인명 및 재산 손실 문제와 전문용접공 부족으로 인한 비전문 용접공 시공에 따른 내구성 저하 문제 등이 발생하고 있다. 하지철물의 시공방법도 안전사고 및 시공의 용이성을 위하여 용접 접합 방법에서 무용접 접합 방법으로 개선되어지고 있다. 이는 화재예방 가설재와 소화장비 및 인원이 불필요하고 볼트 조립으로만 시공이 가능하여 인건비 절감과 공기단축이 가능

하다. 리모델링 현장 및 구조체 공사 현장에서 용접 시 발생하는 불뚱으로 화재의 위험성이 상시 존재하고 있다. 실제로 2008년 40여명의 생명을 앗아간 이천 냉동 창고 화재, 2014년 9명의 목숨을 앗아간 고양터미널 화재, 이번 2017년 동탄 메타폴리스 화재도 마찬가지로 용접 작업 중에 발생하였다. 2013년 이후 용접관련 작업 중 발생한 화재는 4천 200여건으로 매년 천 여 건씩 꾸준히 발생하고 있다. 또한, 한국화재보험협회 화재안전 관련 자료(KFPA, 2011)에 의하면 산업현장의 화재 중 용접관련 화재가 35.3%로 현장에서 화재발생의 위험도가 높은 실정이다.

이에 용접을 사용하지 않는 무용접 하지 트러스 공법을 이용한 하지철물 구조물의 거동을 평가하는 것을 연구의 목적으로 하며, 구체적으로 다양한 하중 상황에서의 홈볼트와 브라켓을 조립 상세에 따른 접합부 거동을 실험을 통하여 검증하고자 한다. 또한, 무용접 접합방법으로 시공 시 볼트 체결부에서 틀어짐 현상이 발생하기도 하여 이를 보완하고 부재간의 미끄러짐을 최소화할 수 있는 유격방지 브라켓을 이용한 접합방법을 제시하고 이에 대한 접합부 성능도 평가하고자 한다.

접합부 성능평가를 위하여 브라켓 및 화스너와 각재의 인장실험, 휨-전단실험, 하지재 구조시스템의 골조 실험 등을 수행하였다.

¹한밭대학교 도시건축재생기술연구소 연구교수,

한양대학교 건축학부 겸임교수, 공학박사

²한밭대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자

³(주)포스코 건설 부장, 공학박사

*Corresponding author: kimsh@hanbat.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Hanbat National University, 125 Dongseodero, Yuseong-gu, Daejeon 31458, Korea

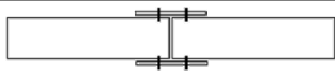
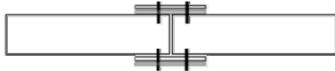

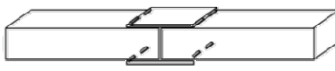

•본 논문에 대한 토의를 2018년 2월 1일까지 학회로 보내주시면 2018년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 무용접 및 용접 접합부 인장성능

하지재로 사용되는 각재의 접합 방법에 따른 인장거동을 파악하기 위하여 인장성능시험을 실시하였다. 접합 방법의 변수로는 무용접 접합방법과 용접접합방법으로 구분하였다. 무용접 접합방법에는 홈볼트 접합과 유격방지판을 결합한 홈볼트 접합, 용접 접합방법에는 용접길이 50 mm의 필릿용접, 각 용접길이 10 mm의 2점 용접, 용접길이 10 mm의 1점 용접 등을 변수로 하여 Table 1과 같이 실험체를 계획하였고 각 실험체는 2개씩 제작하였다. 각재에 접합되는 브라켓의 두께는 4.4 mm, 폭은 50 mm이다.

본 실험은 2000 kN 만능시험기(UH-200A)를 사용하여 Table 1의 실험체를 Fig. 1과 같이 인장성능시험을 실시하였다.

Table 1 Specimen list

No	Specimen	Specimen shape	Detail
1	TB		Grooved bolt
2	TAB		Grooved bolt + Anti Slip Plate
3	TFW		Weld(50 mm)
4	TSW22		Weld(10 mm)
5	TSW12		Weld(10 mm)

T: Tension test B: Bolt A: Anti slip plate F: Fillet S: Spot W: Weld

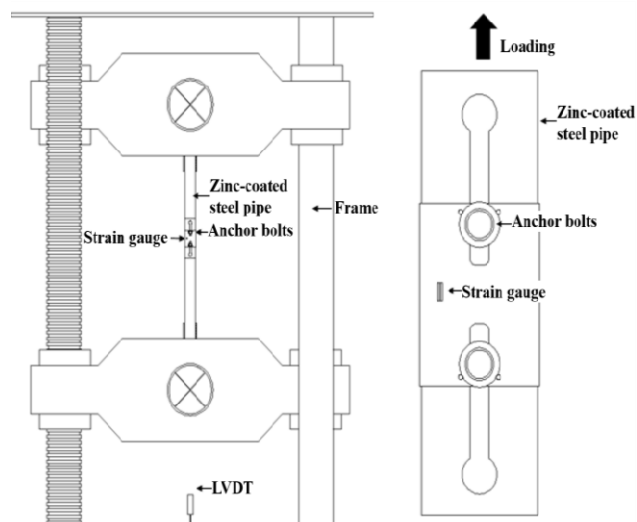


Fig. 1 Test setup

측정방법은 변위계(LVDT, 100 mm)와 스트레인 게이지(Strain Gauge)를 이용하여 변형도를 측정하였다. Table 2에 인장시험에 의한 실험체별 파단 양상을, Table 3에 최대 내력과 최대 내력시의 변위를 비교하여 나타내었다.

무용접접합 방식의 실험체(TB 및 TAB 계열)는 Fig. 2(a), 2(b)와 같이 실험체간 오차범위가 TB-1 실험체를 기준으로 5% 이내의 유사한 내력값(P_{ue})이 나타났다. 유격방지 브라켓이 없는 TB 실험체와 유격방지 브라켓이 있는 TAB 실험체의 최대내력은 유사하게 나왔으며, 유격방지 브라켓이 있는 경우 Fig. 2(c)에서 나타나듯이 브라켓의 양면의 미끄러짐 변형으로 인하여 강성이 적고 최대하중 시의 변위가 크게 나타났다.

용접접합 방식의 실험체(TSW, TFW 계열)는 동일 변수를 가지는 실험체간에 용접길이 및 목두께 등의 오차로 인하여 최대 72%이상의 오차범위를 나타내어 무용접 방식에 비해 내력 신뢰성이 떨어지는 것으로 사료된다. 용접량이 많은 TFW

Table 2 Fracture aspect

Specimen	P_{ue} (kN)	Fracture aspect
TB-1	41.20	The part near the bolt hole was torn.
TB-2	43.12	The part near the bolt hole was torn.
TAB-1	41.53	The part near the bolt hole was torn.
TAB-2	39.79	The part near the bolt hole was torn.
TSW12-1	31.60	The upper part of 1 spot welding was broken.
TSW12-2	39.65	The part near the bolt hole was torn.
TSW22-1	27.85	The upper part of 2 spot welding was broken.
TSW22-2	48.02	The upper part of 2 spot welding was broken.
TFW-1	55.57	The part near the bolt hole was torn.
TFW-2	30.30	It was broken at the welded part.

T: Tension test, B: Bolt, A: Anti slip plate, F: Fillet, S: Spot, W: Weld

Table 3 Test results

Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Average (kN)	$\frac{P_{ue}}{P_{ue_TB-1}}$ or $\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$
TB-1	41.20	20.43	42.16	1.00 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TB-1}}$)
TB-2	43.12	20.45		1.05 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TB-1}}$)
TAB-1	41.53	44.98	40.66	1.01 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TB-1}}$)
TAB-2	39.79	38.66		0.97 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TB-1}}$)
TSW12-1	31.60	3.94	35.63	1.00 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)
TSW12-2	39.65	4.27		1.25 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)
TSW22-1	27.85	2.70	37.94	0.88 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)
TSW22-2	48.02	3.45		1.52 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)
TFW-1	55.57	5.24	42.94	1.76 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)
TFW-2	30.30	7.88		0.96 ($\frac{P_{ue}}{P_{ue_TSW-1}}$)

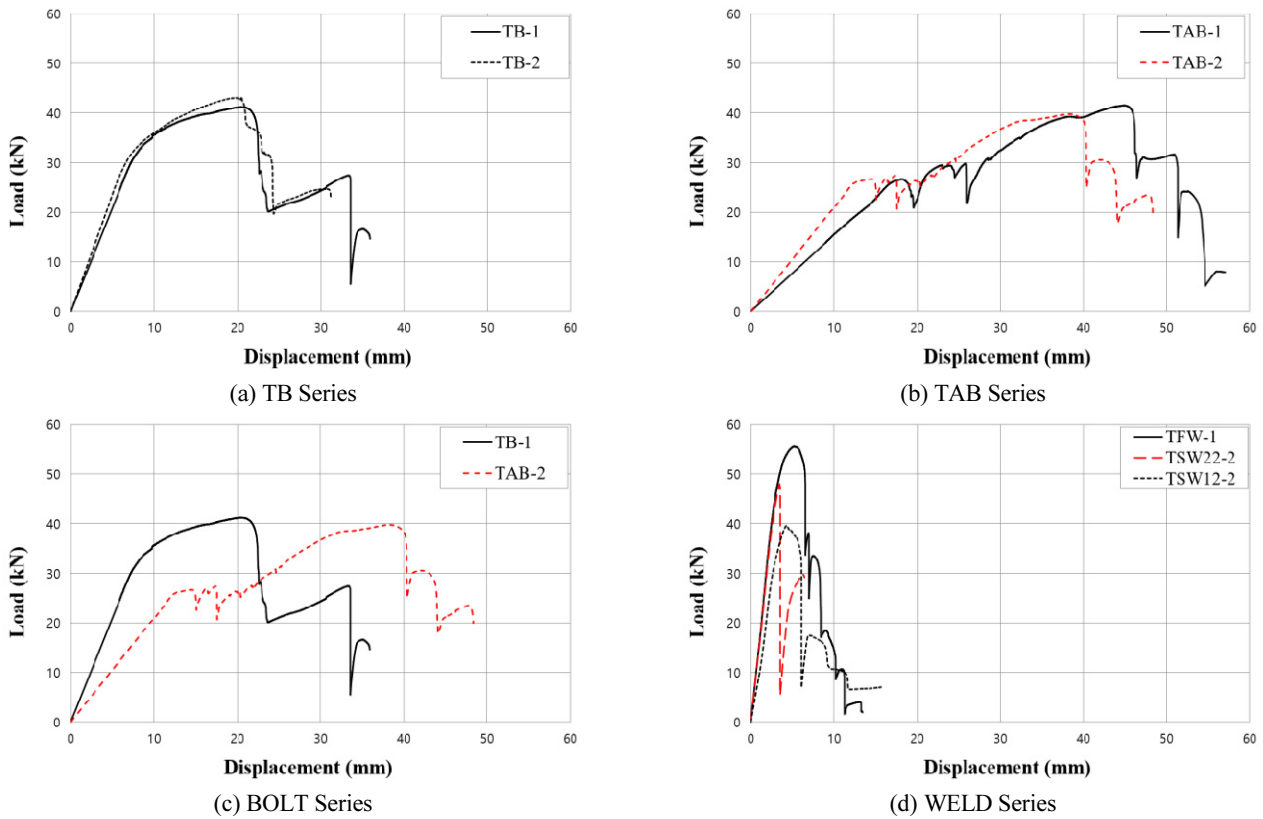


Fig. 2 Load – displacement curves

실험체(전체 길이 용접), TSW22 실험체(2점 용접), TSW12 실험체(1점 용접) 등의 순으로 Fig. 2(d)와 같이 평균 최대 인장내력이 증가하였다. 무용접 접합방법의 TB, TAB 실험체의 최대내력은 용접 접합방법의 TSW22 실험체와 유사한 내력을 확보함을 알 수 있다.

무용접 접합방법을 사용한 TB, TAB 실험체의 평균 최대내력이 일반적으로 현장에서 사용하고 있는 일점 또는 이점 용접 접합방법의 평균 최대내력에 비하여 약 12.6% 이상 크게 나타나 더 우수한 인장저항성능을 보유하고 있음을 알 수 있었다. TAB 실험체의 경우 유격방지판의 접합면의 변형에 의하여 TB 실험체에 비해 보다 큰 변형을 나타내었다.

또한 전면 용접을 사용한 TFW 계열 실험체에 비해서도 3.6%의 차이로 유사한 내력을 확보함을 알 수 있다. 유격방지 브라켓의 유무를 변수로 하는 실험체는 최대내력이 유사하게 나와 인장강도 성능에 큰 영향이 없었다.

3. 하지재 각관과 화스너 접합부 성능

하지재로 사용되는 각관과 화스너 접합부에 하중 재하 시 볼트접합부의 성능을 비교하기 위하여 화스너의 접합 방향

Table 4 Specimen list

No	1, 2	3, 4	5	6
Shape				
Name	ABL	ABU	BL	BU

A: Anti slip B: Bracket U: Upper L: Lower

및 유격방지판 유무에 따른 실험체를 Table 4와 같이 제작하여 재하 실험을 실시하였다. 화스너의 접합 방향 변수는 수평 각관이 설치되는 볼트접합부가 상부에 있도록 1자 형태로 수직 각관에 접합되는 경우(ABU, BU 계열 실험체)와 수평 각관이 설치되는 볼트접합부가 하부에 있도록 L자 형태로 수직 각관에 접합되는 경우(ABL, BL 계열 실험체)로 하였다. 실험은 2000 kN 만능시험기를 사용하여 Table 4의 실험체를 Fig. 3과 같이 볼트접합부 회전단 성능실험을 실시하였으며, 변위계(LVDT, 100 mm) 두 개를 이용하여 볼트접합부의 미끄러

짐과 휨변형을 측정하였다.

Table 5와 Fig. 4에 각각 실험결과에 의한 최대 내력과 하중-변위 곡선을 비교하여 나타내었다. 유격방지 브라켓이 없는 실험체에 대하여 수평 각관에 설치되는 볼트접합부가 하부에 있도록 L자 형태로 수직 각관에 접합되는 BL 실험체의 평균 최대내력은 1.97 kN로 나타났다.

이는 수평 각관이 설치되는 볼트접합부가 상부에 있도록 7자 형태로 수직 각관에 접합되는 BU 실험체의 최대내력 2.00 kN과 1.5% 차이로 미소한 내력 변화를 보였다.

유격방지 브라켓이 있는 실험체에서는 수평 각관이 설치되

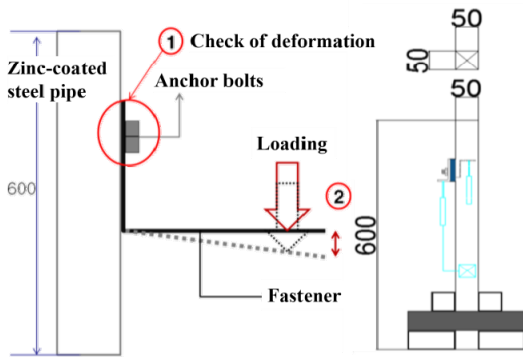


Fig. 3 Test setup

Table 5 Test results

No	Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Deformation angle	Max Slip (mm)
1	BL-1	1.91	13.75	0.344	0.64
2	BL-2	2.03	22.03	0.551	0.18
3	ABL-1	2.33	17.44	0.436	0.02
4	ABL-2	2.40	22.40	0.560	0.19
5	BU	2.00	18.96	0.474	0.01
6	ABU	1.41	11.79	0.295	0.01

A: Anti slip B: Bracket U: Upper L: Lower

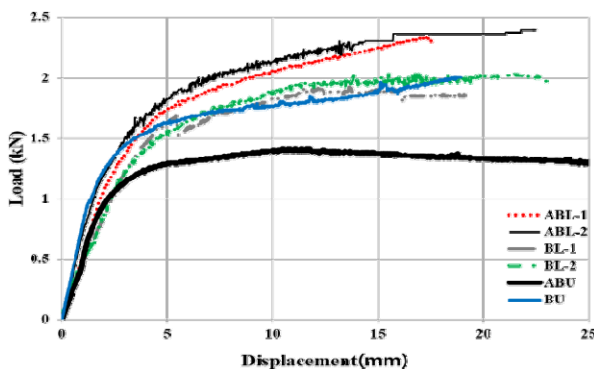


Fig. 4 Load - displacement curves

는 볼트접합부가 하부에 있도록 L자 형태로 수직 각관에 접합되는 ABL 실험체가 ABU 실험체에 비하여 68.1% 내력이 크게 나타났다.

수평각관이 설치되는 볼트접합부가 상부에 있도록 7자 형태로 수직각관에 접합되는 실험체가 7자 형태의 접합에 비하여 미끄러짐이 적게 나타났다.

Table 5에서 최대내력 시 변형각이 최소 0.295를 나타내어 모든 실험체가 핀접합에서 요구되는 변형각 이상으로 최대 하중을 지지할 수 있는 변형성능을 확보하는 것으로 평가되었다.

유격방지 브라켓이 없는 실험체의 휨전단성능은 화스너의 수평부재 볼트 접합방향에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 유격방지 브라켓이 있는 실험체는 이는 화스너 절곡부위의 모멘트 지지점에 따라 수평 각관이 설치되는 볼트접합부가 하부에 있도록 하는 L자 형태가 7자 형태에 비하여 휨전단성능이 우수한 것으로 나타났다. 모든 실험체에서 수평 각관이 화스너에 단순지지되는 접합부 이상의 변형능력을 확보하고 있는 것으로 나타나 모든 접합부 상세가 충분한 휨변형 성능을 보유하는 것으로 평가되었다.

4. 하지재 화스너 위치에 따른 접합부 성능

무용접 하지 골조에 대하여 접합부에 화스너를 접합하는 위치 및 하중 재하방법에 따른 하지철물 접합부의 성능을 비교 및 검증하고자 한다. 화스너 접합위치 변수는 수평재 각관 하부에 화스너가 접합될 경우와 수평재 각관 상부에 화스너가 접합될 경우를 변수로 하여 Table 6과 같이 제작하였다. 실

Table 6 Specimen list

No	Specimen	Specimen detail
1	HNUS-1	
2	HNUS-2	
3	HNLS-1	
4	HNLS-2	

험체는 600 mm의 각관(50 mm×50 mm)을 사용하여 수직재와 수평재를 제작하여 하지철물을 볼트 접합하였다. 하중재하 형태에 따라 1점 가력과 2점 가력방법으로 Fig. 5와 같이 실험을 실시하였다. 수평재 중앙부의 치짐과 수직재와 수평재의 접합부분의 거동을 분석하기 위하여 변위계(LVDT)를 3개 설치하였다. 수평재의 인장변형률을 측정하기 위한 게이지를 부착하였다.

화스너 브라켓의 시공 위치와 하중재하 형태에 따른 실험 결과를 Fig. 6과 Table 7에 나타내었다. HNUS 계열 실험체와 HNLS 계열 실험체의 하중-변위 양상이 화스너 접합부의 위치에 따라 다르게 나왔다. HNUS 계열 실험체가 하부에 있는 HNLS 계열 실험체에 비하여 최대내력이 최대 22% 크게 나타났지만, 최대 하중시의 강성은 HNUS 계열의 실험체에 비해 HNLS 계열의 실험체가 더 크게 나타났다.

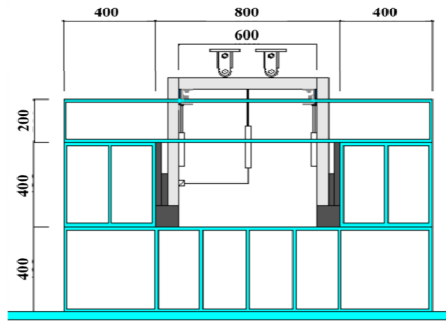


Fig. 5 Test setup

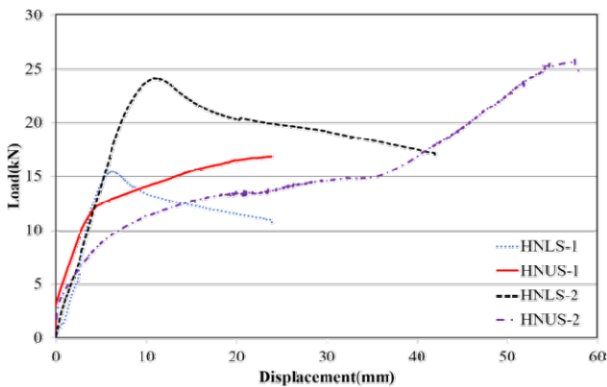


Fig. 6 Load - displacement curves

Table 7 Test results

Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Angle of member	Strength ratio
HNLS-1	15.45	6.28	0.021	1.00
HNUS-1	18.87	34.33	0.114	1.22
HNLS-2	24.07	10.8	0.036	1.56
HNUS-2	25.61*	57.06	0.190	1.66

HNLS 계열 실험체는 화스너 접합부가 하부에 있어 수평 각관이 휨거동을 하고 부재각 0.021~0.036에서 각관의 중앙부에 좌굴이 발생할 때 최대 내력을 나타내었으며 이후 내력이 감소하였다.

최대 내력은 1점 가력 및 2점 가력 모두 HNUS 계열 실험체가 HNLS 계열 실험체에 비하여 크게 나타났으며, 1점 가력에 비하여 2점 가력이 최대 휨강도에 도달하기 위한 실험하중이 크므로 최대 내력이 더 크게 나타났다.

5. 유격방지 브라켓을 적용한 하지재 접합부 거동

일반 볼트접합인 각관, 화스너, 홈볼트 등을 조립하는 무용접 접합방법으로 시공 시 볼트 체결부분에서 좌우간의 틀어짐 현상이 발생할 수 있어 이를 보완하는 방법으로 각관과 화스너 사이에 유격방지 브라켓을 삽입하여 접합면의 비틀림을 방지하고 부재간의 미끄러짐 현상을 제어할 수 있는 상세가 제시되었다. 이와 같이 유격방지 브라켓을 적용한 화스너 접합부를 사용한 수직각관과 수평각관으로 이루어진 골조의 수직하중에 대한 거동을 평가하기 위하여 Table 6과 동일한 실험체를 계획하였다.

실험변수 및 실험방법은 4장의 화스너 접합부와 동일하게 수평각관에 대한 화스너의 접합위치와 가력 조건으로 설정하였다.

유격방지 브라켓을 적용한 하지재 접합부 거동 실험결과를 Fig. 7과 Table 8에 나타내었다.

HALL 계열 실험체는 화스너 접합부가 수평각관의 하부에 있어 접합부가 힌지에 가까운 반강접 거동을 하고 이에 수평 각관이 휨변형을 하였으며, 부재각 0.031~0.045에서 중앙부에 좌굴이 발생함으로써 최대내력에 도달하였다.

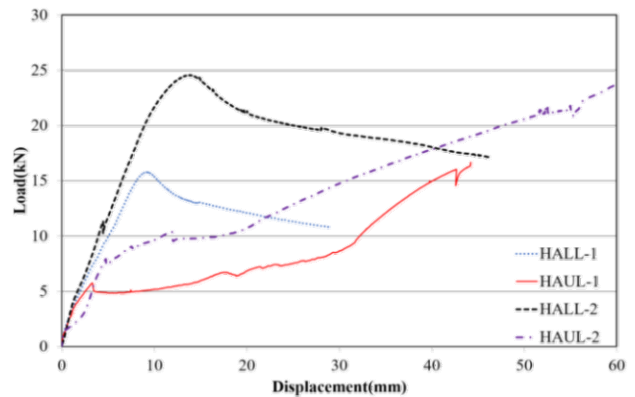


Fig. 7 Load - displacement curves

Table 8 Test results

Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Angle of member	Strength ratio
HALL-1	15.79	9.24	0.031	1.00
HAUL-1	16.97	45.22	0.151	1.07
HALL-2	24.55	13.56	0.045	1.55
HAUL-2	24.26*	63.49	0.212	1.54

* Due to the experimental conditions, it was difficult to increase the displacement any more, so that it proceeded to 63.44 mm. Therefore, the actual ultimate strength load is judged to be larger than 24.26 kN.

HAUL 계열 실험체는 화스너 접합부가 상부에 있어 하중 가력에 따라 화스너 휨 인장변형이 시작함에 따라 항복강도에 도달하고 단부의 변위 및 중앙부의 변위가 함께 증가하면서 지속적으로 내력이 증가하는 양상이 나타났다.

최대내력 시의 강성은 HALL 계열 실험체가 HAUL 계열 실험체에 비하여 크게 평가되었으며, 1점 가력에 비하여 2점 가력이 최대 휨강도에 도달하기 위한 실험하중이 크므로 최대 내력이 더 크게 나타났다. 화스너 접합부 실험체에 비하여 최대내력은 유사하게 나타났으나 최대 내력 시 부재각은 유격방지 브라켓을 이용한 화스너 접합부 실험체가 최대 41% 더 크게 나타났다.

6. 무용접 및 용접 하지 골조의 거동

무용접 하지 철물 골조 시스템은 완전 무용접 공법으로써 화재예방 가설재와 소화장비 및 인원이 불필요하며 용접으로 인한 사고의 확률을 줄일 수 있으며, 전문용접공이 불필요하고 볼트조립으로만 시공이 가능함으로써 인건비 절감과 공기 단축이 가능하다. 본 절에서는 하지철물이 설치된 구조물의 지진하중 및 풍하중 등의 횡력에 의한 변형이 발생할 경우, 하지철물이 이에 적합한 변형성능을 보유하고 있는지를 평가하기 위하여 2경간 1단, 2경간 2단 등의 하지 골조 실험을 실시하였다.

하지철물의 수직각관과 수평각관의 접합상세는 무용접 접합부 및 용접 접합부 등 두 가지로 계획하였다. 실험 변수로는 무용접 접합의 경우 홈볼트 접합과 유격방지판을 결합한 홈볼트 접합, 용접접합의 경우 각관 상단과 하단의 용접량에 따라 5가지 변수를 선정하여 Table 9, Table 10과 같이 실험체를 계획하여 하중 재하 실험을 Fig. 8과 같이 실시하였다. 1,000 mm의 각관(50 mm×50 mm : 수직재)과 900 mm의 각관(50 mm×50 mm : 수평재)을 사용하여 하지골조를 제작하였다. 수

Table 9 Specimen list(2×1)

No	Specimen	Specimen detail
1	BNUL-1	
2	BNUL-2	
3	BAUL-1	
4	BAUL-2	
5	SWU3L3-1	
6	SWU3L3-2	
7	SWU2L1-1	
8	SWU2L1-2	
9	SWU2L2-1	
10	SWU2L2-2	
11	FWUL50-1	
12	FWUL50-2	
13	FWU 50L3-1	
14	FWU 50L3-2	

B: Bolt N: Normal A: Anti slip bracket F: Fillet S: Spot W: Weld U: Upper L: Lower L: Long

직재 중앙부의 처짐을 분석하기 위하여 변위계(LVDT)를 2개 설치하였다. 수평재 중앙부 하단에 인장변형률을 측정하기 위한 게이지를 상현재와 하현재에 부착하여 실험을 실시하였다.

Table 10 Specimen list(2×2)

No	Specimen	Specimen detail
1	BNU22	
2	BAU22	
3	WUL22	

B: Bolt, N: Normal, A: Anti slip bracket, W: Weld, U: Upper, L: Lower



Fig. 8 Photos for experiment setup

6.1 2경간 1단 실험체: 무용접 실험체

2경간 1단의 무용접 하지철물 골조 실험체는 Table 11과 같이 최소 부재각 0.095 이후까지 포물선 거동을 하면서 지속적으로 하중이 증가하는 변형을 나타내었다. 실제로 보유한 내

Table 11 Test results(2×1_Non weld)

No	Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Angle of member
1	BAUL-1	1.98	105.91	0.111
2	BAUL-2	2.48	93.39	0.098
3	BNUL-1	2.88	90.00	0.095
4	BNUL-2	2.60	117.69	0.124

B: Bolt, N: Normal, A: Anti slip bracket, U: Upper, L: Lower

Table 12 Test results(2×1_Weld)

No	Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Angle of member	Strength ratio
1	SWU2L1	4.74	30.33	0.032	1.00
2	SWU2L2	4.84	20.11	0.021	1.02
3	SWU3L3	4.98	19.90	0.021	1.05
4	FWU50L3	4.29	99.54	0.105	0.91
5	FWUL50	9.27	120.00	0.126	1.96

B: Bolt, N: Normal, A: Anti slip bracket, F: Fillet, S: Spot, W: Weld U: Upper, L: Lower or Long

Table 13 Test results(2×2)

No	Specimen	P_{ue} (kN)	Displacement (mm)	Angle of member
1	BAU22	6.12	139.51	0.147
2	BNU22	4.38	86.10	0.091
3	WUL22	7.80	91.56	0.096

B: Bolt, N: Normal, A: Anti slip bracket, W: Weld, U: Upper, L: Lower

력은 더 클 것으로 예측되지만 실험에서 나타난 부재각만 하더라도 통상 지진하중저항시스템에서 내진등급에 따라 요구되는 허용 층간변위각 0.01~0.02 보다 매우 큰 부재각까지 변형한 것으로서 하지 철물 골조가 취성파괴 없이 저항할 수 있다는 것을 나타낸다.

실험체의 평균 강성은 유격방지 브라켓이 있는 화스너 접합부 실험체에 비하여 일반 화스너 접합부 실험체가 더 큰 것으로 나타났다.

용접 접합부 또한, 통상 지진하중저항시스템에서 내진등급에 따라 요구되는 허용 층간변위각 0.01~0.02 보다 약간 큰 부재각까지 변형하였다. 하지만 용접접합부의 강도에 대한 오차 등을 고려할 시 완전한 안전한 수준으로 보기는 어렵다. 따라서 용접 접합부의 경우 상하부 접합길이 전체를 용접하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

SWU 계열 실험체의 최대내력은 점용접 수가 많은 실험체 일수록 5% 범위내로 소폭 증가한 것으로 나타났다.

6.2 2경간 1단 실험체: 용접 실험체

Table 12에 나타난 바와 같이 상하부 각관면 전체길이에 용접을 한 FWUL50 실험체가 120 mm까지 측정된 내력이 9.27 kN으로 나타나 용접 하지 골조 실험체 중 가장 큰 최대내력을 보유하고 있는 것으로 평가되었다. 이에 반하여 점용접으로 제작된 SWU 계열 실험체 들은 부재각이 0.021~0.032에서 최대내력에 도달하였다.

6.3 2경간 2단 실험체

2경간 2단의 무용접 및 용접 하지철물 골조 실험체는 최소 부재각 0.091이후까지 포물선 거동을 하면서 지속적으로 하중이 증가하는 변형을 나타내었다.

지진하중저항시스템에서 내진등급에 따라 요구되는 허용 층간 변위각 0.01~0.02 보다 매우 큰 부재각까지 변형한 것으로서 실험체 모든 상세에 대하여 하지 철물 골조가 변형 성능이 우수함을 알 수 있다.

실험체의 강성은 상하부 전체 접합길이에 대한 용접접합된 WUL22 실험체가 가장 큰 것으로 나타났으며, 그 뒤로 유격방지 브라켓이 있는 무용접 BAU22 실험체, 일반 무용접 BNU22 실험체 순으로 강성이 크게 나타났다.

7. 결 론

본 연구에서 하지재 접합부의 종류에 따른 거동에 관한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 무용접접합 방식의 실험체는 실험체간 오차범위가 5% 이내로 적게 나타났으나, 용접접합 방식의 실험체는 용접의 불확실성으로 인한 실험체간 오차범위가 최대 72% 이상 크게 나타나 무용접접합이 용접접합에 비하여 인장 내력에 대한 신뢰성 높음을 알 수 있었다.
- 2) 유격방지 브라켓이 있는 실험체는 수평 각관이 설치되는 볼트접합부가 하부에 있도록 하는 L자 형태가 ㄱ자 형태에 비하여 휨전단성능이 우수함을 알 수 있었다.
- 3) 일반 화스너 접합부 실험체에 비하여 유격방지 브라켓을 이용한 화스너 접합부는 최대내력은 유사하였지만 최대 내력 시 부재각은 더 크게 나타났다.
- 4) 무용접 하지철물 골조 실험체는 최소 부재각 0.091이후까지 포물선 거동을 하면서 지속적으로 하중이 증가하는 변

형을 나타내어, 통상 지진하중저항시스템에서 내진등급에 따라 요구되는 허용 층간변위각 0.01~0.02 보다 매우 큰 부재각까지 변형한 것으로 나타나 충분한 변형성능을 확보하고 있음을 알 수 있었다.

- 5) 용접접합은 시공시 화재 위험성, 용접공 수준에 따른 품질 및 내구성 저하 문제 등이 크므로 이러한 문제를 예방하는 차원에서 횡력 변형성능이 크게 요구되는 구조물에는 가급적 무용접 접합방식을 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 (주)포스코건설과 (주)산돌기업의 지원으로 진행된 연구결과의 일환이며 이에 감사드립니다.

References

Architectural Institute of Korea (2009). Korean Building Code Structural (KBC2009).

Korean Fire Protection Association (2011). KFPAA Seervices : Korean Fire Protection Association (KFPAA).

Lee, D. W., Kawk, E. S., Shon, S. D., and Lee, S. J. (2016), A Study on Horizontal Displacement Following Ability of Welded and Non-welded Building Hardware, KASS, 16(3), 75- 83 (In Korean, with English abstract).

Lee, D. W., Kim, K. S., Kawk, E. S., Lee, S. J., and Shon, S. D. (2016), The Behavior of Cruciform bracket Building Hardware Improved Seismic Resistance, AIK, 36(2), 1353-1354(In Korean, with English abstract).

Lee, D. W., Kim, K. S., Kawk, E. S., Lee, S. J., and Shon, S. D. (2016), The evaluation of Building Hardware Following the Structure's Horizontal Displacement, AIK, 36(2), 649-650 (In Korean, with English abstract).

Lee, D. W., Lee, S.J., and Shon, S. D. (2017), Evaluation of the Seismic Behaviour of Non-welded Building Hardware Following the Structure's Horizontal Displacement, AIK, 33(9), 3-10 (In Korean, with English abstract).

Received : 12/21/2017

Revised : 12/21/2017

Accepted : 12/21/2017

요 지 : 리모델링 시장이 커짐에 따라 품질이 우수한 건축물의 내장재 및 외장재들이 개발되고 있다. 개발된 내장재 및 외장재를 건축물의 구조체에 시공하기 위해서 구조체에 하지 철물을 설치하여야 한다. 건축물의 내장재 및 외장재 설치, 데크, 무대 및 마루 등의 시공 시 지지해주는 하부 구조물을 하지철물이라 한다. 하지 철물은 수평재와 수직재를 현장에서 용접 접합을 하여 구조체에 설치하는 방법이 주로 사용되었다. 일반적인 용접접합 방식의 시공은 용접 불씨에 의한 화재 발생으로 인명 및 재산 손실 문제와 전문용접공 부족으로 인한 비전문 용접공 시공에 따른 내구성 저하 문제 등이 발생하고 있다. 하지철물의 시공방법도 안전사고 및 시공의 용이성을 위하여 용접 접합 방법에서 무용접 접합 방법으로 개선되어지고 있다. 이는 화재예방 가설재와 소화장비 및 인원이 불필요하고 볼트조립으로만 시공이 가능하여 인건비 절감과 공기단축이 가능하다. 이에 용접을 사용하지 않는 무용접 하지 트러스 공법을 이용하여 접합부 거동을 실험하여 검증하고자 한다. 또한, 무용접 접합 방법으로 시공 시 볼트 체결부분에서 틀어짐 현상이 발생하기도 하여 이를 보완하는 방법으로 각관, 유격방지 브라켓, 파스터, 홈볼트 체결을 통하여 일반 볼트접합인 각관, 화스너, 홈볼트 조립방법에서 좌우간의 틀어짐 현상을 방지하고 부재간의 미끄러짐 현상을 제어할 수 있도록 하는 시스템을 적용하여 접합부의 거동을 평가하고자 한다. 그 결과 무용접 접합방식의 하지철물 골조는 지진하중저항시스템에서 내진등급에 따라 요구되는 허용 층간변위각 0.01~0.02 보다 매우 큰 부재각까지 변형한 것으로 나타나 충분한 변형성능을 확보하고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 하지재, 접합부, 거동, 무용접 접합, 유격방지 브라켓
