

실물크기의 H형강 기둥-보 신형상 약축접합부에 대한 구조성능평가

심 현 주¹⁾ · 조 한 솔²⁾ · 김 대 회²⁾ · 김 상 섭^{3)*}

¹⁾ 박사, 중앙대학교, 건축학과 ²⁾ 석사과정, 한국기술교육대학교, 건축공학부 ³⁾ 교수, 한국기술교육대학교, 건축공학부

Performance Evaluation of Full-scale H-shape Beam-to-Column New-Shape Weak Axis Connection

Shim, Hyun Ju¹⁾ Cho, Han Sol²⁾ Kim, Dae Hoi²⁾ Kim, Sang Seup^{3)*}

¹⁾ Ph.D., Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University, Seoul, 158-756, Korea

²⁾ Master Course, School of Architecture Engineering, Korea University of Technology & Education, Cheonan, 330-708, Korea

³⁾ Professor, School of Architecture Engineering, Korea University of Technology & Education, Cheonan, 330-708, Korea

ABSTRACT : This paper reports a new beam-to-column connection that is suitable for use in the weak axis of a column. The proposed system mainly uses bolts, and it minimizes the use of welding, which is generally difficult to perform onsite. In this system, a H-shape steel beam is joined to a H-shape steel column by bolted splices at the top flange and without a scallop at the web. The structural performance of the proposed connection was verified through full-scale tests of nine specimens, taking into account the effects of the geometry and arrangement of the plate.

KEYWORDS : weak-axis-column-bending connections, advanced constructability, welding plate, connection type full-scale

1. 서 론

강구조는 공장에서 가공·제작된 부재를 공장 및 공사현장에서 접합하는 방식으로, 공사기간 단축, 공사비 절감 및 시공의 간편성 등 여러 가지 경제적 이득으로 국내에서도 중·저층 건축물에서 사용하려는 경향이 점차 증가하고 있다. 따라서 강구조 건축물의 보급을 위해서는 먼저 접합부 상세 개발이 대단히 중요하다^[1]. 현재 강구조물에서 H형강 기둥-보의 강축접합부에 대한 많은 연구가 이루어져 왔지만 약축접합부에 대한 디테일 개발 및 연구는 거의 없는 실정이다.

미국의 경우 Lehigh 대학교에서 약축방향 모멘트 접합부에

관한 실험이 일부 수행되었으며, 그 결과가 Rentschler(1980)에 의해 설계지침에 반영되었다^[2]. 또한 Janss(1987)에 의해 약축접합부에 대한 실험적 연구가 수행된 바 있다^[3]. Gilton와 Uang(2002)는 기존 강축방향 접합부로 제안된 RBS (Reduced Beam Section) 접합부를 약축방향으로 적용하여 반복실험을 수행하였다^[4]. 그러나 미국에서는 약축방향으로 모멘트골조를 사용하는 실례가 거의 없는 것으로 조사되었다.

일본에서는 용접량을 최소화하는 약축접합부의 형태를 개발하는 방향으로 연구가 진행되었다. Koetaka(2005)는 상하부 플랜지만을 볼트접합하고, 하부에는 Pi형 댐퍼를 계획하여 "Weld-free structure"라 명명한 개발접합부에 대한 내진성능을 규명하였다^[5]. Harada(2007)는 스플릿티 스티브를 사용하여 기둥 웹과 고력볼트접합한 약축접합부에 대하여 실험 및 해석적 연구를 수행하였다^[6].

국내에서는 강구조 건축물의 약축방향 접합부로 일반적으로 사용되는 브라켓 형식과 용접비보강 플랜지-볼트웹(Welded Unreinforced Flange-Bolted Web, WUF-B)형식에 대하

Note.-Discussion open until December 31, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on January 18, 2013; revised April 17, 2013; approved on June 10, 2013.
© KSSC 2013

* Corresponding author

Tel. +82-41-560-1330 Fax. +82-41-560-1224
E-mail: kimss@koreatech.ac.kr

여이강민(2008)과 안운재(2010)는 실물대 실험을 통해 내진성능을 검토하였다^{[7],[8]}.

브라켓 형식의 기존약축접합부는 Fig. 1과 같이 기둥과 보를 접합하는 과정에서 수평 스티프너가 필요하며, 기둥과 브라켓의 용접접합으로 인해 용접량이 비교적 많아 접합부에서 취성파괴가 우려된다. 또한 접합부 용접을 위해 스캐럽이 존재하는데, 스캐럽 부분에서 파괴가 발생하기도 한다. 그리고 접합상세가 복잡하여 힘의 흐름이 명확하지 않아 구조설계가 복잡하고 브라켓 제작과 설치, 보 이음부 추가, 용접량 과다로 인해 접합부 제작 및 설치에 있어 많은 비용이 소요된다. 이것은 바로 강구조물의 경쟁력을 저하시키는 요인이 된다^[9]. 이에 대하여 시공성이 우수하고, 힘의 흐름이 명확하며 접합상세가 단순한 약축접합부의 접합상세를 개발하려는 노력이 꾸준히 있어왔다. 이도형(2004) 및 김상섭(2004)는 수평스티프너를 사용한 약축접합부 상세를 개발하였으며, Kim(2008)

은 용접 스플릿 티 및 엔드플레이트를 사용한 약축접합부에 대하여 구조성능을 평가하였다^{[9],[10],[11]}. 김필중(2011)은 시공성 향상을 위한 제4세대 H형강 기둥-보 약축접합부를 개발하고 이에 대한 축소모델의 구조성능을 검토하였으며, 김상섭(2011)은 앞에서 개발된 접합부의 CO₂ 저감량을 통한 경제성 평가를 수행한 바 있다^{[9],[12]}.

본 연구는 개발된 신형상 약축접합부의 실제 건축현장 적용성을 검토하기 위하여 실물대 사이즈(Full-scale)로 실험체를 제작하여 구조성능을 평가하고자 한다.

2. 신형상 약축접합부

신형상 약축접합부는 Fig. 2와 같이 상부 및 하부의 용접플레이트는 H형강 기둥과 보를 연결하는 이음판 역할과 수평스티프너의 역할을 동시에 수행한다. 그리고 용접플레이트와

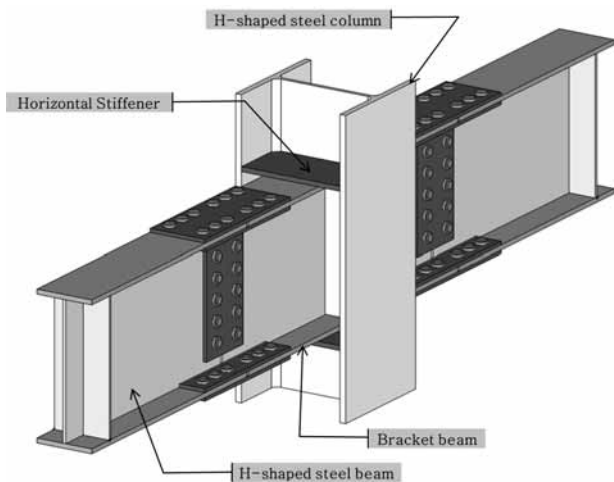


Fig. 1 Configuration of existing weak-axis connection

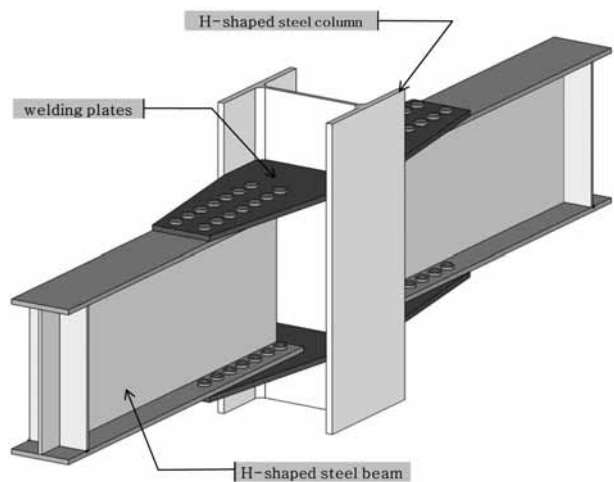
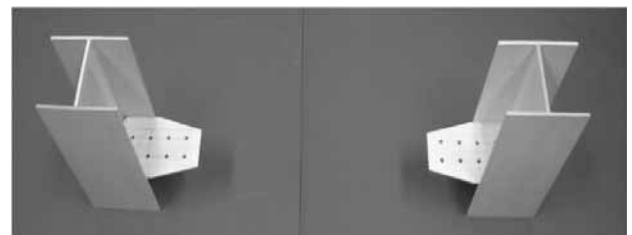


Fig. 2 Configuration of developed weak-axis connection



(a) Factory manufacturing and installation of bottom plates and H-shaped steel columns



(b) Installation of horizontal beams and joining of the bottom welding plates and the horizontal beams using high-strength bolts



(c) Joining of the horizontal beams and the top welding plates using high-strength bolts and welding of the joints between the H-shaped steel columns and the top welding plates

Fig. 3 Construction method and procedure for developed weak-axis connection

보 플랜지를 고력볼트 접합하고, 보 웹의 전단접합이 없다. 이것은 H형강 기둥과 보에 있어서 보 웹 전단접합은 휨 내력에 크게 영향을 미치지 않기 때문이다.

이와 같이 신형상 약축접합부는 보 이음을 위한 스캐럽이 존재하지 않으며, 접합부제작 및 시공성 측면에서 우수할 것으로 판단된다. 접합상세가 단순하여 접합개소가 적고, 용접량도 적어 용접플레이트와 수평보의 설치기간이 단축되므로 공사비절감의 효과가 기대된다. 또한 H형강 기둥웹과 보 단부 사이의 거리와 용접플레이트의 두께를 자유롭게 조정함으로써 약축접합부의 내력 및 강성을 조절할 수 있을 것으로 판단된다. 접합부에 작용하는 힘의 흐름이 명확하여 구조설계가 간편할 것으로 기대된다. Fig. 3은 개발된 신형상 약축접합부의 시공방법 및 시공순서를 나타내고 있다.

3. 실험계획

3.1 실험체 계획

본 연구에서는 실물크기의 H형강 기둥-보 신형상 약축접합부의 구조성능을 비교·평가하기 위해서 기존약축접합부(브라켓 형식)와 표준약축접합부 및 실험을 위한 기준 실험체 총 9개의 실험체를 계획·제작하였다. 개발된 신형상 약축접합부의 건설현장 적용성을 검토하기 위하여 실험체 부재 사이즈는 실제 강구조 건축물에 사용된 접합부 부재와 동일하게 제작하였으며, 각 실험체의 종류 및 제원은 Table 1에 정리하였으며, Fig. 4는 각 실험체별 상세를 나타내었다.

실험체의 기둥부재는 압연H형강 H-400×400×13×21(높이 1,000mm), 보부재는 압연H형강 H-500×200×10×16

(스팬 3,000mm)을 사용하였으며 기둥, 보 및 플레이트는 모두 SM490으로 제작하였다. H형강 기둥과 보 접합에 사용된 고력볼트는 웹에는 F10T(M22)고력볼트, 플랜지에는 F10T(M24)고력볼트를 사용하였다.

HB-F1은 본 실험의 기준 실험체로서 순수 H형강 보의 단순지지 형태로 기둥 플랜지 위치에 수직스티프너를 설치하여 2점 재하를 수행하였다.

BR-WK-F0은 현재 국내에서 가장 많이 사용하는 기준 약축접합부로서, 브라켓 형식의 접합상세를 갖는다. Fig. 4(b)와 같이 H형강 기둥의 약축방향에 설치된 수평스티프너에 공장에서 양면필릿용접으로 브라켓 보를 기둥에 접합하고 현장에서 고력볼트를 사용하여 보이음을 하는 형식의 실험체이다.

표준약축접합부는 한국강구조학회에서 제시한 건축강구조 표준접합상세지침^[13]에 근거하여 제작한 것으로, 총 3개의 HH-WK-F2, F4, F5 실험체를 제작하였다. HH-WK-F2는 H형강 기둥에 공장용접한 웹이음판과 보 웹을 고력볼트로 고정 후 플랜지를 현장용접하여 접합한 형식의 실험체이다. HH-WK-F4는 HH-WK-F2 실험체의 상세와 동일하되, 보 플랜지 양단의 응력집중을 감소시키기 위해 기둥플랜지 끝에 75mm 정도 Stick Out을 두었다. HH-WK-F5는 브라켓의 플랜지가 수평스티프너 역할을 하도록 하였고 브라켓의 플랜지를 기둥 끝에서 라운드하여 응력집중을 방지하였으며, H형강 기둥에 브라켓의 플랜지 및 웹을 양면필릿 공장용접으로 접합한 후, 현장에서 브라켓과 H형강 보를 이음판을 이용하여 고력볼트로 접합한 형식이다.

신형상 약축접합부는 새롭게 제안하는 형태로서, 구조성능과 시공성 개선을 위해 H형강 기둥웹과 보 단부사이의 간격이 50mm씩 차이가 나도록 WPL-WK-F1, F2, F3, F4

Table 1. Test specimens

Specimens		Beam connection			Test parameter			
		flange	web	note	no. of bolt (EA)	plate thickness (mm)	scallop	spacing of web (S)
HB Series	HB-F1	-	-	-	-	-	-	-
BR Series	BR-WK-F0	weld	weld	-	68	18	X	-
HH Series	HH-WK-F2	weld	bolt	Stick Out (0mm)	20	16	o	-
	HH-WK-F4	weld	bolt	Stick Out (75mm)	20	16	o	-
	HH-WK-F5	weld	bolt	-	68	16	X	-
WPL Series	WPL-WK-F1	bolt	-	-	56	18	X	50
	WPL-WK-F2	bolt	-	-	56	18	X	100
	WPL-WK-F3	bolt	-	-	56	18	X	150
	WPL-WK-F4	bolt	-	-	56	18	X	200

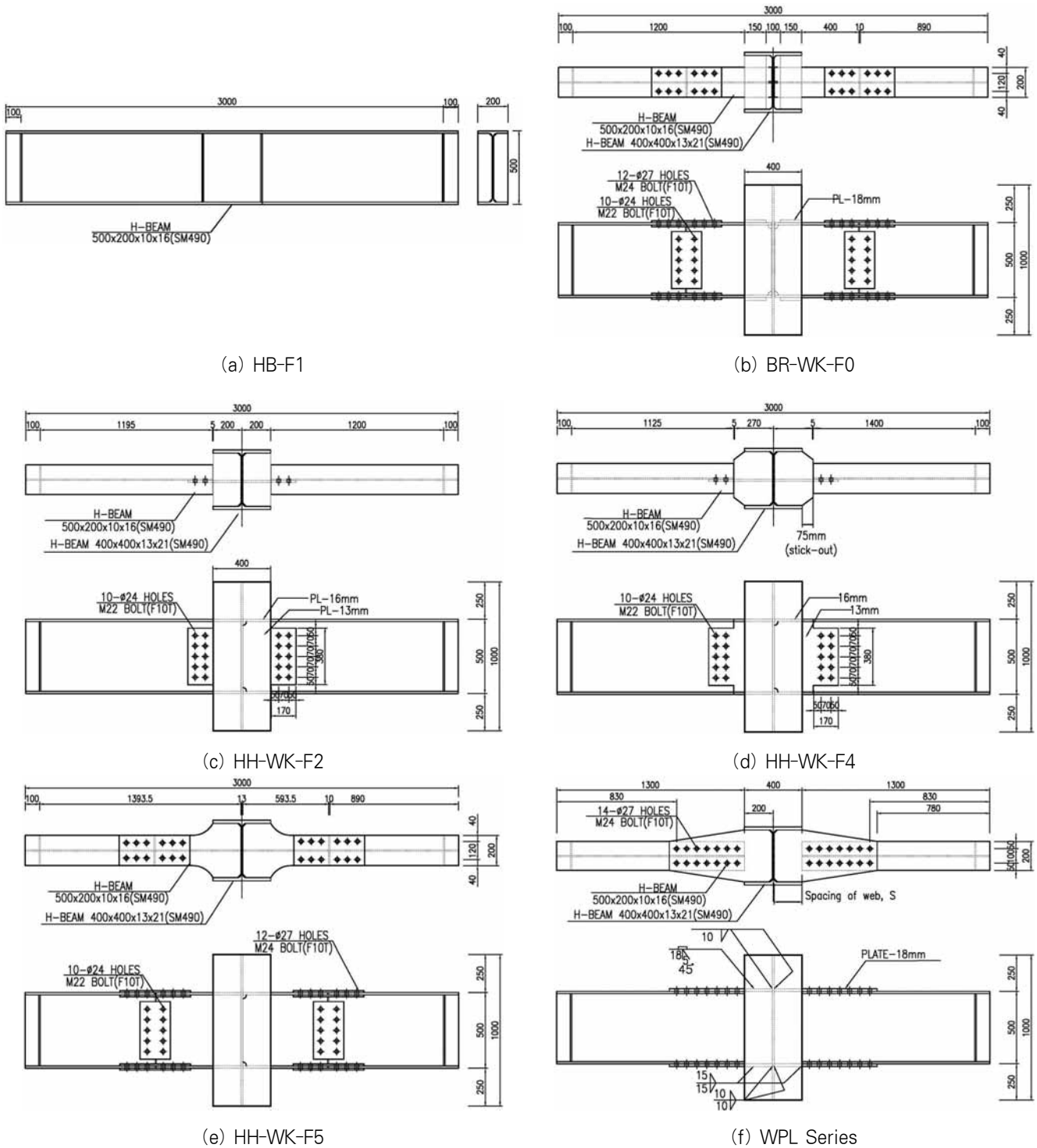


Fig. 4 Test specimens details

총 4개의 실험체를 제작하였다. WPL Series는 상부 및 하부에 용접플레이트를 사용해 기둥과 보 플랜지를 고력볼트로 접합하였다. 하부 용접플레이트는 공장에서 H형강 기둥의 웹 및 플랜지에 양면필릿용접으로 접합하였으며, 상부 용접플레이트는 현장에서 H형강 기둥에 1면 필릿용접과 플랜지에는 그루브용접으로 접합하였다.

3.2 실험방법

본 연구에서는 H형강 기둥-보 신형상 약축접합부의 구조 성능을 평가하기 위하여 Fig. 5와 같이 최대용량이 2,000kN인 만능시험기(U.T.M)로 단조가력하였다. 실제 구조물에서는 등분포하중이 작용하나, 실험에서는 양단에 휨모멘트가 0

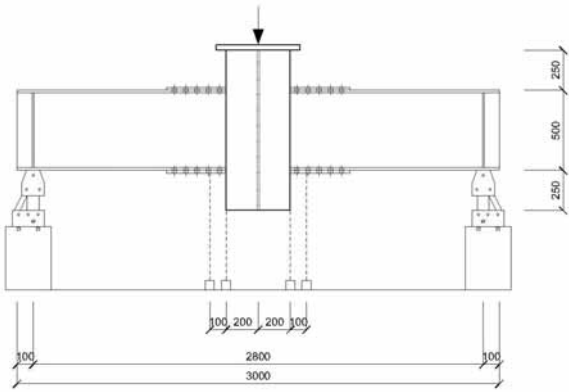


Fig. 5 Test Set-Up

이 되는 부분을 실험체의 지점으로 하여 부모멘트를 발생하기 위해 실험체의 상하를 반전시켜 가력하였다. 가력방법은 2mm/s의 변위제어방식으로 가력하였다. 실험은 U.T.M의 성능의 한계, 또는 실험체의 최대내력 도달 이후 하중이 감소한 경우 종료하는 것으로 하였다. 실험체의 지점간 거리는 2,800mm로 실험체 최대변위를 측정하기 위해 기둥과 보 밑에 각각 2개씩 총 4개의 변위계를 설치하였다.

3.3 사용된 재료의 역학적 특성

본 연구에 사용된 H형강의 기계적 성질을 파악하기 위해 사용한 H형강의 웨브 및 플랜지와 브라켓의 웨브 및 플랜지, 그리고 수평 스티프너와 용접플레이트 각각 3개의 인장시험

Table 2. Mechanical properties of steel

Specimen	t (mm)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	E (MPa)	Elongation (%)	
column	web	13	484	651	190,383	13.10
	flange	21	364	485	204,689	29.57
beam	web	10	507	559	205,173	23.13
	flange	16	374	511	194,572	28.39
bracket	web	10	511	558	205,172	20.95
	flange	16	376	512	194,807	27.33
horizontal plate	16	391	513	192,976	26.98	
	18	351	516	203,140	27.96	
Plate	18	353	515	205,349	28.95	

Table 3. Mechanical properties of high-strength bolts

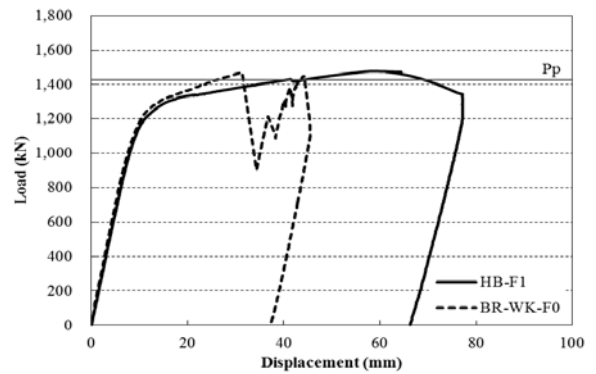
Specimen	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	Section reduction ratio (%)	Elongation Percentage (%)
M22	1,060	1,093	66.37	19.73
M24	1,058	1,109	65.98	19.43

편을 KS B 0801(1A호 시험편)에 따라 제작하여 인장시험을 실시하였다. 소재의 기계적 성질은 Table 2와 같이 나타내었고, Table 3은 고력볼트의 기계적 성질을 나타낸 것으로 본 연구의 실험결과를 분석함에 있어 다음의 소재시험결과를 사용하였다.

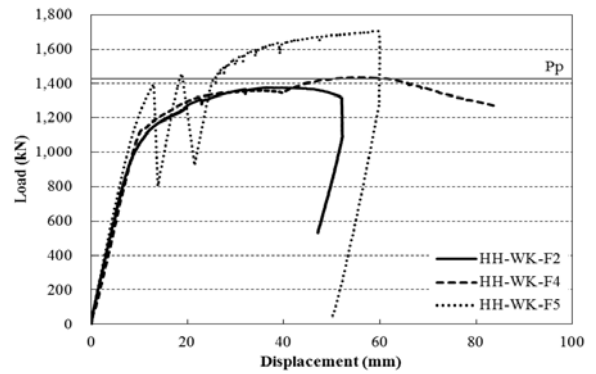
4. 실험결과 분석

4.1 실험체 파괴양상 구조거동

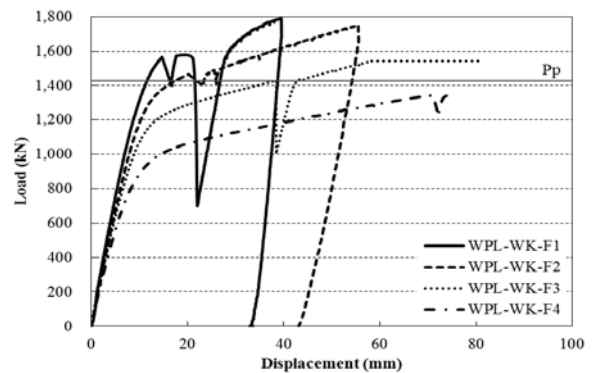
Fig. 6은 실험체별 하중-변위 관계를 나타내고 있으며,



(a) HB-F1 and BR-WK-F0



(b) HH-Series



(c) WPL-Series

Fig. 6 Load-displacement relationship

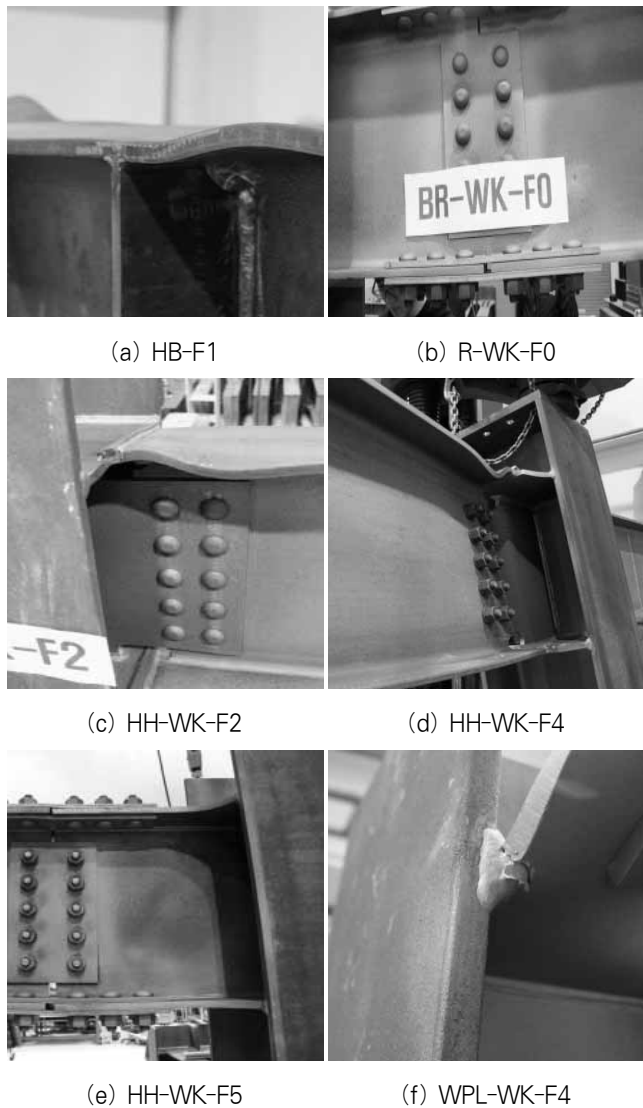


Fig. 7 Failure mode

Fig. 7은 실험체별 최종파괴형상을 보여주고 있다. Table 4는 실험결과를 요약한 것이다. 초기강성과 최대하중의 수평선이 만나는 점을 항복변위로 산정하고, 이 항복변위와 하중변위곡선이 만나는 점의 하중을 항복하중 P_y 로 정의하였다. 또한, 보의 소성하중 P_p 는 소성모멘트 M_p 를 하중으로 환산하여 나타낸 값이다.

HB-F1 실험체는 기둥 및 접합부가 없는 단순보 형태로서 기준이 되는 실험체이다. 소성모멘트 M_p 보다 3.5% 높은 휨내력을 발휘하였으며, 최대하중이후 하중점을 중심으로 휨에 의한 상부 플랜지의 압축좌굴이 일어나면서 내력이 감소하였다.

BR-WK-F0 실험체는 보의 소성모멘트 M_p 에 가까운 휨내력을 발휘하였으며, 보 이음부 고력볼트의 슬림현상으로 잠시 하중이 저하되는 현상이 나타났다. 이후 브라켓과 보 이음부 접합부 중간에서 커다란 파열음과 함께 휨파괴가 발생하였으며, 고력볼트의 전단파괴 등 위험한 상황을 고려하여 하중을 재하하였다.

HH-WK-F2와 HH-WK-F4의 실험체는 횡비틀림좌굴강도가 소성모멘트보다 크므로 횡비틀림좌굴이 크게 발생하지 않을 것이라는 전제하에 힌지가력지그를 사용하여 실험하였으며 그 결과, 소성모멘트 M_p 에 가까운 휨내력을 발휘한 후에 횡비틀림좌굴이 발생하여 실험을 중단하였다. HH-WK-F2 실험체는 휨내력이 소성모멘트 M_p 의 97%로 나타났으며, 기둥과 연결된 보 플랜지에서 국부좌굴이 발생하였다. HH-WK-F4 실험체는 기둥플랜지 끝에 75mm의 Stick Out으로 인해 HH-WK-F2의 실험체보다 높은 휨내력을 발휘하였으며, 기둥과 연결된 보 플랜지에서 국부좌굴이 발생하였다.

HH-WK-F5의 실험체는 휨내력이 소성모멘트 M_p 에 비해 19% 높게 나타났으며 힌지 가력지그를 보완한 고정 가력

Table 4. Test results

Specimens		Test Results				$\frac{M_{max}}{M_{y,cal}}$	$\frac{M_{max}}{M_{p,cal}}$	Failure Mode
		P_y [kN]	P_{max} [kN]	M_y [kNm]	M_{max} [kNm]			
HB Series	HB-F1	1,209	1,477	726	886	0.950	1.035	local buckling of top flange
BR Series	BR-WK-F0	1,206	1,471	724	882	0.948	1.030	load deterioration
HH Series	HH-WK-F2	1,106	1,377	663	826	0.868	0.965	local buckling of beam flange
	HH-WK-F4	1,159	1,436	695	861	0.910	1.005	local buckling of beam flange
	HH-WK-F5	1,371	1,699	823	1,019	1.078	1.190	flexural failure of bracket
WPL Series	WPL-WK-F1	1,466	1,791	880	1,074	1.151	1.254	-
	WPL-WK-F2	1,338	1,752	803	1,051	1.050	1.227	deformation of weld-plate and beam end
	WPL-WK-F3	1,164	1,542	698	925	0.914	1.080	deformation of weld-plate and beam end
	WPL-WK-F4	985	1,392	591	835	0.774	0.975	Fracture in HAZ

지그를 사용하여 횡비틀림좌굴은 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. BR-WK-F0 실험체와 같이 브라켓과 보 이음부에서 볼트의 슬립현상으로 인해 하중이 저하되는 현상이 나타났지만, 이후 플랜지와 웨브의 고력볼트접합부에서 마찰접합이 지압접합으로 변하면서 하중이 증가하는 현상이 나타났으며 HH시리즈 중에서 가장 큰 내력을 갖는 것으로 나타났다.

WPL-WK-F1 실험체는 H형강 기둥웨브 끝에서 보 단부 사이의 간격이 50mm로, H형강 기둥플랜지와 150mm가 겹쳐서 접합된 형태이다. 용접플레이트와 보 플랜지 사이의 고력볼트 접합에서 마찰접합이 지압접합으로 변하면서 하중이 약간 감소했다 올라가는 현상이 반복되면서 하중이 꾸준히 증가하였다. 이후 하중이 약 1,800kN에 도달했을 때, 안전을 고려해 실험을 중단하였고, 연성적인 휨 파괴양상을 보이며 WPL Series 중에서 휨내력이 가장 크게 나타났다.

WPL-WK-F2 실험체는 H형강 기둥 웨브 끝에서 보 단부 사이의 간격이 100mm로, H형강 기둥플랜지와 100mm가 겹쳐서 접합된 형태이다. WPL-WK-F1 실험체와 같이 하중이 약 1,800kN에 도달했을 때, 안전을 고려해 실험을 중단하였으며, 파괴양상은 WPL-WK-F1 실험체와 거의 비슷하며, 용접플레이트에 약간 휨 변형이 일어났다.

WPL-WK-F3 실험체는 H형강 기둥 웨브 끝에서 보 단부 사이의 간격이 150mm로, H형강 기둥플랜지와 50mm가 겹쳐서 접합된 형태이다. WPL-WK-F1과 WPL-WK-F2의 실험체에 비해 최대하중 및 항복하중은 작게 나타났으며, 연성적인 거동을 하는 것으로 나타났다. 또한, 용접플레이트의 휨 변형이 나타났다.

WPL-WK-F4 실험체는 H형강 기둥 웨브 끝에서 보 단부 사이의 간격이 200mm로, H형강 기둥플랜지와 겹친 길이가 없는 형태이다. WPL Series 중에서 용접플레이트의 휨 변형이 가장 많이 일어났으며, 보 단부의 전단력이 용접플레이트 가장자리에 작용함에 따라 용접플레이트 및 기둥플랜지의 필릿용접부의 열영향부에서 균열이 발생하였다. 최대내력은 WPL-WK-F3의 실험체보다 낮지만 기둥플랜지와 용접한 용접플레이트의 모재가 연성적인 파괴현상을 보이며 최대변위가 가장 크게 나타났다.

4.2 휨내력 평가

개발된 신형상 약축접합부는 WPL-WK-F1, F2, F3, F4 실험체 번호가 증가할수록 H형강 기둥웨브와 보 단부사이의 거리가 50mm씩 늘어난다. H형강 기둥웨브와 보 단부 사이의 거리가 증가할수록 최대하중은 감소하고 최대하중 시 변위는 증가하는 것으로 나타났으며, WPL-WK-F3 실험체가 기존 실험체 및 기존 약축접합부와 거의 유사한 구조성능을

발휘하는 것으로 나타났다.

따라서 웨브의 전단접합이 없어도 보 단부에 작용하는 휨 모멘트 및 전단력이 H형강 기둥 웨브와 플랜지에 접합된 용접플레이트의 3면을 통해 원활히 분산되므로 접합부의 구조 성능을 발휘하는데 문제가 없는 것으로 판단된다.

신형상 약축접합부는 H형강 기둥웨브와 보 단부 사이의 거리를 조정함에 따라 최대내력을 자유롭게 조절할 수 있으며, 웨브의 전단접합이 없어 상부플레이트의 2면 필릿용접이 가능할 것으로 판단된다.

4.3 접합부 강성 평가

신형상 약축접합부의 역학적 거동을 평가하기 위하여 Table 5에 각 실험체 별 접합부에서의 모멘트, 총회전각 및 회전강성을 나타내었으며, Fig. 8에서 각 실험체별 모멘트-총회전각 관계를 나타내었다. 각 실험체 별 모멘트-총회전각 곡선을 토대로 AISC에서는 완전강접합, 부분강접합과 단순 접합으로 분류하고 있다^[14].

$$\text{Zone 1(FR)} : K_s L_b / EI_b \geq 20 \tag{1}$$

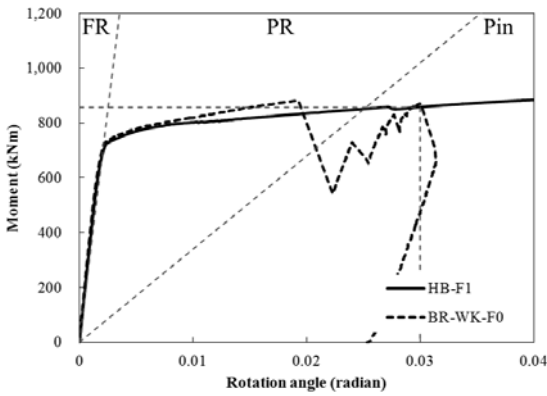
$$\text{Zone 3(Pin)} : K_s L_b / EI_b \leq 2 \tag{2}$$

HB-F1 실험체의 경우 식 (1)에 의해 산정된 K_s 에 비하여 10% 감소된 값을 나타내지만, 실제 $0.9M_p$ 에 해당하는 기울기와 유사하므로 실질적으로는 강접합이라 할 수 있다.

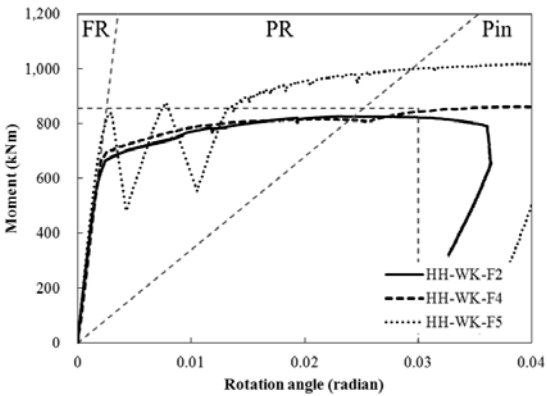
브라켓 형식의 BR-WK-F0 실험체의 경우 강성은 AISC와 거의 유사하게 나타났으며, 표준약축접합부의 HH-WK-F2, F4와 F5 실험체의 경우 19%, 18%, 6% 저하된 값을 나타

Table 5. Comparison of connection stiffness

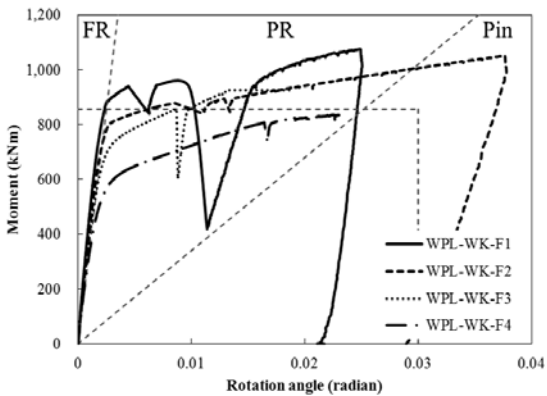
Specimens	Test Results					Code
	M_y [kNm]	θ_y [radian]	M_{max} [kNm]	θ_{max} [radian]	K_s [kNm]	$\frac{K_{s,exp}}{K_{s1}}$
HB-F1	726	0.00237	886	0.04121	305,826	0.900
BR-WK-F0	724	0.00216	882	0.01927	335,042	0.986
HH-WK-F2	663	0.00240	826	0.02305	276,269	0.813
HH-WK-F4	695	0.00251	861	0.03866	277,589	0.817
HH-WK-F5	823	0.00258	1,019	0.04019	319,387	0.940
WPL-WK-F1	880	0.00249	1,074	0.02492	352,751	1.038
WPL-WK-F2	803	0.00275	1,051	0.03765	291,596	0.858
WPL-WK-F3	698	0.00256	925	0.01877	272,547	0.802
WPL-WK-F4	591	0.00294	835	0.02256	201,010	0.592



(a) HB-F1 and BR-WK-F0



(b) HH-Series



(c) WPL-Series

Fig. 8 Comparison of moment-rotation angle relationship for AISC connection type

내고 있다. 개발된 신형상 약축접합부의 WPL-WK-F1은 가장 높은 강성을 나타내고 있으며, H형강 기둥웹브와 보 단부 사이의 간격이 증가할수록 강성은 14%, 21%, 40% 감소하는 것으로 나타났다.

Fig. 8에서 AISC 접합부 분류에 의하면 대부분의 실험체가 강접합 영역에 근접함을 알 수 있으며, 내력에서는 M_p 를 초과하였다.

5. 결 론

본 연구는 기존 약축접합부와 표준 약축접합부와 비교하여 시공성을 향상시킨 신형상 약축접합부의 구조성능을 검토하는데 목적을 두었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 신형상 약축접합부는 전단접합에 필요한 수직스티프너가 필요없으며, H형강 기둥에 접합된 용접플레이트의 3면을 통해 플랜지 및 웹브에 효과적으로 응력이 분산되어 최대 내력 증가하며, 기존약축접합부 및 표준약축접합부에 비해 우수한 구조성능을 가지는 것으로 판단된다.
- (2) 신형상 약축접합부는 H형강 기둥웹브와 보 단부 사이의 거리가 150mm일 때, 기준 실험값과 가장 비슷한 것으로 나타났으며, 전단접합의 부재로 인한 구조성능의 저하는 없는 것으로 나타났다.
- (3) 신형상 약축접합부는 H형강 기둥웹브와 보 단부사이의 거리에 따라 최대내력을 조절할 수 있으며, 용접량이 적고 스켈럽이 없기 때문에 연성적인 파괴양상으로 나타났다.
- (4) 신형상 약축접합부는 용접플레이트 두께에 따라 최대내력을 조절할 수 있으며, 기존약축접합부에 비해 시공성이 우수한 것으로 판단된다.
- (5) 신형상 약축접합부는 접합부 강성이 H형강 기둥웹브와 보 단부사이의 간격에 영향을 받으며, 간격이 증가할수록 강성저하가 발생하므로 150mm를 초과하지 않도록 유의해야 한다.

감사의 글

이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.2011-0009860).

참고 문헌(References)

- [1] 이도형, 함정태, 김성배, 김영호, 김상섭(2004) 수평스티프너를 이용한 철골 기둥-보 약축접합부 상세 개발에 관한 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제16권, 제5호, pp.641-652.
- Lee, D.H., Ham, J.T., Kim, S.B., Kim, Y.H., and Kim, S.S. (2004) Development of Beam-to-Column Connection Details with Horizontal Stiffeners in Weak Axis of H-shape Column, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 16, No. 5, pp.641-652 (in Korean).

- [2] Rentschler, G.P., Driscoll, G.C., and Chen, W. F. (1980) Tests of Beam-to-Column Web Moment Connections, *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 106, No. 5, pp.1005-1022.
- [3] Janss, J., Jaspart, J.P., and Maquoi, R. (1987) Strength and behavior of in-plane weak axis joints and of three-dimensional joints, Proc. of State-of-the-Art Workshop on Connections and the Behaviour, *Strength and Design of Steel Structures*, Cachan, pp.60-68.
- [4] Gilton, C.S. and Uang, C.M. (2002) Cyclic Response and Design Recommendations of Weak-Axis Reduced Beam Section Moment Connections, *Journal of structural engineering*, ASCE, Vol. 128, No. 4, pp.452-463.
- [5] Koetaka, Y., Chusilp, P., and Zhang, Z. (2005) Mechanical property of beam-to-column moment connection with hysteretic dampers for column weak axis, *Engineering structures*, ELSEVIER, Vol. 27, No. 1, pp.109-117.
- [6] Harada, Y., Ebato, K., and Morita, K. (2007) Structural performance of web plate of h-section member-to-split-tee tensile connection with high-strength bolts, *Journal of structural and construction engineering*, ASCE, No. 614, pp.123-130.
- [7] 이강민, 정희택, 윤석용, 이은모, 오경환(2008) 브라켓 및 WUF-B 형식 철골모멘트골조 약축접합부 내진성능평가, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제20권, 제4호, pp.483-491.
Lee, K.M., Jeong, H.T., Yoon, S.R. Lee, E.M. and Oh, K.H. (2008) Cyclic Testing of Bracket and WUF-B Type Weak-Axis Steel Moment Connections, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 20, No. 4, pp.483-491 (in Korean).
- [8] 안윤재, 문중호, 김종락(2010) 강구조 SS400 압연H형강 기둥-보 약축접합부 내진성능 평가, 2010년도 학술대회 발표집, *한국강구조학회*, pp.325-326.
An, Y.J., Moon, J.H., and Kim, J.R. (2008) Seismic Evaluation of Weak-axis Beam-Column connection of Rolled H-shape in Steel structure, *Proceedings of Annual Conference Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.325-326 (in Korean).
- [9] 김필중, 부윤섭, 양재근, 이은택, 김상섭(2011) 시공성 향상을 위한 제4세대 H형강 기둥-보 약축접합부의 개발 및 성능평가, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제23권, 제3호, pp.295-304.
Kim, P.J., Boo, Y.S., Yang, J.G., Lee, E.T., and Kim, S.S. (2011) Development and Performance Evaluation of the Fourth Generation H-section Beam-to-Column Weak Axis Connection for Improving Workability, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 23, No. 3, pp.295-304 (in Korean).
- [10] 김상섭, 이도형, 함정태, 김규석(2004) H형강 기둥의 약축에 대한 기둥-보 접합상세 개발 및 내력평가, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제16권, 제1호, pp.169-180.
Kim, S.S., Lee, D.H., Ham, J.T., and Kim, G.S. (2004) Development and Strength Evaluation of Beam-to-Column Connection Details in Weak Axis of H-shape Column, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 16, No. 1, pp.169-180 (in Korean).
- [11] Kim, S.D., Kim, S.S., and Ju, Y.K. (2008) Strength evaluation of beam-column connection in the weak axis of H-shaped column, *Engineering structures*, ELSEVIER, Vol. 30 No. 6, pp.1699-1710.
- [12] 김상섭, 부윤섭(2011) 초간편 H형강 기둥-보 약축접합부의 구조성능 및 CO₂ 저감량 평가, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제23권, 제5호, pp.615-627.
Kim, S.S. and Boo, Y.S. (2011) Structural Performance and CO₂ Reduction Evaluation of the Ultra simple Wide-shaped section Beam-to-Column Weak Axis Connection, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 23, No. 5, pp.615-627 (in Korean).
- [13] 한국강구조학회(2010) 건축강구조 표준접합상세지침, 구미서관.
Korea Society of Steel Construction (2010) *The Standard Connections Guide for the Steel Building Structures*, Goomibook (in Korean).
- [14] Salmon, C.G., Johnson, J.E., and Malhas, F.A (2009) *Steel Structures - Design and Behavior*, Pearson Education Inc., Fifth Edition, USA.

요 약: 현재 가장 많이 사용되는 기존 약축접합부는 브라켓 타입으로 기둥과 보를 접합하는 과정에서 수평 스티프너가 필요하며, 기둥과 브라켓의 용접접합으로 인해 용접량이 비교적 많아 접합부에서 취성파괴가 우려된다. 본 논문은 용접플레이트를 사용함으로써 기존 약축접합부가 가지는 문제점에 대한 해결책을 제시할 수 있는 신형상 약축접합부를 제작해 기존 약축접합부 및 표준 약축접합부와 비교하여 구조성능을 평가하였다. 신형상 약축접합부는 H형강 기둥웹에서 보 단부사이의 거리를 50mm, 100mm, 150mm, 200mm로 하였다. 실험결과 신형상 약축접합부는 H형강 기둥웹과 보 단부사이의 거리가 150mm일 때 기준 실험값과 가장 비슷한 것으로 나타났으며, 기존 약축접합부와 표준 약축접합부와 비교해 우수한 구조성능을 가지는 것으로 나타났다.

핵심 용어: 약축접합부, 시공성 향상, 용접플레이트, 접합부 분류, 실물대
