

편심하중을 받는 건축구조용 고강도 강재(HSA800) 단주의 거동에 관한 실험적 연구

이강민¹ · 이명재² · 오영석³ · 오근영⁴ · 홍성빈^{4*}

¹부교수, 충남대학교, 건축공학과 ²교수, 중앙대학교, 건축공학과 ³교수, 대전대학교, 건축공학과 ⁴석사과정, 충남대학교, 건축공학과

An Experimental Study on the Structural Behavior of Stub Columns with HSA800 High-strength Steels under Eccentric Loads

Lee, Kangmin¹, Lee, Myung Jae², Oh, Young Suk³, Oh, Keunyeong⁴, Hong, Sungbin^{4*}

¹Associate Professor, Department of Architectural Engineering, ChungNam National University, Daejeon, 305-764, Korea

²Professor, Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University, Seoul, 156-756, Korea

³Professor, Department of Architectural Engineering, Daejeon University, Daejeon, 300-716, Korea

⁴Master's Course, Department of Architectural Engineering, ChungNam National University, Daejeon, 305-764, Korea

Abstract - Recently, high performance steels have been utilized to structural materials in buildings and bridges with the demand for high-rise and long-span of main structures. In this paper, flexure-compression members with the high-strength steel were experimentally evaluated to satisfy the design criteria when stub columns fabricated with HSA800 steel were eccentrically loaded. This test was conducted on box-shaped and H-shaped steels stub columns with high-strength steel to verify the P-M interaction of members subjected to combined forces according to axial load ratios. The results showed that all specimens were satisfied the requirements of Korean Building Code(KBC2009) for using of structural members.

Keywords - High-strength steel(HSA800), Stub column, Eccentric loads, Width-to-thickness ratio, Axial load ratio

1. 서론

건축물의 초고층화 및 대형화에 따라 부재에 높은 축력과 휨모멘트가 작용하고 지진 피해에 대한 인식이 확산되면서 높은 안전성과 내구성이 요구되고 있다. 고층건축물의 저층부 기둥은 연직하중에 의한 높은 축력과 지진 및 바람 등의 수평하중에 의한 조합력을 부담하기 때문에 단면적의 증가로 후판 강재를 용접하여 조립하고 있는 실정이다. 따라서 강도와 용접성이 뛰어나고 판 두께에 따라서는도 우수한 성능

을 갖는 고성능강 개발이 필요함에 따라 국내에서는 2009년 국토해양부가 주축이 되어 건설교통평가원 주관으로 첨단도시개발 사업의 초고층 복합빌딩 분야에서 '저탄소 고성능 재료기술 개발' 과제의 일환으로 RIST 강구조 연구소와 포스코의 공동연구로 고강도 강재의 개발이 시작된 후 2011년 HSA800 (건축구조용 고성능 압연강재, KS D 5994) 강종이 개발되어 한국산업표준(KS)에 제정되었다^{[1],[2],[3]}.

이처럼 국내에서 고강도 강재의 공급적인 문제는 해결이 되었지만 실제 초고층건물에서 고강도 강재는 극히 제한적으로 사용되고 있다. 고강도 강재에 대한 이해 및 적용 사례 부족, 고강도 강재의 경제성에 대한 불확실성 등이 초고층 건물 설계에서 고강도 강재의 적용을 주저하게 하는 요인이 되고 있다. 특히 인장강도 800MPa급 HSA800와 같은 고강도강은 일반구조용강과는 제조방법 및 화학성분이 다르며, 항복점이 나타나지 않고 무항복점 현상이 발생한다. 또한 고강도 강재는 일반강재와는 달리 낮은 변형경화현상을 보이

Note.-Discussion open until February 28, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on May 20, 2014; revised June 17, 2014; approved on June 25, 2014.

Copyright © 2014 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-42-821-7739 Fax. +82-42-823-9467

E-mail. lmsh3335@nate.com

고 있어 연성능력을 발휘하기에 부족하다. 이에 따라 현재 HSA800 강재를 건축물에 적용을 하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 구조설계 기준이 마련되어 있지 않은 실정이다.

이철호 등(2012)에 의해 HSA800 고강도강재의 단주 압축실험과 편심압축실험을 통해 얻어진 내력을 현행 강구조 설계기준(KBC2009, AISC2010)의 설계강도와 비교를 하였고, 잔류응력이 항복강도에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과, 일부 실험체는 가력장치의 최대가력용량을 초과하여 종국상태(국부좌굴)에 도달되지 못하는 경우가 발생했지만, 모든 실험체는 현행설계기준의 요구강도를 만족하는 것으로 나타났으며, 잔류응력의 크기는 강재의 항복강도와 무관하다는 선행 연구결과와 합치하는 잔류응력측정값을 얻었다^[4]. 김태수 등(2012)은 중심압축력을 받는 HSA800 고강도강재 용접 H형 단주의 판폭두께비에 따른 국부좌굴 내력을 평가하기 위하여 용접 H형 단주 단면의 폭과 길이를 변화시켜 실험적·해석적 연구를 수행한 결과, 용접 H형 단주의 단면크기가 증가함에 따라 최대 압축하중이 증가하였다. 반면에 판폭두께비가 증가함에 따라 국부좌굴에 의해 급격한 내력 저하가 관찰되었다^[5].

이상의 선행 연구들에서는 주로 중심압축력을 받는 HSA800 고강도강재 단주의 거동에 대해서만 평가를 하였고, 편심압축력을 받는 실험연구에서도 표본이 적어 적용성 평가에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 고성능강 HSA800의 건축구조용 부재로의 적용을 위하여 단주편심압축 실험을 실시하고, 편심하중에 의한 내력과 좌굴거동을 조사하여 건축구조용 부재로서의 요구 성능의 만족여부를 확인하고, 고강도강 HSA800 강재를 폭 넓게 적용하기 위한 기초 자료 제공을 연구 목적으로 한다.

2. 실험 계획

휨과 압축을 동시에 받는 고강도강 단주의 국부좌굴 강도 평가와 축력과 휨모멘트의 상호작용관계(P-M상관도)를 알아보고, 현행설계기준식의 적용여부를 평가하기 위해 고강도강 HSA800 강종으로 용접 제작된 각형강관과 H형강 단주의 편심압축실험을 실시하였다. 먼저 각형강관 부재를 구성하는 네 개의 모든 플레이트는 구속판 요소로 분류되며, H형 부재를 구성하는 세 개의 플레이트는 웨브는 구속판 요소, 플랜지는 비구속판 요소로 분류된다. 모든 실험체는 편

심압축을 받기 때문에 균일 압축을 받을 때의 판폭두께비 제한과 휨을 받을 때의 판폭두께비 제한을 모두 고려하였다. 현행 기준(KBC, 2009, AISC, 2010)에 의하면 균일 압축을 받는 용접 각형강관과 용접 H형강의 경우, 비구속판요소와 구속판요소의 판폭두께비 제한값(λ_r)은 식 (1)~식 (3)을 기준으로 비콤팩트(비조밀) 요소와 세장판 요소로 구분된다. 강축휨을 받는 용접 각형강관과 용접 H형강의 경우, 비구속판 요소와 구속판 요소의 판폭두께비 제한값(λ_r, λ_p)은 식 (4)~식 (7)을 기준으로 콤팩트(조밀)요소, 비콤팩트(비조밀)요소 그리고 세장판 요소로 구분된다.

휨 또는 균일압축을 받는 양쪽이 지지된 용접 각형강관의 플랜지 구속판 요소의 한계 판폭두께비 :

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{E/F_y} \quad (1)$$

균일압축을 받는 용접 H형 단면 플랜지 비구속판 요소의 한계 판폭두께비 :

$$\lambda_r = 0.64 \sqrt{k_c E/F_y} \quad (2)$$

균일압축을 받는 용접 H형단면 웨브 구속판 요소의 한계 판폭두께비 :

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{E/F_y} \quad (3)$$

웨브가 콤팩트요소 또는 비콤팩트 요소이고 $S_{xt}/S_{xc} \geq 0.7$ 인 강축휨을 받는 용접 H형 단면 플랜지 비구속판 요소의 한계 판폭두께비 :

$$\lambda_r = 0.95 \sqrt{k_c E/F_L} \quad (4)$$

여기서, 용접 H형강이 강축휨을 받는 경우에 k_c 와 F_L 은 다음과 같이 산정된다.

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}, \quad 0.35 \leq k_c \leq 0.76 \quad (5)$$

$$F_L = 0.7F_y \quad (6)$$

여기서, F_y : 강재의 항복강도, MPa
 S_{xc} : 압축플랜지의 탄성단면계수, mm³
 S_{xt} : 인장플랜지의 탄성단면계수, mm³

구속판 요소, 힘을 받는 용접 H형 단면 웨브 구속판 요소의 한계 판폭두께비 :

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{E/F_y} \quad (7)$$

본 연구에서는 용접 각형강관 단면의 판폭두께비($b/t=8,18$) 과 용접 H형단면 플랜지의 판폭두께비($b/t_f=4, 6, 8$)와 웨브의 판폭두께비($h/t_w=15, 20, 25$)를 조합하여 실험체를 설계하였다. 현행 기준의 식 (1)~식 (7)과 HSA800의 공칭항복강도 690MPa, 탄성계수 205GPa를 근거로 하여, 용접각형강관 실험체는 모두 압축력과 휨에 대해 콤팩트(조밀)단면이고, H형강의 모든 실험체는 압축력에 대해 플랜지와 웨브 모두 비콤팩트(비조밀) 단면이고, 휨모멘트에 대하여 플랜지는 비콤팩트, 웨브는 콤팩트 단면을 갖는 것으로 나타났다. 이를 감안하여 P-M 조합응력의 여러 조건에 대해 성능을 평가하기 위해 조합력을 받는 2축 대칭단면 단주의 휨과 압축력의 상관관계식인 식 (8)과 식 (9)를 통하여 축력비가 0.3, 0.5, 0.8이 되도록 편심거리 e 를 각각 산정하였다.

$$\frac{P_u}{P_n} \geq 0.2 \text{인 경우}$$

$$\frac{P_u}{P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{M_n} \right) \leq 1.0 \quad (8)$$

$$\frac{P_u}{P_n} < 0.2 \text{인 경우}$$

$$\frac{P_u}{2P_n} + \frac{M_u}{M_n} \leq 1.0 \quad (9)$$

여기서, P_u : 소요압축강도, N
 P_n : 공칭압축강도, N
 M_u : 소요휨강도, N·mm
 M_n : 공칭휨강도, N·mm

식 (8)과 식 (9)에서 M_u 은 식 (10)과 같이 산정한다.

$$M_u = P_u \cdot e \quad (10)$$

여기서, e : 편심거리, mm

따라서, 편심거리 e 는 식 (8)과 식 (9)를 편심거리 e 에 대해 정리하여 식 (11)과 같이 산정한다.

Table 1. Properties of HSA800 specimens

Specimen	Section geometry (H*B*t _f *f _w mm)	Length (mm)	Axial Force ratio	e (mm)
SCB-HSA800-8-E0.3	□-90x90x9	500	0.3	70
SCB-HSA800-8-E0.5	□-90x90x9	500	0.5	30
SCB-HSA800-8-E0.8	□-90x90x9	500	0.8	5
SCB-HSA800-18-E0.3	□-180x180x9	600	0.3	150
SCB-HSA800-18-E0.5	□-180x180x9	600	0.5	65
SCB-HSA800-18-E0.8	□-180x180x9	600	0.8	15
SCH-HSA800-4-15-E0.3	H-159x96x9x12	500	0.3	140
SCH-HSA800-4-15-E0.5	H-159x96x9x12	500	0.5	60
SCH-HSA800-4-15-E0.8	H-159x96x9x12	500	0.8	15
SCH-HSA800-6-20-E0.3	H-204x144x9x12	650	0.3	190
SCH-HSA800-6-20-E0.5	H-204x144x9x12	650	0.5	80
SCH-HSA800-6-20-E0.8	H-204x144x9x12	650	0.8	20
SCH-HSA800-8-25-E0.3	H-249x192x9x12	750	0.3	235
SCH-HSA800-8-25-E0.5	H-249x192x9x12	750	0.5	100
SCH-HSA800-8-25-E0.8	H-249x192x9x12	750	0.8	25

$$e = \frac{8}{9} \left(1 - \frac{P_u}{P_n} \right) \left(\frac{M_n}{P_u} \right) \quad (11)$$

실험체의 길이(L)은 비탄성좌굴을 유도하기 위한 단주실험체 제작을 위해 단면 최대폭(B) 또는 높이(H)의 3.01~3.19배로 계획하였다. 단, 실험체의 길이를 500mm 이하로 할 시 압축부에서 지그의 볼트가 맞닿을 우려가 있어 SCB-HSA800-8 실험체는 한계세장비를 고려하여 최소 실험체 길이인 500mm로 설계하였다. 용접 각형강관단면 단주의 단면형상 및 용접 H형단면 단주의 단면형상과 실험체 설치

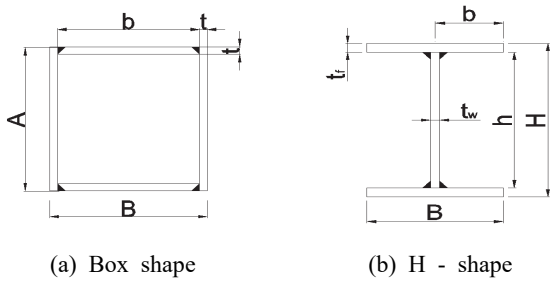
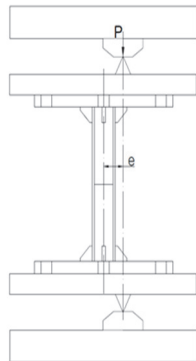
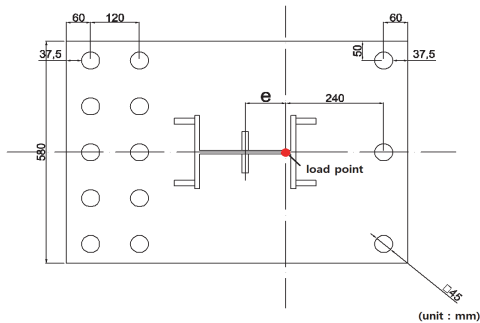


Fig. 1. Section shape



(a) Specimen's Set-up



(b) Specimen's plan

Fig. 2. Testing Set-up

상황은 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타냈고, Table 1은 실험체 제원을 정리한 것이다.

3. 실험결과

3.1 소재인장실험 결과

고강도 압연강재 HSA800의 재료 물성치를 파악하여 단주편심압축실험 결과를 평가하기 위해 본 실험에 앞서 소재인장실험을 수행하였다. HSA800 강재의 대표적인 기계적 성질을 Table 2에 나타냈다.

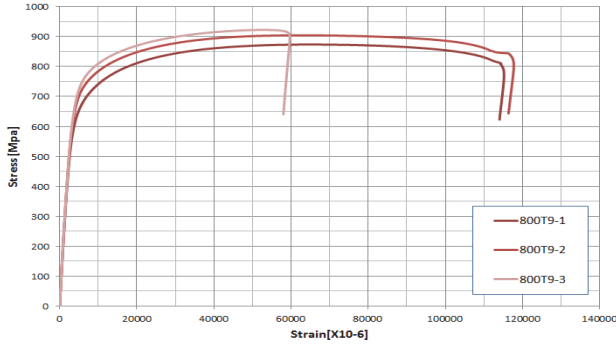
용접 각형강관의 실험체 제작에 사용된 강판두께는 9mm이며, 용접 H형강의 실험체 제작에 사용된 강판두께는 플랜지의 경우 12mm, 웨브의 경우 9mm이다. 따라서 실험체 제작에 사용한 강재와 동일한 모재에서 시편을 절취하여 금속재료 인장 시험편 규정(KS B 0801)에 따라 각각 9mm 와 12mm 시험편 3개를 제작하여 인장시험을 실시하였고, 그 결과를 Table 2에 정리하였다. 항복강도는 0.2% 오프셋법

Table 2. Mechanical properties of HSA 800 in KS

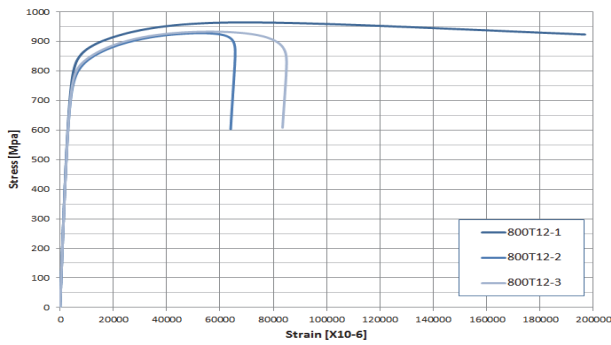
Yield stress (MPa)	Tensile stress (MPa)	Yield ratio (%)	Elongation		
			Applied plate thickness (mm)	No. of test specime	Elongation (%)
650~770	800~950	85 and less	16 and less	No. 5	15 and above
			16~20	No. 5	22 and above
			above 20	No. 4	16 and above

Table 3. Test results of tensile coupon

Specimen	T (mm)	E (GPa)	F _y (MPa)	F _u (MPa)	F _y /F _u	Elongation (%)
800T9-1	9.35	203.80	665.5	873.7	0.76	31.2
800T9-2	9.00	194.86	658.5	904.4	0.73	33.3
800T9-3	9.03	202.84	669.6	922.5	0.73	30.1
Average	9.13	200.5	664.5	900.2	0.74	31.5
800T12-1	12.01	196.96	759.7	964.8	0.78	36.9
800T12-2	12.07	206.33	742.8	928.4	0.80	33.7
800T12-3	12.07	205.08	736.9	933.5	0.79	33.8
Average	12.05	202.79	746.5	942.2	0.79	34.8



(a) Result of 9mm coupon test



(b) Result of 12mm coupon test

Fig. 3. Stress versus strain relationship of coupon test

으로 측정하였으며, 측정된 항복강도를 인장강도로 나누어 항복비를 산정하였다. 시험편에 부착한 스트레인 게이지로부터 얻은 변형도 값과 하중을 시험편의 단면적으로 나눈 응력도 값의 관계를 Fig. 3에 정리하였다.

실험결과 모든 시험편들이 KS에 규정되어 있는 HSA800 강재의 항복강도(650MPa~770MPa), 인장강도(800MPa~950MPa)값과 항복비(85%이하), 연신율(15%이상)을 만족하는 결과이다. 하지만 고강도 압연강재 HSA800 강재의 인장시험 결과 불분명한 항복점과 항복참, 높은 항복비를 갖는 대표적인 고성능강의 특징을 나타내고 있었다.

재료시험에서 얻어진 결과값에 의한 단면구분검토를 한 결과 용접각형강관 실험체는 모두 압축력과 힘에 대해 콤팩트(조밀)단면이고, H형강 실험체는 모두 압축력에 대해 플랜지와 웹 모두 비콤팩트(비조밀) 단면이고, 휨모멘트에 대하여 플랜지는 비콤팩트, 웹은 콤팩트 단면을 갖는 것으로 나타났다.

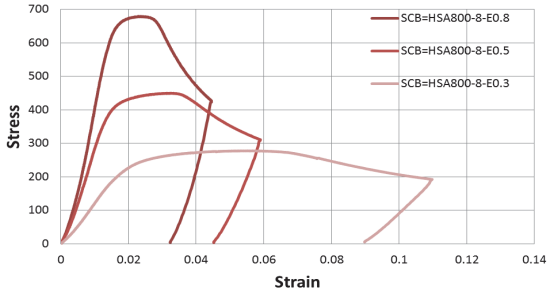
3.2 단주 편심압축실험결과

고성능강 HSA800의 단주 편심압축 실험은 RIST 강구조

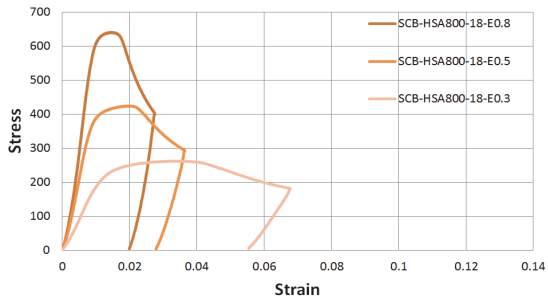
연구소의 실험실에 설치되어 있는 10,000kN(약 1,000tf) UTM을 사용하여 실시하였다. 실험결과 얻어진 실험 최대압축하중(P_u)과 2차 효과를 고려하여 산정된 휨모멘트(M_u) 및 소성모멘트(M_p)로 무차원화하여 얻어진 값을 Table 4에 정리하였다. 실험 최대하중을 단면적으로 나눈 응력(σ)과 하중을 받으며 생기는 변위를 실험체의 총 길이로 나눈 변형률(ϵ)의 관계 곡선은 각각 Fig. 4에 나타내었다. 최대압축하중(P_u)을 단면적(A_g)으로 나눈 실험최대응력(σ)은 용접 각형강관 실험체의 경우 SCB-HSA800-8 실험체들이 축력비 0.3, 0.5, 0.8에 따라 각각 278.1MPa, 450.2MPa, 679.7 MPa로 나타났고, SCB-HSA800-18 실험체들은 축력비 0.3, 0.5, 0.8에 따라 각각 262.7MPa, 424.7MPa, 641.2 MPa로 판폭두께비 8인 실험체가 판폭두께비 18인 실험체보다 모든 축력비에 대해 0.5% 가량 실험최대 응력이 높은 것으로 나타났다. 용접 H형강 실험체의 결과를 살펴보면, 축력비가 0.3인 SCH-HSA800-4-15-E0.3와 SCH-HSA800-6-20-E0.3, SCH-HSA800-8-25-E0.3 실험체들은 판폭두께비가 증가함에 따라 실험최대응력이 각각 242.3MPa, 251.7MPa, 245.3MPa로 세 실험체 모두 비슷한 결과를 나타냈지만 축력비 0.5와 0.8인 경우에는 SCH-HSA800-6-20 실험체들과 SCH-HSA800-8-25 실험체들에 비해 SCH-HSA800-4-15 실험체가 다소 낮은 실험최대응력을

Table 4. Result of experiment data

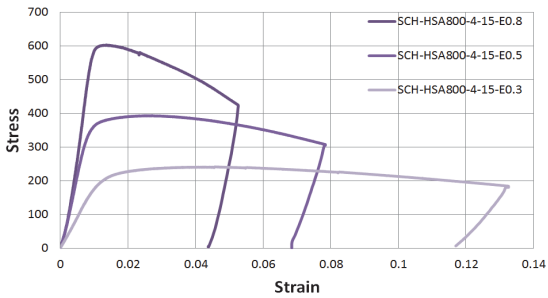
Specimen	e (mm)	P_u (kN)	M_u (kN·m)	P_u/P_y	M_u/M_p
SCB-HSA800-8-E0.3	70	752	72.79	0.38	1.37
SCB-HSA800-8-E0.5	30	1,192	42.35	0.61	0.79
SCB-HSA800-8-E0.8	5	1,900	26.72	0.94	0.50
SCB-HSA800-18-E0.3	150	1,615	275.27	0.37	1.19
SCB-HSA800-18-E0.5	65	2,614	201.13	0.59	0.87
SCB-HSA800-18-E0.8	15	3,947	98.15	0.93	0.42
SCH-HSA800-4-15-E0.3	140	853	138.88	0.35	0.99
SCH-HSA800-4-15-E0.5	60	1,388	93.55	0.57	0.77
SCH-HSA800-4-15-E0.8	15	2,124	46.33	0.88	0.43
SCH-HSA800-6-20-E0.3	190	1,328	289.2	0.36	1.05
SCH-HSA800-6-20-E0.5	80	2,119	200.84	0.61	0.74
SCH-HSA800-6-20-E0.8	20	3,318	96.32	0.95	0.41
SCH-HSA800-8-25-E0.3	235	1,627	419.65	0.38	0.92
SCH-HSA800-8-25-E0.5	100	2,803	314.25	0.61	0.69
SCH-HSA800-8-25-E0.8	25	4,369	151.40	0.96	0.38



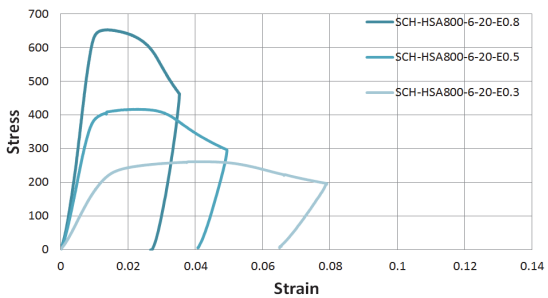
(a) SCB-8 series



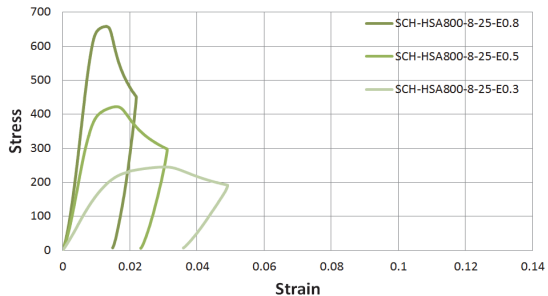
(b) SCB-18 series



(c) SCH-4-15 series



(d) SCH-6-20 series



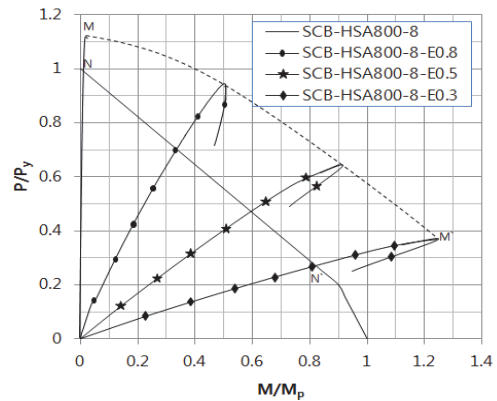
(d) SCH-8-25 series

Fig. 4. Stress versus strain relationship curves

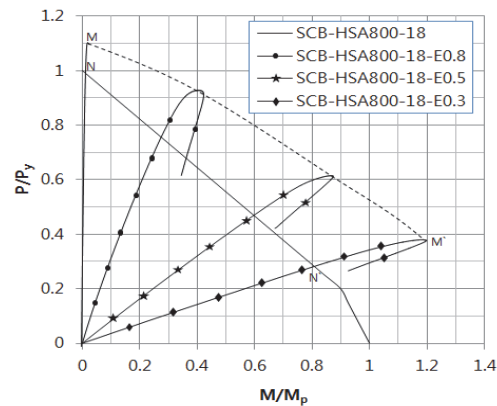
보였다. 이는 플랜지 폭이 상대적으로 작아 단면 전체가 충분히 외력에 저항하지 못하고 강축 방향의 전체좌굴에 의해 종국상태에 도달되었기 때문으로 판단된다.

각 실험체의 결과에서 2차 효과를 고려하여 휨모멘트를 산정한 후 식 (9)와 식 (10)를 이용하여 소성모멘트 강도로 무차원한 P-M 상관곡선을 Fig. 5에 나타냈다. 조밀(콤팩트) 단면 H형강 단주의 무차원화한 축강도(P_u/P_n)와 무차원화한 휨강도(M_u/M_n) 사이의 상호작용에 대한 하한의(설계측면에서 안전측인) 강도곡선을 나타내는 것으로 볼 수 있다. 또한 공칭휨강도 M_n 은 항복, 횡비틀림좌굴, 플랜지국부좌굴, 웹국부좌굴 등 4가지 한계상태강도 가운데 최소값으로 규정된다. 이 실험은 비틀림이 구속된 강축 힘을 받는 비콤팩트 단면의 단주이므로 P_n 은 P_y 와 동일하다.

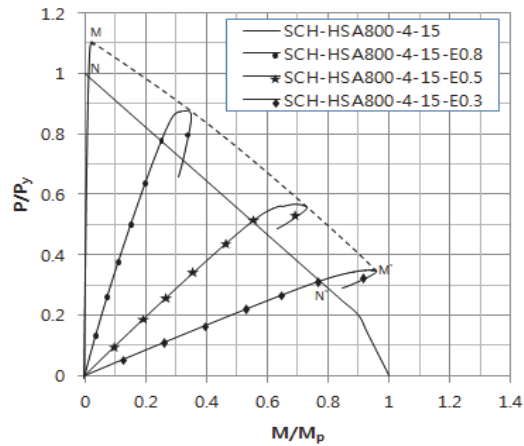
Fig. 5에서의 M-M' 곡선은 최근에 김주우(2012) 등에 의해 HSA800 용접 각형강관 단주 중심압축실험 실험결과와 김태수(2012) 등에 의해 HSA800 용접 H형단면 단주의 중심압축실험 결과의 최대값과 본 연구의 편심압축실험 결과의 최대값을 이어서 나타낸 것이다^{[6],[7]}. P-M 상관곡선의



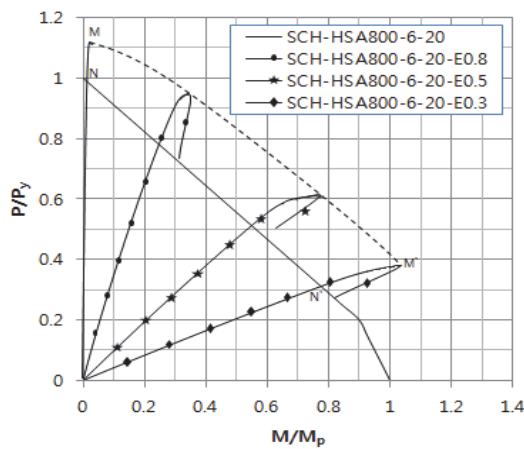
(a) SCB-8 series



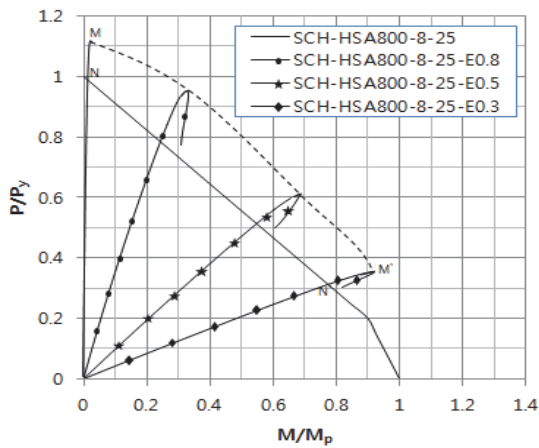
(b) SCB-18 series



(c) SCH-4-15 series



(d) SCH-6-20 series



(e) SCH-8-25 series

Fig. 5. P-M interaction curves of specimens

구간과 비교해보면 모든 실험체가 현행 기준을 상회하는 결과를 나타냈고, 특히 용접 각형강관이 용접 H형강보다 현행 기준의 요구강도에 대해 충분한 여유를 갖고 있는 것으로 나



(a) SCB-HSA800-8-E0.3

(d) SCH-HSA800-6-20-E0.3



(b) SCB-HSA800-8-E0.5



(e) SCH-HSA800-6-20-E0.5



(c) SCB-HSA800-8-E0.8



(f) SCH-HSA800-6-20-E0.8

Fig. 6. Final deformation state of specimens

타났다. 이 발현강도의 여유는 축력이 낮을수록 상대적으로 힘강도에 대해 큰 마진을 보이고 있다.

모든 실험체는 휨 좌굴이 일어나기 전에 국부좌굴이 발생하지 않았고, 용접 H형단면 실험체에서만 휨 좌굴 발생 후에 국부좌굴이 나타났다. 평균 응력이 비슷한 SCB-HSA800-8 실험체들과 SCH-HSA800-6-20 실험체들의 중국상태에서 전체좌굴 형상들과 용접 H형 단면 실험체에서 발생한 국부좌굴 형상을 각각 Fig. 6와 Fig. 7에 나타내었다. 국부좌굴 발생시점에서의 하중을 살펴보면 SCH-HSA800-4-15 실험체의 경우 축력비가 증가함에 따라 각각 축하중 847.63kN, 1,254.77kN, 1,938.46kN에서 국부좌굴이 발생하였다. 이 수치는 각각의 최대압축하중에서 99.3%,

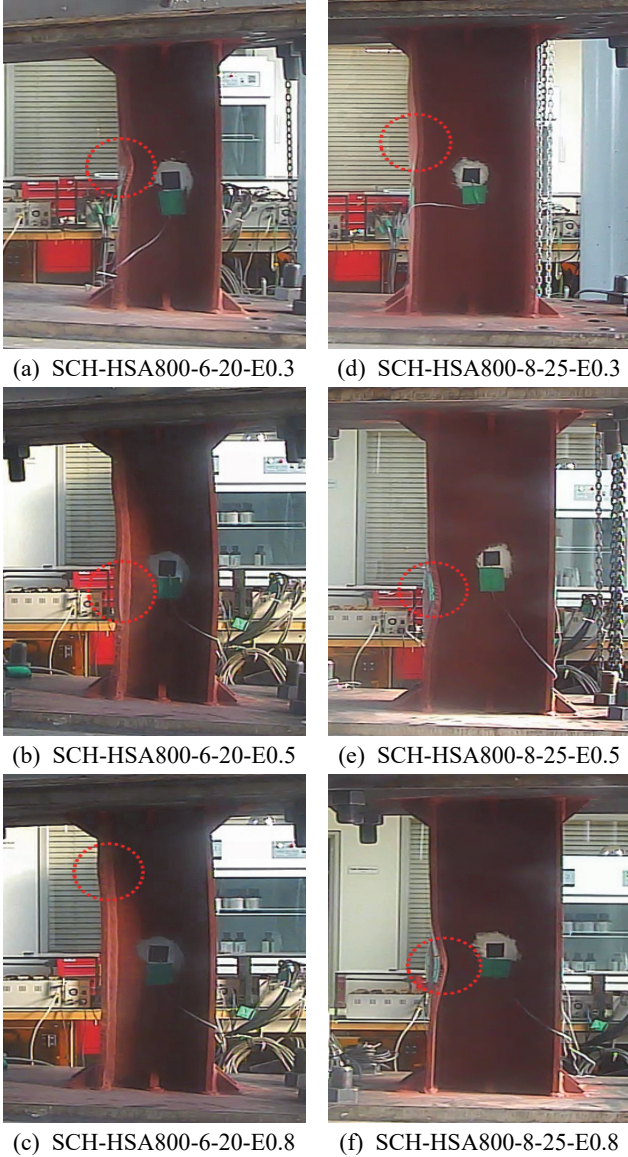


Fig. 7. Buckled shape of eccentrically loaded specimens

90.4%, 91.3%에 해당한다. SCH-HSA800-6-20 실험체의 경우 축력비가 증가함에 따라 각각 축하중 1,265.5kN, 1,973.5kN, 1,912.86kN에서 국부좌굴이 발생하였고, 이 수치는 각각의 최대압축하중에서 95.3%, 93.1%, 92.8%에 해당한다. 마지막으로 SCH-HSA800-8-25 실험체의 경우 축력비가 증가함에 따라 각각 축하중 1,624.98kN, 2,542.34kN, 3,515.03kN에서 국부좌굴이 발생하였고, 이 수치는 각각의 최대압축하중에서 99.8%, 90.7%, 80.4%에 해당한다. 이상의 결과를 종합해 보면 축력비가 낮을수록 국부좌굴 발생시점에서 빠르게 최대압축하중에 도달하여 내력 감소가 이루어지는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 인장강도 800MPa급 건축구조용 고성능강(HSA800)을 현행 설계 기준에 따라 축력비가 0.3, 0.5, 0.8이 되도록 용접 각형강관과 용접 H형강 단주실험체를 설계하여 조합력을 받는 편심압축실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) HSA800강재의 소재시험결과는 불분명한 항복점과 항복참, 높은 항복비를 갖는 대표적인 고성능강의 특징이 나타났고, 모든 시험체의 항복강도, 인장강도 및 연신률은 KS의 허용한계기준을 만족하는 것으로 나타났다.
- (2) 각 플랜지의 판폭두께비 및 웨브의 판폭두께비가 각각 감소하는 경우, 최대 압축좌굴하중이 감소하는 경향을 보였다. 실험최대 평균응력은 국부좌굴에 의한 최대내력이 결정된 실험체에 대해서는 판폭두께비가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다.
- (3) 휨응력에 대해 비콤팩트 단면으로 설계된 HSA800 단 실험체는 P-M 상관관계에서 축력비가 감소할수록 상대적으로 휨강도에 대해 큰 마진을 보였다. 특히 용접 각형강관이 용접 H형강보다 현행 기준의 요구강도에 대해 충분한 여유를 갖고 있는 것으로 나타났다.
- (4) 모든 실험체는 휨 좌굴이 일어나기 전에 국부좌굴이 발생하지 않았고, 용접 H형강단면 실험체에서만 휨 좌굴 발생 후에 국부좌굴이 나타났다. SCH-HSA800-8-25-E0.8를 제외한 모든 H형강 실험체에서 최대압축하중에 90%이상 도달하였을 때 국부좌굴이 발생하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원에서 위탁 시행한 건설교통기술촉진연구사업(11기술표준화01-01)에 의한 고성능강재의 건설구조 적용을 위한 휨재 및 압축재의 LFRD 설계기준 표준화의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌(References)

- [1] American Institute of Steel Construction (2010) *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 341-10), USA.
- [2] American Society for Testing and Materials (2011) *Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials* (E384-11), USA.
- [3] 국가기술표준원(2011) 건축구조용 고성능 압연강재(KS D 5994: 2011).
Korean Agency for Technology and Standards (2011) *High-Performance Rolled Steel for Building Structures* (KS D 5994: 2011), Korea (in Korean).
- [4] 대한건축학회(2009) 건축구조기준 (KBC 2009) 및 해설, 기문당.
Architectural Institute of Korea (2009) *Korea Building Code (KBC 2009) and Commentary*, Kimoondang, Korea (in Korean).
- [5] 이철호, 김대경, 한규홍, 김진호, 이승은, 하태휴(2012) 고강도강재 단주의 압축강도 및 잔류응력 평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제1호, pp.23-34.
Lee, C.H., Kim, D.K., Han, K.H., Kim, J.H., Lee, S.E., and Ha, T.H. (2012) Compressive Strength and Residual Stress Evaluation of Stub Columns Fabricated of High Strength Steel, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24, No.1, pp.23-34 (in Korean).
- [6] 김태수, 이명재, 오영석, 이강민, 김도환(2012) 건축구조용 고성능강(HSA800) 용접 H형단면 기둥의 압축강도에 관한 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제6호, pp.627-636.
Kim, T.S., Lee, M.J., Oh, Y.S., Lee, K.M., and Kim, D.H. (2012) A Study on Compressive Strength of Built-up H Shaped Columns Fabricated with HSA800 High Performance Steels, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24, No.6, pp.627-636 (in Korean).
- [7] 유정환, 김주우, 양재근, 강주원, 이동우(2012) 중심압축력을 받는 건축구조용 고성능강(HSA800) 용접 각형강관 압축재의 국부좌굴, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제4호, pp.435-442.
Yoo, J.H., Kim, J.W., Yang, J.K., Kang, J.W., and Lee, D.W. (2012) Local Buckling of Built-up Square Tubular Compression Members Fabricated with HSA800 High Performance Steels Under Concentric Axial Loading, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 24, No.4, pp.435-442 (in Korean).

요 약 : 본 연구에서는 고강도강재(HSA800)의 단주 편심압축실험을 통해 휨-압축 부재의 강도를 평가하였다. 편심압축실험은 축력비에 따라 휨-압축의 조합력을 받는 부재의 P-M 상관관계를 알아보기 위해 HSA800강재의 각형강관과 H형강을 대상으로 실험을 수행하였으며, 가력 편심거리를 조정하여 다양한 P-M 조합에 대해 강도평가 실험을 수행하였다. 실험결과 실험최대 평균응력은 국부좌굴에 의한 최대내력이 결정된 실험체에 대해서는 판폭두께비가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 발현강도의 여유는 축력이 낮을수록 상대적으로 휨강도에 대해 큰 마진을 보이고 있었고, 실험체 모두 현행 설계기준의 P-M 상관관계를 안전측으로 충족하였다.

핵심용어 : 고강도강(HSA800), 단주, 편심하중, 판폭두께비, 축력비
