

고온에서의 엔드플레이트 접합부를 가진 H형강 보 거동에 관한 실험적 연구

추다솜¹ · 신경재^{2*} · 이희두³ · 김소영⁴

¹석사과정, 경북대학교, 건설환경에너지공학부, ²교수, 경북대학교, 건설환경에너지공학부,
³전임연구원, 경북대학교, 건설안전기술연구소, ⁴박사과정, 경북대학교, 건설환경에너지공학부

Experimental Study on Behavior of H-Beam with End-plate Connection at High Temperature

Chu, Da-Som¹, Shin, Kyung-Jae^{2*}, Lee, Hee-Du³, Kim, So-Yeong⁴

¹Master course, Dept. of Architectural Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 41566, Korea

²Professor, Dept. of Architectural Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 41566, Korea

³Research Fellow, Institute of Building Safety Technology, Kyungpook National University, Daegu, 41566, Korea

⁴Doctor's course, Dept. of Architectural Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 41566, Korea

Abstract - Fire in buildings can cause not only damage to property caused by the complete combustion of the cargo inside're likely to collapse before the fire suppression by casualties firefighters committed to the fire inside also. Particularly, in the case of fire, beam members composed of H beam are subject to constant structural changes such as buckling, deflection and fracture due to decrease in strength due to temperature rise. In the case of long-span large steel buildings, it is generally difficult to produce members at one time, so it is common to connect members using end-plate connections. Therefore, it is very important to predict the temperature rise and behavior of beam members and connection at high temperatures. Therefore, in this study, the H beam members with end plate connection are tested at high temperature and the behavior of the beam and connection are analyzed together with temperature and displacement.

Keywords - Beam, High Temperature, End-plate connection, Fire, Displacement

1. 서 론

건물의 화재 발생은 내부에 적재된 화물의 완전연소로 인한 재산 피해뿐만 아니라 화재 진압 이전에 건물이 붕괴될 경우 화재진압을 위해 내부에 투입된 소방관의 인명피해도 까지 초래할 수 있다. 화재발생 시 H 형강으로 구성된 보 부재는 온도상승에 따른 내력감소로 인해 좌굴, 처짐 및 파단과 같은 끊임없는 구조적 변화가 발생한다. 뿐만 아니라 최근 고강도 재료의 생산과 시공 기술의 발달로 장스팬 대형철골건물이 많이 세워지고 있는데, 장스

팬 대형철골건물의 경우 부재를 한번에 생산하는 것에 어려움이 있으므로 엔드플레이트 접합부(End-plate connection)를 사용하여 부재를 연결하는 것이 일반적이다. 따라서 고온에서의 보 부재와 접합부의 온도 상승과 거동을 예측하는 것은 매우 중요하다.^[1]

하지만, 현재 국내에서의 연구 동향은 강재 재료성능에 관한 연구가 주를 이루고 있으며 화재 시 온도상승에 따른 구조물의 거동을 분석하는 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 실험체에 사용된 3가지 강재의 상온 및 고온에서의 재료시험을 통하여 강재의 항복강도, 인장강도, 탄성계수 및 연신율을 구하고, 엔드플레이트 접합부를 가진 H형강 보 부재를 대상으로 고온에서의 실험을 수행하여 보 부재와 접합부의 거동을 온도, 변위와 함께 분석하고자한다.

Note.-Discussion open until February 28, 2019. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on April 24, 2018; revised July 05, 2018; approved on July 10, 2018.
Copyright © 2018 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-53-950-5591 Fax. +82-53-950-6590

E-mail. shin@knu.ac.kr

2. 재료 시험

2.1 시험 방법

재료인장시험의 대상이 되는 강재는 총 3가지로 웹에 사용된 SS275 (SS275), 플랜지에 사용된 SM355 (SM355), 그리고 고력볼트인 F10T이다. 시험편은 ASTM E8M^[2] Specimen 3에 따라 봉형 시험편으로 제작하였다. ASTM E8M 시험편의 치수기호는 Fig. 1.에서 보여준다. Table 1은 ASTM E8M Specimen 3 시험편 규격을 나타낸다. 고력볼트 시험편의 표점거리는 ASTM 기준에 따라 30mm로 설정하였다. 시험편에 인장력을 가하기 위해 양 끝단부는 Fig 2에서와 같이 볼트로 제작하였다.

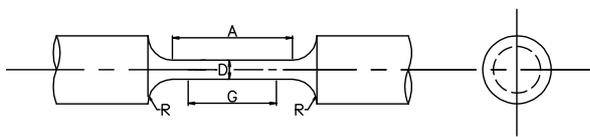


Fig. 1. Dimension symbol of ASTM E8M specimen

Table 1. ASTM E8M Specimen 3 Specimen specification

Gauge distance (G) (mm)	30.0±0.1
Diameter (D) (mm)	6.0±0.1
Radius (R) (mm)	6
Parallel length of reduced part (A) (mm)	36



(a) SS275 (SS275)



(b) SM355 (SM355)



(c) F10T

Fig. 2. Tensile test specimens of SS275 (SS275), SM355 (SM355) and F10T

Fig. 3.은 재료시험 설치전경을 보여준다. 시험은 본 연구기관 (경북대)에서 소장하고 있는 만능재료시험기(Universal Testing Machine, UTM)에 직접 제작한 변위 측정 장비를 설치하였으며 이를 가열로 안에 설치하여 실험을 진행하였다.

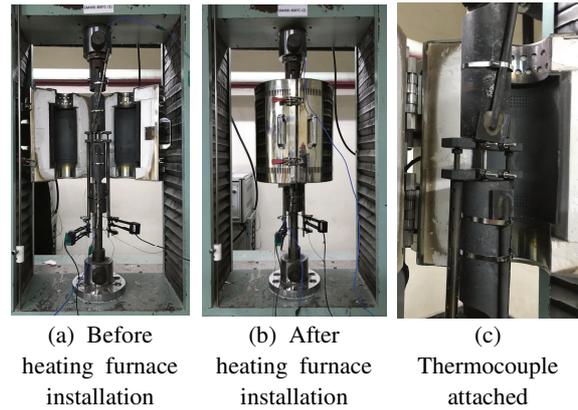


Fig. 3. Test set-up

시험 시 열전대를 강재에 부착하여 강재표면온도를 측정하였으며, 탄성계수와 연신율측정을 위해 신율계(Extensometer)를 설치하였다. 가열로의 온도는 5°C/min의 속도로 목표온도에 도달할 수 있게 설정하였으며 목표온도 도달 후 강재의 표면과 내부의 온도분포를 고려하여 약 20분간 방치 후 시험을 진행하였다. 시험 시 적용된 재하속도 및 온도한계는 Table 2와 같다.^[3]

Table 2. High temperature tensile test conditions

Division	Loading speed	
	To the yield point	From yield point
Room temperature	0.25mm/min	2mm/min
High temperature	0.15mm/min	1.5mm/min

*Maintain for more than 20 minutes after reaching test temperature

2.2 결과 및 분석

재료인장시험을 실시하여 항복강도, 인장강도, 탄성계수 및 연신율을 구하였고 이를 Table 3, 4, 5에 나타냈었다. 시험은 상온 및 고온(100°C 간격으로 400°C ~800°C)에서 3개씩 수행하였으며 이를 평균 낸 값을 표기하였다. 본 시험에 사용된 강재는 항복점이 잘 나타나지 않는 특성이 있으므로 0.2% 율셋 응력을 이용해 항복강도를 구하였다.^[4] Fig. 4., 6., 8.은 온도변화에 따른 응력-변형률 곡선을 나타내며, Fig. 5., 7., 9.는 각 강재의 실험 후 모습을 보여준다.

2.2.1 SS275 (SS400) 강재

SS275 강재의 기계적인 특성은 온도가 증가할수록 점차 낮아지며, 연신율은 점차 증가하는 것으로 나타났다.

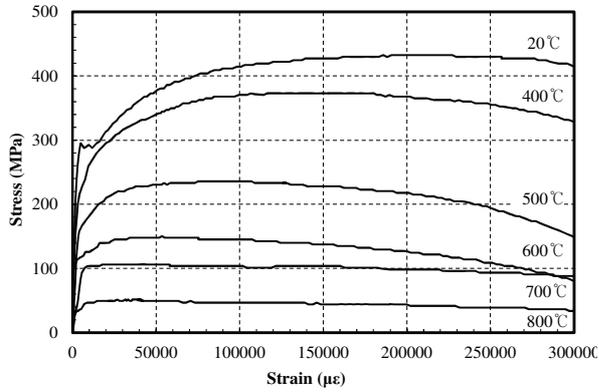


Fig. 4. Stress-strain relationship of SS275 at elevated temperature



Fig. 5. Failure shape of SS275 at elevated temperature

Table 3. Tensile test results of SS275 grade steel

Temperature (°C)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (MPa)	Elongation (%)
20°C	294.51	438.67	197,496	33.72
400°C	239.74	382.08	137,734	35.63
500°C	193.12	246.32	40,043	35.33
600°C	136.03	169.82	46,352	37.62
700°C	83.89	103.84	26,751	47.56
800°C	47.57	60.62	18,493	54.20

2.2.2 SM355 (SM490) 강재

SM355 강재의 기계적인 특성은 온도가 증가할수록 점차 낮아지며, 연신율은 대체로 증가하는 추세를 보였다.

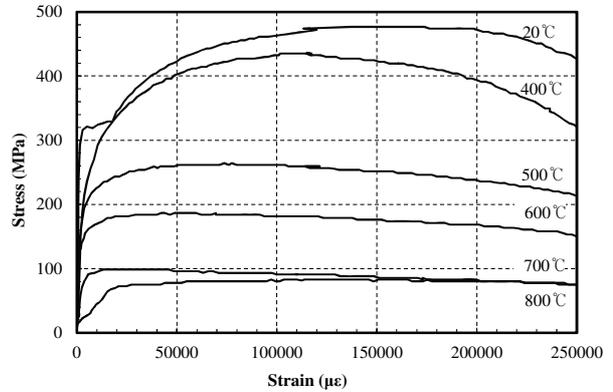


Fig. 6. Stress-strain relationship of SM355 at elevated temperature



Fig. 7. Failure shape of SM355 at elevated temperature

Table 4. Tensile test results of SM355 grade steel

Temperature (°C)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (MPa)	Elongation (%)
20°C	332.53	479.16	233,235	34.30
400°C	241.03	415.29	161,736	41.79
500°C	202.56	243.57	143,952	44.72
600°C	134.86	166.01	63,059	51.93
700°C	68.29	89.13	26,275	52.15
800°C	56.01	77.00	15,156	48.69

2.2.3 F10T 고력볼트

F10T 고력볼트의 기계적인 특성은 온도가 증가할수록 점차 낮아졌다. 고력볼트는 다른 강재에 비해 눈에 띄일 정도로 실험 후 시편의 길이가 크게 늘어남을 확인할 수 있었다. 따라서 고력볼트의 연신율은 약 35% 증가하였다.

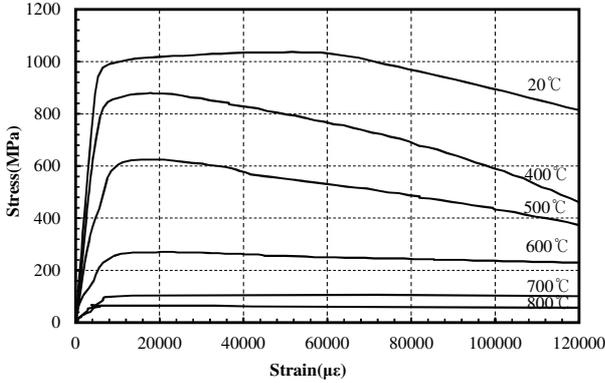


Fig. 8. Stress-strain relationship of F10T at elevated temperature



Fig. 9. Failure shape of F10T at elevated temperature

Table 5. Tensile test results of F10T

Temperature (°C)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (MPa)	Elongation (%)
20°C	940.78	1042.01	201,728	13.81
400°C	728.33	877.93	183,109	13.83
500°C	408.05	625.05	140,534	15.21
600°C	191.00	286.98	65,560	38.63
700°C	38.03	98.27	19,318	37.74
800°C	29.31	72.45	12,110	48.81

2.2.4. 고온특성 비교

고온 인장시험 결과를 통해 SS275, SM355 강재와 F10T 볼트의 고온특성을 미국의 ASCE^[5], 유럽의 Eurocode^[6] 그리고 국내의 Kwon^[7] 연구와 비교하여 나타내었다.

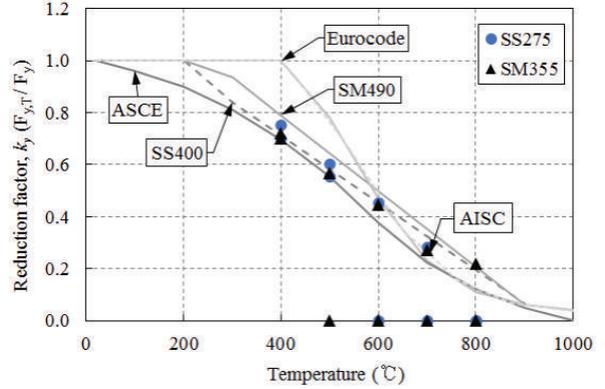


Fig. 10. Reduction factors of tests and standards for yield strength

Fig. 10.은 SS275, SM355 강재의 고온 인장시험에 의한 항복강도의 감소계수를 나타낸다. 400°C와 500°C에서 Eurocode의 경우 가장 큰 차이를 나타냈으며, 그 이외에는 국내연구 및 국외기준에 잘 부합하는 것으로 나타났다.

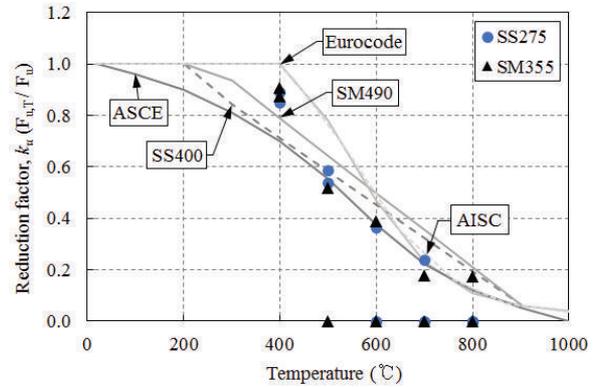


Fig. 11. Reduction factors of tests and standards for ultimate strength

Fig. 11.은 SS275, SM355 강재의 고온 인장시험에 의한 인장강도의 감소계수를 나타낸다. 인장강도의 경우 400°C와 500°C에서 Eurocode의 경우와 가장 큰 차이를 보였으나, 전체적으로 거의 비슷한 경향으로 감소계수가 나타난 것을 확인할 수 있다.

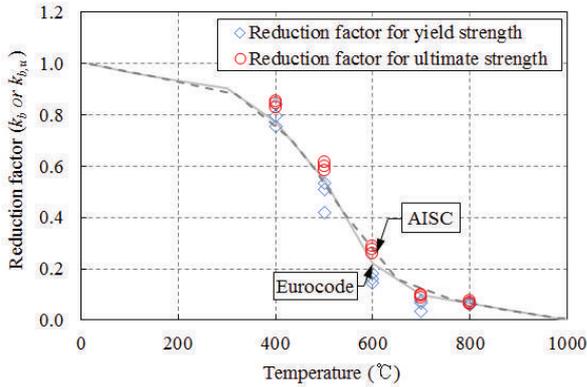


Fig. 12. Reduction factors of tests and standards for bolt

Fig. 12.는 F10T 볼트의 항복강도와 인장강도에 대한 감소계수를 각 기준과 비교하여 나타낸 것이다. 고온인장시험 결과 항복강도의 감소가 인장강도에 비해 높게 나타났으며, 대체적으로 AISC와 Eurocode에 적합한 것으로 파악된다.

3. 실험

3.1 실험 계획

Fig. 13.은 실험체의 설치 개념도를 보여준다. 실험체는 H-600×200×8×12의 단면에 가력스팬은 5,600 mm로 계획하였으며 하중은 각 보에 2P로 총 4P의 하중을 가하는 것으로 계획하였다.

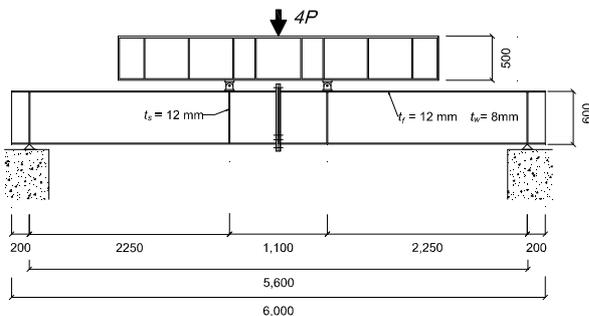


Fig. 13. Experiment installation concept

실험체는 한국건설기술연구원(KICT) 화재안전연구소의 수평부재 가열로 실험가능조건(6m × 0.8m × 0.6m)에 따라 설계하였으며, 보의 횡좌굴을 방지하기 위하여 두 개의 H형강을 Fig. 14.와 같이 횡지지 부재로 연결 하였다. 실험체의 개수는 Table 6에서와 같이 2가지로 End plate 접합부의 볼트 개수와 지름을

변수로 설정하였으며 Fig. 15., 16.에 단면을 나타내었다.

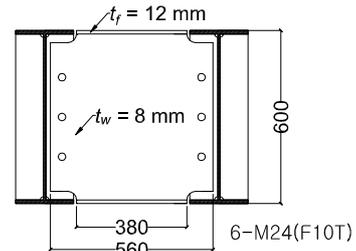


Fig. 14. Lateral position

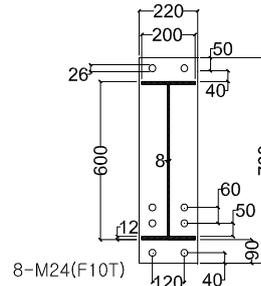


Fig. 15. 6-Bolt Specimen End-plate section diagram

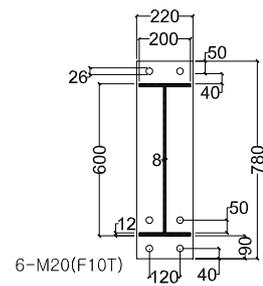


Fig. 16. 4-Bolt Specimen End-plate section diagram

Table 6. Specimen type

	Specimen name	
	6-Bolt	4-Bolt
Number of lower bolts	6	4
t_p (End-plate thickness)	24mm	
d_b (Bolt diameter)	24mm	20mm

접합부는 AISC Design Guide16^[8]를 참고하였으며, KBC 2016^[9] 0706절을 활용하여 항복 및 좌굴을 검토하였다. 6-Bolt 형태의 접합부에서 End plate의 설계모멘트는 보 부재 내력의 1.22배, 볼트의 설계모멘트는 보 부재의 1.28배로 설계하여 고온에 의한 보 부재의 항복을 유도하였다. 4-Bolt 형태의 접합부에서 End plate의 설계모멘트는 보 부재 내력의 1.12배, 볼트의 설계모멘트는 보 부재의 0.63배로 설계하여 고온에 의한 볼트의 파괴를 유도하였다. 실험은 설계하중의 약 2/3인 6-Bolt 실험체의 경우 350kN, 4-Bolt 실험체의 경우 250kN을 가해 준 뒤 가열을 진행하였다. 실험체의 보와 접합부 설계에 따라 실험체의 파괴양상을 Table 7에서 예측하였다.

Table 7. Prediction of experimental results according to theoretical formulas

		6-Bolt	4-Bolt
		Load (kN)	Load (kN)
Joint	End-plate	708.98	647.94
	Bolt	743.28	367.88
Beam	Compression flange yield strength	580.93	580.93
	Lateral buckling strength	954.13	954.13
	Shear strength	670.31	670.31
Destruction aspect		Beam yield type	Bolt breakdown type
Force load		350	250

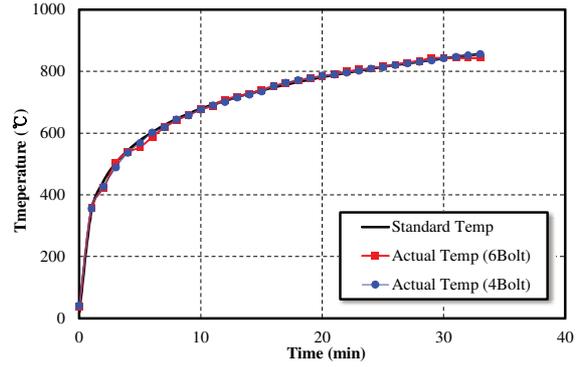


Fig. 18. Standard fire rising curve and fire rising curve during the experiment

3.2 실험 방법

Fig. 17.은 경기도 화성의 한국건설기술연구원(KICT) 에서 소장하고 있는 수평가열로이다. 실험은 액츄에이터(Actuator) 를 이용하여 설계하중의 약 2/3를 먼저 가한 후 가열을 진행하였다.



Fig. 17. Horizontal heating furnace (Korea Institute of Construction Technology, KICT)

실험은 KS F2257-1^[10]에서 규정하고 있는 Fig. 18.의 Standard Temp 선과 같은 표준화된 화재곡선을 따라 가열하였으며 식 (1)과 같은 함수식으로 나타낼 수 있다. Fig. 18.의 Actual Temp는 실제 실험 시 가열로 내부의 온도를 나타낸다. 접합강도 조절을 통해 표준화재곡선(Standard Temp.)과 거의 유사한 실제 실험 온도(Actual Temp.)를 재현하였다.

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + T_0 \quad (1)$$

여기서, T : 가열로 내 평균 온도, °C

T_0 : 상온 온도 (20°C)

t : 시간, min

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험체 파괴모드

Fig. 19.는 6-Bolt 실험체의 실험 후 모습을 보여준다. 실험결과, 온도상승에 의한 웨브의 항복강도와 탄성계수 감소로 인하여 약 600°C 도에서 압축플랜지 국부 좌굴이 발생하였으며, 이후 웨브의 급격한 내력 감소로 인하여 약 700°C 부근에서는 전단항복에 의한 웨브좌굴이 발생하였다. 고온에서의 설계전단강도는 KBC2016의 0707절을 활용하여 검토하였으며 계산 시 항복강도와 탄성계수는 재료시험으로 얻은 값을 사용하였다.



Fig. 19. After 6-Bolt specimen experiment

Fig. 20.은 4-Bolt 실험체의 실험 후 모습을 보여준다. 실험결과, 예상 파괴양상과 같이 접합부 볼트의 파괴가 발생하였다. 하부볼트 4개 중 2개는 볼트의 조임이 풀렸으며, 나머지 2개는 볼트의 나사산 부분이 파단 되었다. 대공간 구조물에 사용되는 장스팬 부재는 볼트를 사용하여 접합부를 연결하는 것이 일반적이므로 본 실험에서와 같이 화재 시 접합부의 볼트가 파단 되는 경우를 반드시 고려해야한다.



Fig. 20. After 4-Bolt specimen experiment

4.2 실험체 온도

Fig. 21.과 같이 실험체에 열전대를 부착하여 강재의 온도변화를 파악하였다. Fig. 22.와 Fig. 23.은 시간에 따른 강재의 온도변화를 나타냈으며 Table 8에 표식의 열전대 위치를 표시하였다. Fig. 내의 Actual Temp.는 실제 가열로 내의 온도이며, Section Average Temp.는 보 단면의 상부플랜지, 하부플랜지, 웨브의 온도를 평균내었다.

실험 결과, H-600×200×8×12의 단면을 가진 강재의 온도 변화는 SS275 강재가 사용된 웨브가 가장 빠른 속도로 온도가 증가하였다. SM355 강재가 사용된 플랜지의 경우 하부플랜지의 온도가 상부플랜지의 온도의 약 2배 정도의 차이로 증가하였다. 강재의 온도는 약 700℃ 까지 비슷한 온도 변화량을 보이고 있으나, 약 700℃ 이후 구간에서 변화량이 감소하는 경향을 보인다.

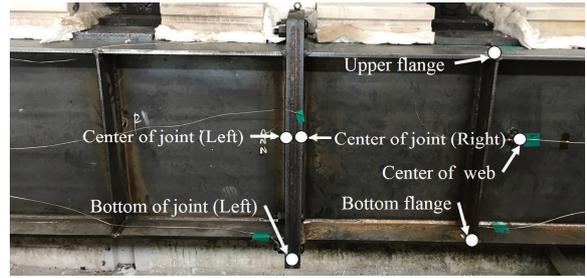


Fig. 21. Thermocouple attached

Table 8. Position of thermocouple attachment

Mark	Attaching point	Mark	Attaching point
---	Center of connection (Left)	⊖	Upper flange
▲	Center of connection (Right)	- -	Bottom flange
—	Bottom of connection	✕	Center of web

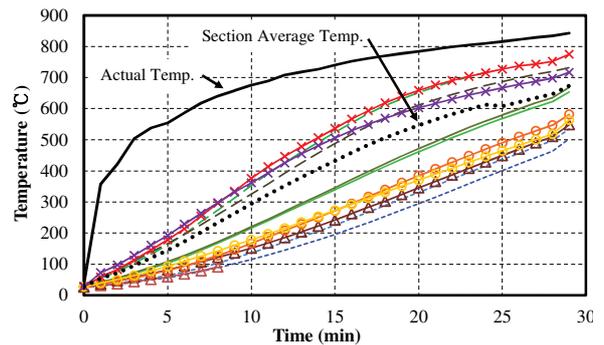


Fig. 22. Temperature of H-section versus time (6-Bolt specimen)

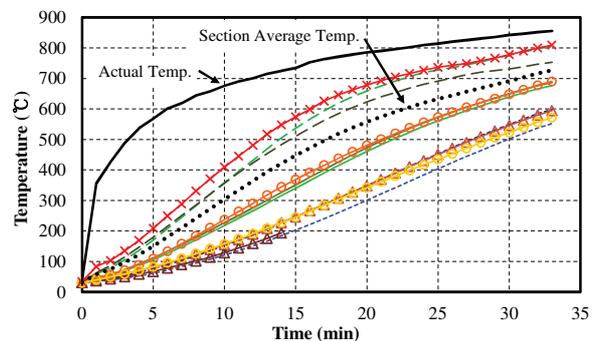


Fig. 23. Temperature of H-section versus time (4-Bolt specimen)

4.3 실험체 변위

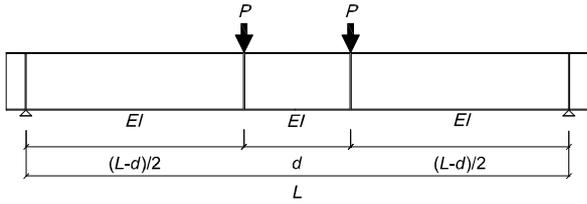


Fig. 24. connection simplified front

Fig. 24와 같이 접합부 생략을 통한 단순화로 탄성거동 시 보의 처짐을 식(2)와 같이 계산하였다. 온도가 증가함에 따라 강재의 탄성계수 E 는 kE (k 는 강재감소계수)로 감소하게 된다. Table 9는 Eurocode 3의 고온에서 탄소강의 응력-변형률 관계를 위한 감소계수와 재료시험을 통해 얻은 SM355강재의 탄성계수를 정리하였다. 재료인장시험을 통해 얻은 탄성계수는 Eurocode 3의 탄성계수와 비슷한 감소 경향을 보였다. 두 경우의 탄성계수를 식 (2)에 대입해 구한 변위를 비교하였다.

$$\delta = \frac{P(L-d)(2L^2+2dL-d^2)}{48kEI} \quad (2)$$

여기서, δ : 전체 처짐 L : 전체 스패
 E : 탄성계수 d : 가력지점 스패
 k : 강재 감소계수 P : 하중

Table 9. Comparing elastic modulus reduction coefficient at room temperature and high temperature

Temp. (°C)	Eurocode 3		Material Test	
	Elastic modulus (MPa)	Reduction factor k	Elastic modulus (MPa)	Reduction factor k
20	205,000	1.000	233,235	1.000
200	184,500	0.900	-	-
300	164,000	0.800	-	-
400	143,500	0.700	161,736	0.693
500	123,000	0.600	143,952	0.617
600	63,550	0.310	80,094	0.343
700	26,650	0.130	26,275	0.113
800	18,450	0.090	15,156	0.065

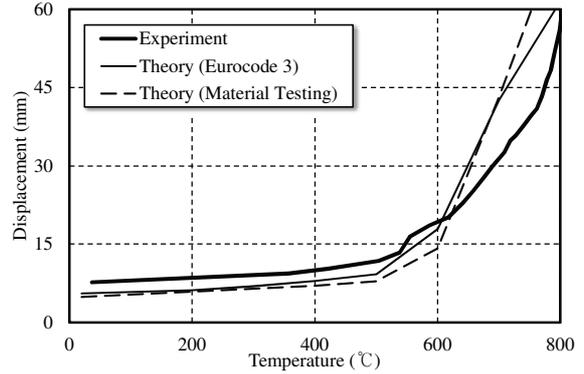


Fig. 25. Displacement of H-section versus temperature (6-Bolt specimen)

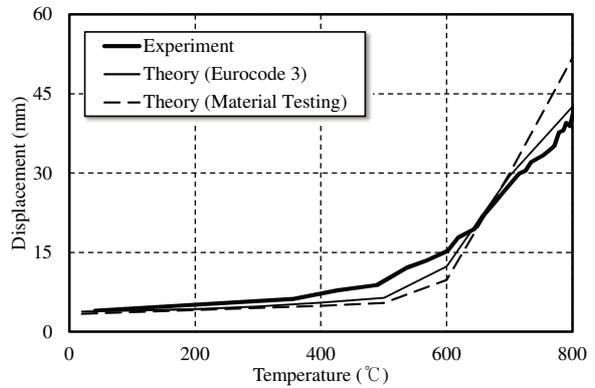


Fig. 26. Displacement of H-section versus temperature (4-Bolt specimen)

플랜지 평균온도에 따른 실험값과 Eurocode 3의 탄성계수를 적용한 이론값, 그리고 재료시험을 통하여 구한 탄성계수를 적용한 이론값을 Fig. 25.와 Fig. 26.에 나타내었다. 본 연구에서 재료시험을 통해 구한 탄성계수의 경우 Eurocode 3에 제시된 탄성계수와 근소한 차이를 보이는데 이는 시험계획에 따라 상온(20°C), 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C에 대한 강재 고온재료인장시험을 수행하는데 있어 실제 가열된 온도를 정확히 맞추는데 어려움이 있었기 때문이라 판단된다.

실험체는 Fig. 27.에서와 같이 가열로의 온도가 약 700°C에 도달함에 따라 급격한 변위증가가 일어났다. 실험 시작 약 30분 후 변형량 초과 및 안전상의 이유로 실험을 종료하였다. 실험체의 최종 변위는 6-Bolt의 경우 174.3mm, 4-Bolt의 경우 232.4mm로 측정되었다.

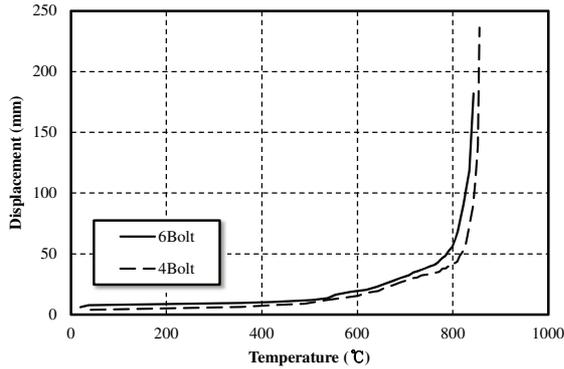


Fig. 27. Displacement of each specimens versus temperature

5. 결론

본 연구는 고온에서의 엔드플레이트 접합부를 가진 H형강 보 거동에 대하여 연구하였으며, 실험을 통하여 보의 파괴모드, 온도, 변위를 분석하였다.

1) 실험에 사용된 3가지 강재 SS490, SS275, F10T의 재료인장시험을 통해 고온에서의 항복강도, 인장강도, 탄성계수 그리고 연신율을 구하였다. 강재의 기계적인 특성은 온도가 증가할수록 점차 낮아졌으며, 연신율은 점차 증가하는 것으로 나타났다. 특히 고력볼트는 다른 강재에 비해 눈에 띄일 정도로 실험 후 시편의 길이가 크게 증가하였다.

2) AISC Design Guide16와 KBC2016를 활용하여 실험체를 설계하였다. 실험결과, 6-Bolt 실험체는 약 600°C 도에서 압축플랜지 국부 좌굴이 발생하였으며, 이후 급격한 내력 감소로 인하여 약 700°C 부근에서는 전단항복에 의한 좌굴이 발생하였다. 4-Bolt 실험체 실험결과, 예상 파괴양상과 같이 접합부 볼트의 파괴가 발생하였다. 하부볼트 4개 중 2개는 볼트의 조임이 풀렸으며, 나머지 2개는 볼트의 나사산 부분이 파단 되었다.

3) H-600×200×8×12의 단면의 강재 온도변화는 SS275 강재가 사용된 웨브가 가장 빠른 속도로 온도가 증가하였다. SM355 강재가 사용된 플랜지의 경우 하부플랜지의 온도가 상부 플랜지의 온도의 약 2배 정도의 차이로 증가하였다. 강재의 온도는 약 700°C 까지 비슷한 온도 변화량을 보이고 있으나, 약 700°C 이후 구간에서 변화량이 감소하는 경향을 보였다.

4) 처짐 이론식을 통하여 변위의 실험값과 Eurocode 3의 탄

성계수를 적용한 이론값, 그리고 재료시험을 통하여 구한 탄성계수를 적용한 이론값을 비교하였다. 본 연구에서 재료시험을 통해 구한 탄성계수의 경우 Eurocode 3에 제시된 탄성계수와 근소한 차이를 보이는데 이는 시험계획에 따라 강재 고온재료인장시험을 수행하는데 있어 실제 가열된 온도를 정확히 맞추는데 어려움이 있었기 때문이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 현장중심형 소방활동지원 기술개발사업("MPSS-소방안전-2015-72")의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌(References)

- [1] 권인규(2014) 일반 구조용 강재 적용 H형강 보부재의 해석에 의한 고온내력 평가연구, 한국화재소방학회 논문지, 한국화재소방학회, 제28권, 제2호, pp.76-81.
Kwon, I.-K. (2014) Evaluation of Structural Stability at High Temperature for H-Section Beams Made of Ordinary Strength Steels by Analytic Method, *Fire Science and Engineering*, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol.28, No.2, pp.76-81 (in Korean).
- [2] American Society for Testing Materials (2009) *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials* (ASTM E8/E8M - 09), USA.
- [3] 권인규(2007) 건축용 내화강재의 고온 특성 평가에 관한 실험적 연구, 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, 한국화재소방학회, pp.24-29.
Kwon, I.-K. (2007) Experimental Study on the Mechanical Properties of Fire Resistant Steels at High Temperatures, *Proceedings of Annual Fall Conference of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, KIFSE, pp.24-29 (in Korean).
- [4] 권인규(2013) 고강도 구조용 강재의 고온물성 평가연구, 한국화재소방학회 논문지, 한국화재소방학회, 제27권, 제3호, pp.72-79.
Kwon, I.-K. (2013) Evaluation Study on the Mechanical and Thermal Properties of High Strength Structural Steel at High Temperature, *Fire Science and Engineering*, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol.27, No.3, pp.72-79 (in Korean).

- [5] Lie, T.T. (1992) *Structural Fire Protection (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 78)*, American Society of Civil Engineers, USA.
- [6] European Committee for Standardization (2005) *Eurocode 3: Design of Steel Structures, Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design*, Belgium.
- [7] 권인규(2007) 고열 환경에서의 구조용 강재 특성 데이터베이스 구축, 한국화재소방학회 논문지, 한국화재소방학회, 제21권, 제3호, pp.47-55.
Kwon, I.-K. (2007) Derivation of the Mechanical Properties of Structural Steels at High Temperatures, *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol.21, No.3, pp.47-55 (in Korean).
- [8] Murray, T.M., and Shoemaker, W.L. (2002) *Design Guide 16: Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [9] 국토교통부(2016) 건축구조기준(국토교통부고시 제2016-317호).
Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016) *Korea Building Code (MOLIT Notice No. 2016-317)*, Korea (in Korean).
- [10] 국가기술표준원(1999) 건축 구조 부재의 내화 시험 방법 - 일반 요구 사항(KS F 2257-1: 1999).
Korean Agency for Technology and Standards (1999) *Methods of Fire Resistance Test for Elements of Building Construction - General Requirements (KS F 2257-1: 1999)*, Korea (in Korean).

요 약 : 건물의 화재 발생은 내부에 적재된 화물의 완전연소로 인한 재산 피해뿐만 아니라 화재 진압 이전에 건물이 붕괴될 경우 화재진압을 위해 내부에 투입된 소방관의 인명피해도 까지 초래할 수 있다. 화재발생 시 H 형강으로 구성된 보 부재는 온도상승에 따른 내력감소로 인해 좌굴, 처짐 및 파단과 같은 끊임없는 구조적 변화가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 실험체에 사용된 3가지 강재의 상온 및 고온에서의 재료시험을 통하여 강재의 항복강도, 인장강도, 탄성계수 및 연신율을 구하고, 엔드플레이트 접합부를 가진 H형강 보 부재를 대상으로 고온에서의 실험을 수행하여 보 부재와 접합부의 거동을 온도, 변위와 함께 분석하였다.

핵심용어 : H형강 보, 엔드플레이트 접합부, 고온, 화재, 거동
