

고장력(SM570)강재의 압축재 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of High Tensile Strength Steel(SM570) Plates in Compression Members

임 성 우¹⁾ · 고 상 기²⁾ · 장 인 화³⁾
Im, Sung-Woo Ko, Sang-Ki Chang, In-Hwa

요 약 : 본 연구에서는 높은 축력을 받는 기둥재에 사용 가능성이 큰 고장력 용접구조용 압연강재인 SM570의 압축좌굴내력을 평가하기 위해서 중심압축실험을 실시하였다. 단주압축 실험결과 강구조 계산규준이 정하고 있는 판폭두께비의 제한치를 만족시키는 기둥부재의 최대내력은 국부좌굴에 의해 결정되며, 판폭두께비의 제한치를 만족시키지는 못하는 경우에는 최대내력이 도달하기 전에 국부좌굴에 의해서 급격히 저하하였다. 또한 압축좌굴내력이 SM570 강재의 설계기준값인 4.1 tonf/cm²보다 높게 나타났다.

ABSTRACT : Column tests subjected to compressive loading were carried out for the estimation of compression buckling strength of steel plate SM570 in beam-column member under high axial load. It was found that the maximum strength of column member was determined by local buckling when satisfied with a limit of width-to-thickness ratio in current steel structure design specifications, but decreased suddenly by local buckling before the maximum strength in case of not satisfying with that ratio. Also, the compression buckling strength of SM570 plate was higher than the design specification value of 4.1 tonf/cm².

핵심용어 : 압축좌굴내력, 판폭두께비, 국부좌굴

KEYWORDS : compression buckling strength, width-to-thickness ratio, local buckling

1. 서론

일본에서는 SM570 강재가 1970년부터 대동동화본사빌딩을 필두로 개별인정방식으로 높은 축력을 받는 기둥부재에 건축구조용 강재로 사용되고 있다¹⁾. 국내의 경우도 건축물의 고층화 및

장스팬화로 인해서 600MPa급 강재에 대한 이용요구가 높아져서 종로타워빌딩에 고장력 SM570 강재의 적용²⁾을 시작으로 많은 철골조 건축물에 적용을 검토하고 있다. 이와 같이 고장력강이 기둥부재로 사용되기 위해서는 압축좌굴강도의 설정과 이것을 바탕으로 한 기둥설계식 제정이 필

1) 정희원, RIST 건축구조연구팀, 책임연구원
2) 정희원, RIST 건축구조연구팀, 위촉연구원
3) 정희원, RIST 건축구조연구팀, 수석연구원

본 논문에 대한 토의를 2001년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

요하다. 현행 강구조 계산규준상으로는 600MPa 급인 SM570 강재까지 사용을 허용⁽³⁾하고 있으나, 강구조 계산규준은 SS400과 SM490 강재에 대한 실험결과를 기초로 하고 있다. 따라서 건축물의 고층화에 따른 600MPa급 강재의 사용요구가 대두되는 최근의 추세로 보아 600MPa급 강재에 대한 실험적 검증이 필요하다.

본 연구에서는 SM570 강재의 철골조 건축물에 사용확대를 위해서 일차적으로 사용가능성이 가장 큰 기둥부재를 대상으로 Stub Column 실험과 중심압축실험을 실시하여 판폭두께비와 세장변수가 압축좌굴내력에 미치는 영향을 평가하였다. 이와 아울러 SM570 강재의 소성변형능력을 평가하기 위해서 기존의 건축용 강재와 중심압축 실험결과를 비교하였다.

2. 실험방법

실험은 Stub Column 실험과 중심압축실험 2가지를 실시하였다. 중심압축실험에서는 Stub Column 실험에서와 달리 기둥양단에 구좌를 설치하여 단조가력을 하였다. 하중은 1000톤 UTM을 이용해서 중심압축가력을 하였다. 탄성범위에서는 하중제어(0.4tonf/sec)를 하였고, 소성범위에서는 변위제어(0.005mm/sec)를 하였다. 이때 시험체의 축방향 변위량은 시험체 사면에 각각 용량 100mm의 변위계를 한 개씩 총 4개 설치하여 측정하였다. 또한 편심가력여부, 응력분포를 측정하기 위해서 시험체의 양단부와 중앙부위에 12개의 Wire Strain Gage를 부착하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 소재인장실험

기둥시험체에 사용된 SM570 강재의 기계적 특성을 파악하기 위해서 각 기둥단면 크기별로 KS B 0801 금속재료 인장시험편 규정에 따라 압연방향으로 5호 시험체를 제작하였다. 소재인장 시험결과를 표 1에 정리하였다. 시험결과 항복응력은 설계기준치인 4.1tonf/cm²를 훨씬 상회하고 있으며, 항복비가 높게 나타났다. SM570 강재의 항복비 등 보다 자세한 기계적 성질에 대해서는 전보⁽⁴⁾를 참조하길 바란다.

3.2 Stub Column 실험

철골기둥에서 판폭두께비 및 잔류응력이 좌굴내력에 미치는 영향을 평가하기 위해서 Stub Column 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 시험체 일람을 표 2에 나타내었다. Stub Column 기둥단면은 built-up 박스형과 built-up H형으로 제작하였다. 이때 기둥시험체의 길이는 단면 최대직경의 3배로 하였다. 한편 판폭두께비의 영향을 보기 위해서 박스형 단면과 H형 단면에서 각각 1개씩 판폭두께비의 허용치를 넘어서는 시험체를 제작하였다($d/t \leq 36.5$, $b/t \leq 11.9$).

중심압축력과 Stub Column의 변위량과의 관계를 그림 1과 그림 2에 나타내었다. 강구조계산 규준이 정하고 있는 판폭두께비를 만족시키는 기둥시험체에서는 기둥단면이 박스형인 경우와 H형

표 1. Stub Column용 소재의 인장시험결과

| 시험체명 | 두께 t (mm) | 탄성계수 E (tonf/cm ²) | 항복응력 σ_y (tonf/cm ²) | 인장응력 σ_u (tonf/cm ²) | 항복비 YR | 연신률 EL (%) |
|----------|--------------|-----------------------------------|--|--|-----------|---------------|
| SM570-7 | 7 | 2216 | 6.03 | 6.36 | 0.95 | 27.6 |
| SM570-9 | 9 | 2195 | 6.29 | 6.86 | 0.96 | 28.5 |
| SM570-12 | 12 | 2191 | 5.63 | 6.51 | 0.86 | 31.4 |
| SM570-16 | 16 | 2229 | 6.31 | 7.02 | 0.90 | 34.1 |

표 2. Stub Column 실험용 시험체 일람

| 시험체명 | 시험체 치수(mm) | | | | | 판폭두께비 | | 단면적 (cm ²) | 비고 |
|--------------|------------|-------|----|----|------|-------|-------|------------------------|-------|
| | d1(h) | d2(b) | t1 | t2 | L | d/t | b/t | | |
| BB57-23-S | 300 | 300 | 12 | 12 | 900 | 23.0 | - | 138 | 박스형기둥 |
| BB57-21-S1 | 275 | 275 | 12 | 12 | 825 | 20.9 | - | 126 | |
| BB57-31-S | 300 | 300 | 9 | 9 | 900 | 31.3 | - | 105 | |
| BB57-42-S | 400 | 400 | 9 | 9 | 1200 | 42.4 | - | 141 | |
| BB57-29-S | 275 | 275 | 9 | 9 | 825 | 28.6 | - | 96 | |
| BB57-21-S2 | 160 | 160 | 7 | 7 | 480 | 20.9 | - | 43 | |
| BH57-31-13-S | 400 | 400 | 12 | 16 | 1200 | 30.7 | 12.50 | 172 | H형기둥 |
| BH57-31-9-S | 400 | 300 | 12 | 16 | 1200 | 30.7 | 9.38 | 140 | |
| BH57-31-6-S | 400 | 200 | 12 | 16 | 1600 | 30.7 | 6.25 | 108 | |
| BH57-35-6-S | 350 | 200 | 9 | 16 | 1050 | 35.3 | 6.25 | 93 | |
| BH57-30-6-S | 300 | 200 | 9 | 16 | 1200 | 29.8 | 6.25 | 88 | |

(시험체 기호)

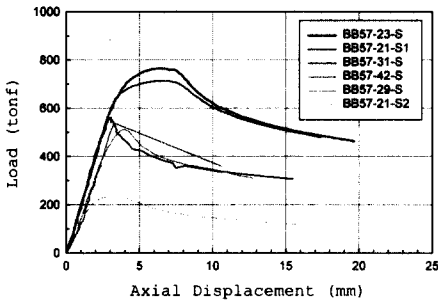
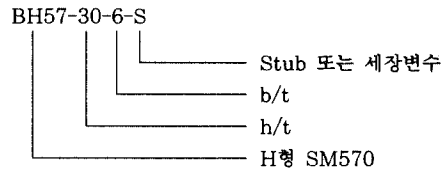
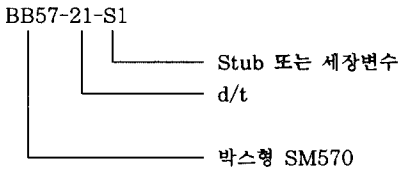


그림 1. 박스형 기둥의 하중-변위곡선(Stub Column)

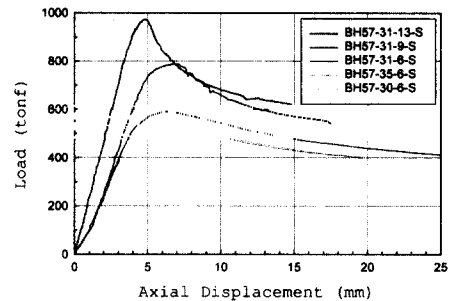


그림 2. H형 기둥의 하중-변위곡선(Stub Column)

인 경우 모두 최대내력에 도달한 후 국부좌굴에 의해 내력이 저하하였다. 다시 말해서 시험체의 국부좌굴에 의해서 최대내력이 결정됨을 알 수 있다. 그러나 판폭두께비를 만족하지 않는 BB57-42-S 시험체의 경우 최대내력에 도달하기 전에 국부좌굴이 일어나서 급격히 좌굴내력이 저하되었다. 또 다른 시험체 BH57-31-13-S에서는 플랜지가 판폭두께비를 만족하지 못하지만 웨브가 판폭두께비를 만족시키기 때문에 최대내력에 도달할 때까지 국부좌굴이 발생하지 않았다. 실험결과를 표 3에 정리하였다.

판폭두께비와 좌굴내력과의 상관관계를 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 종축은 실험으로 구한 최대내력을 이론값으로 나눠 무차원화 하였고, 횡축은 기준화 판폭두께비로 무차원화 하였다. 박스형 단면에서는 판폭두께비가 제한치 이내에 있을 경우에는 최대내력이 이론치를 약 30% 이상 초과하였으나, 제한치를 넘어서면 최대내력이 이론치에 미치지 못하였다. H형 단면에서는 판폭두께비를 약간 상회하는 경우에도 최대내력이 이론치를 37% 초과하였다.

표 3. Stub Column 실험결과

| 시험체명 | 단면적 A (cm ²) | 최대내력 N _u (tonf) | 항복내력 N _y (tonf) | 최대응력 σ _{us} (tonf/cm ²) | 항복응력 σ _{ys} (tonf/cm ²) |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| BB57-21-S1 | 126 | 712.9 | 651.4 | 5.66 | 5.17 |
| BB57-23-S | 138 | 764.2 | 662.9 | 5.54 | 4.80 |
| BB57-29-S | 96 | 511.8 | 462.9 | 5.33 | 4.82 |
| BB57-31-S | 105 | 554.1 | 554.1 | 5.28 | 5.28 |
| BB57-42-S | 141 | 539.0 | 539.1 | 3.82 | 3.82 |
| BB57-21-S2 | 43 | 235.7 | 205.7 | 5.48 | 4.78 |
| BH57-30-6-S | 88 | 516.5 | 481.4 | 5.87 | 5.47 |
| BH57-31-6-S | 108 | 590.4 | 537.9 | 5.47 | 4.98 |
| BH57-35-6-S | 93 | 522.9 | 488.1 | 5.62 | 5.25 |
| BH57-31-9-S | 140 | 788.2 | 728.6 | 5.63 | 5.20 |
| BH57-31-13-S | 172 | 973.1 | 935.6 | 5.66 | 5.44 |

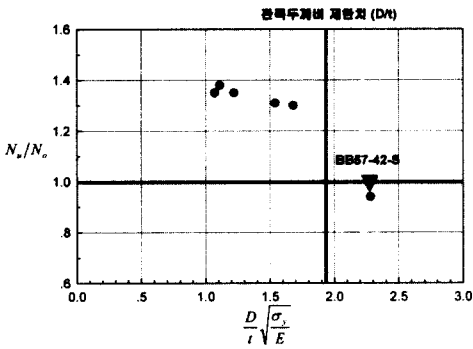


그림 3. 박스형 단면에서 최대내력과 판폭두께비의 관계

3.3 중심압축실험

SM570 강재가 대한건축학회의 강구조 계산규준 및 강구조 한계상태 설계규준에서 정하고 있는 압축부재의 설계기준을 만족하는가를 확인하기 위해서 양단에 구좌를 설치하여 중심압축실험을 실시하였다. 실험에 사용된 시험체 일람을 표 4에 나타내었다. 중심압축실험용 기둥시험체의 단면은 built-up 박스형과 built-up H형으로 제작하였다. 이때 원치짐량은 박스형 기둥의 경우는 0.0013이고, H형 기둥의 경우는 0.0016이다. 실제 기둥의 거동은 비탄성 영역에서의 거동이 대부분이므로 세장변수가 1.0 이하인 기둥을 주요대상으로 하여 판폭두께비를 변화시켰다. 이

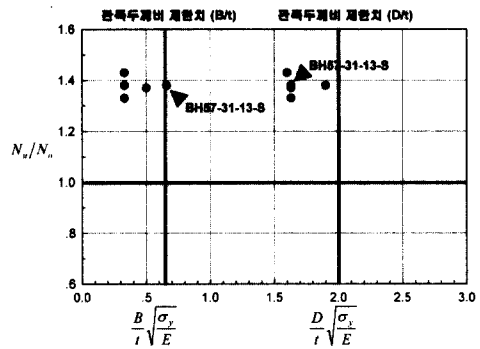


그림 4. H형단면에서 최대내력과 판폭두께비의 관계

때 세장변수 $\bar{\lambda}$ 는 세장비 $\lambda (= L_k/\sqrt{I/A})$ 를 기준 세장비 $\Lambda (= \sqrt{\pi^2 E/F_y})$ 로 나눈 값을 의미한다. 좌굴길이 L_k 는 에너지법을 이용하여 등가좌굴계수를 고려한 유효좌굴길이로부터 산정하였다.

중심압축력과 기둥시험체의 축변위량과의 관계를 그림 5에서 그림 9에 나타내었다. 기둥의 단면형태가 박스형인 것과 H형인 것의 좌굴거동이 다소 차이를 보이고 있다. 박스형 기둥에서는 최대내력에 도달한 후 세장변수가 커짐에 따라서 좌굴내력이 급격히 저하하고 있으나, H형 기둥에서는 최대내력 이후에 완만하게 내력저하가 일어나고 있다. 이것은 약축으로 좌굴이 일어나는 H형 기둥과는 달리 박스형 기둥은 강축과 약축 구

표 4. 중심압축실험용 시험체 일람

| 시험체명 | 시험체 치수(mm) | | | | | | 관폭두께비 | | 세장비 λ | 세장변수 $\bar{\lambda}$ | 원처짐 δ_0 | 비고 |
|---------------|------------|-------|----|----|------|--------|-------|-------|------------------|-------------------------|-------------------|---------------|
| | d1(h) | d2(b) | t1 | t2 | L | Lk | d/t | b/t | | | | |
| BB57-21-40 | 275 | 275 | 12 | 12 | 1990 | 2299.9 | 20.9 | - | 21.4 | 0.36 | 0.0025 | 박스 형 기둥 |
| BB57-21-50 | 275 | 275 | 12 | 12 | 2734 | 3049.8 | 20.9 | - | 28.4 | 0.48 | 0.0007 | |
| BB57-21-60 | 275 | 275 | 12 | 12 | 3530 | 3849.5 | 20.9 | - | 35.8 | 0.60 | 0.0014 | |
| BB57-23-60 | 300 | 300 | 12 | 12 | 3879 | 4199.7 | 23.0 | - | 35.7 | 0.60 | 0.0005 | |
| BB57-29-60 | 275 | 275 | 9 | 9 | 3530 | 3849.5 | 28.6 | - | 35.4 | 0.60 | 0.0014 | |
| BB57-31-60 | 300 | 300 | 9 | 9 | 3929 | 4249.9 | 31.3 | - | 35.8 | 0.60 | 0.0018 | |
| BB57-42-60 | 400 | 400 | 9 | 9 | 5301 | 5625.1 | 42.4 | - | 35.7 | 0.60 | 0.0011 | |
| BB57-21-70 | 275 | 275 | 12 | 12 | 4278 | 4599.9 | 20.9 | - | 42.8 | 0.72 | 0.0014 | |
| BB57-21-80 | 275 | 275 | 12 | 12 | 5026 | 5349.6 | 20.9 | - | 49.8 | 0.84 | 0.0009 | |
| BB57-21-100 | 160 | 160 | 7 | 7 | 3680 | 4000.1 | 20.9 | - | 64.0 | 1.02 | 0.0019 | |
| BB57-21-110 | 160 | 160 | 7 | 7 | 4129 | 4450.5 | 20.9 | - | 71.2 | 1.14 | 0.0012 | |
| BH57-30-6-40 | 300 | 200 | 9 | 16 | 768 | 1050.2 | 29.8 | 6.25 | 21.3 | 0.37 | - | H형 기둥 |
| BH57-30-6-50 | 300 | 200 | 9 | 16 | 1105 | 1399.7 | 29.8 | 6.25 | 28.4 | 0.49 | - | |
| BH57-30-6-60 | 300 | 200 | 9 | 16 | 1448 | 1750.4 | 29.8 | 6.25 | 35.6 | 0.61 | 0.0035 | |
| BH57-31-6-60 | 400 | 200 | 12 | 16 | 1271 | 1569.9 | 30.7 | 6.25 | 35.3 | 0.61 | 0.0016 | |
| BH57-35-6-60 | 350 | 200 | 9 | 16 | 1398 | 1699.5 | 35.3 | 6.25 | 35.4 | 0.61 | 0.0029 | |
| BH57-31-9-60 | 400 | 300 | 12 | 16 | 2238 | 2550.2 | 30.7 | 9.38 | 35.6 | 0.61 | 0.0022 | |
| BH57-31-13-60 | 400 | 400 | 12 | 16 | 3152 | 3470.0 | 30.7 | 12.50 | 35.6 | 0.62 | 0.0019 | |
| BH57-30-6-70 | 300 | 200 | 9 | 16 | 1792 | 2099.6 | 29.8 | 6.25 | 42.7 | 0.74 | 0.0017 | |
| BH57-30-6-100 | 300 | 200 | 9 | 16 | 2486 | 2800.2 | 29.8 | 6.25 | 56.9 | 0.98 | 0.0004 | |

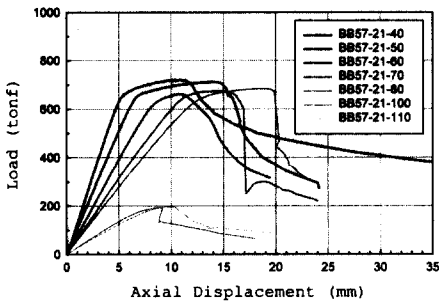


그림 5. 하중-변위곡선(BB57-21-X)

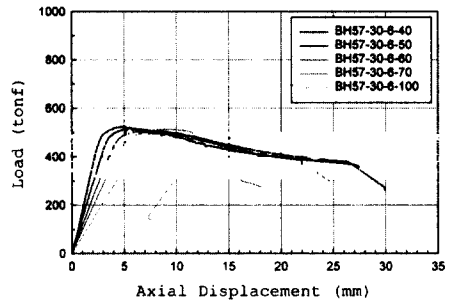


그림 7. 하중-변위곡선(BH57-30-6-X)

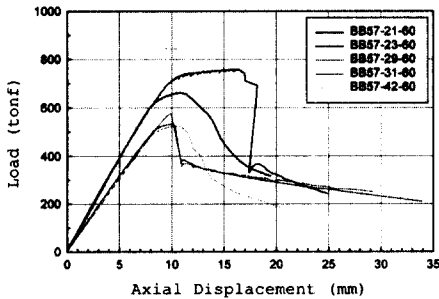


그림 6. 하중-변위곡선(BB57-X-60)

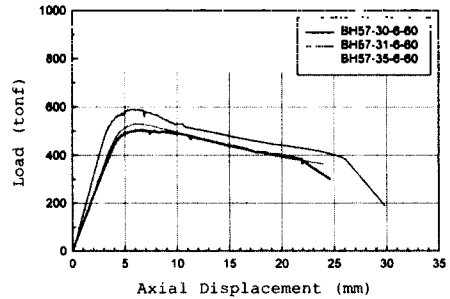


그림 8. 하중-변위곡선(BH57-X-6-60)

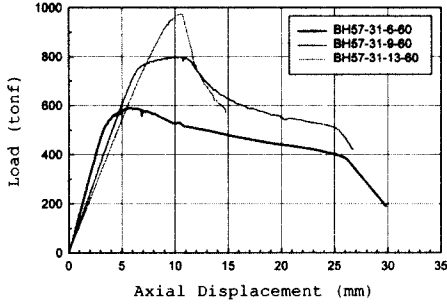


그림 9. 하중-변위곡선(BH57-31-X-60)

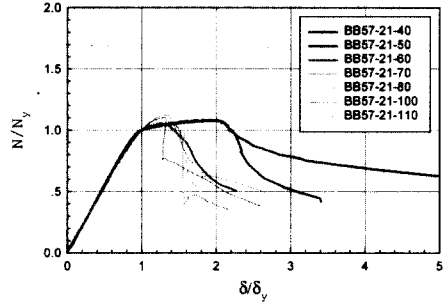


그림 10. 무차원화된 하중-변위곡선(BB57-21-X)

분이 없고 사면이 용접되어 있어서 압축잔류응력의 효과가 크게 작용하기 때문이다. 이러한 현상은 박스형 기둥의 경우 동일 세장변수에서 판폭두께비가 증가됨에 따라서 더욱 분명하게 일어나고 있다. 그러나 H형 기둥에서는 동일 세장변수에서 웨브의 판폭비의 변화는 좌굴내력에 큰 영향을 미치지 않으나, 플랜지의 판폭두께비는 좌굴내력과 상관관계가 있음을 알 수 있다. 중심압축 실험결과를 표 5에 정리하였다.

세장변수 및 판폭두께비에 따라서 압축하중을 받은 기둥재가 항복 후 어느 정도의 소성변형능력을 보유하고 있는가를 비교하기 위해서 하중-변위곡선을 무차원화 하였다. 종축은 좌굴내력 N 을 항복내력 N_y 로 나눠서 무차원화 하였고, 횡축은 축변위량 δ 를 항복내력변위 δ_y 로 나눠서 무차원화 하였다. 그림 10은 박스형 기둥에서 판폭두께비 d/t 가 20.9일 경우 세장변수에 따른 좌굴내력의 변화를 나타낸다. 항복 후 최대내력까지는

표 5. 중심압축 실험결과

| 시험체명 | 최대내력 N_u (tonf) | 항복내력 N_y (tonf) | 최대응력 σ_{uc} (tonf/cm ²) | 항복응력 σ_{yc} (tonf/cm ²) | 최대내력변위 δ_u (mm) | 항복내력변위 δ_y (mm) | 좌굴형태 |
|---------------|-------------------|-------------------|--|--|------------------------|------------------------|-----------|
| BB57-21-40 | 721.1 | 670.3 | 5.72 | 5.32 | 10.86 | 5.67 | 국부좌굴 |
| BB57-21-50 | 711.3 | 660.2 | 5.65 | 5.24 | 13.86 | 7.08 | 전체좌굴 |
| BB57-21-60 | 661.2 | 624.9 | 5.25 | 4.96 | 10.86 | 8.54 | 전체좌굴/국부좌굴 |
| BB57-23-60 | 758.3 | 699.7 | 5.50 | 5.07 | 16.34 | 9.70 | 전체좌굴 |
| BB57-29-60 | 532.7 | 508.8 | 5.55 | 5.30 | 10.09 | 8.45 | 국부좌굴 |
| BB57-31-60 | 576.5 | 550.2 | 5.49 | 5.24 | 9.87 | 9.20 | 국부좌굴 |
| BB57-42-60 | 524.9 | 507.6 | 3.72 | 3.60 | 10.45 | 8.92 | 국부좌굴/전체좌굴 |
| BB57-21-70 | 673.8 | 637.6 | 5.35 | 5.06 | 14.13 | 10.96 | 전체좌굴 |
| BB57-21-80 | 683.7 | 640.1 | 5.43 | 5.08 | 18.34 | 12.76 | 전체좌굴 |
| BB57-21-100 | 190.1 | 175.0 | 4.49 | 4.07 | 8.96 | 6.90 | 전체좌굴 |
| BB57-21-110 | 196.2 | 175.0 | 4.56 | 4.07 | 9.92 | 7.50 | 전체좌굴 |
| BH57-30-6-40 | 523.7 | 479.6 | 5.95 | 5.45 | 4.82 | 2.81 | 전체좌굴 |
| BH57-30-6-50 | 516.9 | 469.9 | 5.87 | 5.34 | 6.03 | 3.45 | 전체좌굴 |
| BH57-30-6-60 | 503.0 | 480.5 | 5.72 | 5.46 | 6.52 | 4.43 | 국부좌굴 |
| BH57-31-6-60 | 590.7 | 540.0 | 5.47 | 5.00 | 5.81 | 3.80 | 국부좌굴 |
| BH57-35-6-60 | 529.2 | 500.3 | 5.69 | 5.38 | 6.09 | 4.62 | 국부좌굴 |
| BH57-31-9-60 | 799.8 | 757.1 | 5.71 | 5.41 | 10.37 | 6.67 | 국부좌굴 |
| BH57-31-13-60 | 973.4 | 909.9 | 5.66 | 5.29 | 10.56 | 8.92 | 국부좌굴 |
| BH57-30-6-70 | 514.7 | 475.2 | 5.85 | 5.40 | 9.48 | 5.49 | 국부좌굴 |
| BH57-30-6-100 | 491.5 | 449.2 | 5.59 | 5.10 | 9.52 | 7.01 | 전체좌굴/국부좌굴 |

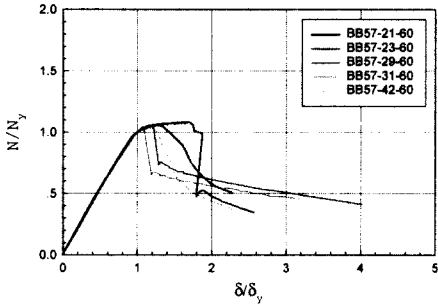


그림 11. 무차원화된 하중-변위곡선(BB57-X-60)

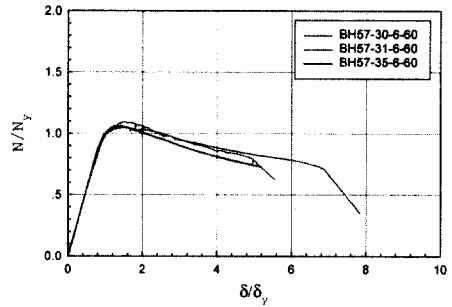


그림 13. 무차원화된 하중-변위곡선(BH57-X-6-60)

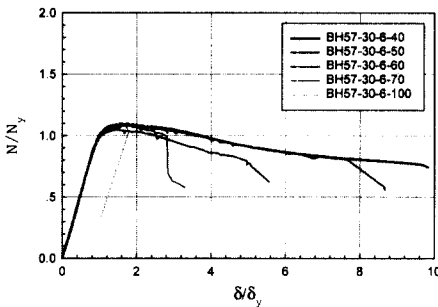


그림 12. 무차원화된 하중-변위곡선(BH57-30-6-X)

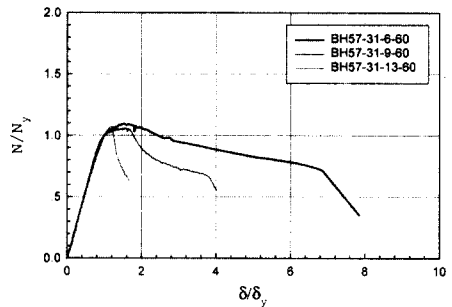


그림 14. 무차원화된 하중-변위곡선(BH57-31-X-60)

세장변수에 무관하게 항복내력의 1.06배에서 1.12배 정도의 여유내력을 보유하고 있다. 그러나 최대내력변위는 세장변수가 증가됨에 따라서 항복내력변위의 1.96배에서 1.27배 정도로 감소하고 있다. 또한 세장변수가 증가됨에 따라서 최대내력에 도달한 후 좌굴내력이 급격히 저하되고 있다. 그림 11은 박스형 기둥에서 세장변수가 0.6일 경우 판폭두께비의 영향을 나타낸다. BB57-23-60 시험체를 제외하고는 최대내력은 판폭두께비의 증가와 함께 항복내력의 1.06배에서 1.05배로 다소 감소하고 있다. 또한 최대내력변위도 최대내력과 마찬가지로 BB57-23-60 시험체를 제외하고는 판폭두께비가 증가됨에 따라서 항복내력의 1.27배에서 1.07배로 감소하고 있다. 최대내력 이후의 좌굴내력도 판폭두께비가 증가됨에 따라서 급격히 저하되고 있다. 그림 12는 H형 기둥에서 판폭두께비 d/t 가 29.8이고 b/t 가 6.25일 경우 세장변수의 영향을 나타낸다. 박스형 기둥과

마찬가지로 항복 후 최대내력까지는 세장변수에 무관하게 항복내력의 1.05배에서 1.10배 정도의 여유내력을 보유하고 있다. 최대내력변위는 세장변수가 증가됨에 따라서 항복내력의 1.75배에서 1.36배로 감소하고 있다. 그러나 세장비가 증가되도 최대내력에 도달한 후 좌굴내력은 박스형 기둥과 달리 급격한 감소를 보이지 않는다. 그림 13은 H형 기둥에서 플랜지 판폭두께비 b/t 가 6.25이고 세장변수가 0.61일 경우 웹 판폭두께비의 영향을 나타낸다. 웹 판폭두께비에 무관하게 최대내력까지의 여유는 항복내력의 1.05배에서 1.09배 정도이고, 최대내력변위까지는 항복내력변위의 1.32배에서 1.52배 정도의 여유가 있다. 이때도 최대내력 이후의 급격한 좌굴내력 저하현상은 보이지 않는다. 그림 14는 웹 판폭두께비 d/t 가 30.7이고 세장변수가 0.61일 경우 플랜지 판폭두께비의 영향을 나타낸다. 플랜지 판폭두께비가 증가함에 따라서 최대내력은 항복내

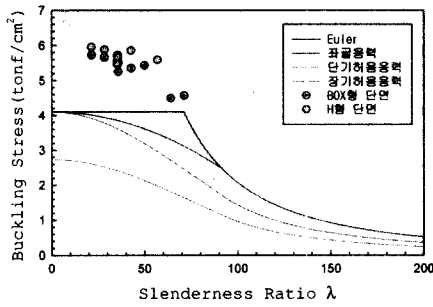


그림 15. 압축재의 설계식

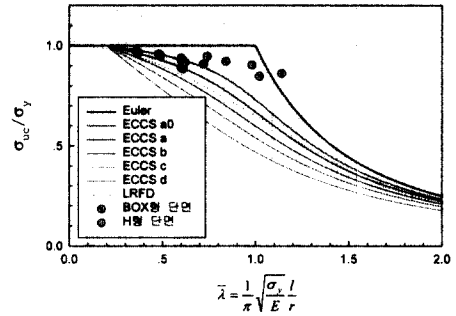


그림 16. ECCS 좌굴곡선

력의 1.09배에서 1.07배로 감소하고, 최대내력 변위는 항복내력변위의 1.53배에서 1.18배로 감소하고 있다. 또한 최대내력 이후에 판폭두께비가 증가함에 따라서 좌굴내력이 급격히 감소하고 있다.

SM570 강재가 압축재로 사용되기 위해서는 압축재에 관한 설계기준을 만족해야 한다. 그림 15에 허용압축응력도에서 정하고 있는 설계식과 중심압축 실험치를 비교하였다. 압축좌굴내력이 SM570 강재의 설계기준값인 4.1tonf/cm²보다 박스형 기둥의 경우 1.29배, H형 기둥의 경우 1.4 배 높게 나타났다. 실험치가 단기허용응력보다 높으므로 현행 강구조 계산규준으로 SM570 강재를 압축재 설계할 수 있음을 알 수 있다.

압축재의 기존 설계기준은 강종에 따른 재료강도, 제작법(압연 또는 용접), 단면형태(박스형, H형, 원형), 좌굴 축방향(강축 또는 약축), 잔류응력의 크기 및 분포, 원치짐량의 차이를 구분하지 않고 단일 설계식을 사용해왔다. 최근 경제적인 설계를 위해서 ECCS(European Convention for Constructional Steelwork)와 SSRC (Structural Stability Research Council) 등에서 좌굴곡선을 제안⁽⁵⁾하고 있다. 그림 16에

ECCS의 좌굴(응력)곡선과 중심압축 실험치를 비교하였다. 또한 LRFD 설계기준을 비교곡선으로 도시하였다. 중심압축 실험치들이 박스형과 H형 구분없이 고강도강에 해당되는 ECCS a0 곡선에 위치하고 있음을 알 수 있다.

3.4 소성변형능력

기존의 건축용 강재 대비 SM570 강재의 소성 변형능력을 비교하기 위해서 SS400 강재를 비교 강재로 선정하였다. BB57-21-50 시험체와 비교하기 위해서 SS400을 built-up 박스형으로 제작하였다. 표 6에 두 시험체를 비교하였다. BB57-21-50과 BB40-27-50은 시험체 크기와 판폭두께비 및 세장비가 서로 상이하다. 그러나 강재의 항복강도를 고려한 세장변수가 동일하고, 판폭두께비에 있어서 제한치 대비 판폭두께비가 유사하기 때문에 소성변형능력을 상호 비교하였다.

BB57-21-50 시험체와 BB40-27-50 시험체의 하중-변위곡선을 그림 17에 나타내었다. BB57-21-50 시험체의 경우 항복점이 분명히 나타나고 있으며 서서히 소성변형이 일어나다가 최

표 6. 소성변형능력 비교용 시험체 일람

| | 시험체 치수 (mm) | | | | | 판폭두께비 | | | 세장비 λ | 세장변수 $\bar{\lambda}$ |
|------------|-------------|-----|----|----|------|-------|------|-----------|------------------|-------------------------|
| | d1 | d2 | t1 | t2 | L | 제한치 | b/t | (b/t)/제한치 | | |
| BB57-21-50 | 275 | 275 | 12 | 12 | 2734 | 36.5 | 20.9 | 0.573 | 28.4 | 0.48 |
| BB40-27-50 | 345 | 345 | 12 | 12 | 5504 | 47.8 | 26.8 | 0.561 | 42.8 | 0.47 |

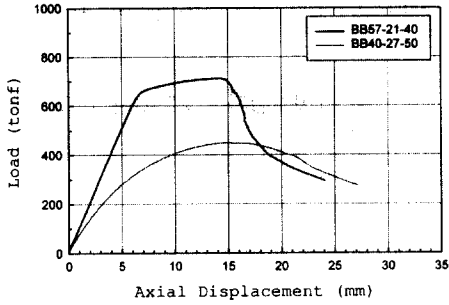


그림 17. 하중-변위곡선(BBXX-X-50)

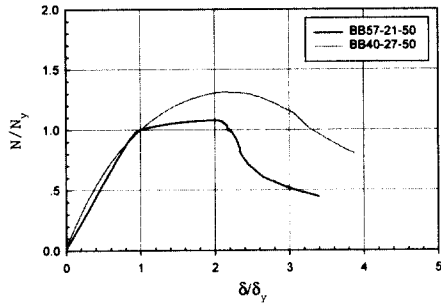


그림 18. 무차원화된 하중-변위곡선(BBXX-X-50)

대내력에 도달한 후 좌굴내력이 급격히 저하하고 있다. 그러나 BB40-27-50 시험체에서는 전체적으로 완만한 소성변형거동을 보이고 있다. 두 시험체를 상호 비교하기 위해서 종축은 좌굴내력 N 을 항복내력 N_y 로 나눠서 무차원화 하였고, 횡축은 축변위량 δ 를 항복내력변위 δ_y 로 나눠서 무차원화 하여 그림 18에 나타내었다. 최대내력은 BB57-21-50 시험체에서는 항복내력의 1.08배, BB40-27-50 시험체에서는 항복내력의 1.31배로 항복비가 낮은 BB40-27-50 시험체가 소성내력 측면에서 우수하였다. 그러나 최대내력변위는 BB57-21-50 시험체의 경우 항복내력변위의 1.96배, BB40-27-50 시험체의 경우 항복내력변위의 2.18배로 소성변위 측면에서 두 시험체가 유사한 수준이다. 따라서 소재실험에서 SM570 12t의 항복비가 0.86이고 SS400 12t의 항복비가 0.75로 SS400 강재 대비 SM570 강재의 항복비가 1.2배 높음에도 불구하고 SM570 강재의 소성변

형능력은 SS400 강재에 비해서 그다지 떨어지지 않음을 알 수 있다.

4. 결론

- (1) 강구조 계산규준이 정하고 있는 판폭두께비의 제한치를 만족시키는 기둥부재의 최대내력은 부재의 국부좌굴에 의해 결정되었으며 국부좌굴 발생 후 내력이 저하하는 현상을 보였다. 그러나 판폭두께비의 제한치를 만족시키지 못하는 경우에는 충분한 단면내력성능을 발휘하지 못하고 최대내력이 도달하기 전에 국부좌굴에 의해서 급격히 좌굴내력이 저하하였다. 이것으로 보아 현행 강구조 계산규준의 판폭두께비 기준으로 SM570 강재를 사용할 수 있음을 알 수 있다.
- (2) 압축좌굴내력이 SM570 강재의 설계기준값인 4.1tonf/cm²보다 높게 나타났다. 이것은 SM570 강재가 현행 압축재 설계기준을 만족함을 의미한다.
- (3) ECCS의 좌굴곡선에서 고강도강에 해당되는 a₀ 선도에 SM570 강재의 실험값들이 위치하고 있다. 따라서 ECCS 좌굴곡선에 SM570 강재를 적용할 수 있음을 알 수 있다.
- (4) SM570 강재가 항복비가 SS400 강재보다 1.2배 높음에도 불구하고 SM570 강재의 소성변형능력은 SS400 강재에 비해서 그다지 떨어지지 않았다.

참고 문헌

1. 岡田忠義, "高性能鋼", 建築技術, 1996, 2, pp.76~85
2. 임성우, 장인화, "고장력강의 경제성 평가", RIST 연구논문, 1999, 제13권, 2호, pp. 127~132

3. 강구조계산규준 및 해설, 대한건축학회, 1983
4. 임성우, 고상기, 하동우, 오상훈, 장인화, “고장력(SM570)강재의 재료특성에 관한 연구”, 2000, 제12권, 6호, pp.649~659

5. 座屈設計ガイドライン, 土木學會, 1987, pp. 77~103

(접수일자 : 2000년 10월 24일)