

기동 항복형 철골라멘의 복원력 특성

Restoring Force Characteristics of Column Yield Type Steel Rahmen

윤 명 호*

Yoon, Myung-Ho

Abstract

It is generally known in seismic design that the beam yield type frames have more advantages than column yield type of which damage is likely to concentrate to any story. However we may design a building as a beam yield type, it becomes actually a column yield type collapse mode for slab floor diaphragm effect. Considering these points, the column yield type frames are selected and designed as the specimens.

The object of this study is to grasp quantitatively the restoring force characteristic values and to estimate the seismic performances of column yield type steel rahmen.

키워드 : 기동항복형, 복원력 특성, 내진성능

Keywords : column yield type, restoring force characteristic, seismic performances

1. 서 론

일반적으로 내진설계시에는 특정층에 손상이 집중하기 쉬운 기동항복형 보다는 보항복형으로 설계하는 것이 유리한 것으로 알려져 있다. 그러나, 보항복형으로 설계하더라도, 실제로는 보는 슬래브의 구속효과에 의해 내력 및 강성이 기동에 비해 상대적으로 증가하여 기동항복형의 붕괴메카니즘을 가질 수 있는 가능성이 매우 높게 되는 점에 주목하여 본 골조 실험체는 기동항복형으로 실험체를 설계하였다.

본 연구의 목적은 기동항복형 철골라멘의 복원력 특성치들을 정량적으로 파악함으로써 보유내진성능을 평가하는데 있다.

2. 실험체 계획

2.1 고려 사항

현재, 건축물에서는 에너지 집중형인 기동 항복형 붕괴모드가 아닌 에너지 분산형인 보항복형 붕괴모드에 따라 설계를 하고 있다. 그러나 실제적으로 보항복형 골조의

상부에 슬래브에 의한 구속효과로 인하여, 보의 강성이 증대되는 현상이 나타나, 기동항복형 골조와 같은 거동을 보일 가능성이 높다. 또한 이를 설계에 고려하여 기동의 강성을 증가시키기 위해 치수를 늘리는 것은 현실적으로 비경제적인 설계가 될 수밖에 없다. 따라서, 본 실험에서는 이와 같은 상황을 가정하여 기동항복형 골조를 대상으로 실험하였고, 현재 현장에서 가장 많이 쓰이고 있는 공장 용접형 골조와, 브라켓 이음 골조를 택하였다. 패널존은 강패널로 설계하였다 본 실험은 브라켓이 없는 FSP-NB 실험체를 기준 실험체로 하였다. 브라켓이 설치된 실험체는 보이음 위치가 전단력을 가장 작게 받는 위치에 있는 것으로 가정하여 기동의 외주면에서 689mm 떨어진 곳에 위치하여 설치하였다. 고장력 볼트 및 이음관은 볼트 구멍의 면적을 공제한 유효 단면적의 강도를 전달할 수 있도록 설계하는 것이 관행이므로 보의 이음부에는 플랜지와 웨브에 각각 F10T-M20 고장력 볼트를 편축으로 8개씩 배치하였다.

2.2 실험체 종류

대상 실험체는 Bracket의 설치 유무에 따라 총 2개를 제작하였으며, 실험체 일람은 다음 표2.1에, 실험체 형상 및 주요 부분 상세를 그림2.1~2.3에 나타내었다.

* 정희원, 천안공업대학 건축과 교수, 공학박사, 건축구조기술사

3. 실험 결과

3.1 재료시험

골조 실험체의 제작에 사용된 강관의 역학적 성질을 파악하기 위하여 실험체와 동일한 SS400강재에서 보의 플랜지에서 3개, 웨브에서 3개를 채취하였고, 기둥 또한 플랜지와 웨브에서 각각 3개씩 채취하여 인장강도 시험을 행하였다. 제작에 있어서는 산소용접절단으로 인한 열영향을 없애기 위하여 전 과정을 기계가공만으로 제작하였으며, KS B 0801 14B호의 금속재료 인장 시험편 규정을 따랐다. 각 시험편에 2개의 스트레인 게이지를 부착하여 응력-변형도 관계를 파악하였으며 그림 3.1과 표 3.1에 나타내었다.

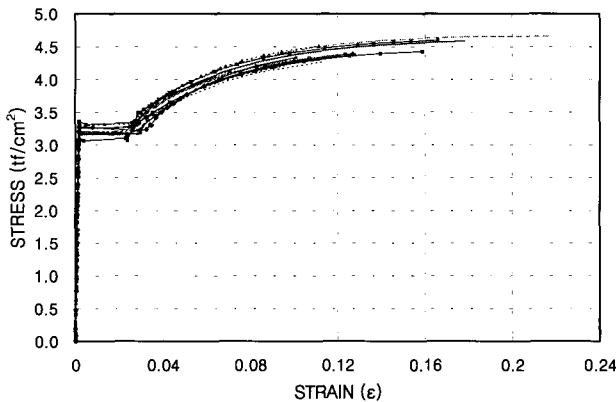


그림 3.1 소재의 응력도-변형도 관계

SS400 강재의 인장시험결과 항복강도가 $3.34 t/cm^2$ 으로 공칭항복강도 $2.4 t/cm^2$ 보다 다소 높게 나타나지만 대부분의 강재에서는 정상적인 현상이며, 항복비는 0.7정도로 양호한 편이다.

표 3.1 인장 시험편 소재 실험 결과

위치	항복응력도 tonf/cm ²	최대응력도 tonf/cm ²	연신율 (%)	항복비 (%)
B-F	3.18	26.5	26.5	71.2
B-W	3.21	26.78	26.78	72.22
C-F	3.13	29.72	29.72	68.76
C-W	3.24	28.48	28.48	69.58

3.2 본실험

3.2.1 하중-변위 관계

브라켓이 있는 실험체나 없는 실험체 모두 최대 하중이나 최대 변위가 대체로 비슷한 값이나, 브라켓이 있는

FSP-B 가 약간 큰 값을 나타내었다.

하중 변위 곡선을 그림 3.2~3.3에, 최대하중과 최대 변위를 표 3.2에 나타내었다.

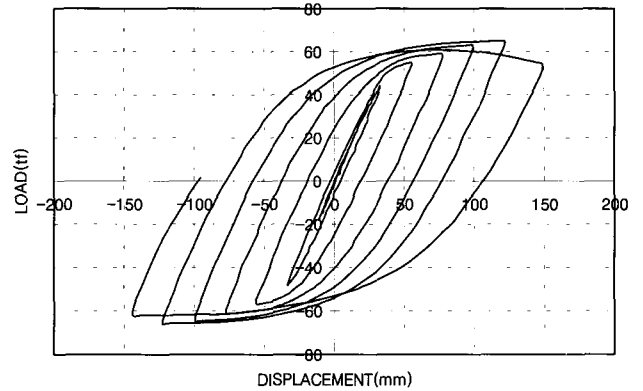


그림 3.2 FSP-NB 하중-변위 관계

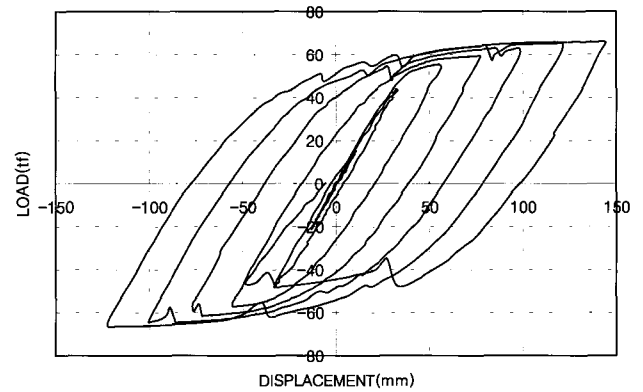


그림 3.3 FSP-B 하중-변위 관계

표 3.2 최대하중 및 최대변위

실험체	가력방향	Pmax (tonf)	Δmax (mm)
FSP-NB	+방향	64.8	121.99
	-방향	-65.3	-113.49
FSP-B	+방향	65.65	144.49
	-방향	-66.17	-122.49

3.2.2 항복하중 및 항복변위

항복 하중 및 항복 변위를 결정하기 위해서 하중-변위 곡선을 단조화하여 적용하였으며, 초기 강성과 초기강성의 기울기의 1/3에 해당하는 강성이 하중-변위 곡선과 만나는 점에서 접선과의 교차점을 P_y , Δ_y 로 결정하였다.

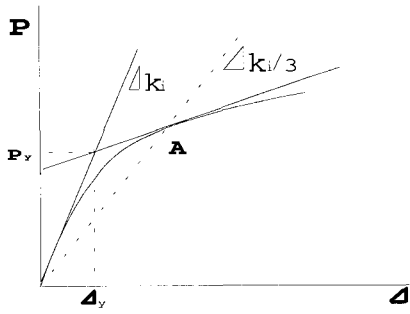


그림 3.4 항복하중 및 항복변위의 결정

표 4-4 각 실험체의 K_i, P_y, Δ_y

실험체	가력방향	P_y (tonf)	Δ_y (mm)	K_i
FSP-NB	정방향	57.7	37.4	1.54
	부방향	-58.71	-39.1	1.54
FSP-B	정방향	55.88	38.8	1.44
	부방향	-58.32	-38.8	1.50

3.2.3 무차원화 모멘트-회전각 ($M/M_p - \Theta/\Theta_p$) 관계

모멘트-회전각 관계를 항복하중시의 모멘트 (M_p) 및 회전각 (Θ_p)로 나누어 무차원화하여 그림3.5~6에 나타내었다.

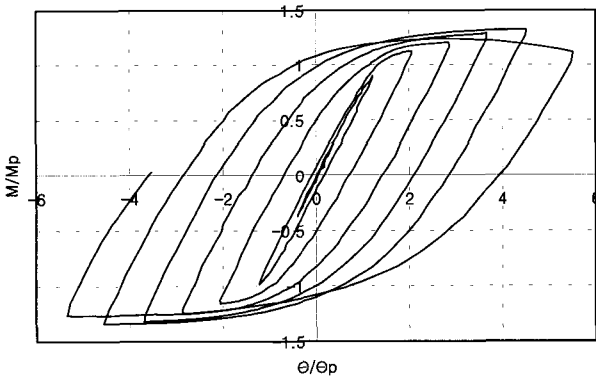


그림 3.5 FSP-NB의 $M/M_p - \Theta/\Theta_p$ 의 곡선

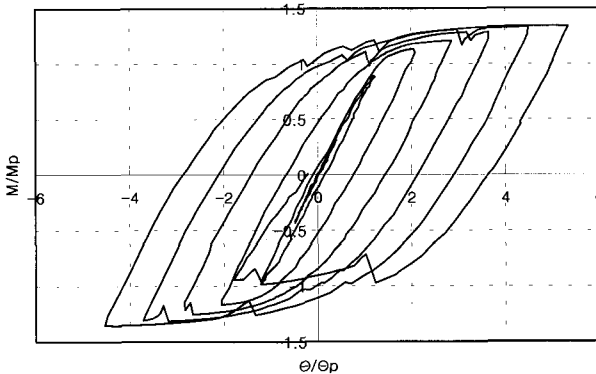


그림 3.6 FSP-B의 $M/M_p - \Theta/\Theta_p$ 곡선

3.2.4 붕괴 메커니즘에 대한 고찰

1) 소성 변형도의 정의

소성현저 형성시의 변형도는 항복변형도의 10배로 가정하였다. 그림3.7에서 보듯이 이 부재단면의 약 90%가 항복하게 되는 시점인데, 단면이 전부 소성화되는 경우의 변형도값은 이상적인 경우(중립축의 변형도가 항복변형도에도달해야 함)이므로 이와 같이 가정하였다. 따라서 $\epsilon_p = 15000\mu$ 이다.

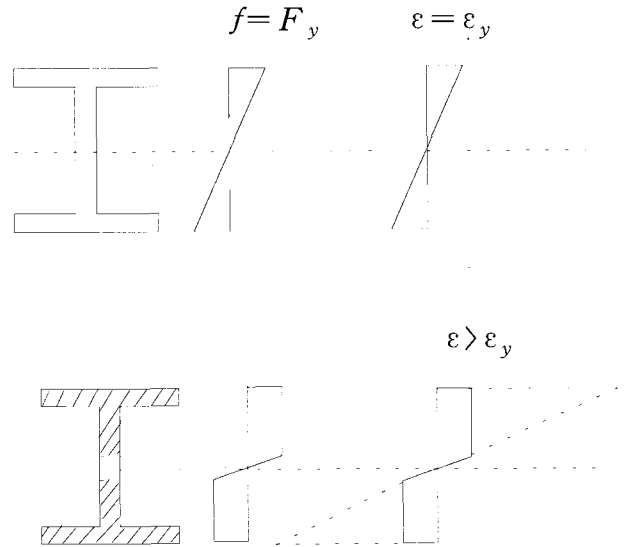


그림 3.7 항복 변형도 및 소성 변형도의 정의

부재의 항복과 소성화를 관찰하기 위해서는 부재의 각 부분에 설치한 게이지의 수치를 상대적으로 비교하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 누적 회전각에 대한 변형도 곡선을 표현하여 살펴보기로 한다.

이렇게 함으로써 각 실험체의 붕괴 메커니즘을 파악할 수 있다.

2) FSP-NB

그림3.8은 FSP-NB 실험체의 게이지값 중에서 15000μ 이상인 각 부분의 최대값을 그려놓은 것이다. 이로부터 판단할 때, 이 실험체의 붕괴 메커니즘은 다음과 같다.

FSP-NB의 붕괴 순서:

- ①우측기둥 하단부
- ②우측기둥 상단부
- ③좌측기둥 하단부
- ④좌측기둥 상단부

3) FSP-B

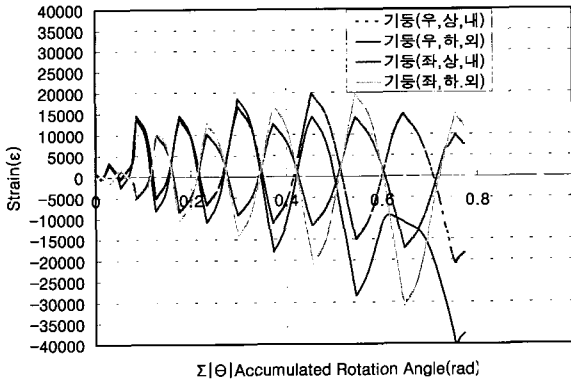


그림 3.8 FSP-NB의 붕괴 메카니즘

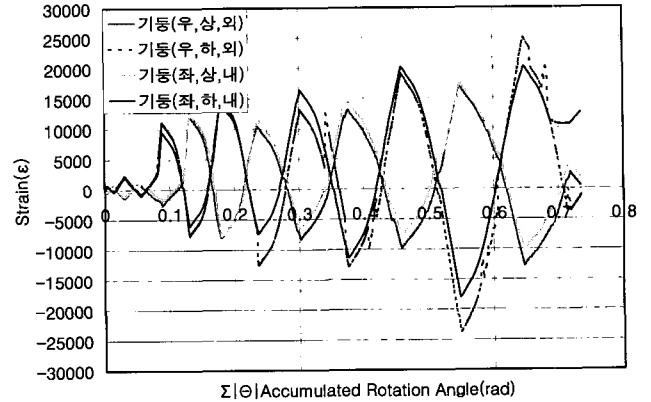


그림 3.9 FSP-B의 붕괴 메카니즘

위 실험체는 총 4개의 소성힌지가 발생하여 파괴되었다.

①번~③번 소성힌지까지는 부재내의 응력 재분배를 통하여 강성의 저하현상과 함께 하중의 증가 현상이 있었지만, ④번 소성힌지가 발생하면서, 실험체는 더 이상의 하중을 견디지 못하고, 최종 붕괴에 이르게 되었다.

위의 그림은 FSP-B 실험체의 게이지값 중에서 15000 이상인 각 부분의 최대값을 그려놓은 것이다. 위의 그림으로 판단할 때, 이 실험체의 붕괴 메카니즘은 다음과 같다.

FSP-B의 붕괴 순서:

- ①좌측기둥 하단부
- ②우측기둥 하단부
- ③좌측기둥 상단부
- ④우측기둥 상단부

위 실험체는 총 4개의 소성힌지가 발생하여 파괴되었다.

붕괴 순서는 다르지만 내용은 FSP-NB와 동일하게, ①번~③번 소성힌지까지는 부재내의 응력 재분배를 통하여 강성의 저하현상과 함께 하중의 증가 현상이 있었지만, ④번 소성힌지가 발생하면서, 실험체는 더 이상의 하중을 견디지 못하고, 최종 붕괴에 이르게 되었다.

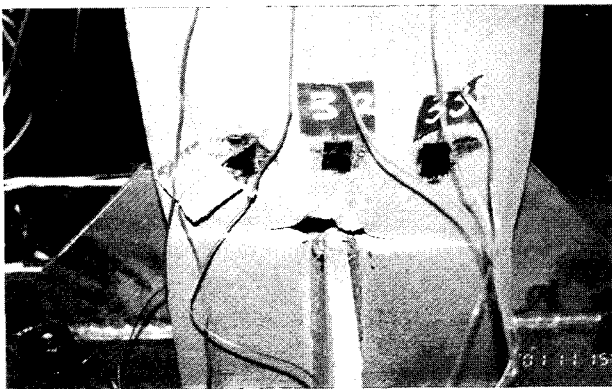


사진 3.1 실험중요시 주각부 파단(FSP-NB)

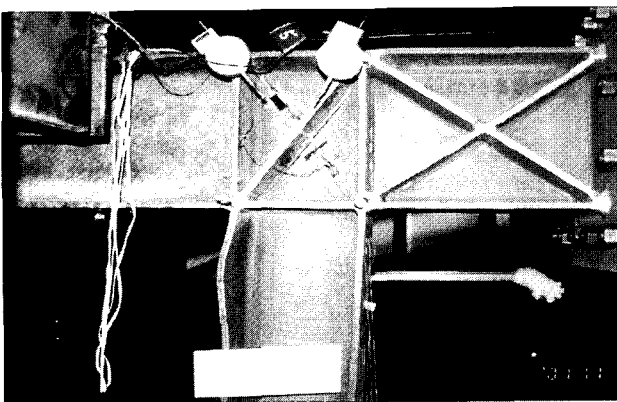


사진 3.2 기둥상부 플랜지 국부좌굴(FSP-NB)

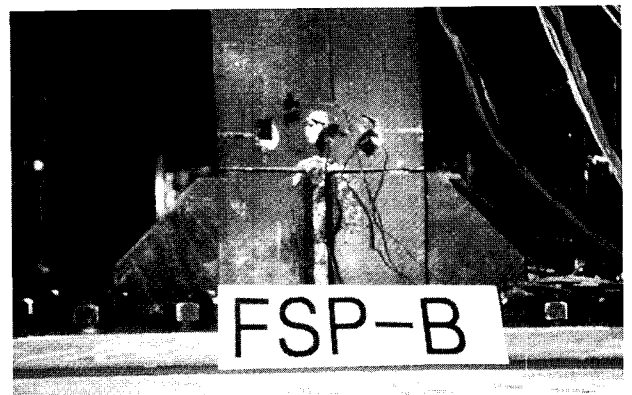


사진 3.3 실험 종료시 주각부 파단(FSP-B)

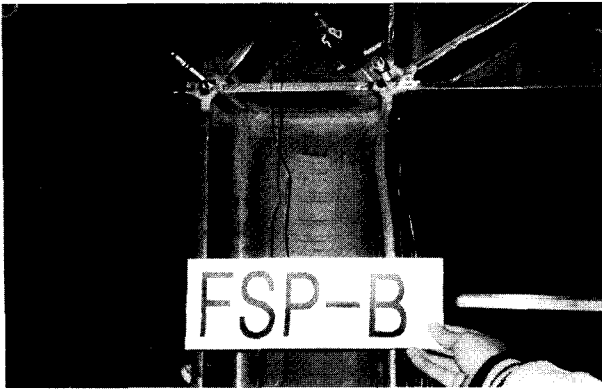


사진 3.4 기둥 상부 플랜지 국부좌굴(FSP-B)

3.2.5 에너지 흡수량

하중-변위 관계로부터 각 실험체의 에너지 흡수량을 골격(skeleton)부와 바우싱거(Baushinger)부로 나누어 계산하여 표3.4에 나타내었으며, 그림3.10~11에서 그래프로 비교하였다.

표 3.4 에너지 흡수량

실험체명	가력방향	skeleton (tf cm)	baushinger (tf cm)	total (tf cm)
FSP-NB	+	889.45	810.24	1699.7
	-	908.2	1133.79	2042
	합계	1797.65	1944.03	3741.7
FSP-B	+	1114.3	1531	2545.3
	-	883.3	1226.2	2114.5
	합계	1997.6	2757.2	4659.8

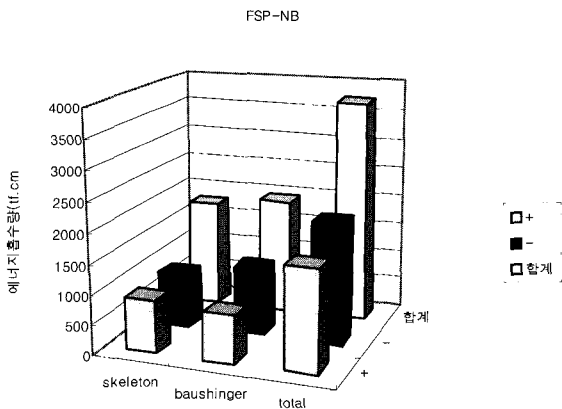


그림 3.10 FSP-NB의 에너지 흡수량

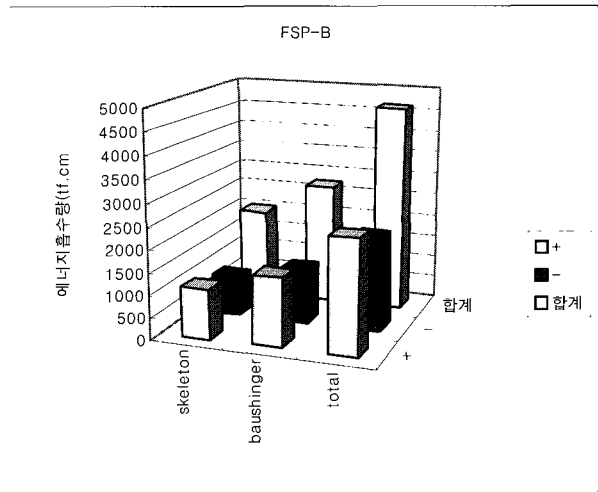


그림 3.11 FSP-B의 에너지 흡수량

4. 결론

이상의 실험 결과로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1) 패널존이 보강되어 있기 때문에 이 부분의 부재에서 과도한 변형을 막을 수 있었지만, 대신 주각 용접부의 응력집중에 의하여 용접부에서의 취성 파단으로 붕괴에 이르고 실험이 종료되었다.

2) 각 실험체의 붕괴 메카니즘을 살펴 보면 모든 실험체에서 소성 힌지는 총 4개가 발생하였으며, 소성힌지 발생 위치는 그둥 하단부와 기둥 상단부에서 소성힌지가 발생하여 최종 붕괴 모드가 형성 되었다.

3) 브라켓이 있는 FSP-B 계열의 실험체가 브라켓 없는 FSP-NB계열보다 연성이나 에너지 흡수량 면에서 다소 높게 나타났다.

참고문헌

- Sang-Dae Kim et al, "Inelastic Analysis of Tall Reinforced Concrete Buildings", The 6th EASEC, Jan 14-16, 1998. Taipei, Taiwan, pp1873-1878
- 원학재, "변위계수법(DCM)을 이용한 보통모멘트 저항 철골골조의 내진 성능 평가", 한양대학교 석사학위 논문

문, 2001. 12

3. 김희동 외, “보항복형 비가새 골조의 P- Δ 영향에 관한 실험적 연구” 한국 강구조학회 논문집 13권 4호, 2001년 8월, pp363-372

4. 심성욱, “슬릿형 개구부를 갖는 이력형 강재댐퍼의 복원력 특성”. 한양대학교 석사학위 논문, 2000. 6

5. 건설부, “내진 설계 지침에 관한 연구”, 1987. 12, p73-74

6. 김상대, 정석창, “철골 모멘트 골조의 비탄성 거동에 대한 실험적 연구” 대한 건축학회 논문집 15권 5호, 통권 127호, 1999년 5월, p47-54

7. Seung-Eock Kim, Dong-Ho Lee, “Second-order distributed plasticity analysis of space steel frame” Engineering Structure 24(2002), p735-744

8. 권근태, 이철호, “패널존 변형을 고려한 철골모멘트골조의 탄성 횡변위 약산법” 대한 건축학회 학술 발표대회 논문집 16권 2호, 1996년 10월, p555-559

9. Nakashima, M., Suita, K., and Morisako, K.(1998).“Tests of welded beam-column subassemblies; II: Detailed behavior.” J. Struct.Engrg., 124(11), 1245-1252