

모멘트 링크보의 이력 거동

Cyclic Behavior of Moment Link Beams

김 태 영¹⁾ · 김 상 섭²⁾ · 김 영 호³⁾ · 정 회 용⁴⁾ · 김 규 석⁵⁾

Kim, Tai-Young Kim, Sang-Seup Kim, Young-Ho Cheong, Hoe-Yong Kim, Kyu-Suk

요 약 : 편심브레이스골조의 설계에서 가장 중요한 인자는 링크보의 길이이다. 링크보의 길이에 따라 편심브레이스골조의 거동과 파괴메카니즘이 결정된다. 링크보의 길이가 짧아져 전단력에 의해 소성화되면 중심브레이스골조와 대등한 수평방향강성과 모멘트 연성골조의 연성을 동시에 확보할 수 있다. 또한 링크보의 길이가 길어지게 되면 링크보는 모멘트에 의해 소성화 되어 연성적인 거동을 확보할 수 없게 된다. 근래에 이르러 건축계획적인 측면에서는 링크보의 길이가 길어지는 것이 입면 및 단면계획이 용이하며, 그 필요성이 증대되고 있지만, 모멘트 링크에 대한 기존의 연구가 많이 수행되어 있지 않으며, 이와 관련된 자료가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 실험을 통해 다양한 접합디테일을 가진 모멘트링크보의 거동을 규명하고 모멘트링크보의 거동을 개선시킬 수 있는 접합디테일을 제시하고자 한다. 4개의 접합 디테일을 가진 총 16개의 실험체를 계획하여 이력거동 실험을 수행하였다.

ABSTRACT : The length of the links in an eccentrically braced frame will dictate the behavior of the frame. Link length controls the yielding mechanism and the ultimate failure mode. For short links, the links' shear forces reach the plastic shear capacity before the end moments reach the plastic moment capacity, and the links yields in the shear, forming a shear hinges. These links are termed "shear links." For long links, the end moments reach the plastic moment capacity before the links' shear forces reach the plastic shear capacity, forming moment hinges. These links are termed "moment links." In long links, flexural yielding dominates the response, and very high bending strains are required at the link ends to produce large link deformations. In a shear links, the shear force is constant along the length of the links, and the inelastic shear strain are is uniformly distributed over the length of the links. This permits the development of large inelastic link deformations without the development of excessively high local strains. However, The use of eccentrically braced steel frames for the purpose of architectural considerations such as openings and doors, areis dictating the use of longer links, though. Little data areis available on the behavior of long links under cyclic loading conditions. In This paper documents the results of an experimental program is that was conducted to assess the response of moment links in eccentrically braced frames. Sixteen specimens aware tested using a cyclic load.

핵심용어 : 편심브레이스 골조, 모멘트링크보, 이력거동

KEYWORDS : Eccentrically Braced Frames, Moment Link Beam, Cyclic behavior

1. 서 론

편심브레이스골조는 일상적인 하중에서는 뛰어난 수평방향 강성을 지니고 있으며, 지진하중과 같은 과하중이 작용하는 경우 링크보만이 소성변형함으로써 연성적인 거동을 확보할 수

있는 골조 시스템이다(그림 1). 편심브레이스골조의 거동에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 링크보의 길이이다.

링크보의 길이가 길어지는 경우 링크보는 모멘트에 의해 소성화되며, 링크보의 길이가 짧아지는 경우 전단력에 의해 소성화 된다. 링크보에 발생하는 휨모멘트는 링크보의 양 단부에

1) 정회원, (주)나라구조엔지니어링, 과장, 공학박사
(Tel. 02-2260-3359, Fax. 02-2277-5042, E-mail: hinge@dgu.ac.kr)
2) 정회원, 한국기술교육대학교 건축공학과, 부교수, 공학박사(kimss@kut.ac.kr)
3) 정회원, BBM코리아(주), 실장, 공학박사(steelkyh@dreamwiz.com)
4) 정회원, 계명구조 기술사 사무소, 소장, 공학박사(keieng@kornet.net)
5) 정회원, 동국대학교 건축공학과 교수, 공학박사(kimks@dongguk.edu)

본 논문에 대한 토의를 2003년 12월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

집중되며, 전단력은 링크보의 전 길이에서 일정한 값을 갖는다. 따라서 링크보가 전단력에 의해 소성화되는 경우 변형이 링크보의 전 길이에 고르게 분포되기 때문에 연성적인 거동을 확보할 수 있지만, 모멘트에 의해 소성화되는 경우 변형이 단부에만 집중되어 연성적인 거동을 확보할 수 없게 된다. Hjelmsstad와 Popov(1986.a)는 스티프너에 의해 적절히 보강된 전단링크보가 에너지흡수능력과 연성에 뛰어난 성능이 있다는 것을 실험을 통해 입증하였다.

건축계획적인 측면에서는 링크보의 길이가 길어지는 것이 입면 및 단면계획이 용이하며, 그 필요성이 증대되고 있다. 그러나 모멘트링크에 대한 기존의 연구가 많이 수행되어 있지 않으며, 이와 관련된 자료가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 실험을 통해 다양한 접합디테일을 가진 모멘트링크보의 거동을 규명하고 모멘트링크의 거동을 개선시킬 수 있는 접합디테일을 제시하고자 한다.

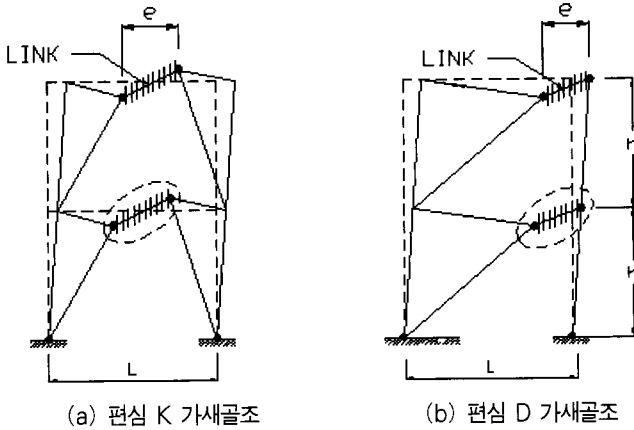


그림 1. 편심브레이스골조의 비탄성 변형

2. 기존의 연구

2.1 링크보의 분류

링크보의 길이가 길어지면 링크보는 모멘트에 의해 소성화되며, 길이가 짧은 경우 전단력에 의해 소성화된다. 모멘트에 의해 소성화되는 경우 변형도가 링크의 단부에 집중되어 연성적인 거동을 하지 못하며, 전단력에 의해 소성화되는 경우 링크 전 길이에 전단변형도는 일정하므로 연성적인 거동을 하게 된다. 전단력에 의해 소성화되는 링크를 전단링크라 하며, 모멘트에 의해 소성화되는 링크를 모멘트링크라 한다.

이론적으로 전단링크보의 한계값은 링크보에 발생하는 축력을 무시하면 그림 2와 같이 링크보의 자유물체도를 고려하여 산정 할 수 있다.

일반적으로 링크보 양단부의 모멘트중 링크-기둥 접합부분에서의 휨모멘트가 더 크게 나타나지만 링크보의 한쪽 단부가

먼저 모멘트에 의해 소성화 되는 경우에도 다른쪽 단부에 모멘트를 분배함으로써 양단부가 모멘트에 의해 소성화되기 이전까지는 안정성을 유지할 수 있다.

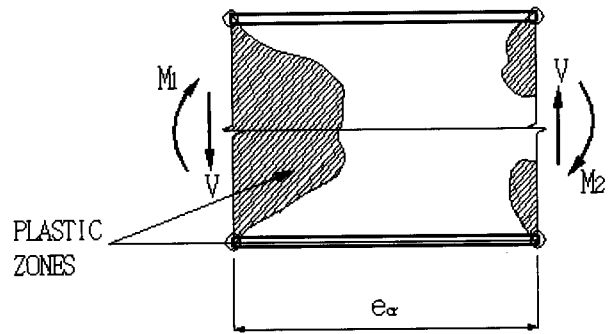


그림 2. 링크보의 자유물체도

따라서 링크보의 웨브가 전단력에 의해 소성화 되고 양단부가 모멘트에 의해 소성화 되었을 경우, $M_1 = M_2 = M_p$ 가 되고 $V = V_p$ 가 된다.

전단링크보의 한계길이는 힘의 평형조건을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$e_{cr} = \frac{2M_p}{V_p} \quad (1)$$

식 (1)을 통해 링크보의 무차원길이($\frac{e}{M_p/V_p}$) 2.0이 이룬 적인 전단링크보의 한계값이 됨을 알 수 있다.

Popov(1986.b) 등에 의하면 재료의 변형도 경화에 의해 링크보의 최대 내력은 $M = 1.2M_p$, $V = 1.5V_p$ 까지 나타나며, 이를 근거로 AISC-LRFD(1994)에서는 다음과 같이 링크보를 분류하고 있다. 그러나 김(2002)등에 의해 국내에서 발표된 연구내용에 의하면 중간링크보와 모멘트링크보의 분류에 대한 보다 명확한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

$$\text{전단링크} \quad e \leq \frac{1.6M_p}{V_p} \quad (2)$$

$$\text{중간링크} \quad \frac{1.6M_p}{V_p} < e < \frac{2.6M_p}{V_p} \quad (3)$$

$$\text{모멘트 링크} \quad e \geq \frac{2.6M_p}{V_p} \quad (4)$$

여기서, $V_p = \sigma_y / \sqrt{3} (d - t_f) t_w$

$$M_p = Z\sigma_y$$

d = 링크보의 총

t_f = 플랜지의 두께

t_w = 웨브의 두께

e = 링크보의 길이

Z = 소성단면계수

2.2 모멘트 링크보의 회전능력

링크보의 회전능력은 편심브레이스골조 설계의 주요변수가 되며 수평하중에 의해 편심브레이스골조에 발생하는 층간변위와 링크보의 회전량과의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.(AISC-LRFD, 1994)

$$\delta_p = \frac{\gamma_p e h}{L} \quad (5)$$

여기서, δ_p = 골조의 소성층간변위

e = 링크보의 길이

h = 층고

L = 스패의 길이

θ_p = 소성 층간 회전각

γ_p = 링크보의 회전각

또한 AISC LRFD기준에서는 Popov의 실험결과(1986a, 1986b, 1984, 1983)를 바탕으로 다음과 같이 링크보의 회전능력을 평가하고 있다.

$$\frac{e}{(M_p/V_p)} \leq 1.6 \text{인 경우 } \gamma_{lim} = 0.09\text{rad} \quad (6)$$

$$\frac{e}{(M_p/V_p)} \geq 2.6 \text{인 경우 } \gamma_{lim} = 0.03\text{rad} \quad (7)$$

링크보의 무차원길이가 1.6~2.6 사이 구간에서는 식 (6)과 (7)을 직선보간하여 적용하고 있다.

3. 이력거동실험

3.1 실험계획

편심브레이스골조의 비탄성거동은 링크보의 거동에 의해 결정되며, 그림 3은 링크보에 발생하는 휨모멘트 및 전단력의 분포를 나타낸 것이다. 즉 링크보에 발생하는 휨모멘트는 링크보의 양단에 집중되며, 전단력은 링크보의 전길이에 걸쳐 일정하게 나타난다. 또한, 브레이스가 지나치게 예각이 아닌 경우 링크보에 발생하는 축력은 무시할 수 있을 정도로 작게 나타난다. 본 연구에서는 링크보에 발생하는 부재력을 이상화하기 위해 그림 4와 같이 가력 방법을 계획하였다. 본 연구에서 계획한 가력방법은 가력구좌의 회전에 의해 링크보에 다소의 축력이 발생될 수 있지만 그 크기는 미소하여 무시할 수 있을 것으로 판단된다. 실험체의 가력은 그림 5와 같이 변위제어로 조절하였다. 10사이클까지는 변위를 5mm씩 증가시켰으며,

11사이클부터는 10mm씩 변위를 증가시켜 실험체가 파괴되기 이전까지 가력하였다.

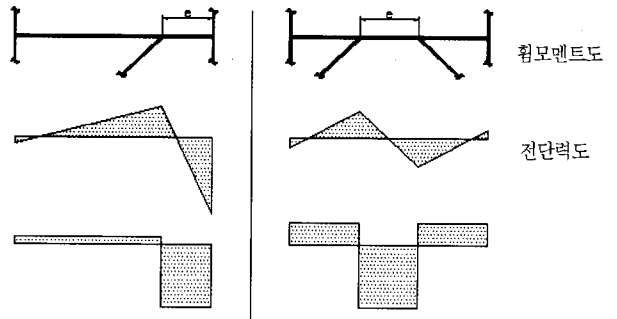


그림 3. 링크보의 부재력

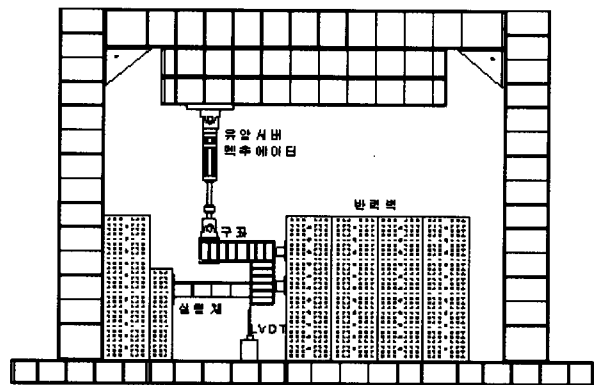


그림 4. 실험체 가력계획

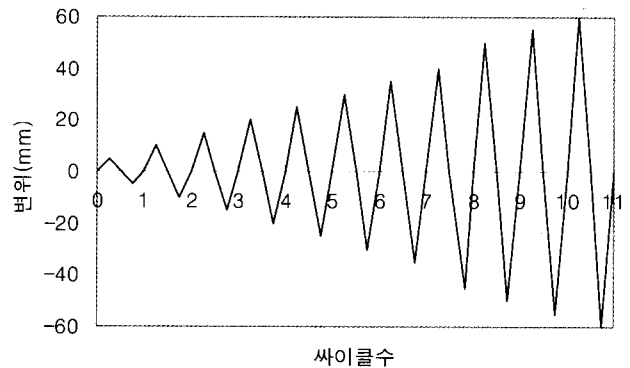


그림 5. 변위 이력

본 실험에서는 링크보-기둥 접합부의 디테일이 링크보의 소성화에 미치는 영향을 파악하기 위해 그림 6과 같이 4종류의 접합부를 계획하였다.

그림 6(a)와 같은 디테일의 접합부는 현재 국내에서 주로 사용하고 있는 강접합 디테일이며, 그림 6(b)와 같은 디테일의 접합부는 내진성능을 향상시키기 위해 웨브 스프라이스를 온둘레 모살용접으로 보강한 접합부이다.

그림 6(c)와 (d)는 링크보의 단부에 커버플레이트를 보강하

여 휨모멘트를 보강한 디테일로 모멘트 소성힌지를 커버플레이트가 끝나는 부분에서 강제로 발생되게 계획한 디테일이다.

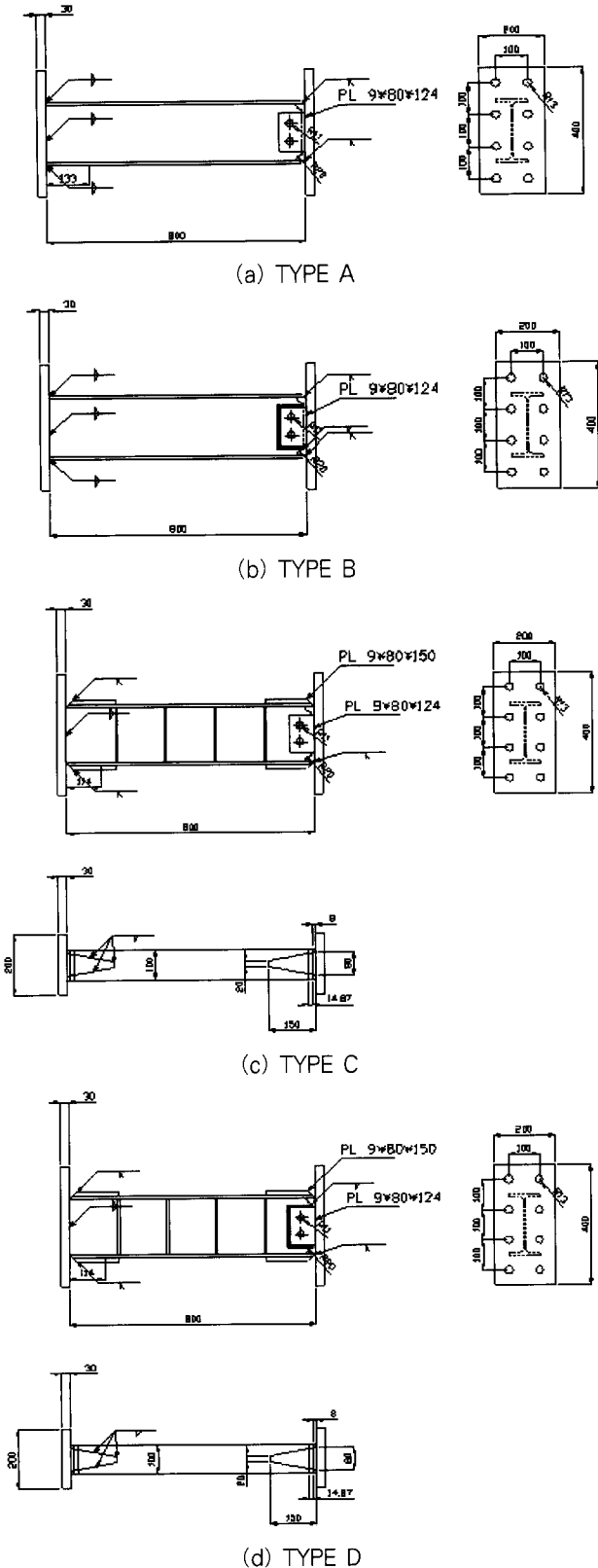


그림 6. 링크보 접합부 디테일

실험체는 두께 30mm의 엔드플레이트를 사용하여 접합시켰으며, 슬립방지를 위해 8개의 고력볼트를 접합하였다.

또한 본 연구에서는 링크보의 무차원길이와 스티프너의 보강간격에 따른 거동특성을 파악하기 위해 Popov에 의해 각각 중간링크보와 모멘트링크보로 분류된 무차원길이가 2.5, 3.1의 실험체를 계획하였다. 실험체계획은 표 1과 같다.

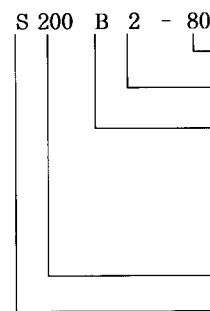
실험체는 모두 SS400재질의 H-200x100x5.5x8 단면을 사용하였다.

표 1. 실험체의 종류

실험체명 ¹⁾	길이 (cm)	스티프너 개수	a/tw	접합 디테일	무차원길이 $e/(M_p/V_p)^2$
S200A0-80	80	0	145.5	A	2.5
S200A0-100	100	0	181.8		3.1
S200B0-80	80	0	145.5	B	2.5
S200B2-80		2	48.48		
S200B4-80	4	29.09			
S200B0-100	100	0	181.8		3.1
S200B3-100		3	45.45		
S200B5-100		5	30.3		
S200C0-80	80	0	145.5	C	2.5
S200C2-80		2	48.48		
S200C4-80	4	29.09			
S200C0-100	100	0	181.8		3.1
S200C3-100		3	45.45		
S200C5-100		5	30.3		
S200D4-80	80	4	29.09	D	2.5
S200D5-100	100	5	30.3		3.1

주) 1) 실험체명

2) e=링크보의 길이



실험체길이 : 80cm, 100cm

스티프너개수 : 0,1,2,3,4

접합부디테일 :

A=일반 강접합 디테일

B=보강 강접합 디테일

C=커버 플레이트 디테일

D=보강 커버 플레이트 디테일

웹트러스(mm)

강재의 종류 S : SS재

3.2 실험결과 및 분석

3.2.1 소재시험결과

실험에 사용된 H형강의 기계적 성질을 파악하기 위해 실험체 제작에 사용된 H형강의 웹브와 플랜지에서 각각 2개의 인장시험편을 KS B 0801에 따라 제작하여 인장시험을 실시하였으며, 시험결과(평균값)는 표 2와 같다. 또한 인장시험 결과에 의해 산정한 실험체의 단면성능은 표 3과 같다.

표 2. 인장시험편의 기계적 특성

	σ_y (tf/cm ²)	σ_u (tf/cm ²)	σ_y/σ_u	E (kgf/cm ²)	연신율 (%)
플랜지	3.1	4.3	0.72	2.02×10^6	36
웹	3.22	4.4	0.73	1.93×10^6	36

표 3. 실험체의 단면성능

강 종	V_p (tf)	M_p (tf · m)	M_p / V_p (m)
SS 400	19.5	6.4	0.32

주) $V_p = \tau_y(d-t_f)t_w$, $M_p = \sigma_y Z$

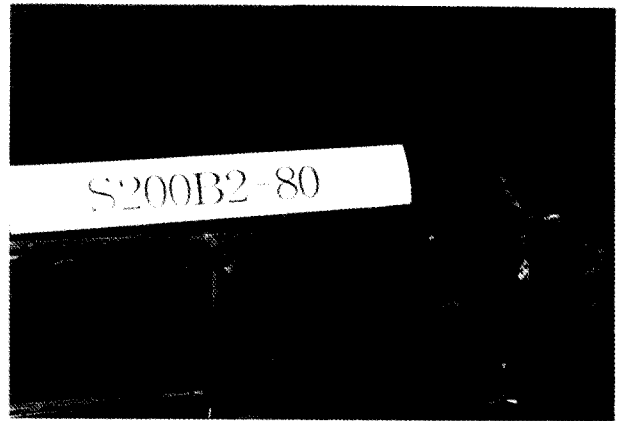
3.2.2 이력거동 특성

그림 7과 8은 각각 주요 실험체의 파괴성상 및 이력곡선을 나타낸 것이다. 링크보의 무차원 길이가 2.5인 S200A-80시리즈 실험체와 S200B-80시리즈 실험체는 거의 유사한 거동을 나타내었다. 두 시리즈 실험체에서는 웹의 좌굴이 발생되지 않았으며, 단부플랜지에 변형이 집중되어 플랜지가 찢어지면서 파괴되었다. 그림 8(a)는 S200A0-80실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다. S200A0-80실험체는 링크보의 우측단부에서 플랜지의 좌굴이 초기에 발생하였다. 그러나 플랜지의 좌굴이 링크보의 내력에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 15mm 사이클에서 고력볼트 접합된 웹 스플라이스에서 슬립이 발생되었으며, 하부 스킵과 플랜지가 찢어지면서 최종파괴 하였다. 그림 8(b), (c)는 각각 S200B0-80실험체와 S200B2-80실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다.

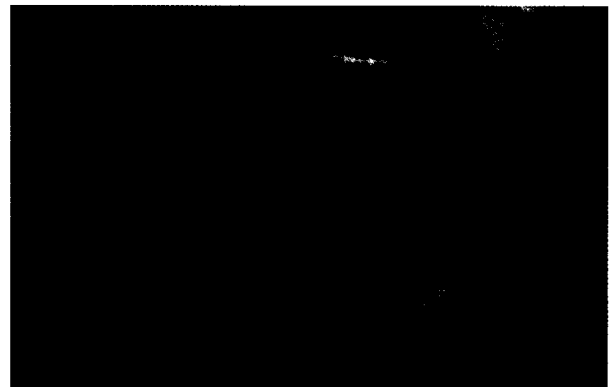
S200B0-80실험체의 경우 가력 초기에 우측플랜지 단부에서 좌굴이 발생하였으며, 이후 S200A-80실험체와 비슷한 거동을 나타내었다. 스티프너를 2개 보강한 S200B2-80실험체의 경우 내력의 증가는 미소하였지만 S200B0-80실험체에 비해 에너지소산능력이 다소 큰 것으로 나타났다. S200B4-80실험체의 경우 내력 및 에너지소산능력이 동일길이의 실험체보다 작게 나타났으며, 이는 스티프너의 보강으로 인해 웹의 변형이 완전히 구속되어 링크보의 양단부에 변형이 집중되었기 때문이다.

S200B-80시리즈 실험체는 모두 웹의 좌굴은 발생되지 않았으며, 접합부 스킵에서 발생한 균열이 진전하여 플랜지가 찢어지면서 최종 파괴하였다(그림 7(a)).

그림 8(d), (e)는 S200C-80시리즈 실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다. S200C-80시리즈 실험체는 S200A-80시리즈 실험체의 양단부 플랜지를 커버플레이트로 보강한 디테일로 모멘트 소성힌지를 커버플레이트가 끝나는 지점으로 강제 발생시켜 전단소성힌지를 유도한 디테일의 실험체이다. 커버플레이트의 길이가 15cm이므로 이를 제외한 링크보의 길이는 50cm가 된다. 50cm 링크보의 길이를 무차원 길이로 환산하면 1.56의



(a) S200B2-80



(b) S200C2-80

그림 7. 실험체의 파괴성상

값으로 전단거동이 지배적으로 나타나는 범위이다.

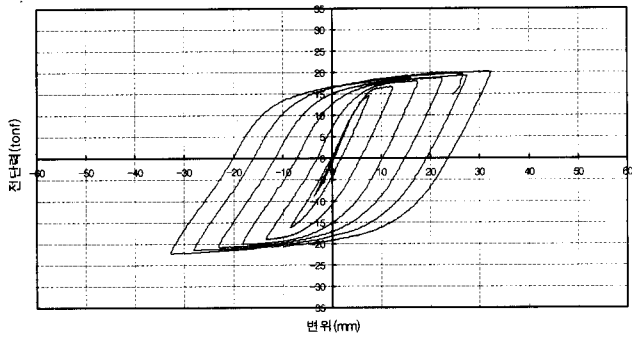
S200C2-80실험체의 경우 15mm 사이클에서 고력볼트 접합된 웹 스플라이스에서 슬립이 발생되었으며, 30mm 사이클에서 상부스킵에서 균열이 발생하였다.

최종파괴는 하부 플랜지 용접부가 찢어지면서 발생하였다. 링크보 웹의 좌굴은 발생되지 않았다. 그러나 웹을 보강하지 않은 S200C0-80실험체에 비해 에너지소산능력이 작은 것으로 나타났다.

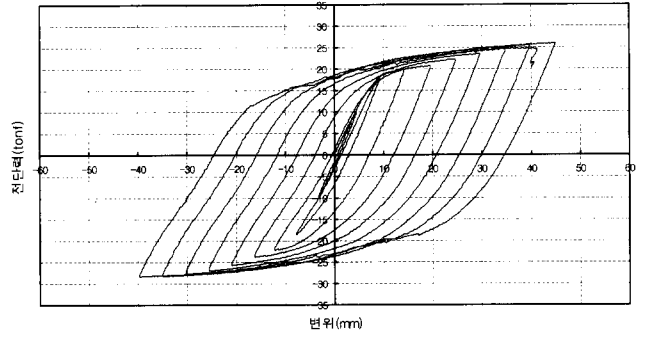
이는 스티프너의 보강에 의해 웹의 좌굴이 억제되었지만 접합부의 슬립으로 인해 충분한 소성거동을 발휘할 수 없기 때문이다.(그림 7(b)). 접합부의 슬립이 방지된다면 보다 연성적인 거동을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

S200C4-80실험체의 전반적인 거동은 S200C2-80실험체와 동일하게 나타났다.

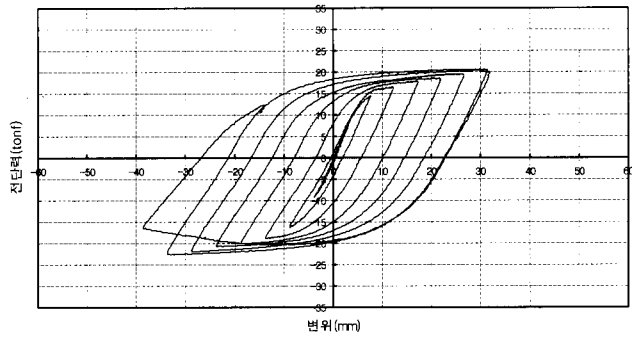
최종파괴는 접합부의 슬립으로 인해 발생한 스킵의 균열이 진전되어 하부플랜지가 찢어지면서 발생하였다. 접합부의 슬립이 발생되지 않는다면, 역시 연성적인 거동을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.



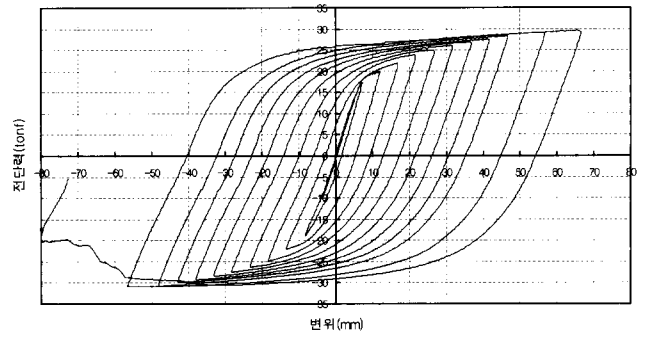
(a) S200A0-80



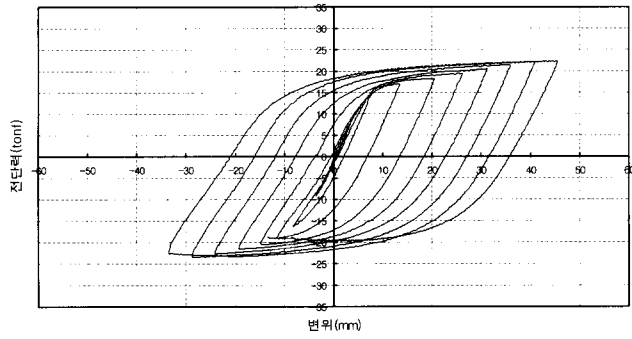
(e) S200C2-80



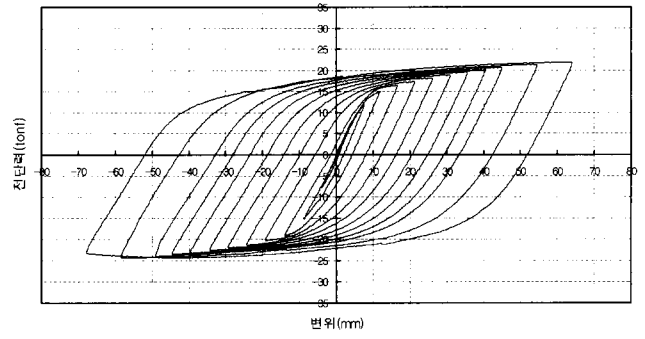
(b) S200B0-80



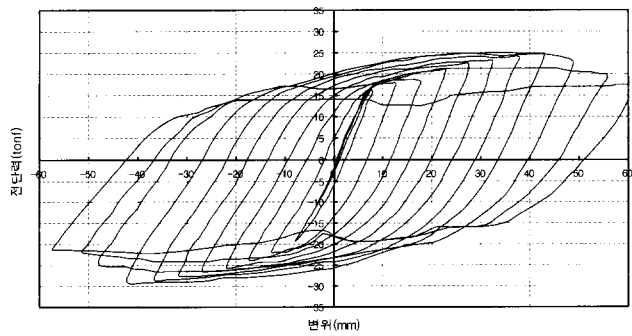
(f) S200D4-80



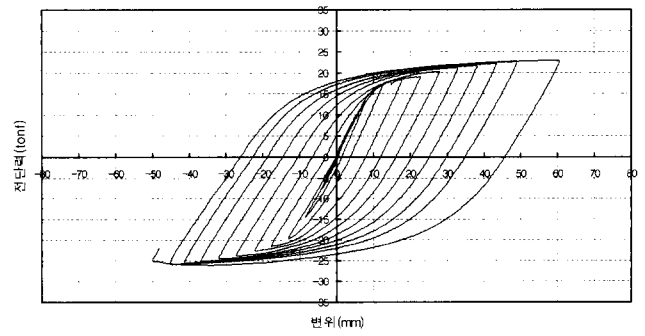
(c) S200B2-80



(g) S200C5-100



(d) S200C0-80



(h) S200D5-100

그림 8. 실험체의 이력곡선

표 4. 실험 결과

실험체명	V_{max} (tf)	V/V_p	M/M_p	δ_{max} (mm)	γ_{max}	총소산에너지 (tf·mm)	$e/(M_p/V_p)$	a/t_w
S200A0-80	22.43	1.15	1.39	32.75	0.039	4475	2.5	145.5
S200A0-100	16.77	0.86	1.31	34.2	0.033	3377	3.1	181.8
S200B0-80	22.43	1.15	1.4	38.66	0.046	6340	2.5	145.5
S200B2-80	23.40	1.2	1.47	40.89	0.049	6614		48.48
S200B4-80	22.04	1.13	1.37	31.33	0.038	4620		29.09
S200B0-100	17.36	0.89	1.36	37.66	0.036	5201	3.1	181.8
S200B3-100	17.55	0.9	1.38	38.56	0.037	4874		45.45
S200B5-100	16.19	0.83	1.26	27.77	0.027	3338		30.3
S200C0-80	29.06	1.49	1.81	62	0.070	13051	2.5	145.5
S200C2-80	28.28	1.45	1.77	45.02	0.054	8438		48.48
S200C4-80	29.64	1.52	1.85	42.07	0.051	9485		29.09
S200C0-100	21.06	1.08	1.65	46.72	0.045	7416	3.1	181.8
S200C3-100	22.62	1.16	1.76	56.63	0.055	7340		45.45
S200C5-100	24.38	1.25	1.9	67.86	0.066	9868		30.3
S200D4-80	30.23	1.55	2.35	66.53	0.08	17688	2.5	29.09
S200D5-100	25.94	1.33	2.03	48.9	0.047	7142	3.1	30.3

주) δ_{max} = 실험체의 최대변위

$$\gamma_{max} = \delta_{max} / e$$

그림 8(f) S200D4-80실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다.

S200D4-80실험체는 S200C4-80실험체의 접합부 스플라이스를 온돌레 모살용접으로 보강한 형태의 실험체이다.

S200D4-80실험체는 스틱프너에 의해 웨브가 충분히 보강되어 있기 때문에 웨브의 좌굴은 발생되지 않았다. 접합부의 슬립이 발생되지 않아 전단력에 의한 소성화가 충분히 진행되어 S200B4-80실험체 및 S200C4-80실험체에 비해 연성적인 거동을 나타내었다. 하중이 증가함에 따라 접합부에서 플랜지의 좌굴이 발생되었으며, 이후 플랜지가 찢어지면서 최종 파괴되었다.

무차원 길이가 3.1인 S200A-100 실험체와 S200B-80시리즈 실험체는 스틱프너의 보강에 따른 내력 및 에너지소산능력의 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 이는 전단에 의한 소성 내력 도달되기 이전에 모멘트에 의해 소성파괴 되었기 때문이다.

S200A0-100실험체와 S200B-100시리즈 실험체의 전반적인 거동은 S200A0-80실험체와 동일한 것으로 나타났다. S200C-100시리즈 실험체와 S200D5-100실험체는 스틱프너의 보강효과가 미소한 것으로 나타났으며, 횡좌굴에 의해 파괴가 지배적인 것으로 나타났다. 그림 8(g)와 (h)는 각각 S200C5-100실험체와 S200D5-100실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다.

3.2.3 실험결과 분석

표 4는 실험체의 최대회전능력, 최대내력 및 총에너지 소산능력을 정리하여 나타낸 것이다. 여기서, 총에너지소산능력은 변위가 증가하여도 더 이상 소산에너지의 증가가 이루어지지 않는 곳까지의 각 사이클별 소산에너지의 총합이며, 최대변위는 최소소산에너지를 나타낸 사이클에서의 최대 변위이다.

표 4를 통해 커버플레이트를 보강하지 않은 S200A시리즈 실험체와 S200B시리즈 실험체의 최대내력 및 회전능력은 스틱프너의 보강과는 큰 관계가 없음을 알 수 있다.

본 연구에서 실험된 무차원길이가 2.5인 실험체는 모멘트에 의한 소성화가 진행된 후 전단소성강도에 도달하였지만 스틱프너의 보강효과는 거의 없는 것으로 나타났다. AISC-LRFD의 규준에 의하면 무차원길이가 2.5인 경우 중간링크보로 분류되어 있지만 이에 대한 재해석이 필요하다고 판단된다.

즉, 무차원길이가 2.0을 넘는 경우 모멘트에 의한 소성화가 먼저 진행되지만 곧 전단에 의한 소성화가 진행되어 스틱프너의 보강효과가 있는 범위에서 중간링크보가 새롭게 정의되어야 할 것으로 판단된다.

그림 9는 무차원길이가 2.5인 실험체의 최대내력비, 총에너지소산, 최대회전능력을 접합디테일에 따라 정리한 것이다.

커버플레이트를 보강하지 않은 S200A-80실험체와 S200B4-80실험체는 최대내력, 총에너지소산, 최대회전능력이 거의

대등한 것으로 나타났다.

전단에 의해 소성화가 지배적으로 나타나는 경우 웹 스플라이스를 모살용접으로 보강함으로써 접합부의 슬립을 방지하여 연성적인 거동을 확보할 수 있지만 모멘트에 의한 소성화가 지배적인 경우 웹 스플라이스의 보강효과는 거의 없는 것을 알 수 있다.

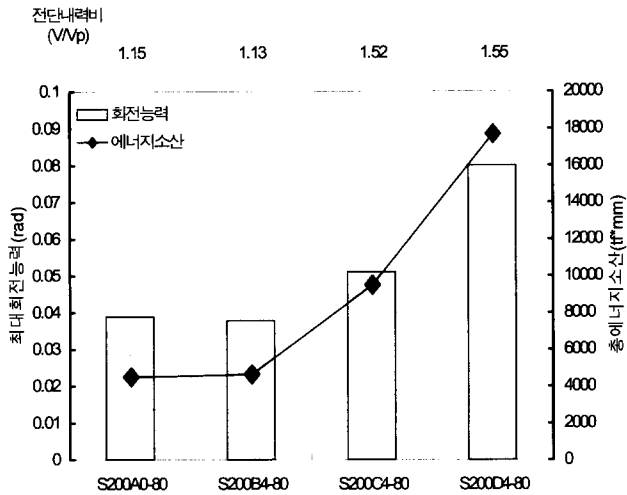


그림 9. 접합디테일에 따른 거동특성(e/(Mp/Vp) = 2.5)

S200C4-80실험체는 동일 길이의 S200B4-80실험체에 비해 에너지소산능력, 최대내력, 회전능력이 모두 뛰어난 것으로 나타났으며, 전단력에 의한 거동이 지배적인 것으로 나타났다. 그러나 소성영역에서 접합부의 슬립으로 인해 회전능력이 크게 개선되지 않았다.

S200D4-80실험체의 경우 접합부의 슬립이 방지되어 매우 연성적인 거동을 나타내었다. S200C-80시리즈 실험체와 S200D4-80실험체는 커버플레이트의 길이를 제외한 부분만을 고려한 경우 실험체의 길이는 50cm가 된다. 이를 무차원길이로 환산하면 1.55로 전단링크보에 해당하며, 이전에 실험된 S200B-55시리즈와 유사한 무차원길이를 가지며, 거동도 유사하게 나타났다.(2001; 김 등)

건축계획적인 목적상 링크보의 길이가 길어지는 경우 링크기둥 접합디테일에 D Type 접합부를 적용한다면 연성적인 거동을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 10은 무차원길이가 3.1인 실험체의 최대내력비, 총에너지소산, 최대회전능력을 접합디테일에 따라 정리한 것이다.

그림 10을 통해 S200-100시리즈 실험체의 경우 접합디테일에 따른 거동은 크게 차이하지 않음을 알 수 있다.

이는 S200C5-100실험체와 S200D5-100실험체의 경우 커버플레이트를 제외한 부분만을 고려한 경우에도 실험체의 무차원길

이가 2.0을 초과하기 때문에 전단력보다는 휨모멘트에 의해 거동이 지배되며, 소성영역에 도달한 직후 횡좌굴이 발생되기 때문이다. 즉, 링크보의 양단부에 커버플레이트를 보강한 S200C 시리즈 실험체와 S200D시리즈 실험체는 커버플레이트의 길이를 제외한 부분의 길이로 무차원길이를 평가할 수 있으며, 커버플레이트를 제외한 링크보의 무차원길이가 2.0을 초과하는 경우, 커버플레이트의 보강효과가 떨어짐을 알 수 있다.

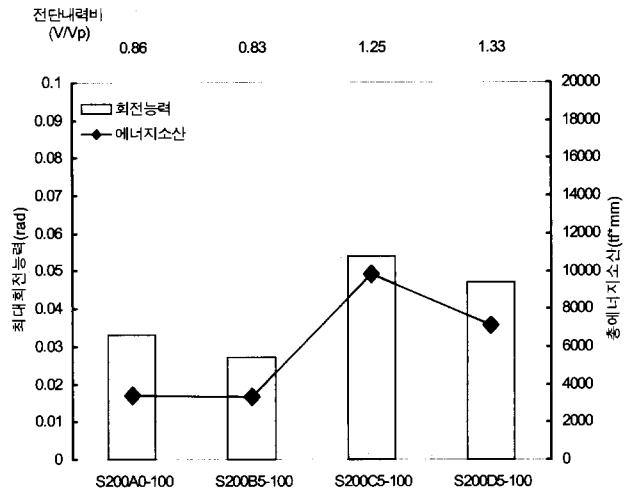


그림 10. 접합디테일에 따른 거동특성(e/(Mp/Vp) = 3.1)

4. 결 론

본 연구에서는 실험을 통해 다양한 접합디테일을 가진 모멘트링크의 거동을 규명하고 모멘트링크의 거동을 개선시킬 수 있는 접합디테일을 제시하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 무차원길이가 2.0을 초과하는 경우 휨에 의해 링크보의 거동이 지배되기 때문에 스티프너의 보강효과는 없는 것으로 나타났다.
- (2) AISC-LRFD의 규준에 의하면 무차원길이가 2.5인 경우 중간링크보로 분류되어 있지만 이에 대한 재해석이 필요하다고 판단된다. 무차원길이가 2.0을 넘는 경우 모멘트에 의한 소성화가 먼저 진행되지만 곧 전단에 의한 소성화가 진행되어 스티프너의 보강효과가 있는 범위에서 중간링크보가 새롭게 정의되어야 할 것으로 판단된다.
- (3) 링크보의 양단부에 커버플레이트를 보강한 S200C 시리즈 실험체와 S200D시리즈 실험체는 커버플레이트의 길이를 제외한 부분의 길이로 무차원길이를 평가할 수 있다. 또한 웹 스플라이스를 모살용접으로 보강한

S200D시리즈 실험체가 보다 연성적인 거동을 확보할 수 있다.

- (4) 건축계획상 링크보의 길이가 길어져 모멘트 링크가 되는 경우 링크-기둥 접합디테일에 D Type 접합부를 적용한다면 연성적인 거동을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 커버플레이트를 제외한 부분만을 고려한 경우에도 링크보의 무차원길이가 2.0을 초과하는 경우, 링크보는 휨모멘트에 의해 거동이 지배되어 커버플레이트의 보강효과가 떨어지게 된다.

참 고 문 헌

김상섭, 김태영, 김규석(2001), "전단링크보의 이력거동", 대한건축학회 논문집(구조계), v17 n.11, pp. 67-74
 이경철, 김태영, 김영호, 김정석, 김상섭, 김규석(2002), "중간 링크보의 비탄성 거동" 한국강구조학회 학술발표대회논문집, pp. 504-510

Hjelmstad, K.D., and Egor P. Popov, (1983) "Cyclic behavior and design of link beams", *ASCE*, Vol. 109, No 10, pp. 2387-2403
 Keith D. Hjelmstad and Egor P. Popov, (1984) "Characteristics of Eccentrically Braced frames." *Journal of structural engineering, ASCE*, Vol. 110, No 2, pp. 340-353
 Kasai, K., and Popov, E.P. (1986.a) "Cyclic web buckling control for shear link beams". *ASCE*, Vol. 112, No 3, pp. 505-523
 Kasai, K., and Egor P. Popov, (1986.b) "General Behavior of WF steel shear link beams." *Journal of structural engineering, ASCE*, Vol. 112, No 2, pp. 362-382
 Manual of Steel Construction(1994), Second Edition, LRFD, Volumn I, *AISC*. pp. 6.321-6.324

(접수일자 : 2002. 12. 13 / 심사일 2003. 1. 6 /
 심사완료일 2003. 5. 22)