

리브로 보강한 전단 항복형 강판벽의 거동

Behavior of Shear Yielding Thin Steel Plate Wall with Rib

윤 명 호¹⁾ · 위 지 은²⁾ · 이 명 호³⁾ · 오 상 훈⁴⁾ · 문 태 섭⁵⁾

Yoon, Myung Ho · WI, Ji Eun · Lee, Myung Ho · Oh, Sang Hoon · Moon, Tae Sup

요 약 : 건물의 내진성을 향상시키는 방법으로 전단벽과 가새 등의 내진요소가 사용된다. 대부분 철근콘크리트 건물에서는 철근콘크리트 전단벽이, 철골건물에서는 철골가새가 내진요소로 사용이 되고 있다. 그러나, 철근콘크리트 전단벽은 시공이 어렵고 원하는 소성 영역에서 연성(ductility)과 에너지 흡수능력을 만족시키기에는 어렵다. 강판은 강도와 강성이 매우 높고 연성이 우수하며, 자중이 작아서 전단벽의 재료로서 적합하다고 판단된다. 안정적인 거동을 하도록 박강판의 양면에 리브판을 보강하는 방법을 채택하였다. 실험은 강판벽의 폭높이비(D/H), 리브보강형태, 재하이력 등을 변수로 하여 수행하였다. 실험결과로부터 강판벽의 제반 복원력특성을 분석 고찰하였다

ABSTRACT : Structures are designed against earthquakes and reinforced concrete shear walls or steel bracings are usually used as aseismic resistant element. However, their hysteretic characteristics in plastic region, ductility and capacity of energy absorption are not always good. Besides, their stiffness is so rigid that structure designed by static analysis is occasionally disadvantageous, when dynamically analyzed. Generally a steel plate subjected to shear force has a good deformation capacity. Also it has been considered to retain comparative shear strength and stiffness. Steel shear wall can be used as lateral load resistant element for seismic design. However, there was little knowledge concerning shear force-deformation characteristics of steel plates up to their collapse state. In this study a series of shear loading tests of steel plate surrounded by vertical and horizontal ribs were conducted with the parameters of D/H ratios, rib type and the loading patterns. The test result is discussed and analyzed to obtain several restoring characteristics, that is, shear force-deformation, stiffness and yield strength etc.

핵심용어 : 횡력저항요소, 강판전단벽, 복원력특성, 강성, 강도

KEYWORDS : Lateral load resistant element, Steel shear wall, Restoring force characteristics, Stiffness, Strength

- 1) 정회원, 천안공업대학 건축과 교수
- 2) 한양대학교 건축공학과 석사과정
- 3) 한양대학교 건축공학과 박사과정
- 4) 정회원, 포항산업과학연구원 강구조연구소 선임연구원
- 5) 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 포항제철석좌교수

본 논문에 대한 토의를 2002년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

1.1 연구의배경 및 필요성

건물의 내진성을 향상시키는 방법으로 전단벽과 가새 등의 내진요소가 유효하다. 이러한 내진 요소는 높은 강성과 내력을 지니고 건물강도의 향상에 기여한다. 대부분 철근콘크리트 건물에서는 철근콘크리트 전단벽이, 철골건물에서는 철골가새가 대부분 내진요소로 사용이 되고 있다. 그러나, 철근콘크리트 전단벽은 시공이 어렵고 원하는 소성영역에서 연성(ductility)과 에너지 흡수능력을 만족시키기에는 어렵다. 철골 가새 시스템은 탄성역에서는 강도 및 강성면에서 우수한 성능을 보유하고 있지만 비탄성역에서 가새의 좌굴로 인하여 에너지 흡수능력면에서 불리할 수밖에 없다. 이에 대한 하나의 대안으로 박강판을 이용한 전단벽을 생각할 수 있다.

1.2 연구의 목적

강판내진벽의 정부 반복 재하(載荷)에 의한 변형성상은 강판의 전단좌굴하중(wQ_{cr})곡선이 강판의 전단항복 하중(wQ_y)을 상회하는 경우는 그림 1(a)에 표시한 모양인 Bi-linear형으로 되는 것이 보고되어 있다.⁽⁷⁾ 강판의 전단좌굴하중이 항복하중보다도 작고 좌굴후 장력장을 형성하는 내진벽에서는 그림 1(b)에 표시한 것과 같은 가새 구조와 유사한 복원력 특성을 나타내는 것을 예측

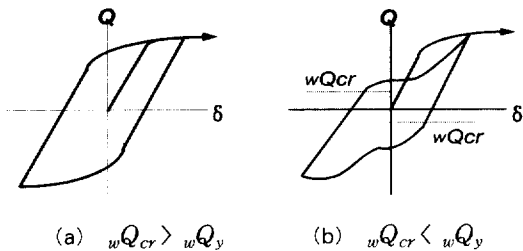


그림 1. 강판벽의 복원력 특성

할 수 있다. 이것은 가새구조에서는 압축 가새의 좌굴후 압축 가새의 내하력의 열화(劣化)가 발생하고, 인장 가새가 주된 저항요소로 된다. 강판은 강도와 강성이 매우 높고 연성이 우수하며, 자중이 작아서 전단벽의 재료로서 적합하다고 판단된다. 그러나, 박강판을 전단벽으로 이용할 경우 국부 면외좌굴하는 결점이 있다. 이러한 특성을 보완할 수 있는 방법이 있다면 경제적이고 안정적인 박강판 전단벽 시스템을 구축할 수 있을 것이다. 이를 위하여 박강판의 양면에 안정적인 거동을 하도록 리브판을 보강하는 방법을 채택할 수 있다. 실험은 강판벽의 폭높이(D/H), 리브보강 형태, 재하이력 등을 변수로 하여 수행하였다. 실험결과 강판내진벽의 제반 복원력특성을 분석 고찰하였다.

2. 실험

2.1 강재 인장강도 시험

본 실험의 실험체 제작에 사용된 강재의 기계적 성질을 파악하기 위해, KS B 0801 및 KS B 0802⁽¹⁰⁾ 규준에 따라, 실험체와 동일한 재질 SS400 강판에서 4개를 채취하였으며 각시험편에 2개의 변형도게이지를 부착하여 변형도를 측정하였다. 강재의 인장강도 시험결과는 표 1에 나타내었으며, 응력-변형도 관계곡선은 그림 2에 나타내었다.

표 1. 강재 인장강도 시험결과

번호	폭 (mm)	두께 (mm)	σ_y (ton/cm ²)	σ_u (ton/cm ²)	ϵ_y ($\times 10^{-6}$)	E (ton/cm ²)	El ₀ (%)	σ_y/σ_u
1	11.90	3.15	2.9	3.6	1380.9	2100	19.38	0.81
2	11.80	3.10	2.9	3.5	1380.9	2100	26.88	0.83
3	12.00	3.20	3.1	3.7	1550.0	2000	19.13	0.82
4	12.00	3.15	2.9	3.7	1450.0	2000	21.50	0.78
평균	11.93	3.15	2.95	3.6	1440.5	2050	21.72	0.81

주) σ_y : 항복응력도 σ_u : 최대인장강도 σ_y/σ_u : 항복비
 ϵ_y : 항복변형도 El₀ : 연신율 E : Young's Modulus

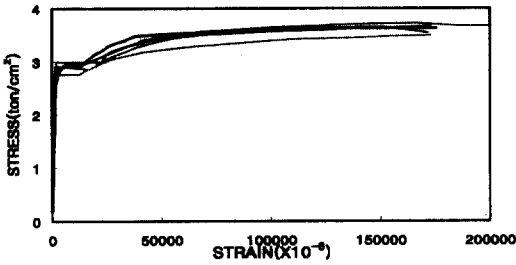


그림 2. SS400 시험편의 응력도-변형도 곡선

2.2 강판 내진벽 실험

2.2.1 실험체 계획

본 실험체는 두께 3.2mm의 SS400강재를 사용하였다. 실험체는 강판의 주위에 수직·수평 리브를 설치하였다. 실험체계획은 강판벽의 높이(H)는 1,200mm로 하고, 가로폭(D)을 1,200, 1,800mm 두 가지로 하였다. 실험체는 2개씩 제작하여 10개를 제작하였다. 실험체는 상하단부에 엔드플레이트를 용접하여 제작한 후, 가력보에 볼트(φ23) 20개씩을 체결하였다. 실험체의 명칭은 강재의 종류, 폭·높이비(D/H), 가력패턴에 따라 나타냈다. 실험체는 리브보강 방법, 폭·높이비, 재하방법 3가지를 실험 변수로 하였다. 리브보강은 수평방향, 십자방향, 대각방향으로 3종류이며, 폭·높이비는 2종류(D/H=1.0, 1.5)이고 재하방법은 2종류이다. 실험체 일람은 표 2에 나타내었다.

2.2.2 가력계획 및 측정방법

(1) 가력계획

가력방법은 그림 6에 나타난 것과 같이 실험체의 상하가 완전히 평행이동하는 상태이고, 200ton급의 Oil Jack를 이용하여 정적인 수평력(Q)을 가한다. 실험체의 상하방향의 신축은 자유롭게 하고, 축력은 작용시키지 않았다. 실험체 전체의 횡변형을 억제하기 위해 횡변형구속기구를 3개소에 설치하였다. 가력 패턴은 2가지 방법으로 계획하였으며, 점증변위 제어 반복가력과 실험체의 단조

표 2. 실험체 일람

실험체명	D/H	D(mm)	H(mm)	보강방법	가력패턴
SSW10N-M	1	1200	1200	無	단조가력
SSW10H-M	1	1200	1200	수평	단조가력
SSW10C-M	1	1200	1200	십자	단조가력
SSW10D-M	1	1200	1200	대각	단조가력
SSW15N-M	1.5	1800	1200	無	단조가력
SSW10N-C	1	1200	1200	無	반복가력
SSW10H-C	1	1200	1200	수평	반복가력
SSW10C-C	1	1200	1200	십자	반복가력
SSW10D-C	1	1200	1200	대각	반복가력
SSW15N-C	1.5	1800	1200	無	반복가력

SSW 00 0-0

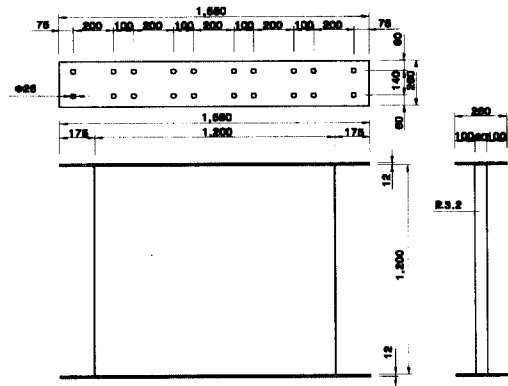
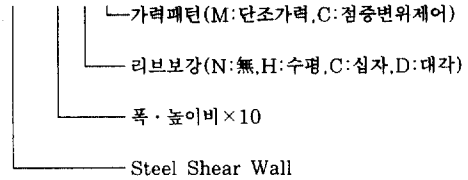


그림 3. 실험체의 형상

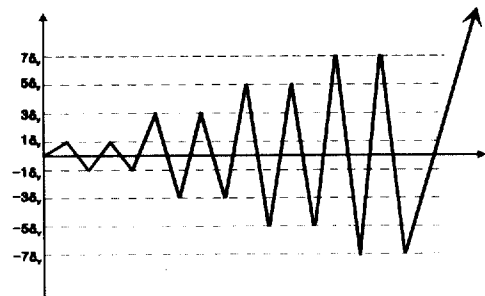


그림 4. 가력패턴

가력이다. 점증변위 제어 가력프로그램은 그림 4에 나타난 패턴으로 했다. 그림 4에서 δ_y 는 단조가력 실험에서 구한 실험체의 항복변위이다.

(2) 측정방법

측정방법은 강판 내진벽의 거동을 분석하기 위해 하중의 측정은 로드셀을 사용하고, 6개의 변위계(LVTD)를 실험체의 상하단부의 엔드 플레이트에 수평으로 설치하였다. 실험 중에 가력보의 수평 유지 여부를 체크하고자 가력보의 좌우의 하단부에 수직으로 변위계를 설치하였다. 좌굴변형의 증가로 인해 장력장이 형성되고 이에 따른 내력의 상승을 평가하고자 장력장이 형성될 것이라 예측되는 지점에 변형도 게이지를 설치하였다. 그림 6에 측정방법을 나타냈다.

3. 실험결과

3.1 하중-변위 관계

단조가력의 모든 실험체는 하중-변위 관계에 있어서 거의 비슷한 양상을 보였다. 반복가력 실험체에서도 $Q-\delta$ 곡선은 비슷한 양상을 보였다. 실험체는 폭-높이비가 같은 경우 리브를 설치한 실험체가 리브가 없는 실험체보다 강성이 크고, X형리브가 항복하중이 가장 크고 수평리브가 가장 작았다. 리브가 없는 경우에는 폭-높이비가 큰 실험체가 강성이 더 컸다. 실험체의 하중-변위 관계를 그림 8에 나타내었다.

3.2 항복강도 및 항복변위

실험체의 하중-변위 곡선으로부터 항복강도 및 항복변위를 구하기 위해 실험체의 초기강성의 1/4

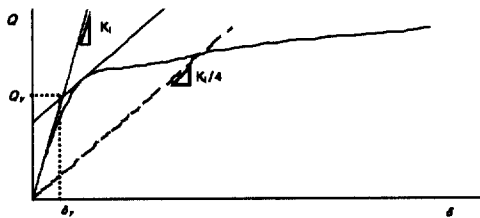


그림 5. 항복강도와 항복변위의 정의

이 되는 직선을 평행이동시켜 $Q-\delta$ 곡선과의 접점을 찾고, 이 접선과 초기접선이 만나는 하중값을 실험체의 항복강도로 정의하였으며 이때의 변위값을 항복변위로 정의하였다. 그림 5에 항복강도와 항복변위의 정의를 나타내었다. Q_y 는 항복강도, δ_y 는 항복변위이며, K_i 는 초기강성이다.

3.3 내력식

3.3.1 항복강도

강판벽에는 가능한 모멘트의 영향을 적게 하기 위해서 가력중심선과 시험체 중심선을 일치시켰다. 그러나 항복이후 변위가 커지면 모멘트의 영향도 있지만 크기가 크지 않기 때문에 고려하지 않았다. 항복강도는 전단력의 영향만을 고려하였다. 단면에 발생하는 최대전단응력이 전단항복응력과 같아질 때의 전단력이 전단항복강도(Q_y)⁽⁴⁾이다. 전단항복응력(τ_y)은 $\sigma_y/\sqrt{3}$ 이므로 강판벽의 전단항복강도는 식 (1)과 같다.

$$Q_y = \frac{2}{3} \times \frac{B \times t \times \sigma_y}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

B : 실험체의 폭 t : 강판의 두께

σ_y : 강판의 항복응력도

식(1)에서 2/3는 포물선 함수로 분포한 전단응력을 고려한 상수이다. 실험결과와의 비교를 표 4에 나타내었다.

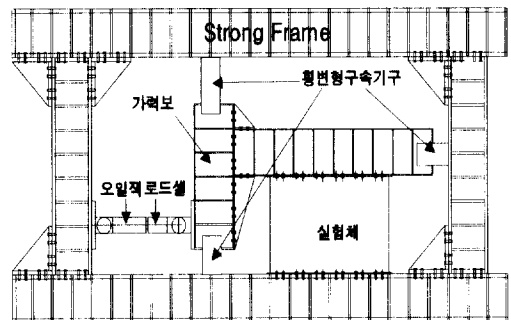


그림 6. 실험체 설치상황 및 변위 측정

3.3.2 최대내력평가

최대내력은 산정시 강판의 항복응력도(σ_y) 대신에 인장강도(σ_u) 값을 사용한다. 강판벽의 최대내력은 식(2)과 같다. 실험결과와 실험치와 계산치와의 비교를 표 4에 나타내었다. 그림 9에는 최대내력과 항복내력을 비교했다

$$Q_u = \frac{2}{3} \times \frac{B \times t \times \sigma_u}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

B : 실험체의 폭 t : 강판의 두께
 σ_u : 강판의 항복응력도

3.3.3 전단력을 받는 부재의 변위

전단력을 받는 구조는 그림 7에서와 같이 전단 변형과 휨변형⁽⁴⁾을 동시에 일으킨다. 따라서 강판벽의 변위를 구하기 위해서는 각각의 변형성분에 의한 변위를 계산하여 이를 합하여야 한다. 그림 7에서의 각 성분에 의한 변위식을 구하면 다음과 같다.

(1) 전단 변형성분에 의한 변위(δ_s)

$$\gamma = \frac{Q}{AG} = \frac{Q}{tDG} = \frac{2(1+\nu)Q}{tDE} \quad (3)$$

$$\delta_s = \frac{3}{2} \gamma H = \frac{3Q(1+\nu)}{tE} \left(\frac{H}{D} \right) \quad (4)$$

(2) 휨 변형성분에 의한 변위(δ_b)

$$\delta_b = \frac{D^3 Q}{12EI} = \frac{Q}{tE} \left(\frac{H}{D} \right)^3 \quad (5)$$

전체 변위는 식 (4), 식 (5)을 더한후 $\nu = 0.3$

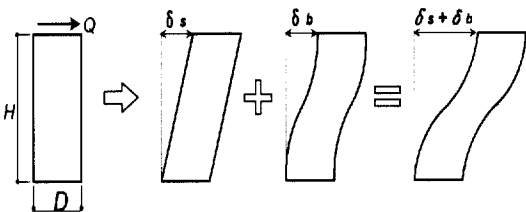


그림 7. 강판벽의 변형성분

을 대입하면 구할 수 있다.

$$\delta = \delta_s + \delta_b = \frac{Q}{tE} \left\{ 3(1+\nu) \left(\frac{H}{D} \right) + \left(\frac{H}{D} \right)^3 \right\} \quad (6)$$

3.4 실험결과

3.4.1 단조가력실험

실험은 장치의 변형한계까지 하고, γ 가 0.03 이상의 변형을 가했지만 전시험체에서 파괴가 일어나지 않았다. 각 시험체의 최종변형은 비교할 수 없었지만, 모든 시험체에서 큰 변형능력을 지니는 것이 확인되었다. 각 실험체에 대한 하중-변위 관계 결과를 표 3에 나타내었다. 그림 8는 단조가력실험의 하중-변위관계곡선이다. 폭높이비(D/H)가 1인 실험체를 기준으로 하여 항복강도와 최대강도를 표 5에 비교하였다. 각 시험체 모두 항복하중이후 좌굴에 의한 변형이 동반되면서 내력이 떨어지는 현상이 관찰되었다. 항복강도는 비교실험체 SSW10N-C에 대하여 SSW10H-M

표 3. 실험결과 비교

실험체명	항복 하중 P_y (ton)	항복 변위 δ_y (mm)	탄성 강성 k_e	항복 중간 변위 R_y (rad)	최대 하중 Q_{max} (ton)	비교 (항복 강도)	실험 종료시 변위 (mm)
SSW* 10N-M	28.00	2.72	10.29	0.0023	37.18	1	40.02
SSW** 10H-M	32.14	2.78	11.56	0.0023	41.57	1.15	185.82
SSW 10C-M	29.62	2.98	9.94	0.0025	37.85	1.06	40.06
SSW 10D-M	34.66	2.75	10.42	0.0023	42.29	1.24	50.05
SSW 15N-M	36	3.44	10.47	0.0029	68.07	1.29	102.5
SSW 10N-C	16.82	3.00	5.61	0.0025	35.19	1	40.26
SSW 10H-C	-19.14	-3.98	4.81	-0.0033	-33.16	1.46	31.25
SSW 10C-C	24.61	2.95	8.35	0.0025	35.24	1.82	32.12
SSW 10D-C	-22.82	-2.91	7.85	-0.0024	-34.81	2.16	28.01
SSW 15N-C	30.58	3.69	8.29	0.0031	36.45	2.17	40.01
SSW 10C-C	-25.56	-3.19	8.00	-0.0027	-32.05		
SSW 10D-C	36.29	3.48	10.44	0.0029	41.18		
SSW 15N-C	-31.77	-2.95	10.76	-0.0025	-38.43		
SSW 15N-C	36.55	3.23	11.33	0.0027	61.51		
SSW 15N-C	-28.73	-2.65	10.86	-0.0022	-49.44		

*비교실험체

**수직변형 구속장치가 실험체와 같이 변형

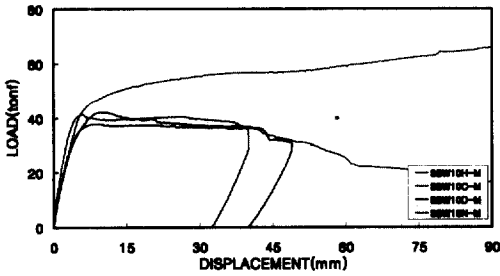


그림 8. Q - δ 관계(단조가력)

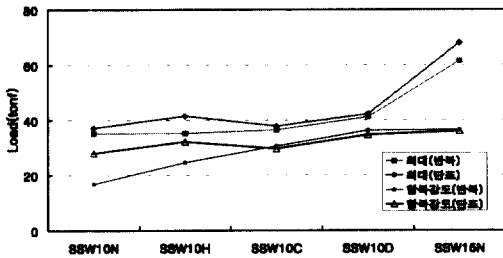


그림 9. 내력비교

은 15%, SSW10C-M은 6%, SSW10D-M은 24% 증가하였다. 최대내력은 리브보강방법에 따라 SSW10H-M은 12%, SSW10C-M은 2%, SSW10D-M은 14%정도 증가하였다. 폭높이비(D/H)가 1.5인 SSW15N-M은 83% 증가하였다. 이 결과로부터 단조가력 실험에서는 리브보강보다는 폭높이비(D/H)를 크게 하는 것이 내력상승에 대해 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 그림 9에 실험체의 항복강도와 최대내력을 비교하였다. 표 4에는 내력의 실험치와 계산치를 비교하였다.

3.4.2 반복가력실험

항복강도는 비교실험체 SSW10N-C에 대하여 리브보강에 따라 SSW10H-C은 46%, SSW10C-C은 82%, SSW10D-C은 116% 증가하였다.

폭높이비(D/H)가 1.5인 SSW15N-C는 117% 증가였다. 대각리브보강과 폭높이비를 크게 하는 것이 항복내력상승에 대해 효과적이다. 최대내력은 단조가력실험과 같이 리브보강방법에 따라 높이비(D/H)를 크게 하는 것이 내력상승에 효과가

표 4. 내력 계산치 및 실험치와의 비교

실험체명	실험치		계산치		계산치/실험치	
	Q _y (ton)	Q _u (ton)	Q _y (ton)	Q _u (ton)	Q _y (ton)	Q _u (ton)
SSW*10N-M	28.00	37.18	43.60	53.21	1.56	1.43
SSW*10H-M	32.14	41.57	43.60	53.21	1.36	1.05
SSW10C-M	29.62	37.85	43.60	53.21	1.47	1.15
SSW10D-M	34.66	42.29	43.60	53.21	1.26	1.03
SSW15N-M	36	68.07	65.40	79.81	1.81	1.17
SSW10N-C	16.82	35.19	43.60	53.21	2.56	1.51
	-19.14	-33.16	43.60	53.21	2.28	1.60
SSW10H-C	24.61	35.24	43.60	53.21	1.75	1.51
	-22.82	-34.81	43.60	53.21	1.91	1.53
SSW10C-C	30.58	36.45	43.60	53.21	1.41	1.46
	-25.56	-32.05	43.60	53.21	1.71	1.66
SSW10D-C	36.29	41.18	43.60	53.21	1.19	1.29
	-31.77	-38.43	43.60	53.21	1.37	1.38
SSW15N-C	36.55	61.51	65.40	79.81	1.78	1.30
	-28.73	-49.44	65.40	79.81	2.26	1.61

표 5. 실험결과 비교

실험체명	항복강도	최대내력	실험체명	항복강도	최대내력
SSW10N-M*	1.00	1.00	SSW10N-C	1.00	1.00
SSW10H-M	1.15	1.12	SSW10H-C	1.46	1.00
SSW10C-M	1.06	1.02	SSW10C-C	1.82	1.04
SSW10D-M	1.24	1.14	SSW10D-C	2.16	1.17
SSW15N-M	1.29	1.83	SSW15N-C	2.17	1.75

*비교실험체

**수직변형 구속장치가 실험체와 같이 변형

있다는 것을 알 수 있었다. 10%~17%정도의 증가가 있었다. 십자형 리브보강은 내력상승에 대해 많은 영향을 미치지 못한다. 폭높이비(D/H)가 1.5인 SSW15N-M은 75% 증가하였다. 반복가력 실험에서는 리브보강보다는 폭높이비를 크게 하는 것이 내력상승에 효과가 있었다.

3.5 분석

3.5.1 단조가력 (τ - γ 관계)

실험에서 얻을 수 있는 하중(Q)과 실험체의

상하의 상대변형(δ)의 관계에서 구한 전단응력도(τ) - 전단변형각(γ)관계를 그림 5에 나타내었다. τ 와 γ ⁽⁵⁾는 (7)식으로 산출한 것이다.

$$\tau = Q / (D \cdot t_w) \quad \gamma = \delta / H \quad (7)$$

전단항복응력도와 전단 항복 변형각(각각, $c\tau_y$, $c\gamma_y$)은 (8)식으로 산출한 것이다.

$$c\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3} \quad c\gamma_y = c\tau_y / G \quad (8)$$

또, 실험중에 확인된 전단항복 응력도 (τ_y), 좌굴응력도 ($\tau_{c\gamma}$), 최대응력도(τ_{max}) 및 최종변형각(γ_{max})을 표 6에 표시했다. τ_y 는 웨브변형이 항복변형에 이르는 시기의 응력이며, $\tau_{c\gamma}$ 은 육안에 의해 전단좌굴이 확인되어질 때의 응력이다. SSW10C-M에서는 $c\tau_y$ 보다 낮은 응력에서

전단좌굴이 발생하며, 이후, 내력의 상승이 보이지 않는다. 즉, 완전 탄소성 상태의 Bi-Linear형에 유사한 $\tau - \gamma$ 관계를 보인다. 상기이외의 3개의 시험체에서는 전단항복의 발생이 명확하다. 항복이후에도 내력은 천천히 상승한다. 전체적으로 Tri-Linear형의 $\tau - \gamma$ 관계를 나타낸다. 폭높이비(D/H)가 1인 실험체를 기준으로 하여 좌굴응력을 표 7에 비교하였다. 폭높이비가(D/H) 1인 실험체는 1개의 장력장이 형성되었으며, 폭높이비(D/H)가 1.5인 SSW15N-M은 2개의 장력장이 형성되었다. 장력장은 45° 방향으로 형성되었다. SSW10D-M를 제외한 3개의 실험체는 장력장이 거의 대칭을 이루었다. 이러한 원인은 강판에 설치된 리브가 면외구속과 인장과 압축에 작용하기 때문인 것으로 판단된다. 좌굴하중은 비교실험체 SSW10N-M에 대하여 SSW10H-M은 15%, SSW10C-M은 7%, SSW10D-M은 20% 증가하였다. SW10H-M과 SSW10C-M을 비교하면 좌굴응력의 상승이 거의 비슷하여 보강방법

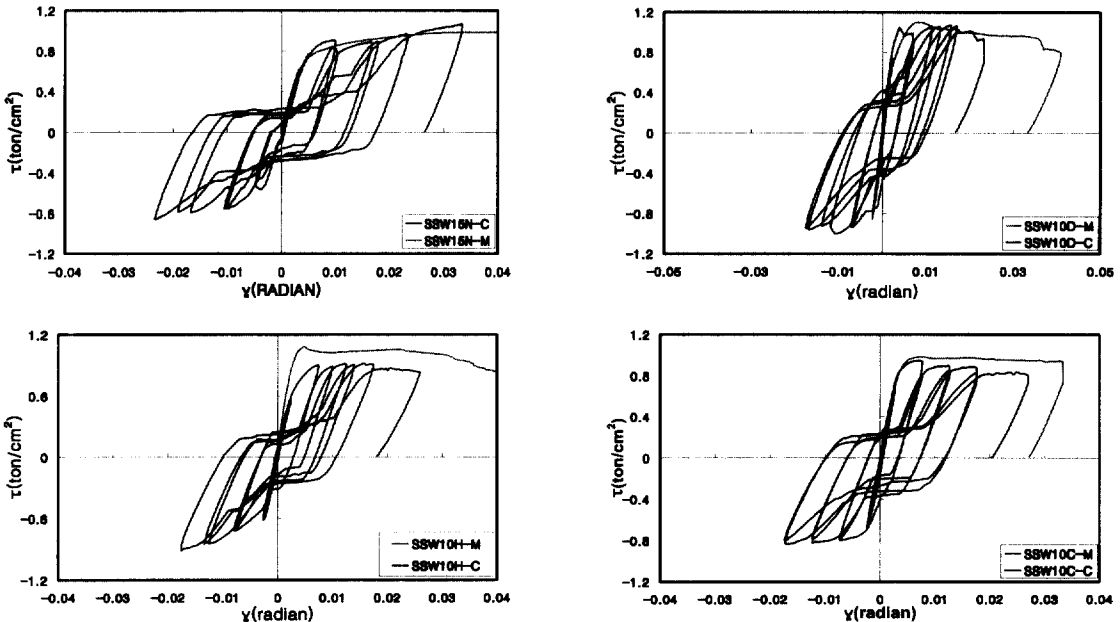


그림 10. 실험결과($\tau - \gamma$)

중 십자형보강은 비경제적이라 판단된다. 단조가력에서는 폭높이비(D/H)의 증가보다는 리브보강이 전단변형에 대해 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 그림 10에는 단조가력실험과 반복가력실험의 전단응력을 나타내었다.

3.5.2 반복가력 ($\tau - \gamma$ 관계)

실험에서 얻어진 $\tau - \gamma$ 관계를 그림 10에 나타내었다. 또, 그림에는 단조가력 실험결과도 표시했다. 표 6에는 실험 중에 확인되었던 전단 항복응력도(τ_y), 좌굴응력도(τ_{cr}), 최대응력도(τ_{max})를 표시했다. 파괴모드로는 강판 중앙부에 극심한 면외좌굴, 강판주변의 용접열 영향부의 파단의 2종류가 있다. 양자의 변형능력에는 차이가 보이지 않는다. 그림 10의 $\tau - \gamma$ 관계를 본다면 전단항복에 의해 강성저하, 복에 의해 내력 상승과 이력루프의 확대, 전단좌굴발생, 최대내력 도달, 내력보유 및 내력저하, 슬립형태로의 이행(移行), 파단의 순서를 따른다. 즉, 단조가력실험과 같이, 전단좌굴이 내력의 상승을 멈추게 하고, 최대내력을 결정함과 동시에, 이력루프가 방추형으로부터 슬립형으로 이행하는 경계가 되고 있다. 반복가력에서도 비교실험체 SSW10N에 대한 좌굴응력은 SSW10H는 6%, SSW10C는 10%, SSW10D는 22% 증가하였다. 이에 반해 폭높이비(D/H)가 1.5인 SSW15N-M은 5%이다. 리브보강이 폭높이비의 증가보다 전단변형에 대해 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서는 SSW10C로 보강하는것은 비경제적이며, 내력과 경제성을 고려해보면 단조가력과 반복가력 실험 두 가지 모두 SSW10D가 전단벽으로 가장 적합하다고 판단된다.

4. 결론

강판전단벽 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

표 6. 실험결과($\tau - \gamma$)

실험체명	τ_y	τ_{cr}	τ_{max}	τ_{max}/τ_y	τ_{max}/τ_{cr}	γ_{max}
SSW10N-M	0.41	0.92	1.01	0.6	1.10	0.041
SSW10N-C(+)	0.44	0.86	0.92	0.54	1.07	0.033
SSW10N-C(-)	-0.50	-0.79	-0.86	-0.51	1.08	-0.020
SSW15N-M	0.63	0.99	1.18	1.05	1.19	0.085
SSW15N-C(+)	0.63	0.90	1.07	0.63	1.18	0.033
SSW15N-C(-)	-0.50	-0.76	-0.86	-0.51	1.13	-0.023
SSW10H-M	0.84	1.06	1.08	0.64	1.02	0.154
SSW10H-C(+)	0.64	0.91	0.92	0.54	1.01	0.026
SSW10H-C(-)	-0.59	-0.84	-0.91	-0.54	1.09	-0.018
SSW10C-M	0.77	0.98	0.99	0.58	1.00	0.033
SSW10C-C(+)	0.80	0.95	0.95	0.56	1.00	0.027
SSW10C-C(-)	-0.67	-0.79	-0.83	-0.49	1.06	-0.018
SSW10D-M	0.90	1.10	1.11	0.65	1.01	0.041
SSW10D-C(+)	0.95	1.05	1.07	0.63	1.02	0.024
SSW10D-C(-)	-0.83	-0.93	-1.00	-0.59	1.07	-0.018

τ_y : 전단항복응력도(ton/cm²) τ_{cr} : 좌굴응력도(ton/cm²)

표 7. 실험결과(τ_{cr})

실험체명	τ_{cr}	실험체명	τ_{cr}
SSW10N-M*	1.00	SSW10N-C	1.00
SSW10H-M	1.15	SSW10H-C	1.06
SSW10C-M	1.07	SSW10C-C	1.10
SSW10D-M	1.20	SSW10D-C	1.22
SSW15N-M	1.08	SSW15N-C	1.05

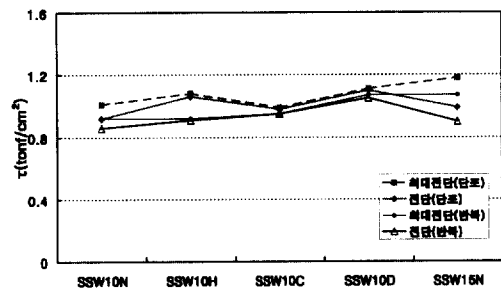


그림 11. 전단응력비교

4.1 단조가력실험

- (1) $D/H = 1 \sim 1.5$ 이고, $D/t_w = 375 \sim 562.5$ 인 강판전단벽의 최대내력은 전단좌굴에 의해 결정된다.
- (2) 최대내력 이후 서서히 내력이 감소한다. 이는 강판의 좌굴에 의한 면의 변형에 기인하는 것으로 사료된다.
- (3) 폭높이비(D/H)가 1인 실험체에 대하여 폭높이비(D/H)가 1.5인 실험체는 항복하중이 15% , 최대내력이 83.08% 정도 증가하였다. 폭높이비(D/H)에 따라 강성이 달라진다.
- (4) $D/H = 1$ 인 경우 X형 Rib보강함으로써 전단강판벽의 항복내력이 24% 최대내력이 14% 증가하였다.

4.2 반복가력실험

- (1) 전단좌굴 응력도의 상승과 이력루프의 확대는 폭높이비가 큰 시험체일수록 현저하다.
- (2) 최대응력은 전단좌굴로 결정되며, 이후 내력은 슬립형의 이력루프로 이행한다.
- (3) 강판에 리브를 설치한 실험체는 X형리브가 강성과 항복강도가 크고 안정적인 거동을 한다.
- (4) 리브가 없는 실험체에 대하여 항복강도는 수평리브는 46%, 십자형 리브는 82%, X형 리브는 116%정도 증가하는 것으로 나타났다. 리브의 보강은 실험체의 항복강도에 많은 영향을 준다.
- (5) 리브가 없는 실험체에 대하여 최대내력이 수평리브는 같고, 십자형 리브는 4%, X형 리브는 17%정도 증가하는 것으로 나타났다.
- (6) 폭높이비를 크게 하는 것도 내력상승에 효과가 있다.

감사의 말

본 연구는 포항제철(주)의 석좌교수기금과 한양대 초대형 구조시스템 연구센터(STRESS)의 지원으로 수행한 연구입니다.

참 고 문 헌

1. 위지은, 이명호, 오상훈, 허충, 윤명호, 오영석, 문태섭, "전단항복형 강판내진벽의 거동", 대한건축학회추계학술발표대회, 2000년 10월
2. 이용길, 이명호, 오상훈, 윤명호, 문태섭, "유항요소 해석을 이용한 전단항복형 강판 내진벽의 거동", 대한건축학회추계학술발표대회, 2001년 4월
3. 김진욱, 이명호, 오상훈, 윤명호, 문태섭, "강판 내진벽의 폭두께비와 보강리브에 따른 거동", 대한건축학회추계학술발표대회, 2001년 4월
4. 吳相勳(1997), 柔剛混合形式接合部から成るエネルギー分散型多層骨組の耐震設計, 東京大學 博士學位 論文
5. 高橋泰彦 外, せん断降伏型薄鋼板の復原力特性に関する實驗的研究, 日本建築學會構造系論文集, p.107-114, 1997年 4月
6. 山中久幸外, せん断降伏制震パネルの構造特性, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1998年 9月
7. 秋山宏, 張力場を形成する鋼板耐震壁の復原力特日本建築學會論文集, 第260號, p.109-114, 1977年 10月
8. B.Kato and H.Akiyama(1973), Predictable Properties of Material under Incremental Cyclic Loading, IABS, Preliminary Publication Lisbon
9. Toko Hitaka, chiaki Matsui and Masaru Chono, Strength and Behavior of Steel Bearing Wall with Slits, PSSC, Oct, 1998
10. 강구조 편람 제1권(1995), 한국강구조학회

(접수일자 : 2001년 5월 7일)