

# 反復荷重을 받는 철근콘크리트 低型 剪斷壁의 履歷舉動에 關한 實驗的 研究 (II)

Experimental Study on the Hysteretic Behavior of R/C Low-Rise Shear Walls under Cyclic Loads

— 바벨형 斷面(Barbell Shape)의 耐力과 延性を 中心으로 —

○ 최 창 식 *	이 용 재 **	윤 현 도 **	이 리 형 ***
Choi, C. S.	Lee, Y. J.	Yun, H. D.	Lee, L. H.

## ABSTRACT

Results of an experimental investigation of low-rise reinforced concrete shear walls with barbell cross section under cyclic loads are discussed and evaluated. Four half scale models of test specimens with height to length ratio of 0.75 were experimented. The dimension of all walls is 1500mm wide x 950 mm high x 100 mm thick and the section of all boundary column at both ends is 200 mm x 200 mm.

Main variables are : design concept, vertical flexural reinforcement ratios and reinforcement details(including crossed diagonal shear reinforcement in SW7 specimen).

In SW7 specimen, maximum strength and consequently dissipating energy index were 1.45 and 1.28 times greater than those of SW6 specimen, respectively.

## 1. 序 論

鐵筋콘크리트 구조물에 있어서 중요한 항하중 저항요소인 전단벽은 소지진(Low Intensity Earthquake)에 대해서는 탄성적으로 거동함으로써 비구조체의 손상을 완전히 보호할 수 있어야 하고, 또한 대지진시에는 구조물 전체의 생존을 확보함과 동시에 경제적인 요구를 충족시키기 위해서는 연성적인 거동(Ductile Fashion)을 수행하여야 한다.

높이( $h_w$ )에 대한 길이( $l_w$ )의 비( $h_w/l_w$ )가 2.0 이하인 저형 전단벽(Low-Rise Shear Walls)에 있어서 연성적인 거동을 확보할 수 있는 합리적인 설계법의 개발과 동시에 미끄러짐 전단 변위에 의한 강성의 저하를 방지함으로써 안정된 이력거동을 확보하는 연구는 중요한 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 높이에 대한 길이의 비가 0.75이면서, 기둥과 벽판으로 이루어진 바벨형(Barbell Cross Section) 低型 剪斷壁의 내진 성능 향상에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 實 驗

### 2.1 試驗體 計劃

시험체는 骨組-剪斷壁 構造의 연층 전단벽 저층부를 약 1/2 크기로 모델링한 것으로서, 1층 1스팬의 시험체로 구성된다. 각 시험체 단면에서 요구되는 최대 휨 내력 및 전단내력은 모멘트(M)-축력(N) 상관 곡선을 통하여 구한다.

각 시험체의 형상 및 배근 상황은 그림 1에, 시험체 일람표는 표 1에 각각 나타낸다. SW4, SW5 시험체는 단면에서 요구되는 최대 휨 초과 모멘트에 상응하는 전단력을 보유하지 못하도록 설계된 것이다. 특히, SW5 시험체는 저형 전단벽에 있어 수직 철근의 전단 기여도를 검토하기 위해 수직 철근량을 2배로 계획한 것이다.

반면, SW6, SW7 시험체는 휨철근의 항복을 통하여 입력된 지진력을 소산시킬 수 있도록 최대 휨 초과 모멘트에 상응하는 전단 내력을 보유하도록 계획한다. 특히, SW7 시험체는 미끄러짐 전단 변형을 억제시킴으로써 안정된 이력거동을 확보하기 위하여 벽체 수평근의 일부를 대각선 보강근으로 보강한다.

이때 대각선 보강근의 보강량은 단면의 휨 내력시 요구되는 전단력의 약 15%를 부담하도록 계획한다.

### 2.2 材料 試驗

시험체에 사용된 철근과 콘크리트의 기계적 성질은 각각 표 2 및 표 3과 같다. 콘크

\* 정희원, 한양대 연구원, 공학박사  
 \*\* 한양대 대학원  
 \*\*\* 정희원, 한양대 교수, 공학박사

表 1. 試驗體 一覽表

Spec.	Shape	M Vl <sub>w</sub>	Web Thk. cm(in)	Axial Load N (ton)	N/Abe fc' (*)	Shear Rein.	Wall			Boundary Column		
							l <sub>w</sub> xh <sub>w</sub> x <sub>t</sub> cmxcxcm	ρ <sub>n</sub> %	ρ <sub>h</sub> %	B x D cmxc	ρ <sub>f</sub> %	ρ <sub>s</sub> %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
SW4		0.75	10(4)	30.00	9.83	Hor.	150x95x10	0.460	0.48	20x20	1.42	1.30
SW5		0.75	10(4)	30.00	9.99	Hor.	150x95x10	0.874	0.48	20x20	1.42	1.30
SW6		0.75	10(4)	30.00	9.83	Hor.	150x95x10	0.460	1.85	20x20	1.42	1.30
SW7		0.75	10(4)	30.00	9.80	Hor. + X	150x95x10	0.60*	1.85*	20x20	1.42	1.30

(3) 전단 스패비, l<sub>w</sub>는 벽체의 전길이 (4) 벽체 두께 (5) 축력, 자중 제외 (6) A<sub>be</sub>: 주변 기둥 단면적  
 (7) Hor.: 수평 보강근 (Horizontal Shear Reinforcements)  
 X : 대각선 보강근 (Cross Diagonal Shear Reinforcements)  
 (8) 벽체의 단면, h<sub>w</sub>는 높이, t는 두께 (9) 벽체의 수직 철근비, \*는 대각선 보강근을 포함한 등가 철근비 (10) 벽체의 수평 철근비, \*는 대각선 보강근을 포함한 등가 철근비 (11) 단부 기둥 (Boundary column) 단면 (12) 수직 휨 철근비 (13) 대근 (Hoop)비

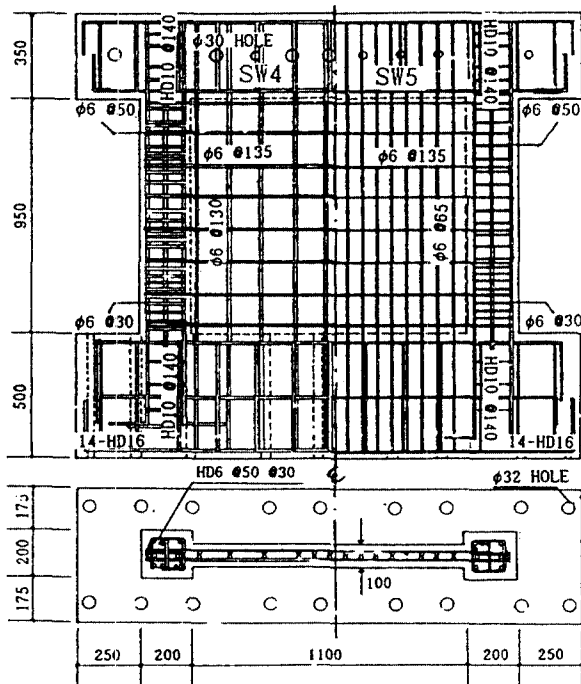
表 2. 鐵筋의 機械的 性質

種類	降伏 強度 (t/cm <sup>2</sup> )	ε <sub>y</sub> x10 <sup>-6</sup>	引張 強度 (t/cm <sup>2</sup> )	彈性 係數 (t/cm <sup>2</sup> )	伸率 (%)
D10	2.90	2156	4.13	1937	26.0
φ 6	3.02	2152	4.29	1889	13.2
φ 4	3.81	2553	4.97	1910	7.2

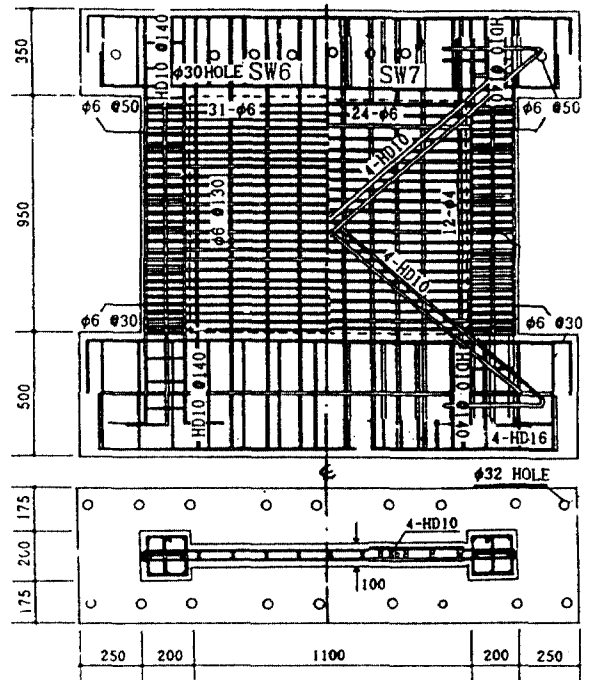
表 3. 콘크리트의 機械的 性質

壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				彈性係數 (t/cm <sup>2</sup> )	슬럼프 (cm)
7일	28일	77일	86일		
337.6	372.0	403.4	419.1	229.1	12

리트의 설계기준강도는 420 kg/cm<sup>2</sup>이었으며, 타설후 조기강도를 얻기 위하여 증기 양생하였다.



(a) SW4, SW5 시험체



(b) SW6, SW7 시험체

그림 1 시험체 배근상황

### 2.3 實驗方法

수평하중은 반력벽(Reaction Wall)에 설치된 100t Actuator에 의해 시험체 상단 가력보에 연결된 형강을 통하여 가력되었으며,  $0.1 f_c' A_{be}$  ( $f_c'$ : 콘크리트 압축강도,  $A_{be}$ : 기둥부재의 단면적) 정도의 축력이 양단 기둥부재 중심에 실험 종료시까지 일정하게 가력되었다.

모든 시험체는 점중 형태의 변위 이력에 따라 실험되었으며[참고문헌 1 참조], 모든 수직 및 수평 변위는 LVDT에 의해, 철근의 변형도는 주요위치에 부착된 W. S. G.에 의해 측정되었다.

### 3. 實驗結果 및 分析

각 시험체의 실험결과 일람표를 표 4에, 하중 - 변위 관계 곡선 및 최종 파괴상황은 그림 2 및 그림 3에 각각 나타내었다.

#### 3.1 균열 및 파괴양상

SW4, SW5 시험체는 힘 降伏時에 요구되는 剪斷 強度에 상응하지 못하는 剪斷 耐力를 보유함에 따라 履歷 舉動이 불안정하게 나타났으며, 最終 破壞 또한 전형적인 벽판의 斜引張에 의하였다. 두 시험체 모두 이러한 벽판의 斜引張 龜裂이 발생됨에 따라 荷重 반전후 급격하게 剛性이 저하되는 전형적인 履歷 루프의 미끄러짐 현상(Pinching)이 발생되었다. 그러나, 두 시험체 모두 양단부의 기둥 주근 및 대근의 피해 상황은 극히 미소하였다. 이로 볼 때, 보편적인 設計 概念에 따라 設計된 低型 剪斷壁에 있어서 垂直 鐵筋量의 증대는 延性的인 舉動의 확보에는 매우 효과적인 반면, 荷重 반전시 履歷 루프 상의 핀칭 현상을 감소시키지는 못함에 따라 입력된 지진 에너지의 消散 能力을 증대시키는 데는 效果的이지 못한 것으로 판단된다.

SW6 시험체는 수직 힘 철근의 항복이 선행되면서 상당히 延性的인 履歷 舉動을 보였다. 그러나, 본 시험체에서도 힘 항복 이후 非彈性 反復 荷重을 계속해서 받음에 따라 耐震 性能上 치명적인 손실을 초래하게 되는 미끄러짐 剪斷에 의한 영향을 명확하게 보여주고 있다. 그러나, 最大 荷重을 지나 기초와의 접합면에서 발생하는 미끄러짐 剪斷 龜裂에 따라 더 이상의 벽판 龜裂 進展 및 擴散은 없었다. 계속되는 反復 荷重의 증가에 따라 壓縮 鐵筋의 꼬임(Kink) 및 降伏이 발생되었고, 접합부 근처의 수평 철근이 단면 바깥으로 이탈되면서 挫屈 降伏에 이르렀다. 또한, 양단 기둥 및 보강부의 主筋 및 대근(Hoop)이 파단되는 등 상당한 피해가 발생되었다.

그러나, 履歷 曲線에 의해 나타나는 경향은 脆性的인 破壞 樣相이 아닌 다소 延性的인 舉動을 보여주고 있으며, 거의 전 사이클에 걸쳐 벽체내 상부 水平 鐵筋은 降伏하지 않고 彈性的인 범위에 남아 있었다.

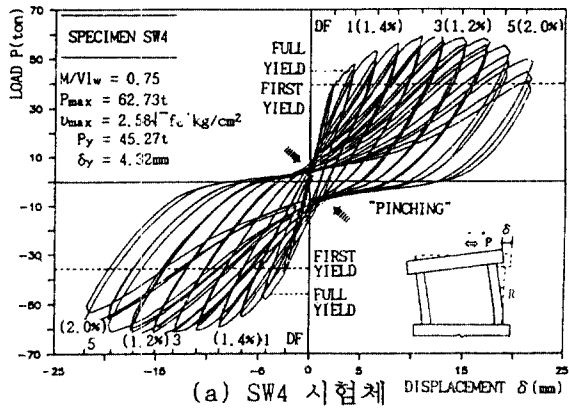
SW7 시험체의 履歷 舉動은 耐力 設計 概念에 의해 요구되는 剪斷 補強筋의 약 15%를 X 자형 對角線 補強筋으로 補強함에 따라 상당히 改善되었다. 즉, 이 시험체의 履歷 루프는 SW6 시험체에 비하여 전체적으로 매우 安定된(Stable) 양상을 나타내었으며, 특히 미끄러짐 剪斷 變形이 커지는 후반 및 중반 사이클로 갈수록 더욱 명확하게 개선된 모습을 알 수 있다. 反復 荷重을 받음에 따라 비록 미소한 剛性的 低下 현상이 나타나고 있지만 미끄러짐 剪斷 變位에 의한 핀칭 현상은 거의 제거되었으며, 斜引張 龜裂이 벽면 전체로 확산·진전되었다. 따라서 전 사이클을 경험하는 동안, 특히 延性比가 큰 후반 및 중반 사이클로 갈수록 荷重 反轉時 剛性的 저하는 미소하였다.

SW7 시험체는  $3.10\sqrt{f_c}$  ( $\text{Kg/cm}^2$ ) ( $11.69\sqrt{f_c}$  psi)의 높은 剪斷 應力을 받음에 따라 層間 變位比가 대체적으로 2.2%에 달하는 중반부에 이르렀을 때, 좁은 힘 압축부의 壓壞(Web Crushing) 현상에 의하여 최종 파괴에 이르렀다. 이러한 壓壞 현상에 의하여 주요한 荷重 저항 메카니즘인 壓縮 支柱(Compression Strut)가 상실되면서 콘크리트가 박리되었고, 이에 따라 對角線 補強筋이 壓縮 挫屈하면서 強度가 급격하게 저하되었다. 그러나, 이러한 壓壞에 의한 파괴는 종래의 脆性 파괴 개념과는 달리 힘 및 剪斷 降伏이 상당히 先行된 이후의 중반 사이클에서 발생하는 관계로, 壓壞에 의한 強度 低下 이전까지 상당한 非彈性 變形이 진행되었다.

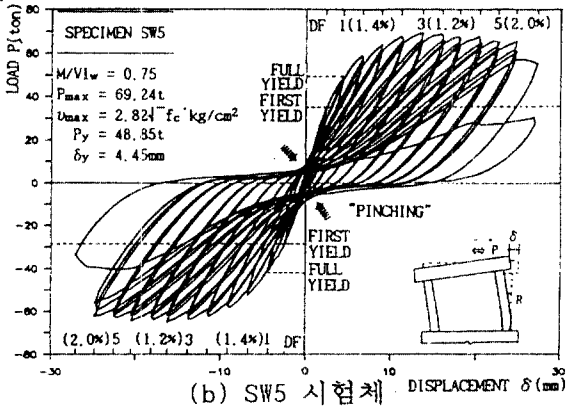
#### 3.2 最大 強度 變化

非彈性 변형이 진행되는 동안 部材 回轉角(延性比)의 증가에 따른 最大 強度 變化를 나타내면 그림 4와 같다.

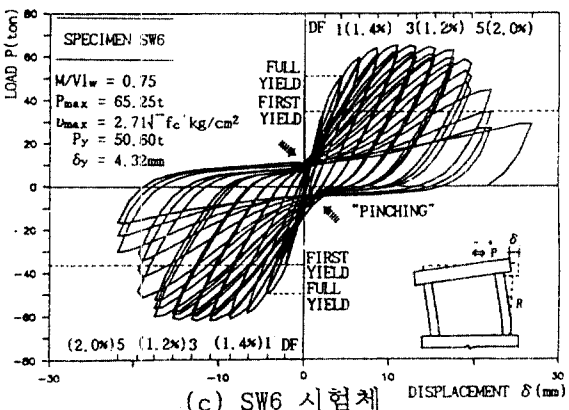
SW4 시험체의 最大 強度는 層間 變位比 1.4% (延性比 3) 에서 62.73t 으로 나타나고 있으며, 수직 철근량을 2배로 증대한 SW5 시험체의 最大 強度는 동일한 層間 變位比에서 69.24t 으로 SW4 시험체에 비해 10%의 強度 상승이 나타나고 있다. 또한, 最大 強度 이후의 強度 저하 정도를 보면, SW4 시험체에 있어서는 層間 變位比 1.3%에 달할 때까지는 最大 強度의 88%로 유지되었으나, 層間 變位比 2.0%에 이르러서는 79%로 低下되었다. 반면에 SW5 시험체에 있어서는 層間 變位比가 2.0%에 달했을 때 最大 強度의 95%



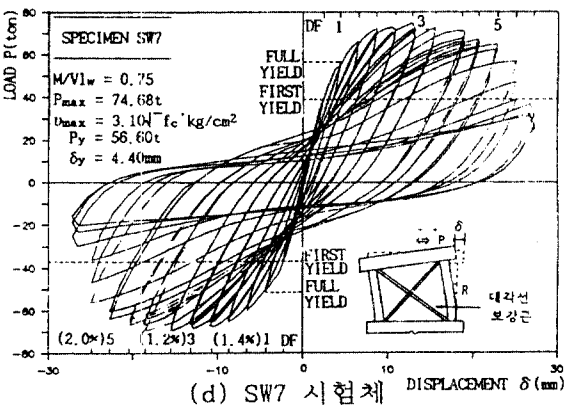
(a) SW4 시험체



(b) SW5 시험체

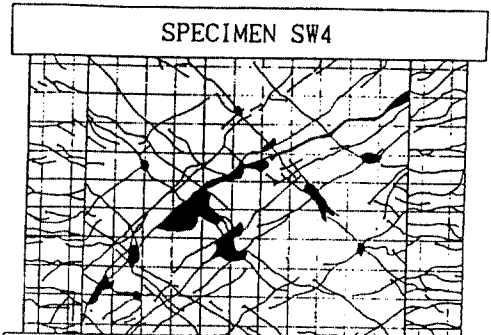


(c) SW6 시험체

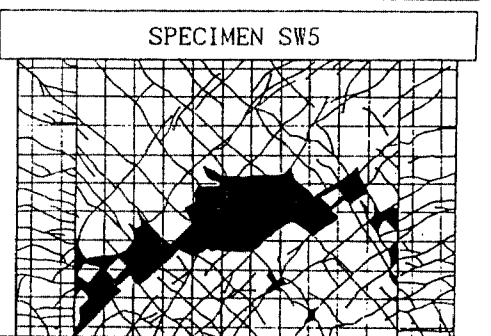


(d) SW7 시험체

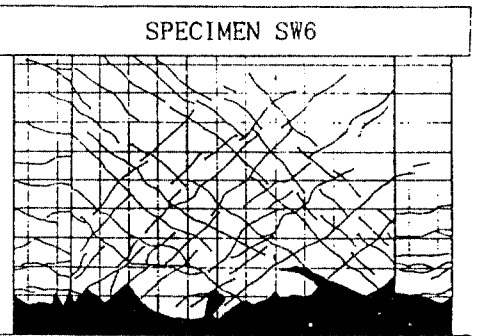
그림 2 하중-변위 곡선



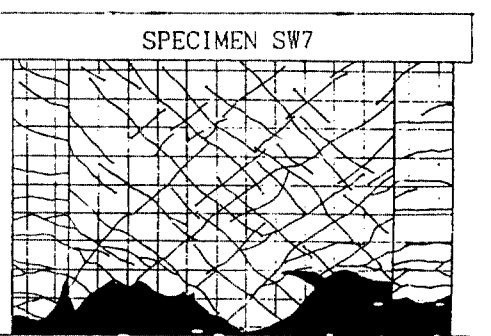
·벽면의 X자형 사인장(사압괴)균열에 의해 최종파괴  
·결합면의 미끄러짐 전단균열은 미소



·벽면의 X자형 사인장(사압괴)균열에 의해 최종파괴  
·결합면의 미끄러짐 전단균열은 미소



·미끄러짐 전단변형에 의해 최종파괴  
·결합부 수평철근이 빠져나오면서 좌굴  
·기둥의 주근 및 대근의 파괴 심각



·웹 압축부의 압괴(Web Crushing)에 의해 최종 파괴  
·벽면전체도 파괴 확산, 주 균열선은 대각선 보강근 방향

그림 3 최종 파괴상황

表 4. 實驗結果 一覽表

시험체명	$U_{max}$ $\frac{\sqrt{f_c}}{Kg/cm^2}$ (psi)	$V_y$ ton	연성비 (D.F.)												주 파괴 양상
			1 (0.2%)*			2.5 (1.0%)*			2.7 (1.4%)*			5 (2.0%)*			
			$\frac{V}{V_y}$	$\frac{K_s}{K_y}$	$E_t$ t·cm	$\frac{V}{V_y}$	$\frac{K_s}{K_y}$	$E_t$ t·cm	$\frac{V}{V_y}$	$\frac{K_s}{K_y}$	$E_t$ t·cm	$\frac{V}{V_y}$	$\frac{K_s}{K_y}$	$E_t$ t·cm	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
SW4	2.58 (9.79)	45.3	0.87	1.67	16.9	1.31	0.51	264.1	1.29	0.38	590.6	1.10	0.23	1295.3	S.F.
SW5	2.82 (10.63)	48.9	0.71	1.31	13.5	1.38	0.55	217.2	1.42	0.39	519.6	—	—	—	S.F.
SW6	2.71 (10.21)	50.6	0.69	1.32	15.1	1.30	0.51	286.5	1.27	0.38	691.9	0.88	0.17	1502.3	S.S.
SW7	3.10 (11.69)	56.6	0.77	0.69	16.7	1.28	0.54	300.7	1.27	0.36	780.6	1.14	0.22	2252.8	W.C.

延性비(D.F.):  $\delta/\delta_y$ ,  $\delta$ 는 층간 변위 (\*) : 層間 變位比(=  $\delta/h_w$ , % ,  $h_w$ 는 높이)  
 (2)  $U_{max}$ 는 最大 剪斷 應力度(=  $V_{max}/A_{cv}$ ,  $A_{cv}$ 는 壁體 全 斷面積) (3) 降伏 強度 (4), (7), (10)  
 (13)  $V$ 는 해당 延性比別 剪斷力 (5), (8), (11), (14) 시칸트 剛性(Secant Stiffness)  $K_s = V/\delta$   
 (해당 연성비 별) 항복강성  $K_y = V_y/\delta_y$  (6), (9), (12), (15) 에너지 消散 能力의 누적값  
 (16) S.S.: Sliding Shear W.C.: Web Crushing S.F.: Shear Failure

로 유지되고 있으며, 層間 變位比 2.5%에  
 가도 最大 強度의 82%로 유지되고 있다. 따  
 라서, 低型 剪斷壁에 있어서 수직 휨 철근량  
 의 증대는 最大 強度를 상승시킴과 동시에  
 最大 強度 이후의 強度 低下를 억제하는데  
 효과적인 것으로 사료된다.

내력 설계 개념에 의해 설계된 SW6, SW7  
 시험체의 最大 強度는 각각 層間 變位比가  
 1.0%(延性비 D.F. = 5/2) 및 1.2% (延性비  
 D.F.=3)일 때 각각 65.25t, 74.68t 이었다.

즉, X자형 對角線 補強筋으로 補強된 SW7  
 시험체의 最大 強度는 수직 및 수평근 만으  
 로 보강된 SW6 시험체에 비해 45%의 強度 상  
 승이 있었다. 또한, 最大 強度 이후의 強度  
 低下를 비교해 보면, SW6 시험체의 경우 層  
 間 變位比가 1.8%일 때 까지 最大 強度의  
 90%로 유지하고 있으나, 層間 變位가 層高의

2.0% 정도에 달했을 때의 強度는 最大 強度  
 의 68.0%로 나타났다. SW7 시험체의 경우 層  
 間 變位比가 2.0%에 이르렀을 때의 強度는  
 最大 強度의 87%로 유지되고 있으며, 層間  
 變位比가 2.2%에 달했을 때의 強度는 最大  
 強度의 76%로 저하되었다.

### 3.3 에너지 消散 能力

각 試驗體의 하중 - 변위 곡선으로 둘러  
 쌓인 면적으로 평가된 전체 에너지 消散量을  
 比較하여 보면, 휨 降伏에 이르기까지의  
 초반 사이클에서는 각 試驗體 모두 각각 거  
 의 동일한 에너지 消散量을 보이고 있다. 그  
 러나, 사이클이 進行됨에 따라 SW7 試驗體의  
 에너지 消散量은 對角線 補強筋이 引張과 壓  
 縮에 대하여 有效하게 抵抗하고, 미끄러짐에  
 의한 剪斷 變位를 억제해 줌에 따라 SW6 시  
 험체보다 점차 높게 나타났다. 즉, SW7 시  
 험체의 전체 에너지 消散量은 SW6 시험체보다  
 1.45배 정도 높게 평가되었다.

표 5에는 식 (1)과 같이 평가되는 각 부재  
 의 延性比別 에너지 消散 指標 ( $E_i$ , Energy  
 Dissipation Index)[3]의 比較를 나타내었  
 다.

$$E_i = \frac{E_t}{0.5 P_y \delta_y [1 + (A_s' / A_s)^2]} \quad (\text{psi}) \quad \dots (1)$$

$E_t$ 는 총 에너지 消散量,  $P_y$ ,  $\delta_y$ 는 각각  
 항복시의 荷重 및 變位,  $A_s'$  및  $A_s$ 는 각각  
 압축 및 인장 철근의 단면적

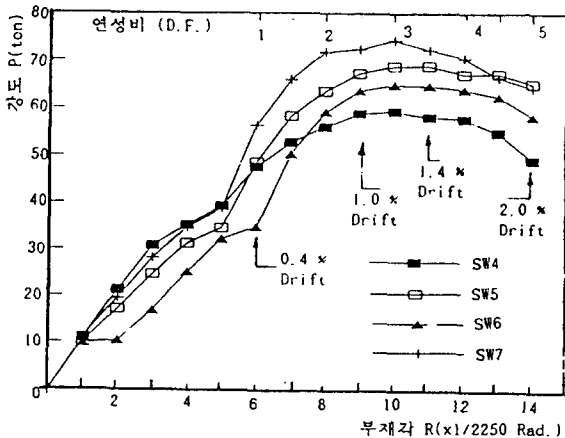


그림 4 각 시험체의 강도저하 비교

表 5. 에너지 消散指標의 比較

시험체	$P_y$	$\delta_y$	$P_{max}$	$\sum E_t$	$E_i$	$\frac{\sum E_t}{\sum E_t(SW4)}$	$\frac{E_i}{E_i(SW4)}$	$\frac{\sum E_t}{\sum E_t(SW6)}$	$\frac{E_i}{E_i(SW6)}$
	ton	mm	ton	t·mm					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
SW4	45.27	4.32	62.73	11999	61.4	1.00	1.00	0.85	0.95
SW5	48.85	4.45	69.24	10947	50.4	0.91	0.82	0.78	0.78
SW6	50.61	4.32	65.25	14094	64.5	1.17	1.05	1.00	1.00
SW7	56.60	4.40	74.68	20495	82.3	1.71	1.34	1.45	1.28

(2)降伏 荷重 (3)降伏 變位 (4)最大 荷重 (5)延性比(層間 變位比 1.8%) 까지의 에너지 消散量의 累計 (6)延性比 9/2 까지의 에너지 消散 指標

層間 變位比가 1.8%로 동일한 延性比에 있어서 보편적인 설계법에 의해 설계된 SW4 시험체의 에너지 消散 指標  $E_i$ 는 61.40로 나타났고, 수직 철근량이 2배로 증대된 SW5 시험체의 에너지 消散 指標는 50.40로 다소 낮게 평가되었다. 이로 볼때, 低型 剪斷壁에 있어서 수직 힘 철근량의 증대는 延性比의 증가에 상응하는 만큼 에너지 消散 能力的 增大에는 효과적이지 못한 것으로 판단된다.

延性比가 증가함에 따라 X자형 對角線 剪斷 補強筋을 갖는 SW7 시험체의 에너지 消散 指標는 荷重 反轉後 심각한 剛性 低下가 나타나는 SW6 시험체의 에너지 消散 指標에 비해 상당히 증진된다. 즉, 層間 變位比 1.8%로 동일한 延性比에 있어서 에너지 消散 指標는 SW7 시험체가 82.3으로 SW6 시험체보다 1.28배 높게 나타났다.

이로 판단하여 볼 때,  $1.59\sqrt{f_c}$  Kg/cm<sup>2</sup> ( $6\sqrt{f_c}$  psi)이상의 높은 剪斷 應力度를 경험하는 低型 剪斷壁에 사용된 X자형 對角線 剪斷 補強筋은 요구되는 強度를 유지하면서 흡입된 地震 에너지를 消散시킬수 있는 능력을 증진시키는 데 매우 효과적임을 알 수 있다.

#### 4. 結論

이상과 같은 바벨형 低型 剪斷壁의 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 높이에 대한 길이의 비가 0.75인 低型 剪斷壁인 본 시험체는 耐力設計 概念에 따라 수직 철근의 힘항복이 선행되면서 연성적인 거동을 보였으며, 최종적으로 SW4, SW5 시험체는 벽판의 사인장(Diagonal Tension), SW6 시험체는 미끄러짐 전단(Sliding Shear), SW7 시험체는 압괴(Web Crushing)에 의해 파괴되었다.

2)  $1.59\sqrt{f_c}$  Kg/cm<sup>2</sup> ( $6\sqrt{f_c}$  psi) 이상의 높은 剪斷 應力을 받는 바벨형 低型 剪斷壁의 塑性 힌지부를 X자형 對角線 補強筋으로 補強하면 핀칭(Pinching) 현상에 따른 剛性 低下를 현저하게 감소시키므로 安定(Stable)된 履歴 舉動을 얻을 수가 있다.

3) 바벨형 低型 剪斷壁에 있어서의 垂直 鐵筋은 미끄러짐 剪斷 變位 및 強度 低下를 방지함에 따라 延性的인 舉動에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나, 이러한 힘 鐵筋量의 증가에 의해서는 壁板의 斜引張에 의한 剪斷 破壞 및 핀칭 현상을 제거하지 못하므로 에너지 消散量의 증대는 기대할 수 없는 것으로 판단된다.

끝으로 본 연구는 한국과학재단의 목적기초 연구비 지원하에서 이루어진 연구의 일부분으로써 관계관 제위께 감사로 표하며, 실험중 물심양면으로 도움을 주신 해사기술연구소 이호섭 부장님, 신병천 박사님 이하 연구원 여러분께 감사의 뜻을 전합니다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 崔彰植, 李勇宰, 尹顯道, 李利衡, "反復 荷重을 받는 鐵筋 콘크리트 低型 剪斷壁의 履歴 舉動에 관한 實驗的 研究(I)," 韓國 콘크리트學會 學術發表 論文集, 1991.5.
- 2) T. Paulay, M.J.N. Priestley and A.J. Syngé, "Ductility in Earthquake Resisting Squat Shear Walls," Journal of ACI, July- August 1982, pp.257-269.
- 3) Darwin, D., and Nmai, C.K., "Energy Dissipation in RC Beams under Cyclic Load," Journal of Structural Div., ASCE, Vol. 112, No. 8, Aug., 1986, pp. 1829 - 1846.