

文章编号:1673-9469(2010)01-0007-05

钢筋混凝土剪力墙的延性计算方法

司林军¹,李国强^{1,2},孙飞飞^{1,2}

(1. 同济大学 建筑工程系,上海 200092;2. 土木工程防灾国家重点实验室,上海 200092)

摘要:本文考虑了轴压比、剪跨比、边缘约束构件及其含箍特征值对剪力墙位移延性的影响,建立了考虑端部混凝土约束的剪力墙位移延性比的计算方法,并用39片不同轴压比的钢筋混凝土剪力墙在往复水平荷载作用下的延性比试验结果对本文计算方法进行了验证。对影响剪力墙位移延性的因素进行了参数分析,试验和理论分析都表明,为保证剪力墙达到预期的延性要求,应限制剪力墙的轴压比并设置合适的约束边缘构件。

关键词:钢筋混凝土剪力墙;轴压比;剪跨比;约束边缘构件;位移延性

中图分类号: TU313

文献标识码: A

Calculation method for predicting ductility of reinforced concrete shear walls

SI Lin-jun¹, LI Guo-qiang^{1,2}, SUN Fei-fei^{1,2}

(1. Department of Building Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. State Key Laboratory for Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: An attempt has been made to investigate the deformation ductility of RC shear walls under cyclic loading. A calculation method for the deformation ductility ratio of shear walls is established with consideration of the confinement of boundary zones at both ends. The influence of axial compression ratio, shear-span ratio and the characteristic value of stirrup in confined boundary zone on the ductility of the walls are studied. The experimental results of 39 RC shear walls subjected to horizontal cyclic loading with different axial compression ratio are employed to verify the proposed calculation method. Using the established method, factors influencing the deformation ductility of shear walls are studied. It is concluded that to make the shear walls have expected ductility, the axial compression ratio should be limited and the confined boundary zones must be provided.

Key words: RC shear wall; axial compression ratio; shear-span ratio; confined boundary zone; displacement ductility

剪力墙结构是目前工业民用建筑中广泛使用的一种结构形式,众多学者对其抗震性能进行了大量的试验与模拟计算分析研究^[1,4-10]。剪力墙依其空间形状可分为矮剪力墙(通常墙剪跨比小于2)和高剪力墙(又称悬臂剪力墙),矮剪力墙常发生剪切破坏和弯剪破坏;根据配筋、受力和其他因素,高剪力墙可能发生弯曲破坏和弯剪破坏,地震区的结构构件除应具有足够的承载力和刚度外,还应具有良好的延性。文献[2]、[3]对剪力墙的延性进行了分析与计算,但文献[2]未给出剪力墙

相对受压区高度的计算公式,文献[3]未区分带翼缘墙的相对受压区高度的计算公式与带暗柱剪力墙的相对受压区高度的计算公式的差异;同时应用文献[2]、[3]的理论,作者得到的位移延性比计算结果与文献[2]中的计算结果并不一致。为此,本文在其他学者研究的基础上,通过理论计算和试验对比研究了轴压比、端部约束程度和剪跨比与剪力墙位移延性的关系,完善了位移延性比的计算过程。

收稿日期:2009-10-22

基金项目:国家自然科学基金(90815029)、国家科技支撑计划项目(2006BAJ01B02)

作者简介:司林军(1980-),男,山东定陶县人,博士研究生,从事钢筋混凝土剪力墙的弹塑性研究。

1 RC 剪力墙试验数据

本文共收集国内外 39 个 RC 悬臂剪力墙试件

在往复水平力作用下的试验数据,所有试件的剪跨比均大于等于 1。表 1 给出了剪力墙试件的主要参数。

表 1 剪力墙试件主要数据

Tab.1 Database of RC shear walls

试件编号	资料来源	几何尺寸/mm						试验参数							
		b_w	h_w	H	b_f	h_f	a_s	λ	λ_k	f_m /MPa	E_s /MPa	f_y /MPa	f_{wy} /MPa	ρ_w /%	P /kN
SJ-4	文献[1]	100	700	1 050	0	0	30	1.5	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	100
SJ-5		100	700	1 050	0	0	30	1.5	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	200
SJ-6		100	700	1 050	0	0	30	1.5	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	300
SJ-7		100	700	1 400	0	0	30	2	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	100
SJ-8		100	700	1 400	0	0	30	2	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	200
SJ-9		100	700	1 400	0	0	30	2	0	18.82	2.00E+05	335	235	0.004	300
SWH-1	文献[2]、[3]	70	690	1 500	200	70	17	2.17	0	37.1	2.05E+05	381	345	0.44	545
SWH-2		70	690	1 500	0	0	18	2.17	0	50.8	2.05E+05	287	345	0.44	560
SWH-3		70	690	1 500	0	0	19	2.17	0	47.5	2.05E+05	262	351	0.44	350
SWH-4		70	690	1 500	0	0	19	2.17	0	39.3	2.05E+05	251	345	0.44	578
SW-1		110	1 200	2 400	0	0	30	2	0	36.8	2.05E+05	381	289	0.46	400
SW-3		110	1 200	2 400	295	100	24	2	0.19	36.8	2.05E+05	381	289	0.46	314
SW-7		100	700	1 500	0	0	27	2.14	0.19	36.8	2.05E+05	405	305	0.67	500
SW-8		100	700	1 500	0	0	26	2.14	0.17	40.2	2.05E+05	432	305	0.67	800
SW-9		100	700	1 500	0	0	30	2.14	0.21	43.1	2.05E+05	375	305	0.67	600
SW-R-1	100	900	1 840	0	0	30	2.04	0	40.3	2.05E+05	420	345	0.67	331	
WSH2	文献[4]	150	2 000	4 560	0	0	25	2.28	0.185	45	1.92E+05	580	494.1	0.003	630
WSH3		150	2 000	4 560	0	0	30	2.28	0.185	45	1.88E+05	577.8	519	0.005	4 630
WSH4		150	2 000	4 560	0	0	30	2.28	0.144	45	2.04E+05	579.1	574.1	0.005	4 630
WSH6		150	2 000	4 560	0	0	30	2.28	0.26	45	2.04E+05	579.1	574.1	0.005	4 142
SHW1	文献[5]	50	500	1 500	0	0	30	3	0	25.85	1.92E+05	276	216	0.002	8 0
SHW2		50	500	1 500	0	0	30	3	0	23.95	1.88E+05	276	216	0.002	8 0
SHW3		50	500	1 500	0	0	30	3	0	26.1	2.04E+05	276	216	0.002	8 0
SHW4		50	500	1 500	0	0	30	3	0	26.97	2.04E+05	276	216	0.002	8 0
LSW1	文献[6]	100	1 200	1 200	0	0	30	1	0.19	27	1.90E+05	585	610	0.005	7 0
LSW3		100	1 200	1 200	0	0	30	1	0.19	27	1.90E+05	585	610	0.002	8 170
MSW1		100	1 200	1 800	0	0	30	1.5	0.13	27	1.90E+05	585	610	0.005	7 0
MSW2		100	1 200	1 800	0	0	30	1.5	0.13	27	1.90E+05	585	610	0.002	8 0
MSW3		100	1 200	1 800	0	0	30	1.5	0.13	27	1.90E+05	585	610	0.002	8 170
SW13		文献[7]、[8]	45	450	495	0	0	20	1.1	0	55	2.00E+05	436	414	0.018
SW16	45		450	495	0	0	20	1.1	0	44.5	2.00E+05	436	414	0.018	6 0
SW17	45		450	495	0	0	20	1.1	0	45.1	2.00E+05	436	414	0.018	6 0
SW18	45		450	495	0	0	20	1.1	0	44.6	2.00E+05	500	414	0.018	6 0
HPCW-01	文献[9]	100	1 000	2 100	0	0	20	2.1	0.313	48	2.00E+05	433.3	360	0.001	3 753
HPCW-02		100	1 000	2 100	0	0	20	2.1	0.426	48	2.00E+05	433.3	360	0.001	3 753
HPCW-03		100	1 000	2 100	0	0	20	2.1	0.638	47	2.00E+05	433.3	360	0.001	3 1 004
HPCW-04		100	1 000	2 100	0	0	20	2.1	0.62	47	2.00E+05	433.3	360	0.001	3 1 004
SW1	文献[10]	60	1 000	3 000	0	0	20	3	0	19	2.07E+05	371.7	453	0.002	1 220
SW2		60	1 000	3 000	120	120	20	3	0	19	2.07E+05	371.7	453	0.002	1 180

注:表中 b_w 、 h_w —一端截面宽度和长度; b_f 、 h_f —受拉(压)翼缘厚度和宽度; H —墙的总高度; f_m —一边长 150mm 的混凝土立方体抗压强度; f_y 、 f_{wy} —一端部纵筋和墙体竖向钢筋屈服强度; E_s —一端部纵筋弹性模量; ρ_w —墙体竖向钢筋配筋率; P —轴向压力; λ 、 λ_k —剪跨比和端部配箍特征值; a_s —最外侧受拉钢筋距截面近边的距离。

2 位移延性计算方法

试验研究表明,按承载力设计并不能保证剪力墙具有良好的延性。为此,有必要建立剪力墙的延性计算方法,研究剪力墙的延性与诸因素的关系。

2.1 截面曲率延性比的计算^[2]

实墙截面曲率延性比由下式计算

$$\mu_d = \phi_u / \phi_y \quad (1)$$

式中 ϕ_y 、 ϕ_u —截面屈服曲率和极限曲率。

下文采用平截面假定建立 ϕ_y 、 ϕ_u 的计算式。

定义截面最外侧受拉钢筋屈服时截面曲率为屈服曲率 ϕ_y (mm^{-1}),剪力墙的屈服曲率可以表示为

$$\phi_y = (\epsilon_y + \epsilon_{cy}) / (h_w - a_y) \quad (2)$$

式中 ϵ_y —最外侧受拉钢筋的屈服应变; ϵ_{cy} —最外侧受拉钢筋的屈服时受压区混凝土外纤维压应变, ϵ_{cy} 采用文献^[2]的计算公式。

$$\epsilon_{cy} = (0.00056 + 0.003\zeta)f_y / 310 \quad (3)$$

式中 f_y —最外侧受拉主筋的屈服应力(MPa)。

定义截面受压区混凝土纤维达到极限应变 ϵ_{cm} 时截面的曲率为极限曲率 ϕ_u (mm^{-1}) (见图 1)。采用平截面假定及截面中和轴处应变为 0, ϕ_u 可由下式计算

$$\phi_u = \epsilon_{cm} / x_n \quad (4)$$

式中 ϵ_{cm} —截面受压区混凝土的极限压应变, x_n —截面中和轴高度 ($x_n = 1.25\zeta h_{w0}$); ϵ_{cm} 与剪力墙端部混凝土的约束程度有关,无箍筋约束作用时,取 $\epsilon_{cm} = 0.0033$ 。

有箍筋约束作用时,依据文献^[2]的研究结果,含箍特征值 λ_k 与约束混凝土的极限压应变 ϵ_{cm} 存在如下关系(见表 2)。

表 2 中 $\lambda_k = \rho f_y / f_c$, 其中 ρ 为体积配箍率, f_y 为箍筋实测屈服强度, f_c 为混凝土轴心抗压强度

($f_c = 0.76f_{cm}$)。当端部不设箍筋或箍筋肢距超过 1.8 箍筋短边尺寸或 1.5 倍试件短边尺寸时,不考虑约束效应作用,即 $\lambda_k = 0$, $\epsilon_{cm} = 0.0033$; R. Park^[11] 等人的研究表明,普通箍筋约束的混凝土极限压应变不大于 0.015, 本文限定 $\epsilon_{cm} \leq 0.015$ 。

由力平衡关系并应用《高层建筑混凝土结构技术规程》^[12] (JGJ 3-2002) 第 7.2.8 条可得到截面相对受压区高度 ζ 的计算公式。

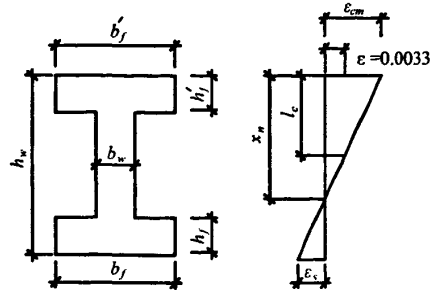


图 1 剪力墙截面形状及应变分布

Fig. 1 Cross section and strain distribution of RC shear wall

1) 受压区位于受压翼缘内即 $x < h'_f$

$$\zeta = \frac{x}{h_{w0}} = \frac{\rho f_y - \rho' f'_y + \rho_w f_{yw} + \frac{P}{b_w h_{w0}}}{\frac{a_1 f_c b'_f}{b_w} + 1.5 \rho_w f_{yw}}$$

2) 受压区位于受压翼缘外即 $x > h'_f$

若 $x \leq \zeta_b h_{w0}$

$$\zeta = \frac{\rho f_y - \rho' f'_y + \rho_w f_{yw} + \frac{P}{b_w h_{w0}} - \frac{a_1 f_c h'_f (b'_f - b_w)}{b_w h_{w0}}}{a_1 f_c + 1.5 \rho_w f_{yw}}$$

若 $x > \zeta_b h_{w0}$

$$\zeta = \frac{\frac{P}{b_w h_{w0}} - \rho' f'_y - \frac{\rho f_y \beta_1}{\zeta_b - 0.8} - \frac{a_1 f_c h'_f (b'_f - b_w)}{b_w h_{w0}}}{a_1 f_c - \frac{\rho f_y}{\zeta_b - 0.8}}$$

式中具体参数含义参见《高层建筑混凝土结构技术规程》7.2.8 条^[12]。

表 2 与配箍特征值 (λ_k) 对应的极限压应变 (ϵ_{cm})

Tab. 2 The relationship between λ_k and ϵ_{cm}

λ_k	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.55
ϵ_{cm}	0.0033	0.00486	0.00604	0.00786	0.00992	0.01396

2.2 位移延性比与曲率延性比的关系

采用 Paulay T.^[13] 提出的公式计算剪力墙的位移延性比,即

$$\mu_{\Delta} = 3(l_p/h_c)[1 - l_p/(2h_c)](\mu_s - 1) + 1$$

$$h_c = 2H/3$$

$$l_p = (0.2 + 0.044H/h_w)h_w$$

式中 h_c —墙的有效高度(mm); l_p —塑性铰区高度(mm)。

3 计算方法的试验验证

用上述方法计算表 1 剪力墙试件的位移延性比,结果列于表 3,位移延性比的实测值也列于表 3。位移延性比实测值取 $\mu_{\Delta} = \Delta_u/\Delta_y$, Δ_y 为试件屈服位移,即外侧受拉钢筋屈服时的位移, Δ_u 为试件极限位移,取承载力开始急剧下降或下降 10% 时的位移,表中 μ_{Δ} 取两个加载方向的平均值。

显然,除个别试件外,剪力墙位移延性比计算结果与实验结果吻合较好,说明本文计算方法基本合理。

4 参数分析

由上面的分析可知, μ_{Δ} 与 λ_k 、 λ 、 n 有关。为了定量的了解 μ_{Δ} 与这些因素的关系,本文对文献 [4] 中的墙 WSH3、WSH4、WSH6 作参数计算,可得到以下 $\mu_{\Delta} - \lambda_k - \lambda - n$ 的关系(见图 2)。由图 2 可得到以下看法:

1) 含箍特征值 λ_k 、轴压比 n 固定,位移延性比随着剪跨比 $\lambda(H/h_w)$ 的增大而降低;当 $\lambda_k = 0.144$, $n = 0.06$ 时,若 $\lambda(H/h_w)$ 从 1.5 增加到 3.5,则 μ_{Δ} 从 6.9 减小到 4.59。

2) 含箍特征值 λ_k 、剪跨比 $\lambda(H/h_w)$ 固定,位移延性比随着轴压比 n 的增大而降低。当 $\lambda_k = 0.144$, $\lambda = H/h_w = 2.5$ 时,若 n 从 0.06 增加到 0.18,则 μ_{Δ} 从 5.31 减小到 2.45。

3) 剪跨比 $\lambda(H/h_w)$ 、轴压比 n 相同,位移延性比随着含箍特征值 λ_k 增加而增加。当 $\lambda = H/h_w = 1.5$, $n = 0.06$ 时,若 n 从 0.144 增加到 0.185,则 μ_{Δ} 从 6.9 增加到 7.34。

4) 轴压比对剪力墙的位移延性比有比较明显的影响。这是由于轴压比的增大,增大了剪力墙

的屈服曲率,同时减小了剪力墙的极限曲率。

表 3 位移延性比计算值与实测值对比

Tab.3 Ductility comparison between calculated values and test results

试件编号	资料来源	位移延性比 μ_{Δ}		误差 (%)	
		计算值	实测值		
SJ-4	文献[1]	4.55	3.05	49.06	
SJ-5		2.67	2.55	4.9	
SJ-6		1.87	1.78	5.21	
SJ-7		3.95	3.75	5.31	
SJ-8		2.4	2.54	-5.72	
SJ-9		1.73	2.05	-15.61	
SWH-1		1.25	2.17	-42.28	
SWH-2		1.98	2.5	-20.64	
SWH-3		3.05	5.59	-45.45	
SWH-4	文献[2]、[3]	1.67	1.83	-8.78	
SW-1		3.75	3.22	16.56	
SW-3		7.75	5.6	38.35	
SW-7		2.64	3.65	-27.67	
SW-8		1.76	2.6	-32.41	
SW-9		2.93	3.35	-12.6	
SW-R-1		2.8	3.72	-24.65	
WSH2		文献[4]	5.9	5.78	2.04
WSH3			5.52	5.42	1.86
WSH4	5.55		5.78	-3.87	
SH6	4.08		4.06	0.55	
SHW1	3.87		3.67	5.36	
SHW2	3.59		3.32	8.13	
SHW3	文献[5]	3.9	3.1	25.92	
SHW4		4.03	3.82	5.51	
LSW1		6.66	4.79	39.03	
LSW3		6.54	5.33	22.70	
MSW1		文献[6]	4.69	4	17.27
MSW2			4.69	3.46	35.57
MSW3			3.2	4.63	-30.85
SW13		文献[7]、[8]	4.47	3.88	15.27
SW16	3.72		3.38	10.06	
SW17	3.47		3.38	2.73	
SW18	3.27		3.42	-4.38	
HPCW-01	4.36		4.99	-12.6	
HPCW-02	文献[9]	6.06	5.79	4.71	
HPCW-03		6.43	5.84	10.09	
HPCW-04		6.28	6.18	1.67	
SW1		1.79	2.01	-10.94	
SW2	文献[10]	2.07	2.15	-3.95	
误差的平均值		0.653%			
误差的标准差	21.23%				

注:误差=(计算值-实测值)/实测值。

5 结论

1) 文中位移延性比的计算方法适用于剪跨比大于 2 的中、高剪力墙,一般不适用于低矮剪力墙;轴压比、约束箍筋的范围和剪跨比对剪力墙的破坏形态有较大影响。轴压比增大时,增加剪力墙边缘约束箍筋的数量和范围能使其具有良好的

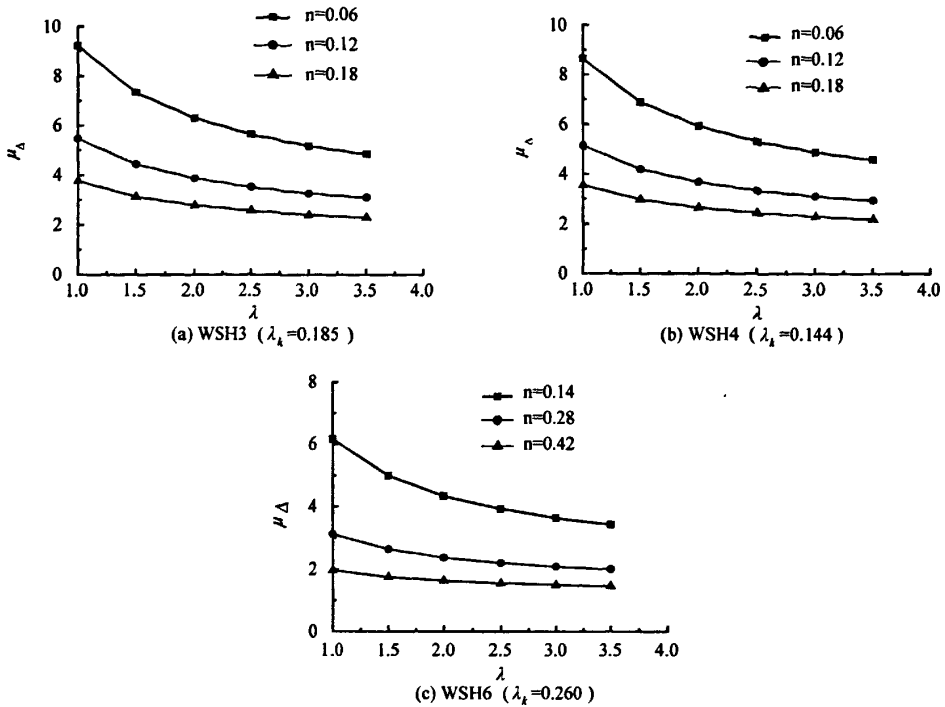


图2 试件WSH3、WSH4和WSH6的参数分析结果

Fig.2 Parametric study results of WSH3, WSH4 and WSH6

延性。试验证实轴压比和边缘构件约束程度是影响剪跨比大于 2 的剪力墙(破坏形式为弯曲破坏或弯剪破坏)的重要因素;

2)通过 $\mu_d - \lambda_k - \lambda - n$ 的相互关系可以看出,为保证剪力墙具有良好的延性,应限制剪力墙的轴压比和设置边缘端部约束边缘构件。

参考文献:

[1] 李宏男, 李兵. 钢筋混凝土剪力墙抗震恢复力模型及实验研究[J]. 建筑结构学报, 2004, 25(5): 35-42.
 [2] 钱稼茹, 吕文, 方鄂华. 基于位移延性的剪力墙抗震设计[J]. 建筑结构学报, 1999, 20(3): 42-48.
 [3] 吕文, 钱稼茹, 方鄂华. 钢筋混凝土剪力墙延性的试验和计算[J]. 清华大学学报, 1999, 39(4): 88-91.
 [4] YOUSSEF BELMOUDEN, PIERINO LESTUZZI. Analytical model for predicting nonlinear reversed cyclic behavior of reinforced concrete structural walls [J]. Engineering Structures, 2007, 29(7): 1263-1276.
 [5] TASNIMI A A. Strength and deformation of mid-rise shear walls under load reversal [J]. Engineering Structures, 2000, 22(4): 311-322.
 [6] THOMAS N, SALONIKIOS. Shear strength and deformation

patterns of R/C walls with aspect ratio 1.0 and 1.5 designed to Eurocode 8 (EC8) [J]. Engineering Structures, 2002, 24(1): 39-49.
 [7] LOPES M S. Experimental shear-dominated response of RC walls Part I: Objectives, methodology and results [J]. Engineering Structures, 2001, 23(3): 229-239.
 [8] LOPES M S. Experimental shear-dominated response of RC walls Part II: Discussion of results and design implications [J]. Engineering Structures, 2001, 23(5): 229-239.
 [9] 邓明科, 梁兴文, 刘青山. 横向约束钢筋新配筋方案高性能混凝土剪力墙抗震性能的试验研究 [J]. 西安建筑科技大学学报, 2006, 38(4): 538-543.
 [10] 龚志林, 吕西林, 姬守中. 不同边缘构件约束剪力墙抗震性能研究 [J]. 结构工程师, 2006, 22(1): 56-61.
 [11] PARK R, PAULAY T. Reinforced concrete structures [M]. New York: John Wiley & Sons, 1975.
 [12] JGJ 3-2002, 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
 [13] PAULAY T, PRIESTLEY M J N. Stability of Ductile Structural Walls [J]. Structural Journal, 1993, 90(4): 385-392.

(责任编辑 刘存英)

钢筋混凝土剪力墙的延性计算方法

作者: [司林军](#), [李国强](#), [孙飞飞](#), [SI Lin-jun](#), [LI Guo-qiang](#), [SUN Fei-fei](#)
 作者单位: [司林军, SI Lin-jun\(同济大学建筑工程系, 上海, 200092\)](#), [李国强, 孙飞飞, LI Guo-qiang, SUN Fei-fei\(同济大学建筑工程系, 上海, 200092; 土木工程防灾国家重点实验室, 上海, 200092\)](#)
 刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
 英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
 年, 卷(期): 2010, 27(1)

参考文献(13条)

1. 李宏男;李兵 [钢筋混凝土剪力墙抗震恢复力模型及实验研究](#)[期刊论文]-[建筑结构学报](#) 2004(05)
2. 钱稼茹;吕文;方鄂华 [基于位移延性的剪力墙抗震设计](#) 1999(03)
3. 吕文;钱稼茹;方鄂华 [钢筋混凝土剪力墙延性的试验和计算](#)[期刊论文]-[清华大学学报](#) 1999(04)
4. YOUSSEF BELMOUDEN;NERINO LESTUZZI [Analytical model for predicting nonlinear reversed cyclic behavior of reinforced concrete structural walls](#)[外文期刊] 2007(07)
5. TASNIMI A A [Strength and deformation of mid-rise shear walls under load reversal](#)[外文期刊] 2000(04)
6. THOMAS N;SALON S [Shear strength and defromation patterns of R/C walls with aspect ratio 1.0 and 1.5 designed to Eurocode 8 \(EC8\)](#)[外文期刊] 2002(01)
7. LOPES M S [Experimental shear-dominated response of RC walls Part I: Objectives, methodology and results](#) 2001(03)
8. LOPES M S [Experimental shear-dominated response of RC walls Part II: Discussion of results and design implications](#) 2001(05)
9. 邓明科;梁兴文;刘青山 [横向约束钢筋新配筋方案高性能混凝土剪力墙抗震性能的试验研究](#)[期刊论文]-[西安建筑科技大学学报](#) 2006(04)
10. 龚志林;吕西林;姬守中 [不同边缘构件约束剪力墙抗震性能研究](#)[期刊论文]-[结构工程师](#) 2006(01)
11. PARK R;PAULAY T [Reinforced concrete structures](#) 1975
12. JGJ 3-2002. [高层建筑混凝土结构技术规程](#)
13. PAULAY T;PRIESTLEY M J N [Stability of Ductile Structural Walls](#) 1993(04)

本文读者也读过(10条)

1. 邓明科. 梁兴文. 张思海 [高性能混凝土剪力墙延性的试验研究](#)[会议论文]-2008
2. 吕文. 钱稼茹. 方鄂华 [钢筋混凝土剪力墙的延性研究](#)[会议论文]-1998
3. 韩英男 [对建筑砌体结构地震性能的初探](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#)2009(34)
4. 周广强. 孙恒军. 周德源 [钢筋混凝土剪力墙抗震性能试验研究](#)[期刊论文]-[山东建筑大学学报](#)2010, 25(1)
5. 应勇. YING Yong [钢筋混凝土剪力墙构件屈服位移研究](#)[期刊论文]-[低温建筑技术](#)2010, 32(12)
6. 潘东辉. 蔡健. 张兴富. Pan Dong-hui. Cai Jian. Zhang Xing-fu [不同性能等级下剪力墙的反应调整系数](#)[期刊论文]-[华南理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2006, 34(11)
7. 潘东辉. PAN Dong-hui [配筋砌体剪力墙约束边缘构件的研究](#)[期刊论文]-[科学与技术工程](#)2008, 8(3)
8. 龚嘉畋 [剪力墙结构体系优化设计探讨](#)[期刊论文]-[墙材革新与建筑节能](#)2007(4)
9. 魏巍. 刘华新 [改善钢筋混凝土土剪力墙延性的方法](#)[期刊论文]-[低温建筑技术](#)2003(5)
10. 何明春. 程才渊. HE Ming-chun. CHENG Cai-yuan [带混凝土边缘构件的配筋砌体剪力墙抗弯性能的有限元分析](#)

[期刊论文]-佳木斯大学学报（自然科学版）2010, 28(5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201001003.aspx