

带端柱高性能混凝土剪力墙承载力分析

崔晓玲^{1,2}, 梁兴文¹, 高兑现²

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安理工大学土木建筑工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 采用分段封闭约束高强箍筋构造方式, 按性能设计理论分别设计了6个带端柱高性能混凝土剪力墙, 进行拟静力试验; 根据试验研究结果, 以开裂点、屈服点、峰值点和极限点为特征点, 将剪力墙截面的弯矩-曲率骨架曲线简化为4折线型; 基于应变平截面假定, 考虑边缘约束构件的约束效应, 分别推导了带端柱高性能混凝土剪力墙的开裂、屈服、峰值和极限点的弯矩和曲率表达式, 表达式的计算值与试验值符合良好。

关键词: 带端柱高性能混凝土剪力墙; 分段封闭约束配箍方案; 骨架曲线; 截面弯矩-曲率分析

中图分类号: TU973.16; TU317.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)03-0367-07

高性能混凝土剪力墙在高层和超高层建筑中的广泛应用已成为一种必然趋势。研究高性能混凝土剪力墙的抗震措施、承载力、变形能力等, 对于在地震区推广使用这种有效的抗侧力结构构件, 提高建筑结构的整体抗震性能有重要的实际意义。

文献[1]对矩形截面高性能混凝土剪力墙, 采用分段封闭约束高强箍筋, 进行了拟静力试验, 研究了高性能混凝土剪力墙在低周往复水平荷载作用下的破坏形态、破坏机理、承载力、耗能能力和变形能力等。研究表明, 这种构造方式能明显改善高性能剪力墙的变形能力。文献[2-3]分别从理论推导和数值分析两方面对矩形截面剪力墙的承载力和变形进行了研究。

本文在上述研究基础上, 为进一步探索改进带端柱高性能混凝土剪力墙的延性和耗能能力的措施, 在剪力墙底部加强区采用分段封闭约束高强箍筋的构造方式, 按性能设计理论分别设计了6个带端柱高性能混凝土剪力墙, 进行了拟静力试验研究; 以开裂点、屈服点、峰值点和极限点为特征点, 将剪力墙截面的弯矩-曲率骨架曲线简化为4折线型; 基于应变分布平截面假定, 分别推导了带端柱高性能混凝土剪力墙的开裂、屈服、峰值和极限点的弯矩和曲率表达式, 并与试验结果进行比较。

1 试验概况

1.1 试件设计与制作

按位移延性需求设计并制做了6个悬臂带端柱高性能混凝土剪力墙模型试件。箍筋采用分段封闭约束、相互连续嵌套的构造方式。端柱为正方形, 边长取为2倍的墙板厚度。各试件编号、截面尺寸及配筋, 如图1和表1所示。图1中的A、B型箍筋分别表示有4、3个独立分段封闭箍筋环嵌套而成的配箍方案。

试验前, 分别测定了各材料的性能指标。表2列出了主要的测定值。其中高强钢丝的名义屈服强度取0.85倍的极限强度。

1.2 加载装置和测试内容

水平荷载采用低周反复加载, 试验加载装置如图2所示。采用混合控制方式, 即试件屈服前按力控制加载, 每级荷载循环1次; 试件屈服后采用位移循环控制, 每级位移循环3次, 直至试件破坏或水平荷载下降至最大荷载的85%左右为止。

收稿日期: 2010-04-08 修改稿日期: 2011-04-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51078305); 国家自然科学基金青年基金资助项目(50908187)

作者简介: 崔晓玲(1974-), 女, 陕西武功人, 博士研究生, 讲师, 主要从事高层建筑结构抗震性能研究。

有相对较短的水平段, 有下降段, 变形能力较好. 试件 DHPCW-05、06 的骨架曲线仅包括上升段和下降段, 无明显水平段. 达峰值荷载后, 曲线有相对较陡的下降段.

2.2 简化弯矩-曲率骨架曲线

将实测骨架曲线简化为折线型曲线如图 4 所示. 图中 M_{cr} 、 ϕ_{cr} 、 M_y 、 ϕ_y 、 M_p 、 ϕ_p 、 M_u 、 ϕ_u 分别表示开裂点、屈服点、峰值点和极限点的弯矩和曲率值.

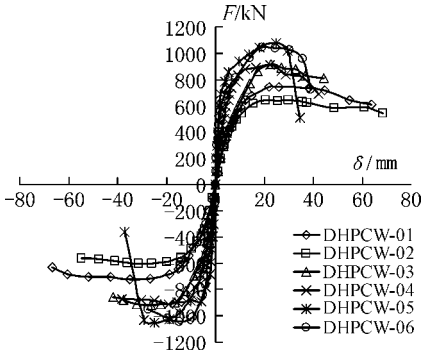


图 3 实测骨架曲线

Fig. 3 Measured skeleton curves of specimens

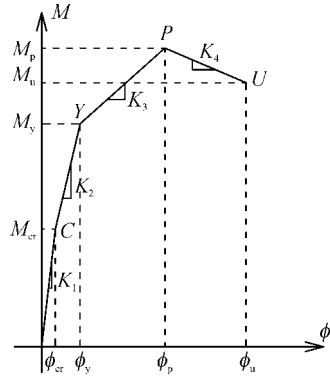


图 4 简化弯矩-曲率骨架曲线

Fig. 4 Simplified skeleton curves of moment-curvature

3 带端柱剪力墙特征点弯矩-曲率分析

3.1 分析假定

(1)假定截面上同时存在受拉区和受压区. 不考虑偏心矩很小, 全截面受压的情况, 这种情况在剪力墙底部截面出现的几率较小.

(2)平截面假定成立. 在开裂及开裂前, 应变为线性分布, 在屈服及屈服以后, 平均应变为线性分布.

(3)剪力墙的破坏都是因截面材料强度耗尽而产生的破坏, 属材料破坏类型.

3.2 承载力及变形分析

从试验过程可以看出, 这 6 个剪力墙试件首先在受拉区产生横向裂缝, 接着受拉区裂缝不断发展, 受拉钢筋屈服, 受拉变形的发展大于受压变形的发展, 中和轴向受压区移动, 最后受压区边缘混凝土达到极限压应变值而被压碎, 同时受压钢筋也屈服, 构件破坏. 有明显的开裂、屈服、峰值和破坏阶段.

(1) 开裂弯矩和曲率

当受拉区混凝土应变达到极限拉应变 ϵ_{tu} , 墙体进入开裂状态. 为简化计算, 可按混凝土总拉力和作用位置相等的原则, 将受拉区的曲线应力图转化为三角形线性分布的应力图, 其最外缘混凝土拉应力取为 γf_t , 相应的拉应变取为 $\epsilon_{tu} = \gamma f_t / E_c$. 开裂极限状态时带端柱剪力墙截面的应变、应力图如图 5 所示. 由图 5(a)可得截面的开裂曲率:

$$\phi_{cr} = \frac{\epsilon_{tu}}{h_w - x} \tag{1}$$

根据轴向力平衡方程和式(1)可求解出截面受压区高度 x 和截面曲率 ϕ_{cr} . 对截面形心轴取矩, 得带端柱剪力墙截面开裂弯矩表达式: 当 $x \leq h'_f$ 时,

$$\begin{aligned} M_{cr} = & T_{scl} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_f + a_s}{3} \right] + T_{sc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f - a_s}{3} \right] + T_{sc3} \left[\frac{2h'_f + x - 2a'_s}{3} - \frac{h_w}{2} \right] + T_{sw1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_{sw}}{3} - h_f + a_s \right] \\ & + T_{sw2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_{sw}}{3} - h_f + a_s \right] + T_{cl1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_f}{3} \right] + T_{cc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f}{3} \right] + T_{cc3} \left[\frac{2h'_f + x}{3} - \frac{h_w}{2} \right] \\ & + T_{cw1} \left[\frac{h_w}{6} - \frac{2h_f - h'_f}{3} \right] + T_{cw2} \left[\frac{2h'_f - h_f}{3} - \frac{h_w}{6} \right] + T'_{sc} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{x + 2a'_s}{3} \right] + C_c \left[\frac{h_w}{2} - \frac{x}{3} \right] \end{aligned} \tag{2a}$$

当 $h'_f < x < h_w - h_f$ 时,

$$M_{cr} = T_{sc1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_f + a_s}{3} \right] + T_{sc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f - a_s}{3} \right] + T_{sw} \left[\frac{h_w}{6} - \frac{2h_f - 2a_s - x}{3} \right] + T_{ec1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_f}{3} \right] + T_{ec2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f}{3} \right] + T_{cw} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f + h_w - x}{3} \right] + T'_{sc1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f + a'_s}{3} \right] + T'_{sc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f - a'_s}{3} \right] + T'_{sw} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{x + 2h'_f - 2a'_s}{3} \right] + C_{c1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f}{3} \right] + C_{c2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f}{3} \right] + C_w \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f + x}{3} \right] \tag{2b}$$

当 $h_w - h_f \leq x < h_w$ 时,

$$M_{cr} = T_{sc} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_w - x + 2a_s}{3} \right] + T_{ec} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_w - x}{3} \right] + T'_{sc1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f + a'_s}{3} \right] + T'_{sc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f - a'_s}{3} \right] + T'_{sc3} \left[\frac{2h_f - x - 2a_s}{3} - \frac{h_w}{6} \right] + T'_{sw1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_{sw}}{3} - h'_f + a'_s \right] + T'_{sw2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_{sw}}{3} - h'_f + a'_s \right] + C_{c1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f}{3} \right] + C_{c2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f}{3} \right] + C_{c3} \left[\frac{2h_f - x}{3} - \frac{h_w}{6} \right] + C_{w1} \left[\frac{h_w}{6} + \frac{h_f - 2h'_f}{3} \right] + C_{w2} \left[\frac{2h_f - h'_f}{3} - \frac{h_w}{6} \right] \tag{2c}$$

在此式及后面各式、各图中, ϵ_c 、 σ_c 为受压区边缘混凝土应变和压应力; ϵ'_s 、 σ'_s 为受压区受力钢筋的应变和压应力; ϵ'_{sw} 、 σ'_{sw} 为受压区墙体腹板内竖向分布钢筋的应变和压应力; ϵ_s 、 σ_s 为受拉区受力钢筋的拉应变和拉应力; ϵ_{sw} 、 σ_{sw} 为受拉区腹板内竖向分布钢筋的最大拉应变和拉应力; T'_{sc} 、 T'_{sw} 分别是受压区端柱和腹板内竖向钢筋的合力; C_c 、 C_w 分别是受压区端柱和腹板内混凝土的合力; T_{sc} 、 T_{sw} 分别是受拉区端柱和腹板内竖向钢筋的合力; T_{ec} 、 T_{cw} 分别是受拉区端柱和腹板内混凝土的合力; ρ_{sc} 、 ρ'_{sc} 分别为受拉区和受压区端柱受力钢筋的配筋率; ρ_{sw} 为腹板内竖向分布钢筋的配筋率; A_{sc} 、 A'_{sc} 分别为受拉区和受压区端柱受力钢筋的面积; A_{sw} 为腹板内竖向分布钢筋的面积; A_w 为腹板面积; h_w 、 h_{w0} 分别为剪力墙截面高度和有效高度; h_{sw} 、 h_f 、 h'_f 分别为腹板、左右端柱截面的高度; b_w 、 b_f 分别为腹板、端柱截面厚度。

(2) 屈服弯矩和曲率

当剪力墙截面受拉钢筋应变达到钢筋的屈服应变 ϵ_y 时, 剪力墙截面达到屈服状态, 相应的受压区边缘混凝土应变为 ϵ_c 。不考虑受拉混凝土的作用, 假定受压区混凝土的应力为三角形线性分布。带端柱剪力墙截面在屈服状态下的应变、应力分布如图 6 所示。由截面应变分布图得截面的屈服曲率:

$$\phi_y = \frac{\epsilon_y}{h_{w0} - x} \tag{3}$$

根据轴向力平衡方程和式(3)可求解出截面受压区高度 x 和截面曲率 ϕ_y 。对截面形心轴取矩, 得带端柱剪力墙截面屈服弯矩表达式: 当 $x \leq h'_f$ 时,

$$M_y = T_{sc1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_f + a_s}{3} \right] + T_{sc2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f - a_s}{3} \right] + T_{sc3} \left[\frac{2h'_f + x - 2a'_s}{3} - \frac{h_w}{2} \right] + T_{sw1} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{h_{sw}}{3} - h_f + a_s \right] + T_{sw2} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{2h_{sw}}{3} - h_f + a_s \right] + T'_{sc} \left[\frac{h_w}{2} - \frac{x + 2a'_s}{3} \right] + C_c \left[\frac{h_w}{2} - \frac{x}{3} \right] \tag{4a}$$

当 $h'_f < x < h_w - h_f$ 时,

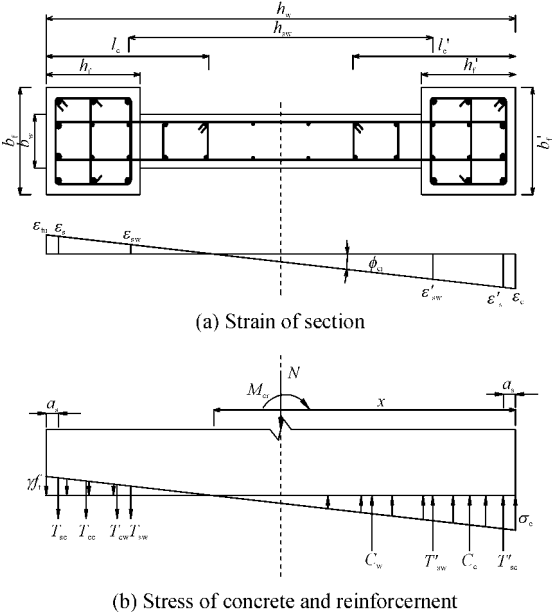


图 5 受拉开裂状态截面受力示意图
Fig. 5 Cracking strain and stress of section

$$\begin{aligned}
 M_y = & T_{sc1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h_f + a_s}{3} \right) + T_{sc2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h_f - a_s}{3} \right) + T_{sw} \left(\frac{h_w}{6} + \frac{x - 2h_f + 2a_s}{3} \right) + T'_{sc1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f + a'_s}{3} \right) \\
 & + T'_{sc2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f - a'_s}{3} \right) + T'_{sw} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{x + 2h'_f - 2a'_s}{3} \right) + C_{c1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f}{3} \right) + C_{c2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f}{3} \right) \\
 & + C_w \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f + x}{3} \right)
 \end{aligned} \quad (4b)$$

当 $h_w - h_f \leq x < h_w$ 时,

$$\begin{aligned}
 M_y = & T_{sc} \left(\frac{h_w}{6} + \frac{x - 2a_s}{3} \right) + T'_{sc1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f + a'_s}{3} \right) + T'_{sc2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f - a'_s}{3} \right) + T'_{sc3} \left(\frac{2h_f - x - 2a_s}{3} - \frac{h_w}{6} \right) \\
 & + T'_{sw1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h_{sw}}{3} - h'_f + a'_s \right) + T'_{sw2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h_{sw}}{3} - h'_f + a'_s \right) + C_{c1} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{h'_f}{3} \right) + C_{c2} \left(\frac{h_w}{2} - \frac{2h'_f}{3} \right) \\
 & + C_{c3} \left(\frac{2h_f - x - h_w}{3} \right) + C_{w1} \left(\frac{h_w}{6} + \frac{h_f - 2h'_f}{3} \right) + C_{w2} \left(\frac{2h_f - h'_f}{3} - \frac{h_w}{6} \right)
 \end{aligned} \quad (4c)$$

(3) 峰值弯矩和曲率

对有约束边缘构件混凝土剪力墙, 受压区边缘混凝土峰值应变为约束混凝土峰值压应变 ϵ_{cm} , 而非约束受压区外侧混凝土压应变达到混凝土峰值应变 ϵ_{cm} 时, 墙截面达到峰值承载力状态; 纵向受拉、受压钢筋均屈服. 不考虑受拉混凝土的作用, 用等效矩形应力图代替实际受压混凝土的应力图, 等效矩形应力图的高度 x 为实际混凝土压区高度 x_n 的 0.8 倍. 带端柱剪力墙截面在峰值承载力状态下的应变、应力分布如图 7 所示. 由截面应变图得截面的峰值曲率:

$$\phi_p = \frac{\epsilon_{cm}}{x_n} = \frac{\epsilon_{cm}}{1.25x} \quad (5)$$

约束混凝土的峰值应变 ϵ_{cm} 采用文献[4]中约束混凝土的基本关系:

$$\begin{cases} \epsilon_{cm} = (1 + 3.50\lambda_v) \epsilon_{cu} \\ \epsilon_{cu} = (2.34 + 2.49\lambda_v^{0.73}) \epsilon_{cm} \\ f_{cm} = (1 + 1.79\lambda_v) f_{cu} \end{cases} \quad (6)$$

式中: ϵ_{cm} 、 ϵ_{cu} 、 f_{cm} 分别为约束混凝土的峰值应变、极限应变、轴心抗压强度; ϵ_{cu} 、 f_{cu} 分别为无约束混凝土的峰值应变、轴心抗压强度, 取 $\epsilon_{cu} = 0.0018$; λ_v 为混凝土约束区的配箍特征值.

从轴向力平衡方程和式(5), 得截面受压区高度 x 和截面曲率 ϕ_p . 对截面形心轴取矩, 得带端柱剪力墙截面峰值弯矩表达式:

当 $x \leq h'_f$ 时,

$$M_p = \frac{1}{2} [T_{sc} (h_w - h_f) + T_{sw} (1.5x - h_f - a_s) + T'_{sc} (h_w - h'_f) + C_{cc} (h_w - x)] \quad (7a)$$

当 $h'_f < x \leq l'_e$ 时,

$$M_p = \frac{1}{2} \left[T_{sc} (h_w - h_f) + T_{sw} (1.5x - h_f - a_s) + T'_{sc} (h_w - h'_f) + T'_{sw} (h_w - h'_f - x - a'_s) + C_{c1} (h_w - h'_f) + C_{c2} (h_w - x - h'_f) \right] \quad (7b)$$

当 $l'_e < x \leq h_w - l_c$ 时,

$$M_p = \frac{1}{2} \left[T_{sc} (h_w - h_f) + T_{sw} (1.5x - h_f - a_s) + T'_{sc} (h_w - h'_f) + T'_{sw} (h_w - h'_f - x - a'_s) + C_{c1} (h_w - h'_f) + C_{c2} (h_w - l'_e - h'_f) + C_c (h_w - l'_e - x) \right] \quad (7c)$$

当 $h_w - l_c < x \leq h_w - h_f$ 时,

$$M_p = \frac{1}{2} \left[T_{sc} (h_w - h_f) + T_{sw} (1.5x - h_f - a_s) + T'_{sc} (h_w - h'_f) + T'_{sw} (h_w - h'_f - x - a'_s) + C_{c1} (h_w - h'_f) + C_{c2} (h_w - l'_e - h'_f) + C_{c3} (l_c - x) + C_c (l_c - l'_e) \right] \quad (7d)$$

(4) 极限弯矩和曲率

对有约束边缘构件混凝土剪力墙, 当承载力下降到峰值承载力的 85% 时, 墙截面达到极限状态. 此时受压区边缘混凝土应变为约束混凝土极限压应变 ϵ_{cu} , 这时墙截面的平均应变仍然满足平截面假定.

截面的极限曲率可表示为

$$\phi_u=\frac{\epsilon_{cu}}{x_n}=\frac{\epsilon_{cu}}{1.25x}$$

(8)

式中, x_n 为受压区混凝土实际高度. 实验研究^[5]表明, 截面分别进入峰值状态和极限状态时, 截面受压区混凝土的高度几乎没有变化. 因此, 可取承载力峰值状态下截面受压区高度.

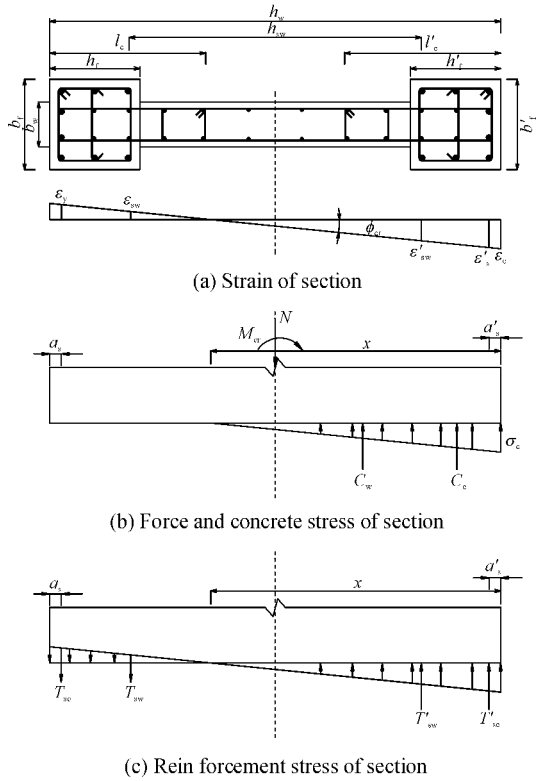


图 6 屈服状态截面受力示意图
Fig. 6 Yield strain and stress of section

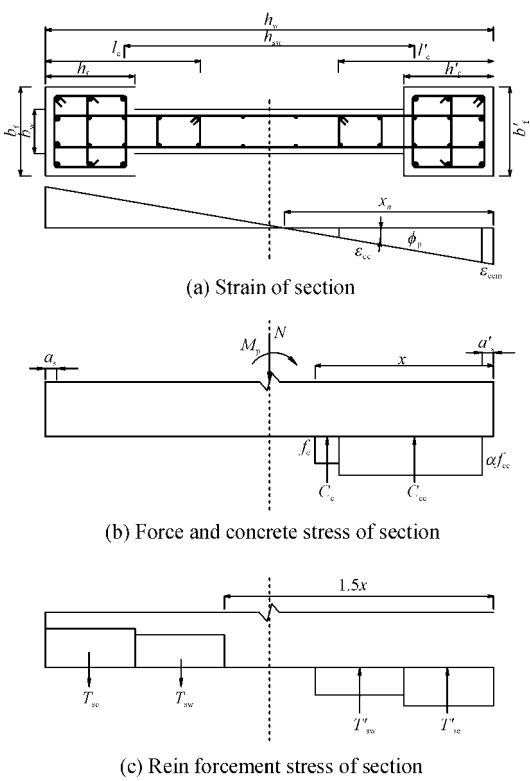


图 7 峰值承载力状态截面受力示意图
Fig. 7 Peak capacity strain and stress of section

3.3 分析结果与实验结果的比较

表 3 列出了带端柱高性能混凝土剪力墙特征点的弯矩试验值, 以及按上述公式所得的计算值. 可见计算值与试验值符合较好.

表 3 特征点弯矩计算值和试验值的比较
Tab. 3 Calculating value and measured value of cracking, yielding, peak moment

Specimen	Crack moment			Yield moment			Peak moment		
	Cal	Mea	Cal/ Mea	Cal	Mea	Cal/ Mea	Cal	Mea	Cal/Mea
HPCW-01	624	625	0.997	1 153	1 316	0.876	1 391	1 520	0.915
HPCW-02	627	720	0.870	944	1 083	0.871	1 132	1 270	0.891
HPCW-03	499	592	0.842	948	1 122	0.845	1 159	1 335	0.868
HPCW-04	491	751	0.653	943	1 165	0.809	1 135	1 365	0.832
HPCW-05	486	594	0.818	877	887	0.989	1 055	1 055	1.00
HPCW-06	487	562	0.867	873	838	1.041	1 038	1 042	0.996

注: Cal 为计算值(calculated value), Mea 为试验值(measured value).

4 结 论

根据试验结果, 将带端柱混凝土剪力墙截面的弯矩-曲率骨架曲线简化为 4 折线型, 从理论上推导了特征点弯矩、曲率的计算公式. 通过与试验结果的比较, 可以看出所推导的公式具有好的准确性, 可用

于计算几个特征点的承载力,但这些公式仍需要大量的实验结果来验证.

参考文献 References

- [1] 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: 自然科学版, 2006, 38(4): 538-543.
DENG Ming-ke, LIANG Xing-wen, LIU Qing-shan. Experimental study on seismic behavior of high performance concrete shear wall with new strategy of transverse confining stirrup[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2006, 38(4): 538-543.
- [2] 梁兴文, 赵花静, 邓明科. 考虑边缘约束构件影响的高强混凝土剪力墙弯矩—曲率骨架曲线参数研究[J]. 建筑结构学报, 2009(S2): 91-95.
LIANG Xing-wen, ZHAO Hua-jing, DENG Ming-ke. Moment-curvature relationship analysis of high-strength concrete shear wall with partially confined end-zones[J]. Journal of building structures, 2009(S2): 91-95.
- [3] 马恺泽, 梁兴文, 邓明科, 等. 基于性能的钢筋混凝土剪力墙变形能力分析研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010, 42(2): 241-245.
MA Kai-ze, LIANG Xing-wen, DENG Ming-ke, et al. Deformation-based nonlinear finite element analysis on reinforced concrete structural walls[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2010, 42(2): 241-245.
- [4] 钱稼茹, 程丽荣, 周栋梁. 普通箍筋约束混凝土柱的中心受压性能[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42(10): 1369-1373.
QIAN Jia-ru, CHENG Li-rong, ZHOU Dong-liang. Behavior of axially loaded concrete columns confined with ordinary hoops[J]. Journal Tsinghua University (Science and Technology) 2002, 42(10): 1369-1373.
- [5] THOMSEN J H, WALLACE J. Displacement-based design of slender reinforced concrete walls-experimental verification[J]. Journal of Structural Engineering, 2004, 130(4): 618-630.

Loading capacity of high performance concrete shear wall with end columns

CUI Xiao-ling^{1,2}, LIANG Xing-wen¹, GAO Dui-xian¹

(1. School of Civil Eng., Xi'an Univ. Arch. & Tech., Xi'an, 710055, China;

2. School of Civil Eng. & Arch., Xi'an University of Technology, Xi'an, 710048, China)

Abstract To improve the deformability of high performance concrete shear wall (HPCW), a partial confining stirrup in six HPCWs with edge columns was developed and verified by the pseudo-static test. According to the experimental result, the moment-curvature skeleton curve of the shear wall cross-section is simplified as four linear through cracking point, yield point, peak point and the ultimate point. Based on the strain plane-section assumption, the cracking, yielding, the peak and the ultimate bending moment as well as the curvature expressions are derived. The effects of confined end-zones are taken into account. Results show that the calculated values are in good consistency with the experimental data.

Key words high performance concrete shear-wall with end columns; partial confining stirrup; experiment; skeleton curve; moment-curvature analysis