

不同开洞位置对短肢剪力墙抗震性能影响分析

鲁楠, 杨晓华, 周磊, 卢学臣

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲, 412007)

摘要: 建筑物在日常使用过程中, 常在短肢剪力墙墙肢上开设布置管道的孔洞。为了研究后期开设孔洞的位置对短肢剪力墙受力性能的影响, 建立6个在墙肢上开设孔洞大小相同而孔洞位置不同的短肢剪力墙有限元分析模型; 研究在低周反复荷载作用下, 孔洞位置对构件滞回特性、承载力、延性、耗能能力等抗震性能的影响; 通过在不同轴压比下改变孔洞位置, 讨论不同轴压比下后期开设孔洞的位置对短肢剪力墙受力性能的影响。结果表明: 墙肢开设孔洞位置不同对短肢剪力墙的承载能力和抗震性能有显著影响, 在相同轴压比下, 开设孔洞位置越靠近短肢剪力墙底部, 对结构受力性能影响越大, 并且轴压比越大, 影响越明显。

关键词: 开洞位置; 短肢剪力墙; 抗震性能

中图分类号: TU312⁺.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)05-0005-05

Influence of Different Opening Position on Seismic Performance of Short Pier Shear Wall

Lu Nan, Yang Xiaohua, Zhou Lei, Lu Xuechen

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : Holes for placing pipelines are usually opened on the building. In order to study impacts of the hole position on the seismic performance of short pier shear wall, six short-pier shear wall finite element models with the same opening hole sizes and different opening positions are built. The influences of the hole positions on seismic performances of hysteretic behavior, bearing capacity, ductility, energy dissipation of short pier shear wall are investigated under low cycle repeated loading, and through changing opening position under different axial compression ratio, the impacts of hole position on the seismic performance of short pier shear wall are discussed. The calculated results show that different opening positions affect the bearing capacity and the seismic performance of short pier shear wall remarkably. Under the same axial compression ratio, the nearer the hole opening position to the wall bottom, the greater the impact on the structure performance will be. And the axial compression ratio is higher, the influence will be more obvious.

Keywords : opening position ; short-pier shear wall ; seismic performance

0 引言

短肢剪力墙结构是介于异型柱和剪力墙之间的一种结构形式, 它结合了框架结构和剪力墙结构的

优点, 在我国中高层民用建筑中得到了广泛应用。随着生活水平的提高, 住户需要安装空调、抽油烟机家用电器, 居民在安装家用电器时常常会在剪

收稿日期: 2015-08-02

作者简介: 鲁楠(1992-), 男, 安徽宣城人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为混凝土结构设计原理,

E-mail: lunan19920622@163.com

力墙墙肢上钻孔,以便布设管线。JGJ3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》^[1]中仅对剪力墙预留洞口做了说明并提出了设计要求,对短肢剪力墙严格规定不能后期开设洞口。刘星等^[2-3]通过对L形短肢剪力墙墙肢上部开设不同直径圆形孔洞的缩尺比例模型进行试验研究,得出了在墙肢上后期开设孔洞对短肢剪力墙的抗震性能影响较大的结论。

本文以在L形短肢剪力墙墙肢上部后期开设直径为100 mm孔洞的具体实例为背景,研究在墙肢上后期开设孔洞位置的不同对剪力墙抗震性能的影响。

1 有限元模型

1.1 剪力墙原型

研究对象是某18层高层建筑中间层外侧L形短肢剪力墙,楼层层高为2 800 mm。由于生活需要,住户后期在短肢剪力墙墙肢上部开设了直径为100 mm的圆形孔洞。该短肢剪力墙截面尺寸为1 400 mm × 600 mm × 200 mm,肢厚比为7。短肢剪力墙转角暗柱配置4B20,端部暗柱配置4B20,暗柱配置箍筋为B8@200,剪力墙竖向分布钢筋均为B12@200,水平分布钢筋均为B8@200。混凝土强度等级采用C30。L形短肢剪力墙配筋如图1所示。

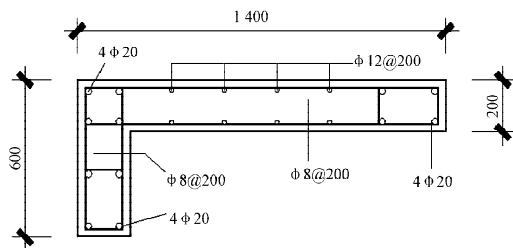


图1 短肢剪力墙配筋图

Fig. 1 Short-pier shear wall reinforcement diagram

1.2 建立有限元模型

利用ANSYS有限元结构分析软件,建立有限元非线性计算模型,采用分离式建模方法,分别建立混凝土和钢筋分析单元。

钢筋实体按纵向钢筋和水平分布筋的位置进行准确分割,选用三维杆单元link8进行模拟,不考虑钢筋与混凝土之间的滑移。钢筋进入屈服阶段,选用双线性等向强化准则,不考虑钢筋的硬化过程,采用完全弹塑性的双直线模型^[4]实现钢筋在受力时的轴向拉压状态。弹性模量取 2×10^5 MPa,屈服强度为300 MPa,泊松比 $\nu=0.3$,划分单元网格长度为100 mm,钢筋共划分为1 406个单元。墙肢内钢筋单元网格划分如图2所示。

混凝土选用solide65单元进行模拟。采用多线性等向强化准则,利用GB50010—2010《混凝土结构设

计规范》^[5]规定的混凝土单轴应力-应变关系公式,用一系列数据点拟合混凝土的本构关系。混凝土弹性模量根据规范取 3×10^4 MPa,泊松比 $\nu=0.2$ 。通过设置剪力传递系数来考虑混凝土出现裂缝时,裂缝引起的剪切力损失。混凝土划分单元网格长度为100 mm,为了与钢筋单元协调,采用映射方法进行网格划分,混凝土共划分为2 528个单元。

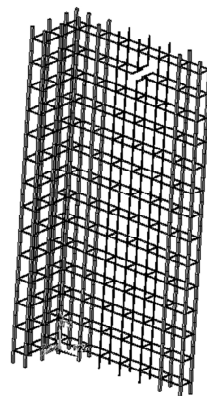


图2 钢筋网格划分图

Fig. 2 Steel bar mesh diagram

对开洞墙肢进行网格划分时,先将洞口四周的墙体分割成六面体,再进行映射网格划分。划分时应处理好不同单元间节点的拓扑关系,以保证计算的顺利进行。开设孔洞的剪力墙墙肢网格划分如图3所示。

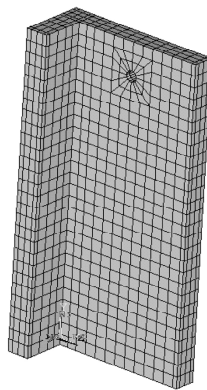


图3 开洞剪力墙有限元模型

Fig. 3 The finite element model of opening shear wall

1.3 边界条件与计算

计算模型是实际结构中间一层外墙,为了模拟结构的真实受力情况,网格划分完成后,对底部单元节点施加固定约束,限制所有底部单元节点3个方向的自由度。根据楼板在水平荷载作用下,平面内刚度无限大的假定,考虑楼板对墙肢的侧向约束作用,对墙肢顶部所有单元节点施加竖向约束,并按照轴压比施加对应恒定的竖向均布压力。在墙肢顶端单元节点处,施加水平方向的循环位移,通过逐级增加位移值,来模拟墙肢在低周反复荷载作用下的受力情况。

2 计算结果分析

通过分析数值计算结果,从滞回性能和骨架曲线方面,分别讨论相同轴压比下不同开洞位置和相同开洞位置不同轴压比对结构耗能能力、延性、极限承载力的影响。

2.1 滞回曲线

通过对6个在短肢剪力墙上开设孔洞的有限元模型进行计算,得到了洞口距离墙肢底部分别为2 500, 2 100, 1 700, 1 300, 900, 500 mm的滞回曲线。模型中开设孔洞的直径均为100 mm,轴压比为0.2。图4为孔洞距离墙肢根部不同高度有限元模型的滞回曲线。

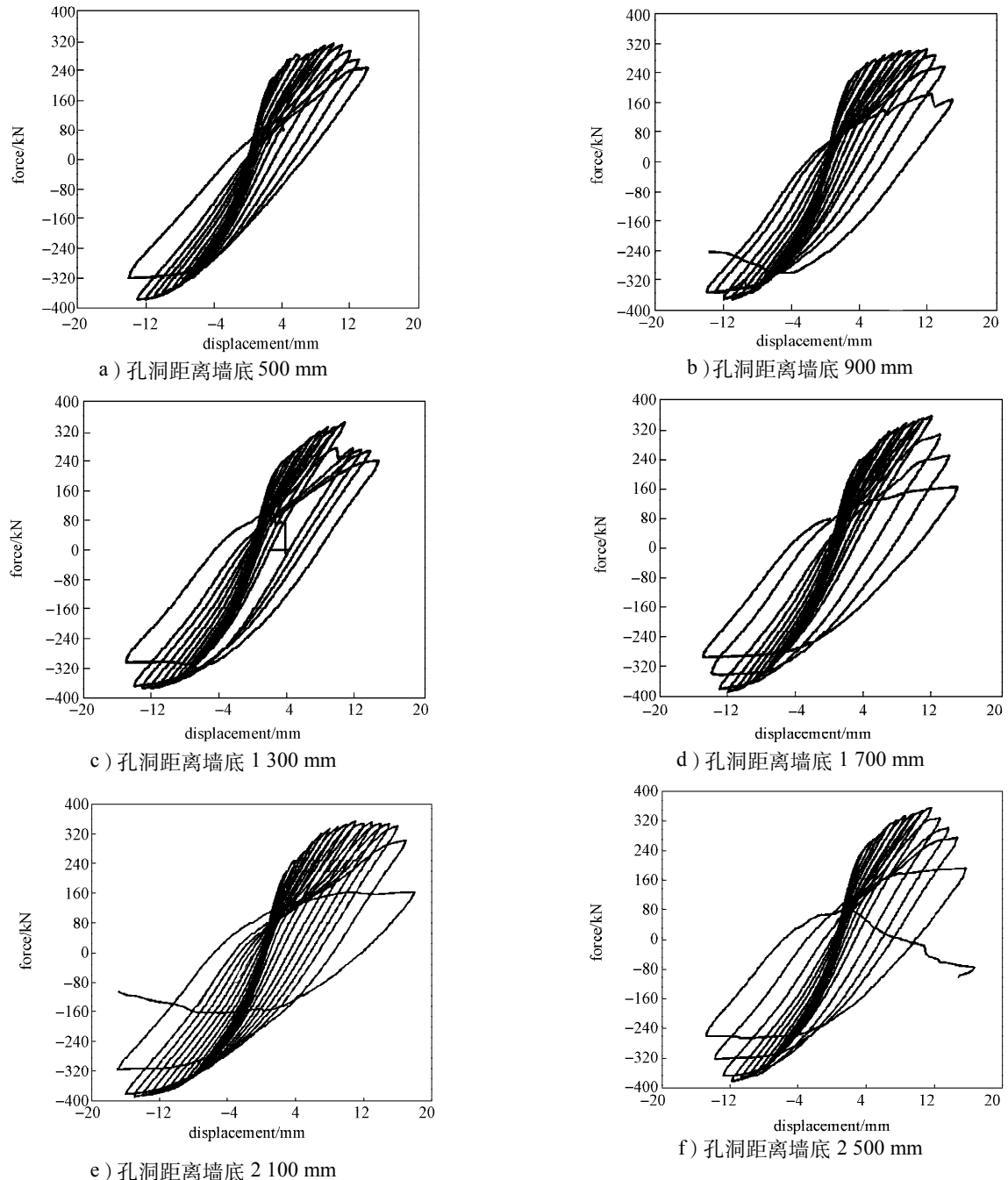


图4 模型滞回曲线

Fig. 4 Hysteresis curves of models

从图4可以看出,开洞位置不同,短肢剪力墙的滞回性能差异较大。当洞口开在距离底部500 mm处时,滞回曲线呈现反S形,滞回环面积小,结构的

耗能能力低,抗震性能差。随着洞口位置的上移,结构的耗能能力逐渐提高。当洞口位置距离墙根1 700 mm时,滞回曲线呈现饱和的梭形,曲线下降段比较

平缓, 构件的耗能能力和延性较好。

2.2 骨架曲线

根据数值计算得到的结果, 将滞回曲线每一滞回环的峰值连线, 得到6个开洞模型与未开洞模型的骨架曲线, 如图5所示。

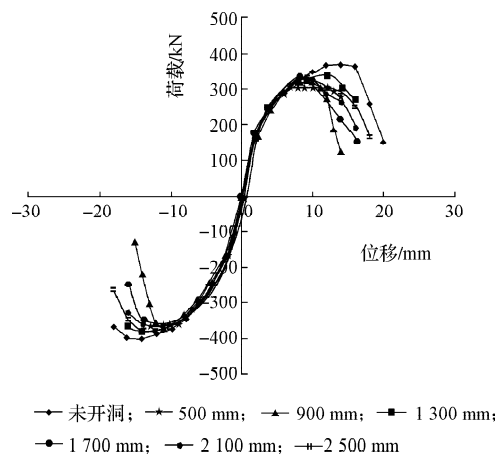


图5 骨架曲线

Fig. 5 Skeleton curve

由图5可以看出, 骨架曲线中的4个关键点: 开裂点、屈服点、极限承载力点和极限变形点^[6], 都符合混凝土结构的恢复力模型。分析图5中的曲线变化规律可以发现, 开洞位置不同, 结构的极限承载力、极限位移有较大的变化, 并且未开洞模型的承载力始终最大, 延性最好。洞口开在2500 mm处时的极限位移与未开洞的位移相近, 但承载力有所下降。随着洞口位置的下移, 极限位移逐渐减小, 极限承载力逐渐降低。

2.3 极限承载力

结构的极限承载力是结构所能承受荷载的最大能力, 在轴压比为0.2时, 计算得出未开洞短肢剪力墙极限承载力分别为正向加载366.32 kN和反向加载397.28 kN。考虑开洞位置对极限承载能力的影响, 取不同开洞位置模型的极限承载力进行对比, 给出了如图6所示的折线图。

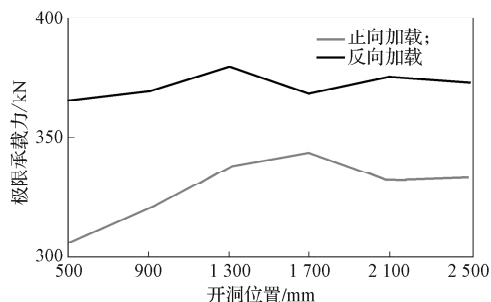


图6 不同开洞位置的剪力墙极限荷载

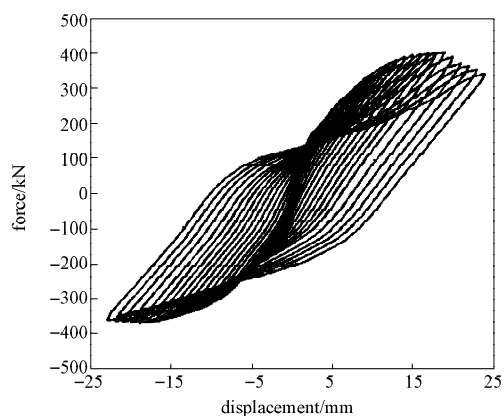
Fig. 6 Ultimate load of shear wall of different opening locations

由图6可知, 开洞短肢剪力墙承载力相对未开洞的均有所降低, 并且在墙肢根部位置开设孔洞对墙肢极限承载力的影响最大, 分别降低了16.5%和8%。随着开洞位置远离墙肢根部, 承载力有所恢复。当洞口开在1700 mm以上时, 极限荷载基本稳定。从图中还可看出, 任何阶段反向加载对应的极限荷载总大于正向加载对应的极限荷载, 这是由于正向加载时L形墙肢内侧受压外侧受拉, 而反向加载时L形墙肢外侧受压内侧受拉引起的, 也即正向加载时, 混凝土受压面积小于反向加载时受压面积。

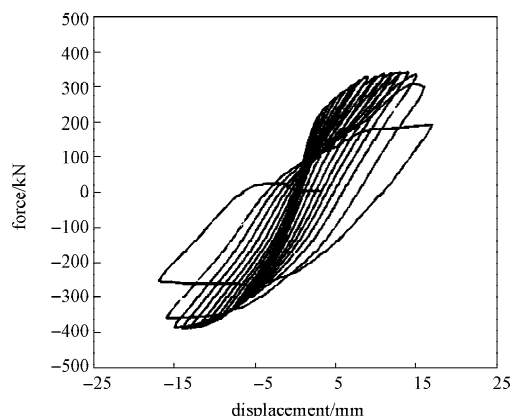
2.4 轴压比的影响

建立轴压比为0.1和0.3的有限元模型, 通过与上述轴压比为0.2的模型进行对比, 分析3种轴压比下, 改变孔洞位置对剪力墙力学性能的影响。并给出未开洞短肢剪力墙在不同轴压比下的滞回曲线, 如图7所示。每一种轴压比下, 改变开洞位置, 绘制出各轴压比对应的骨架曲线, 如图8所示。

从图7可以看出, 轴压比越大结构的耗能能力和延性越差。轴压比为0.1时, 滞回曲线呈饱满的梭形; 而轴压比为0.3时滞回曲线成反S形, 耗能能力低, 极限位移明显降低, 延性变差。



a) 轴压比0.1



b) 轴压比0.2

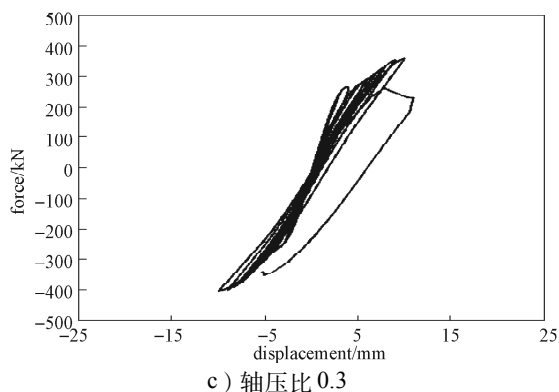


图7 不同轴压比时剪力墙滞回曲线
Fig. 7 Hysteresis curves of shear wall of different axial compression ratios

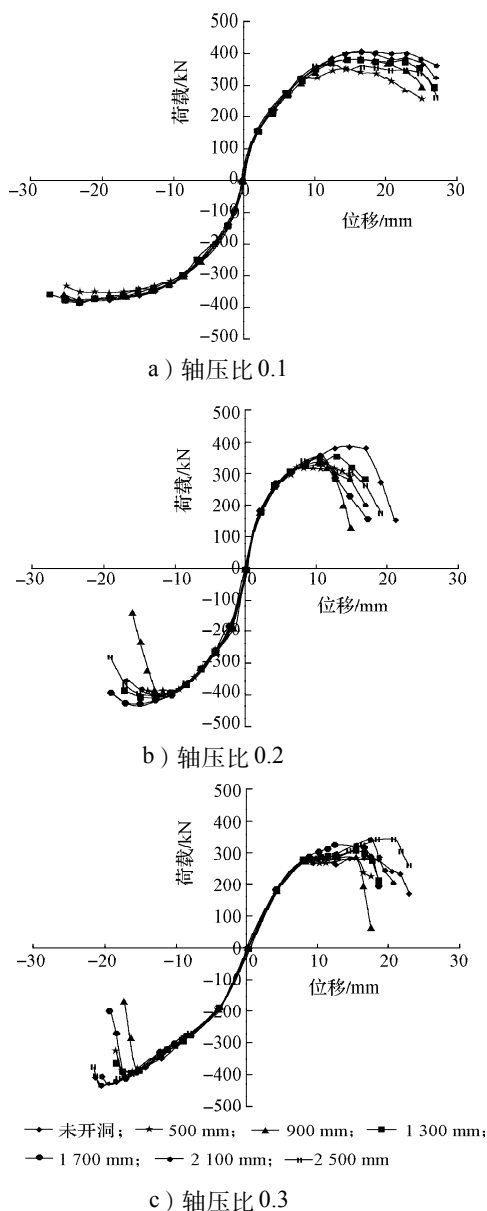


图8 不同轴压比时的墙肢骨架曲线
Fig. 8 Skeleton curves of shear wall of different Axial compression ratios

从图8可以看出,相同开洞位置,轴压比增大,结构的极限位移减小,延性变差,墙肢的极限荷载相应增加,这与短肢剪力墙有关研究的结论是一致的^[7]。轴压比为0.1时,改变洞口位置对结构受力性能的影响最小。轴压比越大,洞口位置对受力性能影响越明显。

3 结论

根据数值计算结果分析可以得到如下结论:

- 1) 孔洞越靠近墙肢根部,构件的抗震性能削弱越明显。当洞口位置在1 700 mm以上时,孔洞对结构抗震性能的影响程度明显降低,能保证结构具有良好的耗能性能。因此,在实际工程中,洞口位置应开在墙体中部以上,宜开在墙体顶部1/3范围内。
- 2) 轴压比对墙肢抗震性能的影响明显。相同开洞位置轴压比越大,结构的延性越差,极限位移越小,耗能能力减弱越明显。这与有关剪力墙研究结论一致,说明本有限元模型具有可行性。
- 3) 后期开洞对剪力墙受力性能有明显的削弱,为保证结构的安全性、稳定性,建议采用预留孔洞或对洞口采取加强措施。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ3—2010高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 94.
Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China. JGJ3 — 2010 Technical Specification for Tall Building Concrete Structures[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010: 94.
- [2] 刘星. 墙肢孔洞对短肢剪力墙抗震性能影响研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2015.
Liu Xing. Effects of Open Holes on the Seismic Performance of Short Leg Shear Wall[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2015.
- [3] 刘星, 杨晓华, 陈端云, 等. 单调荷载下开洞短肢剪力墙力学性能的有限元分析[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(2): 14-20.
Liu Xing, Yang Xiaohua, Chen Duanyun, et al. Finite Element Analysis on Mechanical Properties of Short Pier Shear Wall with Openings Under Monotonic Loading[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(2): 14-20.
- [4] 程文瀾. 混凝土结构设计原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011: 26.
Chen Wenrang. Design Principle of Concrete Structure[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011: 26.

(下转第28页)