

某既有剪力墙开洞粘钢加固方法研究

赵更歧, 李 庆, 全江伟

(郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 针对实际在役建筑物中出现的剪力墙开洞问题,采用 PKPM 建立了剪力墙开洞前后的模型,通过开洞前后剪力墙配筋率的差值,运用等强代换的方法对开洞剪力墙进行粘钢加固,从加固前后结构的周期比、层间位移角、位移比、剪重比、刚重比、抗剪承载力等指标来验证加固效果. 研究表明:该实际工程中剪力墙开洞后墙体的配筋率减低较多,需要补强;采用粘钢加固,加固前后结构的周期比、层间位移角、位移比、剪重比、刚重比变化较小,抗剪承载力满足要求;采用该加固方法弥补了 06SG 311—1 图集中关于剪力墙开洞加固区域的不足,可以运用到实际工程中.

关键词: 剪力墙开洞;加固;粘钢;PKPM

中图分类号: TU375.4 文献标志码: A doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2014.05.017

0 引言

在实际建筑结构中,剪力墙会因为采光及建筑功能需要而开设门洞、窗洞,这些洞口在建筑设计中都会提前考虑,结构设计师往往会在洞口薄弱部位采取暗柱或暗梁等加固措施来确保剪力墙的抗力^[1]. 然而,在对既有建筑物的改造工程中,剪力墙的配筋及尺寸已经固定,倘若因为业主的功能要求,需对剪力墙开洞,将很大程度上降低原剪力墙的承载能力. 目前,在实际工程中出现的剪力墙开洞问题越来越多,关于剪力墙开洞后的加固方法较少^[2],加固方案的制定带有一定的盲目性. 所以对既有剪力墙开洞的加固方法进行研究,已很有必要.

某 7 度区内的 19 层住宅剪力墙结构,由于功能的扩展,需要对现役剪力墙进行开设门洞,基于

这种工程背景,笔者采用 PKPM 建立该建筑物剪力墙开洞前后的有限元模型,研究剪力墙开洞的加固方法.

1 工程概况

本工程为某小区的住宅楼,结构型式为钢筋混凝土剪力墙结构,地上 18 层,地下 1 层,工程抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度为 0.1g,设计地震分组为第 2 组,场地类别为Ⅲ类,剪力墙的抗震等级为 3 级. 地下 1 层到地上第 2 层混凝土采用 C35,钢筋采用 HRB400,第 3 层到第 18 层混凝土采用 C30,钢筋采用 HRB400,该建筑的标准层结构平面布置图如图 1 所示. 由于业主对建筑功能的要求,需要在⑩/4~5 轴间的剪力墙进行开设门洞,具体参数如下表 1 所示,剖面图如图 2 所示.

表 1 开洞前后墙体的参数

Tab.1 Parameters before and after the shear wall with openings

类别	墙体位置	墙体尺寸	洞口尺寸	层数	备注
		宽/mm×高/mm×厚/mm	宽/mm×高/mm×厚/mm		
原结构 SL-ND	⑩/4~5 轴	3 300×2 900×200	0×0×0	-1~18	无
新增门洞 SL-KD	⑩/4~5 轴	3 300×2 900×200	1 000×2 100×200	-1~18	居中开洞

收稿日期:2014-03-01;修订日期:2014-06-09
基金项目:河南省重点科技攻关项目(132102310277)
作者简介:赵更歧(1970-),男,河南南阳人,郑州大学教授,博士,主要从事结构加固技术等方面的研究,E-mail: zhaogengqi@zzu.edu.cn.

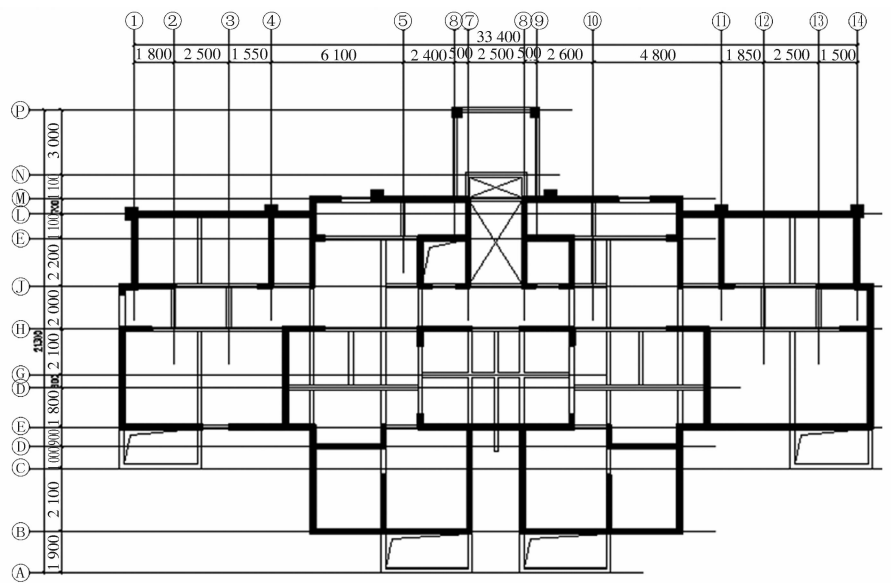


图 1 标准层平面图

Fig.1 Standard floor plane

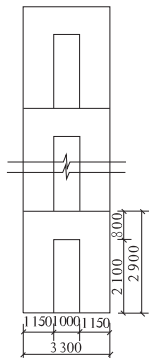


图 2 开洞剪力墙剖面图

Fig.2 The shear wall with openings in section

2 采用 PKPM 进行剪力墙开洞前后对比分析

本工程设计计算程序采用中国建筑科学研究院 PKPMCAD 工程部开发的 PKPM 系列设计软件 2010 版中的《多层及高层建筑结构空间有限元分析与设计软件 SATWE》进行该结构的整体计算^[3],分别建立剪力墙开洞前后模型,进行分析.对比结果见表 2 及图 3,4 所示.

通过对比图 3,4 及表 2,可以看出,开洞后,剪力墙洞口暗柱部位的竖向配筋率与水平配筋率

表 2 加固前后墙体的配筋率参数

Tab.2 The reinforcement ratio parameter before and after the openings of shear wall strengthened by bonded steel

类别	墙身		边缘暗柱		洞口暗柱		连梁	
	水平配筋	竖向配筋	水平配筋	竖向配筋	水平配筋	竖向配筋	水平配筋	竖向配筋
未开洞墙体	0.25	0.25	0.40	2.01	无	无	无	无
开洞墙体	0.25	0.25	0.77	2.01	0.63	1.15	0.80	0.50

%

较开洞前对应部位的配筋率大很多,说明此部位需要加固;开洞后剪力墙的连接梁部位配筋率较开洞前相应部位的配筋率大,需要加固;开洞后剪力墙的边缘暗柱的水平配筋率较开洞前相应部位的配筋率多一倍,需要加固.

3 剪力墙开洞的粘钢加固

对既有剪力墙开洞后,无法将需要增加的配筋添加到结构中,为了满足现行设计规范^[4]及结构的安全、适用、耐久,必须对其进行加固.针对本

工程采用粘钢加固方法^[5],通过未开洞墙体与开洞墙体配筋面积的差值,采用等强代换的方法来设计粘贴钢板的尺寸及粘贴型式,具体加固做法见表 3 及图 5 所示.06SG 311—1^[6]中关于剪力墙开洞加固方法见图 6 所示,若采用此种加固方法,连梁的上部没有采取加固措施,左、右端墙肢边框也没有采取加固措施,洞口两边的粘钢区域也不足.因此,在实际工程的改造加固时,不能生搬硬套现有图集,应该经过特定地分析,来解决实际问题.

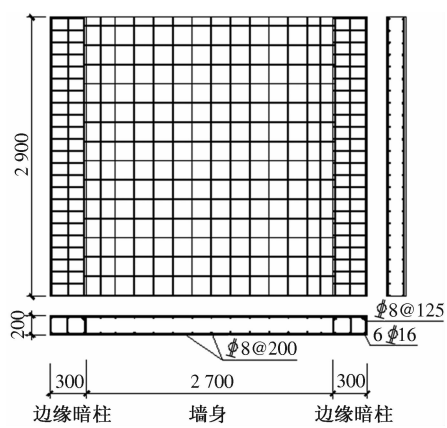


图 3 开洞前剪力墙配筋图

Fig. 3 Reinforcement drawing before the opening of shear wall

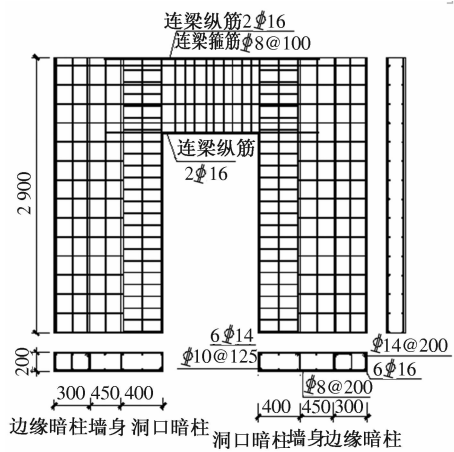


图 4 开洞后剪力墙所需配筋图

Fig. 4 Reinforcement required drawing after the opening of shear wall

表 3 粘钢加固开洞剪力墙的钢板参数

Tab. 3 Steel parameters of the shear wall with openings strengthened by bonded steel

类别	墙身	边缘暗柱	洞口暗柱	U 型箍	压条/	钢板
		柱/mm	柱/mm	板/mm	mm	类别
粘钢	无	-5×300	-5×300	-5×50	-5×150	Q235-B

4 加固前后结构整体性能的对比分析

(1)周期比. 表 4 为加固前后自振周期对比.

通过对表 4 加固前后自振周期对比分析,开洞前结构的第一平动周期为 1.911 5 s,第一转动周期为 1.346 6 s,加固后结构的第一平动周期为 1.905 2 s,第一转动周期为 1.346 5 s,按照 JG 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》中的 3.4.5 条规定^[7],加固前 $T_i/T_1=0.70$,加固后 $T_i/T_1=0.71$,两者几乎相等,因此,在该位置开此大小的门洞对原结构的自振周期影响甚微.

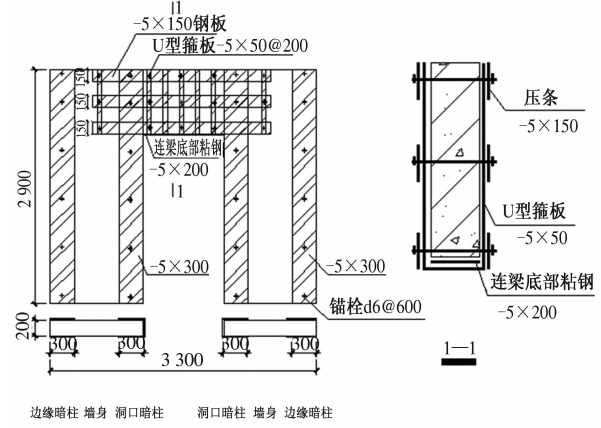


图 5 粘钢加固开洞剪力墙做法图

Fig. 5 Practice chart of the shear wall with openings strengthened by bonded steel

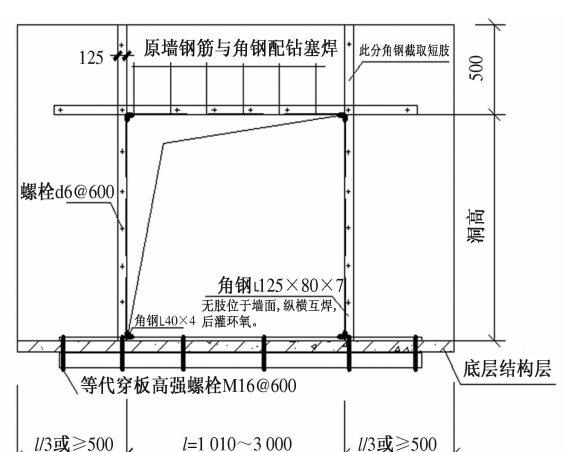


图 6 06SG311—1 中剪力墙开洞的加固

Fig. 6 The strengthening method of the shear wall with openings in 06SG311—1 atlas

表 4 加固前后自振周期对比

Tab. 4 Comparison of free vibration periods before and after the strengthening method of the shear wall with openings

振型 号	周期 T/s		平动系数		扭转系数	
	原结	加固	原结	加固	原结	加固
	构	后	构	后	构	后
1	1.911 5	1.905 2	0.92	0.92	0.08	0.08
2	1.683 0	1.683 6	1.00	1.00	0.00	0.00
3	1.346 6	1.346 5	0.08	0.08	0.92	0.92
4	0.539 2	0.534 0	0.98	0.98	0.02	0.02
5	0.418 2	0.418 2	1.00	1.00	0.00	0.00
6	0.356 7	0.356 7	0.03	0.03	0.97	0.97
7	0.261 1	0.256 0	0.99	0.99	0.01	0.01
8	0.186 9	0.186 9	1.00	1.00	0.00	0.00
9	0.165 2	0.165 0	0.06	0.03	0.94	0.97

(2)层间位移角对比. 在地震作用下,开洞前,X 方向地震作用规定水平力下的楼层最大层

间位移角为 1/1 075, Y 方向地震作用规定水平力下的楼层最大层间位移角为 1/1 392; 加固后, X 方向地震作用规定水平力下的楼层最大层间位移角为 1/1 072, Y 方向地震作用规定水平力下的楼层最大层间位移角为 1/1 398. 按照 JGJ3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》中的 3.7.3 条规定^[7], 当剪力墙结构时, 按弹性计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比的限制为 1/1 000, 开洞前与加固后楼层最大位移相差较小, 且都满足规范的要求.

(3) 位移比. 在考虑偶然偏心影响的规定水平地震力作用下, 开洞前 X 方向最大位移与层平均位移的比值为 1.11, X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值为 1.17, Y 方向最大位移与层平均位移的比值为 1.17, Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值为 1.22; 加固后 X 方向最大位移与层平均位移的比值为 1.11, X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值为 1.17, Y 方向最大位移与层平均位移的比值为 1.17, Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值为 1.22. 按照 JGJ3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》中的 3.4.5 条的规定^[7], 加固后该剪力墙结构 X 、 Y 方向最大位移与层平均位移的比值或最大层间位移与平均层间位移的比值均满足要求.

(4) 剪重比. 加固前后, 按照 GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》第 5.2.5 条规定^[8], X 、 Y 向各楼层最小剪重比均大于 1.60%; X 方向的有效质量系数为 99.50%, Y 方向的有效质量系数为 99.50%.

(5) 刚重比. 开洞前, X 向刚重比为 4.91, Y 向刚重比为 5.87, 该结构刚重比为大于 1.4, 能够通过文献^[7]第 5.4.4 条的整体稳定验算; 该结构刚重比大于 2.7, 按照文献^[7]第 5.4.1 条可以不考虑重力二阶效应. 加固后, X 向刚重比为 4.88, Y 向刚重比为 5.87, 该结构刚重比大于 1.4, 能够通过文献^[7]第 5.4.4 条的整体稳定验算; 该结构刚重比大于 2.7, 按照文献^[7]第 5.4.1 条可以不考虑重力二阶效应.

(6) 受剪承载力对比. 开洞前, 原结构开洞处墙体的轴压比为 0.36, 剪力设计值 $V=415\text{ kN}$, 抗剪承载力 $V_u=854.4\text{ kN}$; 加固后, 开洞墙体左墙肢的轴压比为 0.41, 剪力设计值 $V=174\text{ kN}$, 抗剪承载力 $V=285\text{ kN}$, 右墙肢的轴压比为 0.41, 剪力设计值 $V=174\text{ kN}$, 抗剪承载力 $V=285\text{ kN}$. 抗剪承载力均大于剪力设计值, 加固后满足原结构抗

剪承载力的要求. 通过对比开洞前后墙体的剪力设计值, 发现开洞后开洞墙体承担的剪力值变小了, 对比第 4 层每片剪力墙的剪力设计值与抗剪承载力 (见图 7), 发现开洞后剪力按墙体的抗侧刚度大小进行了重分配, 虽然本工程中抗剪承载力能够满足, 但剪力墙开洞对本层其他抗剪构件均有影响, 在结构计算和加固中应加以重视.

通过对以上指标的分析, 可知, 本实际工程中剪力墙开洞对整体结构影响较小, 粘钢加固后可满足原结构的要求.

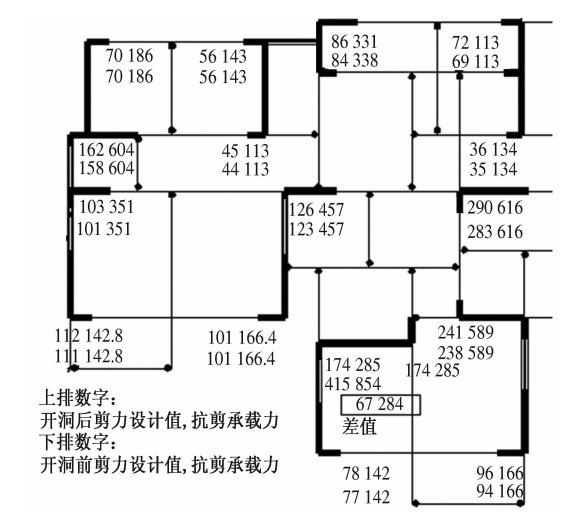


图 7 剪力墙开洞前后剪力变化对比
Fig. 7 Comparison between shear changes before and after shear walls with openings

5 结论

(1) 剪力墙开洞后, 洞口边缘与连梁部位配筋不足, 需要对墙体的承载力进行补强.

(2) 该实际工程中剪力墙开洞采用粘钢加固, 加固前后结构的自振周期、位移、刚重比变化较小, 抗剪承载力能够满足原结构的要求.

(3) 采用此种粘钢加固方法弥补了 06SG 311—1 图集中关于剪力墙开洞加固区域的不足.

(4) 通过 PKPM 计算剪力墙开洞前后配筋率的变化, 采用粘钢加固法对开洞剪力墙加固, 该方法可以应用在实际工程中.

(5) 剪力墙开洞后剪力按墙体的抗侧刚度大小进行了重分配, 开洞对本层其他抗剪构件均有影响, 在结构计算和加固中应加以重视.

参考文献:

[1] 孙继红. 浅析剪力墙新开洞口外包钢板压力注胶加固质量控制措施[J]. 黑龙江科技信息, 2010(2): 279-279.

- [2] 甘尚琼. 剪力墙及楼板后开洞粘钢加固法[J]. 建筑安全, 1998, 13(9): 24-25.
- [3] PKPM CAD 工程部. 多层及高层建筑结构空间有限元分析与设计软件(墙元模型)SATWE 用户手册及技术条件[M]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2011: 11-39.
- [4] 中华人民共和国国家标准. GB 50367—2006, 混凝土结构加固设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [5] 余刚. 框架梁负弯矩区粘钢加固锚固方法试验研究[D]. 郑州: 郑州大学土木工程学院, 2012: 6-8.
- [6] 国家建筑标准设计图集. 06SG311—1, 混凝土结构加固构造总则及构架加固[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.
- [7] 中华人民共和国行业标准. 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, 2011.
- [8] 中华人民共和国国家标准. GB 50011—2010, 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

Study on Strengthening Methods of RC Shear Wall with Openings in Service by Bonding Steel Plate

ZHAO Geng-qi, LI Qing, QUAN Jiang-wei

(school of civil engineering, Zhengzhou university, Zheng zhou 450001, China)

Abstract: With problems of shear wall with openings appearing in existing buildings, I analyze its impact on the overall structure by PKPM after the openings of shear wall, and focus on bonding steel to reinforce shear wall with openings by the method of iso-strength exchangeable. From the natural period, and displacement of the structure, and the ratio of rigidity-to-gravity, and the shear bearing capacity to verify the reinforcement effect. The results show that reinforcement ratio of the shear wall with openings reduced more, need reinforcement. The shear wall with openings bonded steel reinforcement has less effect on the overall structure in the actual engineering, which is even able to reach the level before its opening. Using this kind of bonding steel strengthening method makes up for short of atlas of 06SG311—1. Therefore, this method can be applied to the actual project.

Key words: shear wall with openings; reinforcement; bond steel plate; PKPM