

文章编号: 1007-6069(2014)03-0134-09

底层“破墙开店”多层混合结构住宅加固方法研究

张鹏程¹, 黄燕萍¹, 谢益人²

(1. 厦门大学 建筑与土木工程学院 福建 厦门 361005, 2. 厦门合道设计集团有限公司 福建 厦门 361000)

摘 要: 多层混合结构房屋在我国居住房屋中占有相当的比例, 临街多层住宅底层“破墙开店”等野蛮改造造成结构安全隐患的现象严重, 一旦倒塌将会造成全楼及周边生命财产损失。对于底层“破墙开店”的多层混合结构住宅的加固补救在我国是必须关注的一个重要问题。分析探讨了几种可行的补救加固方法。分析表明, 弥补刚度缺失, 恢复原结构刚度中心位置十分关键。

关键词: 混合结构; 破墙开店; 加固; 刚度复原

中图分类号: TU352.1

文献标志码: A

Study on strengthening method of multi-story masonry structure dwelling house after some base wall torn down for shopping usage

ZHANG Peng cheng¹, HUANG Yan ping¹, XIE yiren²

(1. Department of Civil Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. HORDOR Design Group, Xiamen 361000, China)

Abstract: Multi-story masonry structure buildings take up a considerable proportion of the existing dwelling houses in China. The underlying “tearing down the wall or widening window for shopping usage” caused lots of hazard problems, when the building structures collapse, may lead to serious losses of the lives and properties. So the reinforcement and remedial measures of the danger structures are of great significance. By structural analysis, several feasible reinforcement methods to recover the safety of building are suggested. Among all the methods suggested, that to reset the removed stiffness and to recover the stiffness centre position is of the most important.

Key words: mixed structure; tearing down some wall for shopping usage; strengthening; stiffness recovery

引言

多层混合结构房屋是指用普通黏土砖、烧结多孔黏土砖和混凝土小型空心砌块等砌体做墙体, 并采用装配的或整浇的钢筋混凝土楼盖及屋盖的房屋。由于这种房屋具有构造简单、施工方便、造价低廉等优点, 目前仍是我国城乡居住房屋建筑中一种应用最为广泛的结构形式, 竖向承重和水平抗侧力都主要依靠墙体承担。

随着经济开发, 为使临街底层店面开阔, 许多墙体遭到擅自冒险拆除。不同于框架结构, 混合结构房屋的墙体虽然有“承重墙”和“非承重墙”之说, 但在方向不确定的地震作用下, 都是“抗震墙”。加之很多早年修建的楼房, 由于砂浆强度退化, 大多抗震墙体本来已经不足, 又去除仅有的看似“非承重”的墙体必然会使房屋危险加剧。在前些年一味要求最低造价的风气下, 住宅建筑的底层墙体在设计时往往都是按满负荷计

收稿日期: 2013-09-21; 修订日期: 2014-06-03

作者简介: 张鹏程(1972-), 男, 副教授, 博士, 主要从事结构工程研究. E-mail: zpcchina@aliyun.com

通讯作者: 黄燕萍, 硕士研究生, 主要从事结构工程研究.

算的, 拆除底层墙体危害更大。“破墙开店”已造成了许多危楼, 尤其在老城区、以及城乡结合部的新城镇几乎是普遍现象, 直接危及居民及城乡生产生活安全, 必须早发现, 早整治。全部拆除会造成巨大浪费, 经济条件不允许的地区只能设法补救。我国是自然灾害多发的国家, 有 2/3 的大城市处于地震区, 历次地震都在不同程度上对建筑物造成损坏。近年来, 我国地震及地质灾害频发, “破墙开店”的多层混合结构住宅加固的必要性、重要性、迫切性, 不容忽视。

1 多层混合结构住宅“破墙开店”的危险性

为了更直观地了解多层混合结构住宅“破墙开店”的危险性, 我们以某小区住宅为例进行建模分析: 某 6 层砖砌体住宅楼, 建筑主体高度 18m, 设计使用年限 50a, 7 度设防, II 类场地。

建筑外围护墙为 240mm 厚烧结多孔砖, 卫生间隔墙为 120mm 厚烧结多孔砖, 其它均为 240mm 厚烧结多孔砖。结构安全等级为 2 级, 地面粗糙程度为 B 类, 基本风压为 0.4kN/m^2 。其平面布置如图 1 所示:

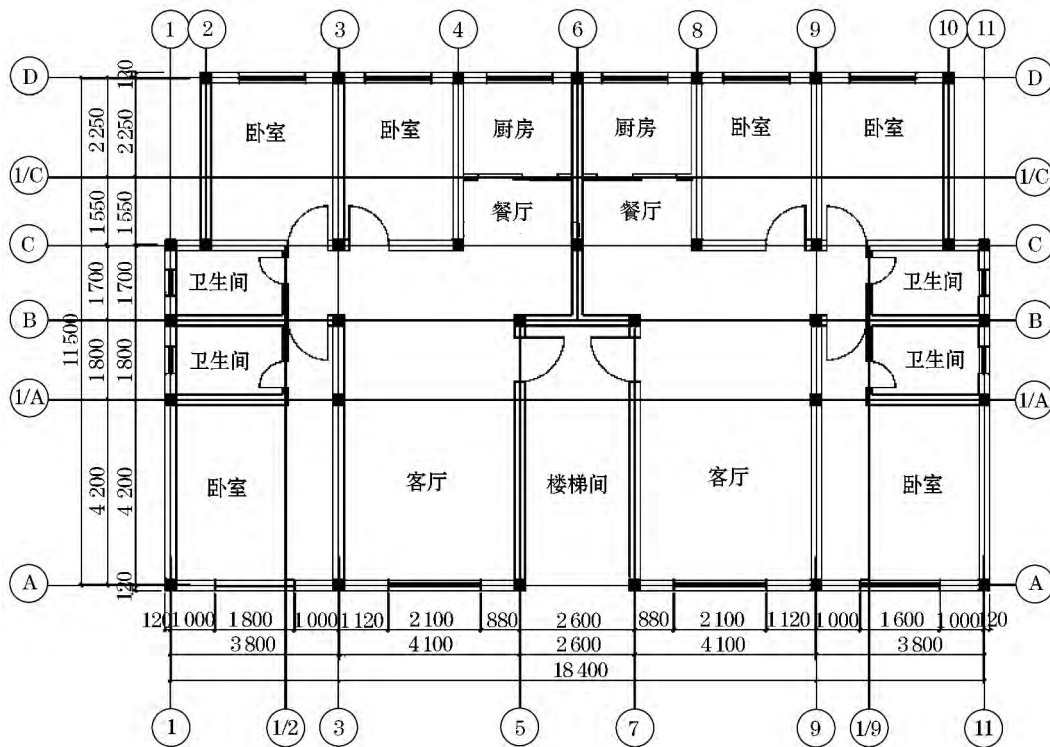


图 1 建筑平面布置图

Fig. 1 Floor plan of the building

按照规范正常设计, 正常施工, 使其满足正常使用的要求, 并暂不计风荷载对结构的影响。多层混合结构房屋的底层, 因为其底层受力最大, 同时作为商店开大门洞, 房屋刚度会减小, 易形成薄弱层, 地震时极易破坏, 故选底层结构进行受力分析。

正常设计的在用房子, 高厚比是满足要求的。对于底层大开洞口, 与墙连接的相邻两横墙间的距离没有变化, 墙的计算高度没有改变, 墙厚没变, 并不影响墙体的高厚比, 即局部墙体稳定承载能力不受影响。

多层混合结构房屋, 其主要的承重构件是墙体, 其原有抗力/效应 ≥ 1 。当底部破墙开店后, 仅仅与开洞墙体相接触的墙体的承载力/效应下降约 20%, 其余墙体的承载力/效应均有所提升。对于 240 墙的设计, 只要砌筑质量达标, 就竖向承载能力单独来看, 一般有富余储备, 对于竖向承重, 计算大多可以满足。

多层混合结构房屋的抗侧力体系, 底层受力最大, 如果住宅底层改为商店开大门洞, 抗侧力墙段减少, 地震时极易破坏。因而, 必须进行抗震能力复核算。

以下就正常设计的多层混合住宅的抗震验算结果和底层破墙开店的多层混合住宅的抗震验算结果的对比分析。

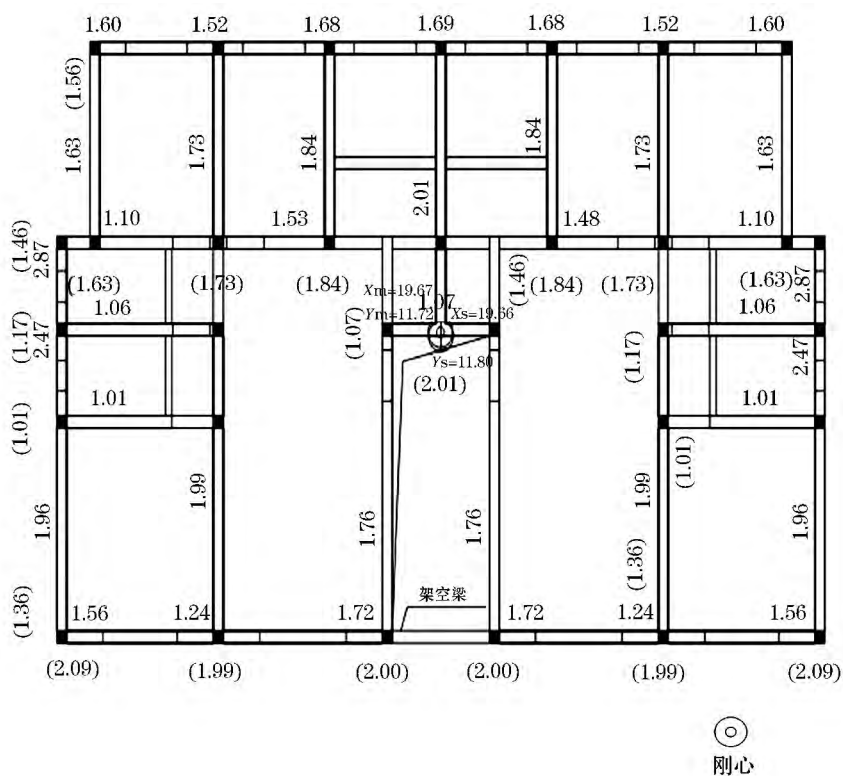


图2 多层混合住宅底层原设计抗震验算结果

Fig.2 Seismic checking results of the original underlying multi - story masonry structure building

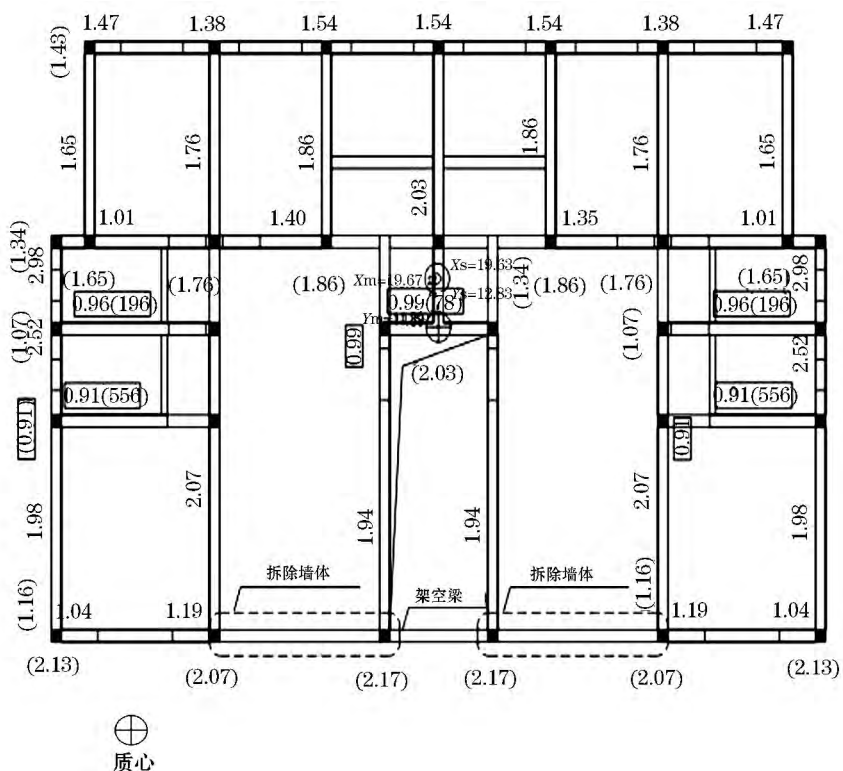


图3 底层拆除两段墙体后的抗震验算结果

Fig.3 Seismic checking results of the underlying after torn down two pieces of masonry wall

图2 中括号内的数字是各大段墙体“段”的定义为墙体布置时在一个方向轴线上连续输入、未被“主梁”构件打断的墙,中间可包含有门窗洞口)的抗震验算结果,其值为大段墙抗力与荷载效应的比值。数字标注方向与大段墙的轴线垂直,当验算结果大于1时,表明墙体满足抗地震剪力要求。反之,则为不满足。

图中非括号内的数字是各门、窗间墙段的抗震验算结果,其值为墙段抗力与荷载效应的比值。数字标注方向与墙段平行,验算结果大于1,表明墙段满足抗震抗剪强度要求。反之,则不满足。

底层开洞,开洞墙体刚度减小,以后的水平地震作用将按照新刚度分布重分配;且刚度中心向上偏移,容易产生新增扭转效应;同时,开洞处荷载的传递路径发生改变,洞口处应采取补强措施。未受损伤的墙体其本身抗剪能力不变化,图3中带线框数值其意义是该墙段分得的地震作用剪力负荷将超出该处墙体设计承载能力。

对比图2和图3可知,对于这栋房屋,由于底层破墙开洞,垂直于开洞墙体轴线方向,大段墙抗力与荷载效应的比值有所下降,说明各大段墙体地震剪力增大;平行于开洞墙体轴线方向,墙段抗力与荷载效应的比值有所减小,各窗间墙段的地震剪力增大。受损墙体的抗剪能力丧失,导致周边剩余墙段负荷显著增大,超出其预先设计的抗剪承载力。

对于一般结构的初始设计,该结构平面会基本对称布置,由图2可知,刚心与质心位置接近,可不考虑结构的扭转效应。“破墙开店”墙体减少后,结构的抗侧移刚度下降,结构的自振周期会稍微变长,但砌体结构自振周期阈值一般接近场地卓越周期,地震作用变化不明显。一般通过刚性楼板完成侧移变形协调,对于各墙体,顶端侧移相同,所承担的水平力按其刚度加权比例分配。由图3可知,拆墙会造成刚度中心偏移向远离被拆墙体方向,新刚度中心偏离原位,而质量中心几乎保持原位,必然造成对原结构的新增扭转效应。

可见,多层混合结构房屋底层破墙开洞对结构的抗侧力能力会产生很大的影响,而且这种影响不仅是在开洞墙体两侧。多层混合结构房屋的地震水平荷载是按照墙体刚度进行分配的,当底层破墙开店后,该轴线的水平刚度下降,分担的地震力减少,相应其他墙体分担的地震力增大。当房屋各墙段的安全储备较小时,很容易发生破坏,潜在破坏的墙段位置存在不确定性。通过此例,可以看出抗震抗剪强度不满足的墙体是平行于开洞墙体轴线的内部墙体,这些墙体原本并不是被设计用来承担这么大的地震剪力的。

2 几种补救加固方法探讨

2.1 “柱代墙”法

出于承重安全考虑,拆墙者往往会在洞口两侧设钢筋混凝土柱,洞顶部设钢筋混凝土梁,以新框架代替原墙承重,就是所谓的“柱代墙”法。后加入的常规尺度截面尺寸的钢筋混凝土柱虽然可以起到支顶原墙荷重的作用,但难以补偿缺失的抗侧移刚度,不能恢复原设计的刚度中心。常规小截面的柱虽可以承担局部竖向荷载,但因柱远远没有原墙体的刚度大,因而对于水平力的抵抗贡献微弱。尽管“柱代墙”的效果有限,但可先保持必不可少的竖向承重能力,有比没有好。有柱框的,可以再附加宽扁柱、翼墙,或抗侧刚度与原墙接近的花格窗、拱门等进行抗侧移刚度补足。如图4所示。

2.2 “柱代墙”加剩余墙体加厚法

多层混合结构是由墙体承重的结构,破墙开店后,仍有相当数量的剩余墙体,以增加柱支顶被拆墙体原应承担的荷重,同时选择适当加厚剩余墙体,填补抗侧刚度缺陷也是一条出路。

2.2.1 加厚与开洞墙体平行、相邻墙段

对于与开洞墙体平行、相邻的保留墙段可以采取增砌加厚、钢筋网水泥砂浆面层加固、或单面混凝土板墙加固等措施进行补强。图5为采用文献^[5]中的刚度折算模型,单面55mm混凝土板墙加固砖墙后,其等效墙厚为780mm。

图5中体现了后期加大的柱,以及加厚的墙,最终结果满足抗震要求。由图5可知虽然开洞墙段轴线方向的刚度减弱,只要适当提高其平行临近墙体刚度,恢复其原设计总刚度及抗侧力能力,结构可以满足新状况下的抗震能力要求。先以柱代墙完成竖向承重支顶,增加开洞墙体平行邻近墙段的厚度,其强度、刚度都可得到补偿。

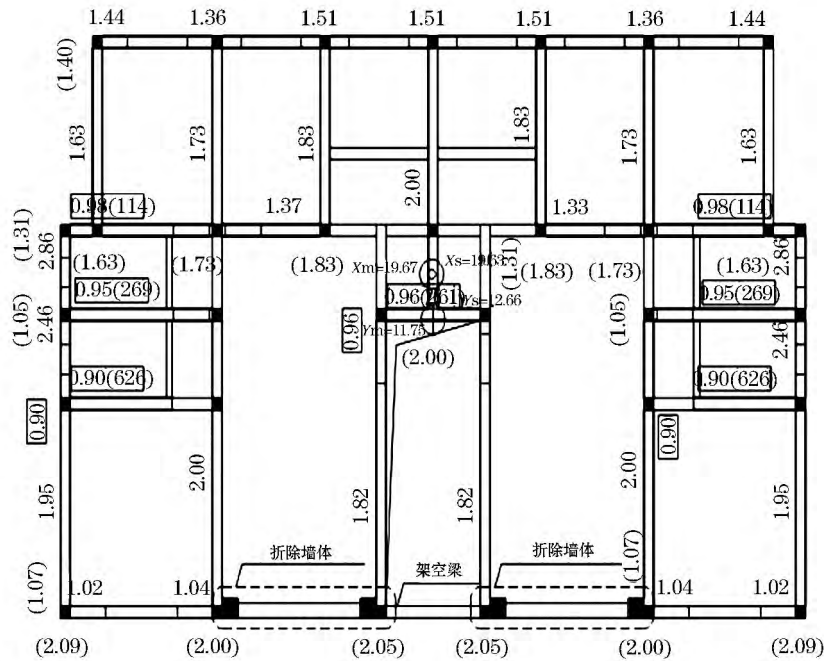


图4 底层“柱代墙”的抗震验算结果

Fig.4 aseismic capability checking results of the underlying “subtracting wall adding columns”

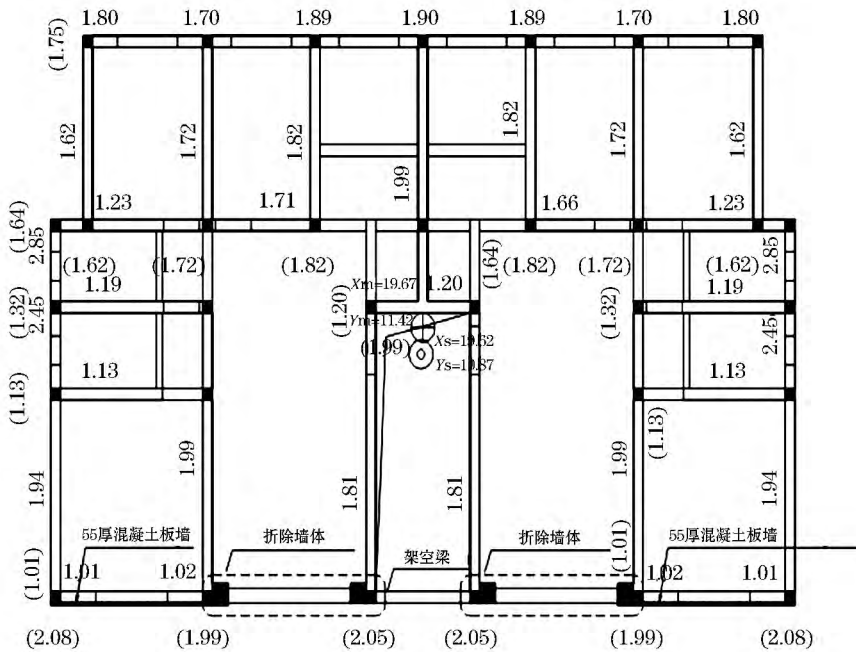


图5 底层墙体加厚后的抗震验算结果

Fig.5 Aseismic capability checking results after thickening other wall

2.2.2 借助其他冗余墙体 降低不满足墙段的刚度权重

降低图2中不满足墙段的刚度权重,可以有两种方法,一种是“加法”,就是加固其他方便加固的墙体,使刚度权重重新分配,增大其他墙体的刚度权重,以减少现在薄弱但不易加固的墙体所要承担的水平力;另一种是减法,再减小其他墙体刚度,但使总体刚度分布更合理,更对称,理论上适用于原设计结构平面不规则、不对称的楼体,使新结构刚度分布改善,扭转效应减少,在原设计其余墙体有富余时,这种方法也有可能。但总体来说,破墙开店已经减少了抗震墙,再减其他墙体,本身是冒险的,理想化的做法,虽然纸面上,通过改善刚度分布的对称性可以得到满足设计、加固规范的要求的“计算结果”,但对于正在服役的旧楼,它已经就

现状形成了一个平衡状态,再减,仍然是新的破坏,所以不推荐使用“减法”。

如图 6 所示,增强“破墙开洞”后刚度中心以下的平行于开洞墙体的连续墙体,能够在一定程度上将刚度中心拉回,也能分担更多的地震作用,减小原不满足墙段所承担地震作用。被加强墙体距被拆墙体越近,弥补刚度缺失的效果越好,造价也越低。

如图 7 所示,底层远距剩余墙体加厚,能分担更多的地震作用,减小原不满足墙段所承担地震作用。由建模结果可知,加固后结构能满足抗震要求。然而,刚度中心与质量中心偏离更大,会造成新的扭转,违背结构设计经济性原则,在万不得已的情况下,才可考虑。

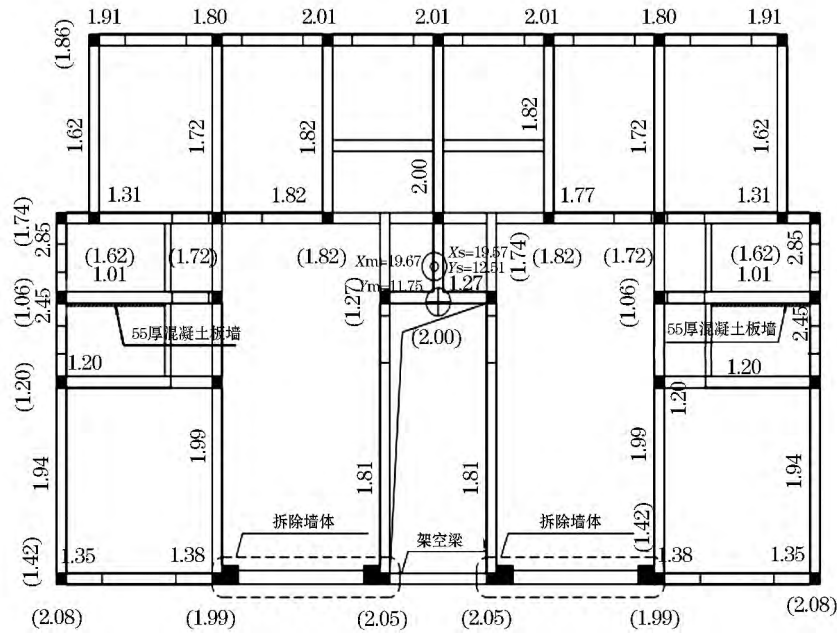


图 6 底层临近位置剩余墙体加厚后的抗震验算结果

Fig. 6 Aseismic capability checking results after thickening the remained wall in short distance

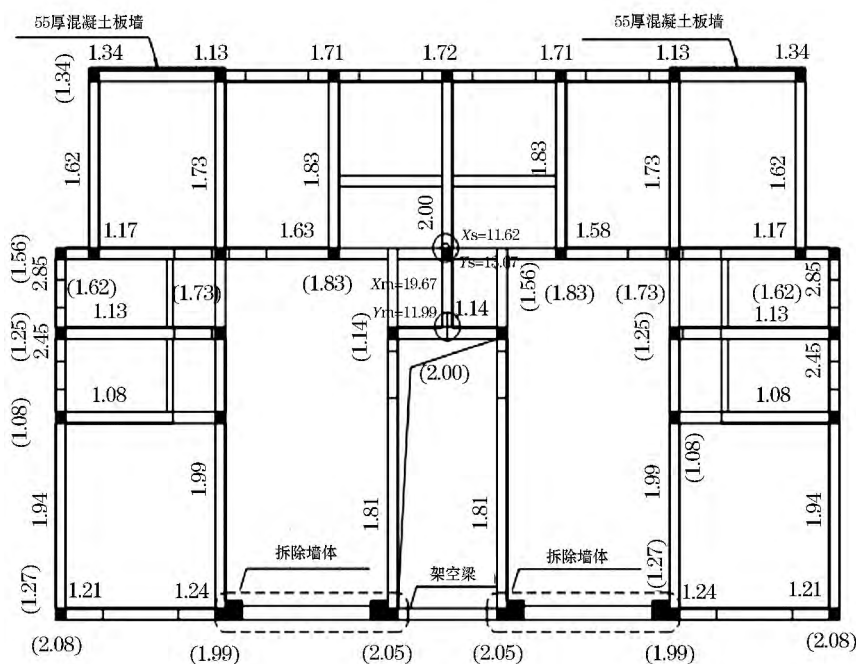


图 7 底层远距剩余墙体加厚后的抗震验算结果

Fig. 7 Aseismic capability checking results after thickening the remained wall in far distance

综上所述,选择增加厚度的墙体位置时宜遵循“哪里拆,就近补”的原则,最好是加墙后能保持原设计的刚度中心不变。

2.3 洞口外侧,增设砖墙式骑楼加固

多层混合结构房屋底层“破墙开洞”往往是开洞降低了沿街方向结构的墙体刚度,在开洞墙体的外侧加骑楼(遮阳廊道),宽出原墙2~3m,同层高,既可改善建筑商业品质,同时可起到加固作用。骑楼和主体结构通过楼板连接,协调统一变形。骑楼的砖墙并不要多厚,还可以开洞,也可用支撑框架、翼墙框架等多种轻巧的结构。骑楼因有一段进深,外侧墙段至原楼质量中心可以获得一段加长的力臂,这可以很容易地因拆墙而偏移出的刚度中心拉回来。其实质是弥补墙体开洞造成的刚度缺失,代替被开洞墙体受剪。图8为建模分析结果。值得注意的是,骑楼增加的刚度不能太大,否则矫枉过正,会造成新的刚度中心移向骑楼,造成新扭转,形成新的剩余墙体负担更大地震作用的新危局。

增设骑楼法的缺点是如果建筑离街道太近时或街道太窄时难以实施。

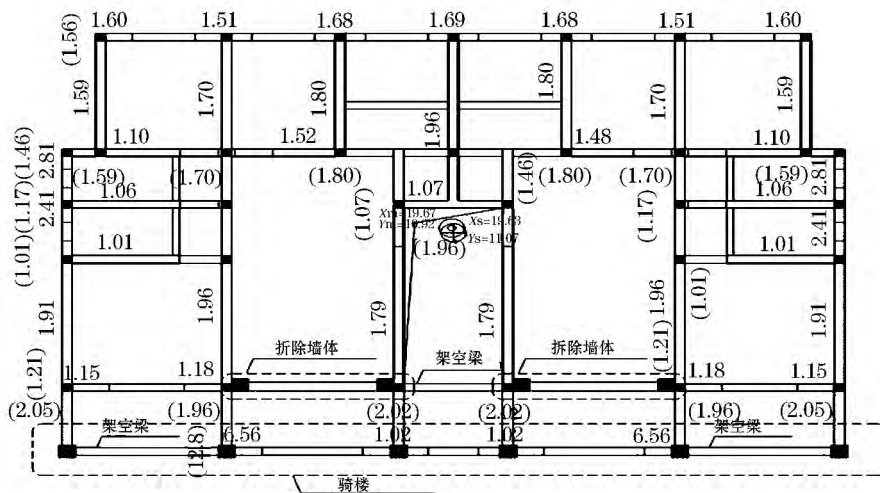


图8 后增砖墙式骑楼加固后的抗震验算结果

Fig. 8 Seismic checking results after adding arcade-style frame

2.4 附加钢桁架体外加固法

所谓附加钢桁架体外加固法,就是用抗侧力刚度很大且轻巧的钢桁架与楼盖进行有效连接,在地震作用时用钢桁架限制楼层总侧移变形,可使结构整体不致倒塌。

有些情况下,我们可以利用建筑立面商业装修的机会,用抗侧力刚度很大,美观、通透、轻巧的钢桁架(支撑-框架)来填补缺墙的刚度。比较可靠的做法是,对开洞层整体考虑,前后都加钢桁架,整体限制该楼层楼板总侧移。在现行抗震规范中,没有明确给出砌体房屋在弹性变形下的层间位移以及层间位移角的限值。由于钢结构相对较柔,可考虑砌体结构裂而不倒,且仍具有一定的侧移能力和竖向承载能力的情况下,综合多方专家建议,参考钢筋混凝土剪力墙的弹性层间位移角限值1/1000,人为拟定砌体房屋倒塌前的层间位移角允许值为1/1000。而钢桁架一定要与墙体的层间位移协调,即钢桁架必须在墙体达到1/1000的层间位移角限值前就受力并发挥作用。1/1000,是偏保守的拟定砌体房屋倒塌前的层间位移角允许值,如果拟定的允许位移角更大些,则加固所需的钢桁架构件截面可以更小些,从而更加经济。同时,附加钢桁架体外加固法最大限度地减小了结构加固对建筑使用功能的影响,同时外观易于被业主接受,且施工方便,是一种较经济的方法。

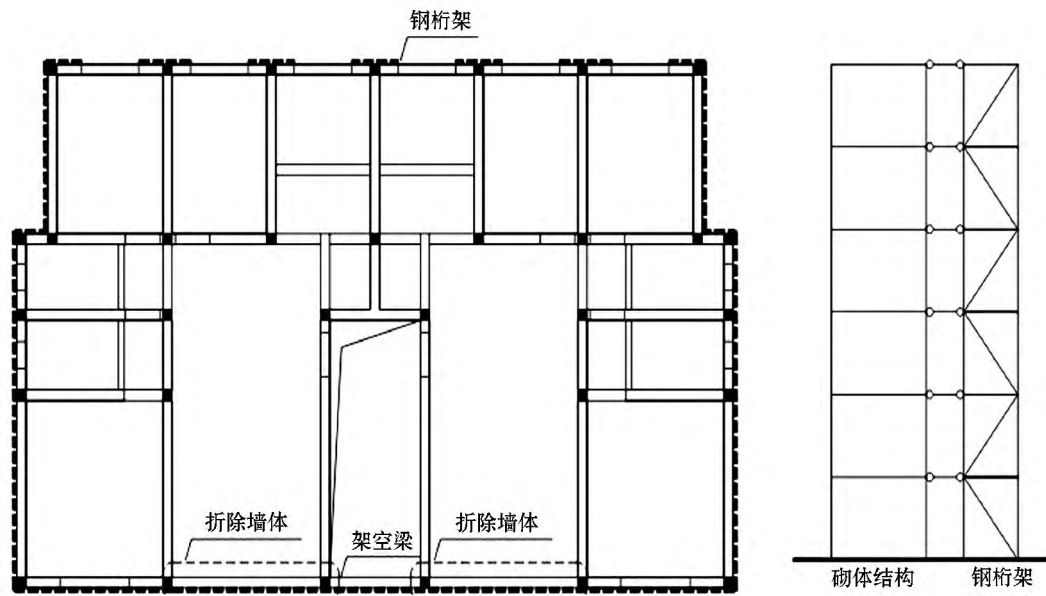


图9 附加钢桁架体外加固法的示意图

Fig.9 Sketch of strengthening by added steel truss

3 后加结构与老结构的协同工作

对于一个在用的建筑,即使局部拆除了一些墙体,但结构尚未坍塌,这说明一定程度上,结构已经完成了拆墙之后的变形,达到了一个“平衡状态”。后加结构是在这个已经完成变形的条件下新加入的,其能发挥加固作用的前提是——后加结构必须能够与原结构共同变形,否则,仅仅是“挂”上去的新增“负荷”罢了。后加承重墙在施工时宜对原结构实施略微顶起,其连接混凝土宜采用微膨胀混凝土;后加抗侧力结构必须与原建筑楼盖稳固连接,才能发挥共同受力的功效。

4 小结

多层混合结构“破墙开店”,严重削弱结构整体安全性能,对已有的底层“破墙开店”多层混合结构住宅,不能拆除重建的只能进行补救性加固。以“柱代墙”法虽然可以局部分担竖向荷载,但对于水平力抵抗的贡献微乎其微,不能使结构的抗震性能有明显改善。选择适宜剩余墙体加厚加强,填补抗侧刚度缺陷是较容易实现的有效方法,选择增加厚度的墙体位置时宜遵循“哪里拆,就近补”的原则,加固后最好使原初始设计的刚度中心保持不变。对于平面不规则、不对称的楼体,也可增强其他墙体的刚度,即进行刚度转移,以减少扭转效应;在开洞墙体外侧,后增砖墙式骑楼加固,也可有效填补抗侧刚度缺陷,但当建筑离街道太近时或街道太窄时,难以实施;体外附加钢桁架加固方法,用抗侧力刚度很大,通透轻巧的钢桁架(支撑-框架)填补缺口的刚度,限制薄弱层层间总侧移,不造成内部装修破坏,易被业主接受,综合效果较好。

参考文献

- [1] GB50003-2011 砌体结构设计规范[S]
GB50003-2011, Code for Design of Masonry Structures[S](in Chinese)
- [2] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]
GB50011-2010, Code for Seismic Design of Buildings[S](in Chinese)
- [3] GB50023-2009 建筑抗震鉴定标准[S]
GB50023-2009, Code for Building Seismic Appraiser[S](in Chinese)
- [4] 廖子建,张鹏程,林树枝,等. 砌体防倒塌钢桁架加固方法研究[J]. 工程抗震与加固改造. 2011, 33(2): 96~103

- Liao Zi - jian , Zhang Peng - cheng , Lin Shu - zhi , et al. Study on the Strengthen Method of Masonry Structure by Steel Truss for Collapse Prevention [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting. 2011 ,33(2) 96 ~ 103(in Chinese)
- [5] 褚云朋,王汝恒,贾彬,等. 某砖混结构住宅加固可靠性分析[J]. 工程抗震与加固改造. 2011 ,33(2) 112 ~ 116
Chu Yun - peng , Wang Ru - heng , Jia Bin , et al. Reliability Analysis for Strengthen Housing of Masonry Structure [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting. 2011 ,33(2) 112 ~ 116(in Chinese)
- [6] JCJ 116 - 98 , 建筑抗震加固技术规程[S]
JCJ 116 - 98 , Technical Specification for Seismic Strengthening of Buildings [S](in Chinese)
- [7] 信任,姚继涛. 多层砌体结构墙体典型抗震加固技术和方法[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版) . 2010(02)
Xin Ren , Yao Ji - tao. The a Seismic Strengthening Techniques and Methods of Multi - story Masonry Structures [J]. J. Xi' an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition) . 2010(02) (in Chinese)
- [8] 胡兆文,付立莎,荆建明. 既有多层砌体房屋承重墙拆除改造加固设计与施工[J]. 建筑结构. 2010(S2)
Hu Zhao - wen , Fu Li - sha , Xin Jian - ming. Demolishing , Remolding and Reinforcing Design and Construction for the Load Bearing Wall of the Existing Multi Floor Masonry Structure Buildings [J]. Architectural Structure. 2010(S2) (in Chinese)