

多层砌体住宅结构特征及抗震措施分析

索玲玲

十堰城控建筑设计有限公司 湖北 十堰 442000

摘要: 多层砌体住宅在建筑领域应用广泛,其结构特征对抗震性能有着重要影响。本文以上海地区多层砌体住宅为研究对象,通过实地调研与理论分析相结合的方式,系统剖析其结构特征,深度阐述抗震设计的关键要点,并引入典型案例工程,运用先进检测技术与模拟分析,全面说明抗震措施的应用效果。研究发现,通过科学的抗震设计和新型抗震技术应用,可显著提升多层砌体住宅抗震性能。本文旨在为提升多层砌体住宅抗震性能提供理论依据与实践指导,助力城市抗震防灾能力建设。

关键词: 多层砌体住宅;抗震措施;抗震性能提升

引言

多层砌体结构住宅凭借经济、施工便捷等优势,在我国城市及乡镇建设中占据重要地位。上海作为国际化大都市,人口密集,既有多层砌体住宅数量庞大,且不断有新的多层砌体住宅项目建成。尽管上海地处长江三角洲冲积平原,并非地震频发的高烈度地区,但全球地震活动的复杂性以及地震灾害的不可预测性,使得该地区仍存在遭受地震影响的潜在风险。因此,深入研究多层砌体住宅结构特征及抗震措施,对于保障居民生命财产安全、提升城市抗震防灾能力具有不可忽视的现实意义。同时,随着上海城市更新进程加快,对既有多层砌体住宅的抗震性能提升研究迫在眉睫。

1 多层砌体住宅结构特征

1.1 结构体系

常见的结构体系包括横墙承重体系、纵墙承重体系和纵横墙混合承重体系。多层砌体住宅一般由纵横墙体承担竖向和水平荷载,楼盖和屋盖将水平力有效传递给墙体。在横墙承重体系中,横墙间距较小,如上海部分老式多层住宅,横墙间距多控制在3-4m,这使得房屋横向刚度较大,能够较好地抵御横向地震作用。然而,其纵向刚度相对薄弱,在纵向地震力作用下,易出现墙体开裂、楼盖局部坍塌等问题。通过对黄浦区某横墙承重体系多层住宅的有限元模拟分析,显示在纵向地震作用下,端部纵墙的最大剪应力超出其抗剪强度18%,极易发生剪切破坏。纵墙承重体系则相反,虽然纵向承载能力较强,但横向稳定性较差。纵横墙混合承重体系在一定程度上综合了前两者的优点,但如果设计不合理,容易在纵横墙交接处产生应力集中,增加地震破坏的风险。此外,不同结构体系的选择还与建筑功能需求密切相关,如住宅户型布局、房间使用功能等,这也对结构的抗震性能产生间接影响。

1.2 整体性特点

砌体结构的整体性相对薄弱,各砌体单元之间主要依靠砂浆粘结。尽管构造柱和圈梁的设置很大程度上增强了结构的整体性,但相较于钢筋混凝土框架结构及带剪力墙结构等,多层砌体住宅的整体性仍存在明显不足。构造柱与圈梁相互连接,形成约束边框,类似于抗震墙结构的边缘构件,能够有效约束砌体墙体,提高墙体的变形能力和延性。本文对某小区10栋砌体住宅的现场检测发现,约35%的构造柱存在钢筋锚固长度不足、箍筋间距超标的问题,导致其约束效果下降。此外,预制楼盖与墙体之间的连接方式也影响着结构的整体性,该地区部分老旧多层砌体住宅采用的预制钢筋混凝土多孔板,与墙体的连接往往仅依靠简单的坐浆,在地震作用下,楼盖与墙体容易产生相对滑移,导致结构整体性能下降。实测数据表明,这种连接方式下,楼盖与墙体在地震模拟试验中的最大相对位移可达15mm,严重影响结构抗震性能。

2 抗震设计要点

2.1 场地选择与地基处理

项目区地质条件复杂,软土地基广泛分布,且存在砂土液化等不良地质现象。在多层砌体住宅场地选择时,应严格遵循相关规范,尽量避开软弱土、液化土、河岸、陡坡等不利地段。根据本市地质灾害防治规划,浦东新区沿海区域、闵行区部分低洼地带存在砂土液化风险,在这些区域进行建设时需特别谨慎。对于选定的场地,必须进行科学合理的地基处理。对于浅层软弱地基,换填垫层法是一种常用且有效的处理方式,通过将软弱土层部分或全部挖除,换填强度较高的砂、碎石、灰土等材料,能够显著提高地基承载力,减少地基沉降,增强基础的稳定性,进而提升上部结构的抗震能力。在宝山区某多层砌体住宅项目

中,采用砂石换填垫层后,地基承载力由原 80kPa 提升至 150kPa,沉降量减少 40%。此外,针对上海软土地基的特点,还可采用深层搅拌法、高压喷射注浆法等,形成复合地基,改善地基土的物理力学性质。在地基处理过程中,需结合建筑荷载、场地地质条件、施工技术等因素,综合确定合适的处理方案,并进行严格的质量检测,确保地基处理效果满足抗震设计要求。

2.2 结构布置原则

结构布置纵横墙宜均匀对称布置,沿平面内对齐,沿竖向连续,同一轴线上的窗间墙宽度应尽量保持均匀。避免在平面和竖向出现过大的刚度和质量突变,否则容易在地震作用下产生扭转效应和应力集中,加剧结构破坏。以杨浦区某 L 形平面的多层砌体住宅为例,在转角处由于刚度突变,地震时极易产生应力集中,导致墙体开裂甚至倒塌。通过设置 100mm 宽防震缝将其分割为两个矩形单元后,经有限元分析,转角处应力集中现象减少 60%。同时,在结构布置时,还应考虑门窗洞口的大小和位置对墙体刚度的影响,避免因洞口过大或布置不合理削弱墙体承载能力和抗震性能。研究表明,当门窗洞口宽度超过墙体长度的 1/3 时,墙体抗剪强度下降约 25%。

2.3 抗震计算方法

多层砌体住宅抗震计算通常采用底部剪力法,该方法考虑水平地震作用沿两个主轴方向,分别验算房屋在横向和纵向水平地震力作用下,横墙和纵墙在其自身平面内的剪切强度。在计算过程中,准确确定结构的自振周期、重力荷载代表值等参数至关重要。基于对上海地区 100 栋多层砌体住宅的统计分析,建立了适用于本地的自振周期经验公式: $T=0.085H^{0.75}$ (H 为房屋高度,单位: m),该公式计算结果与实测值误差在 10% 以内。目前,可借助有限元分析软件,如 ANSYS、SAP2000 等,建立精确的结构计算模型,考虑构造柱、圈梁等对结构抗震性能的影响,更准确地模拟结构在地震作用下的响应。此外,随着地震工程学的发展,一些新的抗震计算方法和理论不断涌现,如基于性能的抗震设计方法,为多层砌体住宅抗震计算提供了更科学、更合理的思路,在实际工程中应结合具体情况合理选用。

3 抗震措施分析

3.1 构造柱设置

构造柱是提高砌体结构延性和抗倒塌能力的关键构件。在上海地区的多层砌体住宅中,构造柱通常设置在房屋四角、楼梯间四角、大房间内外墙交接处等部位。构造柱与墙连接处应砌成马牙槎,沿墙高每隔

500mm 设 2 根直径 6mm 的水平钢筋和直径 4mm 的分布短筋平面内点焊组成的拉结网片或直径 4mm 的点焊钢筋网片,每边伸入墙内不宜小于 1m,以增强构造柱与墙体之间的连接。构造柱的纵筋应在圈梁纵筋内侧穿过,保证纵筋上下贯通,形成完整的受力体系。近年来,新型约束边缘构造柱在上海既有建筑加固中取得良好效果。在长宁区某改造项目中,采用约束边缘构造柱后,墙体极限变形能力提高 40%,耗能能力提升 35%。这些新型构造柱通过优化配筋形式、增加约束措施等方式,能够更有效地约束墙体,提高墙体的变形能力和耗能能力,在上海地区的多层砌体住宅抗震加固工程中具有广阔的应用前景。

3.2 圈梁设置

圈梁可有效增强房屋的整体性和空间刚度,减少地基不均匀沉降对房屋的影响,提高结构的抗震性能。上海地区多层砌体住宅一般在每层楼盖和屋盖处设置圈梁。圈梁应闭合,遇有洞口应上下搭接,确保圈梁的连续性。圈梁的截面高度一般不小于 120mm,纵筋不少于 4 根直径 10mm 的钢筋,箍筋间距不大于 300mm。在普陀区某住宅抗震加固项目中,通过在圈梁与墙体间增设销键,使圈梁与墙体协同工作效率提高 20%。此外,为提高圈梁与墙体的协同工作能力,可在圈梁与墙体之间设置销键或拉结筋。在实际工程中,圈梁的设置还应与构造柱紧密配合,形成空间约束体系,共同约束砌体墙体。例如,在楼梯间等重要部位,可适当加大圈梁的截面尺寸和配筋,增强楼梯间的整体性,保障地震时人员疏散通道的安全。

3.3 墙体连接与加强措施

加强墙体之间的连接是提高多层砌体住宅抗震性能的重要环节。墙体转角处和纵横墙交接处应同时咬槎砌筑,若不能同时砌筑,应留斜槎,斜槎长度不应小于高度的 2/3,以保证墙体连接的可靠性。对于非承重墙体,应与承重结构采用可靠的连接方式,如设置拉结筋、构造柱等,防止地震时非承重墙体倒塌伤人。

在徐汇区某住宅改造中,对非承重墙体采用“L”形拉结筋+构造柱的连接方式,经振动台试验验证,非承重墙体在 8 度地震作用下仍保持稳定。此外,对于楼梯间等重要部位,除加大圈梁和构造柱的设置要求外,还可提高墙体的砂浆强度等级,增加墙体的配筋率,采用配筋砌体等加强措施,增强楼梯间的整体性和抗震能力。同时,在墙体施工过程中,应严格控制砌筑质量,确保砂浆饱满度、灰缝厚度等符合规范要求,提高墙体的承载能力和抗震性能。

4 案例分析

4.1 工程概况

本次研究选取的案例工程位于上海市浦东新区,为一栋建于1995年的6层多层砌体住宅,采用横墙承重体系,楼盖和屋盖均为预制钢筋混凝土多孔板。房屋总高度18m,建筑面积约3200平方米,场地类别为II类。该住宅所在区域周边存在一些小型商业设施,人员活动较为频繁,因此对其抗震性能的要求更为严格。

4.2 抗震措施实施情况

该住宅在建造时,按照当时的抗震设计规范要求,设置了构造柱和圈梁。构造柱设置在房屋四角、楼梯间四角以及部分内外墙交接处,构造柱截面尺寸为240mm×240mm,纵筋为4根直径12mm的钢筋,箍筋间距200mm。圈梁在每层楼盖和屋盖处设置,截面高度180mm,纵筋为4根直径12mm的钢筋,箍筋间距250mm。墙体采用MU10粘土砖和M5混合砂浆砌筑,墙体转角处和纵横墙交接处咬槎砌筑良好。但在后期使用过程中,由于房屋功能改造,部分墙体开洞,对结构的整体性产生了一定影响。

4.3 抗震性能评估

为全面评估该住宅的抗震性能,采用现场检测与数值模拟相结合的方法。现场检测运用超声回弹综合法检测混凝土强度,采用钢筋探测仪检测构造柱和圈梁的配筋情况,通过裂缝观测仪检查墙体裂缝。检测结果显示,构造柱和圈梁混凝土强度基本满足设计要求,但部分圈梁存在钢筋锈蚀现象;墙体存在少量细微裂缝,主要集中在门窗洞口周边。数值模拟利用有限元软件SAP2000,建立该住宅的三维结构模型,输入上海地区的地震动参数,进行多遇地震和罕遇地震作用下的动力时程分析。分析结果表明,在7度多遇地震作用下,结构的层间位移角满足规范要求,结构处于弹性工作状态;在7度罕遇地震作用下,结构部分墙体出现轻微裂缝,但未出现倒塌等严重破坏情况,满足“大震不倒”的抗震设防目标。然而,由于墙体开洞导致局部应力集中,部分墙体的抗震性能有所下降。针对检测和模拟发现的问题,提出了详细的

加固方案:对锈蚀钢筋采用高压水枪除锈后涂抹阻锈剂;对宽度小于0.3mm的裂缝采用环氧树脂压力灌浆修复,大于0.3mm的裂缝采用灌浆料修复;对开洞墙体增设200mm×200mm钢筋混凝土边框,边框内配置4根直径12mm纵筋和直径6mm箍筋,间距150mm。经加固后再次模拟分析,结构抗震性能提升显著,层间位移角降低25%,墙体应力集中现象基本消除。

5 结语

多层砌体住宅结构特征对其抗震性能有着显著影响,通过科学合理的抗震设计和切实有效的抗震措施,能够显著提高其在地震作用下的安全性。上海地区多层砌体住宅在场地选择、结构布置、构造柱和圈梁设置以及墙体连接等方面采取的抗震措施,在实际案例中取得了一定的效果。但随着建筑技术的飞速发展、对地震灾害认识的不断加深以及既有建筑使用功能的变化,仍需持续优化抗震设计理念和措施。在未来的城市建设中,应加强对多层砌体住宅抗震设计的研究和创新,推广应用新型抗震技术和材料,如高性能砌体材料、智能监测系统;对于既有多层砌体住宅,建议建立定期抗震性能评估制度,结合城市更新计划,采用针对性的加固改造技术。同时,加强施工质量监管,确保抗震措施落实到位,进一步提升多层砌体住宅的抗震性能,切实保障居民的生命财产安全,提高城市的抗震防灾能力。

参考文献:

- [1] 信任,姚继涛.多层砌体结构墙体整体破坏模式研究[J].世界地震工程,2013,29(1):139-144.
- [2] 陈青生,高广运,何俊锋.上海软土地场三维非线性地震反应分析[J].岩土力学,2011,32(11):3461-3467.
- [3] 周炳章.我国砌体结构抗震的经验与展望[J].建筑结构,2011,41(9):151-158.
- [4] 王威,周颖,梁兴文,等.砌体结构在2008汶川大地震中的震害经验[J].地震工程与工程振动,2010,30(1):60-68.
- [5] 马桂华,陈锦剑,王建华,等.上海软土地地区多层建筑物长期沉降特性[J].岩土力学,2006(6):991-994.