

钢框架-支撑体系多层学生公寓结构设计

任宝双, 侯建群, 郝亚民

(清华大学建筑设计研究院, 北京 100084)

[摘要]介绍了某6层全装配式钢结构学生公寓的设计情况。结构主体采用钢框架-支撑体系, 楼板采用SP预应力空心楼板, 内外墙采用轻质墙板。本工程的实践表明: 这种体系受力可靠, 施工速度快, 经济指标合理。

[关键词] 多层建筑; 钢结构; 框架-支撑体系

[中图分类号] TU398

[文献标识码] B

[文章编号] 1007-9476(2004)03-0006-03

长期以来, 我国建筑钢结构的应用较少, 用钢量占全国钢材总产量的比重很低。2001年上半年, 建设部科技司分别召开了钢结构住宅产业化技术导则编制研讨会和钢结构住宅建筑体系及关键技术研究课题立项评审会, 通过了18个包括钢结构住宅建筑体系与关键技术的立项, 为发展住宅钢结构创造了很好的时机。本文介绍的多层钢结构学生公寓即为18个立项之一。

一、工程概况

本工程长64m, 宽17m, 总建筑面积约7200m²。建筑共8层, 其中地面架空层为自行车库, 层高2.2m, 为满足建筑净高要求, 采用钢筋混凝土板柱结构; 1层~6层为学生宿舍标准层, 层高3.2m, 采用钢结构, 建筑外围护墙和内隔墙均采用轻质墙板; 顶层为坡屋面阁楼, 采用轻型门式刚架结构以形成较大的室内空间(限于篇幅, 本文只介绍标准层的设计情况)。

本工程设防烈度为8度, 建筑场地类别为Ⅲ类。

二、结构体系及结构分析

1. 结构体系

多层钢结构目前较多采用的结构体系有: 纯钢框架体系、钢框架-支撑体系、钢框架-现浇混凝土剪力墙体系等。纯钢框架体系有利于建筑平面灵活布置, 结构各部分刚度比较均匀, 自震周期较长, 对地震作用不敏感。相对纯钢框架体系, 钢框架-支撑体系、钢框架-现浇混凝土剪力墙体系侧向刚度大, 都有两道抗震防线。但对后者而言, 剪力墙需要现场浇注混凝土, 不利于发挥钢结构施工速度快的优势; 同时, 钢框架和混凝土剪力墙侧向刚度相差悬殊, 对其

抗震性能的研究还很不充分, 尤其是多层, 采用这种体系将导致地震作用大幅增加。

为最大程度避免现场浇注混凝土, 探索钢结构住宅产业化的发展方向, 本工程标准层采用钢框架-支撑结构体系。

根据建筑平面特点, 纵向支撑均匀、对称布置在走廊两侧, 支撑采用偏心支撑以避开门洞; 横向支撑均匀、对称布置在楼梯间及宿舍之间的隔墙内, 也采用偏心支撑。结构标准层局部梁柱平面布置如图1, 局部支撑布置如图2。

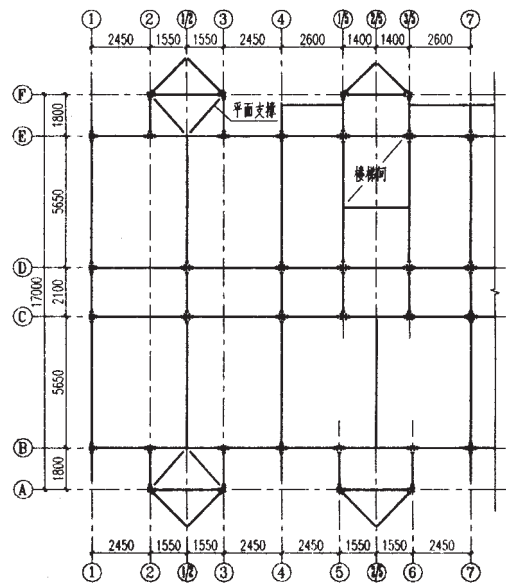


图1 标准层局部梁柱平面布置图

本工程梁柱均采用焊接H形截面, 支撑采用组合槽钢, 梁柱双向刚接, 钢材采用Q235B。

2. 结构分析及结果

结构按弹性方法计算。计算程序采用中国建筑科学研究院开发的建筑结构分析程序TAT。该程序采用三维空间模型, 梁柱采用空间杆单元, 假定楼板在平面内刚度无限大。该程序同时能进行结构的强度及稳定验算。

结构分析时, 柱计算长度系数根据《高层民用建筑钢结

[基金项目] 建设部2001年科学技术项目计划-科研攻关项目: “钢结构居住建筑成套技术开发”(01-2-076)

[作者简介] 任宝双(1973~)男, 天津人, 工程师, 从事工程设计, 结构设计与研究。

构技术规程》(JGJ 99-98)(简称《高钢规》)确定:有支撑的结构,当计算在重力和风力或多遇地震作用组合下的稳

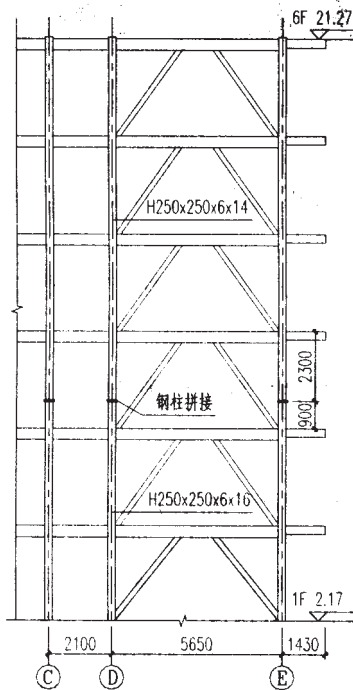


图2 标准层局部支撑布置图

定性时,在层间位移满足规范要求的条件下,柱计算长度系数可取1.0。

结构分析主要结果如下:

(1)自振周期

经弹性分析,得到结构前3个自振周期如表1:

表1 结构自振周期

周期	T_1/s	T_2/s	T_3/s
横向	0.94	0.31	0.18
纵向	1.03	0.35	0.21

由表1可以看出,结构两个方向自振周期相差不大,说明结构两个方向刚度接近,是比较理想的。

(2)层间位移角

结构在水平风荷载及地震作用下顶点位移角和楼层最大弹性层间侧移角如表2:

表2 结构水平位移角

位 移	风荷载	地震作用
横向	顶点	1/5498
	层间	1/3487
纵向	顶点	1/14480
	层间	1/8600

根据《高钢规》,结构在风荷载作用下,顶点位移角限值为1/500,层间位移角限值为1/400;根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)(简称《抗震规范》),结构在多遇地震作用下,层间位移角限值为1/300。由表2可以看出,结构两个方向的位移角均满足要求,结构侧向刚度较好。

三、结构设计的几个问题

1. 节点连接

钢结构的节点连接对结构的安全起着非常重要的作用,并直接关系到结构构件的运输、施工和造价。由于本工程轴网尺寸不大,楼面荷载较小,故大部分梁柱节点采用技术可靠、运输和施工方便的现场栓焊混合节点。如图3,钢柱贯穿,梁腹板与柱通过连接板采用高强度螺栓连接,梁翼缘与柱采用全熔透对接焊缝连接,焊缝等级二级。

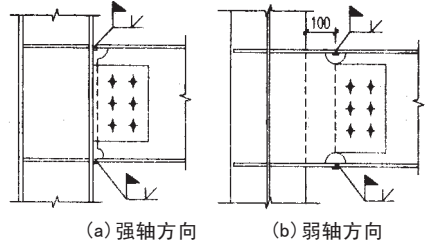


图3 典型梁柱节点

支撑处的梁柱节点采用工厂全焊接连接,梁段间的拼接连接、支撑与梁柱节点的连接现场完成。

为加快钢框架施工速度,同时考虑运输方便,钢柱大致分成长度相等的2段,每段长约12m,柱的连接采用现场拼接。

2. 偏心支撑

本工程支撑采用偏心支撑。偏心支撑有如下特点:

(1)建筑布置灵活。偏心支撑的消能梁段处净高较大,方便门的布置。如本工程层高3.2m,梁下布置2.7m高的门(包括亮子)是很方便的。

(2)侧向刚度好。支撑的设置,使结构侧向刚度得到加强,结构水平位移减小。

(3)利于抗震。大量研究表明,偏心支撑具有弹性阶段刚度接近中心支撑框架,弹塑性阶段的延性和耗能能力接近于延性框架的特点,是一种良好的抗震结构。

消能梁段的长度直接影响到消能梁段的屈服形式:较短时为剪切屈服型,较长时为弯曲屈服型。本工程的消能梁段多为较短的剪切屈服型。文献从理论上探讨了长消能梁段的应用,认为长消能梁段用于多层和小高层(8层~12层)也是合理的。

3. 楼盖结构

为探索“工厂化生产、现场安装”的住宅产业化模式,最大程度减少现场浇筑混凝土,加快施工速度,本工程楼板采用SP预应力混凝土空心板。

SP板板边形式独特,拼缝可形成上下小、中间大的板槽。这种板槽能相互传递剪力、协调相邻板间垂直变位。SP板在国外是一项十分成熟的技术,广泛应用于各级地震烈度区,其完善的设计理论计算方法和节点构造,可充分保证地震水平荷载的传递和分配,满足结构安全度的要求。

为保证楼盖的整体性,本工程所有SP板板底均设4个埋件与钢梁上翼缘焊接,并在板缝内设通长构造钢筋(图4)。

住宅钢结构发展的相关技术问题

赵风华¹, 杜建明²

(1. 河北建筑工程学院, 河北 张家口 075024; 2. 张家口市供水总公司, 河北 张家口 075000)

[摘要] 通过工程实践, 探索了多层钢结构住宅建筑技术和与之相配套的保温节能墙体、楼板、屋面板材等的设计理念及其关键技术问题。

[关键词] 钢结构住宅; 建筑体系; 关键技术

[中图分类号] TU391

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-9467(2004)03-0008-03

一、引言

时下, 钢结构以其自身的优越性, 在建筑中所占的比重越来越大, 21世纪将是钢结构快速发展的时期。

建筑钢结构归纳为五大类: 高层重型钢结构、空间大跨钢结构、轻型钢结构、钢混组合结构以及住宅钢结构等, “十五”期间我国以住宅钢结构为发展的重点。而钢结构住宅的研究开发、设计制造、施工安装是近几年才发展起来的。

钢结构住宅是住宅建筑的一个分支, 与砖石结构、钢筋混凝土结构、木结构同是住宅建筑的重要组成部分。钢结构住宅体系主要由七大部分组成: ①支撑骨架系统; ②围护骨架系统; ③轻质墙体; ④装饰外墙; ⑤楼层板; ⑥屋顶; ⑦门窗及楼梯。主要承重骨架是由钢构件或钢管混凝土构件所组成, 它具有钢结构带来的一系列特性, 同时又具备一般住宅

[作者简介] 赵风华(1957~), 女, 河北张家口人, 副教授, 从事钢结构教学与工程设计研究。

建筑的共性。

钢结构的重量轻、强度高, 用钢结构建造的住宅重量是钢筋混凝土住宅的1/2左右, 可满足住宅大开间的需要, 使用面积比钢筋混凝土住宅提高4%左右; 抗震性能好, 其延性比钢筋混凝土高, 从国内外震后调查结果看, 钢结构住宅建筑倒塌数量是最少的; 钢结构构件在工厂制作, 减少现场工作量, 缩短施工工期, 符合产业化要求; 钢结构工厂制作质量可靠, 尺寸精确, 安装方便, 易与相关部品配合; 钢材可以回收, 建造和拆除时对环境污染较少。

随着建设部“关于在大中城市二三年内消除黏土制品”重大政策的颁布, 研究和开发大规模的多层住宅钢结构建筑体系是当务之急。钢结构住宅是取消传统的砖混结构住宅之后, 比较理想的替代方式之一。

二、钢结构住宅建筑体系的设计

1. 工程实例概况

(2) SP预应力空心楼板自重轻、承载力高、和钢结构连接方便。

(3) 钢框架-支撑体系和SP预应力楼板结合使用, 能加快施工进度, 最大限度地减小现场湿作业的工作量, 便于钢结构住宅的产业化、现代化。

(4) 尽管本工程平面布置不规则, 两侧钢柱较多, 但结构的经济指标还是比较理想的。

[参考文献]

- [1] JGJ 99—98 高层民用建筑钢结构技术规程[S].
- [2] GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》[S].
- [3] Geqing Liu, Yongjiu Shi, etc. Applying Steel Eccentrically Braced Frame with Long Links in Multi-Story Residential Building. The Seventh International Symposium on Structural Engineering for Youth Experts. August 28-31 2002, Tianjin, P. R. China.
- [4] 潘本栋. SP预应力空心板在居住建筑中的应用和发展[J]. 混凝土, 2002 (1).

[收稿日期] 2003-11-04

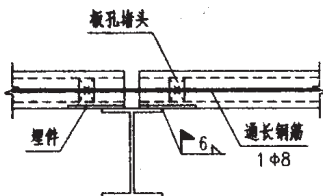


图4 保证楼盖整体性措施

四、用钢量

结构标准层每层用钢量约为: 钢柱 25t、钢梁 20t、支撑 6t, 共 51t。本工程标准层建筑面积约 1 100m², 用钢量约为 46 kg/m²。

五、结论

本工程已经施工完毕并开始正常使用, 建设单位对结构施工进度和现场管理很满意。本工程的实践表明:

(1) 钢框架-偏心支撑结构体系侧向刚度合理, 抗震性能好, 是一种比较理想的多层钢结构体系。