

轻钢住宅结构体系及其应用*

舒贻平 孟宪德

(东南大学 土木工程学院 南京 210096)

王 培

(江苏省建筑设计研究院 南京 210029)

摘 要: 对我国发展轻钢住宅结构体系的条件、基础和该体系的特点进行了分析,综述了轻钢住宅结构体系和围护结构体系,通过对轻钢住宅试点工程的介绍,表明优先发展轻钢住宅这种环保型建筑的必要性和其良好的应用前景。

关键词: 住宅 轻钢结构 轻质材料 二阶分析

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF LIGHT STEEL STRUCTURE FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

Shu Ganping Meng Xiande

(College of Civil Engineering, Southeast University Nanjing 210096)

Wang Pei

(Jiangsu Institute of Architectural Design and Research Nanjing 210029)

Abstract : The advantages and characteristics of light steel structures for residential buildings were set forth. The reasonable light steel structures and enclosing system were summarized. By the introduction of several experimental building, the necessity and the bright future of the development and application of this clean building were manifested.

Keywords : residential building light steel structure light weight material second-order analysis

0 引 言

随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,住宅建设持续空前发展。1996 年以来,我国每年城市住宅竣工面积约 9~ 11 亿 m², 乡镇住宅几十亿 m²。住宅建设是人民生活的迫切需要,也是中国人奔小康的重要标志之一。然而,传统的小开间砖混住宅结构体系因材料和使用功能单一、能耗高、资源浪费大、抗震性能差、建设速度慢,越来越不适应现代社会的发展和人们生活质量日益提高的要求。因此,研究和推广造型优美、结构性能优良、使用方便舒适、施工快速便利、造价合理的住宅建筑体系,提高住宅建筑的科技水平,满足人民安居乐业的要求,具有重要的现实意义和应用价值。轻型钢结构在住宅建设中具有独特的优势。

建设部在《中国建筑技术政策》(1996 年~ 2010 年)中提出了“积极、合理、较快地发展钢结构”的任务,强调加速推广定型化的轻型房屋钢结构体系。建设部等 8 部门共同拟订的《关于推进住宅产业现代化,提高住宅质量的若干意见》(国办发[1999] 72 号文)提出了要加强新型结构技术的开发研究,积极开发和推广使用轻钢框架结构。要求到 2005 年初

步建立住宅的工业化和标准化生产体系,到 2010 年初步形成系列的住宅建筑体系。这些政策的颁布和实施为轻钢结构的推广应用提供了政策保证^[1]。

目前,欧美各国采用轻钢结构体系建造的单层和多层建筑物占 50% 以上;日本新建的 1~ 4 层建筑大都采用轻钢结构;而以色列居民定居点的住宅也是以轻钢结构为主^[2~ 5]。我国自 1979 年从澳大利亚引进轻型刚架结构以来,轻钢结构有了长足的发展,现在已经将其用于工业厂房、仓库、多层旅馆、大型商场及体育场馆等,每年竣工面积达 250~ 300 万 m²。最近在北京、上海、天津、湖南、安徽马鞍山钢铁公司、江阴及南京等地区也开始进行住宅试点工程的应用和探索。

1 轻钢住宅的优点

轻钢结构一般指承受相对较小的外加荷载,采用较小的构件截面尺寸,结构自重较轻的钢结构。轻钢住宅结构是以经济型材构件,包括冷弯型钢、热轧或焊接 H 型钢、T 型钢、焊接或无缝钢管及其组合

* 江苏省建委科研基金资助项目(352)。

第一作者:舒贻平 男 1964 年 1 月出生 教授 博士

收稿日期:2001-03-10

工作,取得了一批成果,这有助于轻钢结构的发展。

在我国轻钢结构发展初期,由于经济高速增长,又急需轻钢结构,外国钢结构公司纷纷涌入中国抢占市场,如美国的巴特勒公司、ABC 公司、澳大利亚的BHP 公司、瑞士的ASTRON 公司等。他们大量投资,目前占据了国内轻钢结构近一半市场。与此同时,国内的轻钢结构企业也在竞争中成长,仅江苏省颇具实力的轻钢房屋公司就有 40~ 50 家,其中有些是中外合资企业。他们不仅具备轻钢结构的制作和安装能力,还具备一定的设计和研究开发能力,施工质量与外国公司不相上下。轻钢建筑所需的各种连接件、零配件、轻质保温和防火材料等也有专门企业系列化生产,价格与进口材料相比有较大的竞争力。

3 轻钢住宅结构体系

多层轻钢住宅结构适宜采用空间框架(梁柱)结构,也可采用平面框架结构,但此时须加强各榀框架间的支撑和联系。框架体系的轻钢住宅自重轻,自振周期较长,对地震作用不敏感。由于其侧向刚度小,当结构高度或层高较大时,需设置侧向支撑形成支撑框架结构。侧向支撑可结合楼梯、电梯间布置,采用抗剪桁架或剪力墙,形成框架-抗剪桁架或框架-剪力墙结构,确保对结构水平位移的控制。

框架柱一般采用热轧或高频焊接 H 型钢,双向受力框架柱或角柱也可用箱形截面;当柱子受力较小时,可采用轻型热轧型钢或冷弯薄壁型钢。

框架梁大都为轧制或焊接 H 型钢。当考虑混凝土楼板与钢梁共同工作时须按组合梁设计,可节约钢材,减小梁高,增大净空,降低造价。

轻钢结构的框架节点一般做成刚性连接;在框架柱弱轴方向,结合支撑布置,可采用铰接。主、次梁连接一般采用铰接,采用高强螺栓连接。半刚性连接实际较难控制,可结合试验研究成果合理应用。近年来国外的轻钢住宅也有采用错列桁架结构体系,利用柱子、平面桁架和楼面板组成的空间抗侧力体系,具有住宅建筑布置灵活、楼板跨度小、结构自重轻和造价低的优点,工程应用前景良好^[6,7]。

楼面结构必须具有足够的刚度、强度和保证梁的整体稳定性,对于住宅建筑还要有较好的隔声、防水和防火性能。应尽量减轻楼板自重,提高施工速度,减少现场湿作业量。目前推荐使用以下 4 种形式:

(1) 压型钢板-现浇钢筋混凝土组合楼板

通过栓钉将压型钢板固定在钢梁上,可作永久性模板,也可考虑参与楼板的受力。现浇混凝土板若采用轻骨料混凝土,可大大降低自重。

(2) 预制预应力薄板上叠合现浇层楼板

将工业化预制的预应力混凝土薄板与钢梁连接,上浇混凝土板组成叠合板。这种叠合楼板同样无需模板,施工方便,且省去了压型钢板,可降低造价。最近,南京大地建设集团从法国 PPB 公司引进了预制预应力混凝土叠合板(梁)生产线,可满足轻钢住宅工程建设的需要。

(3) 密排托架-现浇混凝土组合楼板

楼面次梁采用密排托架替代,与混凝土楼板组合作。各类设备管道可从托架空腹穿过,节约净空。

(4) 轻骨料或加气混凝土楼板

采用现浇或预制轻骨料或者加气混凝土的楼板可以大大减轻结构的自重,同时具有较好的使用功能,有条件的地区可采用。例如,中日合资南京旭建轻体材料有限公司生产的蒸压轻质加气混凝土板(ALC 板)系列(也有预制楼板系列),使用方便,经济。

由于多层钢框架的侧向刚度较弱,为承受水平地震作用,减小层间位移,须设置垂直支撑体系。支撑的形式可灵活采用,如 X 形、单斜杆形、K 形、W 形和人字支撑。目前较多采用偏心支撑,因为其在强地震作用下有较好的延性和耗能特性。

剪力墙有薄壁钢板剪力墙、钢筋混凝土剪力墙和组合剪力墙。组合剪力墙是在薄壁钢板剪力墙两侧增加混凝土板,混凝土板防止钢板的平面外屈曲,提高剪力墙的强度和耗能能力。同时,由于初始刚度的增大,地震反应加大,为改善其工作性能,混凝土板和钢板间采用螺栓连接,混凝土板与框架梁柱留有缝隙,形成两阶段工作剪力墙。

轻钢建筑的自重较轻,基础可相应做得较小,以柱下独立基础为主。当地基很软弱时,可采用条形或十字形基础,尽量少打桩。柱脚采用刚性连接。基础梁采用钢筋混凝土梁或外包混凝土的钢梁。

轻钢结构设计时,主体结构的分析宜采用空间有限元建模作线形分析,考虑结构(含支撑)在各种荷载作用下的强度、整体和局部稳定性。当结构侧向刚度较小或结构布置不规则时,应进行二阶分析,确保结构的安全。同时,对节点的强度和延性计算应特别关注,应有可靠的构造措施。当前,对钢结构的延性分析和设计是一热门研究领域,其成果对抗震区的轻钢结构设计具有重要意义。

4 围护结构体系

为发挥轻钢结构的优势,围护墙体应采用轻质

材料,以形成轻型结构体系,如自承重式的空心砌块、加气混凝土块、非自承重的压型钢板夹芯板、蒸压轻质加气混凝土板(ALC)、稻草板、玻璃纤维加强水泥外墙板以及玻璃幕墙等。墙梁优先选用冷弯薄壁槽钢、卷边槽钢、卷边Z型钢,通过螺栓与主体框架连接。

对于轻钢住宅而言,卧室和书房宜选用隔声效果好的轻质墙体材料,做好转角和边沿缝隙的填充和密封。外墙板尤其应确保防水不出问题,并满足户主和建筑师对住宅外墙面的色彩和质感要求,上述轻质墙体材料经过精心施工,都能较好地满足要求。屋盖尽量采用有檩体系,用结构找坡。屋面材料可与楼面相同,也可采用压型钢板。实践证明,压型钢板防水屋面具备很好的防水效果且使用寿命较长,在高温差地区具有较大的优势。

5 几个试点工程

(1)上海现代房产实业有限公司建造了几万 m^2 低层和高层轻钢结构住宅试点工程,采用耐火、耐腐蚀、强度高的磷铜稀土钢。低层住宅采用冷弯矩形钢管柱和帽型冷弯型钢组成的框架体系;而高层住宅采用矩形钢管混凝土柱和帽型冷弯型钢组合梁组成的框架体系。楼板采用密布燕尾钢筋混凝土组合板。

(2)1999年新疆库尔勒建造了一幢8层错列桁架体系钢框架住宅楼。

(3)马鞍山钢铁公司建成了2层的轻钢试点工程,全部采用马钢生产的热轧H型钢。马钢光明新村也将兴建2幢16层支撑框架结构的住宅试点楼。

(4)北京西三旗水电工程宿舍为6层H型钢-剪力墙结构体系,压型钢板组合楼面,自承重砌体外墙,钢筋混凝土独立基础加连系梁,防火为防火涂料加砂浆覆面。总建筑面积 $2\,532\,m^2$,有效工期120d,其中钢框架为10d,工程造价 $1\,000\text{元}/m^2$ 。

(5)湖南长沙远大集团建造了一幢7层轻钢框架住宅样板楼,柱网 $3.6m\times 6.0m$,120mm厚压型钢板混凝土组合楼面,耗钢量 $46kg/m^2$,造价约650元/ m^2 (不含地价和装潢费用)。

(6)北京某综合办公楼为5层,局部6层,为轻钢结构,用钢量约 $55kg/m^2$,按现行定额标准,其造价

比钢筋混凝土结构方案略低。

(7)江苏江阴江轻钢房屋公司试验楼,5层轻钢框架结构,ALC板做外墙,柱下独立基础,结构用钢量约 $50\,kg/m^2$ 。

(8)山东莱芜钢铁股份公司正在莱芜钢城建造H型钢住宅样板小区。采用6层轻钢框架结构,建筑面积 $1\,365m^2$ 。外墙和内墙均采用南京旭建新型建筑材料有限公司生产的ALC板。

6 结 语

通过对轻钢住宅结构系统地研究和工程试点表明,逐步开发和完善安全舒适、功能优越且成本低廉的轻钢住宅市场前景广阔,技术先进可行,将促进我国住宅建设的工业化、产业化和标准化,对降低成本、保护资源和耕地、加速轻质建材的推广运用和美化居住环境和城市人文景观有重大作用,值得大力推广应用。

毋须讳言,轻钢住宅结构还有不少问题值得进一步研究和总结。该结构的抗震性能、施工技术、合理构造、经济技术分析和通用设计程序的开发等尚需完善;轻钢结构的防锈、防火技术及新型防火材料的研制和相应设计规程的制订还不能满足市场要求;提高轻钢住宅的性能价格比,降低成本仍是推广轻钢住宅发展的关键;轻钢结构设计、施工人员和制造安装单位技术力量的相对缺乏是制约其发展的重要因素。轻钢住宅体系是一个综合复杂的技术系统,除结构本身外,还涉及到墙体材料、屋面保温防水材料、厨卫设备和管线系统等其它配套体系。只有采用适合轻钢结构的配套体系,才能最充分地发挥轻钢住宅的优势,造福于民。

参考文献

- 戴复东,朱伯龙,李鑫全.轻钢轻板住宅建筑体系——中国住宅发展方向.建筑学报,1998(12)
- 李忠富.国外住宅科技状况与发展趋势.住宅科技,2000(3)
- 王元清,石永久.多层轻钢房屋钢结构的设计与应用研究.建筑结构,1999(6)
- 黄仁尧.美国轻型钢结构房屋的特点.工业建筑,1991(6)
- 罗隽.90年代钢结构在英国建筑中的应用.世界建筑,1997(11)
- 张跃峰.轻钢结构住宅的结构体系初探.结构工程师,2000(增刊)
- 潘英,周绪红.交错桁架体系抗震性能的协同分析.钢结构,2000(增刊)

凡愿意系统全面了解涉及最新建筑行业技术标准、标准图集颁布、修订、出版信息动态或按需收集者,请与北京建信源信息咨询有限公司联系。

电话/传真:(010)62262117 邮编:100035 地址:北京市西城区西内大街马相胡同五根檩11号

请阅读正版刊物,勿用于商业用途