

文章编号: 1673- 9469(2010) 04- 0001- 04

多层冷弯薄壁型钢结构住宅抗震性能分析

史三元, 邵莎莎, 陈 林, 李尚飞
(河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 运用有限元分析软件 SAP2000 建立了不同层数的冷弯薄壁型钢结构住宅三维空间整体模型, 分析了冷弯薄壁型钢结构住宅在抗震设防烈度为 7、8 度时的结构响应。结果表明, 冷弯薄壁型钢结构整体性较好, 层间位移角的峰值符合我国现行规范要求。在 8 度及以下抗震设防地区, 所构建的冷弯薄壁型钢结构住宅体系可建到 6 层, 限制高度为 18m。
关键词: 冷弯薄壁型钢; 抗震性能; 时程分析
中图分类号: TU 391 **文献标识码:** A

Seismic analysis of the mid- rise residential building of cold- formed thin- walled steel framing system

SHI San-yuan, SHAO Sha-sha, CHEN Lin, LI Shang-fei
(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The three- dimensional space whole model of cold- formed thin- walled steel residential building with different floors was established by using the finite element analysis software SAP2000, the structural response of which was analyzed when the seismic fortification intensities were 7 and 8. The results indicate that the cold- formed thin- walled steel residential building has a well integral behavior and the maximum of story drift angle meets the requirement of the current national criteria; the model of cold- formed thin- walled steel residential building was appropriate to reach the six- storey and the maximum height was 18m at the 8 seismic fortification intensities and below.
Key words: cold- formed thin- wall steel structure; seismic behavior; time history analysis

冷弯薄壁型钢结构以其抗震性能好、施工速度快和环保等优点而著称, 近年来定型化、产业化的冷弯薄壁型钢结构住宅体系在我国发展迅速。目前对于冷弯薄壁型钢结构的研究大多集中于构件试验方面, Gad^[1]通过对单片无罩面墙架和单间房屋模型的振动台试验, 研究了不同冷弯薄壁型钢龙骨连接类型和非结构构件对结构抗震性能的影响; Dan Dubina^[2]对一栋建造中的冷弯薄壁型钢结构进行了抗震性能研究, 分析表明覆面板材对结构耗能减震起到了有力作用; 沈祖炎等^[3]对屈服强度 550MPa 高强冷弯薄壁型钢结构的二层住宅进行了足尺模型振动台试验研究, 证实覆面采用石膏板加波纹板构造形式的复合墙体结构符合国内设防烈度 9 度及以下地区的抗震设防要求。

对于冷弯薄壁型钢结构整体抗震性能方面的研究目前尚不多见, 刘晶波等^[4]曾利用有限元方法建立了典型低层冷弯薄壁型钢结构住宅的整体模型, 通过计算分析得到了结构的模态, 并获得了风荷载和地震荷载作用下结构的内力、变形和墙体剪力。本文应用有限元方法对多层冷弯薄壁型钢结构住宅体系整体抗震性能进行建模分析, 对比不同抗震烈度下 2~ 6 层结构的抗震性能的变化规律, 为多层冷弯薄壁型钢结构住宅体系工程的设计提供了一些参考。

1 计算原理^[5- 6]

多层冷弯薄壁型钢结构可以简化为一个多质

点体系,其运动微分方程可以表示为

[M]{ẍ(t)}+[C]{ẋ(t)}+[K]{x(t)}={Fp(t)} (1)

式中[M]—结构的质量矩阵;[C]—结构的阻尼矩阵;[K]—结构的刚度矩阵;{x(t)}—结构各质点在t时刻的位移;{ẋ(t)}—结构各质点在t时刻的速度;{ẍ(t)}—结构各质点在t时刻的加速度;{Fp(t)}—结构在时刻的动荷载。

假设t=0时刻的状态向量(位移、速度、加速度)已知,将时间求解域0≤t≤T进行离散,将t=0+Δt、t=t+Δt分别代入式(1)计算相应时刻的状态向量,直至t=T时刻终止,便可得到动力响应的全过程。

2 结构体系的构建

冷弯薄壁型钢结构住宅,结构平面布置图如图1所示。层数2~6层,层高均为3m。框架梁选用2U160mm×60mm×2mm型钢组合,外墙边梁选用钢管梁160mm×120mm×2mm×2mm,楼盖梁选用冷弯薄壁型钢梁C180mm×70mm×20mm×2mm

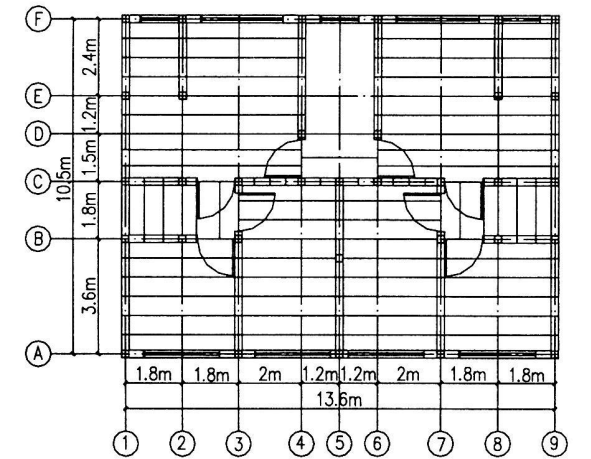


图1 结构平面布置图
Fig.1 Layout of the structure

和C80mm×40mm×15mm×2mm,楼面板选用18mmOSB板;墙架柱选用C140mm×50mm×20mm×2mm,墙支撑选用C140mm×40mm×12mm×2mm,角柱和墙体交错处的墙架柱采用钢管柱140mm×140mm×3mm,内墙选用12mmOSB板,分户墙选用1.0mm钢板+12mmOSB板做剪力墙。墙体构件的材料参数见表1。

2.1 有限元模型的建立

模型中的墙龙骨和梁、柱等杆件采用梁单元来模拟,截面根据实际情况定义;墙板、楼板和屋面板采用壳单元来模拟;梁单元与壳单元之间采用有限元耦合连接,不考虑墙板等板单元与龙骨柱等梁单元之间的滑移;楼层处加设隔板限制即作为刚性楼板处理,地震形成的水平荷载通过楼板传递到楼层各处,可大大简化模型自由度。

结构布置中,所有次梁与主梁的连接均设为铰接,框架梁与柱刚接,钢管柱与基础刚接,其余龙骨柱与基础铰接,墙柱与地、天梁的连接也为铰接,墙支撑与柱铰接,布置杆件时进行端部释放,放松对抗弯、抗扭的约束。

2.2 地震动的输入

选用具有代表性的EL-Centro波(1940年),地震波的持续时间取5s,时间步长取0.02s。将地震加速度时程曲线的加速度峰值分别调整为35cm/s²(7度多遇)、220cm/s²(7度罕遇)、70cm/s²(8度多遇)、400cm/s²(8度罕遇),以计算多层冷弯薄壁型钢结构住宅的抗震性能。

3 结果与分析

3.1 动力特性分析

建立2~6层冷弯薄壁型钢结构住宅有限元模型并进行模态分析。以6层冷弯薄壁型钢结构住宅为例,前3阶振型变形如图2所示。结构前3

表1 墙体构件的材料参数
Tab.1 Material parameters of wall components

构件	材料	弹性模量/MPa	材料强度/MPa	泊松比
框架梁	钢材	206 000	345(屈服强度)	0.3
墙板	12mm OSB 板	3 500	7.86(静曲强度)	0.3
楼面板	18mm OSB 板	5 250	21.2(静曲强度)	0.3

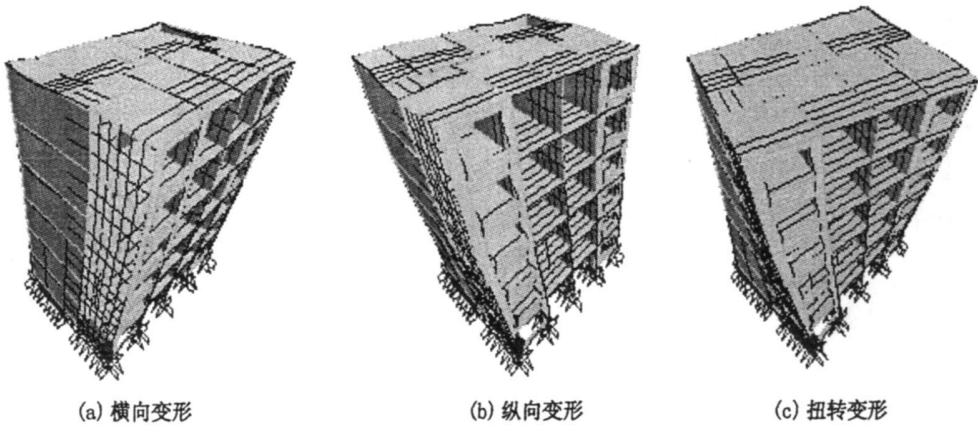


图2 前三阶振型变形

Fig.2 Deformations of the first 3 modal shape

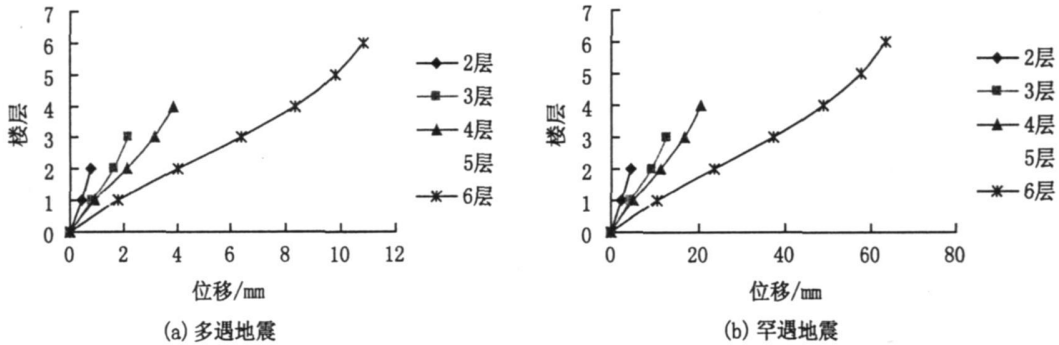


图3 EL-Centro波7度地震作用下结构楼层位移

Fig.3 Displacement of each story at the EL-Centro earthquake wave under the action of 7 degrees

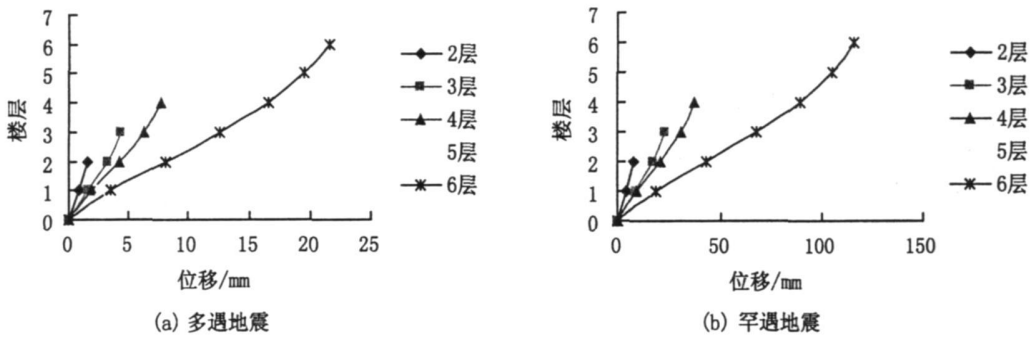


图4 EL-Centro波8度地震作用下结构楼层位移

Fig.4 Displacement of each story at the EL-Centro earthquake wave under the action of 8 degrees

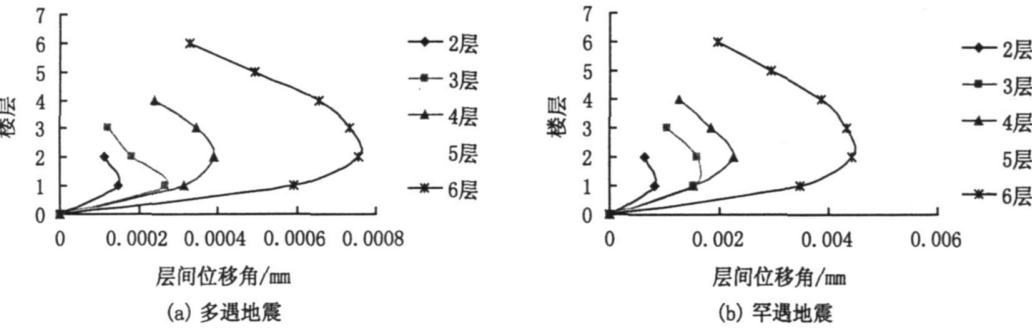


图5 EL-Centro波7度地震作用下结构层间位移角

Fig.5 Drift of each story at the EL-Centro earthquake wave under the action of 7 degrees

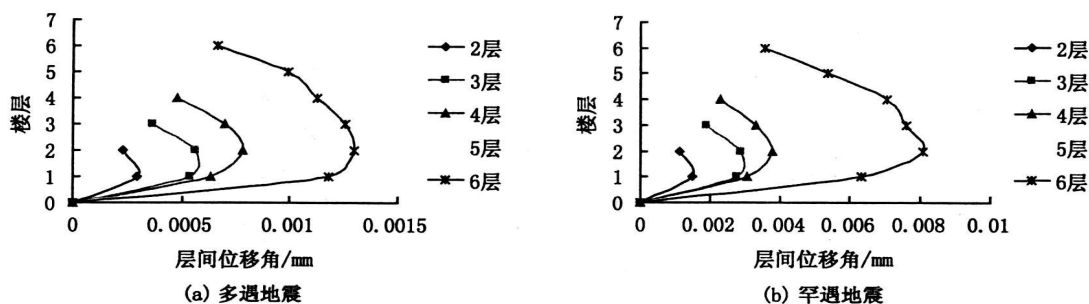


图6 EL-Centro波8度地震作用下结构层间位移角

Fig.6 Drift of each story at the EL-Centro earthquake wave under the action of 8 degrees

阶自振周期分别为 0.542s、0.386s、0.377s, 模态分别对应着 y 方向整体平动、x 方向整体平动和整体扭转。文献[7]中指出冷弯薄壁型钢结构住宅体系的自振周期 $T = 0.03H$, 该建筑物的高度 $H = 18\text{m}$, 则特征周期为 0.54s, 这一结果验证了模型的合理性。结构的前 3 阶振型均为整体振型, 结构的整体性较好。

3.2 地震响应分析

在 EL-Centro 波作用下, 2~6 层的冷弯薄壁型钢结构住宅在 7、8 度多遇、罕遇地震作用下结构楼层位移包络图见图 3、图 4。层间位移角包络图见图 5、图 6。

由图 3、图 4 可以看出, 随着地震波加速度的增大, 结构楼层的位移相应地增加。以 6 层冷弯薄壁型钢结构住宅为例, 在 7 度多遇、8 度多遇、7 度罕遇、8 度罕遇地震作用下结构的楼层位移分别为 10.78mm、21.57mm、63.5mm、115.5mm。随着楼层高度的增加, 结构的楼层位移也相应增大。以 7 度多遇地震作用下结构的第 2 层楼层位移为例, 2~6 层冷弯薄壁型钢结构住宅的第 2 层楼层位移分别为 0.79mm、1.64mm、2.12mm、2.98mm、4.04mm。

从图 5、图 6 可以看出, 随着地震波加速度的增大, 结构的层间位移角相应的增加; 随着楼层高度增加, 层间位移角却并没有随楼层数的增加而增加。2~6 层的冷弯薄壁型钢结构住宅在 7、8 度多遇、罕遇地震作用下结构最大层间位移角均发生在第 2 层, 而从薄弱层开始向上和向下楼层的层间位移角逐渐变小, 因此加强结构薄弱层的刚度, 可以有效的降低结构的地震反应。

在 7 度、8 度抗震设防区多遇地震作用下, 随着楼层数增加薄弱层层间位移角增加, 当住宅层数达到 6 层时, 薄弱层层间位移角峰值分别为 1/132.5、1/76.9, 符合多层冷弯薄壁型钢结构住宅在

多遇地震作用下的弹性层间位移角限值为 1/750 的规定^[8]。在 7 度、8 度抗震设防区罕遇地震作用下, 随着楼层数增加薄弱层层间位移角增加, 当住宅层数达到 6 层时, 薄弱层层间位移角峰值分别为 1/225、1/124, 符合多层冷弯薄壁型钢结构住宅在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角限值为 1/100 的规定^[8]。

4 结论

1) 多层冷弯薄壁型钢结构体系整体性较好, 具有良好的抗震性能。

2) 在 8 度及其以下抗震设防地区, 所构建的冷弯薄壁型钢结构住宅体系最多可以建到 6 层, 限制高度为 18m。

参考文献:

- [1] GAD E F, CHANDLER A M, DUFFIELD C F. Lateral behavior of plasterboard-clad residential steel frames [J]. Journal of Structural Engineering 1999, 125(1): 32-39.
- [2] DUBINA D. Behavior and performance of cold-formed steel-framed houses under seismic action [J]. Journal of Constructional Steel Research, 2008(64): 896-913.
- [3] 沈祖炎, 李元齐. 高强冷弯薄壁型钢住宅结构抗震性能研究报告[R]. 上海, 2008.
- [4] 刘晶波. 低层冷弯薄壁型钢结构住宅整体性能分析 [J]. 建筑科学与工程学报, 2008, 25(4): 6-12.
- [5] 彭俊生, 罗永坤, 彭地. 结构动力学、抗震计算[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2006.
- [6] 史三元, 景晓昆. 冷弯薄壁型钢轴心受压构件局部屈曲后强度分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2008, 25(3): 1-3.
- [7] 殷惠光, 张跃峰.《低层冷弯薄壁型钢建筑技术规程》编制背景[J]. 工程建设与设计, 2004(7): 24-26.
- [8] 石宇. 水平地震作用下多层冷弯薄壁型钢结构住宅的抗震性能研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.

(责任编辑 马立)