

钢结构直接加层中柱脚刚度对结构抗震性能的影响

作者: 杨晓明李海峰青岛理工大学

时间: 2008-6-6 16:58:08

摘要: 由于自重轻、抗震性能好等优点, 钢结构直接在混凝土结构上加层, 正越来越多的应用到实际工程中。加层后形成的混合结构由于原结构和加层结构采用不同的结构形式, 存在质量和刚度的突变, 从而柱脚刚度将影响结构的整体性能, 本文结合工程实例, 采用有限元分析程序从层剪力、层间位移等方面比较分析刚性柱脚和半刚性柱脚对结构抗震性能的影响。

关键词: 钢结构直接加层; (半)刚性柱脚; 层剪力; 层间位移

钢结构直接加层是一种常见的改建形式, 是指以下部砌体结构或钢筋混凝土结构的顶层为基础, 新建钢结构楼层, 两者采用必要连接措施形成混合结构, 是超限结构的一种。本文采用SAP程序结合工程实例比较分析不同柱脚处理方式对结构抗震性能的影响。

1、工程概况

某四层钢筋混凝土框架办公楼长 40.0m, 宽 18.0m, 层高 4.5m, 结构平面、立面布置如图 1, 因使用功能改变, 需加设 2 层钢框架结构, 层高 4.0m, 结构平面布置同原结构。本工程按 7 度第一组设计, 场地类别 II 类, 特征周期 4.0s, 恒载均为 2.0 kN/m^2 (不含构件自重), 活载原结构 2.5 kN/m^2 、加层部分 2.0 kN/m^2 、原混凝土为 C30, 加层钢结构采用 Q235B 钢材, 构件截面尺寸见表一。

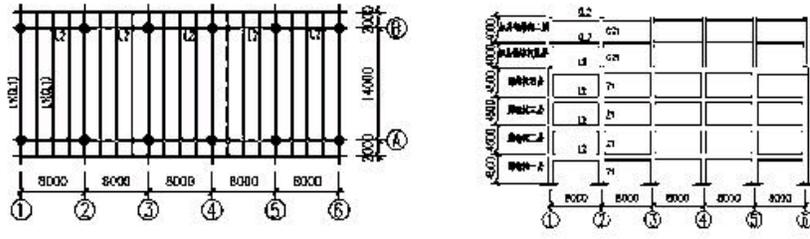


图 1 结构平、立面布置图

表一 构件截面

原结构		加层结构	
构件编号	构件截面	构件编号	构件截面
Z1	$\Phi 800$	GZ1	$\Phi 450 \times 20$
L1	200x800	GL1	H500x200x12x20
L2	350x900		

2、模型建立的细节处理

柱脚可分为铰接、刚接和半刚接三种。由于竖向荷载的存在, 即使采用两个螺栓固定的柱脚实际上对柱也能产生一定的约束作用[1], 图2为文献[2] [3]所提到工程中常用柱脚处理方式, 显然铰接不能够准确的反映实际受力情况, 所以本文在模型的建立过程中仅采用刚性、半刚性两种柱脚方式。

当梁柱的线刚度比小于 4:1 时, 梁不能作为柱的有效约束^[3], 此时柱的转动刚度介于 $\frac{3EI}{l_1} \sim \frac{4EI}{l_1}$,

本工程中 $i_{梁} : i_{柱} = 1 : 5$, 故为近似模拟半刚性柱脚, 将钢柱的转动刚度调整为 $\frac{3EI}{2l_1}$ 。

有限元分析过程中对于混凝土结构阻尼比取为 0.05, 钢结构阻尼比 ξ 取为 0.02, 加层后形成的混合结构在采用 Rayleigh 阻尼。



技术论文 [更多](#)

- [广州珠江新城西塔X型节点制作技...](#)
- [扁箱型钢结构桥梁采用支架拼装时...](#)
- [法门寺舍十舍利塔大型钢桁架双塔...](#)
- [法门寺舍十舍利塔钢结构安装技术](#)
- [钢结构安装测量技术实例](#)
- [企业发展大厦钢结构施工技术](#)
- [居然大厦钢筋桁架模板施工技术](#)
- [居然大厦铸钢件焊接施工](#)



3、 加层前后结构的模态分析

由表三可见：钢结构加层后结构自振周期变长，第一周期由原结构的0.8435s，变为刚性加层的1.2808s和半刚接加层的1.3164s，半刚性加层后的周期要稍大于刚性加层后结构周期。加层前后结构的第一振型均为沿y轴的平动，第二振型为结构的扭转，第三振型为沿x轴的平动。刚接加层的后前四阶振型如图3。

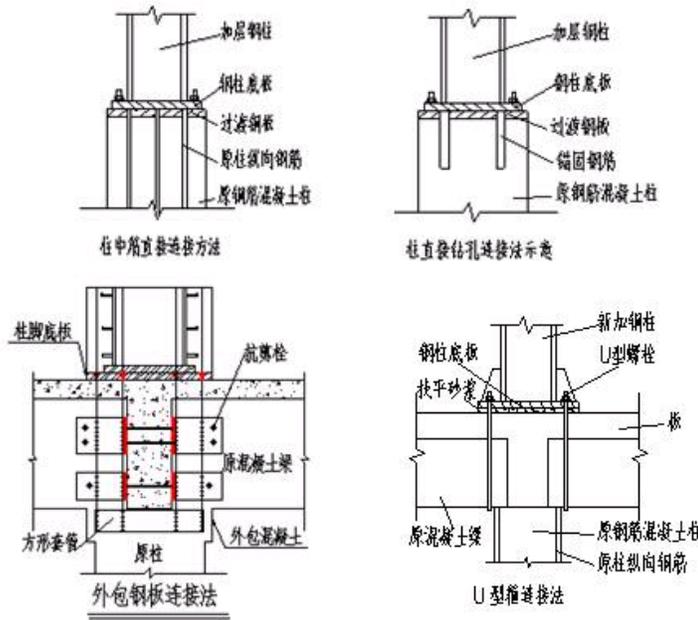
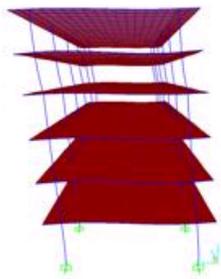


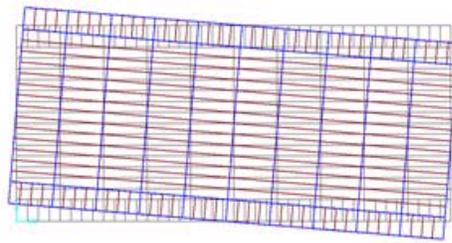
图 2 工程中常用的柱脚处理方式

表 2 加层前后结构自振周期信息

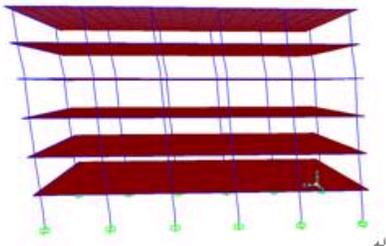
振型	钢结构	原结构	刚性加层	半刚性加层
T1	0.5984	0.8435	1.2808	1.3164
T2	0.4859	0.6641	0.9730	0.9904
T3	0.4816	0.6122	0.8755	0.8755
T4	0.2140	0.2621	0.5048	0.5616
T5	0.1771	0.2118	0.4098	0.4382
T6	0.0701	0.1436	0.3923	0.3923
T7		0.1203	0.2692	0.2712
T8		0.0998	0.2137	0.2482
T9		0.0673	0.1819	0.2473
T10		0.055484	0.135315	0.244691



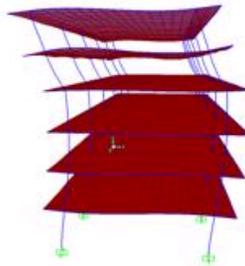
1 阶振型 X 向平动



2 阶振型结构的扭转



3 阶振型 Y 向平动



4 阶振型 X 向平动

图 3 钢接加层后结构的前 4 阶振型

4、 结构地震反应分析

钢结构直接加层形成的混合结构，由于原结构和加层部分之间采用不同的结构形式，质量、刚度发生突变属于竖向不规则结构，地震作用下多变形突然加大现象。振型分解反应谱法计算能较准确地反映结构地震反应，本文在振型分解反应谱的基础上补充结构在Y向（框架平面内）EL centro波激励下的弹性时程分析，EL centro波加速度曲线如图4：记录时间间隔0.02S，持时30.0 S，峰值加速度为34.2cm/s²。

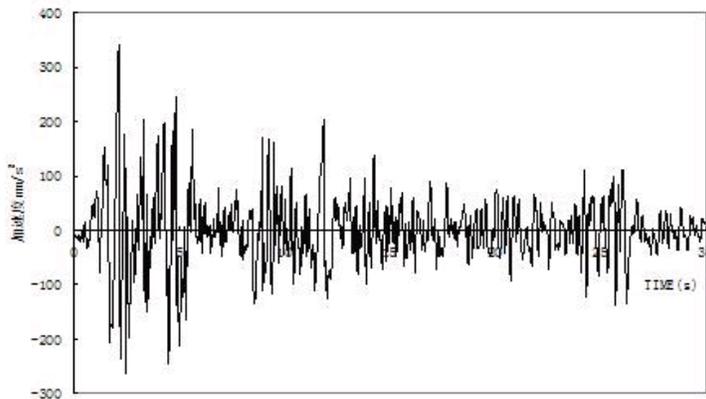


图 4 EL Centro 地震波加速度曲线

4.1 柱脚刚度对结构层剪力的影响

图5 振型分解反应谱分析结构层剪力表明：加层后地震作用下底层剪力从原结构 1022 kN 变为刚性加层的 946 kN，半刚性加层的 907 kN，底层剪力分别减少 7% 和 10%；而原结构顶层处的层剪力从原结构的 410 kN 变为刚性加层的 607 kN，半刚性加层的 584 kN，比原结构的增大 48% 和 42%；加层钢结构部分底层剪力由其单独放置在地面的 524.8 kN，减小为半刚性加层的 453.1 kN，刚性加层的 458.0 kN，减小程度分别为 13.7% 和 12.7%。

图6 EL Centro 波作用下弹性时程分析结构层剪力表明：加层后地震作用下底层剪力从原结构 1280 kN 变为刚接的 775 kN，半刚接的 798 kN，底层剪力分别减少 39% 和 37%；加层钢结构部分底部地震作用约为其放置在地面上的 67%。

综合振型分解反应谱法和时程分析结构层剪力数据：加层后结构底部层剪力减小，加层钢结构部分的底部剪力均小于其直接作用在地面时的底部剪力，刚性柱脚半刚性柱脚对结构层剪力的影响区别不大。

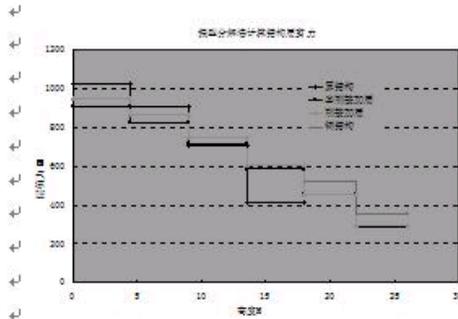


图5 振型分解法求解加层前后结构层剪力

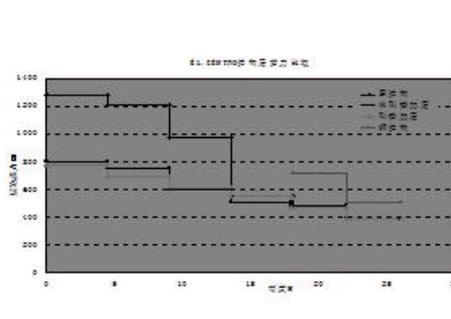


图6 EL Centro 作用下结构层剪力比较

4.2 柱脚刚度对结构位移的影响

图7 振型分解法计算结构层间位移角表明，加层后结构层间位移角均由不同程度的增大，顶层增大现象最为明显，加层前结构的最大层间位移角 0.69% 出现在第二层，加层后由于结构刚度和质量的突变，最大层位移角出现在加层钢结构部分的底层层间位移角分别为刚性加层的 0.83%，半刚性加层的 1.2%，半刚性加层的层间位移角为刚性加层层间位移角的 150%。

图8 EL Centro 波作用下加层钢结构底部层间位移角时程曲线显示：刚接加层后当 $t=2.08s$ 时，结构出现最大位移角 1.06%；半刚接加层后当 $t=2.16s$ 时，结构出现最大位移角 1.73%。半刚接加层的层间位移角明显大于刚接层间位移角，其最大层间位移角约为刚接加层的 160%。

图9 EL Centro 作用下加层前后楼层位移包络图表明：在 EL Centro 地震波作用下加层后原结构各层位置处最大位移均有不同程度的减小，其中原结构顶层位置处位移减小程度最明显，刚性和半刚性加层对下部结构最大层位移影响差别不大，但半刚性加层对加层后结构顶层的最大位移的影响要明显大于刚性加层。

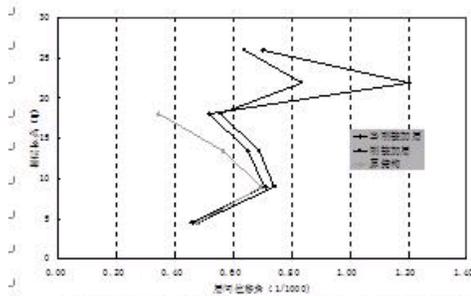


图7 振型分解法求得加层前后结构层间位移角
移角时程曲线

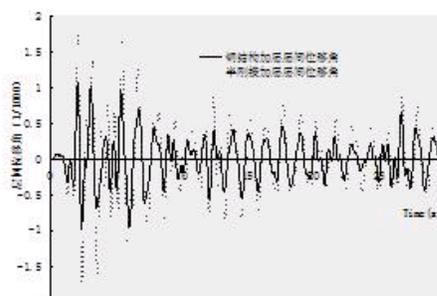


图8 EL Centro 作用下钢结构加层底部层间位

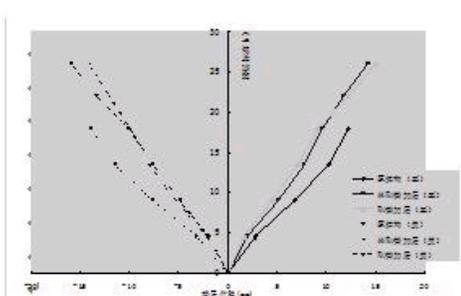


图9 EL Centro 作用下加层前后楼层位移包络图

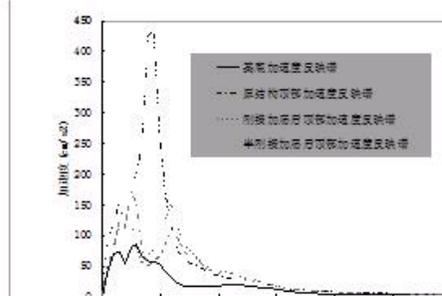


图10 EL Centro 作用结构加速度反映谱(ξ=0.05)

5、 EL. Centro作用下结构的加速度反映谱比较

从图10 EL. Centro波作用下结构加速度反映谱的比较可以看出,当地震波经过下部混凝土结构传至钢结构加层部分后,地震波的基本特性发生一定的变化:最大振幅被放大;地震波的主要频谱发生变化。就是说钢结构加层部分受到的是经下部混凝土结构放大的地震波,原结构对地震波的放大程度大于加层后结构对地震波的放大程度,半刚性加层对地震波的放大程度要稍强于刚性加层。

6、结论

6.1 钢结构加层后由于原结构和加层结构结构形式的不同,在两者相接处存在刚度和质量的突变,地震作用下加层钢结构底层和原结构顶层变形明显加大,半刚性加层变形增大程度要明显大于刚性加层。

6.2 通过对本工程计算分析,当加层层数为2层时,多遇地震下刚性柱脚和半刚性柱脚对加层后形成的整体结构的层剪力的影响区别不。

6.3 采用振型分解法和时程分析法计算加层前后钢结构部分层剪力表明:加层后钢结构部分的层剪力小于其直接作用于地面时的层剪力,采用半刚性加层或刚性加层,钢结构部分的层剪力相近。

参考文献:

- [1] 陈绍蕃. 钢结构设计原理 (第三版). 科学技术出版社.
- [2] 杨晓明, 周东明, 李海峰. 某高层建筑加层钢框架柱脚节点的抗震构造. 工业建筑.
- [3] 张涛, 王元清, 石永久, 麻建索. 多层建筑顶部轻钢加层柱脚节点的设计与构造. 施工技术.
- [4] 张涛, 王元清, 石永久, 麻建索. 钢筋混凝土框架顶部钢结构加层的抗震性能的时程分析. 四川建筑科学研究.
- [5] 林同炎. 结构概念和体系. 中国建筑工业出版社.

上一篇: 无锡尚能一期钢结构工程施工技术

下一篇: 日本钢结构考察见闻

作者相关文章:

[钢结构直接加层中柱脚刚度对结构抗震性能的影响](#)

[关闭窗口](#)

本站网络实名: [建筑钢结构网](#)

地址: 北京市三里河9号建设部院内2号楼101室建筑钢结构网 邮编: 100835

电话: 010-89394930 88381828 58933731 传真: 010-89394857 88363325 E-mail: ccmsagj@ccmsa.com

* 建议使用 1024*768 分辨率、IE5.0 以上版本浏览器 * ICP 证号: 000059 *



法律声明: 本站中的厂商资料、供货、需求、合作信息等内容由本网注册会员提供, 其合法性和真实性各个发布用户负责。