

多层钢结构住宅设计

孙晓彦 徐珂

摘要： 本文着重介绍唐山钢结构试验住宅小区工程概况、结构体系、节点设计及其他技术指标。

关键词： H 型钢 钢框架-支撑体系

一、工程概况

唐山钢结构试验住宅小区位于唐山市裕华道，占地 17599m²，总建筑面积约为 12480m²。住宅分别有 D1、SD1、T3F、T5F 等四种类型 15 栋，每栋住宅均设一 2.2 米层高半地下室；小区内设一栋会所，经营超市、餐饮、娱乐。

该小区由新加坡蔡家声特许建筑师主持设计，北京华特钢结构设计研究中心负责结构部分设计。在承担此项任务前，结构人员被要求 1、主体结构需采用钢结构；2、在已有的建筑布局下布置结构体系。设计工作开始于 2001 年 8 月，每种住宅设计周期 10 天，会所设计周期 20 天；工程于 2001 年 9 月开工，至 2001 年底，除会所因冬施影响，住宅主体结构均已完成。

小区所在位置基本风压值为 0.35kN/m²，抗震设防烈度为八度，结构抗震等级为二级；基础落在粉土层，II 类场地，无液化趋势。

小区建筑属丙类建筑，防火等级二级，设计采用厚质防火涂料，耐火时间 2.0 小时以上。

二、地下结构设计

本小区建筑物均设半地下室，柱下基础采用独立柱基，基础底标高在同一标高上；基础间设 200 厚抗水板，板底与独立柱基底相同，这样利于建筑防水施工。因地下室的影响，不能在所有独立柱基间设基础联系梁，结构计算中，将可布置的基础联系梁作为一层框架梁参加整体计算；对地下室内没有联系梁的基础根据其受力、覆土情况单独计算。

根据建筑立面要求，柱下独立基础不能露出半地下室外墙，钢柱需深入地下室 1.2m 与基础短柱相连，设计中要求钢柱预先焊好 $\Phi 10-200$ 拉接筋，现场施工时与墙体分布筋绑扎，浇筑砼时，外墙包住钢柱，这样保证了外墙整体性，对钢柱受力有一定好处。

钢柱与基础短柱连接分两种，住宅部分采用短柱上预埋螺栓连接，会所采用短柱预留杯口连接。前者施工相对简便，但需对柱脚进行安装后处理；后者结构传力明确，短柱顶面如无特殊要求可直接位于地平处。

三、结构设计

住宅部分采用钢框架-支撑体系，梁柱均采用 H 型钢，支撑采用角钢，计算中仅考虑其受拉作用，支撑一般布置在建筑分户隔墙内，不影响住户使用，支撑布置上下贯通，并至柱脚处；会所采用钢框架结构，因建筑布局较为新颖，钢柱采用圆钢管与 H 型钢结合布置，以方便钢梁多角度布局。下面以其中 T5F 型住宅作介绍：

T5F 型住宅地上共 7 层，H 型钢柱弱轴位于建筑物横向，从首层至六层在建筑分户墙处设弱轴角钢支撑，钢柱强轴位于建筑物纵向；在受力分

析中，横向上支撑为主要抗侧力体系，纵向上钢框架柱为主要抗侧力体系，这样也解决了纵向不能设支撑的问题；框架梁柱采用 Q235-BF 钢，底层钢柱断面主要采用 H300X250X10X14 和 H350X300X10X16，其中后一种用于建筑南侧悬挑阳台处，该阳台悬挑 2.6m，在结构整体分析时，发现其应力过大，通过断面受力分析及手工计算发现，该柱节点应力超标，特将此排钢柱放大。框架梁柱采用栓焊刚接；支撑与主体连接采用预先焊好连接板，现场普通螺栓安装定位，工地焊缝连接。各层楼板为现浇混凝土楼板，楼板与钢梁间设抗剪栓钉，使水平力得以有效传递，这里未采用常见的压型钢板现浇楼板，主要考虑：一是压型钢板楼面为单向受力，板厚较大，在局部悬挑时有方向限制；二是从经济造价上考虑；三是压型钢板楼面需做建筑吊顶装饰，对层高有较大影响；屋面采用泰柏板，因屋面坡度较大，檩条一般为顺坡布置。建筑墙体为成型板材，现场切割，在楼板处采用膨胀螺栓连接。

T5F 型住宅设计用钢指标（不包括楼板配筋）为 67.5kg/m^2 。



本工程结构计算采用中国建筑科学研究院 PKPM 系列软件以及美国 REI(STAAD-CHINA)软件，REI 软件可进行美国 AISC 规范中构件检验，计算结果如下：

1、自振周期

PKPM(TAT-8)

1.2065 秒

2、结构位移

工况	项次	PKPM 软件 层间位移	PKPM 软件 顶部位移	STAAD-CHINA 软件 顶部位移
	地震	X 向	1/419	1/731
Y 向		1/771	1/867	1/630
风荷载	X 向	1/3194	1/5143	1/5533
	Y 向	1/826	1/1322	1/5930

四、节点设计

本工程的节点、构件设计尽量做到简单统一，使加工厂细化工作量减少且保证施工质量。

1、梁柱栓焊节点（见图-1）

在钢柱强轴梁下设一角钢 L63X6 代替一般 $t=6$ 焊缝垫板，此角钢被要求在加工厂内预先 U 型角焊缝焊好，在现场安装时做为钢梁的支承点，可防止钢梁将焊缝垫板撞坏；现场安装焊接完毕后，要求钢梁下翼缘与角钢用 6mm 角焊缝焊接，防止地震作用时钢梁下翼缘与钢柱焊缝出现裂纹。钢柱栓剪连接板与梁的连接设置两列高强螺栓，增加节点的抗弯承载力。

2、梁托柱节点（见图-2）

本次设计中，因建筑上部平面与下部平面不对应，结构上不得不设计梁托柱方案，设计时主要遵循下面几个原则，首先上层钢柱强轴与下层贯通钢梁方向一致，弱轴方向设下层铰接次梁，梁上设抗剪栓钉，现浇混凝土楼板，从整体上保证柱脚强度及稳定性；其次计算中尽量减小该钢柱断面尺寸，使其在该楼层中分担较小水平力；另外柱下钢梁在设计中，弯矩剪力设计值按放大 1.5 倍考虑。

3、结构降板

根据建筑专业要求，局部需结构降板，我们采用两种方法：一种是在钢梁腹板相应高度设焊接角钢作为降板的支承点，此方法用于降板高差较大时，计算中需考虑钢梁偏心受力影响，设计上通过加设次梁或根据计算设加劲肋来保证钢梁稳定性；二是降板高差不大时，如卫生间楼板面积较小采用 $h=80\text{mm}$ 厚薄板，周边楼板采用正常板厚如 $h=120\text{mm}$ ，二者相差 40mm 可满足建筑要求；两种方法均可保证每层钢梁均在同一标高上，对梁柱节点没有影响。

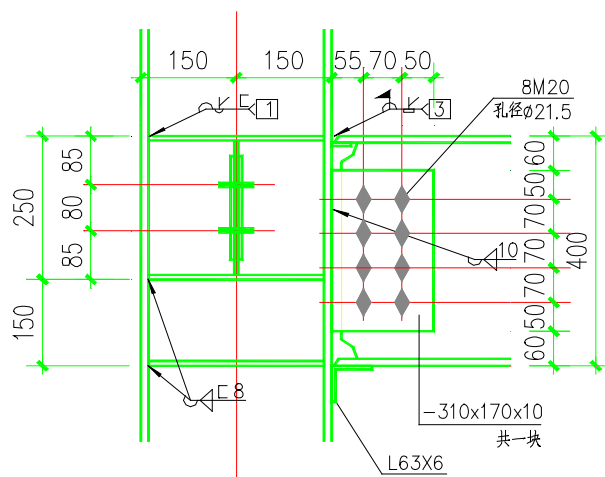


图-1

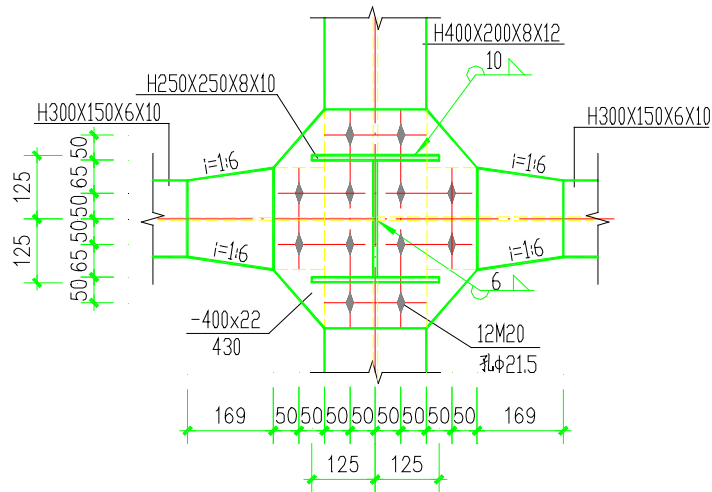


图-2

五、建筑设计

结构设计中将外柱比楼板内退 5cm，这样外墙装饰板在钢柱处通过不中断，外墙装饰板选用蒸压轻质加气混凝土条板，内墙装饰板选用轻钢龙骨石膏板，内填聚苯保温层；内隔墙全部为轻钢龙骨双面双层石膏板墙；所有结构用柱间支撑均包在两层板间。

六、设计后思考

现在全国各地都在积极开展钢结构住宅试验工程，以期获得更好的社会效益。我中心在近几年也设计了一批钢结构住宅项目，有经验也有教训，我们认为推广钢结构住宅：

- 1、对钢结构应有正确的认识，钢结构住宅不是新发明、新创造，它同砌体、混凝土一样仅仅是一种结构支撑体系，做实验工程应该探索钢结构住宅合理使用范围；
- 2、应根据钢结构的特点来设计住宅，在进行建筑方案设计时就应考虑结构布置，使结构体系安全合理。
- 3、建筑物在平立面布置上部已有过大凹进和挑出。本设计阳台挑出宽度 2.6 米，对柱受力不利。
- 4、在结构体系方面，刚接体系不利于控制现场施工进度及质量；支撑-铰接体系中过多布置支撑会影响建筑使用功能；框架-剪力墙虽有利于钢材经济指标，但竖向湿作业过多；这些缺点对钢结构住宅是不利的。
- 5、钢结构优势在于适宜采用大柱网布局、施工进度快、钢材可回收利于环保、采用轻型建材减轻结构总体质量、地震破坏后加固工作容易实现等等。