

某高大穿层斜剪力墙设计

汤建峰 王晓春 张乾
常州市武进建筑设计院有限公司
DOI:10.32629/btr.v3i3.2985

[摘要] 以观音阁剪力墙结构设计为例,介绍了筒体中间大开洞形成的穿层剪力墙的设计过程。该墙体穿层段高67.6m,采用MADAS软件进行受压屈曲分析,确保该墙体的稳定性;以PMSAM软件计算配筋为参考,计入二阶效应辅以截面配筋计算,确保该构件的受弯承载力。本工程设计成果可为同类穿层剪力墙的设计研究提供参考。
[关键词] 穿层剪力墙; 受压屈曲; 模态

1 工程概况

观音阁位于江苏省常州市,为当地知名的宗教建筑。观音阁建筑面积5008.37m²,地下一层,地上十一层,建筑高度80m。整个房屋像一个钟,建筑剖面如图1所示。

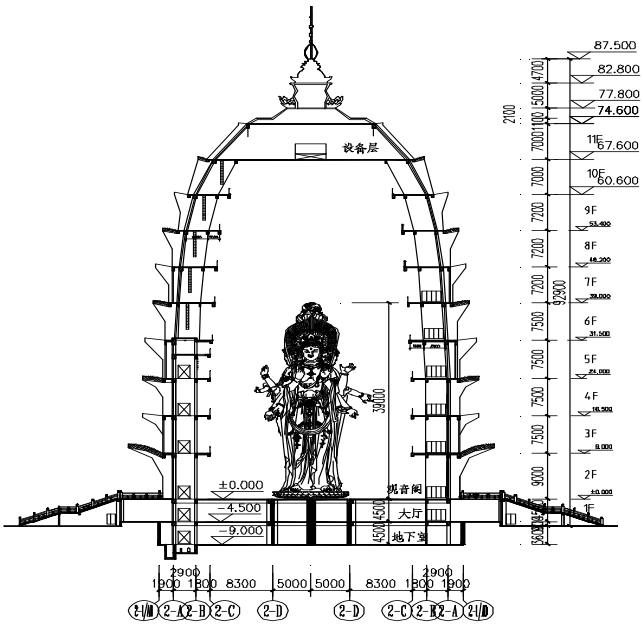


图1 观音阁剖面图

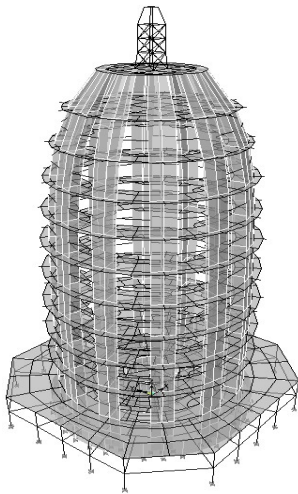


图2 PMSAP和ETABS模型

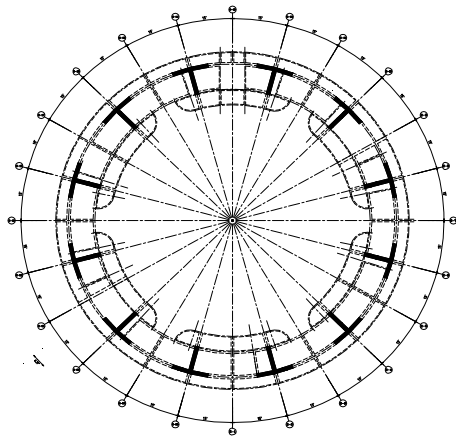


图3 标准层平面图

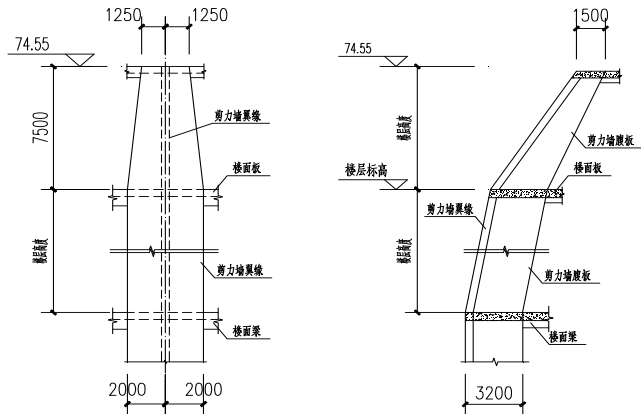


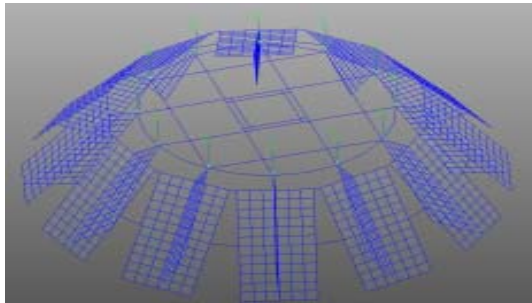
图4 穿层墙局部弯折处

观音阁地下一层为设备用房,地上一层为入口大厅,地上二层~十层为共享空间,塔中央放置三面观音,周围为观光回廊,地上十一层为设备空间,屋面以上为佛塔金顶。塔身主体部分采用混凝土剪力墙结构。结构模型见图2所示,标准层结构平面见图3所示。抗震设防类别为标准设防类,抗震设防烈度为7度(0.1g,第一组),建筑场地类别为III类,特征周期为0.45s,地面粗糙度为B类,50年重现期的基本风压为0.4kPa。结构嵌固层设在地下室顶板,剪力墙抗震等级为一级。

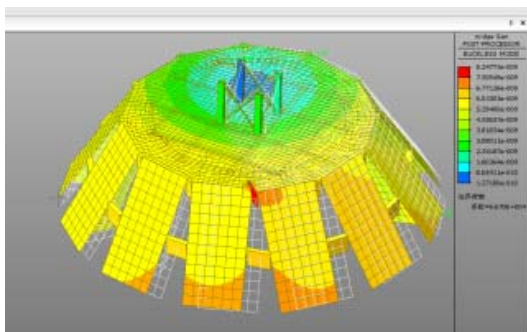
本工程的结构的模型实现和抗震分析已在另外详细介绍,本文主要介绍穿层剪力墙的设计,见图4所示。大开洞形成的穿层剪力墙,其几何长度L=67.6m,截面高度3.2m,高宽比67.6/3.2=21.1,类似于一般柱子的高宽比,需采取多种计算手段保证斜墙的结构安全性。

2 受压屈曲分析

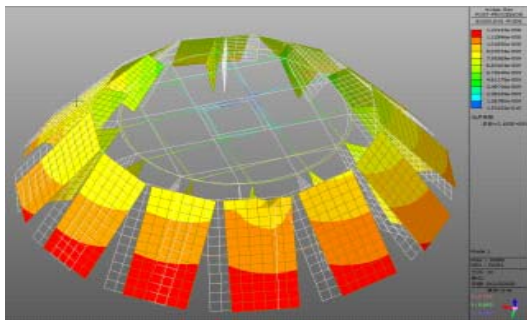
采用MIDAS软件进行分析,在穿层墙顶部输入集中和在你1KN,进行受压屈曲分析,得到第一个屈曲模态,又对周围每片墙同时输入集中力,得到第一个屈曲模态,如图5所示。



网格单元(隐去顶板网格)



单个集中力



每片墙输入集中力

图5 屈曲模态

由计算结果可知,所有构件均未出现单个构件屈曲和单片墙肢屈曲,而是出现整体屈曲,故屈曲临界荷载 P_{cr} 均较大。单个集中力作用下,屈曲临界荷载为 $6.7 \times 10^4 \text{ kN}$,全部集中力作用下,屈曲临界荷载为 $2.1 \times 10^5 \text{ kN}$,该T形剪力墙的重力荷载下的轴力为 $1.5 \times 10^4 \text{ kN}$,远小于临界荷载。考虑到混凝土材料的弹塑性、荷载的长期性以及荷载偏心距等因素的综合影响,其安全系数 $2.1 \times 10^5 / 1.5 \times 10^4 = 14$,满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010附录D的要求。另根据欧拉承载力公式: $P_{cr} = \pi^2 EI / (\mu L_0)^2$,算得该墙的计算长度 $L_0 = 102.4 \text{ m}$,计算长度系数为 $L_0 / L = 102.4 / 67.6 = 1.5$,与框架结构中的柱子计算长度接近,较为正常。

3 截面承载力计算

计算模型实现时,PMSAP、MIDAS、ETABS程序中将墙构件均按壳单元输入,虽然结构整体参数指标及构件内力计算准确,但是斜墙段无法按墙构件直接进行计算得到配筋。其中PMSAP给出的配筋结果是根据应力情况按拉弯构件(受压单元忽略压力)计算所得的单元配筋结果,与规范公式不一

致,只能作为参考;而MIDAS和ETABS则只能给出内力。

在这种情况下,有必要对剪力墙配筋计算进行补充分析,(1)对于下部楼层直墙段,按墙单元建模,以Pmsap墙计算结果作为参考。(2)对于斜墙段,提取每片墙的内力标准值,进行荷载组合后再按《高规》7.2.6~7.2.14条自行进行配筋分析。

在构件截面配筋计算中,考虑到T形剪力墙腹板部分,在二层至十一层楼板处平面内无直接约束,在荷载组合下,67.6m高穿层墙中间无反弯点存在,需要按照《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010第6.2.3条判断是否要按规范6.2.4条考虑轴向压力在构件绕曲方向产生附加弯矩影响。按下表1构件内力计算结果, $M_1/M_2 = 0.1 \sim 0.3$,腹板截面高宽比 $L_c/i = 21.1 < 34 - 12(M_1/M_2) = 32.8 \sim 30.4$,且轴压比小于0.9,可以不考虑构件在绕曲方向产生的附加弯矩影响。

考虑到此穿层剪力墙的重要性,截面计算时,还是计入T形剪力墙腹板的 $p-\delta$ 效应,按《混凝土规范》第6.2.4条计算截面偏心距调节系数和弯矩增大系数。具体计算时,查得该构件在标高0.000处和标高67.700m处的各单工况内力,计算其在各荷载组合下的 $C_m \eta_{ns}$,以12轴剪力墙为例,结果见表1,由表可见, $C_m \eta_{ns}$ 值从2.24~6.81,弯矩M绝对值越小, $C_m \eta_{ns}$ 值越大,而对杆件截面配筋起控制作用的 $C_m \eta_{ns}$ 值较小,大多在3左右。提取该构件每层的内力值,按此 $C_m \eta_{ns}$ 增大系数计算每层构件的截面配筋,详细计算见表2,由表2可知,该剪力墙腹板计算值为负值,也即按构造配筋即可。

表1 (限于篇幅,仅列出部分荷载组合)

12轴弯矩剪力放大系数 $C_m \eta_{ns}$ 计算									
荷载组合	标高 0.000 处		标高 67.700m 处		增大系数				
	M/kN·m	N/kN	M/kN·m	N/kN	ξ_c	η_{ns}	C_m	$C_m \eta_{ns}$	
E 荷载 组合	1.2D+0.6L+1.3E+0.28WY	2501.72	-7760.59	293.66	-1440.30	1	3.30	0.74	2.4
	1.2D+0.6L+1.3E-0.28WY	1976.04	-8075.37	231.39	-1268.72	1	3.81	0.74	2.8
	1.2D+0.6L-1.3E+0.28WY	-303.60	-9649.70	-91.83	-418.00	1	8.16	0.79	6.4
	1.2D+0.6L-1.3E-0.28WY	-829.28	-9964.48	-154.10	-246.42	1	6.21	0.76	4.6
	D+0.5L+1.3E+0.28WY	2362.35	-6283.50	282.03	-1299.74	1	3.05	0.74	2.2
	D+0.5L+1.3E-0.28WY	1836.67	-6598.28	219.76	-1128.16	1	3.57	0.74	2.6
	D+0.5L-1.3E+0.28WY	-442.97	-8172.61	-103.46	-277.44	1	7.15	0.77	5.5
	D+0.5L-1.3E-0.28WY	-968.65	-8487.39	-165.73	-105.86	1	5.48	0.75	4.1

表2 (限于篇幅,仅列出部分荷载组合)

二层 12轴剪力墙腹板配筋								
荷载	轴力/kN	剪力/kN	弯矩/kN·m	偏压	x (mm)	As (mm ²)	Ash/s (mm)	
E 墙底 计算 组合	1.2D+0.6L+1.3E+0.28WY	-7760.59	557.51	2501.72	大偏压	946	-2845.6	1.3
	1.2D+0.6L+1.3E-0.28WY	-8075.37	495.79	1976.04	大偏压	978	-3484.9	1.3
	1.2D+0.6L-1.3E+0.28WY	-9649.70	127.60	-303.60	大偏压	1140	-7358.7	0.4
	1.2D+0.6L-1.3E-0.28WY	-9964.48	65.88	-829.28	大偏压	1172	-5662.3	-0.3
	D+0.5L+1.3E+0.28WY	-6283.50	505.56	2362.35	大偏压	795	-2761.4	0.9
	D+0.5L+1.3E-0.28WY	-6598.28	443.84	1836.67	大偏压	827	-3390.2	1.0
	D+0.5L-1.3E+0.28WY	-8172.61	75.655	-442.97	大偏压	988	-6388.6	-0.2
	D+0.5L-1.3E-0.28WY	-8487.39	13.93	-968.65	大偏压	1021	-5090.5	-0.8

4 结论

(1)对67.6m高穿层剪力墙进行MIDAS受压屈曲分析,取最不利的第一屈曲模态,得到其安全系数为14,大于《高规》附录D中8的要求,并计算得到该剪力墙的计算长度系数为1.5,与框架柱相当。

(2)以软件计算得到的穿层剪力墙截面结果作为参考,又计入该剪力墙 $p-\delta$ 效应,提取各工况内力,按《高规》公式自行计算得到结果都为构造值,承载力富余较大。

【参考文献】

- [1]冯剑荣.混凝土结构设计中的常见问题[J].建材与装饰,2019(32):78-79.
- [2]欧治中.高层综合体建筑结构设计重点问题探究[J].住宅产业,2019(05):30-33.
- [3]刘虎堂.钢筋混凝土结构设计中常见问题论述[J].城市建设理论探究(电子版),2018(27):72.