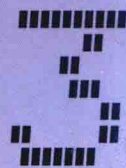




天津市超限高层建筑工程 专项抗震设防实例集



主编 赵建设 于敬海 丁永君

天津市超限高层建筑工程专项 抗震设防实例集 3

图书在版编目 (CIP) 数据

天津市超限高层建筑工程专项抗震设防实例集. 3/赵建设, 于敬海, 丁永君主编. —天津: 天津大学出版社, 2014.4

ISBN 978-7-5618-5038-1

I. ①天… II. ①赵… ②于… ③丁… III. ①高层建筑—抗震结构—结构设计—建筑实录—天津市 IV. ①TU973

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第079049号

策划编辑 韩振平

责任编辑 韩振平

装帧设计 谷英卉

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路92号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 北京华联印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 210mm×285mm

印 张 27

字 数 874千

版 次 2014年10月第1版

印 次 2014年10月第1次

定 价 80.00元

《天津市超限高层建筑工程专项抗震设防实例集》编委会

编审委员会主任：窦华港

编审委员会副主任：韩培俊 林桐

专家委员会：林 桐 凌光荣 文礼彬 王承春 赵曼旭

黄兆维 王军霞 左克伟 陆培毅

编审委员会：赵建设 于敬海 丁永君 向天游 张锡治 郭红云

安海玉 王湘安 罗 迪 孟祥良 陈 昆 贾 莉

主 编：赵建设 于敬海 丁永君

参 编：向天游 贾 莉 曹建伟 费添慧 李敬明 张 璐

张 倩 单玉坤 徐洪茂 曹建锋 王 燕 赵珊珊

李 端 付春兵 李路川 姜 旋 陈俭连 王少华

赵 腾 王政凯 张芃芃 张 潮 马 健 蔡巍巍

赵明阳

序

地震是严重威胁人类安全的自然灾害，具有突发性强、破坏性大、危害面广、难以预测等特点。天津是我国地震较为活跃的地区之一，地处河北平原地震带、张家口—渤海地震带、郯庐地震带的交接部位，地质构造和水文条件复杂，断裂活动较强，历史上曾遭受 10 次影响烈度 5 度以上的地震破坏，其中 1976 年 7 月 28 日河北唐山的 7.8 级地震及 1976 年 11 月 15 日天津宁河县的 6.9 级地震，对市区的影响均达到 8 度。因此，建筑抗震设防工作事关人民的生命和财产安全。

近年来，天津市的超高层建筑及复杂建筑不断涌现，全市已累计建设 161 个超限高层建筑项目，建筑面积约 1400 万平方米，包括高度超过 300 米的津塔项目、天津 117 大厦、中钢天津响螺湾项目、天津周大福滨海中心发展项目等工程，项目类型涵盖商业建筑、酒店建筑、高层住宅、交通站房、文化医疗建筑等。为确保超限高层建筑的抗震安全性，天津市城乡建设和交通委员会按照住房和城乡建设部的要求，组织全市勘察院、设计院、高等院校、科研院所的专家组成了“超限高层建筑工程专项抗震设防审查委员会”（以下简称“超限审查委员会”），根据国家建设主管部门下发的《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》及天津市地方法律法规，严格执行相关规定，精心组织审查超限项目。超限审查委员会根据建筑高度、不规则程度、结构体系等设计内容为建设投资方确定技术合理、经济适用的结构方案和适宜的抗震性能目标，既保证结构安全又兼顾工程造价，促进了建筑技术的进步。通过近 10 年来超限高层建筑工程专项审查工作的开展，天津的工程技术人员积累了丰富的设计经验。

随着天津滨海新区的开发开放，建筑行业将迎来更大的发展机遇。为进一步提高天津城市建设水平，确保超限高层建筑的抗震安全性，天津市城乡建设和交通委员会组织有关人员编辑出版《天津市超限高层建筑工程专项抗震设防实例集》（1～4），该实例集总结了典型的82项超限建筑工程的技术特点，凝结了国内上百家知名设计机构的设计人员及审查专家的智慧 and 汗水，展现了超限高层建筑的抗震新技术，对天津及相似地区的超限高层建筑具有借鉴意义。此书的出版发行必将对天津市超限高层建筑抗震设计水平的提高起到有力的推动作用。在此，非常感谢国内外参与天津市超限高层建筑工作的建设者为天津城市建设做出的突出贡献，也感谢超限审查委员会的专家奉献出如此精彩的图书，让我们共同为建设美丽天津而努力！



2014年5月

目 录

综合办公建筑（含办公楼）

天津滨海新区于家堡金融区起步区一期地块 03-14 工程	2
泰安道五号院工程	20
天津富力广东大厦 A 座	40
天津富力广东大厦 B 座	58
天津市滨海新区响螺湾商务区 C-12 地块比克大厦	73
滨海国贸中心工程	91
中海·天津响螺湾 C-02 项目	110
大连丰盈大厦	132
天津中航响螺湾 B-02 号地块项目	148
天津宝龙城市广场 3 号楼	168
南港工业区投资服务中心群体工程投资服务中心	186
泰安道四号院工程	207
03-06 地块长和公寓工程	223
天津滨海新区于家堡金融区 03-08 地块工程	241
天房中新天津生态城南部商务中心项目	259
天津万达中心写字楼	277
天津现代城 B 区办公塔楼	298
天津合生国际大厦 1 号楼	317
双塔办公楼	343
天津盛世鑫和 4# 地工程	361
尚斓苑 1 号楼	377
中海油田天津产业基地建设	397
嘉里中心——办公楼	410
编后记	424

综合办公建筑 (含办公楼)

天津滨海新区于家堡金融区起步区一期地 块03-14工程



项目设计时间：2010 年 8 月

一、工程概况

1. 工程简介

本项目位于天津市塘沽区于家堡金融区的 03-14 地块，拟建物由 1 栋地上 31 层高层塔楼（檐口高度 142.45 m，主体高度 135.6 m）及一栋 4 层的附楼（高度 22.2 m）组成，整个地块内拟建 3 层地下室，地下室建筑深度约为 14.35 m。

主楼的结构形式为框筒（钢筋混凝土框架－核心筒）结构。附楼及地下室为钢筋混凝土框架结构。

地下部分：塔楼、裙楼由一个连通的地下室连成一体。地下分为 3 层，其中地下 3 层层高 4.8 m，设机械双层停车库，并预留连通口与东侧地块和南侧地库地块相通；地下 2 层层高 3.9 m 部分为普通停车库，层高 5.7 m 部分为机械停车库；地下 1 层层高 5.65 m，部分房间为设备用房和垃圾收集间，预留 800 m² 金库，其余部分均为普通停车库；地下室建筑深度约为 14.35 m。

地上部分：塔楼平面为矩形，建筑长宽为 55.7 m×37.2 m。塔楼地上共 31 层，功能主要包括办公、商业。其中 1 层为大堂，层高 6 m；2、3 层为商业，层高为 5.4 m；5 层和 18 层为避难层，作为上下设备转换层；其余各层均为办公楼层，4 层层高为 5.4 m，5～31 层层高为 4.2 m。

2. 设计依据

1) 设计标准

设计依据国家及地方的相关设计规范及标准。

2) 基本设计参数

基本设计参数见表 1-1。

表 1-1 基本设计参数

结构设计基准期	50 年	设计使用年限	50 年
建筑结构安全等级	二级	建筑物抗震设防类别	丙类
土层等效剪切波速	134.1 ~ 137.9 m/s	地基基础设计等级	甲级
地震构造措施	8 度	场地特征周期	0.55 s
场地类别	IV 类	设计地震分组	第一组
标准冻土深度	0.6 m	场地覆盖层厚度	>80 m
地面粗糙度	C 类		
主楼各部位抗震等级	地下一层及地上：剪力墙一级、框架一级 地下二层及以下：剪力墙三级、框架三级		
基本风压	0.55 kN/m ² （60 m 以下建筑）；0.60 kN/m ² （60 m 以上建筑）		
基本雪压	0.35 kN/m ² （50 年一遇）；0.40 kN/m ² （100 年一遇）		
地震基本烈度	7 度（设计基本地震加速度为 0.15 g）		
地震设防烈度	7 度（设计基本地震加速度为 0.15 g）		

3) 设计荷载参数

楼面均布荷载标准值见表 1-2。

表 1-2 楼面均布活荷载标准值

类别	标准值（kN/m ² ）	类别	标准值（kN/m ² ）
不上人屋顶	0.5	电梯机房	7.0
上人屋面、标准层卫生间（不包括填料、分隔墙）	2.0	银行营业部 办公（用于楼层次梁、楼板配筋计算）	4.5
餐饮、底层卫生间（不包括填料、分隔墙）、 楼梯电梯厅（用于桩基、整体信息、 框架梁柱、剪力墙计算）	2.5	地上商业（精品店、旗舰店） 楼梯、电梯厅（用于楼层次梁及楼 板配筋计算） 办公（用于楼层次梁、楼板配筋计算）	3.5
屋顶花园，办公（用于桩基、整体信息、 框架梁柱、剪力墙计算）	3.0	银行金库及票据仓库、水泵房、变 配电房、发电机房	10.0
交易大厅、停车库	4.0	厨房、地下超市（非仓储式）	5.0
消防车道（双向板）	20	消防扑救面荷载	按消防车道考虑
制冷机房	8.0	±0.000 层楼板板面活荷载标准值	不小于 5.0



3. 材料

1) 混凝土强度等级

混凝土强度等级见表 1-3。

表 1-3 混凝土强度等级

层数	混凝土剪力墙	框架柱	楼面梁	楼板
-1 ~ 4 层	C60	C60	C40	C40
5 ~ 10 层	C55	C55	C40	C40
11 ~ 20 层	C50	C50		
21 ~ 31 层	C40	C40		

注：剪力墙的连接混凝土强度等级同剪力墙。

基础拟采用 C40 防水混凝土，其抗渗等级为 P8，为防止混凝土结构在施工期间产生有害裂缝，拟采用低水化热的水泥并适量掺入粉煤灰配制混凝土，其强度等级龄期可为 60 天。

2) 钢筋

本工程钢筋种类采用 HPB235、HRB335、HRB400，以 HRB400 为主。主要钢筋规格见表 1-4。

表 1-4 钢筋强度等级

构件		钢筋
剪力墙	边缘构件箍筋、拉筋	HRB400
	边缘构件纵筋	HRB400
	墙体水平、竖向分布筋	HRB400
柱、梁	箍筋、纵筋	HRB400
楼板钢筋		HRB400 或 HPB235

二、场地工程地质条件和基础设计

1. 场地工程地质条件

1) 土层分布表

依据天津市勘察院提供的工程地质勘察报告，勘测深度内的地层依上至下见表 1-5。

表 1-5 底层土参数

土层 编号	土层 岩性	土层标高 (m)	钻孔灌注桩	
			q_{sik} (kPa)	q_{pk} (kPa)
3a	淤泥质黏土	-16.50 以上天然土	22	—
3b	粉质黏土		35	—
3c	淤泥质黏土		25	—
3d	粉质黏土		38	—
4	粉质黏土	-16.50 ~ -18.50	48	—
5	粉质黏土	-18.50 ~ -22.50	52	—
6	粉砂、粉土	-22.50 ~ -31.50	70	—
7	粉砂	-31.50 ~ -53.50	78	900
7t	粉质黏土		60	—
9a	黏土	-53.50 ~ -78.00	64	—
9c	粉质黏土		66	800
9d	粉砂		80	1 000
9dt	粉质黏土		70	—

2) 水文地质条件

本场区稳定水位深度：勘察期间测得场地地下潜水水位如下。

静止水位埋深 0.80 ~ 1.50 m，相当于标高 0.5 ~ 0.7 m。

潜水主要由大气降水补给，以蒸发形式排泄，水位随季节有所变化，一般年变幅为 0.50 ~ 1.00 m。

地下水在干湿交替环境下对混凝土结构有弱腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} ，对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^- ；在不考虑干湿交替环境下对混凝土结构有弱腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-} ，对钢筋混凝土结构中的钢筋有微腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^- 。

2. 基础设计

本工程塔楼采用桩基础，持力层为 9c 粉质黏土层，桩采用直径 800 mm 钻孔灌注桩，有效桩长 50.7 m，并采用后压浆技术对桩端及桩侧土体进行加固，以提高其承载力并减少沉降。考虑变刚度调平设计，塔楼核心筒下的桩比外框柱下加长 4 m。

附楼采用桩基础，持力层为 6 粉土层，桩采用直径 650 mm 钻孔灌注桩，有效桩长 25.75 m。

本塔楼基础筏板顶面标高约为 -14.5 m，钢筋混凝土筏式基础厚约 2.400 m，则基础埋深约 16.9 m，基础埋深约为建筑总高度的 $1/8.3 > 1/18$ ，满足《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2002）第 12.1.7 条的规定。

地下室外墙均采用抗渗等级 P8 的防水混凝土并设置外防水层。

本工程地下室不设置永久沉降缝，为降低塔楼与纯地下室及周围建筑物之间沉降差的不利影响，拟在塔楼投影轮廓外侧适当位置设沉降后浇带，同时通过采取一定的抗震构造加强措施（如适当增加塔楼与地下室过渡区域基础底板厚度、适当提高底板配筋率等）以缓解塔楼与纯地下室及周围建筑物之间差异沉降的不利影响；沉降后浇带需待塔楼封顶且填充墙体围护结构作用下沉降初步稳定后方可封闭。

三、结构体系与超限设计

1. 结构体系

塔楼结构高度为 135.6 m，采用钢筋混凝土框架—核心筒结构，沿高度方向不设加强层，地面以上为独立结构单元，塔楼周围无任何裙房及附属结构，有利于结构抗震设计。

主楼地上 31 层结构高度为 135.6 m，檐口高度 142.45 m，建筑平面长宽为 55.7 m×37.2 m。结合建筑使用要求，设置平面长宽为 33.6 m×12.8 m 的混凝土内筒，作为楼、电梯间及设备用房使用。结构结合建筑立面，在建筑周边设置 10.8 m 柱距的外框，形成钢筋混凝土框架—核心筒的结构形式。外框柱与内筒的距离纵横向分别为 10.8 m、10.45 m，其间设置了混凝土梁，以传递楼面荷载。

2. 工程超限判定

建筑超限检查见表 1-6。

表 1-6 建筑超限检查

钢筋混凝土框架—核心筒		规范限制	塔楼对应值	是否超限
高度	地上主体部分 (m)	130	135.6 (至主屋面)	超 A 级高度超限
	地下室埋深 (m)	基础埋置深度不宜小于 $135.6/18=7.53$	约 16.90	符合规定
	结构高宽比	不宜大于 7	约 3.65	符合规定
平面规则性	扭转位移比 (考虑 5% 偶然偏心)	宜 ≤ 1.2 应 ≤ 1.4	1.23	符合规定
	凹凸不规则	$L/B_{\max} \leq 30\%$	$L/B=0$	符合规定
	楼板连续性	开洞面积不宜超过楼面面积的 30%	局部开洞面积 >30% 楼面面积	局部楼层超限
	角部重叠及细腰	角部重叠面积小于较小部分楼板面积的 25%，细腰形平面中部两侧收进超过平面宽度的 50%	无角部重叠及细腰	符合规定



续表

钢筋混凝土框架-核心筒			规范限制	塔楼对应值	是否超限
竖向 规则 性	结构转换层位置		转换层位置所在高度不宜超过 5 层	无	符合规定
	竖向抗侧力构件连续性		竖向抗侧力构件的内力由水平构件转换 向下传递即为竖向抗侧力构件不连续	无	符合规定
	楼层 侧向	按层间剪力除以层 间位移算法	楼层侧向刚度不宜小于相邻上部楼层侧 向刚度的 70% 或其上相邻 3 层侧向刚度 平均值的 80%	均满足要求	符合规定
		转换层上、下结构 的等效刚度 (按剪切刚度算法)	转换层上、下结构的等效剪切刚度比不 应大于 2	无	符合规定
	楼层抗侧受剪承载力		不应小于其上一层受剪承载力的 75%	均满足要求	符合规定
结论	综上所述结果可知：本工程属局部楼板不连续，超 A 级高度的超限高层				

3. 抗震设防性能目标

抗震设防性能目标见表 1-7。

表 1-7 抗震设防性能目标

地震烈度水准		众值烈度	基本烈度	罕遇地震
抗震性能的定性描述		不损坏	可修复的损坏	不倒塌
最大层间位移		1/800	—	$h/100$
构件 性 能	混凝土核心筒连梁	弹性，按规范设计要求	允许进入塑性	允许进入塑性，控制塑性变形
	混凝土核心筒墙		抗剪截面不屈服	
	外框架梁、柱		梁允许进入塑性	
	其他结构构件	按规范设计要求	—	—

4. 工程超限主要抗震措施

本工程属局部楼板不连续的超 A 级高度超限高层，现针对超限内容，结合本工程具体抗震设防性能目标，将设计拟采用的加强措施汇总如下：

- ①进行小震弹性时程分析补充计算，作为振型反应谱法分析计算的补充；
- ②严格控制框架柱及剪力墙的轴压比，确保结构延性性能；
- ③加厚局部楼板不连续的楼层的楼板厚度及配筋；
- ④合理调整结构布置，尽量减小楼层最大位移比；
- ⑤采用空间结构计算模型，计入扭转效应影响；
- ⑥模型在考虑双向地震作用和偶然偏心的影响的情况下进行地震作用分析；
- ⑦加强剪力墙底部加强区的墙体、暗柱的配筋率。

四、结构分析主要成果

1. 计算分析软件

用 MIDAS/GEN 程序对结构进行小震弹性验算，以校核 SATWE 的计算结果。

用 SATWE 和 MIDAS/GEN 分别对表 1-6 中所对应的结构指定构件进行不同抗震性能水平下的承载力及刚度分析。

用 MIDAS/GEN 程序对结构进行罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算（弹塑性静力推覆分析）。

用 SATWE 对结构进行多遇地震弹性动力时程分析。

2. 计算参数的选取

多遇地震（小震）作用下振型分解反应谱法验算的主要设计参数如下。

- ①本工程为钢筋混凝土框架-核心筒结构，阻尼比取 0.05。
- ②考虑平扭耦合的扭转效应，考虑偶然偏心的影响，考虑双向地震扭转效应。
- ③振型数取 15 个，使得振型参与质量大于总质量的 90%。

- ④连梁刚度折减取 0.6，中梁刚度放大系数取 1.5。
- ⑤不考虑梁端弯矩调幅系数。
- ⑥周期折减系数取 0.9。
- ⑦考虑 $P-\Delta$ 效应。
- ⑧指定角柱，使程序自动按规范要求进行内力调整。

3. 结构分析主要计算结果

1) 多遇地震作用下结构振型分解反应谱分析

(1) 地下室结构与相邻上部结构楼层侧向刚度比

由于地下 1 层层高为 5.650 m，首层层高 6.00 m，且地下室西南两面均有地下室外墙，同时地下室部分柱、梁截面加大，并在地下室部分东北两面均有 3 层裙房地下室与之相连，这样通过计算，地下室与首层的楼层刚度比应满足《建筑抗震设计规范》第 6.1.14 条及《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.3.7 条要求，地下室顶板可作为上部结构的嵌固部位，故本塔楼上部结构计算嵌固端定于塔楼首层地面。地下室与上层侧向刚度比见表 1-8。

表 1-8 地下室与上层侧向刚度比

楼层	X 向刚度 (kN/m)	与其上一层 刚度比 (X 方向)	Y 向刚度 (kN/m)	与其上一层 刚度比 (Y 方向)
地下一层	$1.703\ 9\times 10^8$	15.51	$2.072\ 5\times 10^8$	21.18
首层	$1.098\ 5\times 10^7$		$9.784\ 7\times 10^6$	

(2) 振型质量参与系数

振型质量参与系数见表 1-9。

表 1-9 振型质量参与系数

	X 向		Y 向	
	SATWE	MIDAS/GEN	SATWE	MIDAS/GEN
地上部分塔楼恒载质量 (t)	95 106.2	99 780.5	95 106.2	99 780.5
振型数	18	18	18	18
振型参与系数	97.02%	95.86 %	97.7%	95.12 %

计算表明 X、Y 方向质量参与系数均大于 90%，满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.1.13 条第二款要求。

(3) 重力二阶效应及结构稳定

结构刚重比计算比较见表 1-10。计算表明建筑结构的稳定能满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.4.4 条结构计算刚重比大于 1.4 的要求，同时满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.4.1 条结构计算刚重比大于 2.7 的要求。故根据《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.4.2 条，计算时可以不考虑重力二阶效应。

表 1-10 结构刚重比计算比较

SATWE	X 向刚重比 EJ_d/GH^2	4.76
	Y 向刚重比 EJ_d/GH^2	6.34

(4) 结构周期、周期比

由表 1-11 可见，根据结构周期计算结果，本塔楼的扭转情况满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 4.3.5 条的规定，根据平动、扭转成分判断，结构以平动为主。

表 1-11 结构周期、周期比

	周期 (s)		扭转系数	周期比
	T_1 (x)	T_2 (y)		
SATWE	T_1 (x)	3.290 8	0.00	0.748<0.85
	T_2 (y)	2.791 0	0.03	
	T_3	2.462 1	0.97	
MIDAS/GEN	T_1 (x)	3.445 8	0.01	0.488<0.85
	T_2 (y)	2.522 8	0.00	
	T_3	1.682 8	0.99	



(5) 结构水平位移

由表 1-12 可见, 根据《高层建筑混凝土结构技术规程》第 4.6.3 条对多遇地震作用下结构位移限值的要求, 本工程位移限值应为 1/800, 根据 SATWE、MIDAS/GEN 计算结果, 塔楼的水平位移均能满足规范要求。

表 1-12 地震作用下结构位移计算比较

	X 向		Y 向	
	SATWE	MIDAS/GEN	SATWE	MIDAS/GEN
顶层最大位移 (mm)	138.2	136.7	101.51	82.29
最大层间位移 (mm)	7.18	7.186	3.69	3.563
最大层间位移角 (所在楼层计算层)	1/857 (33)	1/880 (28)	1/1 111 (25)	1/1 436 (24)
最大层间位移比平均层间位移 (所在楼层计算层)	1.24 (4 层)	1.196 (8 层)	1.17 (4 层)	1.133 (5 层)

多遇地震最大位移与层平均位移的比值均不大于规范要求的 1.4, 平动变形占主要成分, 位移比、层间位移角等结果均能满足规范要求。

(6) 结构侧向刚度比

各层侧向刚度与相邻上一层侧向刚度或其上三个楼层侧向刚度平均值比值的最小值见表 1-13。

表 1-13 结构侧向刚度比

	X 方向		Y 方向	
	SATWE	MIDAS/GEN	SATWE	MIDAS/GEN
层刚度与 (上一层刚度值的 70% 和上三层平均值的 80% 的较大值) 之比的全楼最小值及所在层数	1.252 4 (7)	1.236 (7)	1.161 6 (7)	1.228 (7)

表 1-13 显示: 本工程各楼层侧向刚度均不小于相邻上一层的 70% 和其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%, 故该项符合《建筑抗震设计规范》表 3.4.2-2 的要求。

(7) 楼层抗剪承载力比

表 1-14 为各楼层抗剪承载力与相邻上层抗剪承载力比值中的最小值。

表 1-14 相邻楼层抗剪承载力比值最小值

	与上一层抗剪承载力的比值 (所在楼层)
X 方向	0.88 (地下 3 层)
Y 方向	0.87 (地下 3 层)

计算结果表明, 各楼层的抗剪承载力均大于相邻上层抗剪承载力的 80%, 满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 4.4.3 条要求。

(8) 轴压比

各类型墙柱轴压比最大值见表 1-15。

表 1-15 各类型墙柱轴压比最大值

	框架柱	剪力墙底部加强区
最大轴压比	0.73	0.42
所在计算层	1	1
规范限值	0.75	0.5

(9) 剪重比

楼层剪重比见表 1-16。计算结果表明,大部分楼层能满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 3.3.13 条最小剪重比的要求,个别结构楼层需另乘以地震剪力放大系数。

表 1-16 剪重比

	X 向		Y 向	
	SATWE	MIDAS/GEN	SATWE	MIDAS/GEN
结构最小剪重比 (%)	2.57	2.9	2.53	3.1
最小剪重比对应楼层的地震剪力 (kN)	24 451.43	24 044.15	24 053.24	25 916.084
最小剪重比限值 (%)	2.40	2.40	2.40	2.40

(10) 框架柱的剪力调整

由于钢筋混凝土抗震墙的抗侧刚度较框架大,因而承担了绝大部分的地震力,为了保证框架有足够的承受地震力的能力,使其能适应强地震时的大变形且具有一定的安全度,根据《高层建筑混凝土结构技术规程》中第 8.1.4 条的要求进行调整。

2) 风荷载作用下结构分析

本工程结构总高度大于 60 m,按 100 年重现期考虑风荷载(基本风压为: $\omega_0=0.6 \text{ kN/m}^2$)作用下的按《高层建筑混凝土结构技术规程》第 4.6.3 条复核水平位移限值,位移计算见表 1-17。

表 1-17 位移计算结果

	X 向		Y 向	
	SATWE	MIDAS/GEN	SATWE	MIDAS/GEN
顶层最大位移 (mm)	78.75	81.652	32.41	24.949
最大层间位移 (mm)	3.85	4.131	1.04	0.937
最大层间位移角	1/1 541	1/1 481	1/3 582	1/4 816
所在楼层 (计算层号)	22	24	15	17

由表 1-17 可知,本工程风荷载引起的结构位移小于多遇地震作用下的位移,故本工程风荷载不起控制作用。

3) 多遇地震弹性时程分析

本工程设防烈度为 7 度,结构主体总高度为 135.6 m,根据《高层建筑混凝土结构技术规程》表 3.3.4,本工程应采用弹性时程分析法进行多遇地震下的补充计算。

(1) 地震波选用

选取人工波 R14DK、天然波 TD14DK-1P、天然波 TD14DK-2P 进行弹性时程分析。

(2) 弹性时程分析结果汇总

弹性时程分析结果汇总见表 1-18,最大层间位移角曲线、最大楼层剪力曲线如图 1-1、1-2 所示。

表 1-18 弹性时程分析结果汇总

地震波		基底最大总剪力 (kN)	基底最大总剪力与振型分解法的比值	最大位移 (mm)	最大层位移角
X 方向	R14DK	19 198.0	0.785	136.68	1/ 716
	TD14DK-1P	18 461.1	0.755	132.57	1/795
	TD14DK-2P	21 148.3	0.865	142.72	1/ 793
	多条地震波平均值	19 602.5	0.802	137.32	1/ 774
	振型分解反应谱法	24 451.43	—	139.66	1/823
Y 方向	R14DK	21 015.3	0.87	111.16	1/1 035
	TD14DK-1P	22 420.7	0.932	125.55	1/ 932
	TD14DK-2P	19 479.2	0.810	90.05	1/1 414
	多条地震波平均值	20 971.8	0.872	108.92	1/1 085
	振型分解反应谱法	24 053.24	—	111.78	1/982

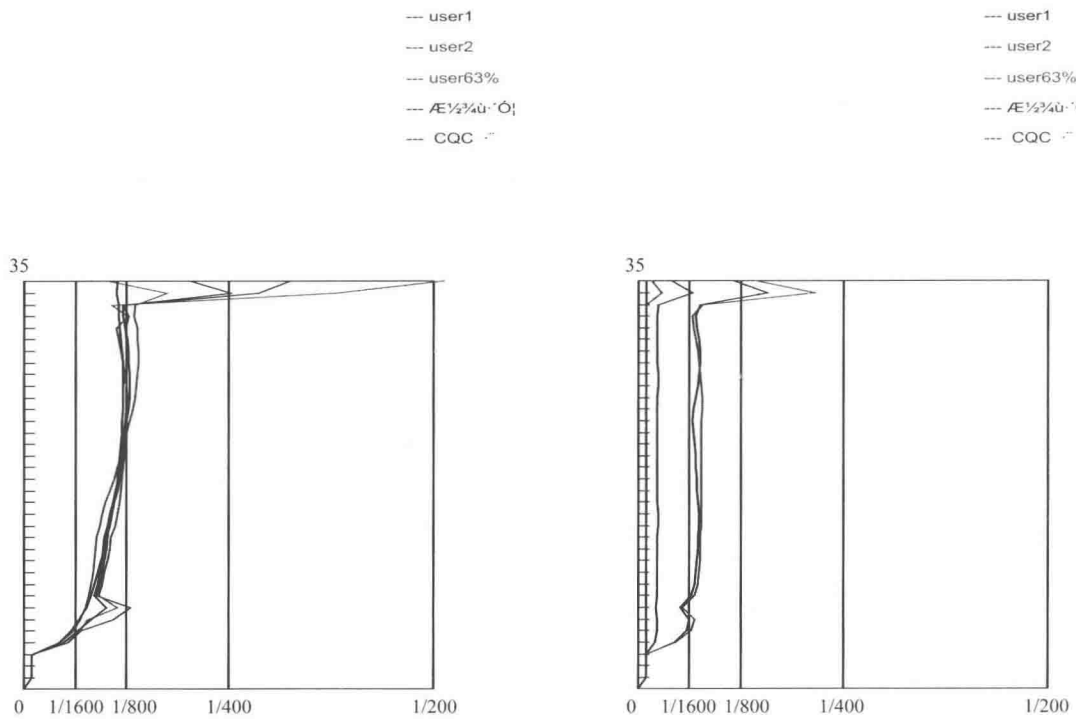


图 1-1 最大层间位移角曲线
(a) X 方向层间位移角分布 (b) Y 方向层间位移角分布

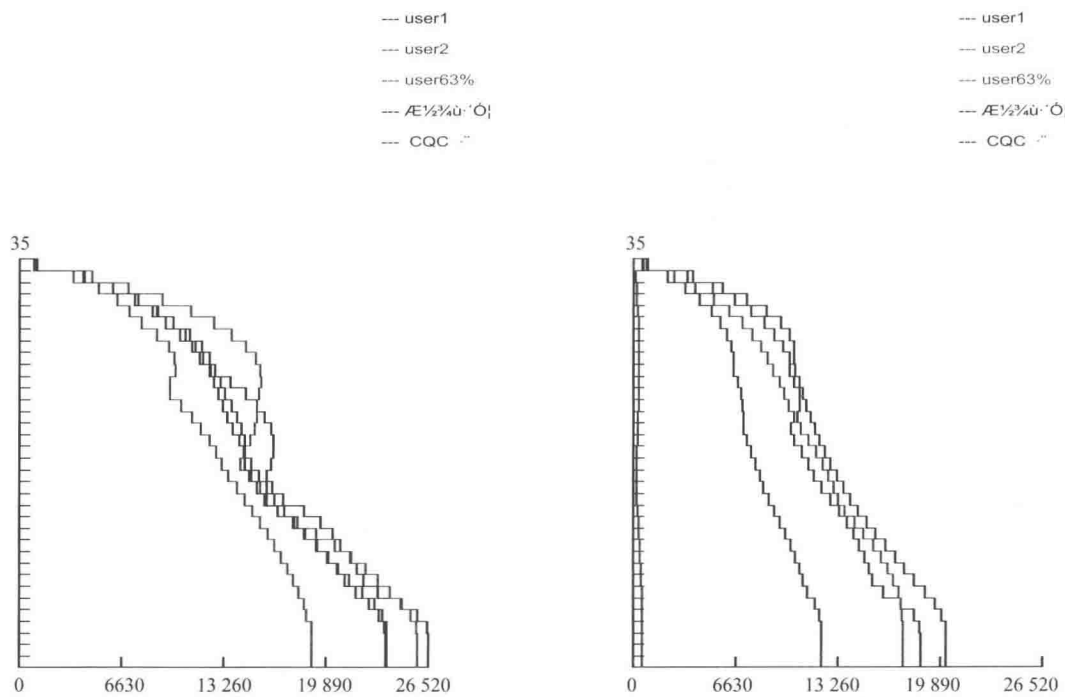


图 1-2 最大楼层剪力曲线
(a) X 方向楼层剪力曲线分布 (b) Y 方向楼层剪力曲线分布