

第二章、装配式农房盈建科模型-加梁版计算书

2.1 设计依据

本工程按照如下规范、规程进行设计：

- 1、《工程结构通用规范》GB 55001-2021
- 2、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021
- 3、《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003-2021
- 4、《组合结构通用规范》GB 55004-2021
- 5、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 6、《砌体结构通用规范》GB 55007-2021
- 7、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 8、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021
- 9、《荷载规范》：《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
- 10、《混凝土规范》或《混规》：《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 版)
- 11、《抗震规范》或《抗规》：《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 版)
- 12、《高规》：《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010
- 13、《广东高规》：广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》DBJ/T 15-92-2021

- 14、《上海抗规》：上海市工程设计规范《建筑抗震设计规范》DGJ 08-9-2013
- 15、《人防规范》：《人民防空地下室设计规范》GB 50038-2005
- 16、《钢结构标准》：《钢结构设计标准》GB 50017-2017
- 17、《高钢规》：《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015
- 18、《门刚规程》：《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》GB51022-2015
- 19、《冷弯薄壁型钢规范》：《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002
- 20、《异形柱规程》：《混凝土异形柱结构技术规程》JGJ 149-2017
- 21、《组合规范》：《组合结构设计规范》JGJ 138-2016
- 22、《钢骨规程》：《钢骨混凝土结构技术规程》YB 9082-2006
- 23、《钢管规范》：《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014
- 24、《叠合柱规程》：《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》T/CECS 188-2019
- 25、《矩形钢管规程》：《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 : 2004
- 26、《空心楼盖规程》：《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》CECS 175 : 2004
- 27、《鉴定标准》：《建筑抗震鉴定标准》GB 50023-2009
- 28、《加固规范》：《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013

29、《抗震加固规程》:《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116-2009

2.2 计算软件信息

本工程计算软件为盈建科建筑结构设计软件 V5.3.0

2.3 设计参数

2.3.1 结构总体信息

表 2-1 结构总体信息

结构体系	框剪结构
结构材料信息	钢筋混凝土
结构所在地区	全国
地下室层数	0
嵌固端所在层号(层顶嵌固)	0
与基础相连构件最大底标高(m)	0.000
裙房层数	0
转换层所在层号	0
加强层所在层号	0
恒活荷载计算信息	施工模拟三
风荷载计算信息	一般计算方式
地震作用计算信息	计算水平地震作用
是否计算吊车荷载	否

是否计算人防荷载	否
是否考虑预应力等效荷载工况	否
是否生成传给基础的刚度	否
上部结构计算考虑基础结构	否
是否生成绘等值线用数据	否
是否计算温度荷载	否
竖向荷载砼墙轴向刚度考虑徐变收缩影响	否
施工模拟加载层步长	1
考虑填充墙刚度	否
采用通用规范	是

2.3.2 计算控制信息

表 2-2 控制信息

水平力与整体坐标夹角(°)	0.00
连梁按墙元计算控制跨高比	4.00
普通梁连梁砼等级默认同墙	是
墙元细分最大控制长度(m)	1.00
板元细分最大控制长度(m)	1.00
短墙肢自动加密	是
弹性楼板荷载计算方式	平面导荷
膜单元类型	经典膜元(QA4)

考虑梁端刚域	是
考虑柱端刚域	是
墙梁跨中节点作为刚性楼板从节点	是
梁与弹性板变形协调	是
弹性板与梁协调时考虑梁向下相对偏移	否
增加计算连梁刚度不折减模型下的地震位移	否
梁墙自重扣除与柱重叠部分	否
楼板自重扣除与梁墙重叠部分	否
是否输出节点位移	否
地震内力按全楼弹性板 6 计算	否
结构计算时考虑楼梯刚度	否
门式刚架按平面框架方式计算	否
错层主次梁生成刚性杆自动铰接	是

表 2-3 刚性楼板假定

刚性楼板假定	整体指标计算采用强刚，其它计算非强刚
地下室楼板强制采用刚性楼板假定	否

表 2-4 多塔参数

是否自动划分多塔	否
----------	---

表 2-5 现浇空心板计算方法

计算现浇空心板	否
---------	---

2.3.2.2 刚度系数

表 2-6 竖向荷载

梁刚度放大系数按 2010《混凝土规范》取值	否
中梁刚度放大系数	1.00
边梁刚度放大系数上限	1.50

表 2-7 地震作用

连梁刚度折减系数(地震)	0.70
--------------	------

表 2-8 风荷载作用

连梁刚度折减系数(风)	1.00
-------------	------

2.3.2.3 二阶效应信息

表 2-9 P-Delt 效应

是否考虑 P-Delt 效应	否
----------------	---

表 2-10 整体缺陷

考虑整体缺陷	否
--------	---

表 2-11 屈曲分析

进行屈曲分析	否
--------	---

表 2-12 其他

计算长度系数置为 1	否
考虑梁元 P-Delt 效应	否

2.3.2.4 分析求解参数

表 2-13 求解器选项

启用并行求解器	是
使用 cpu 核心数量(0 为自动)	-2
设定内存(MB, 0 为自动)	0

表 2-14 非线性分析

求解器类型	Pardiso Couple
加载步骤数量	10
迭代次数[0, 100]	30
位移控制	是
位移控制精度	0.0010
荷载控制	是
荷载控制精度	0.0010

表 2-15 其他

考虑几何非线性	否
---------	---

2.3.2.5 非线性屈曲分析

非线性分析类型	几何非线性
迭代方法	广义刚度参数准则
迭代误差	0.0001
求解器类型	Pardiso Couple
步长控制类型	变步长

表 2-16 变步长算法参数

初始荷载系统增量	0.01
最小荷载系统增量	0.005
最大荷载系统增量	0.100
期望迭代次数	3
最大迭代次数	10

表 2-17 定步长算法参数

荷载系统增量	0.01
最大迭代次数	10

表 2-18 算法终止条件

计算步数	100
最大荷载系数	5.00
控制点位移	否

表 2-19 非线性屈曲分析荷载组合

DEAD	1.00
LIVE	1.00

2.3.3 风荷载信息

2.3.3.1 基本参数

表 2-20 基本参数

执行规范	GB50009-2012
地面粗糙程度	B
修正后的基本风压 (kN/m2)	0. 40
风荷载计算用阻尼比 (%)	5. 0
结构 X 向基本周期 (s)	0. 05
结构 Y 向基本周期 (s)	0. 05
承载力设计时风荷载效应放大系数	1. 0
考虑顺风向风振	是
其他风向角度	

表 2-21 舒适度验算参数

用于舒适度验算的风压 (kN/m2)	0. 10
用于舒适度验算的结构阻尼比 (%)	2. 0

表 2-22 横向/扭转风振

考虑横向风振	否
考虑扭转风振	否
自动计算结构宽深	是

表 2-23 体型系数

风荷载体型系数分段数	1
第一段	

最高层号	3
X 迎风	0. 80
X 背风	-0. 50
X 侧风	0. 00
X 挡风	1. 00
Y 迎风	0. 80
Y 背风	-0. 50
Y 侧风	0. 00
Y 挡风	1. 00

表 2-24 指定风荷载

使用指定的风荷载数据	否
------------	---

2.3.4 地震信息

表 2-25 地震基本信息

设计地震分组	二
按地震动区划图 GB18306-2015 计算	否
设防烈度	7 (0. 1g)
场地类别	II
特征周期 (s)	0. 40
周期折减系数	0. 80
按主振型确定地震内力符号	否

考虑双向地震作用	是
自动计算最不利地震方向的作用	是
斜交抗侧力构件方向的附加地震数	0
活荷载重力荷载代表值组合系数	0.50
地震影响系数最大值	0.080
罕遇地震影响系数最大值	0.500
地震计算时不考虑地下室以下的结构质量	否

表 2-26 特征值分析参数

分析类型	WYD-RITZ
振型数确定方式	用户定义
用户定义振型数	6

表 2-27 抗震等级

砼框架抗震等级	四级
剪力墙抗震等级	三级
钢框架抗震等级	四级
抗震构造措施的抗震等级	不改变
框支剪力墙结构底部加强区剪力墙抗震等级自动提高一级	是
地下一层以下抗震构造措施抗震等级逐层降级及抗震措施 4 级	是

表 2-28 结构阻尼比

阻尼比确定方法	全楼统一
---------	------

结构的阻尼比 (%)	5.0
------------	-----

表 2-29 偶然偏心

是否考虑偶然偏心	是
X 向偶然偏心值	0.05
Y 向偶然偏心值	0.05
偶然偏心计算方法	瑞利-里兹投影反射谱法(新算法)

表 2-30 自定义影响系数曲线

使用自定义地震影响系数曲线	否
---------------	---

表 2-31 地震作用放大系数

地震作用放大方法	全楼统一
全楼地震力放大系数	1.00

表 2-32 性能设计

是否考虑性能设计	否
是否勾选轻屋盖厂房按低延性、高弹性承载力性能化设计	否

表 2-33 性能包络设计

按照抗规方法进行性能包络设计	否
----------------	---

表 2-34 隔震减震

隔震计算	否
减震计算	否

表 2-35 减震性能包络设计

减震性能包络设计	否
----------	---

2.3.5 设计信息

表 2-36 最小剪重比地震内力调整

按规范调整地震内力	是
扭转效应明显	否
用户指定最小剪重比调整系数	否
自动计算动位移比例系数	否
第一平动周期方向动位移比例 (0~1)	0.50
第二平动周期方向动位移比例 (0~1)	0.50

表 2-37 0.2V0 调整

是否用户指定 0.2V0 调整系数	否
0.2V0 调整规则	Min(0.20*Vo, 1.50*Vfmax)
0.2V0 调整时楼层剪力最小倍数	0.20
0.2V0 调整时各层框架剪力最大值的倍数	1.50
0.2V0 调整分段数	2
分段号	1
起始层号	1
终止层号	1

分段号	2
起始层号	2
终止层号	2
0.2V0 调整上限	2.00
考虑双向地震时内力调整方式	先考虑双向地震再调整

表 2-38 薄弱层判断与调整

按层刚度比判断薄弱层方法	高规和抗规从严
有地下室时嵌固层刚度比执行《高规》3.5.2-2	否
剪切刚度计算时 hi 取层高	否
自动对层间受剪承载力突变形成的薄弱层放大调整	否
自动根据层间受剪承载力比值调整配筋至非薄弱	否
是否转换层指定为薄弱层	是
指定薄弱层层号	0
薄弱层地震内力放大系数	1.25

表 2-39 调幅梁

梁端负弯矩调幅系数	0.85
框架梁调幅后不小于简支梁跨中弯矩的倍数	0.50
非框架梁调幅后不小于简支梁跨中弯矩的倍数	0.33

表 2-40 其他

与柱相连的框架梁端 M、V 不调整	否
-------------------	---

剪力墙端柱的面外剪力统计到框架部分	否
实配钢筋超配系数	1.15
框支柱调整上限	5.00
零应力区验算，底面尺寸确定方式	质心到最近边距离的2倍
梁扭矩折减系数	0.40
转换结构构件(三、四级)水平地震作用效应放大系数	1.00
支撑临界角(度)(与竖轴夹角小于此值的支撑将按柱考虑)	20
按竖向构件内力统计层地震剪力	否
位移角小于此值时，位移比设置为1	0.00020
剪力墙承担全部地震剪力	否

2.3.6 活荷载信息

表 2-41 活荷载信息

按建模菜单“房间属性”计算	否
设计时折减柱、墙活荷载	否
活荷不利布置的最高层号	3
计算模型多层	否
梁活荷载内力放大系数	1.00

表 2-42 楼面梁活荷载折减设置

楼面梁活荷载折减方式	不折减
------------	-----

2.3.7 构件设计信息

表 2-43 构件设计基本信息

柱配筋计算原则	单偏压
双偏压时角筋最大直径	32
柱剪跨比计算方法	简化方法 (Hn/2h0)
柱剪跨比采用层高	是
连梁按对称配筋设计	否
框架梁梁端配筋考虑受压钢筋	是
矩形混凝土梁按 T 形梁配筋	否
墙柱配筋设计考虑端柱	否
墙柱配筋设计考虑翼缘墙	否
与剪力墙面外相连的梁按框架梁设计	是
铰接时按非框架梁设计	否
验算一级抗震墙施工缝	是
受弯构件按压弯设计控制轴压	0.40
梁端配筋内力取值位置(0-节点，1-支座边)	0.00
框架柱的轴压比限值按框架结构采用	否

不计算地震作用时按重力荷载代表值计算柱轴压比	否
梁保护层厚度 (mm)	20
柱保护层厚度 (mm)	20
型钢混凝土构件设计依据	《组合结构设计规范》 JGJ138-2016
矩形钢管混凝土构件设计依据	《矩形钢管混凝土结构技术规程》 CECS159:2004
异形柱配筋计算只考虑固定钢筋	否
按叠合柱设计的叠合比 m	0.00

表 2-44 边缘构件设计信息

构造边缘构件设计执行高规 7.2.16-4	否
约束边缘构件层全部设为约束边缘构件	否
约束边缘构件判定采用底部加强区底层轴压比	是
归入阴影区的 $\lambda/2$ 区最大长度	0
面外梁下生成暗柱边缘构件	全都生成
边缘构件合并距离 (mm)	300
短肢边缘构件合并距离 (mm)	600
边缘构件尺寸取整模数 (mm)	10
构造边缘构件尺寸设计依据	《高规》 JGJ3-2010 第 7.2.16 条

约束边缘构件尺寸依据《广东高规》设计	否
按边缘构件轮廓计算配筋	否

表 2-45 钢结构设计信息

执行《高钢规》 JGJ99-2015	是
钢构件截面净毛面积比	0.85
钢梁按压弯设计控制轴压比	0.10
抗剪连接件单侧边距 (mm)	20.00
冷弯薄壁构件考虑冷弯效应	是
方、矩形管成型方式系数	1.00

表 2-46 钢柱计算长度系数按有侧移计算

X 向钢柱计算长度是否按有侧移计算	是
Y 向钢柱计算长度是否按有侧移计算	是
按《钢规》 5.3.3-2 自动判断强弱支撑	否
钢柱计算长度系数考虑嵌固端	否

表 2-47 门刚规范

执行门规 GB51022-2015	是
执行门规 GB51022 附录 A	是
执行门规 GB51022 附录 A.0.8	否
门刚构件按宽厚比等级控制局部稳定性	否

表 2-48 钢结构设计标准

执行《钢结构设计标准》(GB50017-2017)	是
按宽厚比等级控制局部稳定	否
按钢规 6.2.7 验算梁下翼缘稳定	是
钢梁受弯考虑剪力过大影响(钢标 6.4.1)	否

表 2-49 钢结构防火验算

进行承载力法防火验算	否
------------	---

表 2-50 施工阶段验算

组合梁施工荷载(kN/m2)	1.50
组合类别	标准组合

2.3.8 包络设计

表 2-51 当前模型自动包络设计

各分塔与整体分别计算，配筋取分塔与整体结果较大值	否
考虑地下室与不考虑地下室分别计算，配筋取两个模型结果较大值	否
考虑楼梯刚度与不考虑楼梯刚度分别计算，配筋取两个模型结果较大值	否

表 2-52 少墙框架

自动取框架和框架-抗震墙模型计算大值	否
--------------------	---

2.3.8.2 与其他模型进行包络设计

与其他模型进行包络设计

否

2.3.9 材料信息

2.3.9.1 材料参数

表 2-53 材料信息

混凝土容重(kN/m3)	27.00
砌体容重(kN/m3)	22.00
钢材容重(kN/m3)	78.00
轻骨料混凝土容重(kN/m3)	18.50
轻骨料混凝土密度等级	1800
索体容重(kN/m3)	76.00
铝合金容重(kN/m3)	27.00

表 2-54 配筋信息

梁箍筋间距(mm)	100
柱箍筋间距(mm)	100
墙水平分布筋最大间距(mm)	200
墙竖向分布筋最小配筋率(%)	0.30
墙水平分布筋最小配筋率(%)	0.20

表 2-55 其他

结构底部单独指定墙竖向分布筋配筋率的层号	无
结构底部单独指定层的墙竖向分布配筋率	0.60

表 2-56 钢筋强度

HPB300 钢筋强度设计值 (N/mm2)	270
HRB335 钢筋强度设计值 (N/mm2)	300
HRB400 钢筋强度设计值 (N/mm2)	360

2.3.10 地下室信息

表 2-57 反应位移法参数

土的水平抗力系数的比例系数 (MN/m4)	10.00
扣除地面以下几层回填土约束	0
外墙分布筋保护层厚度 (mm)	35
回填土容重 (kN/m3)	18.00
回填土侧压力系数	0.50
室外地平标高 (m)	-0.35
地下水位标高 (m)	-20.00
室外地面附加荷载 (kN/m2)	0.00
基础水工况组合方式	叠加
地下室侧土约束施加方式	顶板双向弹簧
按反应位移法计算地下结构的地震作用	否

表 2-58 《地下结构抗震设计标准》GB/T51336-2018

按《地下结构抗震设计标准》GB/T51336-2018 设计	否
--------------------------------	---

2.3.11 荷载组合

表 2-59 荷载组合

结构重要性系数	1.00
执行《建筑结构可靠性设计统一标准》	是
刚重比按 1.3 恒+1.5 活计算	否
采用自定义组合	否
使用建模自定义组合模板	否
恒载分项系数	1.30
活载分项系数	1.50
活荷载组合值系数	0.70
活荷载频遇值系数	0.60
活荷载准永久值系数	0.50
考虑结构设计使用年限的活荷载调整系数	1.00
风荷载分项系数	1.50
风荷载组合值系数	0.60
风荷载频遇值系数	0.40
风荷载是否参与地震组合	否
重力荷载分项系数	1.30
水平地震力分项系数	1.40

2.3.12 抗震鉴定与加固

2.3.12.1 抗震鉴定与加固

表 2-60 抗震鉴定与加固参数

鉴定加固(原钢筋在施工图菜单中生成或录入)	否
-----------------------	---

2.3.13 安全性鉴定

表 2-61 可靠性鉴定

安全性鉴定(原钢筋请到施工图菜单生成或录入)	否
------------------------	---

表 2-62 危险房屋鉴定

危险房屋鉴定	否
--------	---

2.3.14 装配式

是否是装配式结构	是
现浇墙地震内力放大系数	1.10
现浇柱地震内力放大系数	1.10
预制竖向构件地震内力放大系数	1.00
按北京市装配式规程验算预制墙接缝	否

2.4 结构基本信息

2.4.1 楼层属性

表 2-63 楼层属性

层号	塔号	属性
----	----	----

3	1	标准层 3
2	1	标准层 2 约束边缘构件层
1	1	标准层 1 底部加强区 约束边缘构件层

2.4.2 塔属性

表 2-64 塔属性

塔号	属性	值
1	结构体系	框剪结构
	结构 X 向基本周期(s)	0.05
	结构 Y 向基本周期(s)	0.05
	水平风荷载体型分段数	1
	分段号	1
	最高层号	3
	挡风系数	1.00
	迎风面系数	0.80
	背风面系数	-0.50
	侧风面系数	0.00
	0.2V0 调整分段数	2
	分段号	1
	起始层号	1
	终止层号	1

	分段号	2
	起始层号	2
	终止层号	2
	0.2V0 调整时楼层剪力最小倍数	0.20
	0.2V0 调整时各层框架剪力最大值的倍数	1.50

2.4.3 构件统计

表 2-65 各层构件数量、构件材料和层高(单位：m)

层号	塔号	梁数	柱数	支撑数	墙数	层高	累计高度
3	1	8	4	---	5	3.000	9.900
2	1	41	23	---	23	3.300	6.900
1	1	42	23	---	26	3.600	3.600

表 2-66 保护层(单位：mm)

层号	塔号	梁保护层	柱保护层	墙保护层
3	1	20	20	15
2	1	20	20	15
1	1	20	20	15

表 2-67 混凝土构件

层号	塔号	梁数 (混凝土/ 主筋)	柱数 (混凝土/ 主筋)	支撑数 (混凝土/ 主筋)	墙数 (混凝土/主 筋)

3	1	---	---	---	5(C30/360)
2	1	---	---	---	23(C30/360)
1	1	---	---	---	26(C30/360)

表 2-68 钢构件

层号	塔号	梁数(钢号)	柱数(钢号)	支撑数(钢号)
3	1	8(345)	4(345)	---
2	1	41(345)	23(345)	---
1	1	42(345)	23(345)	---

表 2-69 箍筋(墙分布筋)

层号	塔号	梁数 (箍筋)	柱数 (箍筋)	支撑数 (箍筋)	墙数(水平/竖 向)	边缘构 件(箍 筋)
3	1	---	---	---	5(270/300)	(270)
2	1	---	---	---	23(270/300)	(270)
1	1	---	---	---	26(270/300)	(270)

2.4.4 楼层质量

表 2-70 各层质心坐标(单位：m)

层号	塔号	质心 X	质心 Y	质心 Z
3	1	17.040	9.702	9.900
2	1	16.983	6.445	6.900

1	1	16.862	6.166	3.600
---	---	--------	-------	-------

根据《高规》3.5.6 条的规定，楼层质量沿高度宜均匀分布，楼层质量不宜大于相邻下部楼层的 1.5 倍。

结构全部楼层满足规范要求。

表 2-71 各层质量和层质量比

层号	塔号	恒载质量(t)	活载质量(t)	活载质量 (不折减)(t)	附加质量(t)	质量比	比值判断
3	1	12.3	0.4	0.7	0.0	0.08	满足
2	1	141.8	11.5	23.0	0.0	0.84	满足
1	1	170.0	13.2	26.4	0.0	1.00	满足
合计	-	324.1	25.1	50.1	0.0		

恒载总质量(t)：324.077

活载总质量(t)：25.073

附加总质量(t)：0.000

结构总质量(t)：349.150

恒载产生的总质量包括结构自重和外加恒载

活载质量 = 活荷载重力荷载代表值系数*活载等效质量

总质量 = 恒载质量+活载质量+附加质量

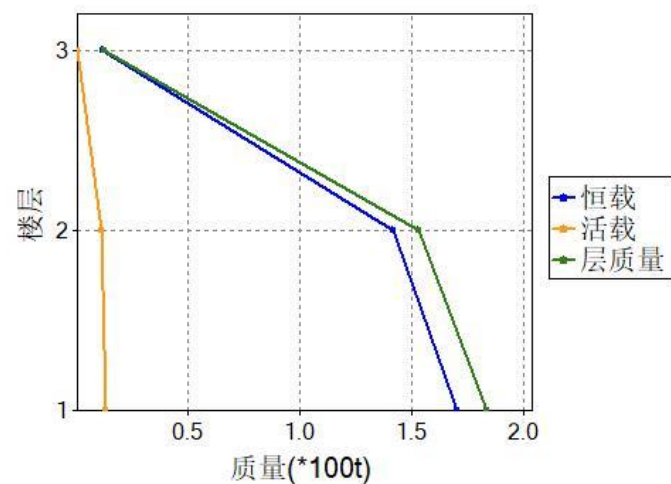


图 2-1 恒载, 活载, 层质量分布曲线(塔 1)

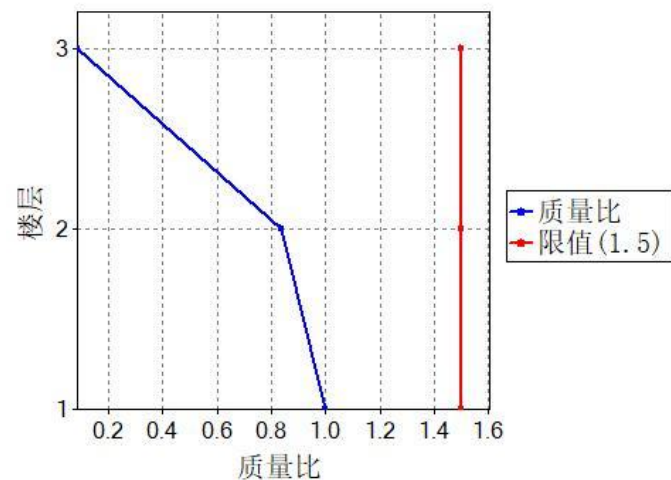


图 2-2 质量比分布曲线(塔 1)

2.4.5 楼层尺寸、单位质量

表 2-72 各楼层等效尺寸(单位:m, m²)

层号	塔号	面积	形心 /X	形心 /Y	等效宽/B	等效高/H	最大宽 BMAX	最小宽 /BMIN
3	1	3.60	17.04	9.65	1.80	2.00	2.00	1.80
2	1	115.43	16.98	6.30	13.68	8.70	13.68	8.70
1	1	110.86	16.91	6.13	13.52	9.15	13.52	9.14

表 2-73 各楼层质量、单位面积质量分布(单位:kg/m²)

层号	塔号	楼层质量	单位面积质量	单位面积质量比
3	1	14071.68	3517.92	2.65
2	1	162008.68	1327.94	0.80
1	1	201623.3	1652.65	1.24

单位面积质量:g[i]

单位面积质量比: $\max(g[i] / g[i-1], g[i] / g[i+1])$

2.5 周期、振型

2.5.1 振型基本计算结果

表 2-74 考虑扭转耦联时的振动周期(秒)、X, Y 方向的平动系数、扭转系数(强制刚性楼板模型)

振型号	周期	转角	平动系数(X+Y)	扭转系数(Z)

1	0.0586	44.29	0.90(0.46+0.45)	0.10
2	0.0563	137.02	0.95(0.56+0.39)	0.05
3	0.0425	131.67	0.70(0.58+0.12)	0.30
4	0.0359	31.66	0.39(0.34+0.05)	0.61
5	0.0285	87.11	0.99(0.00+0.99)	0.01
6	0.0209	22.31	0.81(0.68+0.13)	0.19

地震作用最大的方向 = 30.518°

表 2-75 考虑扭转耦联时的振动周期(秒)、X, Y 方向的平动系数、扭转系数

振型号	周期	转角	平动系数(X+Y)	扭转系数(Z)
1	0.0586	44.35	0.90(0.45+0.45)	0.10
2	0.0563	137.08	0.95(0.56+0.39)	0.05
3	0.0425	131.72	0.70(0.58+0.12)	0.30
4	0.0359	31.66	0.39(0.34+0.05)	0.61
5	0.0285	87.28	0.99(0.00+0.99)	0.01
6	0.0210	21.30	0.82(0.71+0.12)	0.18

表 2-76 质量系数

振型号	X 向平动质量系数%(sum)	Y 向平动质量系数%(sum)	Z 向扭转质量系数%(sum)
1	37.41%(37.41%)	35.74%(35.74%)	7.94%(7.94%)

2	35.76%(73.17%)	30.92%(66.66%)	3.73%(11.67%)
3	7.61%(80.78%)	9.57%(76.23%)	24.94%(36.61%)
4	7.56%(88.34%)	2.87%(79.10%)	51.62%(88.23%)
5	0.03%(88.36%)	11.15%(90.25%)	0.30%(88.53%)
6	8.48%(96.85%)	1.29%(91.54%)	2.13%(90.66%)

注：Z 向扭转质量系数只在强制刚性板下有意义，对于非强制刚性板下的计算结果仅供参考。

根据《高规》5.1.13 条, 各振型的参与质量之和不应小于总质量的 90%。

X 向平动振型参与质量系数总计：96.85%

Y 向平动振型参与质量系数总计：91.54%

第 1 扭转周期(0.0359)/第 1 平动周期(0.0586) = 0.61

地震作用最大的方向 = 30.505°

2.5.2 振型阻尼比

表 2-77 振型阻尼比

振型号	阻尼比
1-6	0.05

2.5.3 X、Y 向地震单振型楼层反应力

2.5.3.1 仅考虑 X 向地震作用时的地震力(采用非强制刚性楼板假定模型计算结果)

F-x-x：X 方向的耦联地震力在 X 方向的分量

F-x-y：X 方向的耦联地震力在 Y 方向的分量

F-x-t：X 方向的耦联地震力的扭矩

表 2-78 振型 1 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	6.52	6.88	1.38
2	1	44.10	43.64	120.89
1	1	23.34	21.76	55.53

表 2-79 振型 2 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	11.26	-6.24	1.41
2	1	38.44	-39.13	-81.93
1	1	20.00	-19.45	-36.94

表 2-80 振型 3 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	-5.93	-1.78	-1.32
2	1	11.44	-8.25	80.84
1	1	8.03	-5.16	48.43

表 2-81 振型 4 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
----	----	------------	------------	--------------

3	1	-3.95	1.48	-2.31
2	1	9.87	3.79	-105.17
1	1	6.92	2.65	-67.61

表 2-82 振型 5 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	-0.01	-0.42	-0.01
2	1	0.01	0.57	-0.84
1	1	0.04	0.70	0.12

表 2-83 振型 6 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	0.23	0.82	0.53
2	1	-11.23	-4.80	-29.29
1	1	23.85	8.99	62.38

2.5.3.2 仅考虑 Y 向地震作用时的地震力(采用非强制刚性
楼板假定模型计算结果)

F-y-x :Y 方向的耦联地震力在 X 方向的分量

F-y-y :Y 方向的耦联地震力在 Y 方向的分量

F-y-t :Y 方向的耦联地震力的扭矩

表 2-84 振型 1 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
----	----	------------	------------	--------------

3	1	6.37	6.73	1.35
2	1	43.11	42.66	118.16
1	1	22.81	21.27	54.27

表 2-85 振型 2 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	-10.47	5.81	-1.31
2	1	-35.74	36.38	76.19
1	1	-18.60	18.08	34.35

表 2-86 振型 3 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	6.64	1.99	1.48
2	1	-12.82	9.25	-90.66
1	1	-9.01	5.79	-54.31

表 2-87 振型 4 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	-2.44	0.91	-1.43
2	1	6.08	2.33	-64.84
1	1	4.27	1.63	-41.68

表 2-88 振型 5 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
----	----	------------	------------	--------------

3	1	-0.14	-8.75	-0.22
2	1	0.20	11.99	-17.57
1	1	0.79	14.67	2.45

表 2-89 振型 6 的地震力

层号	塔号	F-x-x/(kN)	F-x-y/(kN)	F-x-t/(kN·m)
3	1	0.09	0.32	0.21
2	1	-4.38	-1.87	-11.42
1	1	9.30	3.50	24.32

2.5.4 X、Y 向地震单振型楼层剪力

表 2-90 各振型作用下 X 向地震 X 剪力、Y 向地震 Y 剪力
(单位: kN)

层号	塔号	振型号	X 剪力	Y 剪力
1	1	1	73.96	70.65
		2	69.70	60.27
		3	13.54	17.03
		4	12.84	4.88
		5	0.04	17.91
		6	12.85	1.95

2.5.5 X、Y 向地震 CQC 组合后结果

各层 X 方向的作用力(CQC)

F_x(kN):X 向地震作用下结构的地震反应力

V_x(kN):X 向地震作用下结构的楼层剪力

M_x(kN·m):X 向地震作用下结构的弯矩

sF_x(kN):静力法 X 向的地震力

《高规》4.3.12 条要求的 X 向楼层最小剪重比=1.60%

由下表可见, X 向地震剪重比符合要求。

表 2-91 各层 X 方向的作用力(CQC)

层号	塔号	F _x	V _x /(分塔剪重比)	M _x	sF _x
3	1	18.23	18.23(14.393%)	54.69	11.43
2	1	83.70	98.69(5.947%)	373.39	96.45
1	1	50.91	143.07(4.098%)	882.72	60.15

各层 Y 方向的作用力(CQC)

F_y(kN): Y 向地震作用下结构的地震反应力

V_y(kN): Y 向地震作用下结构的楼层剪力

M_y(kN·m): Y 向地震作用下结构的弯矩

sF_y(kN):静力法 Y 向的地震力

2 《高规》4.3.12 条要求的 Y 向楼层最小剪重比 = 1.60%

由下表可见, Y 向地震剪重比符合要求。

表 2-92 各层 Y 方向的作用力(CQC)

层号	塔号	F _y	V _y	M _y	sF _y
----	----	----------------	----------------	----------------	-----------------

			(分塔剪重比)		
3	1	15.04	15.04(11.877%)	45.13	11.43
2	1	79.34	90.81(5.472%)	336.75	96.45
1	1	42.62	131.72(3.773%)	807.51	60.15

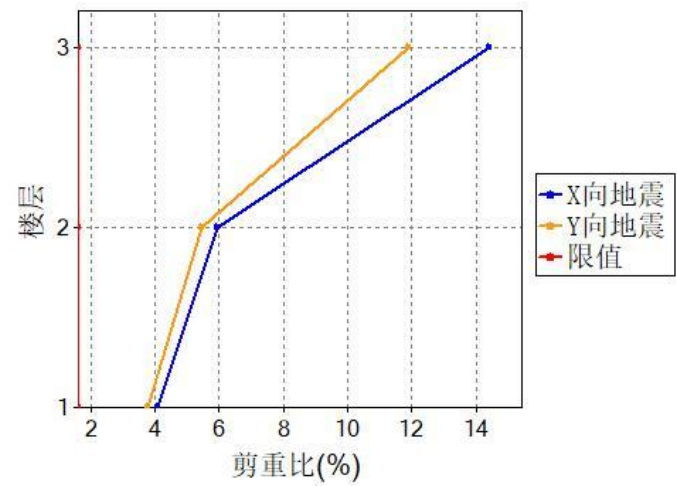


图 2-3 地震各工况剪重比简图(塔 1)

2.6 楼层风荷载、地震作用统计结果

2.6.1 风荷载信息

风压单位： kN/m²

本层风荷、楼层剪力单位： kN

楼层弯矩单位： kN·m

表 2-93 风荷载信息

层号	塔号	X 方向				Y 方向			
		风荷载	剪力	倾覆弯矩	风振系数	风荷载	剪力	倾覆弯矩	风振系数
3	1	5.20	5.20	15.61	1.67	4.69	4.69	14.06	1.67
2	1	21.75	26.95	104.55	1.46	34.04	38.72	141.84	1.45
1	1	24.62	51.57	290.20	1.26	32.32	71.05	397.60	1.26

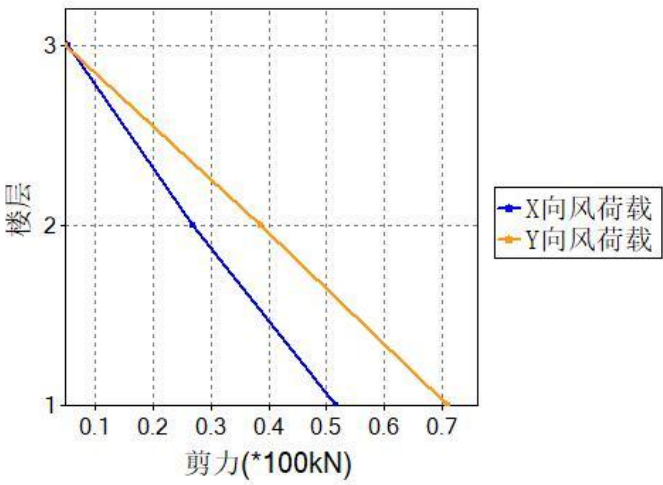


图 2-4 风荷载楼层剪力简图(塔 1)

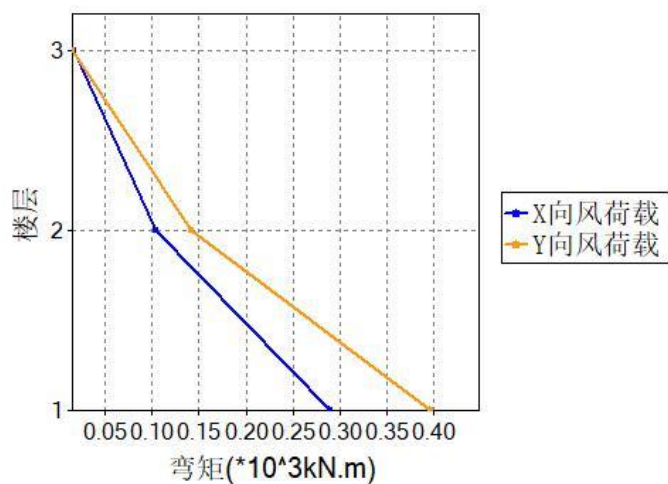


图 2-5 风荷载楼层弯矩简图(塔 1)

2.6.2 风荷载下框架剪力统计

表 2-94 X 向框架柱、剪力墙风剪力及百分比
(单位: kN)

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	柱剪力百分比	墙剪力百分比
3	1	0.00	5.20	5.20	0.00%	100.00%
2	1	0.00	26.95	26.95	0.01%	99.99%
1	1	0.00	51.57	51.57	0.00%	100.00%

表 2-95 Y 向框架柱、剪力墙风剪力及百分比(单位: kN)

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	柱剪力百分比	墙剪力百分比
3	1	0.00	4.69	4.69	0.00%	100.00%
2	1	0.01	38.72	38.72	0.02%	99.98%
1	1	0.00	71.05	71.05	0.00%	100.00%

2.6.3 风荷载下框架倾覆弯矩统计(抗规方式)

表 2-96 X 向框架柱风倾覆弯矩及百分比(单位: kN.m)

层号	塔号	柱弯矩	总弯矩	柱弯矩百分比
3	1	0.0	15.6	0.00%
2	1	0.0	104.5	0.01%
1	1	0.0	290.2	0.00%

表 2-97 Y 向框架柱风倾覆弯矩及百分比(单位: kN.m)

层号	塔号	柱弯矩	总弯矩	柱弯矩百分比
3	1	0.0	14.1	0.00%
2	1	0.0	141.8	0.01%
1	1	0.0	397.6	0.00%

2.6.4 风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计

风荷载外力、层剪力单位: kN

倾覆弯矩单位: kN.m

表 2-98 +WX 方向风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
3	1	5.2	5.2	15.6
2	1	21.8	27.0	104.5
1	1	24.6	51.6	290.2

表 2-37 -W 方向风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
3	1	-5.2	-5.2	-15.6
2	1	-21.8	-27.0	-104.5
1	1	-24.6	-51.6	-290.2

表 2-99 +WY 方向风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
3	1	4.7	4.7	14.1
2	1	34.0	38.7	141.8
1	1	32.3	71.0	397.6

表 2-100 -WY 方向风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
3	1	-4.7	-4.7	-14.1
2	1	-34.0	-38.7	-141.8
1	1	-32.3	-71.0	-397.6

2.6.5 规定水平力

表 2-101 各层各塔的规定水平力

层号	塔号	X 向 (kN)	Y 向 (kN)
3	1	18.2	15.0
2	1	80.5	75.8
1	1	44.4	40.9

2.6.6 规定水平力下倾覆弯矩统计(抗规方式)

表 2-102 X 向框架柱、短肢墙地震倾覆弯矩(单位: kN.m)

及百分比(抗规方式)

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	支撑	合计
3	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	54.7(100.0%)	0.0(0.0%)	54.7
2	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	380.3(100.0%)	0.0(0.0%)	380.4
1	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	895.4(100.0%)	0.0(0.0%)	895.4

表 2-103 Y 向框架柱、短肢墙地震倾覆弯矩

(单位: kN·m)及百分比(抗规方式)

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	支撑	合计
3	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	45.1(100.0%)	0.0(0.0%)	45.1
2	1	0.1(0.0%)	0.0(0.0%)	344.7(100.0%)	0.0(0.0%)	344.8
1	1	0.1(0.0%)	0.0(0.0%)	818.9(100.0%)	0.0(0.0%)	819.0

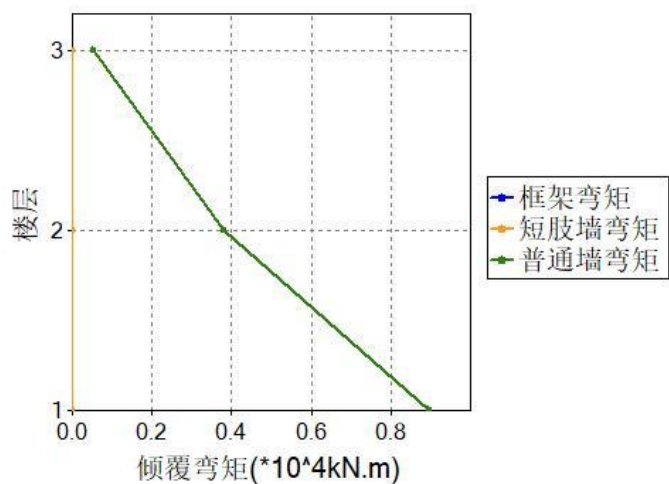


图 2-6 X 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

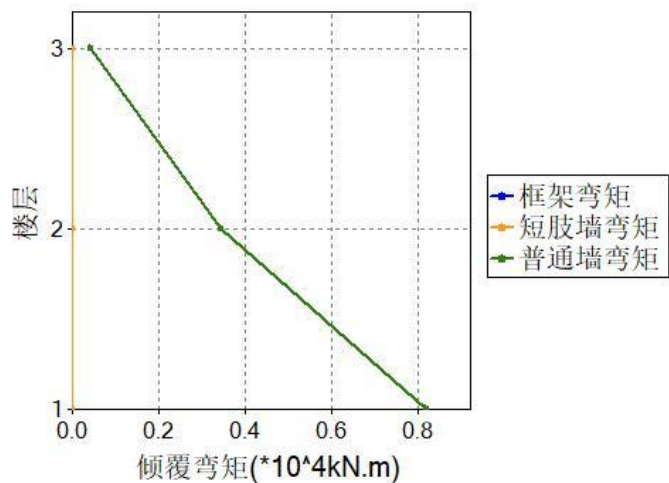


图 2-7 Y 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

2.6.7 规定水平力下倾覆弯矩统计(轴力方式)

表 2-104 X 向框架柱、短肢墙地震倾覆弯矩(单位: kN.m)
及百分比(轴力方式)

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	支撑	合计
3	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	54.7(100.0%)	0.0(0.0%)	54.7
2	1	0.2(0.0%)	0.0(0.0%)	371.6(100.0%)	0.0(0.0%)	371.7
1	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	896.5(100.0%)	0.0(0.0%)	896.5

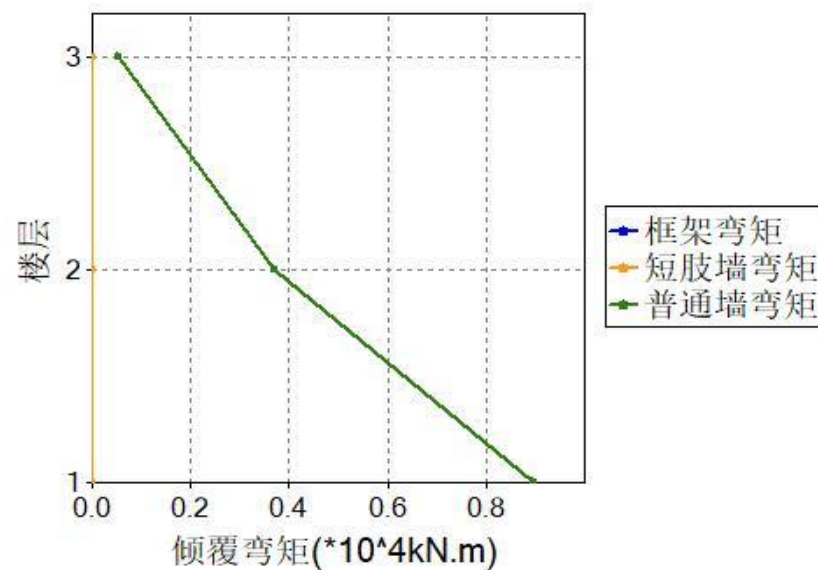


图 2-8 X 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

表 2-105 Y 向框架柱、短肢墙地震倾覆弯矩
(单位: kN.m) 及百分比(轴力方式)

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	支撑	合计
3	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	45.1(100.0%)	0.0(0.0%)	45.1

2	1	0.2 (0.1%)	0.0 (0.0%)	341.3 (99.9%)	0.0 (0.0%)	341.5
1	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	818.0 (100.0%)	0.0 (0.0%)	818.0

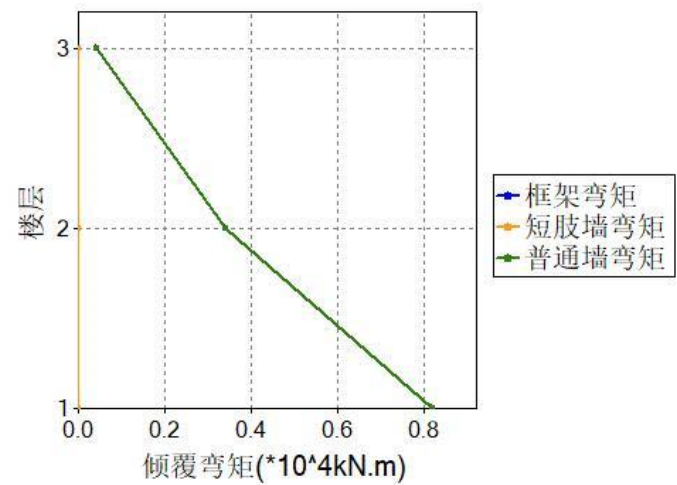


图 2-9 Y 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

表 2-106 预制墙规定水平力剪力及百分比(单位：kN)

层号	塔号	X 向		Y 向
		墙剪力	总剪力	墙剪力
3	1	17.7 (97.36%)	18.2	14.8 (81.09%)
2	1	98.3 (99.58%)	98.7	90.4 (91.62%)
1	1	142.1 (99.35%)	143.1	130.7 (91.38%)

Ratio：柱剪力百分比

BVRatio：柱剪力与分段基底剪力百分比

表 2-107 X 向地震剪力(单位：kN)及百分比

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	Ratio	BVRatio
3	1	0.0	18.2	18.2	0.00%	0.00%
2	1	0.0	98.7	98.7	0.02%	0.02%
1	1	0.0	143.1	143.1	0.00%	0.00%

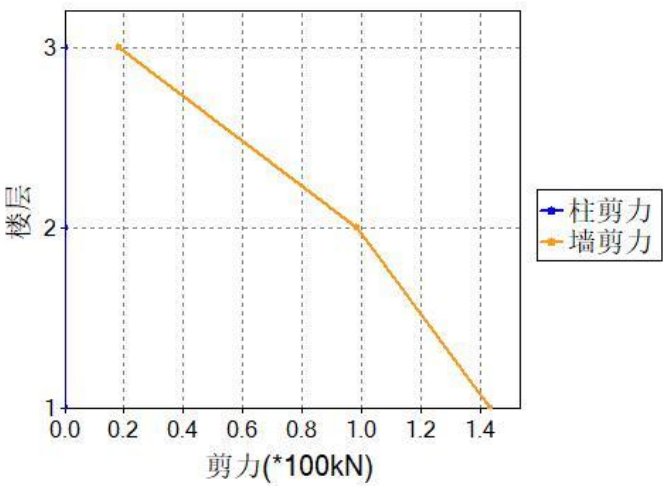


图 2-10 X 向地震下剪力简图(塔 1)

表 2-108 Y 向地震剪力(单位：kN)及百分比

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	Ratio	BVRatio
3	1	0.0	15.0	15.0	0.00%	0.00%
2	1	0.0	90.8	90.8	0.02%	0.02%

1	1	0.0	131.7	131.7	0.00%	0.00%
---	---	-----	-------	-------	-------	-------

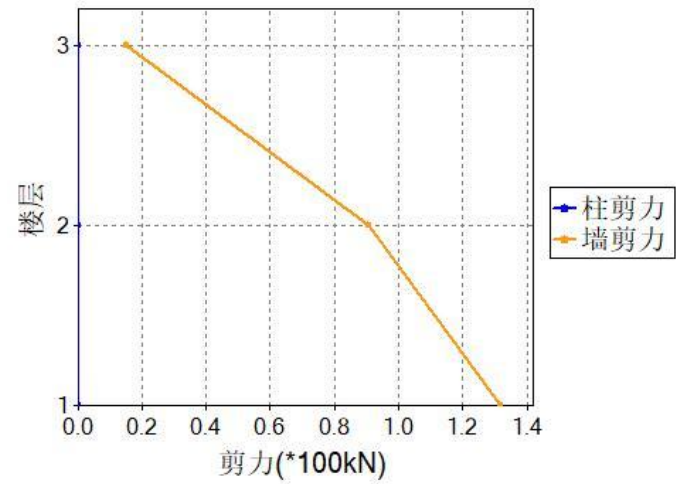


图 2-10 X 向地震下剪力简图(塔 1)

2.6.8 地震外力、层剪力、倾覆弯矩统计

地震外力、层剪力单位：kN

倾覆弯矩单位：kN.m

表 2-109 EX、EY 地震外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 FX	层剪力 VX	倾覆弯矩 MX	层外力 FY	层剪力 VY	倾覆弯矩 MY
3	1	18.2	18.2	54.7	15.0	15.0	45.1
2	1	83.7	98.7	373.4	79.3	90.8	336.8
1	1	50.9	143.1	882.7	42.6	131.7	807.5

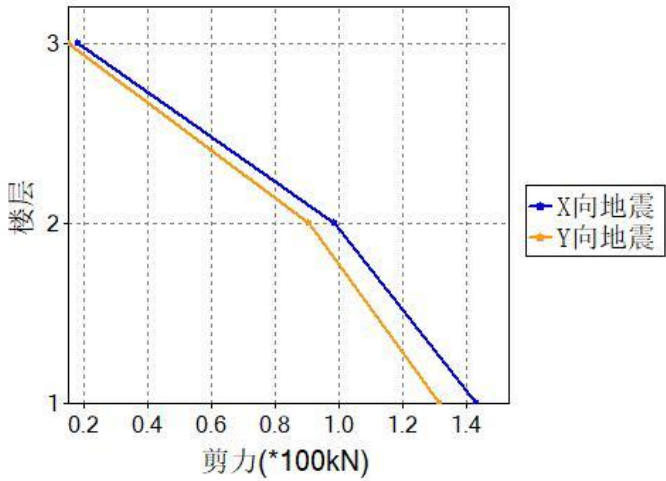


图 2-12 地震作用下楼层剪力简图(塔 1)

表 2-110 最不利地震外力、层剪力、倾覆弯矩统计

层号	塔号	层外力 FX	层剪力 VX	倾覆弯矩 MX	层外力 FY	层剪力 VY	倾覆弯矩 MY
3	1	15.1	15.1	45.4	16.4	16.4	49.1
2	1	88.7	102.2	378.9	79.2	92.9	349.6
1	1	54.1	148.7	908.7	42.2	134.1	830.0

2.7 工况、组合

2.7.1 工况设定

表 2-111 工况设定

工况简称	工况详称
X 地震	EX -- X 方向地震作用下的标准内力
X 地震正偏	EX+ -- X 方向(+5%偏心)地震作用下的标准内力
X 地震负偏	EX- -- X 方向(-5%偏心)地震作用下的标准内力
Y 地震	EY -- Y 方向地震作用下的标准内力
Y 地震正偏	EY+ -- Y 方向(+5%偏心)地震作用下的标准内力
Y 地震负偏	EY- -- Y 方向(-5%偏心)地震作用下的标准内力
X 地震最不利	EXMAX -- X 方向最不利地震作用下的标准内力
Y 地震最不利	EYMAX -- Y 方向最不利地震作用下的标准内力
+X 风	+WX -- +X 方向风荷载作用下的标准内力
-X 风	-WX -- -X 方向风荷载作用下的标准内力
+Y 风	+WY -- +Y 方向风荷载作用下的标准内力
-Y 风	-WY -- -Y 方向风荷载作用下的标准内力
恒载	DL -- 恒载作用下的标准内力
活载	LL -- 活载作用下的标准内力
活荷不利 1	LL1 -- 考虑活载随机作用时梁负弯矩包络的标准内力
活荷不利 2	LL2 -- 考虑活载随机作用时梁正弯矩包络的标准内力

2.7.2 荷载组合表

表 2-112 是否为非线性组合

组合号	恒载	活载	+X 风	-X 风	+Y 风	-Y 风	X 地震	Y 地震	非线性
1	1.30	1.50							否
2	1.00	1.50							否
3	1.30		1.50						否
4	1.30			1.50					否
5	1.30				1.50				否
6	1.30					1.50			否
7	1.30	1.50	0.90						否
8	1.30	1.50		0.90					否
9	1.30	1.50			0.90				否
10	1.30	1.50				0.90			否
11	1.30	1.05	1.50						否
12	1.30	1.05		1.50					否
13	1.30	1.05			1.50				否
14	1.30	1.05				1.50			否
15	1.00		1.50						否
16	1.00			1.50					否
17	1.00				1.50				否
18	1.00					1.50			否
19	1.00	1.50	0.90						否

20	1.00	1.50		0.90					否
21	1.00	1.50			0.90				否
22	1.00	1.50				0.90			否
23	1.00	1.05	1.50						否
24	1.00	1.05		1.50					否
25	1.00	1.05			1.50				否
26	1.00	1.05				1.50			否
27	1.30	0.65					1.40		否
28	1.30	0.65					1.40		否
29	1.30	0.65						1.40	否
30	1.30	0.65						1.40	否
31	1.00	0.50					1.40		否
32	1.00	0.50					1.40		否
33	1.00	0.50						1.40	否
34	1.00	0.50						1.40	否

2.8 整体指标统计

2.8.1 周期比

《高规》3.4.5 条规定：结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比,A 级高度高层建筑不应

大于 0.9，B 级高度高层建筑、超过 A 级高度的混合结构及本规程第 10 章所指的复杂高层建筑不应大于 0.85。

《抗规》3.4.1 条文说明对于特别不规则项目的定义为：扭转周期比大于 0.9，混合结构扭转周期比大于 0.85。

本项目周期比限值为 0.9。

第 1 扭转周期(0.0359)/第 1 平动周期(0.0586) = 0.61

该结构周期比满足要求。

2.8.2 层刚度统计(各层刚心、偏心率、相邻层侧移刚度比等计算信息)

Xstif,Ystif(m):	刚心的 X, Y 坐标值
Alf(Degree):	层刚性主轴的方向
Xmass,Ymass(m):	质心的 X, Y 坐标值
Gmass(t):	总质量
Eex,Eey:	X, Y 方向的偏心率

表 2-113 层刚度统计

层号	塔号	Xstif,Ystif	Alf	Xmass,Ymass	Gmass	Eex,Eey
3	1	17.04, 10.56	0.00	17.04, 9.70	13.02	0.431, 0.000
2	1	14.99, 7.55	45.00	16.98, 6.45	164.80	0.170, 0.342
1	1	15.81, 6.97	45.00	16.86, 6.17	196.40	0.123, 0.170

《高规》3.5.2-1 条规定：对框架结构, 楼层与其相邻上层的侧向刚度比 γ_1 可按式 (3.5.2-1) 计算, 且本层与相邻上层的比值不宜小于 0.7, 与相邻上部三层刚度平均值的比值不宜小于 0.8。

《高规》3.5.2-2 条规定：对框架-剪力墙、板柱-剪力墙结构、剪力墙结构、框架-核心筒结构、筒中筒结构, 楼层与其相邻上层的侧向刚度比 γ_2 可按式 (3.5.2-2) 计算, 且本

层与相邻上层的比值不宜小于 0.9; 当本层层高大于相邻上层层高的 1.5 倍时, 该比值不宜小于 1.1; 对结构底部嵌固层, 该比值不宜小于 1.5。

《抗规》表 3.4.3-2 对于侧向刚度不规则的定义为：该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%, 或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%。

Ratx, Raty: X, Y 方向本层塔侧移刚度与下一层相应塔侧移刚度的比值(剪切刚度)

Ratx1, Raty1: X, Y 方向本层塔侧移刚度与上一层相应塔侧移刚度 70%的比值或上三层平均侧移刚度 80%的比值中之较小者

Ratx2, Raty2: X, Y 方向本层塔侧移刚度与上一层相应塔侧移刚度 90%、110%或者 150%比值。110%指当本层层高大于相邻上层层高 1.5 倍时, 150%指嵌固层

RJX1, RJY1, RJZ1: 结构总体坐标系中塔的侧移刚度和扭转刚度(剪切刚度), 单位: kN/m

RJX3, RJY3, RJZ3: 结构总体坐标系中塔的侧移刚度和扭转刚度(地震剪力与地震层间位移的比), 单位: kN/m

Rs: 薄弱层地震剪力放大系数

表 2-114 薄弱层地震剪力放大系数

层号	塔号	Ratx	Raty	Ratx1	Raty1	Ratx2	Raty2	RJX1	RJY1	RJX3	RJY3	Rs
3	1	0.13	0.14	1.00	1.00	1.00	1.00	1292368.75	1912032.13	245543.30	357361.28	1.00
2	1	0.80	1.00	22.97	14.79	19.66	12.65	9617603.00	13664475.00	3948812.25	3699622.75	1.00
1	1	1.00	1.00	2.62	2.82	1.34	1.43	12029814.00	13622664.00	7251759.00	7293744.50	1.00

X 方向最小刚度比: 1.0000(3 层 1 塔)

Y 方向最小刚度比: 1.0000(3 层 1 塔)

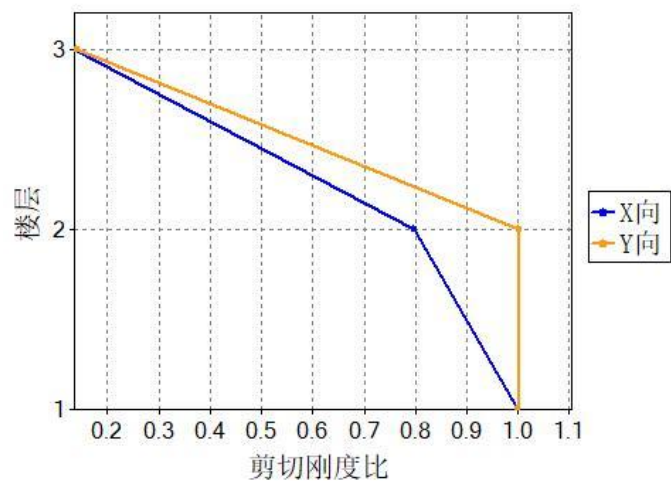


图 2-13 多方向剪切刚度比简图(塔 1)

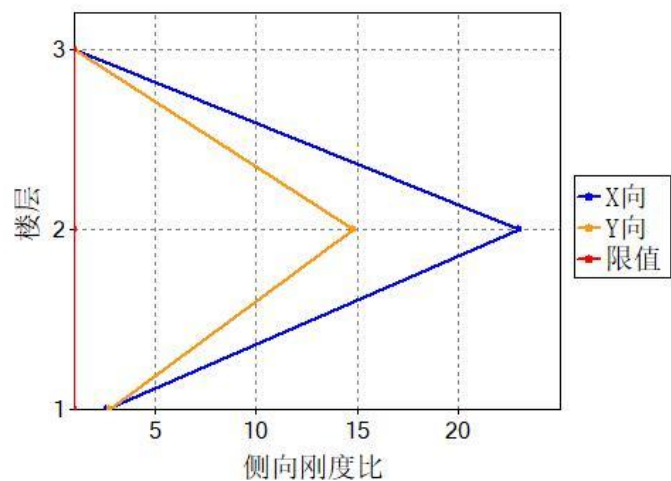


图 2-14 多方向侧向刚度比简图(塔 1)

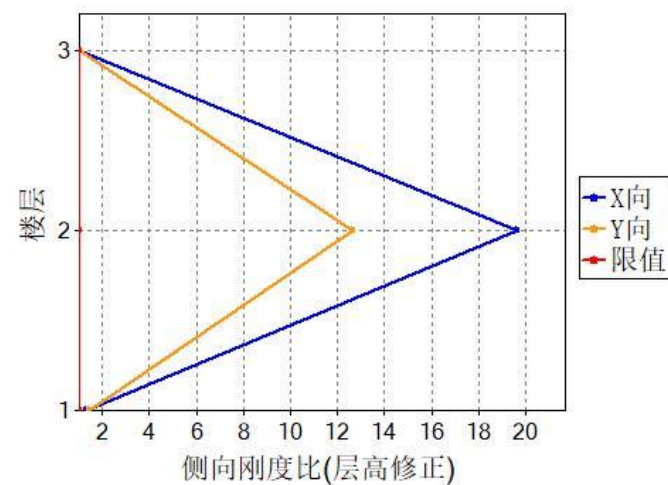


图 2-15 多方向侧向刚度比(层高修正)简图(塔 1)

2.8.3 结构整体稳定验算

刚度单位:	kN/m
层高单位:	m
上部重量单位:	kN

表 2-115 地震

层号	塔号	X 向刚重比 E	Y 向刚重比
1	1	503.226	631.650

该结构刚重比 EJ_d/GH^{**2} 大于 1.4, 能够通过《高规》5.4.4 条的整体稳定验算

该结构刚重比 EJ_d/GH^{**2} 大于 2.7，满足《高规》5.4.1，可以不考虑重力二阶效应

表 2-116 风荷载

层号	塔号	X 向刚重比	Y 向刚重比
1	1	660.517	876.865

该结构刚重比 EJ_d/GH^{**2} 大于 1.4，能够通过《高规》5.4.4 条的整体稳定验算

该结构刚重比 EJ_d/GH^{**2} 大于 2.7，满足《高规》5.4.1，可以不考虑重力二阶效应

2.8.4 结构整体抗倾覆验算

《高规》12.1.7 条，在重力荷载与水平荷载标准值或重力荷载代表值与多遇水平地震标准值共同作用下，高宽比大于 4 的高层建筑，基础底面不宜出现零应力区；高宽比不大于 4 的高层建筑，基础底面与地基之间零应力区面积不应超过基础底面面积的 15%。

《抗规》4.2.4 条规定：高度比大于 4 的高层建筑，在地震作用下基础底面不宜出现脱离区(零应力区)；其他建筑，基础底面与地基土之间脱离区(零应力区)面积不应超过基础底面面积的 15%。

表 2-117 结构整体抗倾覆验算(单位：kN·m)

层号	塔号	工况	抗倾覆力矩 Mr	倾覆力矩 Mov	比值 Mr/Mov	零应力区 (%)
1	1	X 向风	24357.127	340.367	71.56	0.00
		Y 向风	15186.609	468.899	32.39	0.00
		X 地震	23677.008	1888.469	25.08	0.00
		Y 地震	14762.557	1738.709	16.98	0.00

2.8.5 楼层抗剪承载力验算

《高规》3.5.3 条规定：A 级高度高层建筑的楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不宜小于其相邻上一层受剪承载力的 80%，不应小于其相邻上一层受剪承载力的 65%；B 级高度高层建筑的楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不应小于其相邻上一层受剪承载力的 75%。

《抗规》表 3.4.3-2 条竖向不规则定义：抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一层的 80%。

《抗规》3.4.4-2 条规定：楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一楼层的 65%。

结构设定的限值是 80.00%。并无楼层承载力突变的情况。

表 2-118 楼层抗剪承载力验算(单位：kN)

层号	塔号	X 向承载力	Y 向承载力	Ratio_X	Ratio_Y
----	----	--------	--------	---------	---------

3	1	534.4	705.8	1.00	1.00
2	1	3822.7	5044.1	7.15	7.15
1	1	4785.1	5351.2	1.25	1.06

注：Ratio_X, Ratio_Y 表示本层与上一层的承载力之比

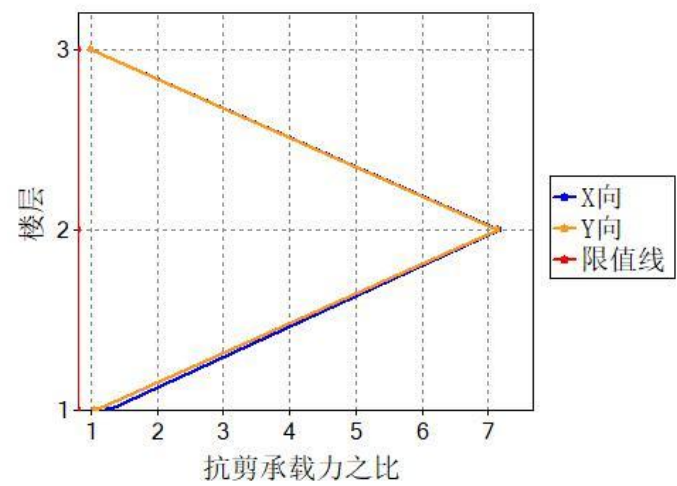


图 2-16 多方向抗剪承载力比简图(塔 1)

2.8.6 薄弱层信息

表 2-119 薄弱层

层号	塔号
----	----

2.8.7 剪重比调整系数

《高规》4.3.12 条规定：7 度(0.1g)设防地区，X 向楼层剪重比不应小于 1.60%，Y 向楼层剪重比不应小于 1.60%。

《抗规》5.2.5 条规定：7 度(0.1g)设防地区，X 向楼层剪重比不应小于 1.60%，Y 向楼层剪重比不应小于 1.60%。

表 2-120 各楼层地震剪力系数调整情况

[抗震规范(5.2.5)验算]

层号	塔号	X 向调整系数	Y 向调整系数	调整后 X 向剪力	调整后 Y 向剪力
3	1	1.00	1.00	18.23	15.04
2	1	1.00	1.00	98.69	90.81
1	1	1.00	1.00	143.07	131.72

2.8.8 0.2V0 调整系数

表 2-121 0.2V0 调整

层号	塔号	X 向调整系数	Y 向调整系数
1	1	1.000	1.000
2	1	1.500	1.500
3	1	1.000	1.000

2.8.9 风振舒适度验算

根据《高规》3.7.6 条：房屋高度不小于 150m 的高层混凝土建筑结构应满足风振舒适度要求。在 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值对于住宅、公寓不应超过 0.15 m/s²，对于办公、旅馆不应超过 0.25 m/s²。

《高钢规》3.5.5 条规定：房屋高度不小于 150m 的高层民用建筑钢结构在 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值对于住宅、公寓不应超过 0.20m/s^2 ，对于办公、旅馆不应超过 0.28m/s^2 。本项目最大加速住宅、公寓取 0.15m/s^2 ，办公、旅馆取 0.25m/s^2 。具体的计算方法依据《荷载规范》附录 J。

表 2-122 顶点最大加速度

塔号	按<<荷载规范>>附录 J 计算
1	X 向顺风向 (m/s ²)= 0.013
	X 向横风向 (m/s ²)= 0.000
	Y 向顺风向 (m/s ²)= 0.018
	Y 向横风向 (m/s ²)= 0.001

2.8.10 位移角和位移比

《高规》3.7.3 条规定：楼层层间最大位移与层高之比的限值如下：

1、 高度不大于 150m 的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于表 3.7.3 的限值。

表 2-123 楼层层间最大位移与层高之比的限值
[高规(3.7.3)]

结构体系	$\Delta u/h$ 限值
框架	1/550
框架-剪力墙、框架-核心筒、板柱-剪力墙	1/800
筒中筒、剪力墙	1/1000
除框架结构外的转换层	1/10000

2、 高度不小于 250m 的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 不宜大于 1/500。

3、 高度在 150m~250m 之间的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u/h$ 的限值可按本条第 1 款和第 2 款的限值线性取用。

《高规》3.4.5 条规定：结构在考虑偶然偏心影响的规定水平地震力作用下，楼层竖向构件最大的水平位移和层间位移，A 级高度高层建筑不宜大于该楼层平均值的 1.2 倍，不应大于该楼层平均值的 1.5 倍；B 级高度高层建筑、超过 A 级高度的混合结构及复杂高层建筑不宜大于该楼层平均值的 1.2 倍，不应大于该楼层平均值的 1.4 倍。

《抗规》5.5.1 条规定：弹性层间位移角的限值如下表：

表 2-124 弹性层间位移角限值[抗规(5.5.1)]

结构体系	$\Delta u/h$ 限值
------	-----------------

钢筋混凝土框架	1/550
钢筋混凝土框架-剪力墙、板柱-剪力墙、框架-核心筒	1/800
钢筋混凝土抗震墙、筒中筒	1/1000
钢筋混凝土框支层	1/1000
多、高层钢结构	1/250

《抗规》表 3.4.3-1 规定，在具有偶然偏心的规定水平力作用下，楼层两端抗侧力构件弹性水平位移（或层间位移）的最大值与平均值的比值大于 1.2。

《抗规》3.4.4 条规定：扭转不规则时，应计入扭转影响，且在具有偶然偏心的规定水平力作用下，楼层两端抗侧力构件弹性水平位移或层间位移的最大值与平均值的比值不宜大于 1.5，当最大层间位移远小于规范限值时，可适当放宽。

单位:	mm
h:	层高
Max-(X) , Max-(Y) :	X, Y 方向的节点最大位移
Ave-(X) , Ave-(Y) :	X, Y 方向的层平均位移
Max-Dx , Max-Dy:	X, Y 方向的最大层间位移
Ave-Dx , Ave-Dy:	X, Y 方向的平均层间位移
Ratio-(X), Ratio-(Y) :	最大位移与层平均位移的比值
Ratio-Dx, Ratio-Dy:	最大层间位移与平均层间位移的比值
Max-Dx/h, Max-Dy/h:	X, Y 方向的最大层间位移角

2.8.10.1 风荷载和地震作用

表 2-125 X 方向地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max/(X)	Ave/(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.13	0.11	0.09	0.08	1/9999	3000.00
2	1	0.05	0.04	0.03	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角：1/9999(3 层 1 塔)

表 2-126 X 双向地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.13	0.12	0.10	0.08	1/9999	3000.00
2	1	0.05	0.05	0.03	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角：1/9999(3 层 1 塔)

表 2-127 X+偶然偏心地震作用下的楼层最大位移

这号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.12	0.11	0.09	0.07	1/9999	3000.00
2	1	0.05	0.04	0.03	0.02	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角：1/9999(3 层 1 塔)

表 2-128 X- 偶然偏心地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
----	----	---------	---------	--------	--------	----------	---

3	1	0.13	0.12	0.09	0.08	1/9999	3000.00
2	1	0.05	0.05	0.03	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-129 Y 方向地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.08	0.08	0.04	0.04	1/9999	3000.00
2	1	0.07	0.04	0.04	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.03	0.02	0.03	0.02	1/9999	3600.00

Y 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-130 Y 双向地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.09	0.09	0.05	0.04	1/9999	3000.00
2	1	0.07	0.05	0.04	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.03	0.02	0.03	0.02	1/9999	3600.00

Y 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-131 Y+ 偶然偏心地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.09	0.08	0.04	0.04	1/9999	3000.00
2	1	0.07	0.05	0.04	0.03	1/9999	3300.00

1	1	0.03	0.02	0.03	0.02	1/9999	3600.00
---	---	------	------	------	------	--------	---------

Y 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-134 Y- 偶然偏心地震作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.09	0.08	0.05	0.04	1/9999	3000.00
2	1	0.06	0.04	0.04	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

Y 向最大层间位移角 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-135 最不利地震方向 30.51808 下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.12	0.10	0.08	0.06	1/9999	3000.00
2	1	0.07	0.05	0.04	0.03	1/9999	3300.00
1	1	0.03	0.02	0.03	0.02	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-136 最不利地震方向 120.51808 下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.11	0.10	0.07	0.06	1/9999	3000.00
2	1	0.06	0.04	0.04	0.02	1/9999	3300.00
1	1	0.02	0.02	0.02	0.02	1/9999	3600.00

Y 向最大层间位移角: 1/9999 (3 层 1 塔)

表 2-137 +X 方向风荷载作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.03	0.03	1.11	0.02	0.02	1.00	1/9999	3000.0
2	1	0.01	0.01	1.07	0.01	0.01	1.00	1/9999	3300.0
1	1	0.01	0.01	1.07	0.01	0.01	1.00	1/9999	3600.0

X 向最大层间位移角：1/9999 (3 层 1 塔)

X 方向最大位移与层平均位移的比值：1.11 (3 层 1 塔)

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00 (3 层 1 塔)

表 2-138 -X 方向风荷载作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	Max-Dx/h	h
3	1	0.03	0.03	1.11	0.02	0.02	1.00	1/9999	3000.00
2	1	0.01	0.01	1.07	0.01	0.01	1.00	1/9999	3300.00
1	1	0.01	0.01	1.07	0.01	0.01	1.00	1/9999	3600.00

X 向最大层间位移角：1/9999 (3 层 1 塔)

X 方向最大位移与层平均位移的比值：1.11 (3 层 1 塔)

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00 (3 层 1 塔)

表 2-139 +Y 方向风荷载作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.03	0.03	1.01	0.01	0.01	1.00	1/9999	3000.00
2	1	0.02	0.02	1.24	0.01	0.01	1.00	1/9999	3300.00

1	1	0.01	0.01	1.18	0.01	0.01	1.00	1/9999	3600.00
---	---	------	------	------	------	------	------	--------	---------

Y 向最大层间位移角：1/9999(3 层 1)

Y 方向最大位移与层平均位移的比值：1.24(2 层 1 塔)

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-140 -Y 方向风荷载作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	Max-Dy/h	h
3	1	0.03	0.03	1.01	0.01	0.01	1.00	1/9999	3000.00
2	1	0.02	0.02	1.24	0.01	0.01	1.00	1/9999	3300.00
1	1	0.01	0.01	1.18	0.01	0.01	1.00	1/9999	3600.00

Y 向最大层间位移角：1/9999（3 层 1 塔）

Y 方向最大位移与层平均位移的比值：1.24（2 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-141 X 方向规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	h
3	1	0.13	0.12	1.11	0.09	0.07	1.00	3000.00
2	1	0.05	0.04	1.04	0.03	0.02	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.03	0.02	0.02	1.00	3600.00

X 方向最大位移与层平均位移的比值：1.11(3 层 1 塔)

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-142 X+偶然偏心规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	h
----	----	---------	---------	-----------	--------	--------	----------	---

3	1	0.13	0.12	1.13	0.09	0.08	1.00	3000.00
2	1	0.05	0.04	1.07	0.03	0.03	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.07	0.02	0.02	1.00	3600.00

X 方向最大位移与层平均位移的比值：1.13(3 层 1 塔)

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-145 X-偶然偏心规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	h
3	1	0.13	0.12	1.10	0.08	0.07	1.00	3000.00
2	1	0.04	0.04	1.00	0.02	0.02	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.01	0.02	0.02	1.00	3600.00

X 方向最大位移与层平均位移的比值：1.10(3 层 1 塔)

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-146 Y 方向规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
3	1	0.08	0.08	1.02	0.04	0.04	1.00	3000.00
2	1	0.05	0.04	1.30	0.03	0.02	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.21	0.02	0.02	1.00	3600.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值：1.30(2 层 1 塔)

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-147 Y+偶然偏心规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
3	1	0.09	0.08	1.03	0.04	0.04	1.00	3000.00
2	1	0.06	0.04	1.38	0.03	0.02	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.31	0.02	0.02	1.00	3600.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值：1.38(2 层 1 塔)

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

表 2-148 Y-偶然偏心规定水平力作用下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
3	1	0.08	0.08	1.00	0.04	0.04	1.00	3000.00
2	1	0.05	0.04	1.22	0.03	0.02	1.00	3300.00
1	1	0.02	0.02	1.11	0.02	0.02	1.00	3600.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值：1.22(2 层 1 塔)

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值：1.00(3 层 1 塔)

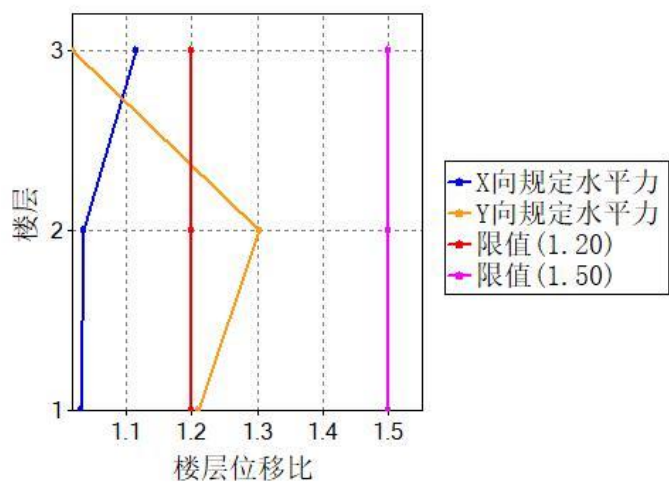


图 2-17 规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

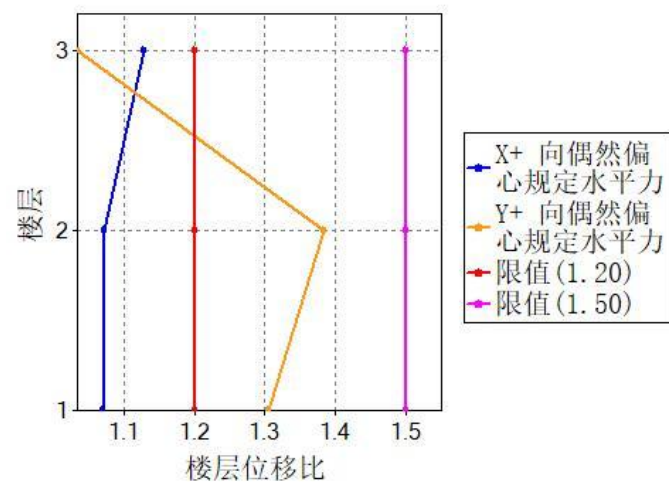


图 2-19 X+、Y+偶然偏心规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

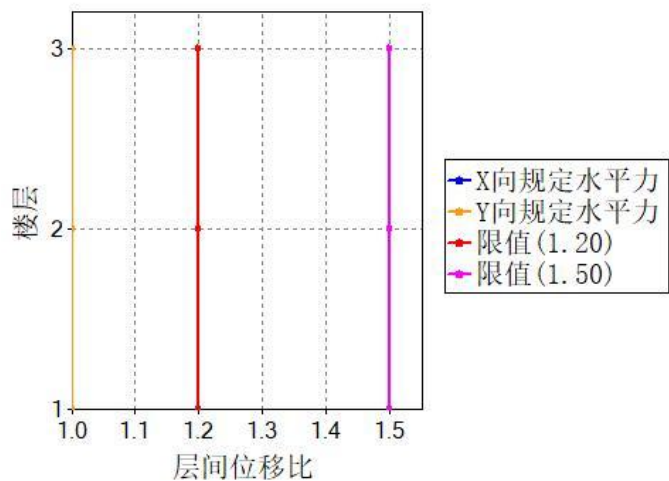


图 2-18 规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

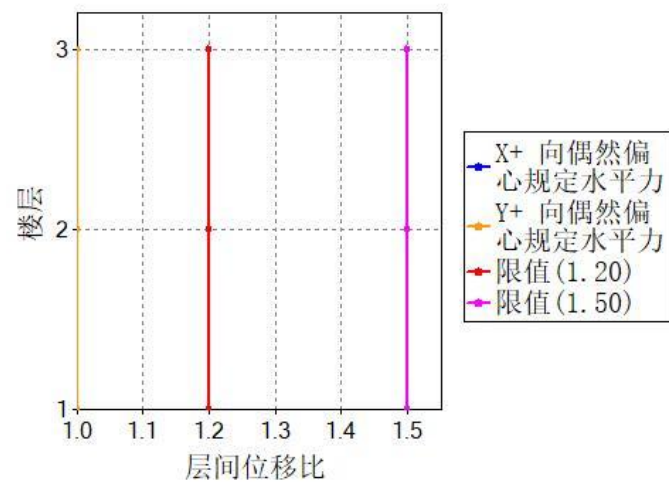


图 2-20 X+、Y+偶然偏心规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

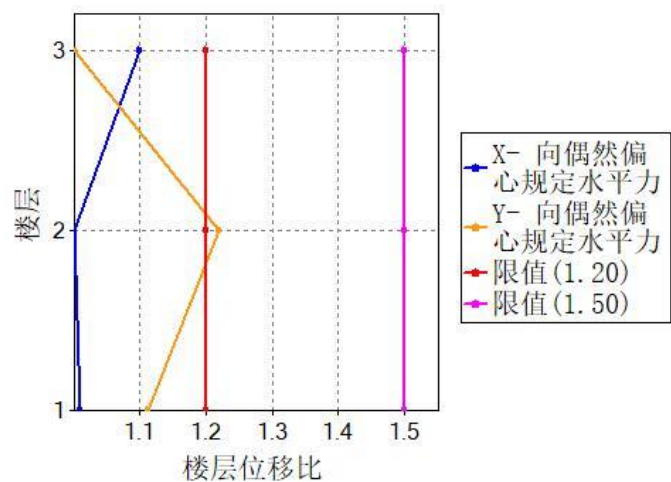


图 2-21 X-、Y-偶然偏心规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

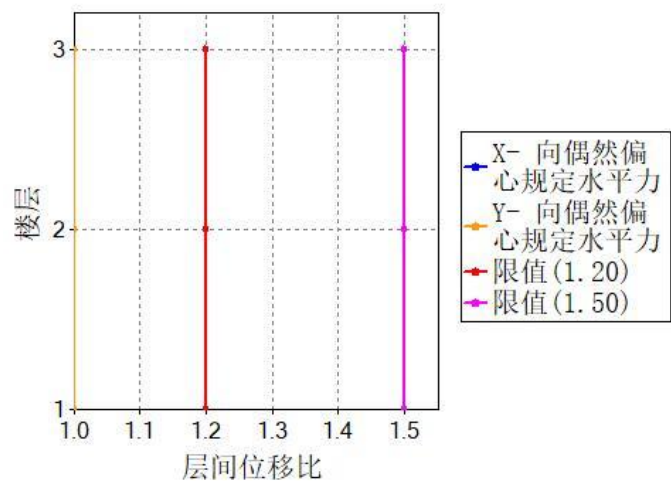


图 2-22 X-、Y-偶然偏心规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

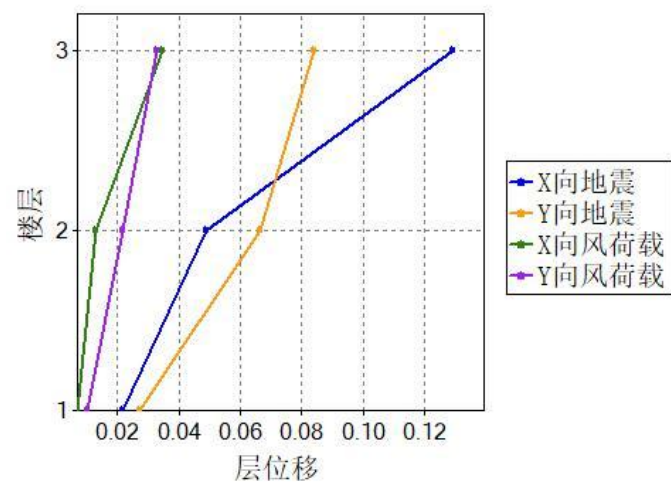


图 2-23 最大楼层位移简图(塔 1)

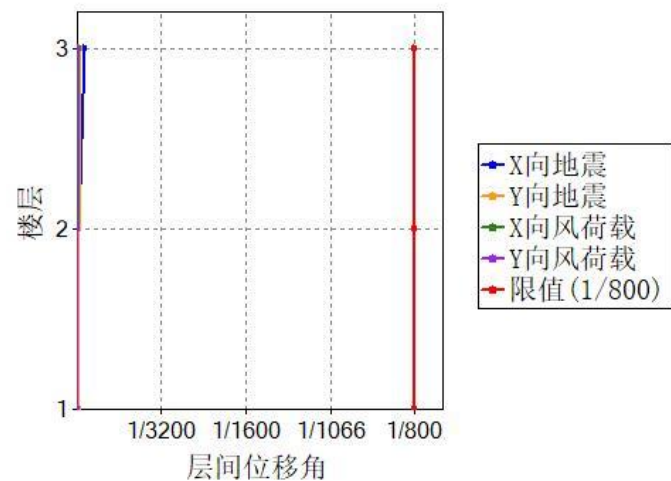
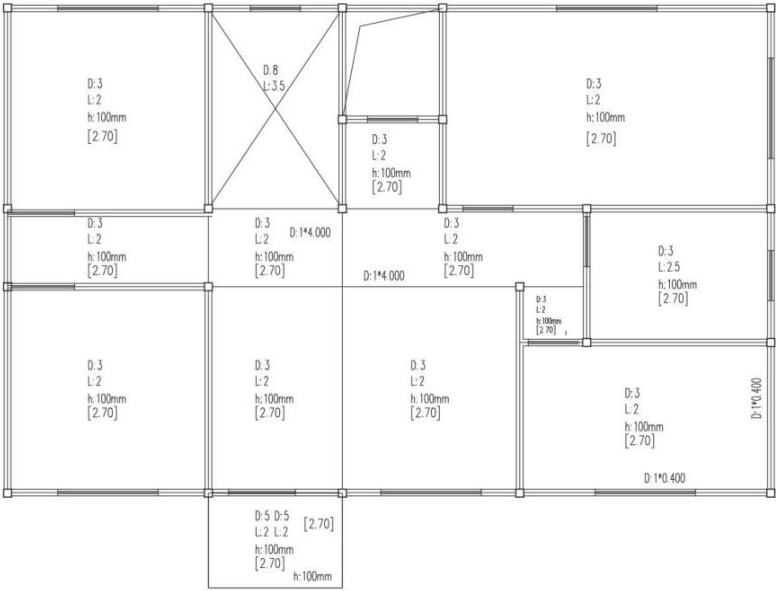


图 2-24 最大层间位移角简图(塔 1)

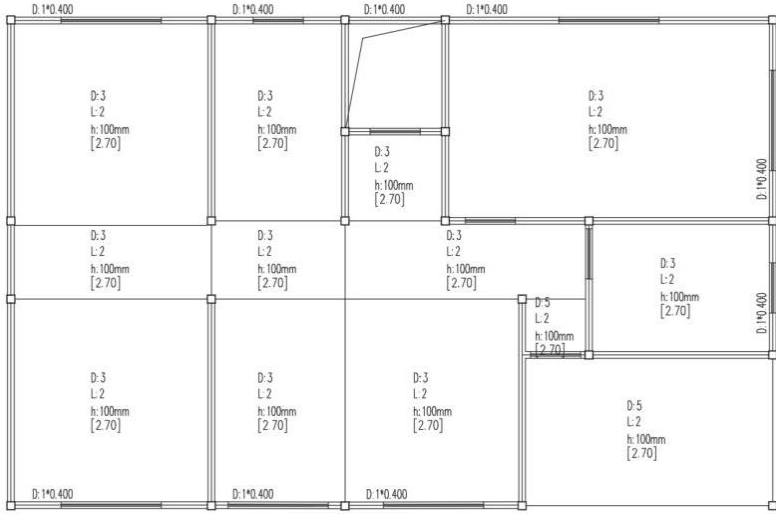
2.9 结构分析及设计结果简图

2.9.1 平面荷载简图



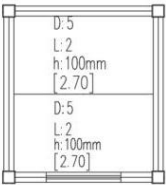
第 1 层（第 1 标准层）梁、墙、柱、节点荷载平面简图 [单位 KN]

[D:恒载 L:活载 R:人防荷载 h 楼板厚度 []中为楼板自重]



第 1 层（第 1 标准层）梁、墙、柱、节点荷载平面简图 [单位 KN]

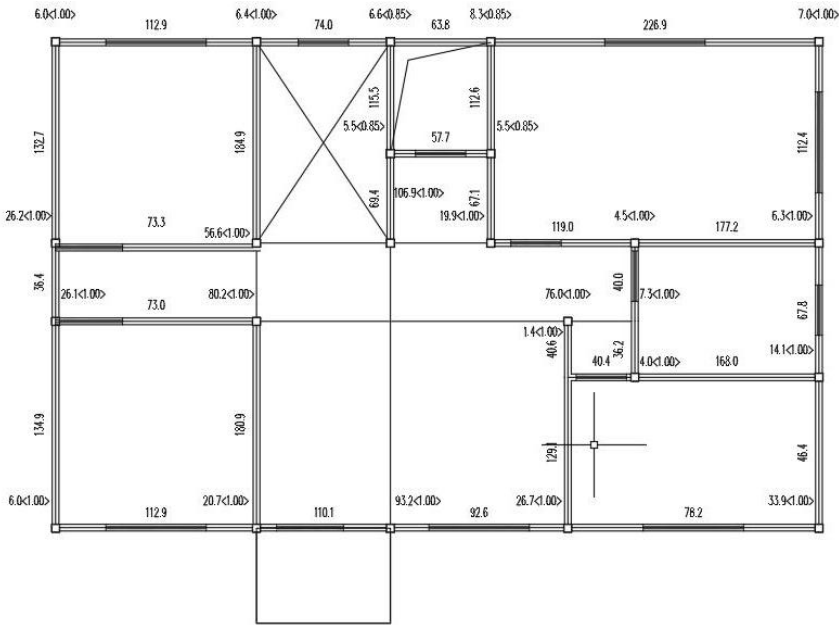
[D:恒载 L:活载 R:人防荷载 h 楼板厚度 []中为楼板自重]



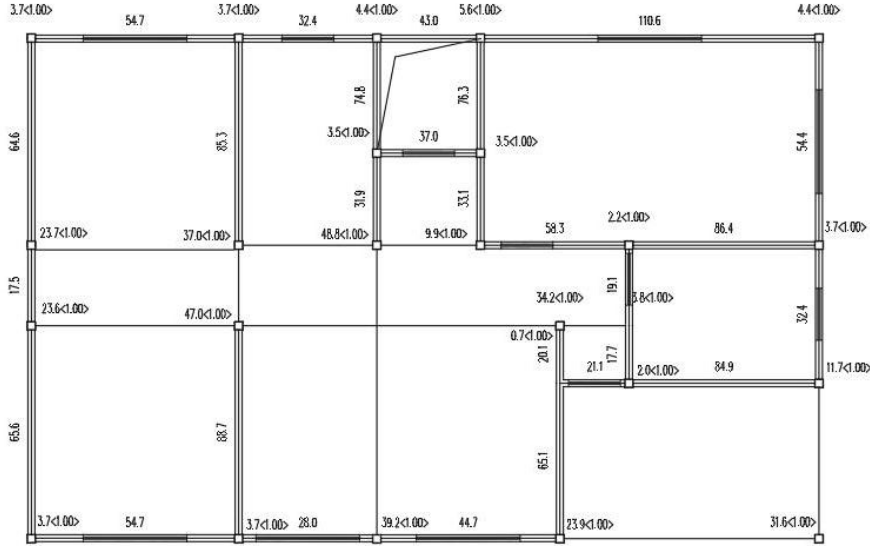
第 1 层（第 1 标准层）梁、墙、柱、节点荷载平面简图 [单位 KN]

[D:恒载 L:活载 R:人防荷载 h 楼板厚度 []中为楼板自重]

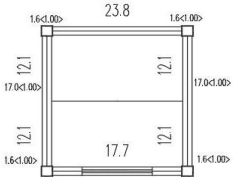
2.9.2 竖向荷载简图



第 3 层（第 3 标准层）竖向荷载简图 [单位 KN]

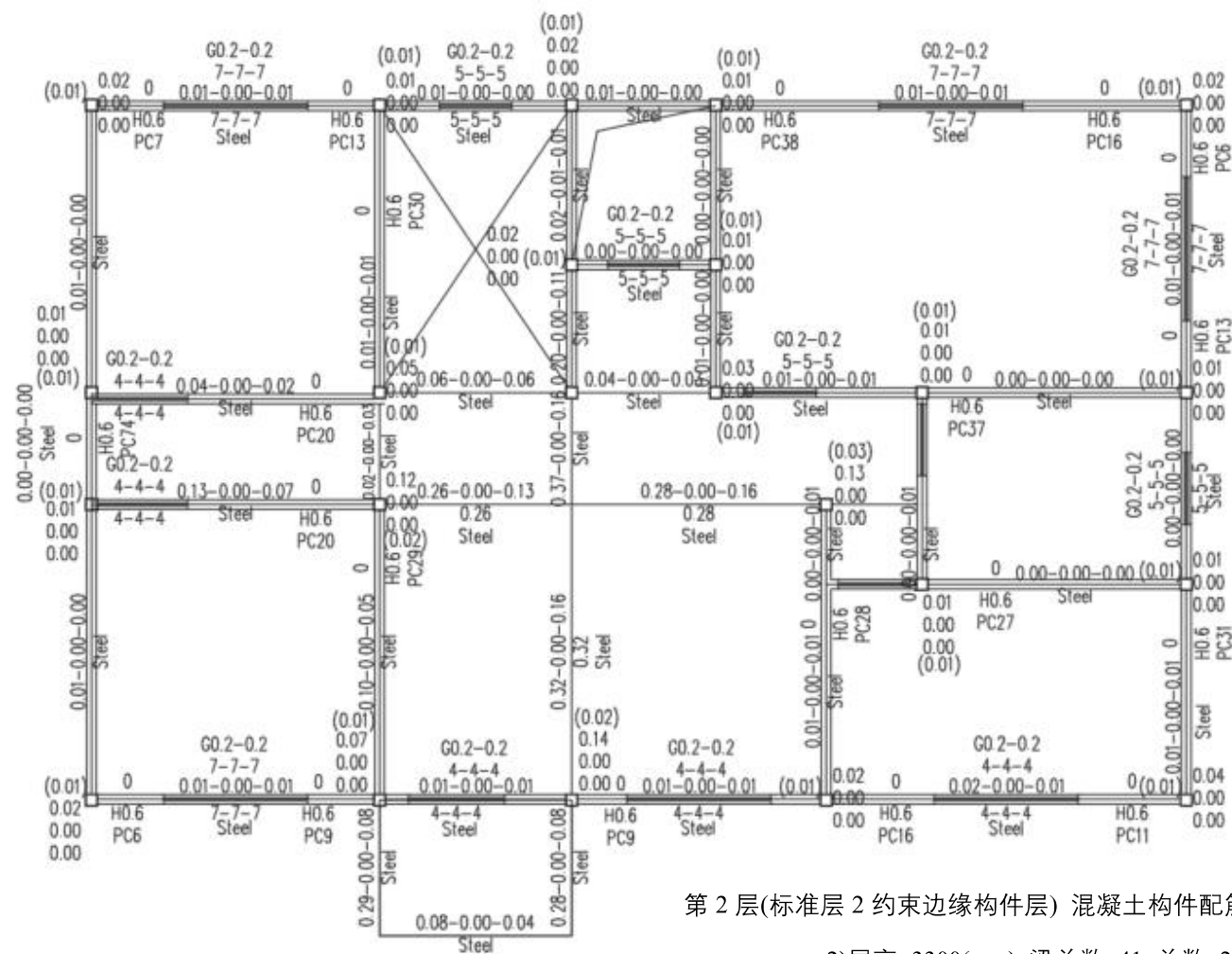


第 3 层（第 3 标准层）竖向荷载简图 [单位 KN]



第 3 层（第 3 标准层）竖向荷载简图 [单位 KN]

2.9.3 配筋简图



第 2 层(标准层 2 约束边缘构件层) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位

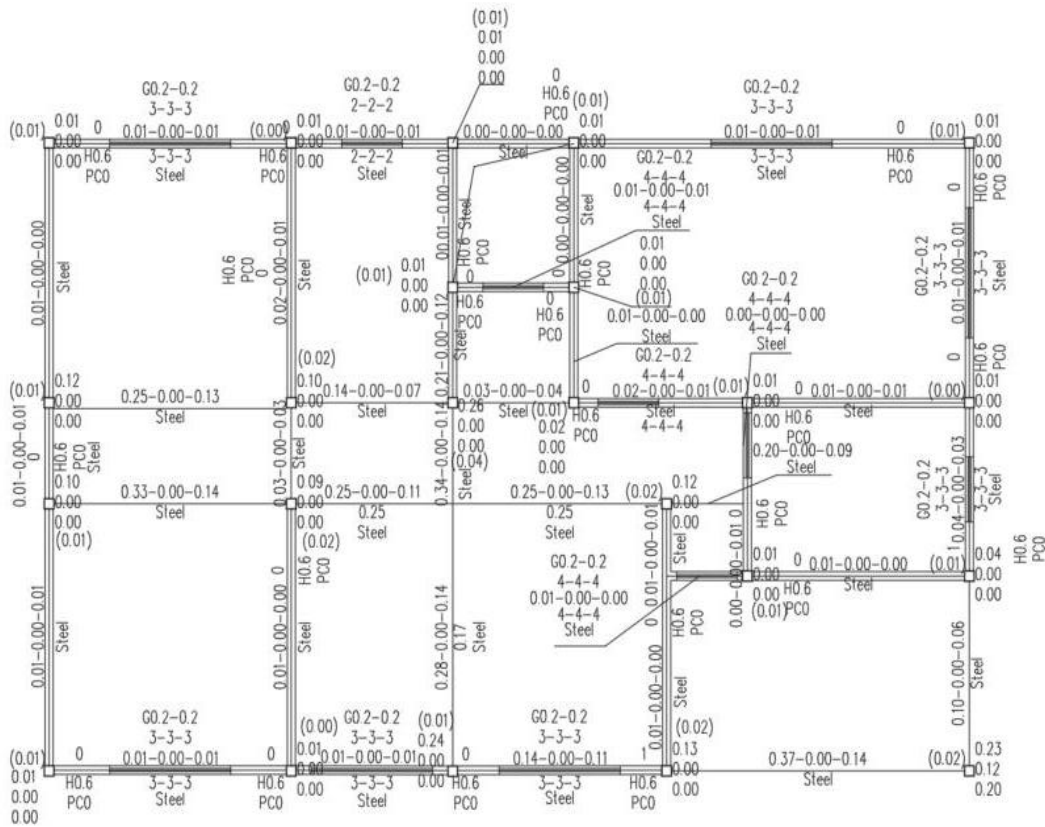
cm²)层高=3300(mm) 梁总数=41 总数=23 墙梁总数=12 墙总数=23

混凝土强度等级: 梁 Cb=Cc=墙 Cw=C30

主筋强度:梁 FIB=IC=墙 FIW=360

箍筋(分布筋)强度:梁=柱=墙水平=270 墙向=300 边缘构件=270

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.30%



第2层(标准层2约束边缘构件层) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位

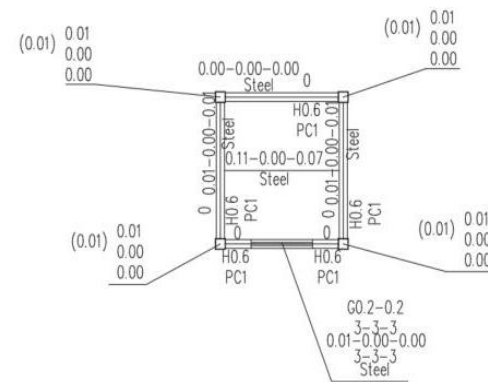
cm²)层高=3300(mm) 梁总数=41 总数=23 墙梁总数=12 墙总数=23

混凝土强度等级: 梁 Cb=Cc=墙 Cw=C30

主筋强度:梁 FIB=IC=墙 FIW=360

箍筋(分布筋)强度:梁=柱=墙水平=270 墙向=300 边缘构件=270

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.30%



第3层(标准层3约束边缘构件层) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位

cm²)层高=3000(mm) 梁总数=8 总数=4 墙梁总数=1 墙总数=5

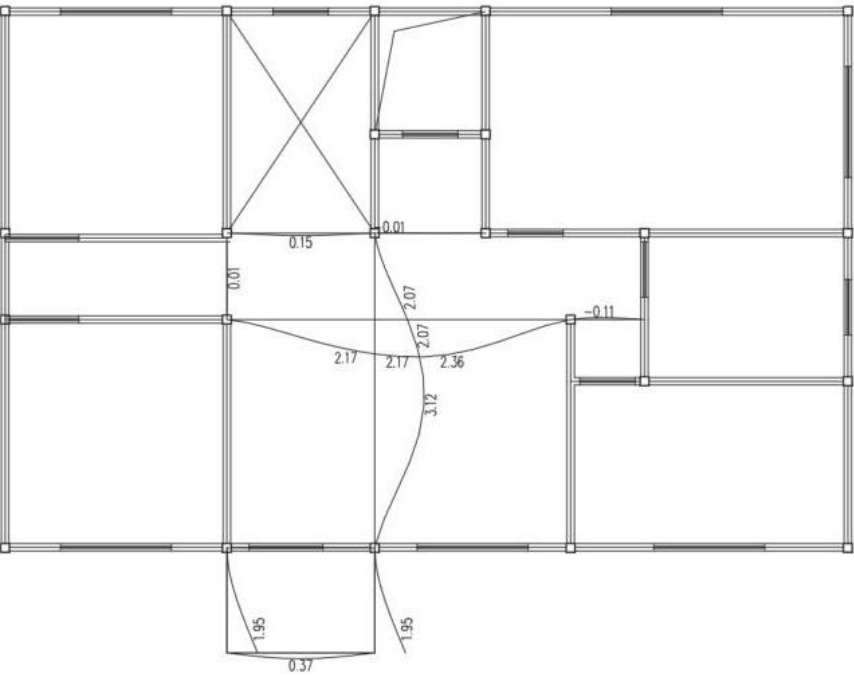
混凝土强度等级: 梁 Cb=Cc=墙 Cw=C30

主筋强度:梁 FIB=IC=墙 FIW=360

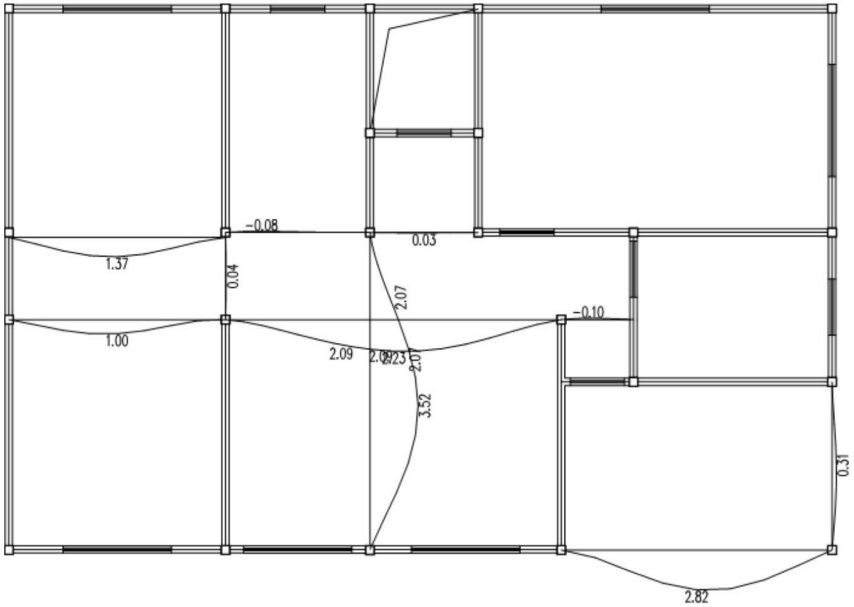
箍筋(分布筋)强度:梁=柱=墙水平=270 墙向=300 边缘构件=270

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.30%

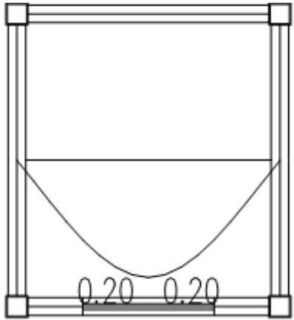
2.9.4 梁挠度简图（标准组合）



第 1 层 一层（标准层 1 约束边缘构建层） 梁弹性挠度简图（单位：mm）



第 2 层 二层（标准层 2 约束边缘构建层） 梁弹性挠度简图（单位：mm）



第 3 层 一层（标准层 3） 梁弹性挠度简图（单位：mm）