

F1-5# 工程 计 算 书

专 业： 结构

编制日期： 2024 年 3 月

审 核 人： 

专业负责人： 

校 对 人： 

设 计 人： 付晓凡

目录

第 1 章	设计依据	3
第 2 章	计算软件信息	3
第 3 章	设计参数	3
3.1	结构总体信息	3
3.2	计算控制信息	4
3.3	风荷载信息	4
3.4	地震信息	5
3.5	设计信息	5
3.6	活荷载信息	6
3.7	构件设计信息	6
3.8	包络设计	7
3.9	鉴定加固	7
3.10	装配式	7
3.11	材料信息	7
3.12	钢筋强度	7
3.13	地下室信息	7
3.14	荷载组合	8
第 4 章	结构基本信息	8
4.1	楼层属性	8
4.2	塔属性	8
4.3	构件统计	9
4.4	楼层质量	10
4.5	楼层尺寸、单位质量	12
4.6	软件版本	13
第 5 章	周期、振型	13
5.1	振型基本计算结果	13
5.2	振型阻尼比	15
5.3	X、Y 向地震单振型楼层反应力	15
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)	15
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)	34
5.4	X、Y 向地震单振型楼层剪力	52
5.5	X、Y 向地震 CQC 组合后结果	53
第 6 章	楼层风荷载、地震作用统计结果	54

6.1	风荷载信息	54
6.2	风荷载下框架剪力统计	56
6.3	风荷载下框架倾覆弯矩统计(抗规方式)	56
6.4	风荷载外力、层剪力、倾覆弯矩统计	57
6.5	规定水平力	59
6.6	规定水平力下倾覆弯矩统计(抗规方式)	59
6.7	规定水平力下倾覆弯矩统计(轴力方式)	60
6.8	规定水平力下预制墙剪力百分比	62
6.9	地震作用下框架剪力统计	62
6.10	地震外力、层剪力、倾覆弯矩统计	63
第 7 章	工况、组合	65
7.1	工况设定	65
7.2	荷载组合表	65
第 8 章	整体指标统计	66
8.1	周期比	66
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)	66
8.3	结构整体稳定验算	68
8.4	结构整体抗倾覆验算	68
8.5	楼层抗剪承载力验算	68
8.6	薄弱层信息	69
8.7	剪重比调整系数	69
8.8	位移角和位移比	70
8.9	0.2V0 调整系数	80
8.10	风振舒适度验算	80
第 9 章	结构分析及设计结果简图	81
9.1	结构平面简图	82
9.2	平面荷载简图	89
9.3	配筋简图	96
9.4	柱、墙轴压比简图	117
9.5	板计算面积简图	138
第 10 章	楼梯计算	144
10.1	AT1	144
10.2	CT1	146
10.3	BT1	149
10.4	AT2	151
10.5	AT3	154
10.6	DT1	157

10.7	BT2	159
10.8	CT3	162
10.9	LT2	165
第 11 章	挡土墙计算	172
11.1	DTQ1	172
11.2	DTQ2	179
11.3	DTQ3	184

第 1 章 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

第 2 章 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 V4.3.0

第 3 章 设计参数

3.1 结构总体信息

结构体系	剪力墙结构
结构材料信息	钢筋混凝土
结构所在地区	全国
地下室层数	2
嵌固端所在层号(层顶嵌固)	2
与基础相连构件最大底标高(m)	-6.000
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	是
凝聚局部楼层刚度时考虑的底部层数（0 表示全部楼层）	5
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
上部结构计算考虑基础结构	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
3.2 计算控制信息	
水平力与整体坐标夹角(°)	0.00
梁刚度放大系数按 2010《混凝土规范》取值	是
梁刚度放大系数上限	2.00
边梁刚度放大系数上限	1.50
连梁刚度折减系数(地震)	0.70
连梁刚度折减系数(风)	1.00
连梁按墙元计算控制跨高比	5.00
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	否
考虑柱端刚域	否
墙梁跨中节点作为刚性楼板从节点	否
结构计算时考虑楼梯刚度	否
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
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	是
是否自动划分多塔	否
地震内力按全楼弹性板 6 计算	否
自动计算现浇板自重	是
计算现浇空心板	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	是
楼板自重扣除与梁墙重叠部分	是
是否输出节点位移	否

是否考虑 P-Delt 效应	否
考虑整体缺陷	否
计算长度系数置为 1	否
考虑梁元 P-Delt 效应	否
进行屈曲分析	否
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
自定义控制参数	
求解器类型	Pardiso Couple
加载步骤数量	1
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

3.3 风荷载信息

使用直接指定的风洞试验结果	否
多方向风角度	
执行规范	GB50009-2012
地面粗糙程度	B
修正后的基本风压(kN/m2)	0.45
风荷载计算用阻尼比(%)	5.0
结构 X 向基本周期(s)	1.62
结构 Y 向基本周期(s)	1.77
承载力设计时风荷载效应放大系数	1.0
用于舒适度验算的风压(kN/m2)	0.30
用于舒适度验算的结构阻尼比(%)	2.0
考虑顺风向风振	是
多方向风角度	
考虑横向风振	否

考虑扭转风振	否
自动计算结构宽深	是
风荷载体型系数分段数	1
第一段	
最高层号	21
X 迎风	0.80
X 背风	-0.60
X 侧风	-0.70
X 挡风	1.00
Y 迎风	0.80
Y 背风	-0.60
Y 侧风	-0.70
Y 挡风	1.00

3.4 地震信息

设计地震分组	三
按地震动区划图 GB18306-2015 计算	否
设防烈度	7 (0.1g)
场地类别	III
特征周期(s)	0.65
周期折减系数	0.90
特征值分析类型	WYD-RITZ
振型数确定方式	程序自动确定
质量参与系数之和(%)	90.0
是否指定最多振型数量	是
最多振型数量	150
按主振型确定地震内力符号	否
砼框架抗震等级	三级
剪力墙抗震等级	三级
钢框架抗震等级	三级
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
阻尼比确定方法	全楼统一
结构的阻尼比(%)	5.0
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	等效扭矩法(传统法)
是否考虑双向地震扭转效应	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
使用自定义地震影响系数曲线	否
地震作用放大方法	全楼统一
全楼地震力放大系数	1.00
是否考虑性能设计	否

3.5 设计信息

是否按抗震规范 5.2.5 调整楼层地震力	是
是否扭转效应明显	否
是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
与柱相连的框架梁端 M、V 不调整	否
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	1
分段号	1

起始层号	3
终止层号	4
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
剪力墙端柱的面外剪力统计到框架部分	0
实配钢筋超配系数	1.15
框支柱调整上限	5.00
按层刚度比判断薄弱层方法	高规和抗规从严
底部嵌固楼层刚度比执行《高规》3.5.2-2	否
自动对层间受剪承载力突变形成的薄弱层放大调整	是
自动根据层间受剪承载力比值调整配筋至非薄弱	是
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
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
梁扭矩折减系数	0.40
实配钢筋超配系数	1.15
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

3.6 活荷载信息

柱、墙活荷载是否折减	是
计算截面以上层数	折减系数
1	1.00
2-3	0.85
4-5	0.70
6-8	0.65
9-20	0.60

20 层以上	0.55
楼面梁活荷载折减	不折减
考虑活荷不利布置的最高层号	21
梁活荷载内力放大系数	1.00

3.7 构件设计信息

柱配筋计算原则	单偏压
双偏压时角筋最大直径	32
连梁按对称配筋设计	是
抗震设计的框架梁端配筋考虑受压钢筋	是
矩形混凝土梁按 T 形梁配筋	否
按简化方法计算柱剪跨比（Hn/2h0）	是
墙柱配筋设计考虑端柱	是
墙柱配筋设计考虑翼缘墙	是
按双偏压配筋时腹板墙最大截面高宽比	12.00
按双偏压配筋时双偏压腹板墙最大截面高度(mm)	2400.00
与剪力墙面外相连的梁按框架梁设计	否
验算一级抗震墙施工缝	是
梁压弯设计控制轴压比	0.40
梁端配筋内力取值位置(0-节点，1-支座边)	0.00
钢构件截面净毛面积比	0.85
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
执行门规 GB51022 附录 A.0.8	否
不计算地震作用时按重力荷载代表值计算柱轴压比	否
框架柱的轴压比限值按框架结构采用	否
梁保护层厚度(mm)	25
柱保护层厚度(mm)	20
底部加强区全部设为约束边缘构件	否
归入阴影区的 λ /2 区最大长度	0.00
面外梁下生成暗柱边缘构件	全不生成

边缘构件合并距离 (mm)	200
短肢边缘构件合并距离 (mm)	600
边缘构件尺寸取整模数 (mm)	50
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
组合梁施工荷载 (kN/m2)	1.50
型钢混凝土构件设计依据	《组合结构设计规范》JGJ138-2016
执行《高钢规》JGJ99-2015	是
按叠合柱设计的叠合比	0.00
执行《钢结构设计标准》(GB50017-2017)	是
按宽厚比等级控制局部稳定	是
截面宽厚比等级	S3
支撑杆件截面宽厚比等级	S3

3.8 包络设计

是否分塔与整体分别计算，并取大	否
自动取框架和框架-抗震墙模型计算大值	否
是否与其它模型进行包络取大	否

3.9 鉴定加固

是否鉴定加固	否
--------	---

3.10 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

3.11 材料信息

混凝土容重 (kN/m3)	26.00
砌体容重 (kN/m3)	22.00
钢材容重 (kN/m3)	78.50
轻骨料混凝土容重 (kN/m3)	18.50
轻骨料混凝土密度等级	1800
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 (%)	0.25
墙水平分布筋最小配筋率 (%)	0.25
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

3.12 钢筋强度

HRB400 钢筋强度设计值 (N/mm2)	360
CRB600H 钢筋强度设计值 (N/mm2)	430

3.13 地下室信息

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)	40
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)	-0.20
地下水位标高 (m)	-20.00
室外地面附加荷载 (kN/m2)	10.00
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

3.14 荷载组合

结构重要性系数	1.00
采用自定义组合	是
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	是
重力荷载分项系数	1.30
水平地震力分项系数	1.40

第 4 章 结构基本信息

4.1 楼层属性

表 4-1 楼层属性

层号	塔号	属性
21	1	标准层 7
20	1	标准层 6
19	1	标准层 5
18	1	标准层 5
17	1	标准层 5
16	1	标准层 5
15	1	标准层 5
14	1	标准层 5

层号	塔号	属性
13	1	标准层 5
12	1	标准层 5
11	1	标准层 5
10	1	标准层 5
9	1	标准层 5
8	1	标准层 5
7	1	标准层 5
6	1	标准层 5
5	1	标准层 4 约束边缘构件层
4	1	标准层 4 底部加强区 约束边缘构件层
3	1	标准层 3 底部加强区 约束边缘构件层
2	1	标准层 2 地下 1 层 约束边缘构件层
1	1	标准层 1 地下 2 层

4.2 塔属性

表 4-2 塔属性

塔号	属性	值
1	结构体系	剪力墙结构
	结构 X 向基本周期(s)	1.62
	结构 Y 向基本周期(s)	1.77
	水平风荷载体型分段数	1
	分段号	1
	最高层号	21
	挡风系数	1.00
	迎风面系数	0.80
	背风面系数	-0.60
	侧风面系数	-0.70
	0.2V0 调整分段数	1
	分段号	1
	起始层号	3

塔号	属性	值
	终止层号	4
	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

4.3 构件统计

表 4-3 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
21	1	24	5	0	14	4.700	62.900
20	1	56	0	0	71	2.900	58.200
19	1	71	0	0	71	2.900	55.300
18	1	71	0	0	71	2.900	52.400
17	1	71	0	0	71	2.900	49.500
16	1	71	0	0	71	2.900	46.600
15	1	71	0	0	71	2.900	43.700
14	1	71	0	0	71	2.900	40.800
13	1	71	0	0	71	2.900	37.900
12	1	71	0	0	71	2.900	35.000
11	1	71	0	0	71	2.900	32.100
10	1	71	0	0	71	2.900	29.200
9	1	71	0	0	71	2.900	26.300
8	1	71	0	0	71	2.900	23.400
7	1	71	0	0	71	2.900	20.500
6	1	71	0	0	71	2.900	17.600
5	1	68	0	0	71	2.900	14.700
4	1	68	0	0	71	2.900	11.800
3	1	72	2	0	71	2.900	8.900
2	1	53	4	0	125	3.100	6.000
1	1	99	41	0	77	2.900	2.900

表 4-4 保护层(单位：mm)

层号	塔号	梁保护层	柱保护层	墙保护层
----	----	------	------	------

层号	塔号	梁保护层	柱保护层	墙保护层
21	1	25	20	15
20	1	25	0	15
19	1	25	0	15
18	1	25	0	15
17	1	25	0	15
16	1	25	0	15
15	1	25	0	15
14	1	25	0	15
13	1	25	0	15
12	1	25	0	15
11	1	25	0	15
10	1	25	0	15
9	1	25	0	15
8	1	25	0	15
7	1	25	0	15
6	1	25	0	15
5	1	25	0	15
4	1	25	0	15
3	1	25	20	15
2	1	25	20	40
	1	0	0	15
1	1	25	20	15
	1	0	0	40

表 4-5 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)
21	1	24 (C30/360)	5 (C30/360)	0 (C0/0)	14 (C30/360)
20	1	56 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
19	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
18	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
17	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)

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)
16	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
15	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
14	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
13	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
12	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
11	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
10	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
9	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
8	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
7	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
6	1	71 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C30/360)
5	1	68 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C35/360)
4	1	68 (C30/360)	0 (C0/0)	0 (C0/0)	71 (C35/360)
3	1	72 (C30/360)	2 (C35/360)	0 (C0/0)	71 (C35/360)
2	1	53 (C30/360)	4 (C35/360)	0 (C0/0)	125 (C35/360)
1	1	99 (C30/360)	41 (C35/360)	0 (C0/0)	77 (C35/360)

表 4-6 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)
21	1	24 (360)	5 (360)	0 (0)	14 (360/360)	(360)
20	1	78 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
19	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
18	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
17	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
16	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
15	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
14	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
13	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
12	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
11	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)

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)
10	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
9	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
8	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
7	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
6	1	89 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
5	1	86 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
4	1	86 (360)	0 (0)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
3	1	90 (360)	2 (360)	0 (0)	71 (360/360)	(360)
2	1	58 (360)	4 (360)	0 (0)	125 (360/360)	(360)
1	1	110 (360)	41 (360)	0 (0)	77 (360/360)	(360)

4.4 楼层质量

表 4-7 各层质心坐标(单位：m)

层号	塔号	质心 X	质心 Y	质心 Z
21	1	19.112	7.674	56.658
20	1	19.064	6.834	52.200
19	1	19.053	6.675	49.300
18	1	19.053	6.675	46.400
17	1	19.053	6.675	43.500
16	1	19.053	6.675	40.600
15	1	19.053	6.675	37.700
14	1	19.053	6.675	34.800
13	1	19.053	6.675	31.900
12	1	19.053	6.675	29.000
11	1	19.053	6.675	26.100
10	1	19.053	6.675	23.200
9	1	19.053	6.675	20.300
8	1	19.053	6.675	17.400
7	1	19.053	6.675	14.500
6	1	19.053	6.675	11.600

层号	塔号	质心 X	质心 Y	质心 Z
5	1	19.053	6.669	8.700
4	1	19.053	6.669	5.800
3	1	19.045	7.192	2.900
2	1	18.288	6.972	0.000
1	1	15.048	6.089	-3.100

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 4-8 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
21	1	178.1	8.2	16.3	0.0	0.33	满足
20	1	514.9	48.8	97.6	0.0	1.05	满足
19	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
18	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
17	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
16	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
15	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
14	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
13	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
12	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
11	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
10	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
9	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
8	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
7	1	496.4	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
6	1	496.4	41.2	82.3	0.0	0.98	满足
5	1	505.0	41.2	82.3	0.0	1.00	满足
4	1	505.0	41.2	82.3	0.0	0.95	满足
3	1	530.5	43.9	87.8	0.0	0.63	满足

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
2	1	817.2	96.6	193.1	0.0	0.26	满足
1	1	3081.7	414.5	828.9	0.0	1.00	满足
合计	-	13082.4	1270.5	2541.0	0.0		

恒载总质量(t)：13082.392
活载总质量(t)：1270.480
附加总质量(t)：0.000
结构总质量(t)：14352.872
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

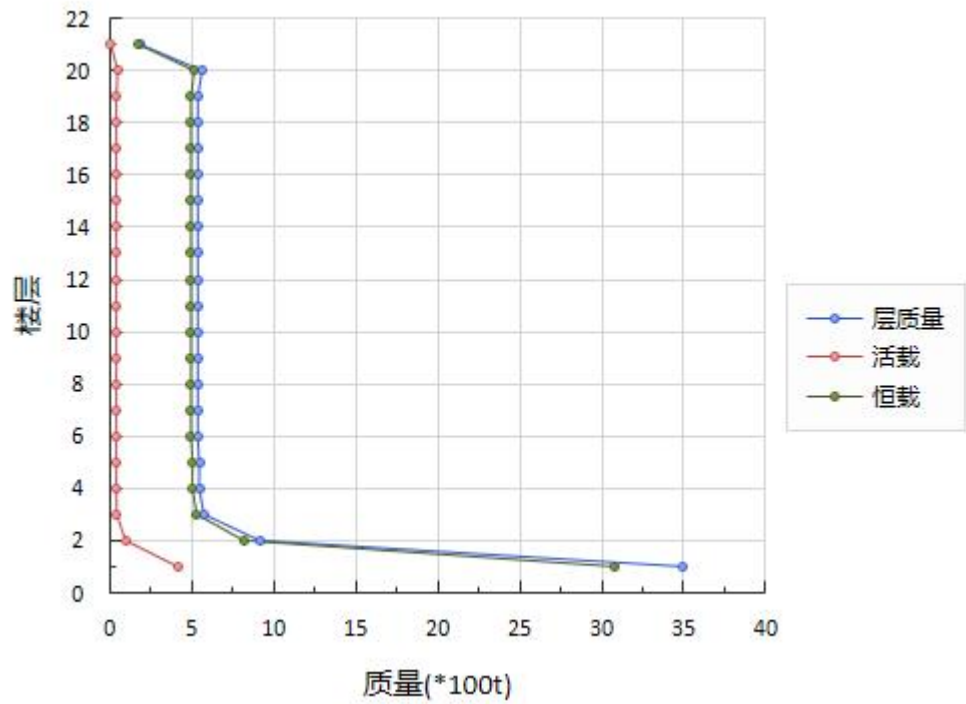


图 4-1 恒载、活载、层质量分布曲线(塔 1)

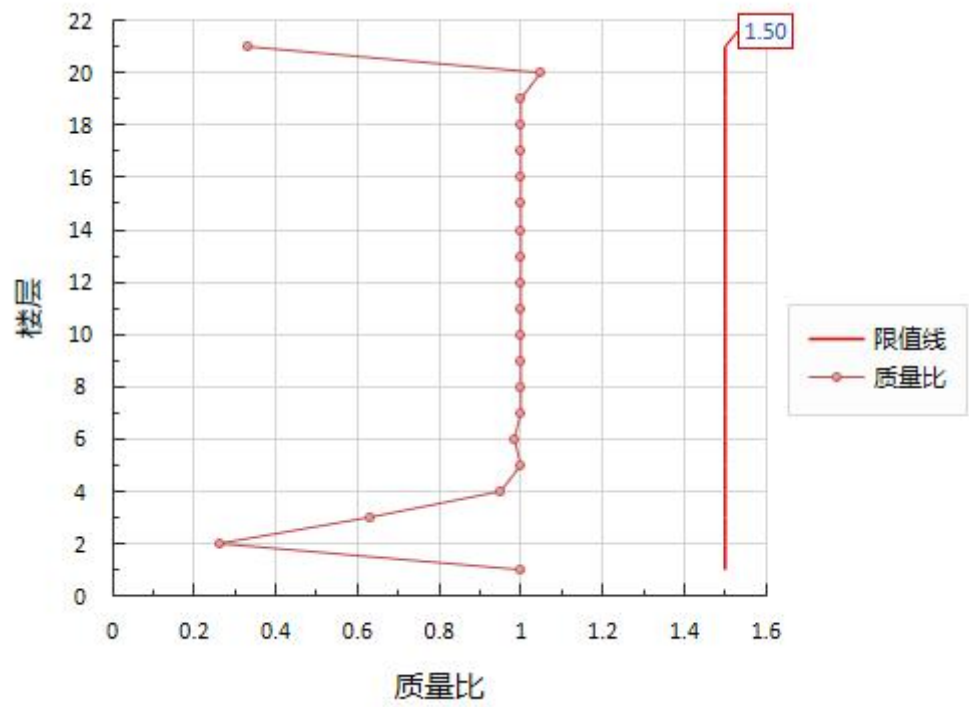


图 4-2 质量比分布曲线(塔 1)

4.5 楼层尺寸、单位质量

表 4-9 各楼层等效尺寸(单位:m,m**2)

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
21	1	49.79	19.11	7.19	15.75	13.92	15.76	13.91
20	1	373.58	19.06	6.49	35.23	10.88	35.23	10.88
19	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
18	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
17	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
16	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
15	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
14	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
13	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
12	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
11	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
10	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65

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
9	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
8	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
7	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
6	1	354.33	19.06	6.52	35.22	10.65	35.22	10.65
5	1	354.33	19.06	6.45	35.02	10.81	35.02	10.81
4	1	354.33	19.06	6.45	35.02	10.81	35.02	10.81
3	1	382.02	19.05	7.09	33.99	12.50	33.99	12.50
2	1	358.14	18.31	7.16	35.72	12.27	35.72	12.27
1	1	952.52	15.88	6.29	50.47	19.88	50.47	19.88

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

表 4-10 各楼层质量、单位面积质量分布(单位:kg/m**2)

层号	塔号	楼层质量	单位面积质量	单位面积质量比
21	1	1.86E+005	3740.12	2.48
20	1	5.64E+005	1508.86	0.99
19	1	5.38E+005	1517.18	1.01
18	1	5.38E+005	1517.18	1.00
17	1	5.38E+005	1517.18	1.00
16	1	5.38E+005	1517.18	1.00
15	1	5.38E+005	1517.18	1.00
14	1	5.38E+005	1517.18	1.00
13	1	5.38E+005	1517.18	1.00
12	1	5.38E+005	1517.18	1.00
11	1	5.38E+005	1517.18	1.00
10	1	5.38E+005	1517.18	1.00
9	1	5.38E+005	1517.18	1.00
8	1	5.38E+005	1517.18	1.00
7	1	5.38E+005	1517.18	1.00
6	1	5.38E+005	1517.18	1.00
5	1	5.46E+005	1541.48	1.02

层号	塔号	楼层质量	单位面积质量	单位面积质量比
4	1	5.46E+005	1541.48	1.03
3	1	5.74E+005	1503.74	0.98
2	1	9.14E+005	2551.29	1.70
1	1	3.50E+006	3670.45	1.44

4.6 软件版本

软件版本：4.3.0

第 5 章 周期、振型

5.1 振型基本计算结果

表 5-1 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	1.7653	91.92	1.00(0.00+1.00)	0.00
2	1.6256	2.03	0.95(0.94+0.00)	0.05
3	1.1840	179.98	0.06(0.06+0.00)	0.94
4	0.4769	162.19	0.91(0.82+0.09)	0.09
5	0.4707	73.89	0.99(0.08+0.91)	0.01
6	0.3235	179.81	0.11(0.10+0.00)	0.89
7	0.2521	91.97	1.00(0.00+1.00)	0.00
8	0.2463	178.23	0.86(0.69+0.17)	0.14
9	0.2368	1.01	0.93(0.20+0.73)	0.07
10	0.2136	88.22	1.00(0.00+1.00)	0.00
11	0.1863	0.17	0.88(0.78+0.10)	0.12
12	0.1628	176.19	0.54(0.53+0.01)	0.46
13	0.1535	178.36	0.21(0.20+0.01)	0.79
14	0.1383	179.44	0.72(0.69+0.03)	0.28
15	0.1301	88.78	1.00(0.00+1.00)	0.00
16	0.1231	178.90	0.94(0.87+0.07)	0.06

振型号	周期	转角	平动系数(X+Y)	扭转系数(Z)
17	0.1153	90.00	1.00(1.00+0.00)	0.00
18	0.1037	178.28	0.85(0.83+0.03)	0.15
19	0.0987	178.48	0.79(0.76+0.03)	0.21
20	0.0952	179.91	0.35(0.34+0.01)	0.65
21	0.0918	88.38	1.00(0.00+1.00)	0.00
22	0.0807	178.23	0.94(0.91+0.03)	0.06
23	0.0755	94.96	0.99(0.03+0.95)	0.01
24	0.0750	3.12	0.82(0.69+0.13)	0.18
25	0.0702	178.77	0.49(0.28+0.21)	0.51
26	0.0686	88.67	1.00(0.01+0.99)	0.00
27	0.0637	177.69	0.55(0.36+0.19)	0.45
28	0.0586	179.82	0.76(0.66+0.10)	0.24
29	0.0571	89.30	0.99(0.02+0.98)	0.01
30	0.0527	177.74	0.56(0.53+0.03)	0.44
31	0.0512	1.20	0.68(0.60+0.08)	0.32
32	0.0511	92.37	0.96(0.64+0.32)	0.04
33	0.0510	85.99	0.96(0.63+0.32)	0.04
34	0.0472	76.19	0.82(0.26+0.56)	0.18
35	0.0467	141.65	0.78(0.45+0.33)	0.22
36	0.0452	179.68	0.66(0.61+0.04)	0.34
37	0.0417	80.30	0.85(0.20+0.65)	0.15
38	0.0412	124.86	0.72(0.28+0.44)	0.28
39	0.0405	178.58	0.95(0.87+0.09)	0.05
40	0.0402	93.16	0.98(0.10+0.88)	0.02
41	0.0390	31.86	0.54(0.13+0.41)	0.46

地震作用最大的方向 = 99.536°

表 5-2 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	1.7662	91.95	1.00(0.00+1.00)	0.00
2	1.6282	2.05	0.95(0.95+0.00)	0.05
3	1.1847	179.97	0.05(0.05+0.00)	0.95

振型号	周期	转角	平动系数(X+Y)	扭转系数(Z)
4	0.4803	168.51	0.91(0.87+0.04)	0.09
5	0.4713	79.57	1.00(0.03+0.96)	0.00
6	0.3244	179.77	0.10(0.10+0.00)	0.90
7	0.2522	131.35	0.98(0.18+0.79)	0.02
8	0.2518	11.88	0.91(0.65+0.26)	0.09
9	0.2378	3.25	0.93(0.08+0.84)	0.07
10	0.2139	88.47	1.00(0.00+1.00)	0.00
11	0.1887	0.09	0.89(0.79+0.10)	0.11
12	0.1714	176.47	0.61(0.60+0.02)	0.39
13	0.1564	179.51	0.14(0.14+0.01)	0.86
14	0.1479	179.71	0.75(0.72+0.03)	0.25
15	0.1307	89.13	1.00(0.00+1.00)	0.00
16	0.1237	179.45	0.94(0.89+0.05)	0.06
17	0.1153	90.00	1.00(1.00+0.00)	0.00
18	0.1115	179.71	0.90(0.86+0.05)	0.10
19	0.1035	179.26	0.73(0.73+0.01)	0.27
20	0.0973	1.92	0.36(0.34+0.02)	0.64
21	0.0937	89.36	1.00(0.00+1.00)	0.00
22	0.0872	179.86	0.90(0.85+0.05)	0.10
23	0.0811	179.49	0.91(0.90+0.01)	0.09
24	0.0780	89.19	1.00(0.00+0.99)	0.00
25	0.0723	0.77	0.39(0.22+0.17)	0.61
26	0.0721	0.56	0.86(0.73+0.13)	0.14
27	0.0687	90.09	1.00(0.01+0.99)	0.00
28	0.0670	179.74	0.97(0.97+0.00)	0.03
29	0.0646	179.85	0.93(0.86+0.07)	0.07
30	0.0623	2.13	0.37(0.16+0.21)	0.63
31	0.0585	179.31	0.97(0.97+0.00)	0.03
32	0.0576	90.04	0.99(0.01+0.98)	0.01
33	0.0544	179.97	0.97(0.96+0.01)	0.03
34	0.0520	4.24	0.50(0.40+0.10)	0.50

振型号	周期	转角	平动系数(X+Y)	扭转系数(Z)
35	0.0511	91.10	0.96(0.62+0.34)	0.04
36	0.0510	89.12	0.91(0.61+0.30)	0.09
37	0.0480	112.10	0.53(0.38+0.14)	0.47
38	0.0475	8.55	0.90(0.86+0.05)	0.10
39	0.0472	90.95	0.85(0.17+0.68)	0.15
40	0.0459	179.15	0.97(0.96+0.00)	0.03
41	0.0420	104.71	0.73(0.25+0.48)	0.27
42	0.0416	44.47	0.92(0.42+0.50)	0.08
43	0.0411	175.00	0.85(0.70+0.15)	0.15
44	0.0403	94.30	0.98(0.12+0.87)	0.02
45	0.0395	75.93	0.52(0.13+0.39)	0.48
46	0.0382	178.09	0.92(0.76+0.17)	0.08

表 5-3 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	0.06%(0.06%)	49.60%(49.60%)	0.00%(0.00%)
2	48.92%(48.98%)	0.06%(49.66%)	1.99%(1.99%)
3	2.32%(51.30%)	0.00%(49.67%)	33.24%(35.23%)
4	8.12%(59.42%)	0.41%(50.07%)	0.33%(35.56%)
5	0.31%(59.72%)	10.81%(60.88%)	0.02%(35.58%)
6	1.09%(60.82%)	0.00%(60.88%)	8.08%(43.66%)
7	0.65%(61.47%)	0.51%(61.39%)	0.02%(43.68%)
8	2.31%(63.78%)	0.09%(61.48%)	0.11%(43.79%)
9	0.32%(64.09%)	0.00%(61.48%)	0.00%(43.79%)
10	0.00%(64.10%)	4.13%(65.61%)	0.00%(43.79%)
11	0.41%(64.50%)	0.00%(65.61%)	0.08%(43.88%)
12	0.48%(64.98%)	0.00%(65.62%)	0.11%(43.98%)
13	0.84%(65.82%)	0.00%(65.62%)	2.14%(46.13%)
14	1.02%(66.84%)	0.00%(65.62%)	0.24%(46.37%)
15	0.00%(66.84%)	3.10%(68.72%)	0.01%(46.37%)
16	0.08%(66.92%)	0.00%(68.72%)	0.00%(46.37%)

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)
17	0.00%(66.92%)	0.00%(68.72%)	0.00%(46.37%)
18	1.01%(67.93%)	0.00%(68.72%)	0.15%(46.52%)
19	0.41%(68.34%)	0.00%(68.72%)	0.65%(47.17%)
20	0.05%(68.39%)	0.00%(68.72%)	1.91%(49.08%)
21	0.00%(68.39%)	2.14%(70.85%)	0.03%(49.11%)
22	0.60%(68.99%)	0.00%(70.85%)	0.14%(49.26%)
23	0.63%(69.62%)	0.00%(70.86%)	0.03%(49.29%)
24	0.00%(69.62%)	1.59%(72.45%)	0.03%(49.31%)
25	0.03%(69.65%)	0.00%(72.45%)	0.72%(50.04%)
26	0.25%(69.90%)	0.00%(72.45%)	0.00%(50.04%)
27	0.00%(69.90%)	1.90%(74.34%)	0.05%(50.09%)
28	0.58%(70.48%)	0.00%(74.34%)	0.18%(50.27%)
29	0.53%(71.01%)	0.00%(74.34%)	0.01%(50.28%)
30	0.08%(71.08%)	0.00%(74.35%)	2.27%(52.55%)
31	0.42%(71.51%)	0.00%(74.35%)	0.08%(52.63%)
32	0.00%(71.51%)	4.41%(78.76%)	0.20%(52.83%)
33	1.51%(73.02%)	0.00%(78.76%)	0.17%(53.01%)
34	0.12%(73.14%)	0.01%(78.77%)	2.01%(55.02%)
35	0.00%(73.14%)	0.63%(79.40%)	0.02%(55.04%)
36	0.00%(73.14%)	0.36%(79.76%)	0.06%(55.10%)
37	0.73%(73.87%)	0.92%(80.67%)	3.45%(58.55%)
38	2.18%(76.05%)	0.34%(81.01%)	0.80%(59.35%)
39	0.00%(76.06%)	5.09%(86.10%)	0.02%(59.37%)
40	1.41%(77.47%)	0.01%(86.11%)	0.18%(59.55%)
41	1.08%(78.55%)	1.24%(87.36%)	5.41%(64.96%)
42	3.22%(81.77%)	1.97%(89.33%)	0.08%(65.04%)
43	6.65%(88.42%)	0.25%(89.58%)	2.26%(67.30%)
44	0.02%(88.44%)	0.59%(90.18%)	0.11%(67.41%)
45	0.02%(88.46%)	0.27%(90.45%)	11.81%(79.22%)
46	1.71%(90.17%)	0.02%(90.48%)	0.21%(79.42%)

(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》5.1.21 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： 90.17%

Y 向平动振型参与质量系数总计： 90.48%

第 1 扭转周期(1.1840)/第 1 平动周期(1.7653) = 0.67

地震作用最大的方向 = 107.006°

5.2 振型阻尼比

表 5-4 振型阻尼比

振型号	阻尼比
1-46	0.05

5.3 X、Y 向地震单振型楼层反应力

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 5-5 振型 1 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.11	-3.51	0.01
20	1	0.32	-9.86	0.72
19	1	0.29	-8.92	0.69
18	1	0.28	-8.42	0.68
17	1	0.27	-7.89	0.66
16	1	0.25	-7.35	0.64
15	1	0.24	-6.79	0.62
14	1	0.22	-6.20	0.58
13	1	0.20	-5.60	0.55
12	1	0.18	-4.98	0.51

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
11	1	0.16	-4.36	0.46
10	1	0.14	-3.74	0.41
9	1	0.12	-3.12	0.35
8	1	0.10	-2.52	0.30
7	1	0.08	-1.95	0.24
6	1	0.06	-1.43	0.18
5	1	0.04	-0.97	0.12
4	1	0.02	-0.56	0.07
3	1	0.01	-0.26	0.03
2	1	0.00	-0.10	0.01
1	1	0.00	-0.07	-0.34

表 5-6 振型 2 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	95.62	3.89	13.33
20	1	278.90	10.71	656.07
19	1	257.29	9.62	627.29
18	1	246.52	9.07	614.49
17	1	234.60	8.49	597.91
16	1	221.49	7.88	576.87
15	1	207.26	7.26	551.07
14	1	191.97	6.61	520.48
13	1	175.71	5.95	485.21
12	1	158.60	5.28	445.56
11	1	140.82	4.60	401.91
10	1	122.55	3.93	354.81
9	1	104.02	3.27	304.91
8	1	85.50	2.63	253.11
7	1	67.31	2.03	200.55
6	1	49.86	1.48	148.77

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
5	1	34.19	1.00	100.89
4	1	19.69	0.59	57.25
3	1	8.14	0.29	22.56
2	1	1.15	0.13	4.52
1	1	1.28	0.10	4.63

表 5-7 振型 3 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	11.37	-0.17	-20.25
20	1	23.22	-0.08	-905.95
19	1	19.42	0.01	-840.18
18	1	17.71	0.02	-797.98
17	1	15.99	0.04	-753.26
16	1	14.29	0.05	-705.76
15	1	12.63	0.06	-655.46
14	1	11.03	0.06	-602.54
13	1	9.50	0.07	-547.30
12	1	8.07	0.07	-490.17
11	1	6.73	0.07	-431.67
10	1	5.51	0.07	-372.44
9	1	4.41	0.06	-313.24
8	1	3.44	0.06	-254.93
7	1	2.60	0.05	-198.58
6	1	1.90	0.04	-145.44
5	1	1.32	0.03	-98.08
4	1	0.82	0.01	-56.12
3	1	0.51	0.00	-23.23
2	1	0.12	0.02	-6.90
1	1	0.14	-0.04	-10.42

表 5-8 振型 4 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-93.70	21.25	-29.09
20	1	-211.77	44.03	-860.41
19	1	-163.20	31.35	-688.23
18	1	-117.26	20.48	-526.25
17	1	-67.36	9.57	-350.68
16	1	-15.69	-1.07	-166.14
15	1	35.10	-11.07	19.31
14	1	82.30	-20.02	195.89
13	1	123.35	-27.52	353.48
12	1	156.02	-33.23	482.71
11	1	178.57	-36.90	575.89
10	1	189.90	-38.39	627.72
9	1	189.60	-37.69	635.82
8	1	178.05	-34.93	601.14
7	1	156.46	-30.41	528.13
6	1	126.83	-24.55	424.97
5	1	93.58	-18.20	306.69
4	1	57.15	-11.44	182.09
3	1	24.76	-5.76	73.85
2	1	4.07	-2.46	14.07
1	1	5.12	-1.96	4.55

表 5-9 振型 5 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-3.52	-21.32	-1.02
20	1	-7.98	-44.26	-31.59
19	1	-6.16	-31.46	-25.16
18	1	-4.43	-20.50	-19.08
17	1	-2.55	-9.52	-12.50
16	1	-0.60	1.19	-5.61

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	1.33	11.22	1.30
14	1	3.11	20.18	7.86
13	1	4.67	27.66	13.68
12	1	5.90	33.34	18.44
11	1	6.75	36.96	21.83
10	1	7.18	38.40	23.66
9	1	7.16	37.65	23.86
8	1	6.72	34.86	22.46
7	1	5.90	30.31	19.65
6	1	4.77	24.45	15.74
5	1	3.51	18.12	11.30
4	1	2.14	11.39	6.67
3	1	0.92	5.74	2.72
2	1	0.13	2.45	0.93
1	1	0.21	2.05	10.85

表 5-10 振型 6 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-17.97	0.46	22.26
20	1	-26.33	0.15	882.91
19	1	-17.16	-0.04	667.05
18	1	-9.90	-0.14	464.90
17	1	-2.69	-0.20	254.34
16	1	4.00	-0.23	41.64
15	1	9.80	-0.23	-164.52
14	1	14.48	-0.20	-354.45
13	1	17.92	-0.15	-518.58
12	1	20.11	-0.08	-648.35
11	1	21.12	-0.01	-736.97
10	1	21.07	0.06	-780.08

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	20.10	0.13	-776.21
8	1	18.38	0.17	-727.10
7	1	16.06	0.19	-637.83
6	1	13.25	0.18	-516.97
5	1	10.22	0.15	-380.42
4	1	6.78	0.10	-235.50
3	1	3.89	0.03	-105.80
2	1	1.00	0.08	-36.15
1	1	1.47	-0.23	-63.41

表 5-11 振型 7 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	16.97	-39.14	12.04
20	1	20.99	-1.73	102.31
19	1	10.15	5.77	55.16
18	1	-0.37	11.36	11.25
17	1	-10.13	15.16	-28.43
16	1	-17.75	16.70	-59.65
15	1	-22.08	15.89	-78.70
14	1	-22.50	12.87	-83.33
13	1	-19.00	8.06	-73.43
12	1	-12.19	2.11	-51.13
11	1	-3.21	-4.19	-20.52
10	1	6.43	-10.01	13.01
9	1	15.16	-14.60	43.69
8	1	21.55	-17.38	66.36
7	1	24.61	-18.05	77.41
6	1	23.91	-16.60	75.48
5	1	20.08	-13.60	62.44
4	1	13.44	-9.24	40.98

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	6.17	-4.99	18.02
2	1	1.15	-2.31	3.76
1	1	1.47	-2.05	-5.30

表 5-12 振型 8 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	61.03	36.01	39.62
20	1	74.38	-1.25	339.10
19	1	35.90	-6.73	174.28
18	1	-1.50	-10.70	21.58
17	1	-36.15	-13.19	-115.29
16	1	-63.17	-13.82	-221.42
15	1	-78.53	-12.60	-283.84
14	1	-80.00	-9.71	-294.98
13	1	-67.52	-5.56	-254.81
12	1	-43.30	-0.68	-171.26
11	1	-11.41	4.30	-59.20
10	1	22.84	8.76	62.03
9	1	53.83	12.16	171.81
8	1	76.52	14.09	251.86
7	1	87.34	14.38	289.47
6	1	84.83	13.07	280.03
5	1	71.19	10.62	230.67
4	1	47.64	7.19	151.24
3	1	21.85	3.88	66.92
2	1	4.01	1.79	16.46
1	1	5.25	1.73	28.22

表 5-13 振型 9 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	4.16	1.40	7.88
20	1	9.40	0.03	96.05
19	1	5.35	-0.23	78.96
18	1	1.16	-0.42	59.18
17	1	-3.13	-0.54	36.50
16	1	-6.78	-0.58	13.02
15	1	-9.19	-0.54	-8.58
14	1	-9.91	-0.42	-25.91
13	1	-8.81	-0.24	-37.26
12	1	-6.05	-0.04	-41.98
11	1	-2.11	0.17	-40.50
10	1	2.36	0.35	-34.20
9	1	6.57	0.49	-25.09
8	1	9.80	0.57	-15.34
7	1	11.50	0.58	-6.89
6	1	11.39	0.52	-1.08
5	1	9.71	0.42	1.66
4	1	6.59	0.28	1.79
3	1	3.11	0.15	0.54
2	1	0.60	0.07	-0.74
1	1	0.81	0.06	-2.18

表 5-14 振型 10 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.04	1.19	-0.13
20	1	0.08	3.24	0.14
19	1	0.04	1.52	0.03
18	1	0.01	-0.01	-0.08
17	1	-0.03	-1.34	-0.18
16	1	-0.06	-2.33	-0.24

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	-0.08	-2.86	-0.26
14	1	-0.08	-2.88	-0.23
13	1	-0.07	-2.39	-0.17
12	1	-0.05	-1.50	-0.07
11	1	-0.02	-0.34	0.05
10	1	0.02	0.89	0.17
9	1	0.05	2.00	0.26
8	1	0.07	2.81	0.33
7	1	0.09	3.21	0.34
6	1	0.08	3.14	0.32
5	1	0.07	2.68	0.26
4	1	0.05	1.88	0.17
3	1	0.02	1.05	0.10
2	1	0.00	0.50	0.14
1	1	0.01	0.47	2.38

表 5-15 振型 11 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-34.20	0.10	11.44
20	1	9.52	0.46	40.40
19	1	16.50	0.21	55.56
18	1	17.85	-0.03	61.43
17	1	14.85	-0.23	54.59
16	1	8.07	-0.35	35.84
15	1	-0.65	-0.37	9.67
14	1	-9.12	-0.32	-17.43
13	1	-15.21	-0.21	-38.69
12	1	-17.39	-0.07	-48.98
11	1	-15.12	0.07	-46.07
10	1	-8.96	0.18	-31.19

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	-0.45	0.25	-8.62
8	1	8.28	0.28	15.45
7	1	15.07	0.26	34.64
6	1	18.27	0.22	44.11
5	1	17.50	0.17	42.39
4	1	12.73	0.11	30.53
3	1	6.14	0.06	14.26
2	1	1.21	0.02	3.49
1	1	1.64	0.05	4.31

表 5-16 振型 12 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-35.94	2.37	-145.97
20	1	-4.67	-0.88	11.72
19	1	10.07	-1.67	24.55
18	1	21.40	-1.65	28.98
17	1	26.14	-1.14	17.36
16	1	22.94	-0.38	-8.43
15	1	12.82	0.45	-41.89
14	1	-1.16	1.17	-73.22
13	1	-14.82	1.61	-91.78
12	1	-24.18	1.68	-89.23
11	1	-26.55	1.35	-62.31
10	1	-21.32	0.70	-14.38
9	1	-10.11	-0.13	44.94
8	1	3.74	-0.95	101.98
7	1	16.19	-1.57	142.64
6	1	23.69	-1.86	156.43
5	1	24.69	-1.79	141.22
4	1	18.76	-1.36	99.84

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	9.07	-0.79	48.02
2	1	1.75	-0.42	15.41
1	1	2.34	-0.27	23.70

表 5-17 振型 13 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	13.64	-0.20	-45.44
20	1	4.12	0.12	-718.82
19	1	1.89	0.08	-367.22
18	1	1.26	0.04	-33.80
17	1	-0.18	0.00	267.32
16	1	-2.98	-0.03	498.05
15	1	-7.18	-0.03	626.71
14	1	-11.97	-0.00	636.93
13	1	-15.85	0.04	531.72
12	1	-17.07	0.09	333.16
11	1	-14.24	0.12	78.11
10	1	-7.00	0.10	-188.75
9	1	3.67	0.04	-422.98
8	1	15.55	-0.05	-587.98
7	1	25.68	-0.16	-660.80
6	1	31.23	-0.24	-635.44
5	1	30.84	-0.29	-528.97
4	1	23.55	-0.30	-359.49
3	1	13.00	-0.28	-175.47
2	1	3.29	-0.11	-69.70
1	1	4.86	-0.66	-136.37

表 5-18 振型 14 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	22.34	-2.53	167.12
20	1	-68.62	0.95	-119.75
19	1	-38.88	1.75	-65.47
18	1	-2.15	1.58	-9.08
17	1	32.66	0.91	39.44
16	1	54.78	0.08	60.79
15	1	56.83	-0.67	43.84
14	1	38.39	-1.15	-7.44
13	1	6.25	-1.28	-74.13
12	1	-27.99	-1.08	-128.70
11	1	-52.04	-0.64	-145.28
10	1	-57.37	-0.09	-109.91
9	1	-42.25	0.40	-26.89
8	1	-12.31	0.76	81.46
7	1	21.58	0.92	181.76
6	1	47.27	0.91	241.22
5	1	56.83	0.78	242.22
4	1	46.58	0.56	182.61
3	1	23.64	0.34	91.18
2	1	4.82	0.15	29.82
1	1	6.68	0.41	49.73

表 5-19 振型 15 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-0.01	-0.14	-0.03
20	1	0.00	-0.11	0.01
19	1	0.00	0.03	0.01
18	1	0.00	0.13	0.01
17	1	0.00	0.18	0.00
16	1	0.00	0.17	-0.00

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	-0.00	0.10	-0.01
14	1	-0.00	0.01	-0.01
13	1	-0.00	-0.09	-0.01
12	1	-0.00	-0.17	-0.00
11	1	-0.00	-0.19	0.00
10	1	0.00	-0.16	0.01
9	1	0.00	-0.08	0.01
8	1	0.00	0.02	0.00
7	1	0.00	0.12	0.00
6	1	0.00	0.19	-0.00
5	1	0.00	0.20	-0.00
4	1	-0.00	0.17	-0.00
3	1	-0.00	0.11	0.00
2	1	-0.00	0.06	0.02
1	1	0.00	0.06	0.32

表 5-20 振型 16 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	5.63	-0.05	1.83
20	1	-0.64	0.01	-7.48
19	1	-3.73	0.04	-11.86
18	1	-4.38	0.04	-12.85
17	1	-2.95	0.02	-9.25
16	1	-0.07	-0.00	-2.30
15	1	2.85	-0.03	5.07
14	1	4.44	-0.05	9.72
13	1	3.94	-0.04	9.79
12	1	1.58	-0.02	5.53
11	1	-1.54	0.02	-0.85
10	1	-3.95	0.04	-6.29

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	-4.52	0.05	-8.26
8	1	-2.97	0.03	-6.01
7	1	-0.02	0.00	-0.81
6	1	2.97	-0.03	4.70
5	1	4.70	-0.05	7.89
4	1	4.35	-0.05	7.37
3	1	2.38	-0.03	4.02
2	1	0.53	-0.02	1.19
1	1	0.76	-0.01	1.48

表 5-21 振型 17 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.00	-0.00	-0.00
20	1	0.00	0.00	0.00
19	1	-0.00	0.00	-0.00
18	1	-0.00	0.00	-0.00
17	1	-0.00	-0.00	-0.00
16	1	-0.00	-0.00	-0.00
15	1	0.00	-0.00	-0.00
14	1	0.00	-0.00	0.00
13	1	0.00	0.00	0.00
12	1	0.00	0.00	0.00
11	1	0.00	0.00	0.00
10	1	-0.00	0.00	-0.00
9	1	-0.00	0.00	-0.00
8	1	-0.00	0.00	-0.00
7	1	-0.00	-0.00	-0.00
6	1	0.00	-0.00	-0.00
5	1	0.00	-0.00	0.00
4	1	0.00	-0.00	0.00

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	0.00	-0.00	0.00
2	1	0.00	-0.00	-0.00
1	1	0.00	-0.00	-0.00

表 5-22 振型 18 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	16.51	0.24	-89.81
20	1	48.79	-1.00	235.32
19	1	-0.91	-0.53	104.78
18	1	-44.59	0.25	-3.32
17	1	-61.57	0.82	-66.18
16	1	-44.06	0.94	-69.25
15	1	-1.70	0.63	-26.42
14	1	42.49	0.06	25.74
13	1	64.58	-0.47	48.67
12	1	52.58	-0.76	24.17
11	1	12.92	-0.71	-34.89
10	1	-33.04	-0.40	-91.59
9	1	-60.62	0.00	-106.30
8	1	-55.11	0.32	-60.31
7	1	-19.75	0.46	31.54
6	1	26.16	0.42	126.92
5	1	58.81	0.29	179.88
4	1	60.56	0.16	162.29
3	1	34.68	0.09	90.16
2	1	7.98	0.01	32.43
1	1	11.60	0.31	54.44

表 5-23 振型 19 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-21.67	0.28	25.58
20	1	20.69	-0.21	126.78
19	1	15.03	-0.09	-31.51
18	1	3.70	0.01	-158.83
17	1	-7.41	0.06	-225.64
16	1	-12.13	0.06	-212.07
15	1	-8.09	-0.01	-123.08
14	1	1.55	-0.10	10.39
13	1	10.08	-0.15	141.65
12	1	11.51	-0.11	225.70
11	1	4.38	0.00	235.81
10	1	-7.15	0.14	172.36
9	1	-15.76	0.23	60.38
8	1	-15.52	0.22	-61.95
7	1	-5.63	0.09	-158.14
6	1	8.82	-0.10	-205.09
5	1	20.01	-0.27	-199.72
4	1	21.23	-0.35	-149.74
3	1	13.01	-0.34	-79.43
2	1	3.41	-0.25	-36.49
1	1	5.21	-0.55	-81.69

表 5-24 振型 20 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-0.70	0.52	7.24
20	1	-3.39	-0.34	106.29
19	1	-1.14	-0.40	15.77
18	1	1.44	-0.35	-59.95
17	1	3.59	-0.13	-108.07
16	1	4.24	0.15	-117.93

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	3.02	0.36	-88.60
14	1	0.46	0.43	-30.08
13	1	-2.23	0.31	39.21
12	1	-3.85	0.07	97.59
11	1	-3.80	-0.20	126.49
10	1	-2.33	-0.37	116.17
9	1	-0.29	-0.39	69.03
8	1	1.37	-0.23	-0.79
7	1	2.14	0.02	-71.58
6	1	2.07	0.26	-121.11
5	1	1.60	0.39	-135.57
4	1	1.08	0.36	-110.70
3	1	0.83	0.20	-61.19
2	1	0.38	0.11	-27.36
1	1	0.66	-0.10	-57.98

表 5-25 振型 21 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-0.01	-0.33	-0.04
20	1	-0.00	0.13	0.15
19	1	0.00	0.25	0.04
18	1	0.01	0.25	-0.05
17	1	0.01	0.14	-0.11
16	1	0.00	-0.05	-0.13
15	1	-0.00	-0.22	-0.10
14	1	-0.00	-0.29	-0.05
13	1	-0.00	-0.24	0.03
12	1	-0.00	-0.09	0.09
11	1	-0.00	0.10	0.12
10	1	0.00	0.25	0.12

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	0.00	0.29	0.08
8	1	0.00	0.20	0.01
7	1	-0.00	0.03	-0.05
6	1	-0.00	-0.16	-0.10
5	1	-0.00	-0.29	-0.12
4	1	0.00	-0.31	-0.11
3	1	0.00	-0.23	-0.08
2	1	0.00	-0.15	-0.09
1	1	0.00	-0.17	-0.94

表 5-26 振型 22 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-21.75	-0.18	61.21
20	1	-9.09	-0.33	-199.32
19	1	21.33	0.20	-58.22
18	1	35.08	0.19	40.92
17	1	20.88	0.17	85.40
16	1	-10.50	0.16	78.36
15	1	-35.34	0.09	45.57
14	1	-34.57	-0.05	15.92
13	1	-8.42	-0.20	1.16
12	1	23.68	-0.27	-7.54
11	1	37.75	-0.19	-25.02
10	1	23.45	0.03	-52.81
9	1	-8.18	0.25	-72.60
8	1	-33.13	0.34	-59.29
7	1	-32.71	0.23	-3.75
6	1	-7.62	-0.04	73.36
5	1	23.06	-0.29	131.49
4	1	36.21	-0.37	133.80

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	24.37	-0.27	81.70
2	1	6.38	-0.20	35.41
1	1	9.86	0.09	68.88

表 5-27 振型 23 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	20.60	0.06	-23.48
20	1	-41.88	1.79	77.58
19	1	-12.93	-0.10	105.78
18	1	17.94	-1.22	100.94
17	1	30.45	-1.56	42.19
16	1	16.59	-1.04	-53.79
15	1	-10.72	0.05	-139.38
14	1	-27.84	1.10	-163.37
13	1	-20.31	1.54	-105.76
12	1	5.12	1.16	5.69
11	1	26.32	0.20	110.67
10	1	24.76	-0.82	153.96
9	1	1.33	-1.36	118.77
8	1	-24.22	-1.19	33.24
7	1	-29.91	-0.43	-52.55
6	1	-10.28	0.52	-99.88
5	1	19.08	1.22	-101.71
4	1	34.14	1.33	-73.59
3	1	24.72	0.96	-38.88
2	1	7.17	0.58	-21.41
1	1	11.52	0.59	-55.03

表 5-28 振型 24 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.04	0.30	0.04
20	1	-0.04	-1.03	0.09
19	1	-0.03	-0.25	0.21
18	1	0.00	0.38	0.20
17	1	0.02	0.75	0.10
16	1	0.03	0.70	-0.04
15	1	0.00	0.26	-0.17
14	1	-0.02	-0.33	-0.24
13	1	-0.02	-0.74	-0.20
12	1	-0.01	-0.76	-0.09
11	1	0.01	-0.38	0.03
10	1	0.02	0.21	0.12
9	1	0.01	0.68	0.13
8	1	-0.01	0.79	0.09
7	1	-0.02	0.47	0.02
6	1	-0.01	-0.11	-0.05
5	1	0.01	-0.65	-0.09
4	1	0.02	-0.87	-0.12
3	1	0.02	-0.74	-0.15
2	1	0.01	-0.55	-0.34
1	1	0.01	-0.69	-3.75

表 5-29 振型 25 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	1.43	-0.16	-7.89
20	1	-0.30	0.29	1.49
19	1	-0.83	0.11	47.25
18	1	-1.21	-0.04	62.69
17	1	-1.14	-0.16	44.58
16	1	-0.38	-0.17	3.32

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	0.76	-0.09	-41.10
14	1	1.57	0.05	-67.82
13	1	1.52	0.14	-64.38
12	1	0.60	0.15	-32.24
11	1	-0.58	0.07	13.94
10	1	-1.30	-0.06	52.95
9	1	-1.22	-0.14	66.71
8	1	-0.55	-0.13	48.69
7	1	0.23	-0.04	7.10
6	1	0.72	0.08	-38.80
5	1	0.86	0.14	-68.47
4	1	0.76	0.11	-68.53
3	1	0.62	0.02	-43.12
2	1	0.30	-0.05	-22.68
1	1	0.55	-0.24	-55.43

表 5-30 振型 26 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	12.50	0.40	-43.47
20	1	-8.53	-0.47	36.74
19	1	-13.33	-0.51	-35.73
18	1	-7.08	-0.10	-52.64
17	1	6.54	0.33	-31.89
16	1	14.34	0.53	0.30
15	1	8.50	0.42	20.08
14	1	-5.51	0.08	19.74
13	1	-14.08	-0.31	7.14
12	1	-8.82	-0.53	-6.51
11	1	5.22	-0.44	-17.30
10	1	14.41	-0.09	-27.66

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	9.86	0.32	-37.27
8	1	-3.92	0.55	-38.06
7	1	-13.51	0.45	-20.70
6	1	-9.71	0.06	13.07
5	1	3.54	-0.38	46.39
4	1	13.26	-0.60	57.07
3	1	10.77	-0.53	38.92
2	1	3.34	-0.41	19.55
1	1	5.51	-0.35	40.91

表 5-31 振型 27 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.01	-0.57	-0.06
20	1	0.00	0.46	0.27
19	1	-0.01	0.59	-0.03
18	1	-0.01	0.31	-0.22
17	1	0.00	-0.17	-0.26
16	1	0.02	-0.56	-0.16
15	1	0.01	-0.60	-0.01
14	1	-0.00	-0.27	0.12
13	1	-0.02	0.23	0.17
12	1	-0.01	0.59	0.15
11	1	0.00	0.58	0.07
10	1	0.02	0.21	-0.05
9	1	0.01	-0.28	-0.15
8	1	-0.00	-0.60	-0.19
7	1	-0.02	-0.55	-0.15
6	1	-0.01	-0.15	-0.04
5	1	0.01	0.36	0.11
4	1	0.02	0.66	0.21

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	0.01	0.65	0.24
2	1	-0.00	0.54	0.43
1	1	0.01	0.74	4.18

表 5-32 振型 28 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-0.35	-0.04	-3.65
20	1	19.86	0.18	-20.22
19	1	-8.91	-0.08	10.56
18	1	-23.73	-0.09	46.32
17	1	-11.73	-0.07	81.73
16	1	13.02	-0.03	94.43
15	1	23.69	0.06	65.87
14	1	9.05	0.13	6.93
13	1	-14.63	0.12	-41.09
12	1	-21.50	0.01	-37.84
11	1	-4.21	-0.14	19.40
10	1	18.14	-0.21	89.90
9	1	20.89	-0.11	122.24
8	1	0.75	0.09	96.08
7	1	-20.51	0.24	34.96
6	1	-19.59	0.22	-18.86
5	1	2.92	0.02	-40.81
4	1	23.47	-0.22	-35.58
3	1	22.93	-0.37	-21.91
2	1	8.19	-0.46	-18.01
1	1	14.17	-0.82	-60.26

表 5-33 振型 29 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-13.92	0.19	32.64
20	1	34.69	-0.31	65.52
19	1	2.25	-0.00	0.65
18	1	-24.59	0.07	-71.09
17	1	-21.00	0.08	-90.62
16	1	7.38	0.02	-50.32
15	1	27.70	-0.04	8.88
14	1	16.33	-0.05	40.14
13	1	-14.35	-0.01	31.01
12	1	-29.81	0.04	3.10
11	1	-12.45	0.04	-20.34
10	1	18.39	0.00	-37.69
9	1	28.16	-0.02	-58.16
8	1	6.11	-0.00	-75.95
7	1	-22.73	0.01	-66.87
6	1	-25.87	-0.00	-16.59
5	1	-0.09	-0.03	52.46
4	1	25.66	-0.01	91.07
3	1	23.39	0.07	72.04
2	1	7.95	0.11	43.33
1	1	13.78	0.64	104.94

表 5-34 振型 30 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-2.67	-0.20	9.41
20	1	4.70	0.20	-144.47
19	1	2.07	0.27	-54.52
18	1	-1.31	0.05	42.89
17	1	-3.18	-0.20	108.32
16	1	-2.23	-0.28	109.83

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	0.34	-0.15	47.73
14	1	2.02	0.09	-43.34
13	1	1.66	0.27	-112.19
12	1	0.28	0.23	-119.39
11	1	-0.45	0.02	-60.34
10	1	-0.25	-0.22	31.19
9	1	-0.23	-0.30	102.35
8	1	-1.08	-0.15	112.19
7	1	-1.88	0.13	55.55
6	1	-1.15	0.32	-34.67
5	1	1.15	0.28	-108.57
4	1	3.01	0.02	-126.31
3	1	2.66	-0.30	-86.56
2	1	1.13	-0.53	-50.83
1	1	2.03	-1.17	-139.79

表 5-35 振型 31 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-2.58	-0.00	5.62
20	1	2.80	0.03	-50.98
19	1	7.79	0.27	-50.20
18	1	2.91	-0.13	-45.15
17	1	-7.00	-0.35	-31.08
16	1	-9.95	-0.26	-10.88
15	1	-2.48	0.06	4.94
14	1	5.91	0.35	3.70
13	1	4.97	0.40	-15.66
12	1	-3.24	0.16	-35.92
11	1	-7.24	-0.21	-33.95
10	1	-1.11	-0.44	-2.76

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	7.78	-0.35	39.88
8	1	8.27	-0.00	66.28
7	1	-0.14	0.35	62.39
6	1	-6.55	0.43	36.60
5	1	-2.81	0.16	8.01
4	1	6.43	-0.28	-10.74
3	1	12.57	-0.60	-17.77
2	1	6.81	-0.88	-26.36
1	1	12.82	-1.72	-93.74

表 5-36 振型 32 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.00	0.08	0.01
20	1	0.00	-0.27	-0.10
19	1	0.00	-0.04	0.01
18	1	-0.00	0.17	0.08
17	1	-0.00	0.23	0.09
16	1	-0.00	0.11	0.05
15	1	-0.00	-0.09	-0.02
14	1	0.00	-0.23	-0.08
13	1	0.00	-0.19	-0.10
12	1	0.00	-0.01	-0.06
11	1	0.00	0.18	0.02
10	1	0.00	0.23	0.09
9	1	-0.00	0.11	0.12
8	1	-0.00	-0.10	0.07
7	1	-0.00	-0.23	-0.01
6	1	0.00	-0.18	-0.10
5	1	0.00	0.01	-0.12
4	1	0.00	0.20	-0.07

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	0.00	0.27	0.03
2	1	-0.00	0.29	0.23
1	1	0.00	0.45	2.52

表 5-37 振型 33 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	9.78	0.05	-18.29
20	1	-55.51	0.33	7.60
19	1	25.09	-0.42	94.24
18	1	55.82	-0.38	100.85
17	1	3.75	0.05	4.31
16	1	-53.59	0.41	-94.29
15	1	-33.86	0.37	-90.42
14	1	35.54	-0.01	2.11
13	1	56.30	-0.37	77.22
12	1	-1.71	-0.37	69.47
11	1	-57.52	-0.06	17.77
10	1	-32.89	0.27	-10.46
9	1	37.40	0.36	-13.24
8	1	54.39	0.19	-33.87
7	1	-5.78	-0.10	-70.04
6	1	-58.34	-0.31	-59.91
5	1	-29.83	-0.32	24.28
4	1	40.54	-0.05	112.17
3	1	57.30	0.33	113.81
2	1	26.47	0.59	82.43
1	1	51.51	1.98	225.03

表 5-38 振型 34 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.32	-0.00	1.12
20	1	-2.82	-0.71	23.33
19	1	0.39	0.22	-75.66
18	1	3.05	0.77	-97.31
17	1	2.30	0.57	-40.93
16	1	-1.30	-0.17	48.00
15	1	-3.27	-0.76	105.57
14	1	-1.28	-0.69	90.64
13	1	1.82	-0.00	12.11
12	1	2.12	0.69	-75.98
11	1	-0.03	0.77	-110.95
10	1	-1.16	0.17	-66.60
9	1	-0.06	-0.60	25.78
8	1	0.75	-0.84	99.12
7	1	-0.63	-0.34	100.24
6	1	-2.11	0.47	29.05
5	1	-0.79	0.89	-63.42
4	1	2.35	0.51	-113.35
3	1	3.71	-0.33	-94.83
2	1	2.24	-1.20	-71.65
1	1	4.40	-2.67	-239.15

表 5-39 振型 35 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.01	-0.16	0.03
20	1	-0.02	0.08	0.33
19	1	-0.01	0.18	0.29
18	1	0.01	0.11	0.20
17	1	0.01	-0.07	-0.02
16	1	-0.00	-0.20	-0.23

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	-0.01	-0.15	-0.27
14	1	0.00	0.03	-0.11
13	1	0.01	0.18	0.13
12	1	0.00	0.17	0.28
11	1	-0.01	0.02	0.23
10	1	-0.01	-0.15	0.02
9	1	0.00	-0.19	-0.20
8	1	0.01	-0.06	-0.29
7	1	0.00	0.12	-0.17
6	1	-0.01	0.20	0.07
5	1	-0.01	0.10	0.27
4	1	0.00	-0.09	0.29
3	1	0.01	-0.23	0.12
2	1	0.01	-0.31	-0.22
1	1	0.01	-0.55	-2.92

表 5-40 振型 36 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.02	0.18	0.13
20	1	-0.03	-0.09	0.08
19	1	-0.01	-0.21	0.07
18	1	0.02	-0.13	0.30
17	1	0.02	0.08	0.33
16	1	-0.01	0.23	0.12
15	1	-0.02	0.18	-0.17
14	1	0.00	-0.02	-0.31
13	1	0.03	-0.21	-0.23
12	1	0.01	-0.21	-0.00
11	1	-0.02	-0.03	0.22
10	1	-0.03	0.18	0.29

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	0.01	0.23	0.17
8	1	0.03	0.08	-0.06
7	1	0.01	-0.14	-0.27
6	1	-0.02	-0.23	-0.28
5	1	-0.02	-0.12	-0.08
4	1	0.01	0.10	0.20
3	1	0.02	0.26	0.36
2	1	0.01	0.37	0.65
1	1	0.02	0.66	4.72

表 5-41 振型 37 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.94	1.88	-4.57
20	1	0.33	-11.68	309.10
19	1	-7.78	2.24	42.46
18	1	-1.77	11.10	-192.69
17	1	10.84	8.51	-249.20
16	1	10.01	-2.53	-101.68
15	1	-4.75	-11.39	127.71
14	1	-12.23	-9.58	262.57
13	1	-2.37	1.28	197.95
12	1	8.49	10.97	-23.29
11	1	4.16	10.34	-234.32
10	1	-6.45	-0.09	-266.25
9	1	-5.43	-10.51	-87.10
8	1	4.40	-11.07	161.76
7	1	5.39	-1.20	279.01
6	1	-4.31	9.81	173.06
5	1	-7.19	11.65	-66.02
4	1	4.28	2.24	-251.13

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	16.84	-10.13	-263.66
2	1	14.32	-21.74	-268.09
1	1	29.76	-44.54	-1138.82

表 5-42 振型 38 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-7.12	-2.05	20.95
20	1	23.61	13.18	-159.95
19	1	-22.36	-3.18	33.52
18	1	-19.29	-12.19	202.68
17	1	23.73	-8.75	229.74
16	1	33.26	3.32	70.64
15	1	-7.76	12.36	-156.28
14	1	-33.03	9.64	-251.05
13	1	-3.89	-2.30	-130.91
12	1	26.80	-12.02	81.64
11	1	4.28	-10.18	192.43
10	1	-34.97	1.48	127.24
9	1	-23.03	11.80	-31.31
8	1	25.50	10.89	-154.25
7	1	35.59	-0.42	-163.18
6	1	-5.56	-11.33	-48.18
5	1	-28.81	-11.57	133.05
4	1	3.90	-0.60	256.83
3	1	46.81	12.00	221.73
2	1	41.37	22.34	161.39
1	1	92.66	45.39	690.44

表 5-43 振型 39 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.07	-0.14	-0.28
20	1	-0.12	1.46	9.18
19	1	-0.05	-0.47	-0.54
18	1	0.06	-1.50	-7.95
17	1	0.11	-0.97	-8.39
16	1	0.03	0.54	-1.93
15	1	-0.09	1.55	6.20
14	1	-0.11	1.09	9.50
13	1	-0.01	-0.41	5.31
12	1	0.09	-1.52	-3.09
11	1	0.11	-1.16	-9.01
10	1	0.06	0.31	-7.69
9	1	0.01	1.48	-0.15
8	1	-0.06	1.23	7.55
7	1	-0.12	-0.19	9.17
6	1	-0.10	-1.42	3.34
5	1	0.01	-1.29	-5.39
4	1	0.12	0.11	-10.18
3	1	0.09	1.54	-7.89
2	1	0.01	2.72	-3.25
1	1	0.10	5.43	9.51

表 5-44 振型 40 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-1.95	0.18	-1.39
20	1	38.52	-2.59	-51.76
19	1	-30.40	1.36	-84.06
18	1	-39.14	2.52	-46.07
17	1	17.86	1.06	43.25
16	1	38.85	-1.39	74.32

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	-11.73	-2.41	10.58
14	1	-43.47	-1.04	-58.09
13	1	1.97	1.31	-48.21
12	1	48.38	2.32	8.66
11	1	16.34	1.02	38.32
10	1	-39.16	-1.32	35.54
9	1	-23.71	-2.38	34.56
8	1	33.49	-1.08	21.79
7	1	30.86	1.31	-33.70
6	1	-28.84	2.43	-88.77
5	1	-43.54	1.14	-62.47
4	1	12.69	-1.31	34.30
3	1	41.64	-2.74	95.60
2	1	27.84	-3.15	128.22
1	1	63.20	-5.06	451.31

表 5-45 振型 41 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	-0.51	9.21	-2.20
20	1	-1.52	2.73	-47.09
19	1	7.75	-18.27	156.94
18	1	-2.07	-14.42	167.40
17	1	-11.89	7.22	0.45
16	1	-0.39	21.63	-169.39
15	1	12.95	12.52	-185.06
14	1	3.70	-10.28	-37.25
13	1	-10.95	-21.75	143.49
12	1	-4.21	-9.27	198.84
11	1	10.28	13.47	73.80
10	1	5.22	21.43	-124.48

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	-8.72	5.81	-210.05
8	1	-4.92	-16.27	-96.76
7	1	7.59	-20.51	106.22
6	1	2.80	-2.21	201.72
5	1	-10.53	18.72	104.95
4	1	-4.85	19.11	-86.69
3	1	14.20	-0.85	-209.83
2	1	23.03	-29.62	-362.36
1	1	54.65	-75.97	-1948.93

表 5-46 振型 42 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	1.50	-19.73	-8.73
20	1	-17.94	5.35	67.94
19	1	26.37	31.96	211.26
18	1	8.25	16.89	111.08
17	1	-32.06	-19.61	-119.98
16	1	-11.30	-35.33	-228.55
15	1	33.37	-12.26	-119.21
14	1	16.12	24.22	82.07
13	1	-30.17	33.72	200.42
12	1	-16.49	5.74	154.91
11	1	30.12	-28.60	-22.15
10	1	19.12	-31.16	-197.54
9	1	-28.36	0.87	-202.57
8	1	-21.53	31.89	-3.22
7	1	23.87	27.53	209.57
6	1	18.25	-7.22	207.34
5	1	-25.98	-34.09	-4.34
4	1	-18.56	-22.91	-199.76

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
3	1	35.05	13.99	-213.32
2	1	64.56	58.78	-164.09
1	1	168.62	150.00	-261.76

表 5-47 振型 43 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	9.30	11.41	-10.52
20	1	-56.14	-9.91	-68.89
19	1	56.67	-13.41	-316.59
18	1	42.35	-1.54	-262.16
17	1	-60.69	12.96	37.75
16	1	-47.77	13.22	348.56
15	1	55.92	-1.17	362.92
14	1	48.67	-14.06	1.43
13	1	-50.03	-11.08	-386.68
12	1	-41.78	4.23	-368.62
11	1	55.44	14.63	32.57
10	1	43.49	8.55	369.38
9	1	-60.09	-7.03	323.21
8	1	-52.58	-14.57	0.86
7	1	53.96	-5.68	-293.91
6	1	53.83	9.49	-343.53
5	1	-49.59	13.93	-94.65
4	1	-51.06	2.39	294.68
3	1	58.31	-12.76	493.84
2	1	133.32	-27.81	673.24
1	1	357.50	-69.34	2909.28

表 5-48 振型 44 的地震力

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

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.06	-0.35	0.06
20	1	-0.14	1.56	-5.23
19	1	0.07	-0.97	-5.23
18	1	0.15	-1.48	-0.36
17	1	-0.10	-0.13	4.90
16	1	-0.22	1.41	5.49
15	1	0.04	1.35	0.93
14	1	0.22	-0.27	-4.49
13	1	0.02	-1.57	-5.64
12	1	-0.14	-1.06	-1.34
11	1	0.01	0.68	4.34
10	1	0.10	1.63	5.79
9	1	-0.08	0.71	1.56
8	1	-0.14	-1.03	-4.15
7	1	0.10	-1.58	-5.79
6	1	0.17	-0.31	-1.92
5	1	-0.09	1.33	3.74
4	1	-0.19	1.44	5.98
3	1	0.10	-0.06	3.06
2	1	0.39	-2.32	-3.16
1	1	0.92	-6.47	-39.57

表 5-49 振型 45 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	0.08	-0.64	0.40
20	1	0.68	0.71	-36.81
19	1	-0.67	0.85	-1.30
18	1	-0.53	-0.17	26.57
17	1	0.24	-1.03	25.90
16	1	0.06	-0.68	-1.81

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
15	1	-0.32	0.47	-28.14
14	1	0.30	1.05	-26.13
13	1	0.74	0.38	2.05
12	1	-0.13	-0.74	27.94
11	1	-0.80	-0.98	26.08
10	1	0.01	-0.05	-1.37
9	1	0.75	0.93	-27.58
8	1	0.02	0.81	-26.89
7	1	-0.73	-0.28	0.37
6	1	-0.18	-1.03	27.31
5	1	0.40	-0.56	26.78
4	1	-0.05	0.60	-1.29
3	1	0.09	1.17	-29.93
2	1	0.56	1.15	-66.00
1	1	0.78	3.20	-347.18

表 5-50 振型 46 的地震力

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
21	1	2.08	-2.58	-10.62
20	1	22.51	4.85	-9.04
19	1	-33.09	2.30	-160.52
18	1	-16.39	-3.62	-97.46
17	1	31.01	-4.97	82.49
16	1	6.49	-0.05	156.66
15	1	-33.34	5.02	64.91
14	1	2.85	3.92	-67.45
13	1	41.52	-2.07	-122.57
12	1	-0.23	-5.60	-68.79
11	1	-36.76	-2.30	60.20
10	1	3.96	3.85	148.40

层号	塔号	F-x-x (kN)	F-x-y (kN)	F-x-t (kN-m)
9	1	28.92	5.37	73.93
8	1	-17.03	0.38	-104.12
7	1	-32.38	-5.07	-170.32
6	1	20.48	-4.34	-41.73
5	1	32.44	1.71	120.87
4	1	-19.39	5.68	147.07
3	1	-15.37	3.22	50.46
2	1	34.40	-4.65	-74.61
1	1	103.10	-15.66	-532.67

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 5-51 振型 1 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-3.14	100.82	-0.34
20	1	-9.18	283.45	-20.59
19	1	-8.45	256.37	-19.77
18	1	-8.08	241.95	-19.47
17	1	-7.69	226.97	-19.04
16	1	-7.25	211.35	-18.45
15	1	-6.78	195.10	-17.71
14	1	-6.28	178.26	-16.81
13	1	-5.74	160.94	-15.75
12	1	-5.18	143.24	-14.54
11	1	-4.60	125.35	-13.19

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
10	1	-4.01	107.45	-11.72
9	1	-3.40	89.77	-10.14
8	1	-2.80	72.59	-8.48
7	1	-2.21	56.20	-6.78
6	1	-1.64	40.98	-5.08
5	1	-1.13	27.79	-3.50
4	1	-0.65	16.08	-2.04
3	1	-0.27	7.42	-0.87
2	1	-0.06	2.77	-0.24
1	1	-0.04	2.01	9.66

表 5-52 振型 2 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	3.35	0.14	0.47
20	1	9.78	0.38	23.01
19	1	9.03	0.34	22.00
18	1	8.65	0.32	21.55
17	1	8.23	0.30	20.97
16	1	7.77	0.28	20.24
15	1	7.27	0.25	19.33
14	1	6.73	0.23	18.26
13	1	6.16	0.21	17.02
12	1	5.56	0.19	15.63
11	1	4.94	0.16	14.10
10	1	4.30	0.14	12.45
9	1	3.65	0.11	10.70
8	1	3.00	0.09	8.88
7	1	2.36	0.07	7.03
6	1	1.75	0.05	5.22
5	1	1.20	0.04	3.54

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
4	1	0.69	0.02	2.01
3	1	0.29	0.01	0.79
2	1	0.04	0.00	0.16
1	1	0.04	0.00	0.16

表 5-53 振型 3 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.03	-0.00	-0.06
20	1	0.07	-0.00	-2.60
19	1	0.06	0.00	-2.41
18	1	0.05	0.00	-2.29
17	1	0.05	0.00	-2.16
16	1	0.04	0.00	-2.02
15	1	0.04	0.00	-1.88
14	1	0.03	0.00	-1.73
13	1	0.03	0.00	-1.57
12	1	0.02	0.00	-1.40
11	1	0.02	0.00	-1.24
10	1	0.02	0.00	-1.07
9	1	0.01	0.00	-0.90
8	1	0.01	0.00	-0.73
7	1	0.01	0.00	-0.57
6	1	0.01	0.00	-0.42
5	1	0.00	0.00	-0.28
4	1	0.00	0.00	-0.16
3	1	0.00	0.00	-0.07
2	1	0.00	0.00	-0.02
1	1	0.00	-0.00	-0.03

表 5-54 振型 4 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	21.01	-4.76	6.52
20	1	47.48	-9.87	192.91
19	1	36.59	-7.03	154.31
18	1	26.29	-4.59	117.99
17	1	15.10	-2.15	78.62
16	1	3.52	0.24	37.25
15	1	-7.87	2.48	-4.33
14	1	-18.45	4.49	-43.92
13	1	-27.66	6.17	-79.25
12	1	-34.98	7.45	-108.23
11	1	-40.04	8.27	-129.12
10	1	-42.58	8.61	-140.74
9	1	-42.51	8.45	-142.56
8	1	-39.92	7.83	-134.78
7	1	-35.08	6.82	-118.41
6	1	-28.44	5.50	-95.28
5	1	-20.98	4.08	-68.76
4	1	-12.81	2.57	-40.83
3	1	-5.55	1.29	-16.56
2	1	-0.91	0.55	-3.15
1	1	-1.15	0.44	-1.02

表 5-55 振型 5 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-20.90	-126.64	-6.09
20	1	-47.39	-262.91	-187.67
19	1	-36.60	-186.89	-149.43
18	1	-26.34	-121.78	-113.32
17	1	-15.15	-56.53	-74.25
16	1	-3.54	7.04	-33.31

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	7.88	66.65	7.72
14	1	18.50	119.86	46.66
13	1	27.73	164.31	81.29
12	1	35.07	198.02	109.51
11	1	40.12	219.53	129.65
10	1	42.64	228.06	140.55
9	1	42.54	223.62	141.73
8	1	39.91	207.05	133.43
7	1	35.02	180.06	116.72
6	1	28.34	145.20	93.48
5	1	20.86	107.62	67.10
4	1	12.70	67.64	39.63
3	1	5.48	34.12	16.16
2	1	0.79	14.57	5.52
1	1	1.22	12.17	64.42

表 5-56 振型 6 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.03	0.00	0.03
20	1	-0.04	0.00	1.36
19	1	-0.03	-0.00	1.03
18	1	-0.02	-0.00	0.72
17	1	-0.00	-0.00	0.39
16	1	0.01	-0.00	0.06
15	1	0.02	-0.00	-0.25
14	1	0.02	-0.00	-0.55
13	1	0.03	-0.00	-0.80
12	1	0.03	-0.00	-1.00
11	1	0.03	-0.00	-1.13
10	1	0.03	0.00	-1.20

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	0.03	0.00	-1.20
8	1	0.03	0.00	-1.12
7	1	0.02	0.00	-0.98
6	1	0.02	0.00	-0.80
5	1	0.02	0.00	-0.59
4	1	0.01	0.00	-0.36
3	1	0.01	0.00	-0.16
2	1	0.00	0.00	-0.06
1	1	0.00	-0.00	-0.10

表 5-57 振型 7 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-14.96	34.49	-10.61
20	1	-18.50	1.52	-90.16
19	1	-8.95	-5.08	-48.61
18	1	0.33	-10.02	-9.92
17	1	8.93	-13.36	25.05
16	1	15.64	-14.72	52.57
15	1	19.46	-14.00	69.36
14	1	19.83	-11.34	73.44
13	1	16.74	-7.10	64.71
12	1	10.74	-1.86	45.06
11	1	2.83	3.69	18.08
10	1	-5.67	8.82	-11.47
9	1	-13.36	12.86	-38.50
8	1	-19.00	15.32	-58.48
7	1	-21.69	15.91	-68.22
6	1	-21.07	14.63	-66.52
5	1	-17.69	11.99	-55.03
4	1	-11.85	8.15	-36.12

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	-5.44	4.40	-15.88
2	1	-1.01	2.04	-3.31
1	1	-1.30	1.81	4.67

表 5-58 振型 8 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	12.38	7.30	8.04
20	1	15.09	-0.25	68.78
19	1	7.28	-1.36	35.35
18	1	-0.30	-2.17	4.38
17	1	-7.33	-2.67	-23.38
16	1	-12.81	-2.80	-44.91
15	1	-15.93	-2.56	-57.57
14	1	-16.23	-1.97	-59.83
13	1	-13.70	-1.13	-51.68
12	1	-8.78	-0.14	-34.74
11	1	-2.31	0.87	-12.01
10	1	4.63	1.78	12.58
9	1	10.92	2.47	34.85
8	1	15.52	2.86	51.08
7	1	17.71	2.92	58.71
6	1	17.21	2.65	56.80
5	1	14.44	2.15	46.79
4	1	9.66	1.46	30.68
3	1	4.43	0.79	13.57
2	1	0.81	0.36	3.34
1	1	1.07	0.35	5.72

表 5-59 振型 9 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.24	0.08	0.45
20	1	0.54	0.00	5.53
19	1	0.31	-0.01	4.55
18	1	0.07	-0.02	3.41
17	1	-0.18	-0.03	2.10
16	1	-0.39	-0.03	0.75
15	1	-0.53	-0.03	-0.49
14	1	-0.57	-0.02	-1.49
13	1	-0.51	-0.01	-2.15
12	1	-0.35	-0.00	-2.42
11	1	-0.12	0.01	-2.33
10	1	0.14	0.02	-1.97
9	1	0.38	0.03	-1.44
8	1	0.56	0.03	-0.88
7	1	0.66	0.03	-0.40
6	1	0.66	0.03	-0.06
5	1	0.56	0.02	0.10
4	1	0.38	0.02	0.10
3	1	0.18	0.01	0.03
2	1	0.03	0.00	-0.04
1	1	0.05	0.00	-0.13

表 5-60 振型 10 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	1.82	51.66	-5.60
20	1	3.41	140.58	6.30
19	1	1.93	65.91	1.11
18	1	0.40	-0.48	-3.68
17	1	-1.14	-58.15	-7.70
16	1	-2.45	-101.04	-10.35

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	-3.30	-124.15	-11.24
14	1	-3.55	-124.96	-10.18
13	1	-3.15	-104.05	-7.29
12	1	-2.17	-65.22	-2.98
11	1	-0.80	-14.95	2.10
10	1	0.73	38.57	7.17
9	1	2.15	86.78	11.42
8	1	3.22	122.11	14.16
7	1	3.74	139.28	14.98
6	1	3.66	136.25	13.84
5	1	3.07	116.57	11.20
4	1	2.03	81.89	7.60
3	1	0.91	45.50	4.26
2	1	0.04	21.89	6.16
1	1	0.34	20.24	103.41

表 5-61 振型 11 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.63	0.00	0.21
20	1	0.18	0.01	0.74
19	1	0.30	0.00	1.02
18	1	0.33	-0.00	1.13
17	1	0.27	-0.00	1.00
16	1	0.15	-0.01	0.66
15	1	-0.01	-0.01	0.18
14	1	-0.17	-0.01	-0.32
13	1	-0.28	-0.00	-0.71
12	1	-0.32	-0.00	-0.90
11	1	-0.28	0.00	-0.85
10	1	-0.16	0.00	-0.57

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	-0.01	0.00	-0.16
8	1	0.15	0.01	0.28
7	1	0.28	0.00	0.64
6	1	0.34	0.00	0.81
5	1	0.32	0.00	0.78
4	1	0.23	0.00	0.56
3	1	0.11	0.00	0.26
2	1	0.02	0.00	0.06
1	1	0.03	0.00	0.08

表 5-62 振型 12 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	3.63	-0.24	14.75
20	1	0.47	0.09	-1.18
19	1	-1.02	0.17	-2.48
18	1	-2.16	0.17	-2.93
17	1	-2.64	0.12	-1.76
16	1	-2.32	0.04	0.85
15	1	-1.30	-0.05	4.23
14	1	0.12	-0.12	7.40
13	1	1.50	-0.16	9.28
12	1	2.44	-0.17	9.02
11	1	2.68	-0.14	6.30
10	1	2.16	-0.07	1.45
9	1	1.02	0.01	-4.54
8	1	-0.38	0.10	-10.31
7	1	-1.64	0.16	-14.42
6	1	-2.39	0.19	-15.81
5	1	-2.50	0.18	-14.27
4	1	-1.90	0.14	-10.09

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	-0.92	0.08	-4.85
2	1	-0.18	0.04	-1.56
1	1	-0.24	0.03	-2.40

表 5-63 振型 13 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.24	0.00	0.81
20	1	-0.07	-0.00	12.89
19	1	-0.03	-0.00	6.59
18	1	-0.02	-0.00	0.61
17	1	0.00	-0.00	-4.79
16	1	0.05	0.00	-8.93
15	1	0.13	0.00	-11.24
14	1	0.21	0.00	-11.42
13	1	0.28	-0.00	-9.54
12	1	0.31	-0.00	-5.97
11	1	0.26	-0.00	-1.40
10	1	0.13	-0.00	3.38
9	1	-0.07	-0.00	7.59
8	1	-0.28	0.00	10.54
7	1	-0.46	0.00	11.85
6	1	-0.56	0.00	11.40
5	1	-0.55	0.01	9.49
4	1	-0.42	0.01	6.45
3	1	-0.23	0.00	3.15
2	1	-0.06	0.00	1.25
1	1	-0.09	0.01	2.45

表 5-64 振型 14 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.58	-0.07	4.37
20	1	-1.80	0.02	-3.13
19	1	-1.02	0.05	-1.71
18	1	-0.06	0.04	-0.24
17	1	0.85	0.02	1.03
16	1	1.43	0.00	1.59
15	1	1.49	-0.02	1.15
14	1	1.00	-0.03	-0.19
13	1	0.16	-0.03	-1.94
12	1	-0.73	-0.03	-3.37
11	1	-1.36	-0.02	-3.80
10	1	-1.50	-0.00	-2.88
9	1	-1.11	0.01	-0.70
8	1	-0.32	0.02	2.13
7	1	0.56	0.02	4.76
6	1	1.24	0.02	6.31
5	1	1.49	0.02	6.34
4	1	1.22	0.01	4.78
3	1	0.62	0.01	2.39
2	1	0.13	0.00	0.78
1	1	0.17	0.01	1.30

表 5-65 振型 15 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-4.75	-86.42	-18.68
20	1	0.99	-66.68	5.22
19	1	2.19	15.95	5.11
18	1	2.70	77.50	4.19
17	1	2.29	107.59	1.56
16	1	1.09	101.18	-1.76

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	-0.41	62.37	-4.36
14	1	-1.63	3.74	-5.20
13	1	-2.17	-56.89	-3.99
12	1	-1.90	-101.40	-1.30
11	1	-1.04	-116.53	1.71
10	1	0.02	-97.66	3.83
9	1	0.86	-50.12	4.24
8	1	1.22	12.42	2.93
7	1	1.07	72.08	0.65
6	1	0.60	112.06	-1.40
5	1	0.09	123.80	-2.09
4	1	-0.22	103.03	-0.85
3	1	-0.21	65.41	2.00
2	1	-0.31	36.51	12.19
1	1	0.10	37.72	191.84

表 5-66 振型 16 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.07	0.00	-0.02
20	1	0.01	-0.00	0.09
19	1	0.04	-0.00	0.14
18	1	0.05	-0.00	0.15
17	1	0.03	-0.00	0.11
16	1	0.00	0.00	0.03
15	1	-0.03	0.00	-0.06
14	1	-0.05	0.00	-0.11
13	1	-0.05	0.00	-0.11
12	1	-0.02	0.00	-0.06
11	1	0.02	-0.00	0.01
10	1	0.05	-0.00	0.07

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	0.05	-0.00	0.10
8	1	0.03	-0.00	0.07
7	1	0.00	-0.00	0.01
6	1	-0.03	0.00	-0.05
5	1	-0.05	0.00	-0.09
4	1	-0.05	0.00	-0.09
3	1	-0.03	0.00	-0.05
2	1	-0.01	0.00	-0.01
1	1	-0.01	0.00	-0.02

表 5-67 振型 17 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.00	0.00	0.00
20	1	-0.00	-0.00	-0.00
19	1	0.00	-0.00	0.00
18	1	0.00	-0.00	0.00
17	1	0.00	0.00	0.00
16	1	0.00	0.00	0.00
15	1	-0.00	0.00	0.00
14	1	-0.00	0.00	-0.00
13	1	-0.00	-0.00	-0.00
12	1	-0.00	-0.00	-0.00
11	1	-0.00	-0.00	-0.00
10	1	0.00	-0.00	0.00
9	1	0.00	-0.00	0.00
8	1	0.00	-0.00	0.00
7	1	0.00	0.00	0.00
6	1	-0.00	0.00	0.00
5	1	-0.00	0.00	-0.00
4	1	-0.00	0.00	-0.00

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	-0.00	0.00	-0.00
2	1	-0.00	0.00	0.00
1	1	-0.00	0.00	0.00

表 5-68 振型 18 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.16	0.00	-0.85
20	1	0.46	-0.01	2.24
19	1	-0.01	-0.01	1.00
18	1	-0.42	0.00	-0.03
17	1	-0.59	0.01	-0.63
16	1	-0.42	0.01	-0.66
15	1	-0.02	0.01	-0.25
14	1	0.40	0.00	0.24
13	1	0.61	-0.00	0.46
12	1	0.50	-0.01	0.23
11	1	0.12	-0.01	-0.33
10	1	-0.31	-0.00	-0.87
9	1	-0.58	0.00	-1.01
8	1	-0.52	0.00	-0.57
7	1	-0.19	0.00	0.30
6	1	0.25	0.00	1.21
5	1	0.56	0.00	1.71
4	1	0.58	0.00	1.54
3	1	0.33	0.00	0.86
2	1	0.08	0.00	0.31
1	1	0.11	0.00	0.52

表 5-69 振型 19 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.69	-0.01	-0.81
20	1	-0.66	0.01	-4.01
19	1	-0.48	0.00	1.00
18	1	-0.12	-0.00	5.03
17	1	0.23	-0.00	7.14
16	1	0.38	-0.00	6.71
15	1	0.26	0.00	3.90
14	1	-0.05	0.00	-0.33
13	1	-0.32	0.00	-4.48
12	1	-0.36	0.00	-7.15
11	1	-0.14	-0.00	-7.47
10	1	0.23	-0.00	-5.46
9	1	0.50	-0.01	-1.91
8	1	0.49	-0.01	1.96
7	1	0.18	-0.00	5.01
6	1	-0.28	0.00	6.49
5	1	-0.63	0.01	6.32
4	1	-0.67	0.01	4.74
3	1	-0.41	0.01	2.51
2	1	-0.11	0.01	1.16
1	1	-0.16	0.02	2.59

表 5-70 振型 20 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.09	0.07	0.96
20	1	-0.45	-0.05	14.14
19	1	-0.15	-0.05	2.10
18	1	0.19	-0.05	-7.98
17	1	0.48	-0.02	-14.38
16	1	0.56	0.02	-15.69

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	0.40	0.05	-11.79
14	1	0.06	0.06	-4.00
13	1	-0.30	0.04	5.22
12	1	-0.51	0.01	12.99
11	1	-0.51	-0.03	16.83
10	1	-0.31	-0.05	15.46
9	1	-0.04	-0.05	9.18
8	1	0.18	-0.03	-0.10
7	1	0.28	0.00	-9.52
6	1	0.27	0.03	-16.12
5	1	0.21	0.05	-18.04
4	1	0.14	0.05	-14.73
3	1	0.11	0.03	-8.14
2	1	0.05	0.01	-3.64
1	1	0.09	-0.01	-7.72

表 5-71 振型 21 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	2.06	83.89	10.60
20	1	0.17	-34.02	-36.99
19	1	-0.85	-62.91	-10.03
18	1	-1.45	-64.78	11.78
17	1	-1.39	-35.07	27.00
16	1	-0.71	11.93	32.25
15	1	0.18	54.79	26.49
14	1	0.83	74.43	11.93
13	1	0.97	62.13	-6.47
12	1	0.63	23.10	-22.63
11	1	0.12	-25.83	-31.36
10	1	-0.25	-63.52	-30.07

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	-0.31	-73.65	-19.50
8	1	-0.13	-51.74	-3.28
7	1	0.08	-7.11	13.39
6	1	0.14	41.31	25.58
5	1	0.00	74.39	30.50
4	1	-0.20	77.93	27.38
3	1	-0.29	57.76	19.19
2	1	-0.44	37.65	23.62
1	1	-0.05	43.60	240.21

表 5-72 振型 22 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.22	0.00	-0.62
20	1	0.09	0.00	2.02
19	1	-0.22	-0.00	0.59
18	1	-0.36	-0.00	-0.41
17	1	-0.21	-0.00	-0.87
16	1	0.11	-0.00	-0.79
15	1	0.36	-0.00	-0.46
14	1	0.35	0.00	-0.16
13	1	0.09	0.00	-0.01
12	1	-0.24	0.00	0.08
11	1	-0.38	0.00	0.25
10	1	-0.24	-0.00	0.54
9	1	0.08	-0.00	0.74
8	1	0.34	-0.00	0.60
7	1	0.33	-0.00	0.04
6	1	0.08	0.00	-0.74
5	1	-0.23	0.00	-1.33
4	1	-0.37	0.00	-1.36

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	-0.25	0.00	-0.83
2	1	-0.06	0.00	-0.36
1	1	-0.10	-0.00	-0.70

表 5-73 振型 23 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	1.12	0.00	-1.28
20	1	-2.28	0.10	4.22
19	1	-0.70	-0.01	5.75
18	1	0.98	-0.07	5.49
17	1	1.66	-0.09	2.29
16	1	0.90	-0.06	-2.92
15	1	-0.58	0.00	-7.58
14	1	-1.51	0.06	-8.88
13	1	-1.10	0.08	-5.75
12	1	0.28	0.06	0.31
11	1	1.43	0.01	6.02
10	1	1.35	-0.04	8.37
9	1	0.07	-0.07	6.46
8	1	-1.32	-0.06	1.81
7	1	-1.63	-0.02	-2.86
6	1	-0.56	0.03	-5.43
5	1	1.04	0.07	-5.53
4	1	1.86	0.07	-4.00
3	1	1.34	0.05	-2.11
2	1	0.39	0.03	-1.16
1	1	0.63	0.03	-2.99

表 5-74 振型 24 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-2.30	-18.07	-2.21
20	1	2.55	61.21	-5.64
19	1	1.59	15.02	-12.45
18	1	-0.12	-22.77	-11.79
17	1	-1.47	-44.93	-5.99
16	1	-1.49	-41.70	2.54
15	1	-0.25	-15.42	10.35
14	1	1.13	19.56	14.06
13	1	1.47	44.32	12.08
12	1	0.52	45.51	5.62
11	1	-0.85	22.44	-1.95
10	1	-1.43	-12.55	-7.06
9	1	-0.73	-40.74	-7.92
8	1	0.57	-46.99	-5.19
7	1	1.31	-27.88	-1.01
6	1	0.84	6.54	2.72
5	1	-0.39	38.81	5.41
4	1	-1.29	52.04	7.31
3	1	-1.10	44.26	8.74
2	1	-0.67	32.76	19.99
1	1	-0.46	41.35	223.48

表 5-75 振型 25 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.07	0.01	0.39
20	1	0.01	-0.01	-0.07
19	1	0.04	-0.01	-2.33
18	1	0.06	0.00	-3.10
17	1	0.06	0.01	-2.20
16	1	0.02	0.01	-0.16

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	-0.04	0.00	2.03
14	1	-0.08	-0.00	3.35
13	1	-0.07	-0.01	3.18
12	1	-0.03	-0.01	1.59
11	1	0.03	-0.00	-0.69
10	1	0.06	0.00	-2.62
9	1	0.06	0.01	-3.30
8	1	0.03	0.01	-2.41
7	1	-0.01	0.00	-0.35
6	1	-0.04	-0.00	1.92
5	1	-0.04	-0.01	3.38
4	1	-0.04	-0.01	3.39
3	1	-0.03	-0.00	2.13
2	1	-0.01	0.00	1.12
1	1	-0.03	0.01	2.74

表 5-76 振型 26 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.85	-0.03	2.96
20	1	0.58	0.03	-2.50
19	1	0.91	0.03	2.43
18	1	0.48	0.01	3.59
17	1	-0.45	-0.02	2.17
16	1	-0.98	-0.04	-0.02
15	1	-0.58	-0.03	-1.37
14	1	0.38	-0.01	-1.35
13	1	0.96	0.02	-0.49
12	1	0.60	0.04	0.44
11	1	-0.36	0.03	1.18
10	1	-0.98	0.01	1.88

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	-0.67	-0.02	2.54
8	1	0.27	-0.04	2.59
7	1	0.92	-0.03	1.41
6	1	0.66	-0.00	-0.89
5	1	-0.24	0.03	-3.16
4	1	-0.90	0.04	-3.89
3	1	-0.73	0.04	-2.65
2	1	-0.23	0.03	-1.33
1	1	-0.38	0.02	-2.79

表 5-77 振型 27 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.47	-44.83	-4.56
20	1	0.09	36.77	21.27
19	1	-0.88	46.56	-2.42
18	1	-0.89	24.82	-17.36
17	1	0.24	-13.69	-20.29
16	1	1.28	-44.27	-12.89
15	1	1.03	-47.57	-1.00
14	1	-0.35	-21.41	9.11
13	1	-1.48	18.03	13.62
12	1	-1.15	46.29	11.84
11	1	0.36	45.84	5.22
10	1	1.54	16.96	-3.72
9	1	1.19	-22.39	-11.68
8	1	-0.34	-47.76	-15.22
7	1	-1.47	-43.32	-12.09
6	1	-1.04	-11.67	-2.94
5	1	0.48	28.32	8.41
4	1	1.51	52.52	16.71

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	1.08	51.42	18.94
2	1	-0.15	42.81	34.07
1	1	0.66	58.48	330.46

表 5-78 振型 28 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.01	0.00	0.11
20	1	-0.61	-0.01	0.62
19	1	0.27	0.00	-0.32
18	1	0.72	0.00	-1.41
17	1	0.36	0.00	-2.49
16	1	-0.40	0.00	-2.88
15	1	-0.72	-0.00	-2.01
14	1	-0.28	-0.00	-0.21
13	1	0.45	-0.00	1.25
12	1	0.66	-0.00	1.16
11	1	0.13	0.00	-0.59
10	1	-0.55	0.01	-2.74
9	1	-0.64	0.00	-3.73
8	1	-0.02	-0.00	-2.93
7	1	0.63	-0.01	-1.07
6	1	0.60	-0.01	0.58
5	1	-0.09	-0.00	1.25
4	1	-0.72	0.01	1.09
3	1	-0.70	0.01	0.67
2	1	-0.25	0.01	0.55
1	1	-0.43	0.02	1.84

表 5-79 振型 29 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.23	0.00	0.55
20	1	0.58	-0.01	1.10
19	1	0.04	-0.00	0.01
18	1	-0.41	0.00	-1.19
17	1	-0.35	0.00	-1.52
16	1	0.12	0.00	-0.84
15	1	0.46	-0.00	0.15
14	1	0.27	-0.00	0.67
13	1	-0.24	-0.00	0.52
12	1	-0.50	0.00	0.05
11	1	-0.21	0.00	-0.34
10	1	0.31	0.00	-0.63
9	1	0.47	-0.00	-0.97
8	1	0.10	-0.00	-1.27
7	1	-0.38	0.00	-1.12
6	1	-0.43	-0.00	-0.28
5	1	-0.00	-0.00	0.88
4	1	0.43	-0.00	1.53
3	1	0.39	0.00	1.21
2	1	0.13	0.00	0.73
1	1	0.23	0.01	1.76

表 5-80 振型 30 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.65	0.05	-2.30
20	1	-1.15	-0.05	35.31
19	1	-0.51	-0.07	13.33
18	1	0.32	-0.01	-10.48
17	1	0.78	0.05	-26.48
16	1	0.54	0.07	-26.85

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	-0.08	0.04	-11.67
14	1	-0.49	-0.02	10.59
13	1	-0.41	-0.07	27.42
12	1	-0.07	-0.06	29.18
11	1	0.11	-0.00	14.75
10	1	0.06	0.05	-7.62
9	1	0.06	0.07	-25.02
8	1	0.26	0.04	-27.42
7	1	0.46	-0.03	-13.58
6	1	0.28	-0.08	8.47
5	1	-0.28	-0.07	26.54
4	1	-0.74	-0.00	30.87
3	1	-0.65	0.07	21.16
2	1	-0.28	0.13	12.43
1	1	-0.50	0.29	34.17

表 5-81 振型 31 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.22	0.00	-0.47
20	1	-0.23	-0.00	4.27
19	1	-0.65	-0.02	4.20
18	1	-0.24	0.01	3.78
17	1	0.59	0.03	2.60
16	1	0.83	0.02	0.91
15	1	0.21	-0.00	-0.41
14	1	-0.49	-0.03	-0.31
13	1	-0.42	-0.03	1.31
12	1	0.27	-0.01	3.01
11	1	0.61	0.02	2.84
10	1	0.09	0.04	0.23

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	-0.65	0.03	-3.34
8	1	-0.69	0.00	-5.55
7	1	0.01	-0.03	-5.22
6	1	0.55	-0.04	-3.06
5	1	0.24	-0.01	-0.67
4	1	-0.54	0.02	0.90
3	1	-1.05	0.05	1.49
2	1	-0.57	0.07	2.21
1	1	-1.07	0.14	7.85

表 5-82 振型 32 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.09	29.02	2.53
20	1	0.51	-102.25	-36.52
19	1	0.04	-14.45	2.92
18	1	-0.31	63.37	29.20
17	1	-0.41	87.16	35.25
16	1	-0.25	42.24	20.09
15	1	-0.05	-36.03	-7.32
14	1	0.04	-87.49	-31.68
13	1	0.07	-72.68	-38.89
12	1	0.15	-2.74	-23.75
11	1	0.22	69.18	6.39
10	1	0.10	88.38	34.79
9	1	-0.23	40.30	44.40
8	1	-0.46	-38.40	28.20
7	1	-0.24	-87.68	-5.52
6	1	0.37	-69.77	-36.87
5	1	0.87	2.24	-46.34
4	1	0.75	75.49	-26.05

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	0.26	103.93	12.00
2	1	-1.21	109.69	89.20
1	1	0.67	172.63	961.41

表 5-83 振型 33 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.20	0.00	-0.37
20	1	-1.12	0.01	0.15
19	1	0.51	-0.01	1.90
18	1	1.13	-0.01	2.04
17	1	0.08	0.00	0.09
16	1	-1.08	0.01	-1.91
15	1	-0.68	0.01	-1.83
14	1	0.72	-0.00	0.04
13	1	1.14	-0.01	1.56
12	1	-0.03	-0.01	1.40
11	1	-1.16	-0.00	0.36
10	1	-0.66	0.01	-0.21
9	1	0.76	0.01	-0.27
8	1	1.10	0.00	-0.68
7	1	-0.12	-0.00	-1.42
6	1	-1.18	-0.01	-1.21
5	1	-0.60	-0.01	0.49
4	1	0.82	-0.00	2.27
3	1	1.16	0.01	2.30
2	1	0.53	0.01	1.67
1	1	1.04	0.04	4.55

表 5-84 振型 34 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.10	0.00	-0.36
20	1	0.92	0.23	-7.57
19	1	-0.13	-0.07	24.57
18	1	-0.99	-0.25	31.60
17	1	-0.75	-0.18	13.29
16	1	0.42	0.05	-15.59
15	1	1.06	0.25	-34.28
14	1	0.41	0.22	-29.43
13	1	-0.59	0.00	-3.93
12	1	-0.69	-0.22	24.67
11	1	0.01	-0.25	36.03
10	1	0.38	-0.05	21.63
9	1	0.02	0.19	-8.37
8	1	-0.24	0.27	-32.19
7	1	0.20	0.11	-32.55
6	1	0.69	-0.15	-9.43
5	1	0.26	-0.29	20.60
4	1	-0.76	-0.17	36.81
3	1	-1.20	0.11	30.79
2	1	-0.73	0.39	23.27
1	1	-1.43	0.87	77.66

表 5-85 振型 35 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.53	8.32	-1.76
20	1	0.89	-4.36	-16.96
19	1	0.27	-9.59	-15.22
18	1	-0.36	-5.61	-10.17
17	1	-0.50	3.83	1.17
16	1	0.09	10.15	11.86

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	0.41	7.71	14.02
14	1	-0.06	-1.43	5.74
13	1	-0.54	-9.30	-6.96
12	1	-0.20	-9.03	-14.73
11	1	0.53	-0.87	-12.05
10	1	0.55	8.06	-1.01
9	1	-0.24	9.94	10.66
8	1	-0.74	3.14	15.04
7	1	-0.22	-6.38	9.07
6	1	0.58	-10.27	-3.49
5	1	0.57	-5.15	-14.23
4	1	-0.16	4.75	-15.25
3	1	-0.48	11.72	-6.01
2	1	-0.45	16.06	11.33
1	1	-0.40	28.81	152.18

表 5-86 振型 36 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.41	4.55	3.31
20	1	-0.75	-2.14	1.92
19	1	-0.13	-5.34	1.67
18	1	0.45	-3.34	7.37
17	1	0.45	1.92	8.35
16	1	-0.29	5.64	3.07
15	1	-0.61	4.48	-4.15
14	1	0.04	-0.59	-7.79
13	1	0.71	-5.13	-5.73
12	1	0.36	-5.17	-0.00
11	1	-0.53	-0.68	5.41
10	1	-0.65	4.41	7.22

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	0.16	5.64	4.35
8	1	0.70	1.94	-1.58
7	1	0.19	-3.45	-6.70
6	1	-0.56	-5.78	-7.09
5	1	-0.42	-3.04	-2.06
4	1	0.36	2.53	4.87
3	1	0.54	6.57	8.87
2	1	0.13	9.14	16.13
1	1	0.58	16.52	117.96

表 5-87 振型 37 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-1.05	-2.11	5.13
20	1	-0.37	13.09	-346.61
19	1	8.72	-2.51	-47.62
18	1	1.98	-12.44	216.07
17	1	-12.15	-9.55	279.44
16	1	-11.22	2.84	114.02
15	1	5.32	12.78	-143.20
14	1	13.71	10.75	-294.43
13	1	2.66	-1.43	-221.97
12	1	-9.53	-12.30	26.11
11	1	-4.66	-11.59	262.76
10	1	7.23	0.10	298.56
9	1	6.09	11.78	97.67
8	1	-4.93	12.41	-181.39
7	1	-6.05	1.34	-312.87
6	1	4.83	-11.00	-194.05
5	1	8.07	-13.06	74.03
4	1	-4.80	-2.52	281.60

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	-18.88	11.36	295.65
2	1	-16.06	24.38	300.62
1	1	-33.38	49.95	1277.00

表 5-88 振型 38 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-2.81	-0.81	8.27
20	1	9.32	5.20	-63.17
19	1	-8.83	-1.26	13.24
18	1	-7.62	-4.81	80.04
17	1	9.37	-3.46	90.73
16	1	13.13	1.31	27.89
15	1	-3.06	4.88	-61.72
14	1	-13.05	3.81	-99.14
13	1	-1.53	-0.91	-51.70
12	1	10.58	-4.75	32.24
11	1	1.69	-4.02	75.99
10	1	-13.81	0.59	50.25
9	1	-9.09	4.66	-12.37
8	1	10.07	4.30	-60.91
7	1	14.06	-0.16	-64.44
6	1	-2.20	-4.48	-19.03
5	1	-11.38	-4.57	52.54
4	1	1.54	-0.24	101.42
3	1	18.49	4.74	87.56
2	1	16.34	8.82	63.74
1	1	36.59	17.92	272.66

表 5-89 振型 39 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	3.44	-6.59	-13.47
20	1	-5.72	69.48	436.85
19	1	-2.52	-22.18	-25.87
18	1	2.84	-71.63	-378.40
17	1	5.08	-46.40	-399.67
16	1	1.26	25.58	-91.77
15	1	-4.39	74.00	295.14
14	1	-5.25	51.92	452.26
13	1	-0.62	-19.68	252.78
12	1	4.13	-72.18	-146.97
11	1	5.01	-55.32	-428.86
10	1	3.00	14.60	-365.94
9	1	0.26	70.47	-6.94
8	1	-2.90	58.74	359.63
7	1	-5.62	-9.13	436.82
6	1	-4.82	-67.73	159.20
5	1	0.50	-61.35	-256.51
4	1	5.53	5.43	-484.70
3	1	4.30	73.50	-375.80
2	1	0.30	129.35	-154.65
1	1	4.58	258.37	452.72

表 5-90 振型 40 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.17	-0.02	0.12
20	1	-3.45	0.23	4.63
19	1	2.72	-0.12	7.52
18	1	3.50	-0.23	4.12
17	1	-1.60	-0.10	-3.87
16	1	-3.48	0.12	-6.65

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	1.05	0.22	-0.95
14	1	3.89	0.09	5.20
13	1	-0.18	-0.12	4.32
12	1	-4.33	-0.21	-0.78
11	1	-1.46	-0.09	-3.43
10	1	3.51	0.12	-3.18
9	1	2.12	0.21	-3.09
8	1	-3.00	0.10	-1.95
7	1	-2.76	-0.12	3.02
6	1	2.58	-0.22	7.95
5	1	3.90	-0.10	5.59
4	1	-1.14	0.12	-3.07
3	1	-3.73	0.25	-8.56
2	1	-2.49	0.28	-11.48
1	1	-5.66	0.45	-40.40

表 5-91 振型 41 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.55	-9.88	2.36
20	1	1.63	-2.93	50.55
19	1	-8.32	19.61	-168.48
18	1	2.23	15.49	-179.71
17	1	12.77	-7.75	-0.48
16	1	0.42	-23.22	181.84
15	1	-13.90	-13.44	198.67
14	1	-3.97	11.04	39.99
13	1	11.76	23.35	-154.03
12	1	4.52	9.95	-213.45
11	1	-11.04	-14.46	-79.23
10	1	-5.61	-23.01	133.63

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	9.37	-6.23	225.49
8	1	5.29	17.47	103.87
7	1	-8.14	22.02	-114.03
6	1	-3.00	2.37	-216.54
5	1	11.30	-20.10	-112.66
4	1	5.21	-20.52	93.06
3	1	-15.25	0.92	225.25
2	1	-24.72	31.80	389.00
1	1	-58.66	81.55	2092.18

表 5-92 振型 42 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	1.17	-15.44	-6.84
20	1	-14.04	4.19	53.18
19	1	20.64	25.02	165.35
18	1	6.46	13.22	86.94
17	1	-25.09	-15.35	-93.90
16	1	-8.85	-27.65	-178.88
15	1	26.11	-9.60	-93.30
14	1	12.62	18.96	64.23
13	1	-23.61	26.39	156.86
12	1	-12.90	4.49	121.24
11	1	23.57	-22.38	-17.34
10	1	14.96	-24.39	-154.61
9	1	-22.20	0.68	-158.55
8	1	-16.85	24.96	-2.52
7	1	18.69	21.55	164.02
6	1	14.28	-5.65	162.28
5	1	-20.33	-26.68	-3.39
4	1	-14.53	-17.93	-156.35

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
3	1	27.43	10.95	-166.96
2	1	50.53	46.01	-128.43
1	1	131.97	117.40	-204.87

表 5-93 振型 43 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-1.82	-2.23	2.06
20	1	10.98	1.94	13.47
19	1	-11.08	2.62	61.90
18	1	-8.28	0.30	51.25
17	1	11.87	-2.53	-7.38
16	1	9.34	-2.58	-68.15
15	1	-10.93	0.23	-70.95
14	1	-9.52	2.75	-0.28
13	1	9.78	2.17	75.60
12	1	8.17	-0.83	72.07
11	1	-10.84	-2.86	-6.37
10	1	-8.50	-1.67	-72.22
9	1	11.75	1.37	-63.19
8	1	10.28	2.85	-0.17
7	1	-10.55	1.11	57.46
6	1	-10.52	-1.86	67.16
5	1	9.70	-2.72	18.50
4	1	9.98	-0.47	-57.61
3	1	-11.40	2.50	-96.55
2	1	-26.06	5.44	-131.62
1	1	-69.89	13.56	-568.79

表 5-94 振型 44 的地震力

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

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.37	2.07	-0.34
20	1	0.82	-9.19	30.90
19	1	-0.41	5.71	30.86
18	1	-0.87	8.72	2.10
17	1	0.57	0.77	-28.94
16	1	1.28	-8.35	-32.41
15	1	-0.24	-7.94	-5.50
14	1	-1.30	1.59	26.49
13	1	-0.13	9.28	33.32
12	1	0.82	6.26	7.89
11	1	-0.08	-4.00	-25.61
10	1	-0.61	-9.65	-34.19
9	1	0.48	-4.18	-9.22
8	1	0.82	6.11	24.50
7	1	-0.57	9.36	34.21
6	1	-1.02	1.83	11.34
5	1	0.51	-7.86	-22.11
4	1	1.13	-8.49	-35.32
3	1	-0.58	0.38	-18.09
2	1	-2.32	13.72	18.64
1	1	-5.46	38.21	233.67

表 5-95 振型 45 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	0.32	-2.53	1.59
20	1	2.68	2.78	-145.11
19	1	-2.64	3.36	-5.13
18	1	-2.10	-0.66	104.75
17	1	0.96	-4.05	102.10
16	1	0.24	-2.67	-7.14

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
15	1	-1.24	1.84	-110.93
14	1	1.19	4.13	-102.99
13	1	2.93	1.50	8.07
12	1	-0.50	-2.91	110.13
11	1	-3.17	-3.85	102.81
10	1	0.03	-0.21	-5.40
9	1	2.96	3.68	-108.70
8	1	0.09	3.20	-105.99
7	1	-2.88	-1.09	1.45
6	1	-0.69	-4.07	107.66
5	1	1.57	-2.21	105.58
4	1	-0.20	2.36	-5.09
3	1	0.35	4.62	-117.97
2	1	2.19	4.52	-260.14
1	1	3.09	12.59	-1368.50

表 5-96 振型 46 的地震力

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
21	1	-0.24	0.30	1.23
20	1	-2.61	-0.56	1.05
19	1	3.84	-0.27	18.64
18	1	1.90	0.42	11.32
17	1	-3.60	0.58	-9.58
16	1	-0.75	0.01	-18.19
15	1	3.87	-0.58	-7.54
14	1	-0.33	-0.45	7.83
13	1	-4.82	0.24	14.23
12	1	0.03	0.65	7.99
11	1	4.27	0.27	-6.99
10	1	-0.46	-0.45	-17.23

层号	塔号	F-y-x (kN)	F-y-y (kN)	F-y-t (kN-m)
9	1	-3.36	-0.62	-8.58
8	1	1.98	-0.04	12.09
7	1	3.76	0.59	19.78
6	1	-2.38	0.50	4.85
5	1	-3.77	-0.20	-14.03
4	1	2.25	-0.66	-17.08
3	1	1.78	-0.37	-5.86
2	1	-3.99	0.54	8.66
1	1	-11.97	1.82	61.85

5.4 X、Y 向地震单振型楼层剪力

表 5-97 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	3.08	2546.87
		2	2702.46	3.33
		3	170.73	0.00
		4	931.90	46.85
		5	35.17	1240.79
		6	125.63	0.00
		7	74.86	58.14
		8	265.02	10.90
		9	36.54	0.12
		10	0.25	474.24
		11	46.52	0.02
		12	54.87	0.56
		13	96.09	0.03
		14	117.06	0.08
		15	0.00	355.64
		16	9.37	0.00
		17	0.00	0.00

层号	塔号	振型号	X 剪力	Y 剪力
		18	116.33	0.01
		19	45.27	0.05
		20	5.14	0.09
		21	0.00	224.26
		22	60.75	0.01
		23	61.64	0.18
		24	0.04	152.77
		25	2.40	0.01
		26	23.29	0.11
		27	0.03	171.92
		28	51.93	0.05
		29	46.98	0.01
		30	6.62	0.40
		31	35.94	0.25
		32	0.00	372.17
		33	124.88	0.05
		34	10.01	1.06
		35	0.02	50.50
		36	0.05	28.67
		37	57.48	72.28
		38	171.68	26.78
		39	0.18	399.25
		40	109.69	0.88
		41	81.59	94.02
		42	242.81	148.74
		43	499.02	19.07
		44	1.27	44.35
		45	1.31	20.32
		46	125.78	1.70

5.5 X、Y 向地震 CQC 组合后结果

各层 X 方向的作用力(CQC)
Fx (kN) : X 向地震作用下结构的地震反应力
Vx (kN) : X 向地震作用下结构的楼层剪力
Mx (kN-m) : X 向地震作用下结构的弯矩
sFx (kN) : 静力法 X 向的地震力

《抗震规范》5.2.5 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 5-98 各层 X 方向的作用力(CQC)

层号	塔号	Fx	Vx(分塔剪重比)	Mx	sFx
21	1	171.06	171.06(9.186%)	803.99	112.04
20	1	392.39	537.94(7.173%)	2307.52	315.39
19	1	326.05	841.17(6.533%)	4711.48	285.80
18	1	295.80	1103.61(6.047%)	7861.45	270.81
17	1	280.90	1327.97(5.621%)	11638.50	255.82
16	1	266.45	1525.09(5.258%)	15949.41	240.83
15	1	264.30	1695.73(4.933%)	20714.57	225.84
14	1	265.30	1850.70(4.655%)	25871.77	210.86
13	1	267.88	1992.54(4.415%)	31376.65	195.87
12	1	269.08	2126.50(4.210%)	37197.24	180.88
11	1	276.04	2253.26(4.032%)	43310.79	165.90
10	1	275.06	2375.05(3.877%)	49701.95	150.91
9	1	283.01	2490.35(3.737%)	56358.57	135.92
8	1	274.37	2600.62(3.612%)	63271.12	120.93
7	1	268.55	2700.64(3.490%)	70428.06	105.95
6	1	250.24	2788.71(3.370%)	77812.67	90.96
5	1	248.22	2861.34(3.243%)	85402.36	77.19
4	1	213.84	2914.47(3.111%)	93166.65	61.96
3	1	240.46	2945.15(2.962%)	101068.07	49.15
2	1	297.07	2975.03(2.740%)	109632.46	0.00

层号	塔号	Fx	Vx(分塔剪重比)	Mx	sFx
1	1	756.59	3169.61 (2.208%)	117804.73	0.00

各层 Y 方向的作用力(CQC)
Fy (kN) : Y 向地震作用下结构的地震反应力
Vy (kN) : Y 向地震作用下结构的楼层剪力
My (kN-m) : Y 向地震作用下结构的弯矩
sFy (kN) : 静力法 Y 向的地震力

《抗震规范》5.2.5 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 5-99 各层 Y 方向的作用力(CQC)

层号	塔号	Fy	Vy(分塔剪重比)	My	sFy
21	1	220.38	220.38 (11.834%)	1035.77	104.13
20	1	442.49	619.57 (8.262%)	2743.44	293.11
19	1	340.41	929.19 (7.217%)	5362.19	265.61
18	1	307.43	1175.34 (6.440%)	8672.71	251.68
17	1	289.02	1379.08 (5.837%)	12530.28	237.75
16	1	274.46	1547.79 (5.337%)	16828.09	223.82
15	1	277.35	1689.33 (4.914%)	21477.58	209.90
14	1	287.03	1815.23 (4.566%)	26414.13	195.97
13	1	291.20	1932.27 (4.282%)	31597.78	182.04
12	1	302.40	2045.31 (4.050%)	37006.59	168.11
11	1	313.00	2161.09 (3.867%)	42635.88	154.18
10	1	309.18	2279.92 (3.722%)	48495.01	140.25
9	1	307.13	2398.38 (3.599%)	54597.36	126.32
8	1	301.68	2514.55 (3.492%)	60954.93	112.39
7	1	286.14	2622.92 (3.389%)	67573.87	98.46
6	1	280.95	2719.73 (3.286%)	74450.14	84.53
5	1	265.26	2804.48 (3.179%)	81571.63	71.74
4	1	230.42	2867.97 (3.061%)	88914.92	57.58

层号	塔号	Fy	Vy(分塔剪重比)	My	sFy
3	1	234.65	2911.11 (2.928%)	96446.59	45.68
2	1	306.01	2957.13 (2.724%)	104675.50	0.00
1	1	596.04	3107.86 (2.165%)	112567.29	0.00

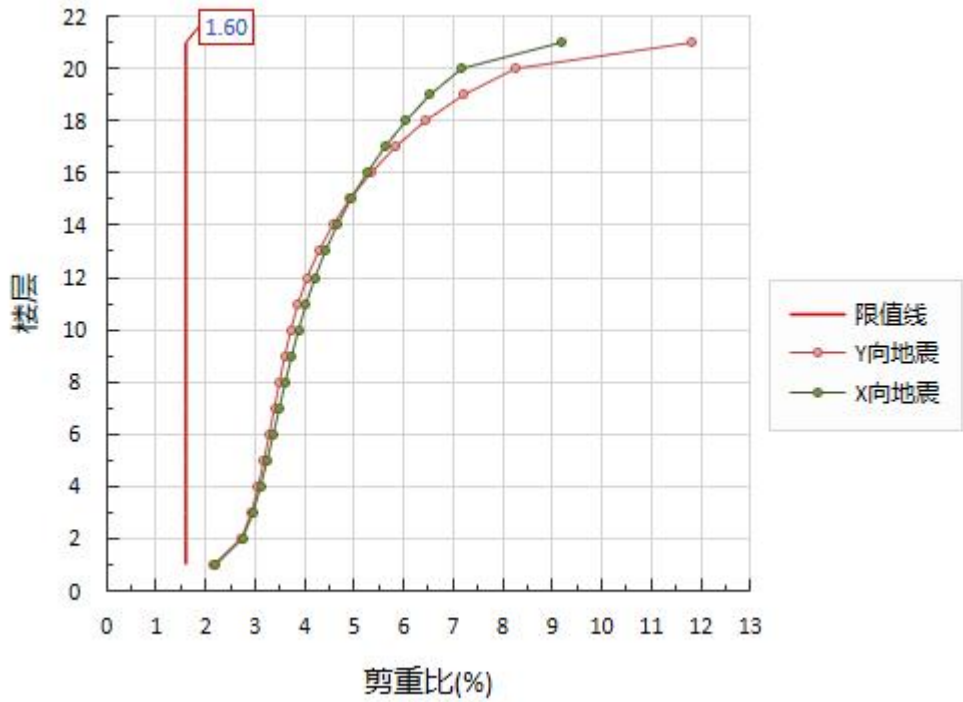


图 5-1 地震各工况剪重比简图(塔 1)

第 6 章 楼层风荷载、地震作用统计结果

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 6-1 风荷载信息

层号	塔号	X 方向			Y 方向		
		风荷载	剪力	倾覆弯矩	风荷载	剪力	倾覆弯矩
21	1	97.7	97.7	459.0	207.8	207.8	976.8

层号	塔号	X 方向			Y 方向		
		风荷载	剪力	倾覆弯矩	风荷载	剪力	倾覆弯矩
20	1	63.4	161.1	926.2	180.3	388.2	2102.5
19	1	61.4	222.5	1571.3	174.6	562.8	3734.6
18	1	59.4	281.8	2388.7	169.0	731.8	5856.8
17	1	57.4	339.2	3372.4	163.3	895.1	8452.7
16	1	55.3	394.5	4516.5	157.7	1052.8	11505.9
15	1	53.3	447.8	5815.3	152.0	1204.8	14999.9
14	1	51.3	499.1	7262.7	146.3	1351.1	18918.1
13	1	49.2	548.3	8852.8	140.4	1491.5	23243.5
12	1	47.1	595.3	10579.3	134.4	1626.0	27958.8
11	1	44.9	640.2	12435.9	128.3	1754.2	33046.0
10	1	42.6	682.8	14416.1	121.9	1876.1	38486.7
9	1	40.2	723.0	16512.9	115.2	1991.2	44261.3
8	1	37.7	760.7	18719.0	108.0	2099.3	50349.2
7	1	35.0	795.7	21026.6	100.3	2199.6	56728.1
6	1	32.0	827.7	23427.0	91.9	2291.5	63373.4
5	1	29.6	857.3	25913.3	85.1	2376.6	70265.7
4	1	28.7	886.1	28482.9	83.5	2460.2	77400.1
3	1	35.3	921.4	31154.8	83.5	2543.7	84776.8
2	1	0.0	921.4	34011.0	0.0	2543.7	92662.3
1	1	0.0	921.4	36682.9	0.0	2543.7	100039.0

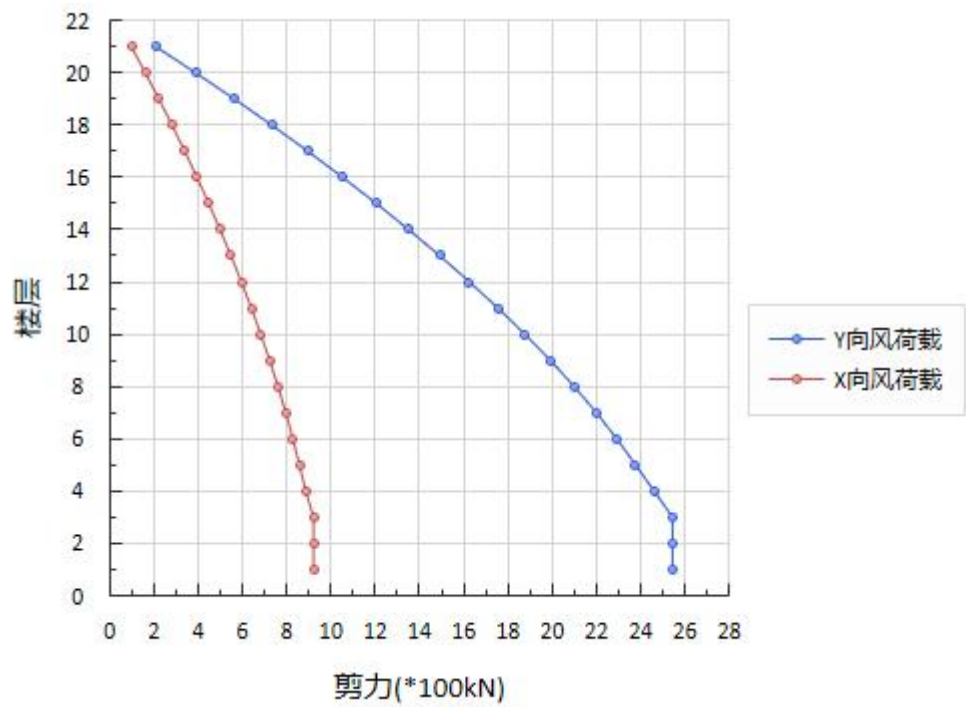


图 6-1 风荷载楼层剪力简图(塔 1)

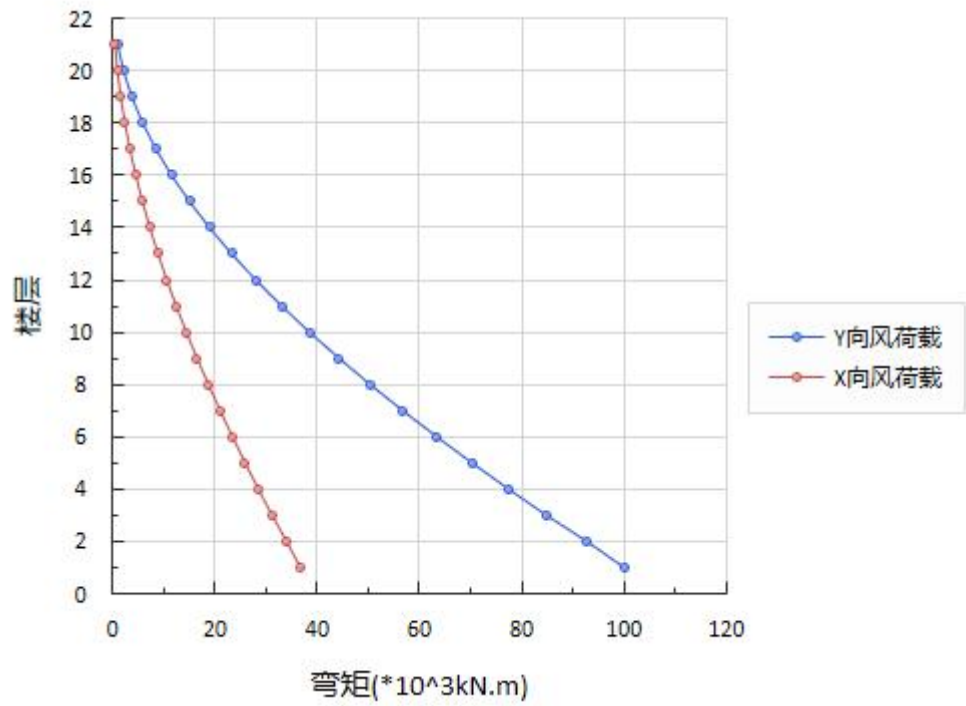


图 6-2 风荷载楼层弯矩简图(塔 1)

6.2 风荷载下框架剪力统计

表 6-2 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
21	1	23.3	74.4	97.7	23.85%	76.15%
20	1	0.0	161.1	161.1	0.00%	100.00%
19	1	0.0	222.5	222.5	0.00%	100.00%
18	1	0.0	281.8	281.8	0.00%	100.00%
17	1	0.0	339.2	339.2	0.00%	100.00%
16	1	0.0	394.5	394.5	0.00%	100.00%
15	1	0.0	447.8	447.8	0.00%	100.00%
14	1	0.0	499.1	499.1	0.00%	100.00%
13	1	0.0	548.3	548.3	0.00%	100.00%
12	1	0.0	595.3	595.3	0.00%	100.00%
11	1	0.0	640.2	640.2	0.00%	100.00%
10	1	0.0	682.8	682.8	0.00%	100.00%
9	1	0.0	723.0	723.0	0.00%	100.00%
8	1	0.0	760.7	760.7	0.00%	100.00%
7	1	0.0	795.7	795.7	0.00%	100.00%
6	1	0.0	827.7	827.7	0.00%	100.00%
5	1	0.0	857.3	857.3	0.00%	100.00%
4	1	0.0	886.1	886.1	0.00%	100.00%
3	1	5.7	915.9	921.5	0.62%	99.38%
2	1	-1.1	896.4	895.3	0.12%	100.12%
1	1	10.8	863.0	873.8	1.23%	98.77%

表 6-3 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
21	1	42.2	165.7	207.8	20.28%	79.72%
20	1	0.0	388.1	388.1	0.00%	100.00%
19	1	0.0	562.8	562.8	0.00%	100.00%
18	1	0.0	731.8	731.8	0.00%	100.00%
17	1	0.0	895.1	895.1	0.00%	100.00%

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
16	1	0.0	1052.8	1052.8	0.00%	100.00%
15	1	0.0	1204.8	1204.8	0.00%	100.00%
14	1	0.0	1351.1	1351.1	0.00%	100.00%
13	1	0.0	1491.5	1491.5	0.00%	100.00%
12	1	0.0	1625.9	1625.9	0.00%	100.00%
11	1	0.0	1754.2	1754.2	0.00%	100.00%
10	1	0.0	1876.1	1876.1	0.00%	100.00%
9	1	0.0	1991.2	1991.2	0.00%	100.00%
8	1	0.0	2099.3	2099.3	0.00%	100.00%
7	1	0.0	2199.6	2199.6	0.00%	100.00%
6	1	0.0	2291.5	2291.5	0.00%	100.00%
5	1	0.0	2376.6	2376.6	0.00%	100.00%
4	1	0.0	2460.2	2460.2	0.00%	100.00%
3	1	29.5	2514.2	2543.7	1.16%	98.84%
2	1	-2.1	2110.0	2108.0	0.10%	100.10%
1	1	62.3	1756.3	1818.6	3.42%	96.58%

6.3 风荷载下框架倾覆弯矩统计(抗规方式)

表 6-4 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
21	1	109.5	459.1	23.85%
20	1	109.5	926.1	11.82%
19	1	109.5	1571.3	6.97%
18	1	109.5	2388.7	4.58%
17	1	109.5	3372.4	3.25%
16	1	109.5	4516.5	2.42%
15	1	109.5	5815.3	1.88%
14	1	109.5	7262.7	1.51%
13	1	109.5	8852.7	1.24%
12	1	109.5	10579.2	1.04%

层号	塔号	柱弯矩	总弯矩	柱弯矩百分比
11	1	109.5	12435.9	0.88%
10	1	109.5	14416.0	0.76%
9	1	109.5	16512.8	0.66%
8	1	109.5	18719.0	0.58%
7	1	109.5	21026.6	0.52%
6	1	109.5	23427.0	0.47%
5	1	109.5	25913.3	0.42%
4	1	109.5	28482.9	0.38%
3	1	126.0	31155.3	0.40%
2	1	122.6	33930.8	0.36%
1	1	153.8	36464.8	0.42%

表 6-5 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
21	1	198.1	976.8	20.28%
20	1	198.1	2102.5	9.42%
19	1	198.1	3734.6	5.31%
18	1	198.1	5856.8	3.38%
17	1	198.1	8452.6	2.34%
16	1	198.1	11505.8	1.72%
15	1	198.1	14999.9	1.32%
14	1	198.1	18918.1	1.05%
13	1	198.1	23243.5	0.85%
12	1	198.1	27958.7	0.71%
11	1	198.1	33046.0	0.60%
10	1	198.1	38486.6	0.51%
9	1	198.1	44261.2	0.45%
8	1	198.1	50349.1	0.39%
7	1	198.1	56728.0	0.35%
6	1	198.1	63373.4	0.31%
5	1	198.1	70265.6	0.28%
4	1	198.1	77400.1	0.26%

层号	塔号	柱弯矩	总弯矩	柱弯矩百分比
3	1	283.7	84776.7	0.33%
2	1	277.2	91311.4	0.30%
1	1	457.8	96585.4	0.47%

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 6-6 +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
21	1	97.7	97.7	459.0
20	1	63.4	161.1	926.2
19	1	61.4	222.5	1571.3
18	1	59.4	281.8	2388.7
17	1	57.4	339.2	3372.4
16	1	55.3	394.5	4516.5
15	1	53.3	447.8	5815.3
14	1	51.3	499.1	7262.7
13	1	49.2	548.3	8852.8
12	1	47.1	595.3	10579.3
11	1	44.9	640.2	12435.9
10	1	42.6	682.8	14416.1
9	1	40.2	723.0	16512.9
8	1	37.7	760.7	18719.0
7	1	35.0	795.7	21026.6
6	1	32.0	827.7	23427.0
5	1	29.6	857.3	25913.3
4	1	28.7	886.1	28482.9
3	1	35.3	921.4	31154.8
2	1	0.0	921.4	34011.0
1	1	0.0	921.4	36682.9

表 6-7 -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
21	1	-97.7	-97.7	-459.0
20	1	-63.4	-161.1	-926.2
19	1	-61.4	-222.5	-1571.3
18	1	-59.4	-281.8	-2388.7
17	1	-57.4	-339.2	-3372.4
16	1	-55.3	-394.5	-4516.5
15	1	-53.3	-447.8	-5815.3
14	1	-51.3	-499.1	-7262.7
13	1	-49.2	-548.3	-8852.8
12	1	-47.1	-595.3	-10579.3
11	1	-44.9	-640.2	-12435.9
10	1	-42.6	-682.8	-14416.1
9	1	-40.2	-723.0	-16512.9
8	1	-37.7	-760.7	-18719.0
7	1	-35.0	-795.7	-21026.6
6	1	-32.0	-827.7	-23427.0
5	1	-29.6	-857.3	-25913.3
4	1	-28.7	-886.1	-28482.9
3	1	-35.3	-921.4	-31154.8
2	1	0.0	-921.4	-34011.0
1	1	0.0	-921.4	-36682.9

表 6-8 +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
21	1	207.8	207.8	976.8
20	1	180.3	388.2	2102.5
19	1	174.6	562.8	3734.6
18	1	169.0	731.8	5856.8
17	1	163.3	895.1	8452.7
16	1	157.7	1052.8	11505.9
15	1	152.0	1204.8	14999.9
14	1	146.3	1351.1	18918.1

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
13	1	140.4	1491.5	23243.5
12	1	134.4	1626.0	27958.8
11	1	128.3	1754.2	33046.0
10	1	121.9	1876.1	38486.7
9	1	115.2	1991.2	44261.3
8	1	108.0	2099.3	50349.2
7	1	100.3	2199.6	56728.1
6	1	91.9	2291.5	63373.4
5	1	85.1	2376.6	70265.7
4	1	83.5	2460.2	77400.1
3	1	83.5	2543.7	84776.8
2	1	0.0	2543.7	92662.3
1	1	0.0	2543.7	100039.0

表 6-9 -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
21	1	-207.8	-207.8	-976.8
20	1	-180.3	-388.2	-2102.5
19	1	-174.6	-562.8	-3734.6
18	1	-169.0	-731.8	-5856.8
17	1	-163.3	-895.1	-8452.7
16	1	-157.7	-1052.8	-11505.9
15	1	-152.0	-1204.8	-14999.9
14	1	-146.3	-1351.1	-18918.1
13	1	-140.4	-1491.5	-23243.5
12	1	-134.4	-1626.0	-27958.8
11	1	-128.3	-1754.2	-33046.0
10	1	-121.9	-1876.1	-38486.7
9	1	-115.2	-1991.2	-44261.3
8	1	-108.0	-2099.3	-50349.2
7	1	-100.3	-2199.6	-56728.1
6	1	-91.9	-2291.5	-63373.4

层号	塔号	层外力 F	层剪力 V	倾覆弯矩 M
5	1	-85.1	-2376.6	-70265.7
4	1	-83.5	-2460.2	-77400.1
3	1	-83.5	-2543.7	-84776.8
2	1	0.0	-2543.7	-92662.3
1	1	0.0	-2543.7	-100039.0

6.5 规定水平力

表 6-10 各层各塔的规定水平力

层号	塔号	X 向 (kN)	Y 向 (kN)
21	1	171.1	220.4
20	1	366.9	399.2
19	1	303.2	309.6
18	1	262.4	246.2
17	1	224.4	203.7
16	1	197.1	168.7
15	1	170.6	141.5
14	1	155.0	125.9
13	1	141.8	117.0
12	1	134.0	113.0
11	1	126.8	115.8
10	1	121.8	118.8
9	1	115.3	118.5
8	1	110.3	116.2
7	1	100.0	108.4
6	1	88.1	96.8
5	1	72.6	84.7
4	1	53.1	63.5
3	1	30.7	43.1
2	1	0.0	0.0
1	1	0.0	0.0

6.6 规定水平力下倾覆弯矩统计(抗规方式)

表 6-11 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	斜撑	合计
21	1	241.5 (30.0%)	0.0 (0.0%)	562.7 (70.0%)	0.0 (0.0%)	804.2
20	1	241.5 (10.2%)	0.0 (0.0%)	2122.2 (89.8%)	0.0 (0.0%)	2363.7
19	1	241.5 (5.0%)	0.0 (0.0%)	4561.6 (95.0%)	0.0 (0.0%)	4803.1
18	1	241.5 (3.0%)	0.0 (0.0%)	7762.1 (97.0%)	0.0 (0.0%)	8003.6
17	1	241.5 (2.0%)	0.0 (0.0%)	11613.2 (98.0%)	0.0 (0.0%)	11854.7
16	1	241.5 (1.5%)	0.0 (0.0%)	16036.0 (98.5%)	0.0 (0.0%)	16277.5
15	1	241.5 (1.1%)	0.0 (0.0%)	20953.6 (98.9%)	0.0 (0.0%)	21195.1
14	1	241.5 (0.9%)	0.0 (0.0%)	26320.6 (99.1%)	0.0 (0.0%)	26562.1
13	1	241.5 (0.7%)	0.0 (0.0%)	32099.0 (99.3%)	0.0 (0.0%)	32340.5
12	1	241.5 (0.6%)	0.0 (0.0%)	38265.9 (99.4%)	0.0 (0.0%)	38507.3
11	1	241.5 (0.5%)	0.0 (0.0%)	44800.3 (99.5%)	0.0 (0.0%)	45041.8
10	1	241.5 (0.5%)	0.0 (0.0%)	51688.0 (99.5%)	0.0 (0.0%)	51929.5
9	1	241.5 (0.4%)	0.0 (0.0%)	58910.0 (99.6%)	0.0 (0.0%)	59151.5
8	1	241.5 (0.4%)	0.0 (0.0%)	66451.8 (99.6%)	0.0 (0.0%)	66693.3
7	1	241.5 (0.3%)	0.0 (0.0%)	74283.7 (99.7%)	0.0 (0.0%)	74525.1
6	1	241.5 (0.3%)	0.0 (0.0%)	82370.9 (99.7%)	0.0 (0.0%)	82612.4
5	1	241.5 (0.3%)	0.0 (0.0%)	90668.8 (99.7%)	0.0 (0.0%)	90910.3
4	1	241.5 (0.2%)	0.0 (0.0%)	99120.8 (99.8%)	0.0 (0.0%)	99362.2
3	1	305.4 (0.3%)	0.0 (0.0%)	107599.8 (99.7%)	0.0 (0.0%)	107905.2
2	1	291.8 (0.2%)	0.0 (0.0%)	116474.6 (99.8%)	0.0 (0.0%)	116766.3
1	1	394.0 (0.3%)	0.0 (0.0%)	124458.8 (99.7%)	0.0 (0.0%)	124852.8

表 6-12 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	斜撑	合计
21	1	330.5 (31.9%)	0.0 (0.0%)	705.2 (68.1%)	0.0 (0.0%)	1035.8
20	1	330.5 (11.7%)	0.0 (0.0%)	2501.9 (88.3%)	0.0 (0.0%)	2832.4
19	1	330.5 (6.0%)	0.0 (0.0%)	5196.6 (94.0%)	0.0 (0.0%)	5527.1
18	1	330.5 (3.7%)	0.0 (0.0%)	8605.1 (96.3%)	0.0 (0.0%)	8935.6
17	1	330.5 (2.6%)	0.0 (0.0%)	12604.4 (97.4%)	0.0 (0.0%)	12934.9

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	斜撑	合计
16	1	330.5 (1.9%)	0.0 (0.0%)	17093.0 (98.1%)	0.0 (0.0%)	17423.5
15	1	330.5 (1.5%)	0.0 (0.0%)	21992.0 (98.5%)	0.0 (0.0%)	22322.6
14	1	330.5 (1.2%)	0.0 (0.0%)	27256.2 (98.8%)	0.0 (0.0%)	27586.7
13	1	330.5 (1.0%)	0.0 (0.0%)	32859.8 (99.0%)	0.0 (0.0%)	33190.3
12	1	330.5 (0.8%)	0.0 (0.0%)	38791.2 (99.2%)	0.0 (0.0%)	39121.7
11	1	330.5 (0.7%)	0.0 (0.0%)	45058.4 (99.3%)	0.0 (0.0%)	45388.9
10	1	330.5 (0.6%)	0.0 (0.0%)	51670.1 (99.4%)	0.0 (0.0%)	52000.7
9	1	330.5 (0.6%)	0.0 (0.0%)	58625.4 (99.4%)	0.0 (0.0%)	58956.0
8	1	330.5 (0.5%)	0.0 (0.0%)	65917.6 (99.5%)	0.0 (0.0%)	66248.2
7	1	330.5 (0.4%)	0.0 (0.0%)	73524.1 (99.6%)	0.0 (0.0%)	73854.6
6	1	330.5 (0.4%)	0.0 (0.0%)	81411.3 (99.6%)	0.0 (0.0%)	81741.8
5	1	330.5 (0.4%)	0.0 (0.0%)	89544.3 (99.6%)	0.0 (0.0%)	89874.8
4	1	330.5 (0.3%)	0.0 (0.0%)	97861.4 (99.7%)	0.0 (0.0%)	98191.9
3	1	441.9 (0.4%)	0.0 (0.0%)	106192.2 (99.6%)	0.0 (0.0%)	106634.1
2	1	433.2 (0.4%)	0.0 (0.0%)	113579.6 (99.6%)	0.0 (0.0%)	114012.8
1	1	648.3 (0.5%)	0.0 (0.0%)	119274.9 (99.5%)	0.0 (0.0%)	119923.2

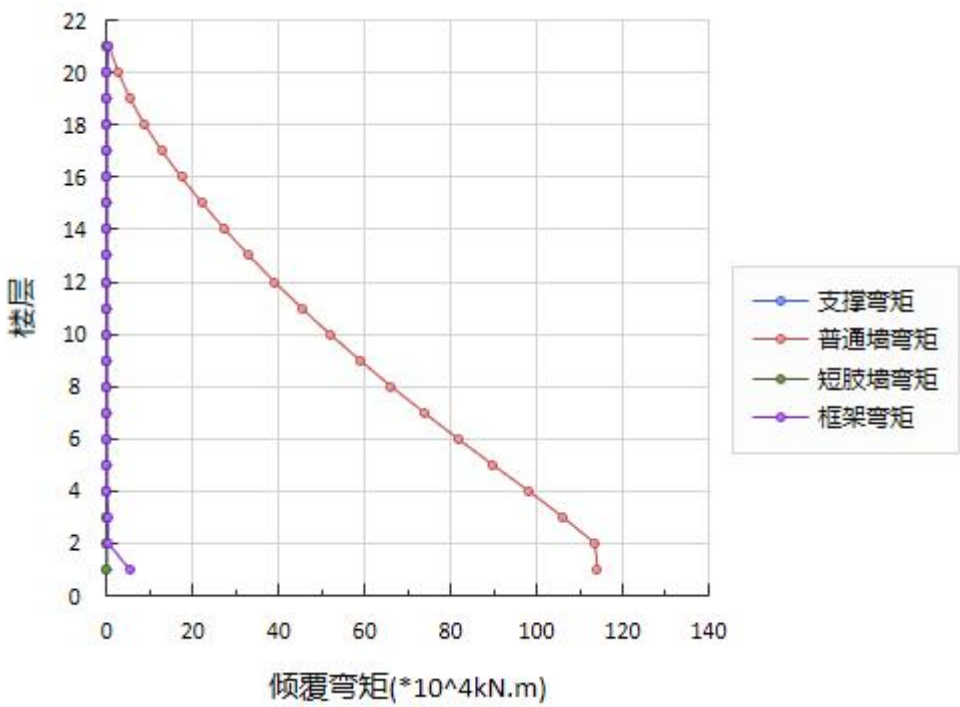


图 6-4 Y 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

6.7 规定水平力下倾覆弯矩统计(轴力方式)

表 6-13 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	斜撑	合计
21	1	-32.8 (-4.3%)	0.0 (0.0%)	787.2 (104.3%)	0.0 (0.0%)	754.4
20	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	2309.1 (100.0%)	0.0 (0.0%)	2309.1
19	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	4749.1 (100.0%)	0.0 (0.0%)	4749.1
18	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	7949.6 (100.0%)	0.0 (0.0%)	7949.6
17	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	11800.7 (100.0%)	0.0 (0.0%)	11800.7
16	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	16223.4 (100.0%)	0.0 (0.0%)	16223.4
15	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	21141.1 (100.0%)	0.0 (0.0%)	21141.1
14	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	26508.1 (100.0%)	0.0 (0.0%)	26508.1
13	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	32286.5 (100.0%)	0.0 (0.0%)	32286.5
12	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	38453.3 (100.0%)	0.0 (0.0%)	38453.3
11	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	44987.8 (100.0%)	0.0 (0.0%)	44987.8
10	1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	51875.4 (100.0%)	0.0 (0.0%)	51875.4

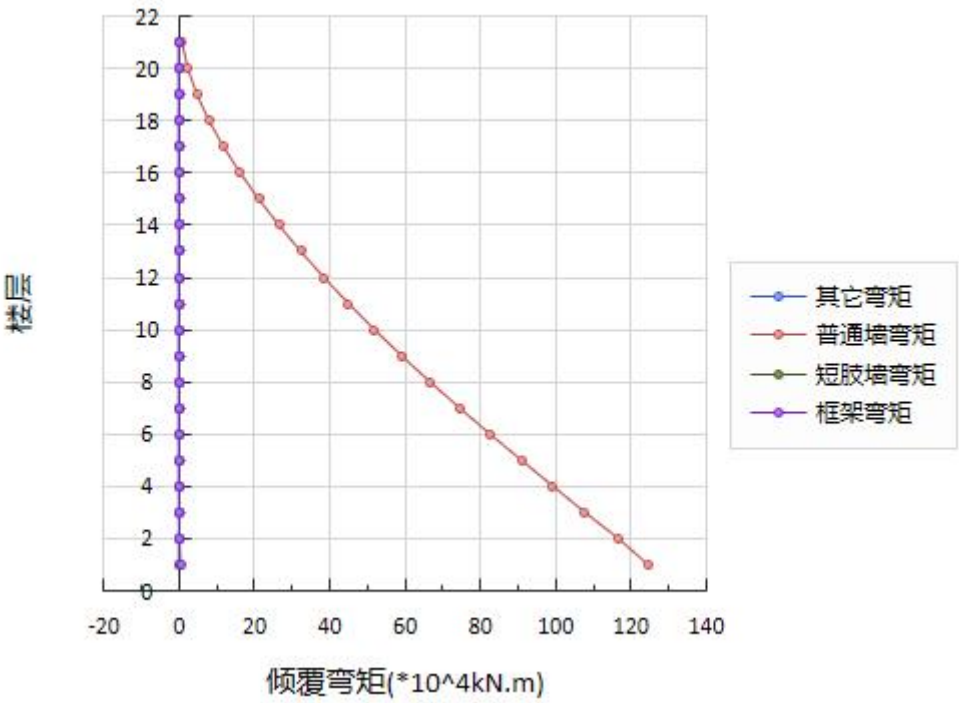


图 6-3 X 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	斜撑	合计
9	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	59097.5(100.0%)	0.0(0.0%)	59097.5
8	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	66639.3(100.0%)	0.0(0.0%)	66639.3
7	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	74471.1(100.0%)	0.0(0.0%)	74471.1
6	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	82558.4(100.0%)	0.0(0.0%)	82558.4
5	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	90856.2(100.0%)	0.0(0.0%)	90856.2
4	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	99308.2(100.0%)	0.0(0.0%)	99308.2
3	1	133.9(0.1%)	0.0(0.0%)	107729.0(99.9%)	0.0(0.0%)	107862.9
2	1	75.5(0.1%)	0.0(0.0%)	116658.4(99.9%)	0.0(0.0%)	116733.9
1	1	356.7(0.3%)	0.0(0.0%)	124467.3(99.7%)	0.0(0.0%)	124824.0

表 6-14 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	斜撑	合计
21	1	426.2(43.7%)	0.0(0.0%)	548.5(56.3%)	0.0(0.0%)	974.7
20	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	2763.4(100.0%)	0.0(0.0%)	2763.4
19	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	5458.1(100.0%)	0.0(0.0%)	5458.1
18	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	8866.6(100.0%)	0.0(0.0%)	8866.6
17	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	12865.9(100.0%)	0.0(0.0%)	12865.9
16	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	17354.5(100.0%)	0.0(0.0%)	17354.5
15	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	22253.6(100.0%)	0.0(0.0%)	22253.6
14	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	27517.7(100.0%)	0.0(0.0%)	27517.7
13	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	33121.3(100.0%)	0.0(0.0%)	33121.3
12	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	39052.7(100.0%)	0.0(0.0%)	39052.7
11	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	45319.9(100.0%)	0.0(0.0%)	45319.9
10	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	51931.7(100.0%)	0.0(0.0%)	51931.7
9	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	58886.9(100.0%)	0.0(0.0%)	58886.9
8	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	66179.1(100.0%)	0.0(0.0%)	66179.1
7	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	73785.6(100.0%)	0.0(0.0%)	73785.6
6	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	81672.8(100.0%)	0.0(0.0%)	81672.8
5	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	89805.8(100.0%)	0.0(0.0%)	89805.8
4	1	0.0(0.0%)	0.0(0.0%)	98122.9(100.0%)	0.0(0.0%)	98122.9
3	1	435.4(0.4%)	0.0(0.0%)	106127.5(99.6%)	0.0(0.0%)	106562.9
2	1	330.8(0.3%)	0.0(0.0%)	113537.8(99.7%)	0.0(0.0%)	113868.6

层号	塔号	框架柱	短肢墙	普通墙	斜撑	合计
1	1	5333.0(4.5%)	0.0(0.0%)	114173.9(95.5%)	0.0(0.0%)	119506.9

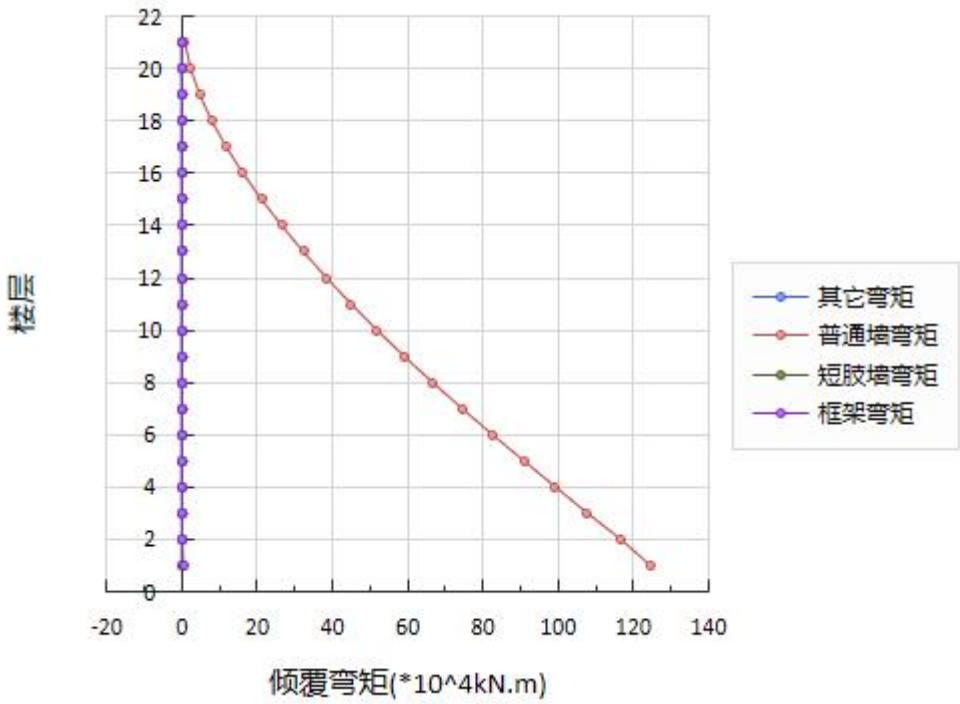


图 6-5 X 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

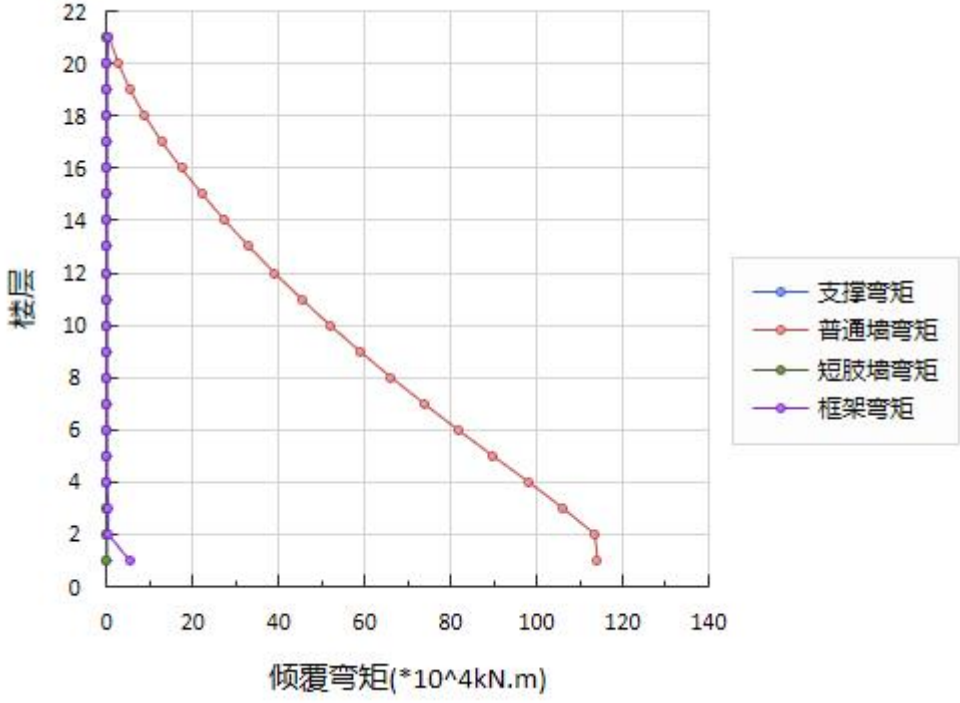


图 6-6 Y 静震下倾覆力矩简图(塔 1)

6.8 规定水平力下预制墙剪力百分比

表 6-15 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	总剪力
21	1	0.0(0.00%)	171.1	0.0(0.00%)	171.1
20	1	0.0(0.00%)	537.8	0.0(0.00%)	537.8
19	1	0.0(0.00%)	841.2	0.0(0.00%)	841.2
18	1	0.0(0.00%)	1103.6	0.0(0.00%)	1103.6
17	1	0.0(0.00%)	1328.0	0.0(0.00%)	1328.0
16	1	0.0(0.00%)	1525.1	0.0(0.00%)	1525.1
15	1	0.0(0.00%)	1695.7	0.0(0.00%)	1695.7
14	1	0.0(0.00%)	1850.7	0.0(0.00%)	1850.7
13	1	0.0(0.00%)	1992.5	0.0(0.00%)	1992.5
12	1	0.0(0.00%)	2126.5	0.0(0.00%)	2126.5
11	1	0.0(0.00%)	2253.3	0.0(0.00%)	2253.3
10	1	0.0(0.00%)	2375.1	0.0(0.00%)	2375.1
9	1	0.0(0.00%)	2490.4	0.0(0.00%)	2490.4
8	1	0.0(0.00%)	2600.6	0.0(0.00%)	2600.6
7	1	0.0(0.00%)	2700.6	0.0(0.00%)	2700.6
6	1	0.0(0.00%)	2788.7	0.0(0.00%)	2788.7
5	1	0.0(0.00%)	2861.3	0.0(0.00%)	2861.3
4	1	0.0(0.00%)	2914.5	0.0(0.00%)	2914.5
3	1	0.0(0.00%)	2945.9	0.0(0.00%)	2945.9

6.9 地震作用下框架剪力统计

Ratio：柱剪力百分比

BVRatio：柱剪力与分段基底剪力百分比

表 6-16 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
----	----	-----	-----	-----	-------	---------

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	Ratio	BVRatio
21	1	57.5	116.8	171.1	33.64%	0.00%
20	1	0.0	537.7	537.9	0.00%	0.00%
19	1	0.0	841.2	841.2	0.00%	0.00%
18	1	0.0	1103.6	1103.6	0.00%	0.00%
17	1	0.0	1328.0	1328.0	0.00%	0.00%
16	1	0.0	1525.1	1525.1	0.00%	0.00%
15	1	0.0	1695.7	1695.7	0.00%	0.00%
14	1	0.0	1850.7	1850.7	0.00%	0.00%
13	1	0.0	1992.5	1992.5	0.00%	0.00%
12	1	0.0	2126.5	2126.5	0.00%	0.00%
11	1	0.0	2253.3	2253.3	0.00%	0.00%
10	1	0.0	2375.1	2375.1	0.00%	0.00%
9	1	0.0	2490.4	2490.4	0.00%	0.00%
8	1	0.0	2600.6	2600.6	0.00%	0.00%
7	1	0.0	2700.6	2700.6	0.00%	0.00%
6	1	0.0	2788.7	2788.7	0.00%	0.00%
5	1	0.0	2861.3	2861.3	0.00%	0.00%
4	1	0.0	2914.5	2914.5	0.00%	0.00%
3	1	20.3	2925.9	2945.2	0.69%	0.69%
2	1	4.1	2891.9	2975.0	0.14%	0.00%
1	1	36.8	2972.1	3169.6	1.16%	0.00%

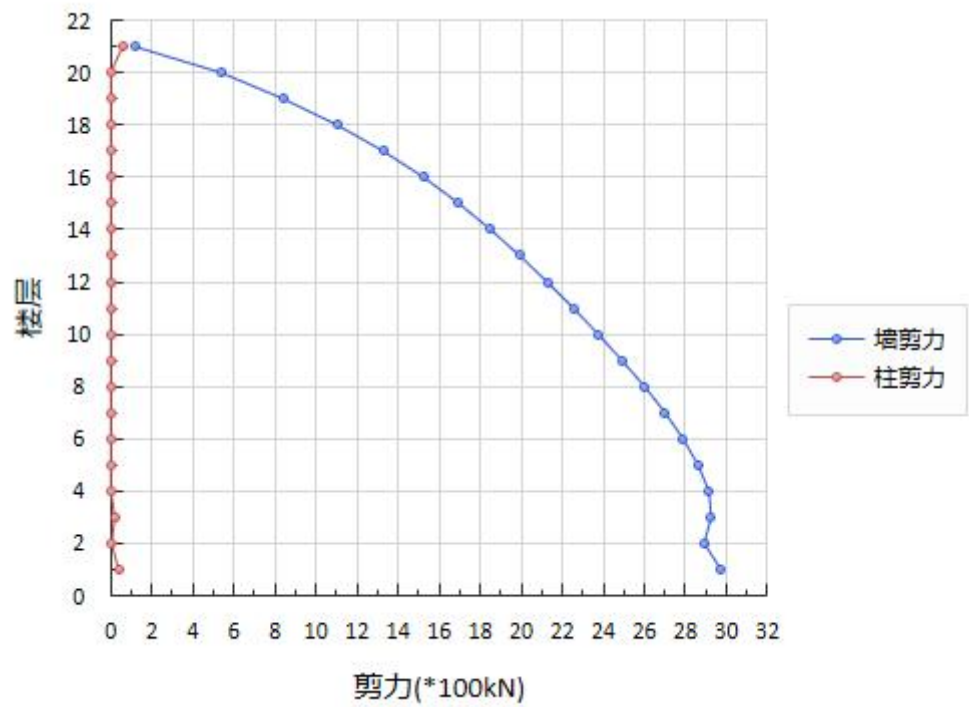


图 6-7 X 向地震下剪力简图(塔 1)

表 6-17 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
21	1	68.7	179.6	220.4	31.19%	0.00%
20	1	0.0	619.5	619.6	0.00%	0.00%
19	1	0.0	929.2	929.2	0.00%	0.00%
18	1	0.0	1175.3	1175.3	0.00%	0.00%
17	1	0.0	1379.1	1379.1	0.00%	0.00%
16	1	0.0	1547.8	1547.8	0.00%	0.00%
15	1	0.0	1689.3	1689.3	0.00%	0.00%
14	1	0.0	1815.2	1815.2	0.00%	0.00%
13	1	0.0	1932.3	1932.3	0.00%	0.00%
12	1	0.0	2045.3	2045.3	0.00%	0.00%
11	1	0.0	2161.1	2161.1	0.00%	0.00%
10	1	0.0	2279.9	2279.9	0.00%	0.00%
9	1	0.0	2398.4	2398.4	0.00%	0.00%

层号	塔号	柱剪力	墙剪力	总剪力	Ratio	BVRatio
8	1	0.0	2514.5	2514.5	0.00%	0.00%
7	1	0.0	2622.9	2622.9	0.00%	0.00%
6	1	0.0	2719.7	2719.7	0.00%	0.00%
5	1	0.0	2804.5	2804.5	0.00%	0.00%
4	1	0.0	2868.0	2868.0	0.00%	0.00%
3	1	36.1	2876.0	2911.1	1.24%	1.24%
2	1	2.7	2448.5	2957.1	0.09%	0.00%
1	1	73.7	2203.4	3107.9	2.37%	0.00%

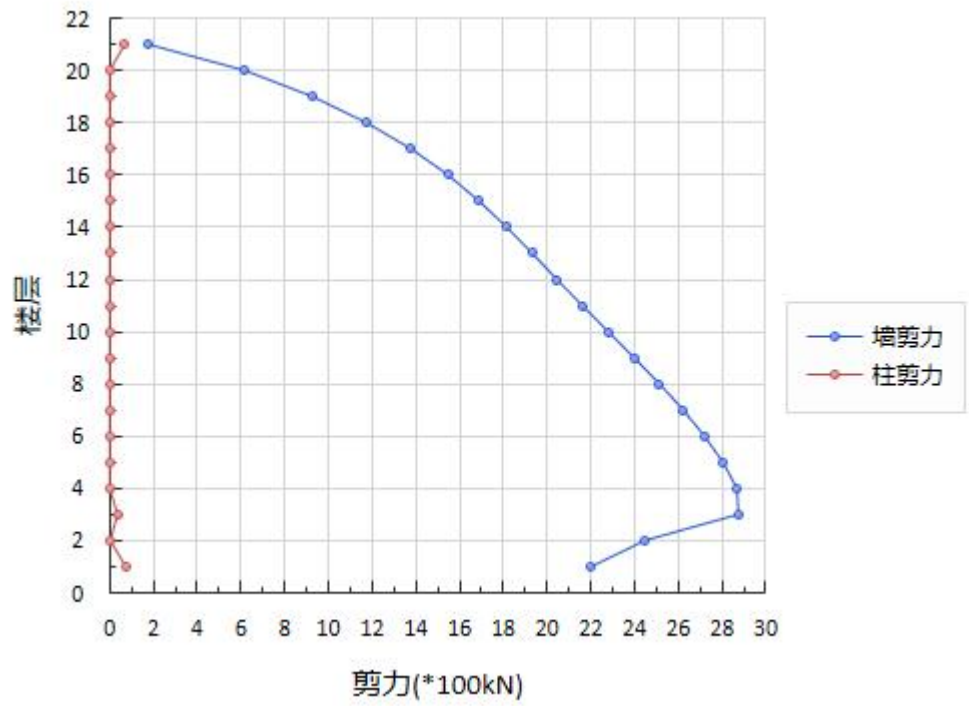


图 6-8 Y 向地震下剪力简图(塔 1)

6.10 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 6-18 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
21	1	171.1	171.1	804.0	220.4	220.4	1035.8
20	1	392.4	537.9	2307.5	442.5	619.6	2743.4
19	1	326.1	841.2	4711.5	340.4	929.2	5362.2
18	1	295.8	1103.6	7861.5	307.4	1175.3	8672.7
17	1	280.9	1328.0	11638.5	289.0	1379.1	12530.3
16	1	266.4	1525.1	15949.4	274.5	1547.8	16828.1
15	1	264.3	1695.7	20714.6	277.4	1689.3	21477.6
14	1	265.3	1850.7	25871.8	287.0	1815.2	26414.1
13	1	267.9	1992.5	31376.6	291.2	1932.3	31597.8
12	1	269.1	2126.5	37197.2	302.4	2045.3	37006.6
11	1	276.0	2253.3	43310.8	313.0	2161.1	42635.9
10	1	275.1	2375.1	49701.9	309.2	2279.9	48495.0
9	1	283.0	2490.4	56358.6	307.1	2398.4	54597.4
8	1	274.4	2600.6	63271.1	301.7	2514.5	60954.9
7	1	268.6	2700.6	70428.1	286.1	2622.9	67573.9
6	1	250.2	2788.7	77812.7	281.0	2719.7	74450.1
5	1	248.2	2861.3	85402.4	265.3	2804.5	81571.6
4	1	213.8	2914.5	93166.6	230.4	2868.0	88914.9
3	1	240.5	2945.2	101068.1	234.7	2911.1	96446.6
2	1	297.1	2975.0	109632.5	306.0	2957.1	104675.5
1	1	756.6	3169.6	117804.7	596.0	3107.9	112567.3

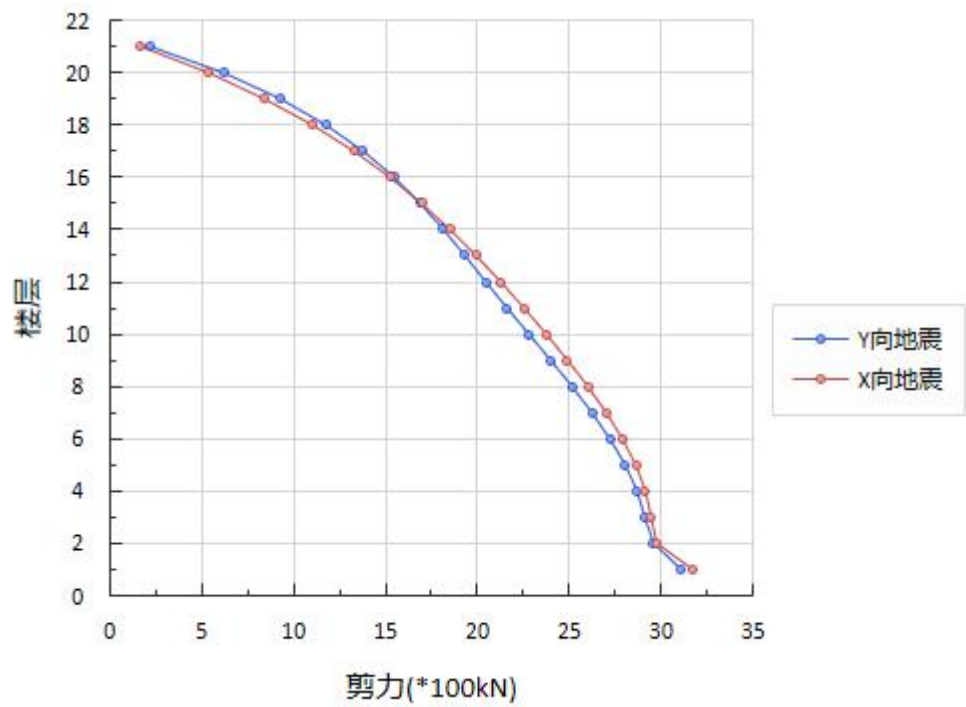


图 6-9 地震作用下楼层剪力简图(塔 1)

表 6-19 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
21	1	208.5	208.5	979.8	165.9	165.9	779.9
20	1	427.2	598.4	2637.9	385.4	530.1	2269.6
19	1	330.8	902.1	5189.3	319.6	829.2	4644.8
18	1	297.0	1145.2	8425.7	287.7	1086.7	7752.4
17	1	276.1	1345.6	12204.5	270.1	1305.0	11471.2
16	1	262.2	1511.0	16416.7	255.9	1495.0	15703.6
15	1	263.4	1649.5	20973.3	252.9	1658.6	20368.1
14	1	272.1	1772.0	25808.8	254.1	1806.3	25401.5
13	1	277.0	1885.4	30882.0	257.4	1941.3	30759.5
12	1	288.6	1995.1	36170.6	260.6	2069.4	36411.4
11	1	299.1	2107.8	41669.7	267.7	2191.9	42337.4
10	1	297.5	2224.0	47389.0	268.6	2311.1	48526.2
9	1	295.6	2340.7	53343.3	274.9	2425.4	54970.6
8	1	290.7	2455.4	59546.2	267.3	2535.2	61665.6

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
7	1	276.9	2562.7	66005.3	261.6	2635.4	68603.1
6	1	269.9	2658.0	72717.6	243.5	2723.3	75769.1
5	1	257.7	2740.6	79671.2	243.1	2795.8	83142.3
4	1	224.5	2802.1	86842.5	209.6	2848.5	90693.0
3	1	231.5	2843.4	94197.9	237.5	2879.3	98383.9
2	1	302.2	2887.8	102233.7	290.9	2909.7	106727.2
1	1	602.1	3041.0	109941.8	731.9	3098.3	114693.9

第 7 章 工况、组合

7.1 工况设定

表 7-1 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
土压力	SOIL -- 土压力作用下的标准内力
恒载	DL -- 恒载作用下的标准内力

工况简称	工况详称
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

7.2 荷载组合表

表 7-2 荷载组合表

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							线性
2	1.00	1.50							线性
3	1.30		1.50						线性
4	1.30			1.50					线性
5	1.30				1.50				线性
6	1.30					1.50			线性
7	1.30	1.50	0.90						线性
8	1.30	1.50		0.90					线性
9	1.30	1.50			0.90				线性
10	1.30	1.50				0.90			线性
11	1.30	1.05	1.50						线性
12	1.30	1.05		1.50					线性
13	1.30	1.05			1.50				线性
14	1.30	1.05				1.50			线性
15	1.00		1.50						线性
16	1.00			1.50					线性
17	1.00				1.50				线性
18	1.00					1.50			线性
19	1.00	1.50	0.90						线性
20	1.00	1.50		0.90					线性
21	1.00	1.50			0.90				线性
22	1.00	1.50				0.90			线性

组合号	恒载	活载	+X 风	-X 风	+Y 风	-Y 风	X 地震	Y 地震	非线性
23	1.00	1.05	1.50						线性
24	1.00	1.05		1.50					线性
25	1.00	1.05			1.50				线性
26	1.00	1.05				1.50			线性
27	1.30	0.65	0.30				1.40		线性
28	1.30	0.65	0.30				-1.40		线性
29	1.30	0.65			0.30			1.40	线性
30	1.30	0.65			0.30			-1.40	线性
31	1.30	0.65		0.30			1.40		线性
32	1.30	0.65		0.30			-1.40		线性
33	1.30	0.65				0.30		1.40	线性
34	1.30	0.65				0.30		-1.40	线性
35	1.00	0.50	0.30				1.40		线性
36	1.00	0.50	0.30				-1.40		线性
37	1.00	0.50			0.30			1.40	线性
38	1.00	0.50			0.30			-1.40	线性
39	1.00	0.50		0.30			1.40		线性
40	1.00	0.50		0.30			-1.40		线性
41	1.00	0.50				0.30		1.40	线性
42	1.00	0.50				0.30		-1.40	线性

第 8 章 整体指标统计

8.1 周期比

第 1 扭转周期(1.1840)/第 1 平动周期(1.7653) = 0.67

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

层号	塔号	Xstif,Ystif	Alf	Xmass,Ymass	Gmass	Eex,Eey
21	1	19.10,10.92	175.40	19.11,7.67	186.22	29.75%,0.12%
20	1	19.11,9.23	45.00	19.06,6.83	563.68	14.48%,0.32%
19	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.73%,0.42%
18	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
17	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
16	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
15	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
14	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
13	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
12	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
11	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
10	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
9	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
8	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
7	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
6	1	19.11,9.51	45.00	19.05,6.67	537.59	16.71%,0.42%
5	1	19.11,9.48	45.00	19.05,6.67	546.20	16.59%,0.42%
4	1	19.10,9.48	45.00	19.05,6.67	546.20	16.59%,0.40%
3	1	19.11,9.50	45.00	19.05,7.19	574.45	13.79%,0.51%
2	1	19.44,7.66	45.00	18.29,6.97	913.72	5.50%,7.64%
1	1	13.24,6.31	45.00	15.05,6.09	3496.20	1.33%,10.22%

《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，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。

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)
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)
Rs: 薄弱层地震剪力放大系数

层号	塔号	Ratx, Raty	Ratx1, Raty1	Ratx2, Raty2	RJX1, RJY1 (kN/m)	RJX3, RJY3 (kN/m)	Rs
21	1	0.16, 0.23	1.00, 1.00	1.00, 1.00	4.39E+006 9.66E+006	8.00E+004 5.98E+004	1.00
20	1	1.00, 1.00	7.18, 6.82	3.45, 3.27	2.83E+007 4.21E+007	4.02E+005 2.86E+005	1.00
19	1	1.00, 1.00	2.01, 2.08	1.57, 1.62	2.82E+007 4.19E+007	5.67E+005 4.16E+005	1.00
18	1	1.00, 1.00	1.72, 1.75	1.34, 1.36	2.82E+007 4.19E+007	6.84E+005 5.08E+005	1.00
17	1	1.00, 1.00	1.59, 1.62	1.24, 1.26	2.82E+007 4.19E+007	7.61E+005 5.76E+005	1.00
16	1	1.00, 1.00	1.51, 1.55	1.19, 1.21	2.82E+007 4.19E+007	8.12E+005 6.26E+005	1.00
15	1	1.00, 1.00	1.41, 1.46	1.16, 1.18	2.82E+007 4.19E+007	8.51E+005 6.66E+005	1.00
14	1	1.00, 1.00	1.36, 1.41	1.15, 1.17	2.82E+007 4.19E+007	8.81E+005 7.01E+005	1.00
13	1	1.00, 1.00	1.34, 1.39	1.15, 1.17	2.82E+007 4.19E+007	9.10E+005 7.36E+005	1.00
12	1	1.00, 1.00	1.33, 1.38	1.15, 1.17	2.82E+007 4.19E+007	9.39E+005 7.75E+005	1.00
11	1	1.00, 1.00	1.33, 1.39	1.15, 1.18	2.82E+007 4.19E+007	9.71E+005 8.21E+005	1.00
10	1	1.00, 1.00	1.34, 1.41	1.15, 1.19	2.82E+007 4.19E+007	1.01E+006 8.77E+005	1.00

层号	塔号	Ratx, Raty	Ratx1, Raty1	Ratx2, Raty2	RJX1, RJY1 (kN/m)	RJX3, RJY3 (kN/m)	Rs
9	1	1.00, 1.00	1.36, 1.44	1.16, 1.20	2.82E+007 4.19E+007	1.06E+006 9.47E+005	1.00
8	1	1.00, 1.00	1.38, 1.47	1.18, 1.22	2.82E+007 4.19E+007	1.12E+006 1.04E+006	1.00
7	1	1.00, 1.00	1.42, 1.51	1.20, 1.24	2.82E+007 4.19E+007	1.21E+006 1.16E+006	1.00
6	1	0.95, 0.95	1.48, 1.59	1.23, 1.28	2.82E+007 4.19E+007	1.34E+006 1.33E+006	1.00
5	1	1.00, 1.00	1.59, 1.71	1.29, 1.34	2.96E+007 4.41E+007	1.56E+006 1.60E+006	1.00
4	1	1.00, 1.00	1.78, 1.88	1.39, 1.46	2.96E+007 4.41E+007	1.94E+006 2.10E+006	1.00
3	1	0.29, 0.50	2.38, 2.40	1.85, 1.86	2.97E+007 4.41E+007	3.24E+006 3.52E+006	1.00
2	1	0.78, 0.71	20.29, 5.77	16.87, 4.80	1.04E+008 8.87E+007	4.60E+007 1.42E+007	1.00
1	1	1.00, 1.00	3.41, 6.04	1.49, 2.64	1.33E+008 1.25E+008	1.10E+008 6.02E+007	1.00

X 方向最小刚度比: 1.0000 (21 层 1 塔)
Y 方向最小刚度比: 1.0000 (21 层 1 塔)

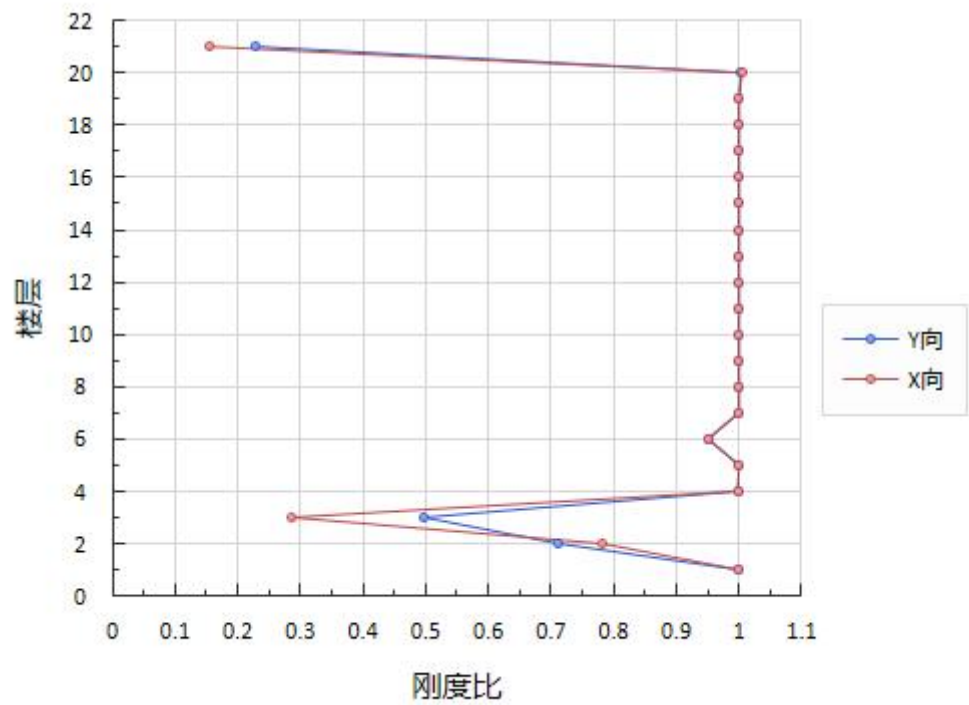


图 8-1 多方向刚度比简图(塔 1)

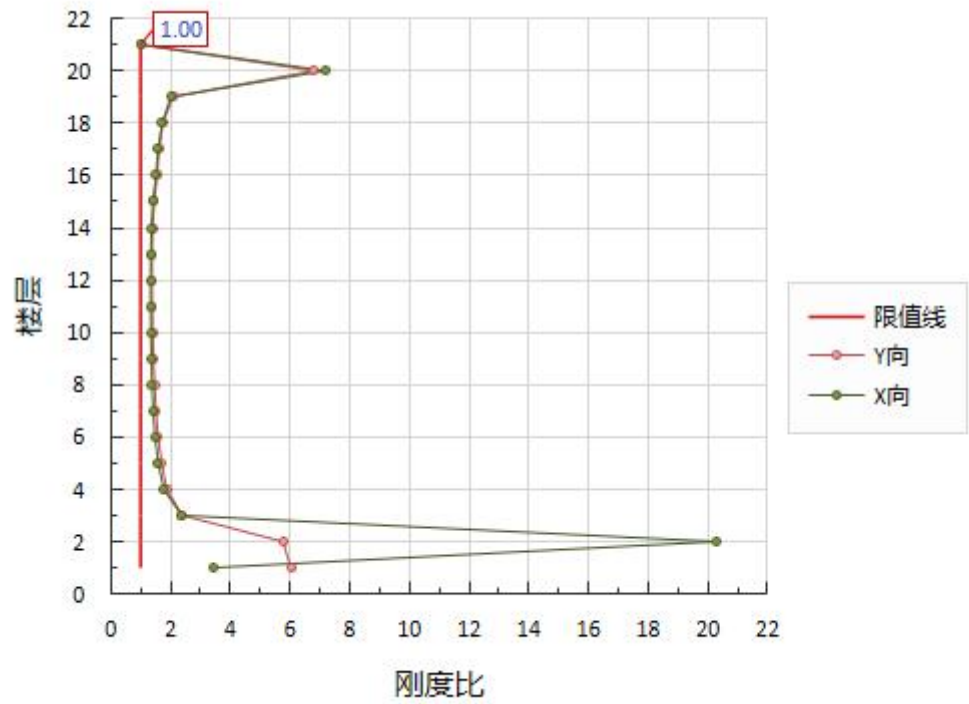


图 8-2 多方向刚度比 1 简图(塔 1)

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 8-1 地震

层号	塔号	X 向刚重比 EJ_d/GH^{**2}	Y 向刚重比 EJ_d/GH^{**2}
3	1	6.633	5.398

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 8-2 风荷载

层号	塔号	X 向刚重比 EJ_d/GH^{**2}	Y 向刚重比 EJ_d/GH^{**2}
3	1	7.959	5.990

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

8.4 结构整体抗倾覆验算

根据《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%。结构的抗倾覆验算结果如下：

表 8-3 结构整体抗倾覆验算(单位：kN.m)

层号	塔号	工况	抗倾覆力矩 M_r	倾覆力矩 M_{ov}	比值 M_r/M_{ov}	零应力区 (%)
1	1	X 向风	3.445E+006	4.048E+004	85.12	0.00
		Y 向风	1.443E+006	1.118E+005	12.91	0.00
		X 地震	3.328E+006	1.294E+005	25.72	0.00
		Y 地震	1.394E+006	1.279E+005	10.90	0.00

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%。
结构设定的限值是 80.00%。并无楼层承载力突变的情况。

Ratio_X,Ratio_Y: 表示本层与上一层的承载力之比

表 8-4 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
21	1	2.0527E+003	3.8657E+003	1.00	1.00
20	1	7.7645E+003	1.1837E+004	3.78	3.06
19	1	7.7313E+003	1.2086E+004	1.00	1.02
18	1	7.9176E+003	1.2296E+004	1.02	1.02
17	1	8.0746E+003	1.2438E+004	1.02	1.01
16	1	8.2049E+003	1.2645E+004	1.02	1.02
15	1	8.3491E+003	1.2852E+004	1.02	1.02
14	1	8.5004E+003	1.3061E+004	1.02	1.02
13	1	8.6467E+003	1.3272E+004	1.02	1.02
12	1	8.7864E+003	1.3483E+004	1.02	1.02
11	1	8.8915E+003	1.3692E+004	1.01	1.02
10	1	8.9823E+003	1.3861E+004	1.01	1.01
9	1	9.0610E+003	1.4020E+004	1.01	1.01
8	1	9.1223E+003	1.4162E+004	1.01	1.01
7	1	9.1681E+003	1.4289E+004	1.01	1.01
6	1	9.1845E+003	1.4145E+004	1.00	0.99
5	1	9.9480E+003	1.5075E+004	1.08	1.07
4	1	9.9883E+003	1.4840E+004	1.00	0.98
3	1	9.4745E+003	1.4919E+004	0.95	1.01
2	1	3.7531E+004	3.0973E+004	3.96	2.08
1	1	4.9311E+004	4.6436E+004	1.31	1.50

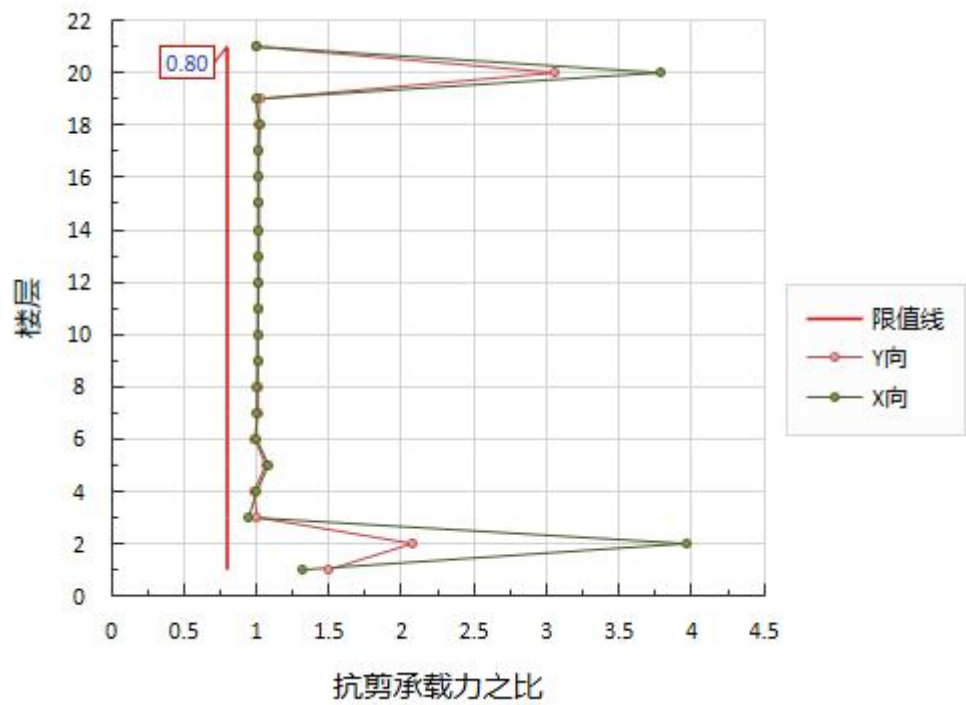


图 8-3 多方向抗剪承载力比简图(塔 1)

8.6 薄弱层信息

表 8-5 薄弱层

层号	塔号
----	----

8.7 剪重比调整系数

表 8-6 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
21	1	1.00	1.00	171.06	220.38
20	1	1.00	1.00	537.94	619.57
19	1	1.00	1.00	841.17	929.19
18	1	1.00	1.00	1103.61	1175.34
17	1	1.00	1.00	1327.97	1379.08
16	1	1.00	1.00	1525.09	1547.79
15	1	1.00	1.00	1695.73	1689.33

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
14	1	1.00	1.00	1850.70	1815.23
13	1	1.00	1.00	1992.54	1932.27
12	1	1.00	1.00	2126.50	2045.31
11	1	1.00	1.00	2253.26	2161.09
10	1	1.00	1.00	2375.05	2279.92
9	1	1.00	1.00	2490.35	2398.38
8	1	1.00	1.00	2600.62	2514.55
7	1	1.00	1.00	2700.64	2622.92
6	1	1.00	1.00	2788.71	2719.73
5	1	1.00	1.00	2861.34	2804.48
4	1	1.00	1.00	2914.47	2867.97
3	1	1.00	1.00	2945.15	2911.11

8.8 位移角和位移比

根据《高规》3.7.3 条的规定，楼层层间最大位移与层高之比的限值如下表：

表 8-7 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	1/1000

《抗规》3.4.3-1 条对于扭转不规则的定义为：在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移(或层间位移)，大于该楼层两端弹性水平位移(或层间位移)平均值的 1.2 倍。根据《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。结构设定的判断扭转不规则的位移比为 1.20，位移比的限值为 1.50。

采用强制刚性楼板假定模型计算结果

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

表 8-8 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
21	1	38.22	35.11	2.79	2.29	1/1685	4700.00
20	1	37.71	33.75	1.42	1.35	1/2046	2900.00
19	1	36.39	32.48	1.58	1.49	1/1833	2900.00
18	1	34.91	31.07	1.73	1.61	1/1673	2900.00
17	1	33.30	29.55	1.89	1.75	1/1531	2900.00
16	1	31.52	27.89	2.05	1.87	1/1415	2900.00
15	1	29.59	26.11	2.19	1.99	1/1322	2900.00
14	1	27.51	24.21	2.33	2.10	1/1247	2900.00
13	1	25.28	22.19	2.44	2.19	1/1188	2900.00
12	1	22.91	20.06	2.54	2.26	1/1142	2900.00
11	1	20.44	17.85	2.61	2.32	1/1109	2900.00
10	1	17.88	15.57	2.66	2.35	1/1088	2900.00
9	1	15.25	13.26	2.68	2.35	1/1082	2900.00
8	1	12.59	10.92	2.65	2.32	1/1093	2900.00
7	1	9.95	8.62	2.57	2.23	1/1130	2900.00
6	1	7.39	6.40	2.40	2.07	1/1209	2900.00
5	1	5.00	4.33	2.12	1.83	1/1369	2900.00
4	1	2.88	2.50	1.73	1.49	1/1680	2900.00
3	1	1.16	0.98	1.05	0.89	1/2755	2900.00
2	1	0.12	0.10	0.09	0.07	1/9999	3100.00
1	1	0.03	0.03	0.03	0.03	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/1082 (9 层 1 塔)

表 8-9 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
21	1	38.23	35.12	2.80	2.29	1/1679	4700.00
20	1	37.73	33.77	1.42	1.35	1/2045	2900.00
19	1	36.40	32.49	1.58	1.49	1/1832	2900.00
18	1	34.93	31.08	1.73	1.62	1/1672	2900.00
17	1	33.31	29.56	1.89	1.75	1/1530	2900.00
16	1	31.54	27.90	2.05	1.87	1/1415	2900.00
15	1	29.60	26.12	2.19	1.99	1/1321	2900.00
14	1	27.52	24.22	2.33	2.10	1/1246	2900.00
13	1	25.29	22.20	2.44	2.19	1/1187	2900.00
12	1	22.92	20.07	2.54	2.26	1/1142	2900.00
11	1	20.45	17.86	2.62	2.32	1/1109	2900.00
10	1	17.88	15.58	2.67	2.35	1/1088	2900.00
9	1	15.25	13.26	2.68	2.35	1/1081	2900.00
8	1	12.60	10.93	2.65	2.32	1/1093	2900.00
7	1	9.96	8.63	2.57	2.23	1/1129	2900.00
6	1	7.40	6.40	2.40	2.08	1/1209	2900.00
5	1	5.00	4.33	2.12	1.83	1/1369	2900.00
4	1	2.89	2.50	1.73	1.49	1/1680	2900.00
3	1	1.16	0.98	1.05	0.89	1/2754	2900.00
2	1	0.12	0.10	0.09	0.07	1/9999	3100.00
1	1	0.03	0.03	0.03	0.03	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/1081 （9 层 1 塔）

表 8-10 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
21	1	38.92	35.21	2.51	2.17	1/1872	4700.00
20	1	38.51	33.93	1.44	1.35	1/2008	2900.00
19	1	37.16	32.66	1.61	1.49	1/1799	2900.00
18	1	35.66	31.25	1.77	1.62	1/1641	2900.00
17	1	34.01	29.73	1.93	1.75	1/1501	2900.00
16	1	32.20	28.07	2.09	1.88	1/1388	2900.00
15	1	30.23	26.29	2.24	2.00	1/1295	2900.00

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
14	1	28.10	24.38	2.37	2.11	1/1222	2900.00
13	1	25.83	22.35	2.49	2.20	1/1163	2900.00
12	1	23.42	20.21	2.59	2.28	1/1118	2900.00
11	1	20.89	17.99	2.67	2.33	1/1086	2900.00
10	1	18.27	15.70	2.72	2.37	1/1065	2900.00
9	1	15.58	13.36	2.74	2.37	1/1059	2900.00
8	1	12.87	11.02	2.71	2.33	1/1069	2900.00
7	1	10.17	8.70	2.62	2.25	1/1105	2900.00
6	1	7.56	6.45	2.45	2.09	1/1183	2900.00
5	1	5.11	4.37	2.16	1.84	1/1340	2900.00
4	1	2.95	2.52	1.76	1.51	1/1645	2900.00
3	1	1.18	0.98	1.07	0.89	1/2699	2900.00
2	1	0.12	0.10	0.09	0.07	1/9999	3100.00
1	1	0.03	0.03	0.03	0.03	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/1059 （9 层 1 塔）

表 8-11 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
21	1	37.51	35.00	3.60	2.67	1/1304	4700.00
20	1	36.92	33.58	1.39	1.35	1/2086	2900.00
19	1	35.62	32.30	1.55	1.49	1/1869	2900.00
18	1	34.17	30.89	1.70	1.61	1/1706	2900.00
17	1	32.59	29.37	1.86	1.74	1/1562	2900.00
16	1	30.85	27.72	2.01	1.87	1/1445	2900.00
15	1	28.95	25.94	2.15	1.98	1/1349	2900.00
14	1	26.91	24.04	2.28	2.09	1/1273	2900.00
13	1	24.73	22.03	2.39	2.18	1/1213	2900.00
12	1	22.41	19.91	2.49	2.25	1/1167	2900.00
11	1	19.99	17.71	2.56	2.30	1/1133	2900.00
10	1	17.48	15.45	2.61	2.33	1/1113	2900.00
9	1	14.91	13.15	2.62	2.33	1/1106	2900.00
8	1	12.31	10.83	2.59	2.30	1/1118	2900.00

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
7	1	9.73	8.55	2.51	2.21	1/1156	2900.00
6	1	7.23	6.34	2.34	2.06	1/1237	2900.00
5	1	4.89	4.29	2.07	1.81	1/1400	2900.00
4	1	2.82	2.48	1.69	1.48	1/1718	2900.00
3	1	1.13	0.97	1.03	0.89	1/2814	2900.00
2	1	0.11	0.10	0.08	0.07	1/9999	3100.00
1	1	0.03	0.03	0.03	0.03	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/1106 （9 层 1 塔）

表 8-12 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
21	1	43.30	42.95	4.19	3.84	1/1122	4700.00
20	1	40.03	39.82	2.17	2.17	1/1336	2900.00
19	1	37.94	37.74	2.24	2.23	1/1296	2900.00
18	1	35.79	35.59	2.32	2.31	1/1252	2900.00
17	1	33.57	33.37	2.40	2.40	1/1208	2900.00
16	1	31.27	31.08	2.48	2.47	1/1170	2900.00
15	1	28.88	28.70	2.55	2.54	1/1138	2900.00
14	1	26.42	26.25	2.60	2.59	1/1115	2900.00
13	1	23.90	23.74	2.64	2.63	1/1099	2900.00
12	1	21.33	21.18	2.66	2.64	1/1092	2900.00
11	1	18.74	18.60	2.65	2.64	1/1094	2900.00
10	1	16.13	16.01	2.62	2.60	1/1108	2900.00
9	1	13.55	13.44	2.55	2.54	1/1136	2900.00
8	1	11.02	10.92	2.45	2.43	1/1185	2900.00
7	1	8.59	8.51	2.29	2.27	1/1266	2900.00
6	1	6.30	6.25	2.07	2.05	1/1402	2900.00
5	1	4.24	4.20	1.77	1.75	1/1640	2900.00
4	1	2.48	2.45	1.38	1.37	1/2104	2900.00
3	1	1.10	1.09	0.84	0.83	1/3468	2900.00
2	1	0.26	0.26	0.23	0.21	1/9999	3100.00
1	1	0.07	0.05	0.07	0.05	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/1092 （12 层 1 塔）

表 8-13 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
21	1	43.92	43.37	4.34	3.94	1/1083	4700.00
20	1	41.97	40.90	2.22	2.20	1/1305	2900.00
19	1	39.88	38.81	2.30	2.27	1/1264	2900.00
18	1	37.72	36.66	2.38	2.35	1/1217	2900.00
17	1	35.48	34.43	2.48	2.44	1/1170	2900.00
16	1	33.14	32.11	2.57	2.52	1/1129	2900.00
15	1	30.70	29.70	2.65	2.59	1/1095	2900.00
14	1	28.17	27.22	2.71	2.65	1/1068	2900.00
13	1	25.57	24.66	2.76	2.70	1/1049	2900.00
12	1	22.89	22.04	2.79	2.72	1/1038	2900.00
11	1	20.17	19.39	2.80	2.72	1/1035	2900.00
10	1	17.43	16.72	2.78	2.69	1/1042	2900.00
9	1	14.69	14.07	2.73	2.63	1/1063	2900.00
8	1	11.99	11.46	2.63	2.53	1/1101	2900.00
7	1	9.37	8.94	2.48	2.38	1/1168	2900.00
6	1	6.90	6.57	2.26	2.16	1/1283	2900.00
5	1	4.65	4.42	1.95	1.85	1/1490	2900.00
4	1	2.70	2.58	1.53	1.45	1/1900	2900.00
3	1	1.18	1.13	0.92	0.87	1/3154	2900.00
2	1	0.27	0.27	0.23	0.21	1/9999	3100.00
1	1	0.08	0.05	0.08	0.05	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/1035 （11 层 1 塔）

表 8-14 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
21	1	46.33	42.97	4.34	3.79	1/1083	4700.00
20	1	44.70	39.82	2.41	2.17	1/1205	2900.00
19	1	42.39	37.73	2.48	2.23	1/1167	2900.00
18	1	40.01	35.58	2.58	2.31	1/1126	2900.00
17	1	37.54	33.37	2.67	2.40	1/1085	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
16	1	34.98	31.07	2.76	2.47	1/1049	2900.00
15	1	32.33	28.69	2.84	2.54	1/1020	2900.00
14	1	29.60	26.24	2.90	2.59	1/998	2900.00
13	1	26.79	23.73	2.95	2.63	1/984	2900.00
12	1	23.92	21.18	2.97	2.64	1/977	2900.00
11	1	21.02	18.59	2.96	2.63	1/978	2900.00
10	1	18.11	16.00	2.93	2.60	1/989	2900.00
9	1	15.22	13.43	2.86	2.53	1/1014	2900.00
8	1	12.38	10.92	2.75	2.43	1/1056	2900.00
7	1	9.65	8.51	2.57	2.27	1/1127	2900.00
6	1	7.09	6.25	2.33	2.05	1/1245	2900.00
5	1	4.77	4.20	1.99	1.75	1/1454	2900.00
4	1	2.78	2.45	1.56	1.37	1/1862	2900.00
3	1	1.22	1.09	0.94	0.83	1/3087	2900.00
2	1	0.28	0.26	0.21	0.21	1/9999	3100.00
1	1	0.08	0.05	0.08	0.05	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/977 （12 层 1 塔）

表 8-15 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
21	1	46.61	42.98	4.35	3.79	1/1081	4700.00
20	1	45.11	39.83	2.41	2.17	1/1204	2900.00
19	1	42.80	37.74	2.49	2.24	1/1165	2900.00
18	1	40.42	35.60	2.58	2.31	1/1122	2900.00
17	1	37.95	33.38	2.68	2.40	1/1081	2900.00
16	1	35.38	31.08	2.78	2.47	1/1044	2900.00
15	1	32.71	28.71	2.86	2.54	1/1014	2900.00
14	1	29.96	26.26	2.93	2.59	1/991	2900.00
13	1	27.13	23.75	2.97	2.63	1/976	2900.00
12	1	24.24	21.19	3.00	2.64	1/968	2900.00
11	1	21.31	18.60	3.00	2.64	1/968	2900.00
10	1	18.37	16.01	2.96	2.60	1/978	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
9	1	15.44	13.44	2.90	2.54	1/1001	2900.00
8	1	12.57	10.93	2.78	2.43	1/1042	2900.00
7	1	9.81	8.51	2.61	2.27	1/1111	2900.00
6	1	7.21	6.25	2.36	2.05	1/1226	2900.00
5	1	4.85	4.20	2.03	1.75	1/1431	2900.00
4	1	2.83	2.45	1.58	1.37	1/1830	2900.00
3	1	1.24	1.09	0.96	0.83	1/3020	2900.00
2	1	0.29	0.26	0.25	0.21	1/9999	3100.00
1	1	0.07	0.05	0.07	0.05	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/968 （12 层 1 塔）

表 8-16 最不利地震方向 100 下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
21	1	43.57	42.64	4.23	3.81	1/1112	4700.00
20	1	40.95	39.54	2.17	2.14	1/1335	2900.00
19	1	38.86	37.48	2.25	2.21	1/1290	2900.00
18	1	36.72	35.36	2.34	2.29	1/1241	2900.00
17	1	34.49	33.16	2.43	2.37	1/1194	2900.00
16	1	32.17	30.89	2.52	2.45	1/1152	2900.00
15	1	29.76	28.54	2.59	2.52	1/1118	2900.00
14	1	27.27	26.11	2.65	2.57	1/1093	2900.00
13	1	24.71	23.62	2.70	2.61	1/1075	2900.00
12	1	22.09	21.08	2.72	2.62	1/1066	2900.00
11	1	19.44	18.52	2.72	2.62	1/1065	2900.00
10	1	16.76	15.94	2.70	2.59	1/1075	2900.00
9	1	14.11	13.39	2.64	2.52	1/1099	2900.00
8	1	11.49	10.89	2.54	2.42	1/1143	2900.00
7	1	8.97	8.49	2.38	2.26	1/1216	2900.00
6	1	6.60	6.23	2.16	2.05	1/1341	2900.00
5	1	4.44	4.19	1.86	1.75	1/1563	2900.00
4	1	2.59	2.45	1.45	1.36	1/1999	2900.00
3	1	1.14	1.08	0.88	0.83	1/3302	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Max-Dy/h	h
2	1	0.26	0.26	0.23	0.21	1/9999	3100.00
1	1	0.07	0.05	0.07	0.05	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/1065 （11 层 1 塔）

表 8-17 最不利地震方向 190 下的楼层最大位移

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Max-Dx/h	h
21	1	39.37	35.60	2.83	2.29	1/1664	4700.00
20	1	38.00	33.48	1.43	1.36	1/2024	2900.00
19	1	36.66	32.20	1.60	1.49	1/1815	2900.00
18	1	35.18	30.79	1.75	1.61	1/1657	2900.00
17	1	33.55	29.26	1.91	1.74	1/1517	2900.00
16	1	31.76	27.61	2.07	1.87	1/1403	2900.00
15	1	29.81	25.84	2.21	1.98	1/1311	2900.00
14	1	27.71	23.94	2.34	2.08	1/1237	2900.00
13	1	25.46	21.93	2.46	2.17	1/1178	2900.00
12	1	23.08	19.83	2.56	2.24	1/1133	2900.00
11	1	20.59	17.63	2.64	2.30	1/1101	2900.00
10	1	18.01	15.38	2.68	2.32	1/1080	2900.00
9	1	15.36	13.08	2.70	2.32	1/1074	2900.00
8	1	12.68	10.78	2.67	2.29	1/1085	2900.00
7	1	10.02	8.50	2.59	2.20	1/1121	2900.00
6	1	7.45	6.31	2.42	2.05	1/1201	2900.00
5	1	5.04	4.27	2.13	1.80	1/1360	2900.00
4	1	2.90	2.47	1.74	1.47	1/1670	2900.00
3	1	1.17	0.98	1.06	0.88	1/2742	2900.00
2	1	0.13	0.10	0.09	0.07	1/9999	3100.00
1	1	0.03	0.03	0.03	0.03	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/1074 （9 层 1 塔）

表 8-18 +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
21	1	9.91	9.46	1.05	1.44	1.01	1.41	1/3274	4700.00

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	Max-Dx/h	h
20	1	8.73	8.50	1.03	0.42	0.37	1.00	1/6864	2900.00
19	1	8.41	8.14	1.03	0.42	0.39	1.00	1/6879	2900.00
18	1	8.05	7.75	1.04	0.43	0.41	1.00	1/6747	2900.00
17	1	7.66	7.33	1.04	0.44	0.43	1.00	1/6533	2900.00
16	1	7.24	6.90	1.05	0.46	0.46	1.00	1/6271	2900.00
15	1	6.78	6.44	1.05	0.48	0.48	1.00	1/5990	2900.00
14	1	6.30	5.96	1.06	0.51	0.51	1.00	1/5666	2900.00
13	1	5.79	5.46	1.06	0.54	0.53	1.00	1/5401	2900.00
12	1	5.25	4.93	1.07	0.56	0.54	1.00	1/5189	2900.00
11	1	4.69	4.38	1.07	0.58	0.56	1.00	1/5029	2900.00
10	1	4.12	3.83	1.08	0.59	0.56	1.04	1/4923	2900.00
9	1	3.53	3.26	1.08	0.59	0.57	1.05	1/4875	2900.00
8	1	2.93	2.69	1.09	0.59	0.56	1.06	1/4896	2900.00
7	1	2.34	2.13	1.10	0.58	0.54	1.00	1/5011	2900.00
6	1	1.76	1.59	1.11	0.55	0.51	1.00	1/5283	2900.00
5	1	1.21	1.08	1.12	0.50	0.45	1.00	1/5846	2900.00
4	1	0.72	0.64	1.13	0.42	0.37	1.00	1/6907	2900.00
3	1	0.30	0.26	1.15	0.27	0.23	1.00	1/9999	2900.00
2	1	0.03	0.03	1.00	0.02	0.02	1.00	1/9999	3100.00
1	1	0.01	0.01	1.00	0.01	0.01	1.00	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/3274 （21 层 1 塔）

X 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.15 （3 层 1 塔）

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.41 （21 层 1 塔）

表 8-19 -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
21	1	9.91	9.46	1.05	1.44	1.01	1.41	1/3274	4700.00
20	1	8.73	8.50	1.03	0.42	0.37	1.00	1/6864	2900.00
19	1	8.41	8.14	1.03	0.42	0.39	1.00	1/6879	2900.00
18	1	8.05	7.75	1.04	0.43	0.41	1.00	1/6747	2900.00
17	1	7.66	7.33	1.04	0.44	0.43	1.00	1/6533	2900.00

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	Max-Dx/h	h
16	1	7.24	6.90	1.05	0.46	0.46	1.00	1/6271	2900.00
15	1	6.78	6.44	1.05	0.48	0.48	1.00	1/5990	2900.00
14	1	6.30	5.96	1.06	0.51	0.51	1.00	1/5666	2900.00
13	1	5.79	5.46	1.06	0.54	0.53	1.00	1/5401	2900.00
12	1	5.25	4.93	1.07	0.56	0.54	1.00	1/5189	2900.00
11	1	4.69	4.38	1.07	0.58	0.56	1.00	1/5029	2900.00
10	1	4.12	3.83	1.08	0.59	0.56	1.04	1/4923	2900.00
9	1	3.53	3.26	1.08	0.59	0.57	1.05	1/4875	2900.00
8	1	2.93	2.69	1.09	0.59	0.56	1.06	1/4896	2900.00
7	1	2.34	2.13	1.10	0.58	0.54	1.00	1/5011	2900.00
6	1	1.76	1.59	1.11	0.55	0.51	1.00	1/5283	2900.00
5	1	1.21	1.08	1.12	0.50	0.45	1.00	1/5846	2900.00
4	1	0.72	0.64	1.13	0.42	0.37	1.00	1/6907	2900.00
3	1	0.30	0.26	1.15	0.27	0.23	1.00	1/9999	2900.00
2	1	0.03	0.03	1.00	0.02	0.02	1.00	1/9999	3100.00
1	1	0.01	0.01	1.00	0.01	0.01	1.00	1/9999	2900.00

X 向最大层间位移角： 1/3274 （21 层 1 塔）

X 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.15 （3 层 1 塔）

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.41 （21 层 1 塔）

表 8-20 +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
21	1	34.06	33.85	1.01	2.81	2.70	1.04	1/1671	4700.00
20	1	31.30	31.23	1.00	1.66	1.65	1.01	1/1745	2900.00
19	1	29.66	29.60	1.00	1.68	1.67	1.00	1/1730	2900.00
18	1	27.98	27.92	1.00	1.73	1.72	1.00	1/1681	2900.00
17	1	26.26	26.20	1.00	1.78	1.78	1.00	1/1627	2900.00
16	1	24.48	24.42	1.00	1.84	1.84	1.00	1/1573	2900.00
15	1	22.63	22.57	1.00	1.90	1.90	1.00	1/1526	2900.00
14	1	20.73	20.68	1.00	1.95	1.95	1.00	1/1485	2900.00
13	1	18.78	18.73	1.00	1.99	1.99	1.00	1/1455	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	Max-Dy/h	h
12	1	16.79	16.74	1.00	2.02	2.02	1.00	1/1435	2900.00
11	1	14.77	14.72	1.00	2.03	2.03	1.00	1/1428	2900.00
10	1	12.74	12.69	1.00	2.02	2.01	1.00	1/1437	2900.00
9	1	10.72	10.68	1.00	1.98	1.97	1.00	1/1465	2900.00
8	1	8.74	8.71	1.00	1.91	1.90	1.00	1/1521	2900.00
7	1	6.83	6.81	1.00	1.79	1.79	1.00	1/1616	2900.00
6	1	5.04	5.02	1.00	1.63	1.62	1.00	1/1779	2900.00
5	1	3.41	3.40	1.00	1.40	1.40	1.00	1/2065	2900.00
4	1	2.01	2.00	1.00	1.11	1.10	1.01	1/2614	2900.00
3	1	0.90	0.89	1.01	0.68	0.67	1.01	1/4255	2900.00
2	1	0.22	0.22	1.00	0.19	0.18	1.00	1/9999	3100.00
1	1	0.06	0.04	1.00	0.06	0.04	1.00	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/1428 （11 层 1 塔）

Y 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.01 （3 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.04 （21 层 1 塔）

表 8-21 -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
21	1	34.06	33.85	1.01	2.81	2.70	1.04	1/1671	4700.00
20	1	31.30	31.23	1.00	1.66	1.65	1.01	1/1745	2900.00
19	1	29.66	29.60	1.00	1.68	1.67	1.00	1/1730	2900.00
18	1	27.98	27.92	1.00	1.73	1.72	1.00	1/1681	2900.00
17	1	26.26	26.20	1.00	1.78	1.78	1.00	1/1627	2900.00
16	1	24.48	24.42	1.00	1.84	1.84	1.00	1/1573	2900.00
15	1	22.63	22.57	1.00	1.90	1.90	1.00	1/1526	2900.00
14	1	20.73	20.68	1.00	1.95	1.95	1.00	1/1485	2900.00
13	1	18.78	18.73	1.00	1.99	1.99	1.00	1/1455	2900.00
12	1	16.79	16.74	1.00	2.02	2.02	1.00	1/1435	2900.00
11	1	14.77	14.72	1.00	2.03	2.03	1.00	1/1428	2900.00
10	1	12.74	12.69	1.00	2.02	2.01	1.00	1/1437	2900.00
9	1	10.72	10.68	1.00	1.98	1.97	1.00	1/1465	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	Max-Dy/h	h
8	1	8.74	8.71	1.00	1.91	1.90	1.00	1/1521	2900.00
7	1	6.83	6.81	1.00	1.79	1.79	1.00	1/1616	2900.00
6	1	5.04	5.02	1.00	1.63	1.62	1.00	1/1779	2900.00
5	1	3.41	3.40	1.00	1.40	1.40	1.00	1/2065	2900.00
4	1	2.01	2.00	1.00	1.11	1.10	1.01	1/2614	2900.00
3	1	0.90	0.89	1.01	0.68	0.67	1.01	1/4255	2900.00
2	1	0.22	0.22	1.00	0.19	0.18	1.00	1/9999	3100.00
1	1	0.06	0.04	1.00	0.06	0.04	1.00	1/9999	2900.00

Y 向最大层间位移角： 1/1428 （11 层 1 塔）

Y 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.01 （3 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.04 （21 层 1 塔）

表 8-22 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
21	1	38.18	37.11	1.03	2.67	2.22	1.20	4700.00
20	1	36.85	35.12	1.05	1.50	1.45	1.03	2900.00
19	1	35.44	33.67	1.05	1.61	1.59	1.02	2900.00
18	1	33.89	32.08	1.06	1.71	1.70	1.00	2900.00
17	1	32.19	30.38	1.06	1.84	1.82	1.01	2900.00
16	1	30.36	28.56	1.06	1.98	1.94	1.02	2900.00
15	1	28.38	26.62	1.07	2.10	2.05	1.03	2900.00
14	1	26.28	24.57	1.07	2.22	2.14	1.04	2900.00
13	1	24.06	22.42	1.07	2.33	2.23	1.04	2900.00
12	1	21.73	20.20	1.08	2.41	2.29	1.05	2900.00
11	1	19.32	17.90	1.08	2.48	2.34	1.06	2900.00
10	1	16.84	15.57	1.08	2.52	2.36	1.07	2900.00
9	1	14.32	13.21	1.08	2.52	2.35	1.07	2900.00
8	1	11.80	10.85	1.09	2.49	2.31	1.08	2900.00
7	1	9.31	8.54	1.09	2.40	2.21	1.09	2900.00
6	1	6.91	6.33	1.09	2.24	2.05	1.09	2900.00
5	1	4.67	4.28	1.09	1.98	1.81	1.09	2900.00
4	1	2.69	2.47	1.09	1.61	1.47	1.09	2900.00

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	h
3	1	1.08	0.98	1.11	0.99	0.89	1.11	2900.00
2	1	0.10	0.09	1.00	0.07	0.06	1.00	3100.00
1	1	0.03	0.03	1.00	0.03	0.03	1.00	2900.00

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： 1.20 （21 层 1 塔）

表 8-23 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
21	1	38.95	37.22	1.05	2.75	2.29	1.20	4700.00
20	1	37.70	35.30	1.07	1.46	1.45	1.01	2900.00
19	1	36.27	33.86	1.07	1.59	1.58	1.00	2900.00
18	1	34.68	32.27	1.07	1.73	1.70	1.02	2900.00
17	1	32.95	30.57	1.08	1.88	1.83	1.03	2900.00
16	1	31.07	28.74	1.08	2.02	1.95	1.04	2900.00
15	1	29.05	26.80	1.08	2.15	2.06	1.05	2900.00
14	1	26.90	24.74	1.09	2.27	2.15	1.06	2900.00
13	1	24.63	22.59	1.09	2.38	2.24	1.06	2900.00
12	1	22.25	20.35	1.09	2.47	2.31	1.07	2900.00
11	1	19.78	18.04	1.10	2.53	2.35	1.08	2900.00
10	1	17.25	15.69	1.10	2.58	2.38	1.08	2900.00
9	1	14.67	13.31	1.10	2.58	2.37	1.09	2900.00
8	1	12.09	10.94	1.10	2.55	2.33	1.10	2900.00
7	1	9.54	8.62	1.11	2.46	2.23	1.10	2900.00
6	1	7.07	6.38	1.11	2.29	2.07	1.11	2900.00
5	1	4.78	4.31	1.11	2.02	1.82	1.11	2900.00
4	1	2.76	2.49	1.11	1.65	1.48	1.11	2900.00
3	1	1.11	0.98	1.13	1.01	0.89	1.13	2900.00
2	1	0.10	0.09	1.00	0.08	0.07	1.00	3100.00
1	1	0.03	0.03	1.00	0.03	0.03	1.00	2900.00

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： 1.20 （21 层 1 塔）

表 8-24 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
----	----	---------	---------	-----------	--------	--------	----------	---

层号	塔号	Max-(X)	Ave-(X)	Ratio-(X)	Max-Dx	Ave-Dx	Ratio-Dx	h
21	1	38.23	37.40	1.02	3.13	2.43	1.29	4700.00
20	1	36.00	34.93	1.03	1.53	1.45	1.05	2900.00
19	1	34.62	33.48	1.03	1.65	1.59	1.04	2900.00
18	1	33.10	31.89	1.04	1.74	1.70	1.03	2900.00
17	1	31.44	30.19	1.04	1.84	1.82	1.01	2900.00
16	1	29.64	28.37	1.04	1.94	1.93	1.00	2900.00
15	1	27.71	26.44	1.05	2.06	2.04	1.01	2900.00
14	1	25.65	24.40	1.05	2.17	2.14	1.02	2900.00
13	1	23.48	22.26	1.05	2.27	2.22	1.03	2900.00
12	1	21.21	20.04	1.06	2.36	2.28	1.03	2900.00
11	1	18.85	17.76	1.06	2.42	2.32	1.04	2900.00
10	1	16.43	15.44	1.06	2.46	2.34	1.05	2900.00
9	1	13.98	13.10	1.07	2.46	2.34	1.05	2900.00
8	1	11.52	10.76	1.07	2.43	2.29	1.06	2900.00
7	1	9.09	8.47	1.07	2.34	2.20	1.07	2900.00
6	1	6.74	6.27	1.07	2.18	2.04	1.07	2900.00
5	1	4.56	4.24	1.07	1.93	1.79	1.08	2900.00
4	1	2.63	2.45	1.07	1.57	1.46	1.08	2900.00
3	1	1.06	0.98	1.08	0.96	0.88	1.09	2900.00
2	1	0.09	0.09	1.00	0.07	0.06	1.00	3100.00
1	1	0.03	0.03	1.00	0.03	0.03	1.00	2900.00

X 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.08 （3 层 1 塔）

X 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.29 （21 层 1 塔）

表 8-25 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
21	1	48.21	48.00	1.00	4.29	4.12	1.04	4700.00
20	1	44.18	44.13	1.00	2.44	2.43	1.00	2900.00
19	1	41.75	41.70	1.00	2.50	2.50	1.00	2900.00
18	1	39.25	39.20	1.00	2.57	2.57	1.00	2900.00
17	1	36.69	36.63	1.00	2.64	2.64	1.00	2900.00
16	1	34.04	33.99	1.00	2.71	2.71	1.00	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
15	1	31.33	31.27	1.00	2.77	2.77	1.00	2900.00
14	1	28.55	28.50	1.00	2.82	2.82	1.00	2900.00
13	1	25.74	25.68	1.00	2.85	2.85	1.00	2900.00
12	1	22.89	22.84	1.00	2.86	2.85	1.00	2900.00
11	1	20.03	19.98	1.00	2.84	2.84	1.00	2900.00
10	1	17.19	17.15	1.00	2.80	2.80	1.00	2900.00
9	1	14.39	14.35	1.00	2.72	2.72	1.00	2900.00
8	1	11.67	11.63	1.00	2.60	2.60	1.00	2900.00
7	1	9.07	9.04	1.00	2.43	2.42	1.00	2900.00
6	1	6.64	6.61	1.00	2.19	2.18	1.00	2900.00
5	1	4.45	4.43	1.00	1.86	1.86	1.00	2900.00
4	1	2.59	2.58	1.00	1.45	1.44	1.00	2900.00
3	1	1.14	1.14	1.01	0.87	0.87	1.01	2900.00
2	1	0.27	0.27	1.00	0.23	0.22	1.00	3100.00
1	1	0.07	0.05	1.00	0.07	0.05	1.00	2900.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.01 （3 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.04 （21 层 1 塔）

表 8-26 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
21	1	51.62	47.82	1.08	4.47	4.06	1.10	4700.00
20	1	49.60	44.12	1.12	2.70	2.43	1.11	2900.00
19	1	46.90	41.69	1.12	2.77	2.50	1.11	2900.00
18	1	44.12	39.19	1.13	2.86	2.57	1.11	2900.00
17	1	41.26	36.63	1.13	2.95	2.64	1.12	2900.00
16	1	38.31	33.98	1.13	3.03	2.71	1.12	2900.00
15	1	35.28	31.27	1.13	3.10	2.77	1.12	2900.00
14	1	32.18	28.49	1.13	3.16	2.82	1.12	2900.00
13	1	29.02	25.68	1.13	3.19	2.85	1.12	2900.00
12	1	25.82	22.83	1.13	3.21	2.85	1.12	2900.00
11	1	22.62	19.98	1.13	3.20	2.84	1.13	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
10	1	19.42	17.14	1.13	3.15	2.79	1.13	2900.00
9	1	16.27	14.35	1.13	3.07	2.72	1.13	2900.00
8	1	13.20	11.63	1.14	2.94	2.60	1.13	2900.00
7	1	10.26	9.03	1.14	2.75	2.42	1.13	2900.00
6	1	7.51	6.61	1.14	2.48	2.18	1.14	2900.00
5	1	5.04	4.43	1.14	2.11	1.86	1.14	2900.00
4	1	2.92	2.58	1.13	1.64	1.44	1.14	2900.00
3	1	1.28	1.14	1.12	0.99	0.87	1.14	2900.00
2	1	0.29	0.27	1.00	0.21	0.21	1.00	3100.00
1	1	0.08	0.05	1.00	0.08	0.05	1.00	2900.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.14 （6 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.14 （4 层 1 塔）

表 8-27 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
21	1	51.70	47.84	1.08	4.48	4.07	1.10	4700.00
20	1	49.71	44.14	1.13	2.70	2.44	1.11	2900.00
19	1	47.02	41.71	1.13	2.77	2.50	1.11	2900.00
18	1	44.25	39.21	1.13	2.86	2.57	1.11	2900.00
17	1	41.39	36.64	1.13	2.95	2.64	1.12	2900.00
16	1	38.44	34.00	1.13	3.03	2.71	1.12	2900.00
15	1	35.40	31.28	1.13	3.11	2.77	1.12	2900.00
14	1	32.30	28.51	1.13	3.16	2.82	1.12	2900.00
13	1	29.14	25.69	1.13	3.20	2.85	1.12	2900.00
12	1	25.94	22.84	1.14	3.21	2.85	1.13	2900.00
11	1	22.72	19.99	1.14	3.20	2.84	1.13	2900.00
10	1	19.52	17.15	1.14	3.16	2.80	1.13	2900.00
9	1	16.36	14.35	1.14	3.08	2.72	1.13	2900.00
8	1	13.28	11.64	1.14	2.95	2.60	1.14	2900.00
7	1	10.33	9.04	1.14	2.76	2.42	1.14	2900.00
6	1	7.57	6.62	1.14	2.49	2.18	1.14	2900.00

层号	塔号	Max-(Y)	Ave-(Y)	Ratio-(Y)	Max-Dy	Ave-Dy	Ratio-Dy	h
5	1	5.08	4.44	1.14	2.13	1.86	1.15	2900.00
4	1	2.95	2.58	1.14	1.66	1.44	1.15	2900.00
3	1	1.29	1.14	1.14	1.00	0.87	1.15	2900.00
2	1	0.30	0.27	1.00	0.26	0.22	1.00	3100.00
1	1	0.07	0.05	1.00	0.07	0.05	1.00	2900.00

Y 方向最大位移与层平均位移的比值： 1.14 （5 层 1 塔）

Y 方向最大层间位移与平均层间位移的比值： 1.15 （3 层 1 塔）

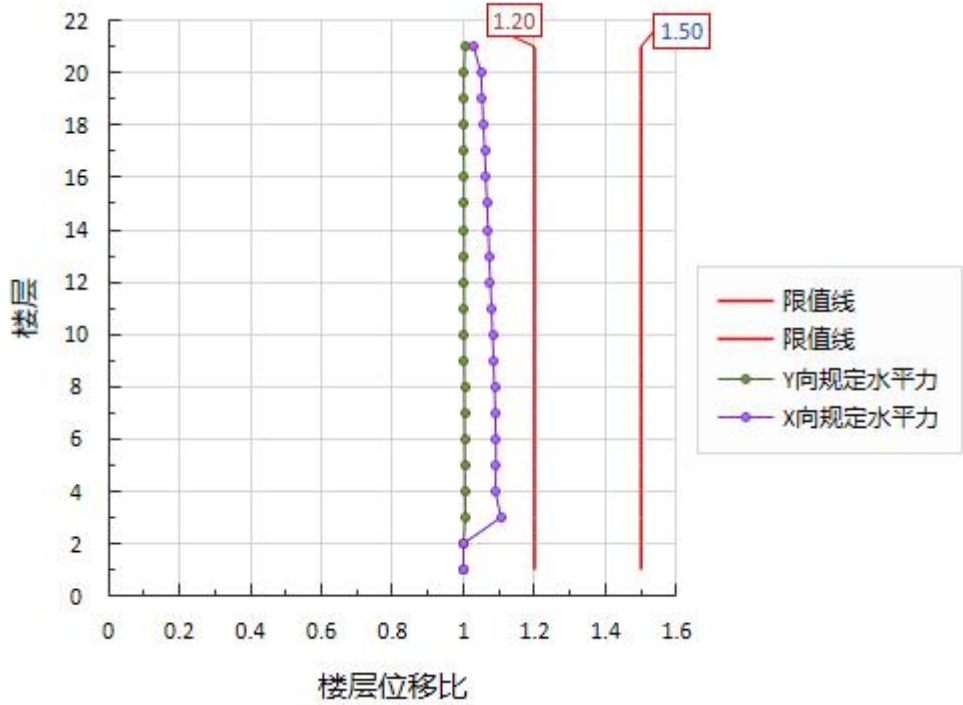


图 8-4 规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

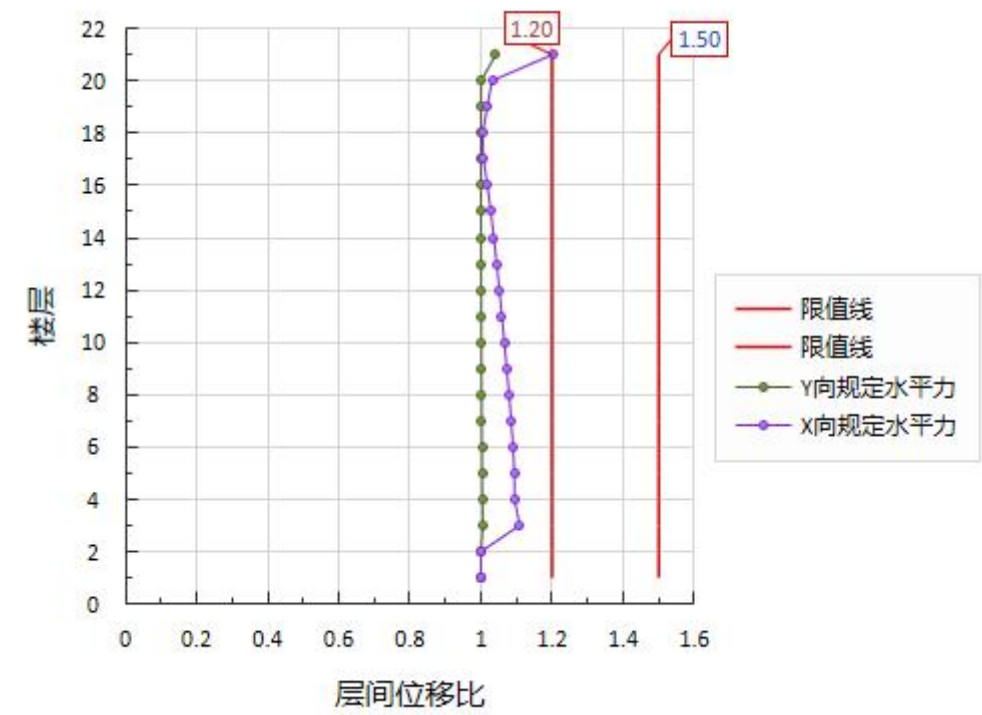


图 8-5 规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

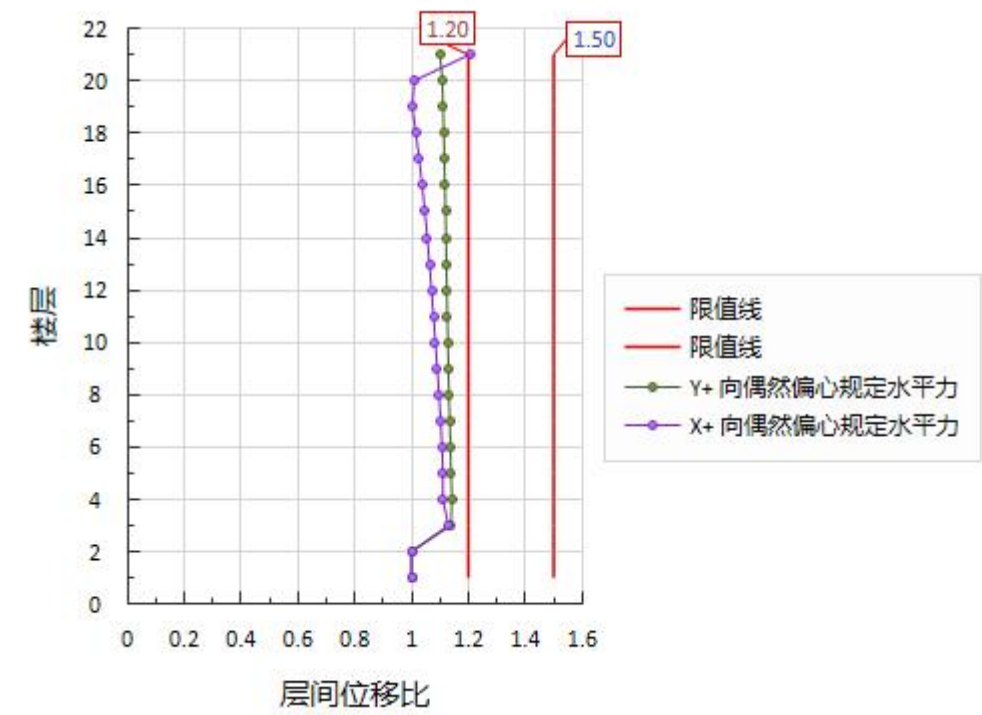


图 8-7 X+、Y+ 偶然偏心规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

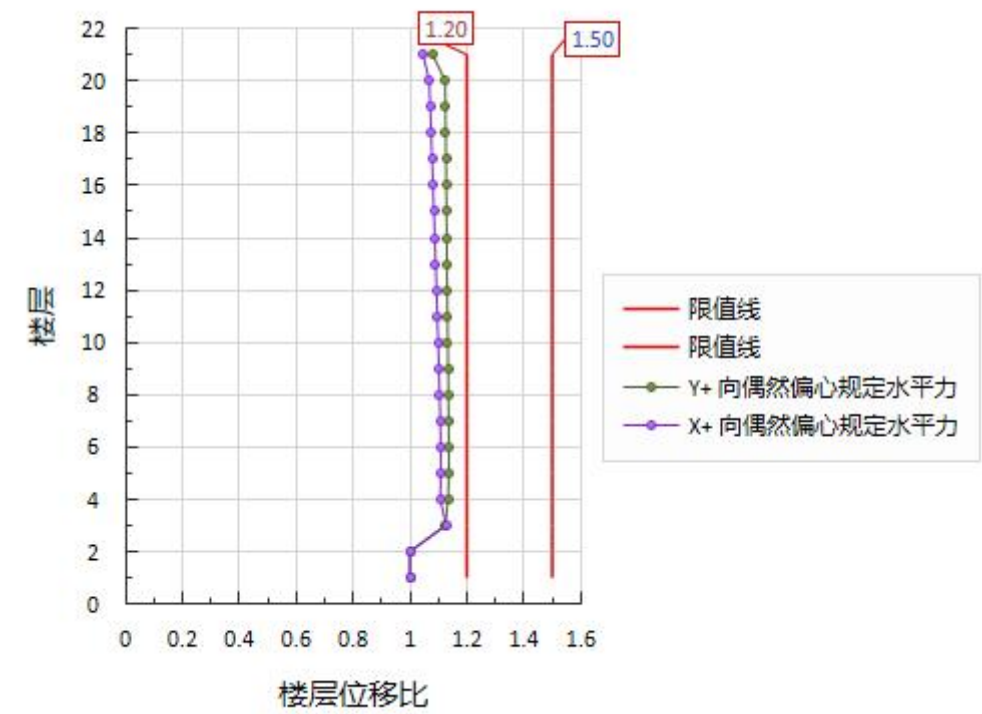


图 8-6 X+、Y+ 偶然偏心规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

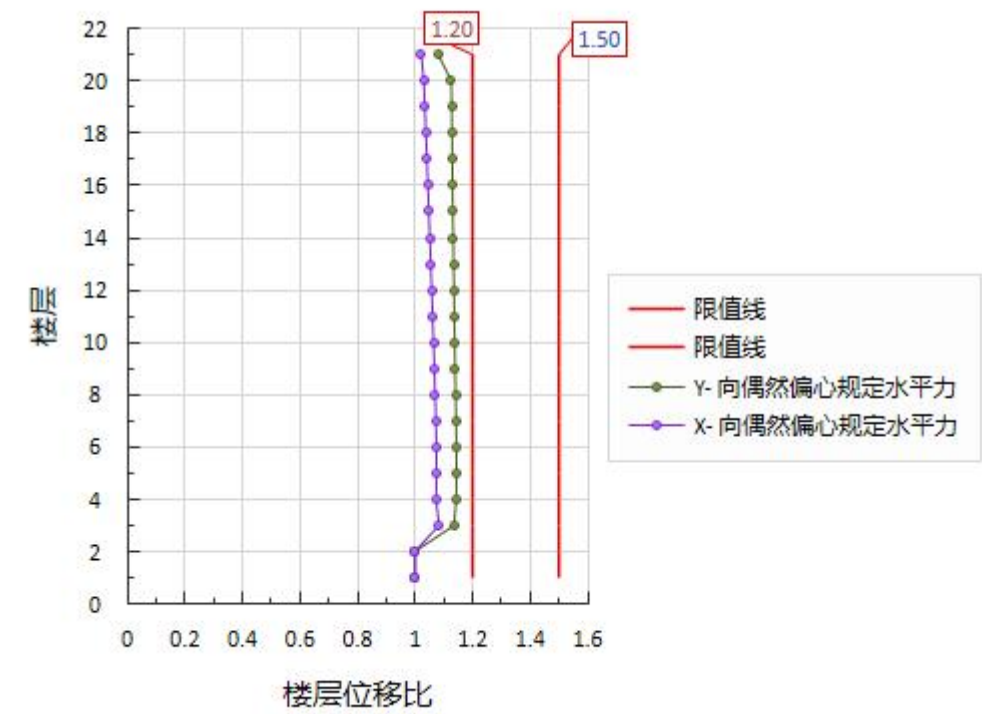


图 8-8 X-、Y- 偶然偏心规定水平力作用下楼层最大位移比简图(塔 1)

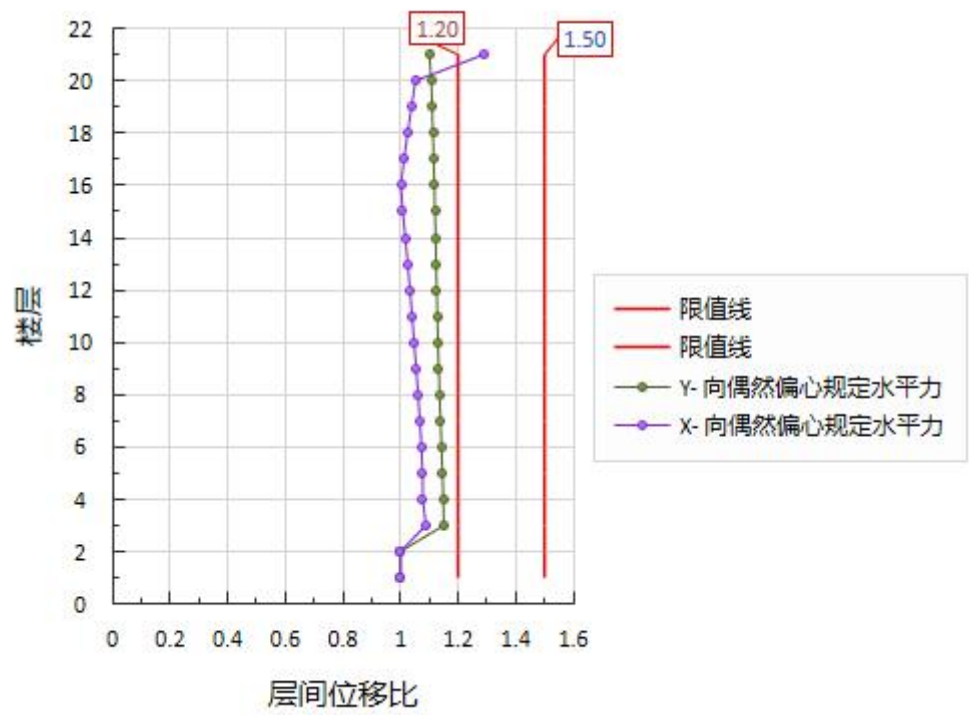


图 8-9 X、Y- 偶然偏心规定水平力作用下层间位移比简图(塔 1)

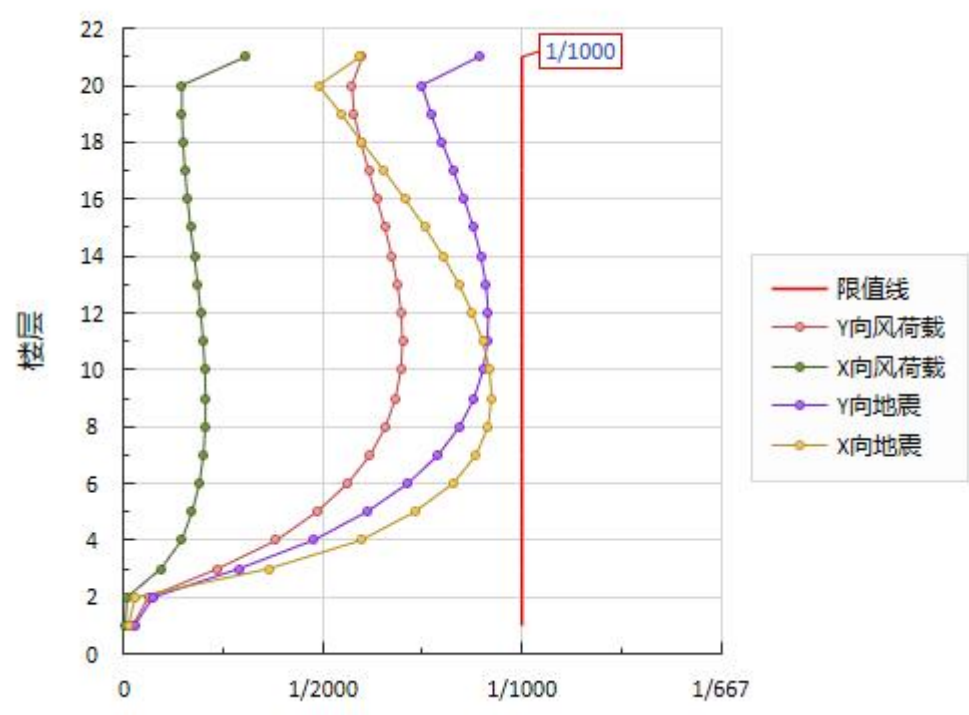


图 8-11 最大层间位移角简图(塔 1)

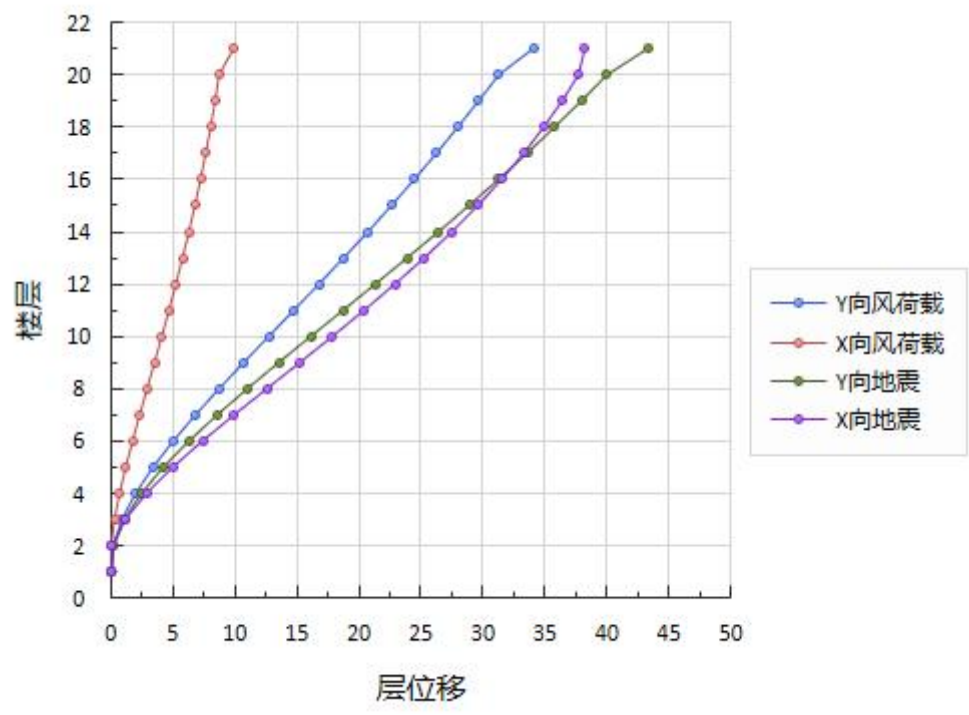


图 8-10 最大楼层位移简图(塔 1)

8.9 0.2V0 调整系数

8.10 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 0.20 m/s²，对于办公、旅馆不应超过 0.28 m/s²。

具体的计算方法依据《荷载规范》附录 J。

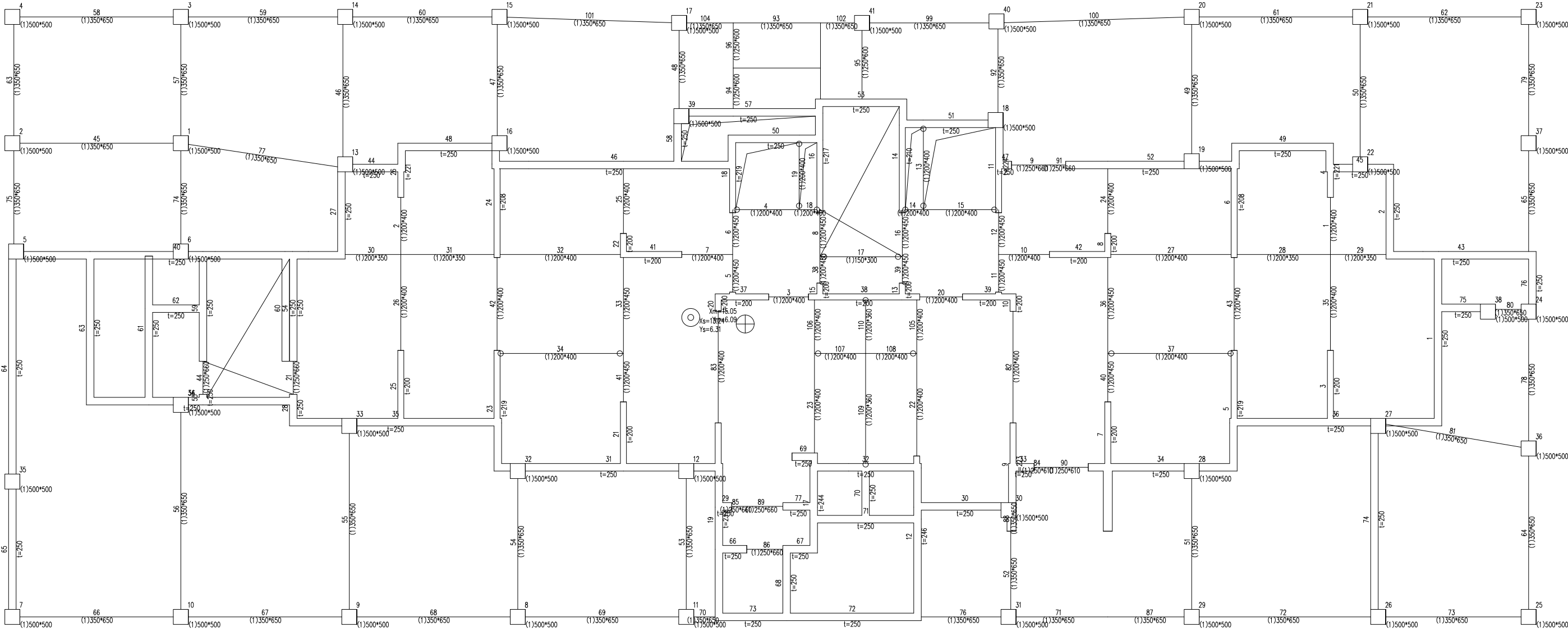
表 8-28 顶点最大加速度

塔号	按<<荷载规范>>附录 J 计算
1	X 向顺风向 (m/s ²)= 0.039 X 向横风向 (m/s ²)= 0.040

塔号	按<<荷载规范>>附录 J 计算
	Y 向顺风向 (m/s2)= 0.108 Y 向横风向 (m/s2)= 0.107

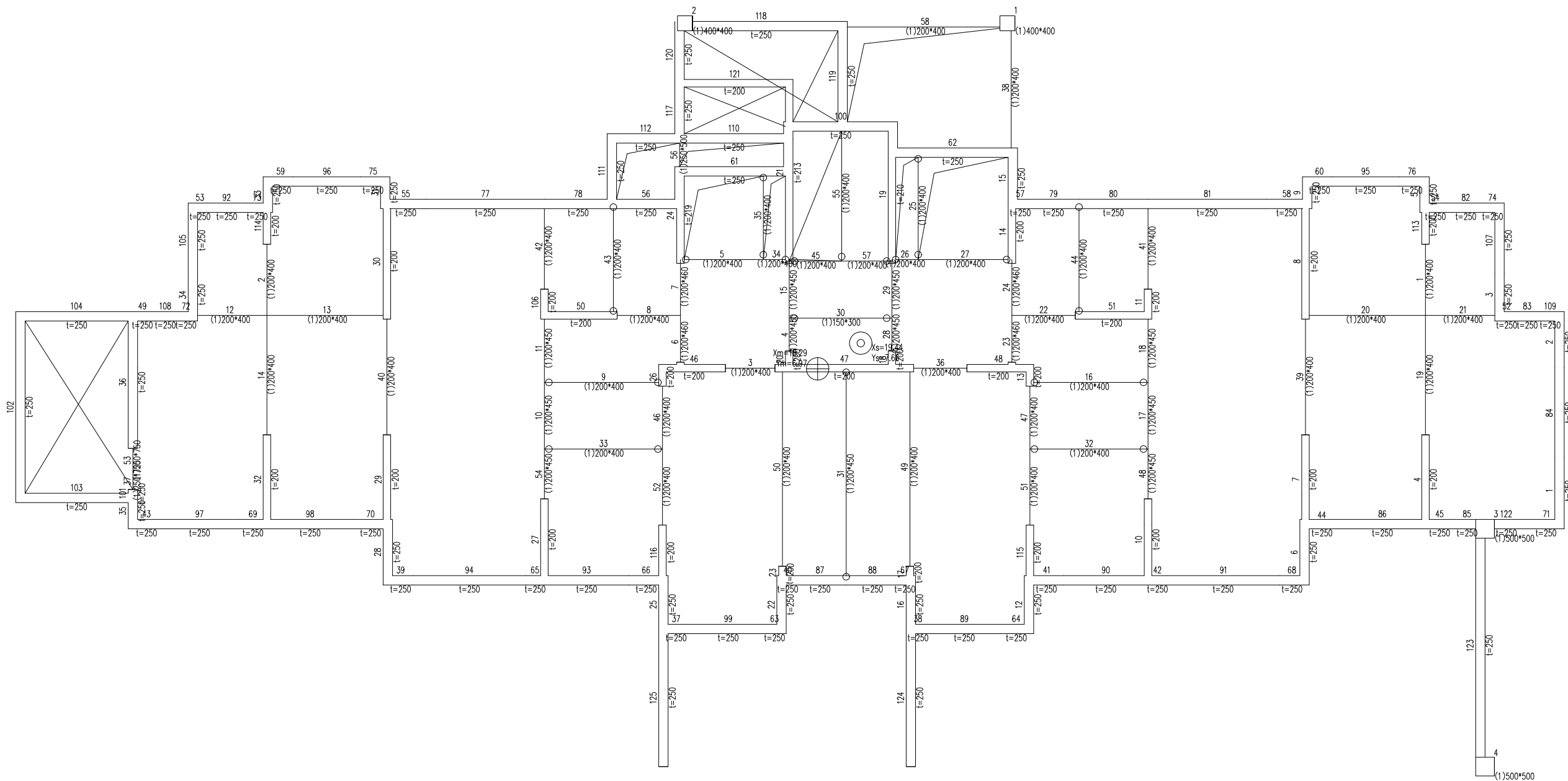
第 9 章 结构分析及设计结果简图

9.1 结构平面简图



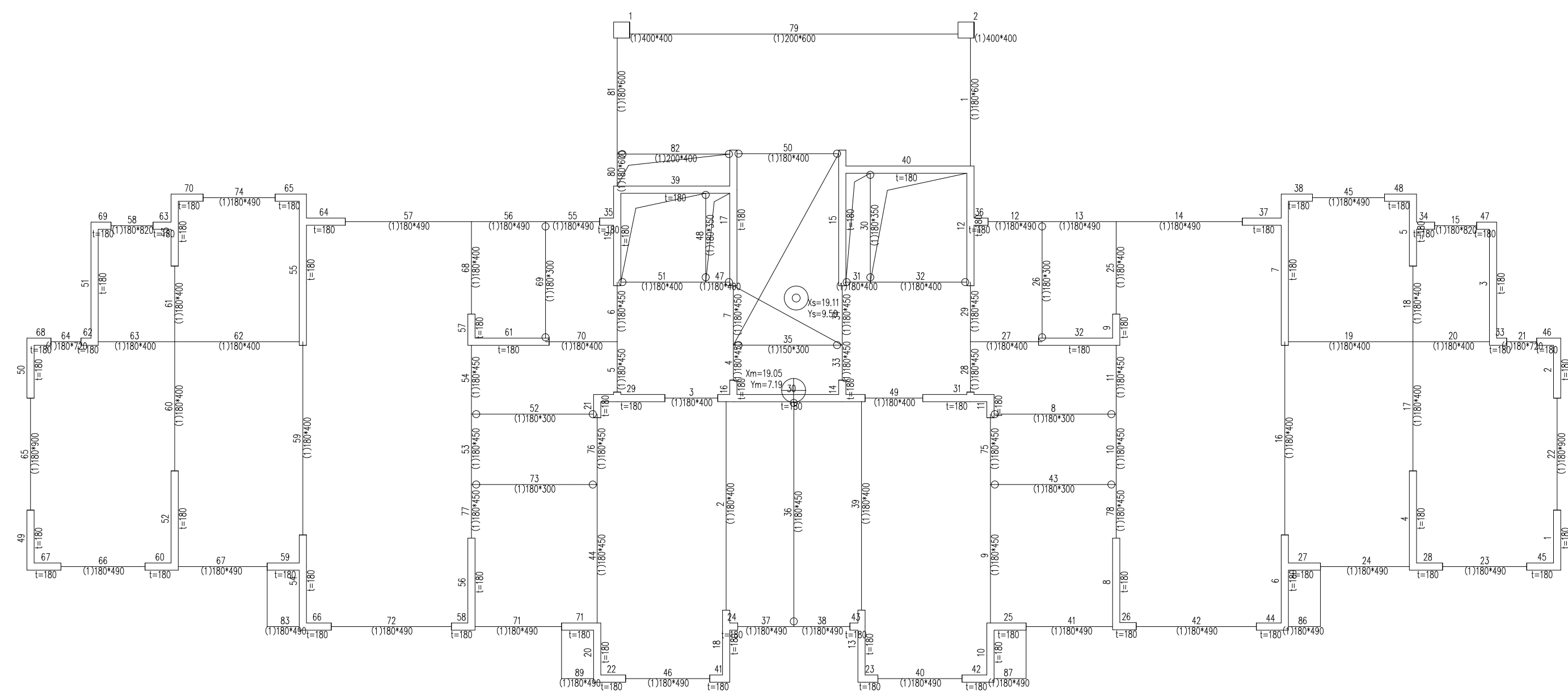
第 1 层(标准层/ 地下2层) 构件编号简图

图 9-1 1 层结构平面简图

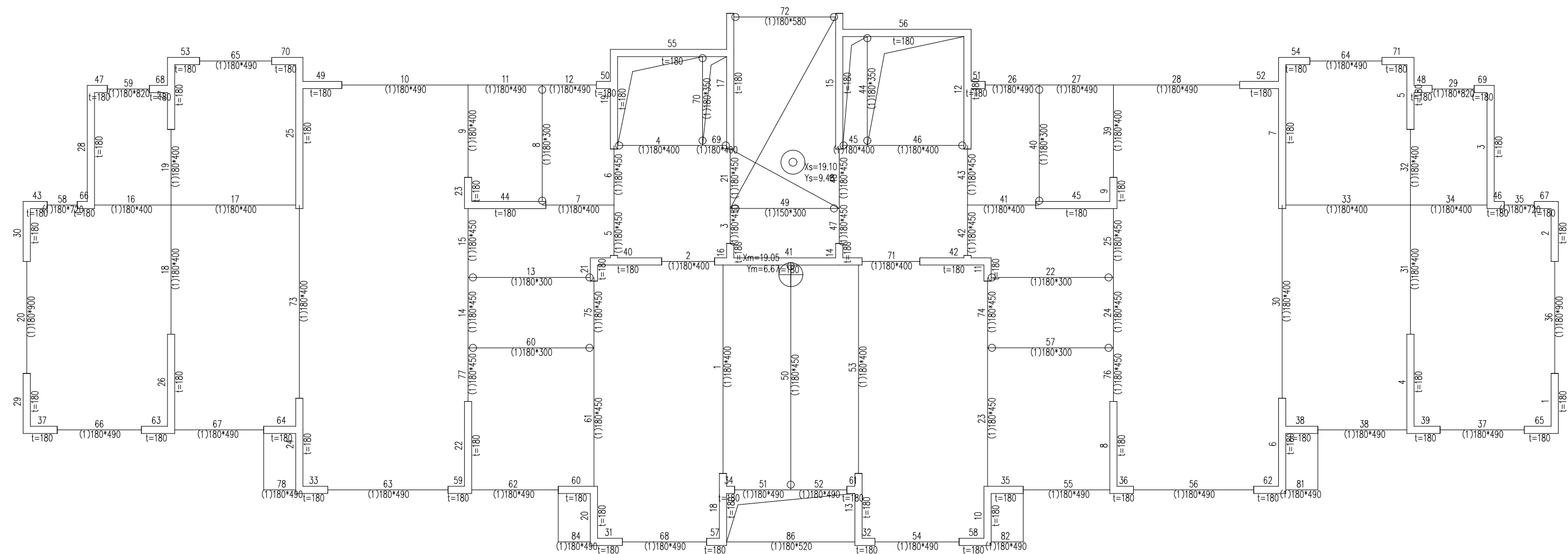


第 2 层(标准层2 地下1层 约束边缘构件层) 构件编号简图

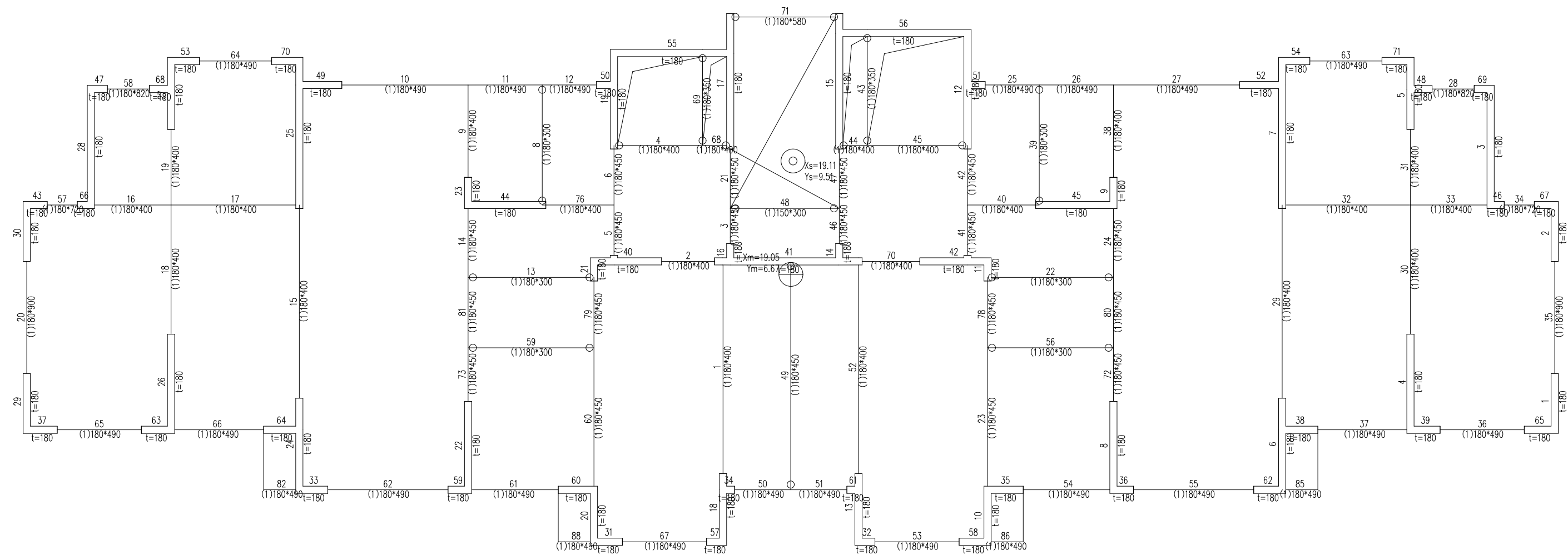
图 9-2 2 层结构平面简图



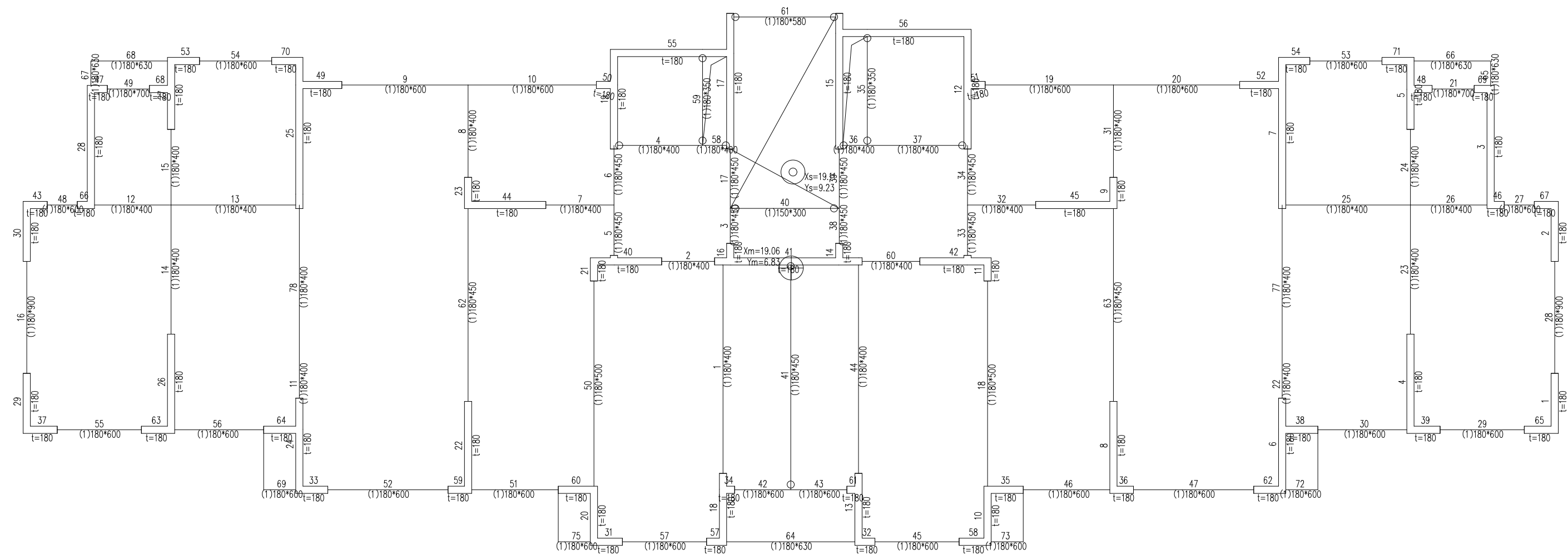
第 3 层(标准层3 底部加强区 约束边缘构件层) 构件编号简图
图 9-3 3 层结构平面简图



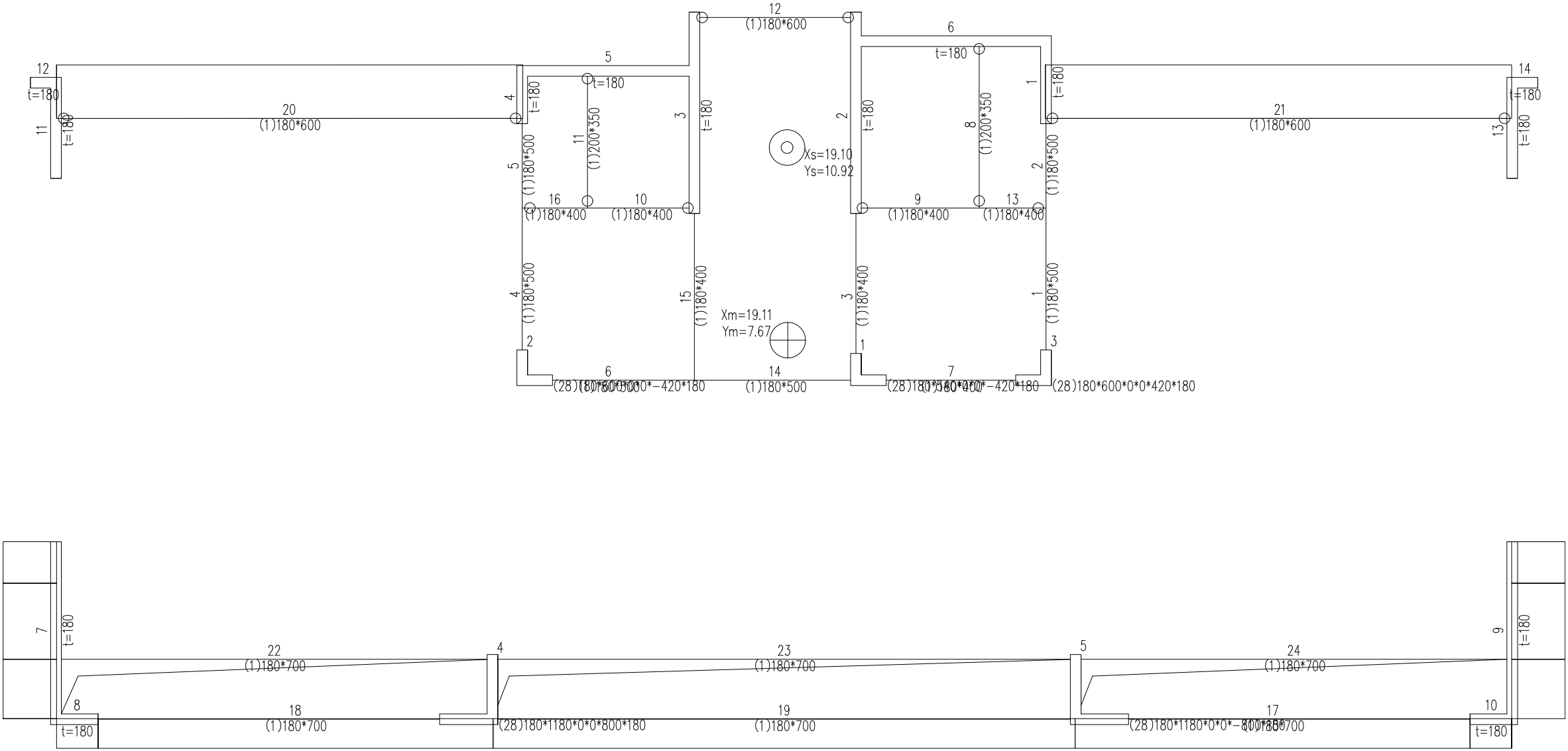
第 4 层(标准层4 底部加强区 约束边缘构件层) 构件编号简图
图 9-4 4 层结构平面简图



第 6 层(标准层5) 构件编号简图
图 9-5 6 层结构平面简图



第 20 层(标准层6) 构件编号简图
图 9-6 20 层结构平面简图



第 21 层(标准层7) 构件编号简图
图 9-7 21 层结构平面简图

9.2 平面荷载简图

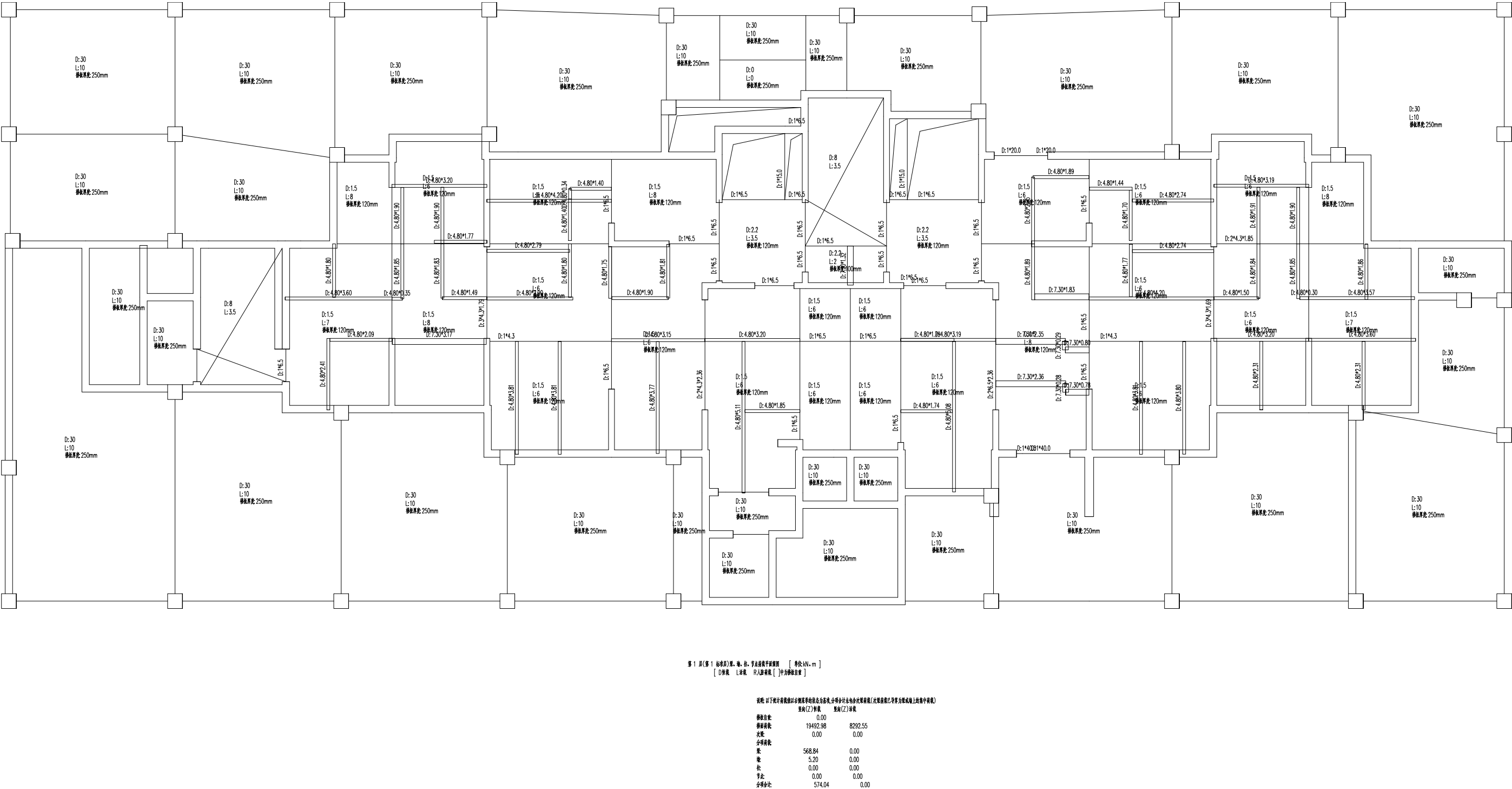


图 9-8 1 层平面荷载简图

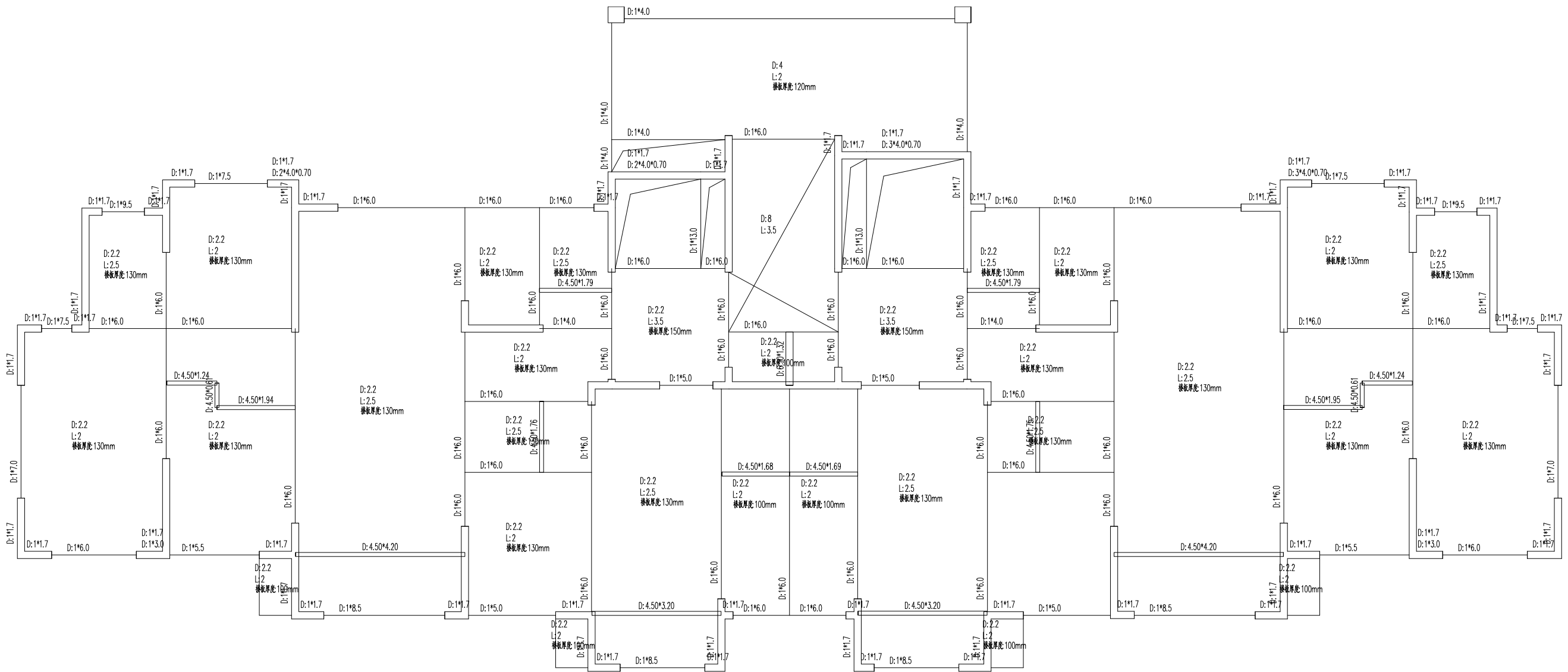


图 2 层(第 2 标准层)楼、地、柱、节点荷载平面简图 [单位:kN/m²]
[D:恒载 L:活载 R:人防荷载 []为分房间荷载]

说明: 以下统计荷载值以荷载标准值的统计,分项分计法包含次要荷载(次要荷载已考虑在楼面均布荷载中)

	整层(Z)恒载	整层(Z)活载
楼面自重	0.00	
楼面荷载	1198.96	1949.85
荷载	0.00	0.00
分房间荷载		
楼	774.78	0.00
地	617.41	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分房间计	1392.19	0.00

图 9-9 2 层平面荷载简图

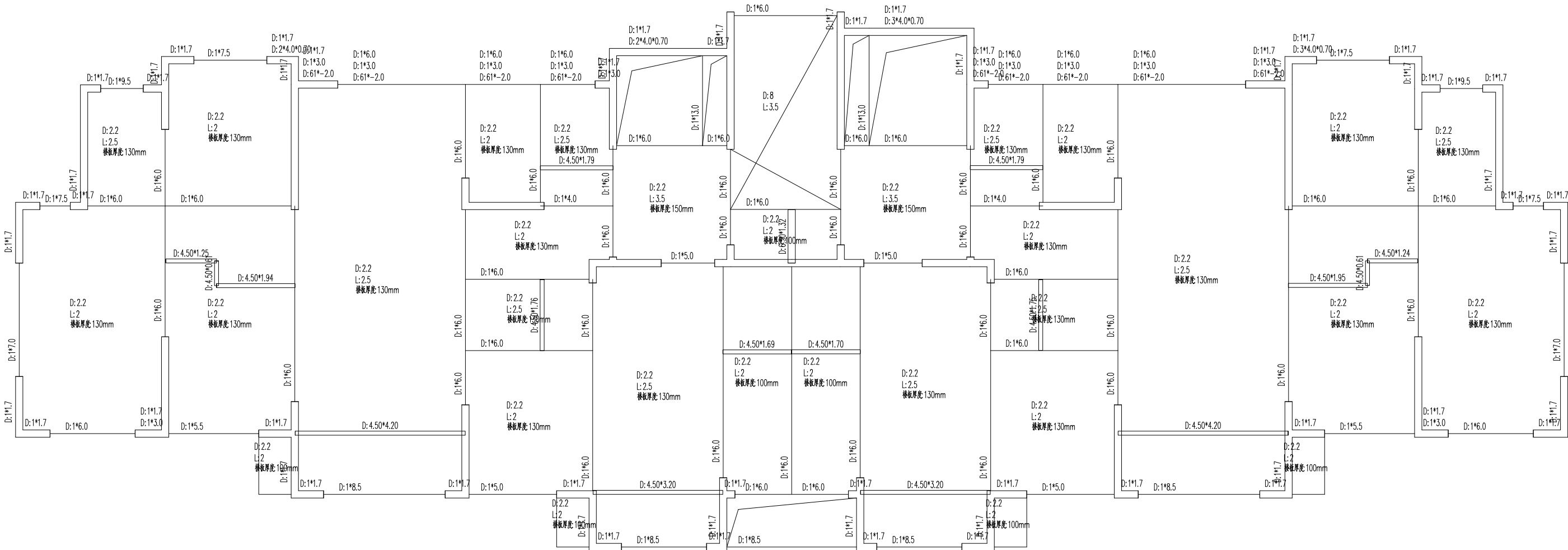


第 3 层(第 3 标准层)梁、墙、柱、节点荷载平面图 [单位:kN.m]
[D恒载 L活载 R人防荷载 []中为楼面板自重]

说明: 以下统计荷载值以右列度单位均按设计荷载,分项合计未包含次梁荷载(次梁荷载已归入为梁或墙上的集中荷载)

	竖向(Z)恒载	竖向(Z)活载
楼面板自重	0.00	
楼面荷载	1149.77	878.35
次梁	0.00	0.00
分项荷载		
梁	1170.65	0.00
墙	105.56	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分项合计:	1276.21	0.00

图 9-10 3 层平面荷载简图

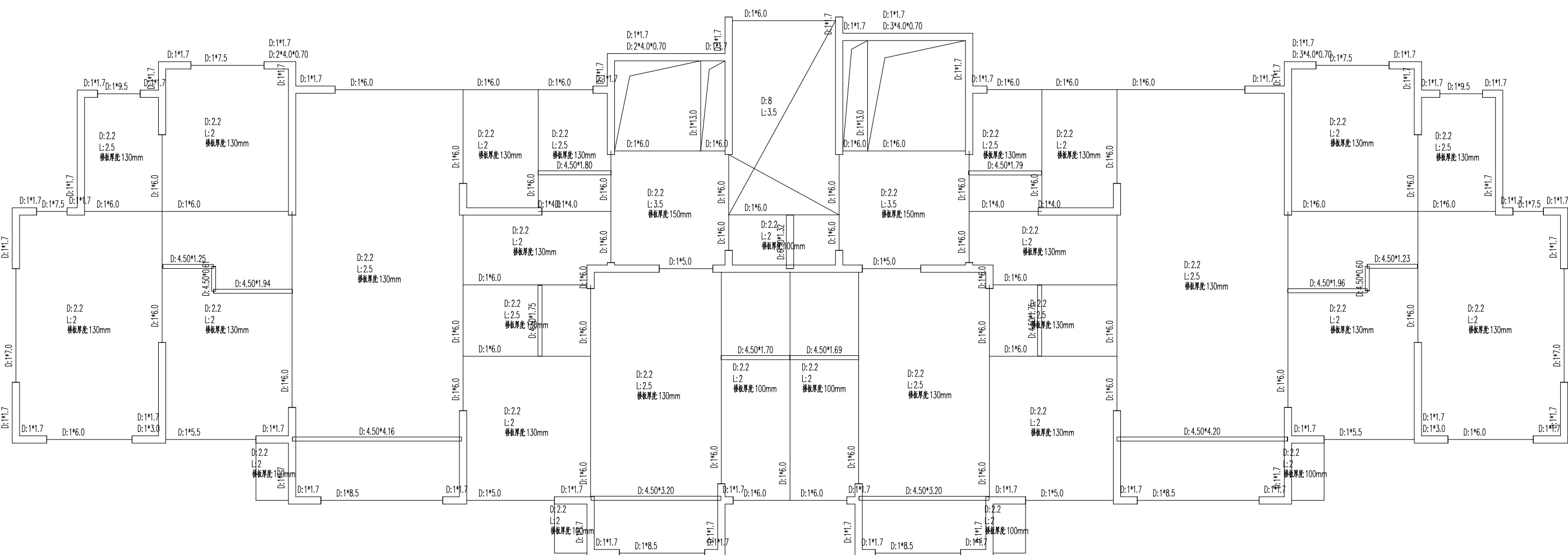


第 4 层(第 4 标准层)梁、墙、柱、节点荷载平面图 [单位: kN·m]
[D 恒载 L 活载 R 人防荷载 [] 中为楼板自重]

说明: 以下统计荷载值以右侧梁单侧设备为基准,分项合计未包含次梁荷载(次梁荷载已归算为梁或墙上均布荷载)

	竖向(Z)恒载	竖向(Z)活载
楼板自重	0.00	
楼面荷载	1039.01	822.98
次梁	0.00	0.00
分项荷载		
梁	1161.65	0.00
墙	114.56	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分项合计	1276.21	0.00

图 9-11 4 层平面荷载简图

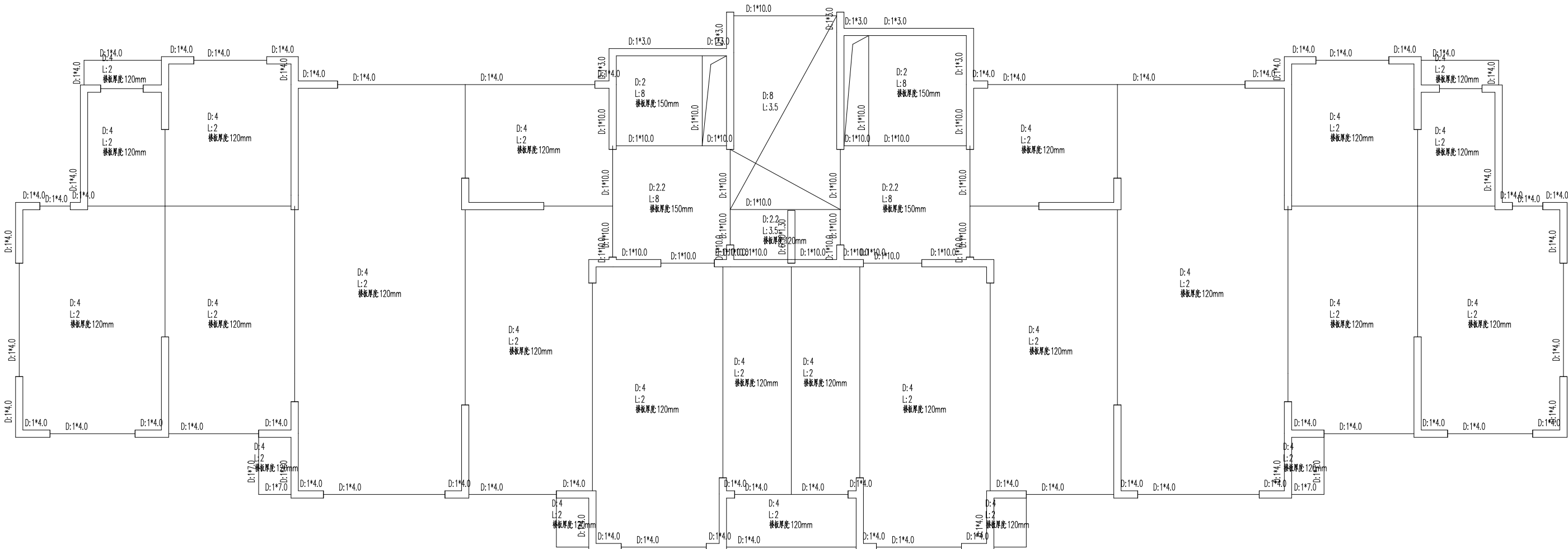


第 6 层(第 5 标准层)梁、墙、柱、节点荷载平面图 [单位: kN·m]
[D 恒载 L 活载 R 人防荷载 [] 中为板自重]

说明: 以下统计荷载值以右侧梁单侧设备为基准,分项合计未包含风荷载(风荷载已计算为墙或柱上的集中荷载)

	竖向(Z)恒载	竖向(Z)活载
楼板自重	0.00	
楼面荷载	1038.88	822.98
风载	0.00	0.00
分项荷载		
梁	1094.65	0.00
墙	105.56	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分项合计	1200.21	0.00

图 9-12 6 层平面荷载简图

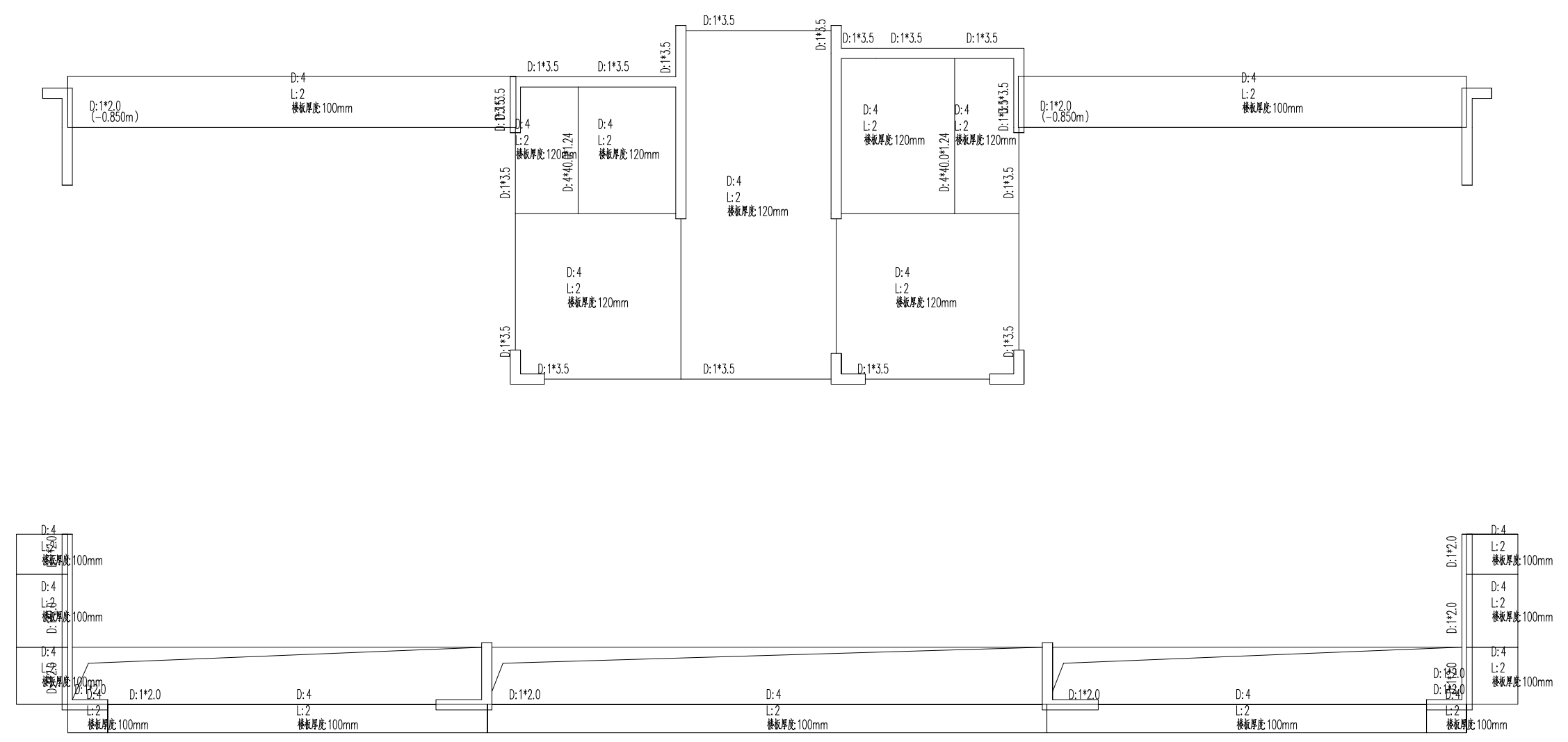


第 20 层(第 6 标准层)梁、墙、柱、节点荷载平面图 [单位:kN.m]
[D恒载 L活载 R人防荷载 [] 中为楼板自重]

说明: 以下统计荷载值以右侧深部的设备为基准,分项合计未包含次梁荷载(次梁荷载已归算为楼或墙上的集中荷载)

	竖向(Z)恒载	竖向(Z)活载
楼板自重	0.00	
楼面荷载	1543.46	975.96
次梁	0.00	0.00
分项荷载		
梁	563.40	0.00
墙	280.96	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分项合计	844.36	0.00

图 9-13 20 层平面荷载简图



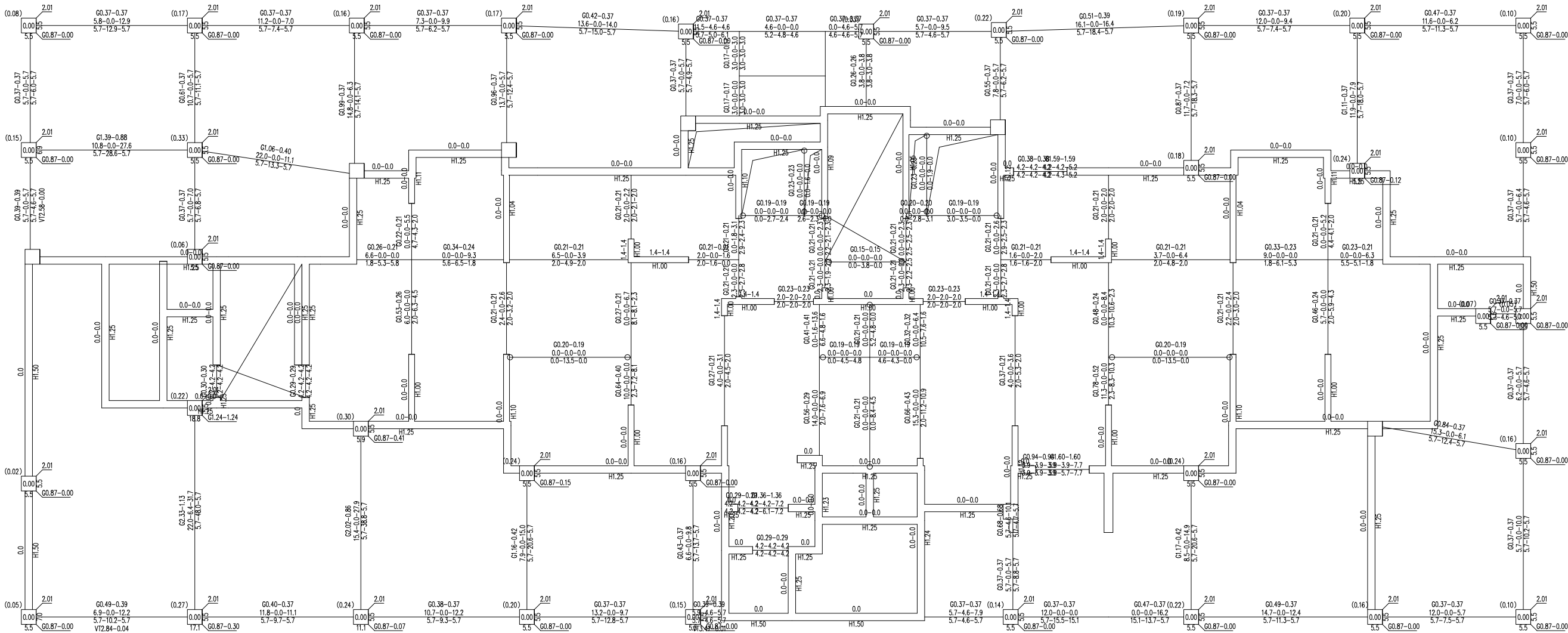
第 21 层(第 7 标准层)梁、墙、柱、节点荷载平面简图 [单位:kN·m]
[D恒载 L活载 R人驻荷载 []中为楼板自重]

说明: 以下统计荷载值以右侧梁单的状态为基础,分项合计未包含次梁荷载(次梁荷载已导算为梁或墙上的集中荷载)

	竖向(Z)恒载	竖向(Z)活载
楼板自重	0.00	
楼面荷载	326.14	163.07
次梁	0.00	0.00
分项荷载		
梁	228.09	0.00
墙	49.93	0.00
柱	0.00	0.00
节点	0.00	0.00
分项合计:	278.02	0.00

图 9-14 21 层平面荷载简图

9.3 配筋简图



第 1 层(标准层1 地下2层) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位:cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=110 柱总数=41 墙柱总数=77

混凝土强度等级: 梁Cb=C30,C35 柱Cc=C35 墙Cw=C35

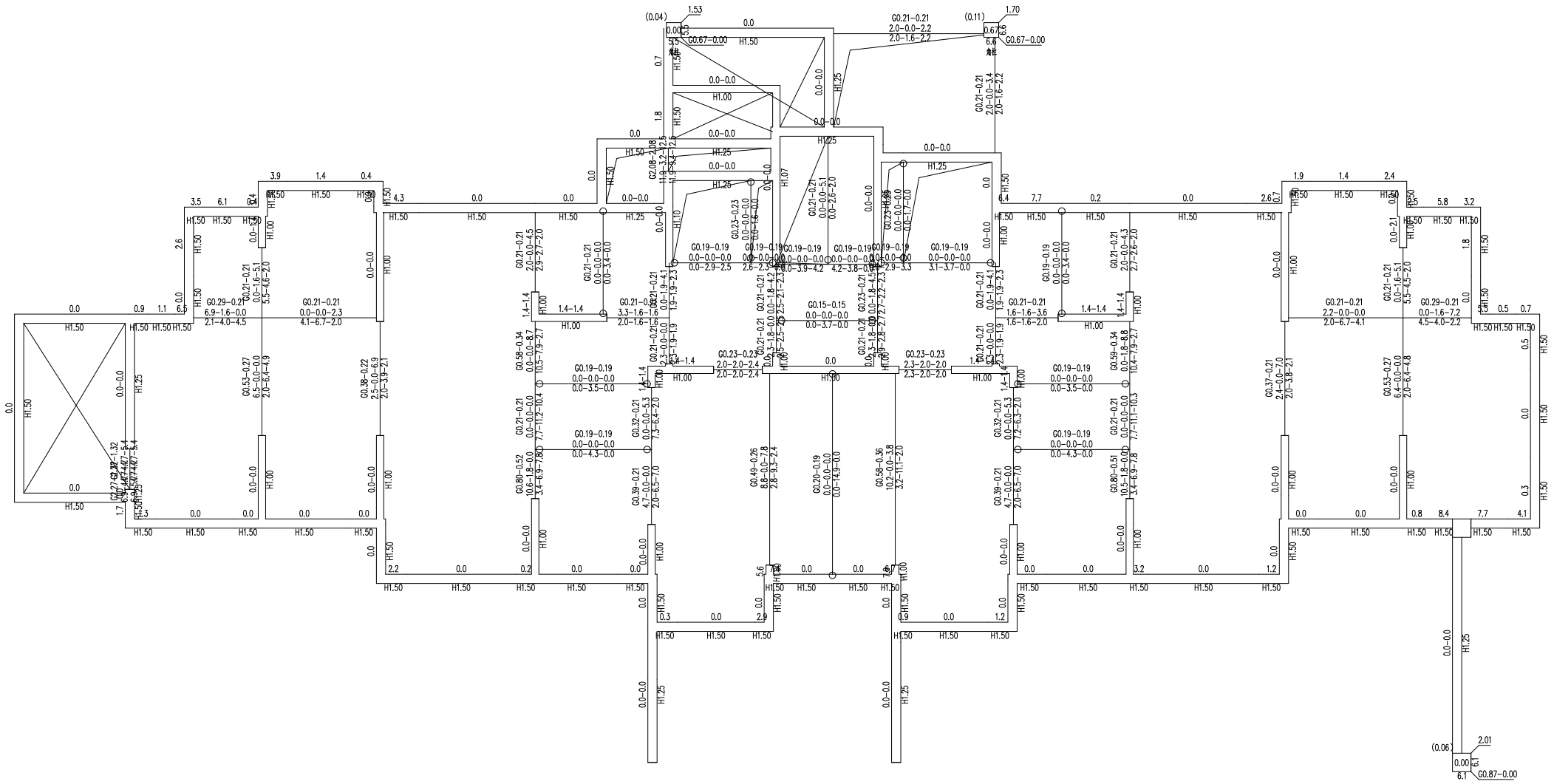
主筋强度: 梁FIB=360 柱FIC=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 柱=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100 柱=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-15 1 层配筋简图



第 2 层(标准层2 地下1层 约束边缘构件层) 混凝土构件配筋及钢结构件应力比简图(单位:cm²)

层高=3100(mm) 梁总数=58 柱总数=4 墙柱总数=125

混凝土强度等级: 梁Cb=C30,C35 柱Cc=C35 墙Cw=C35

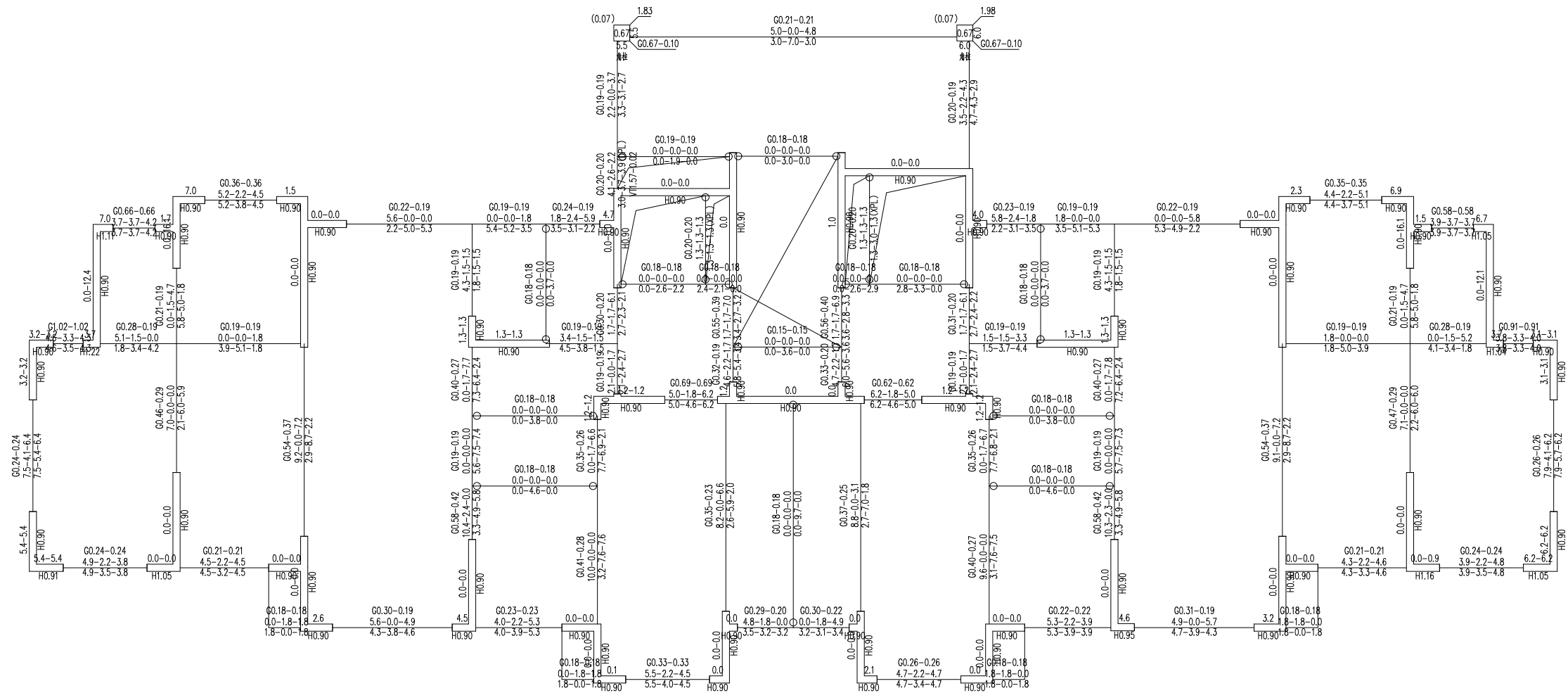
主筋强度: 梁FI_B=360 柱FI_C=360 墙FI_W=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 柱=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100 柱=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-16 2 层配筋简图



层高=2900(mm) 梁总数=90 柱总数=2 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30,C35 柱C_c=C35 墙C_w=C3

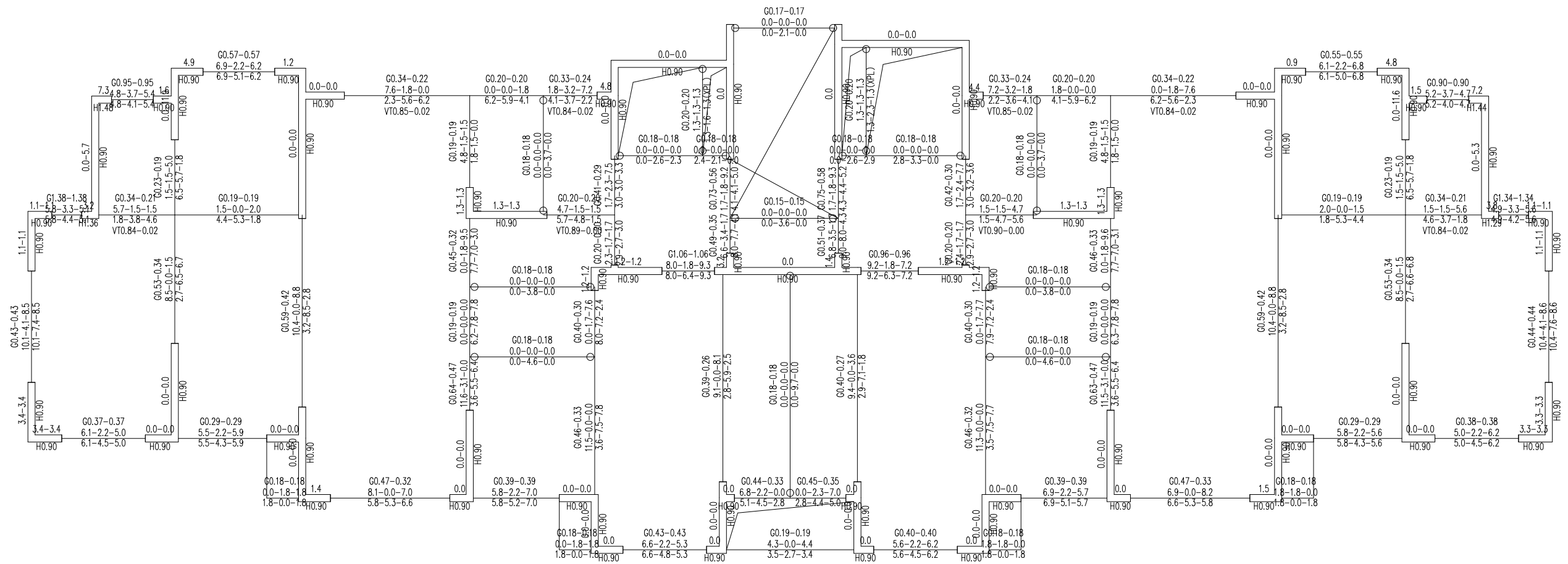
主筋强度: 梁FIB=360 柱FIC=360 墙FIW=360

度: 梁=360 柱=360 墙水平=360 墙竖向=360

箍筋间距(mm): 梁=100 柱=100

布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋

图 9-17 3 层配筋简图



第 4 层(标准层4 底部加强区 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=2900(mm) 梁总数=86 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30,C35 墙C_w=C35

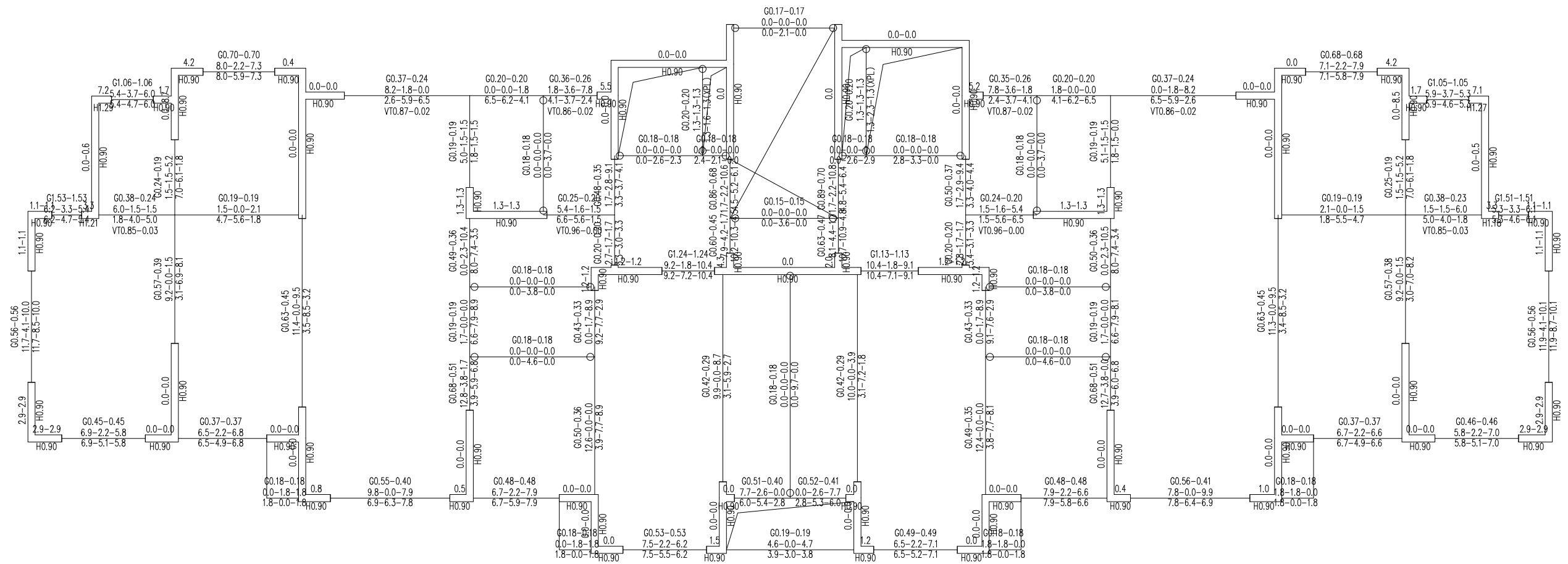
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-18 4 层配筋简图



第 5 层(标准层4 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=2900(mm) 梁总数=86 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30,C35 墙C_w=C35

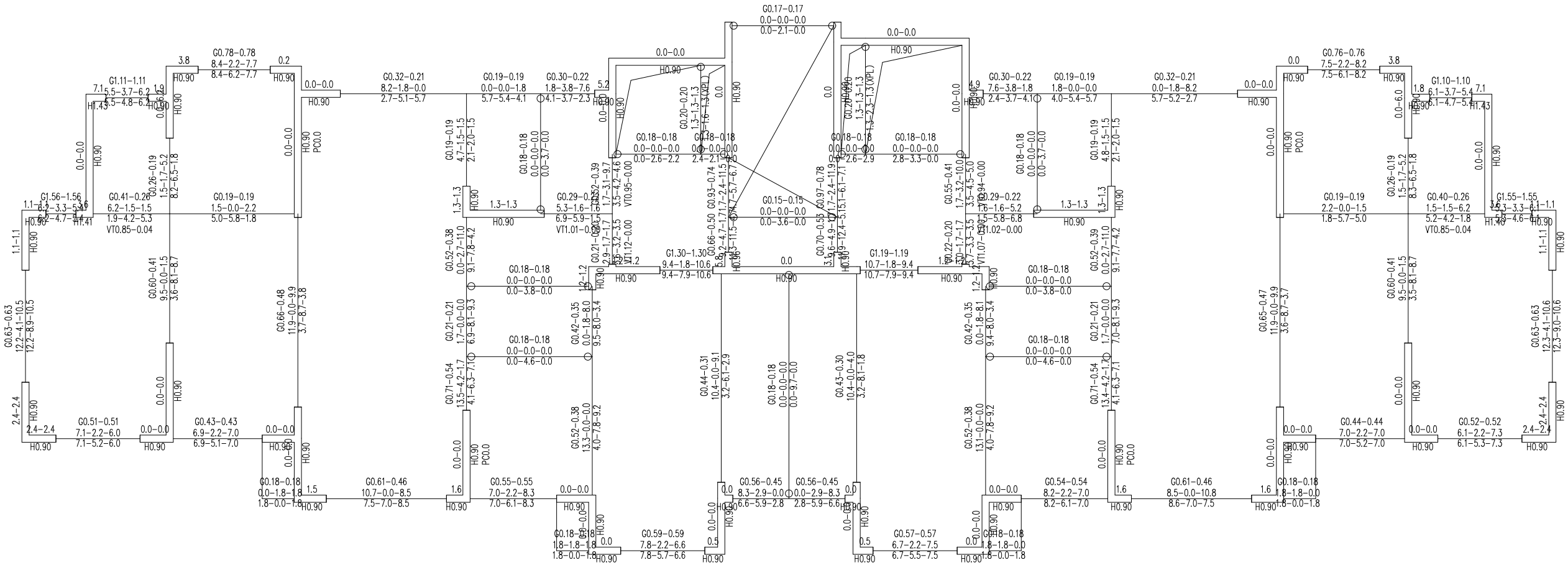
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-19 5 层配筋简图



第 6 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

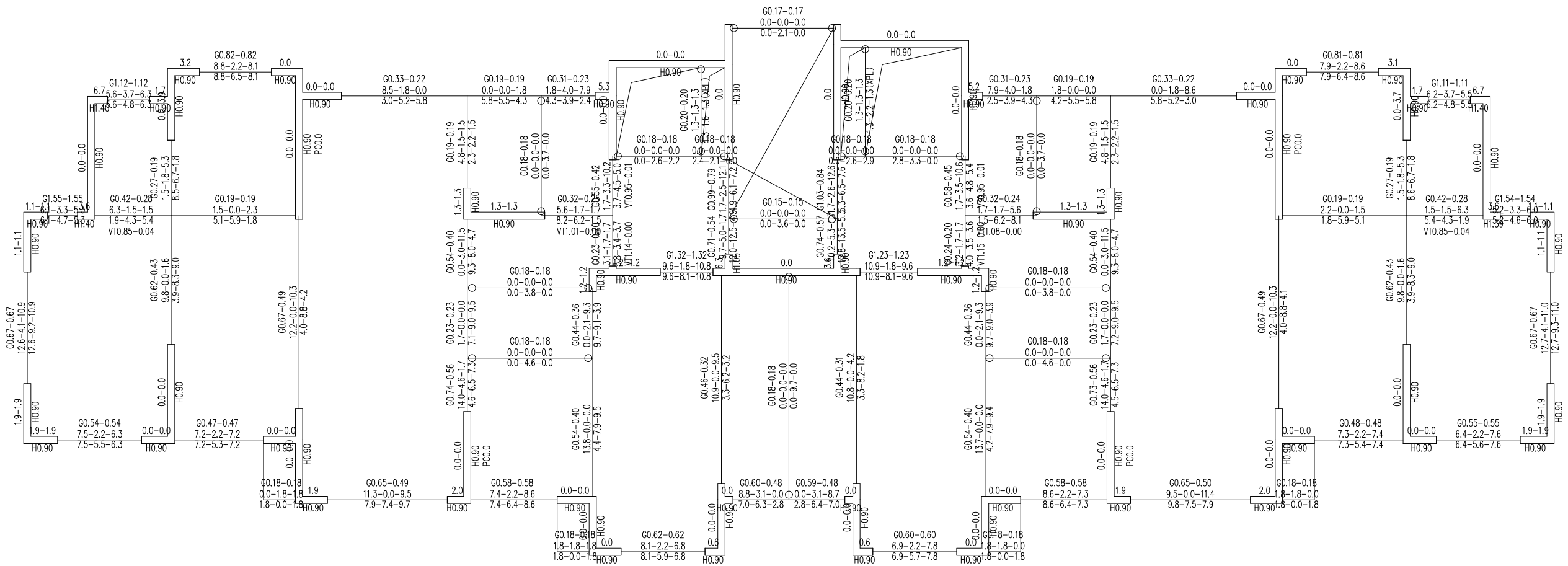
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-20 6 层配筋简图



第 7 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

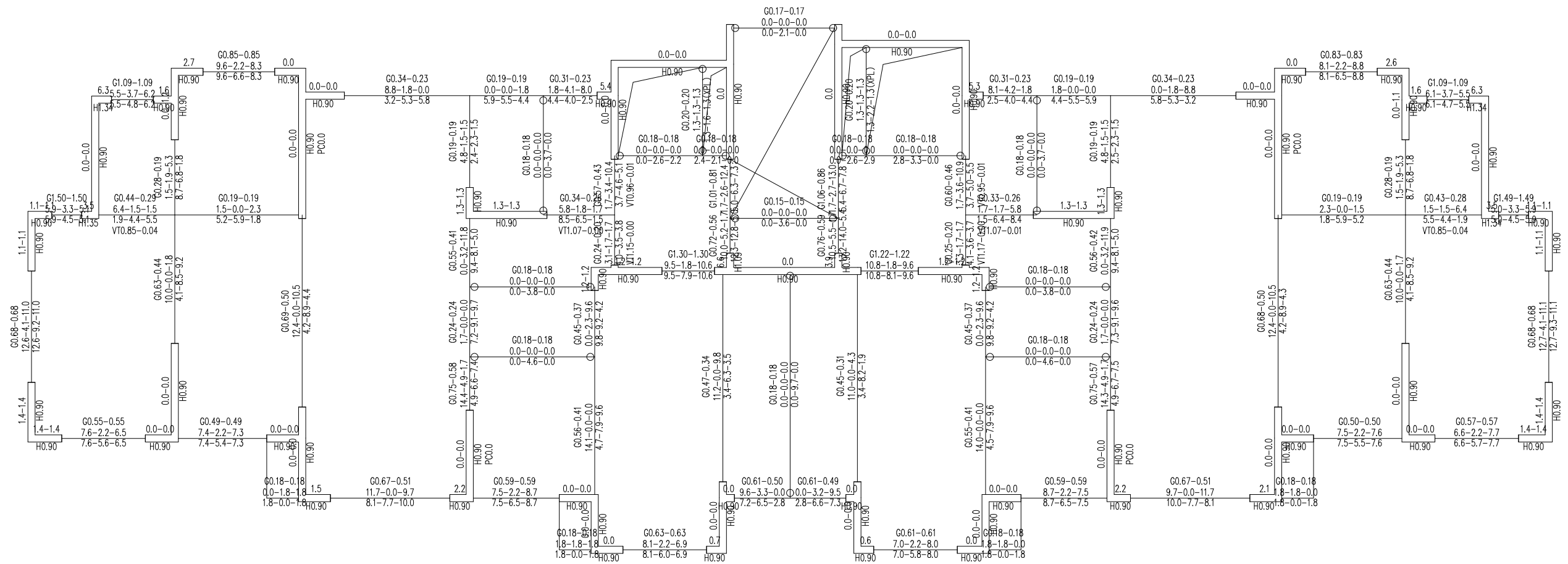
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-21 7 层配筋简图



第 8 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm^2)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

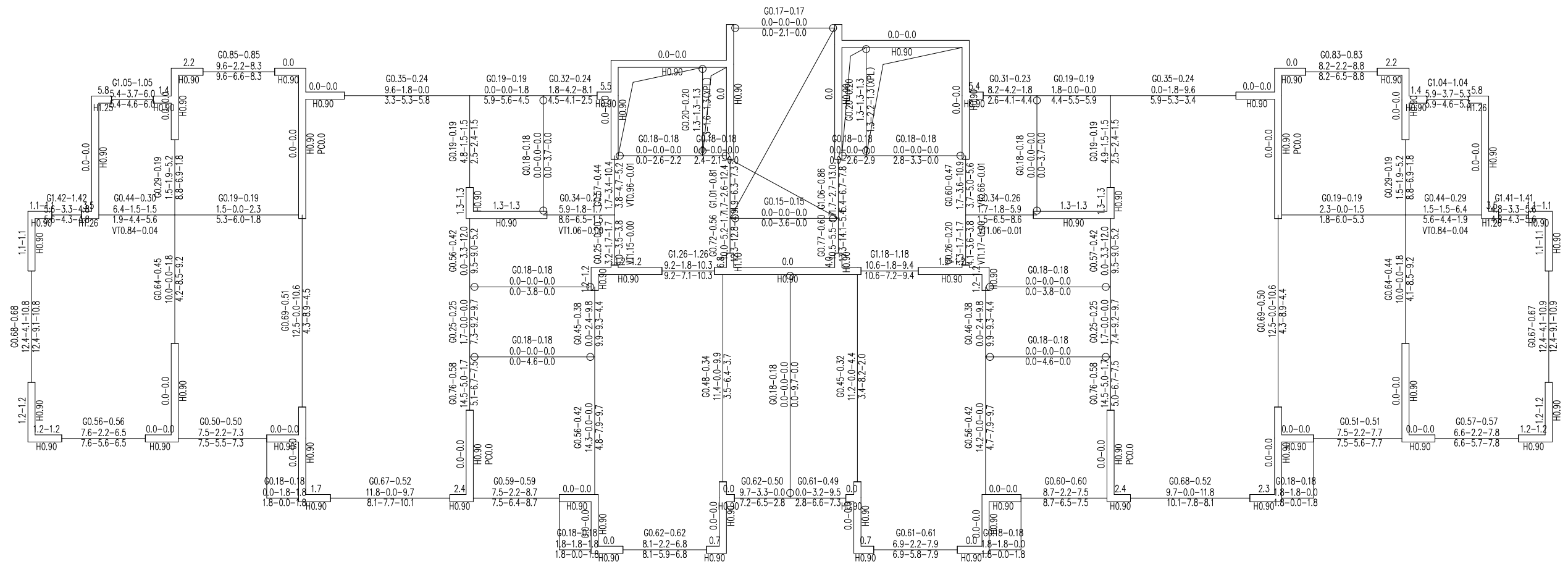
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-22 8 层配筋简图



第 9 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm^2)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

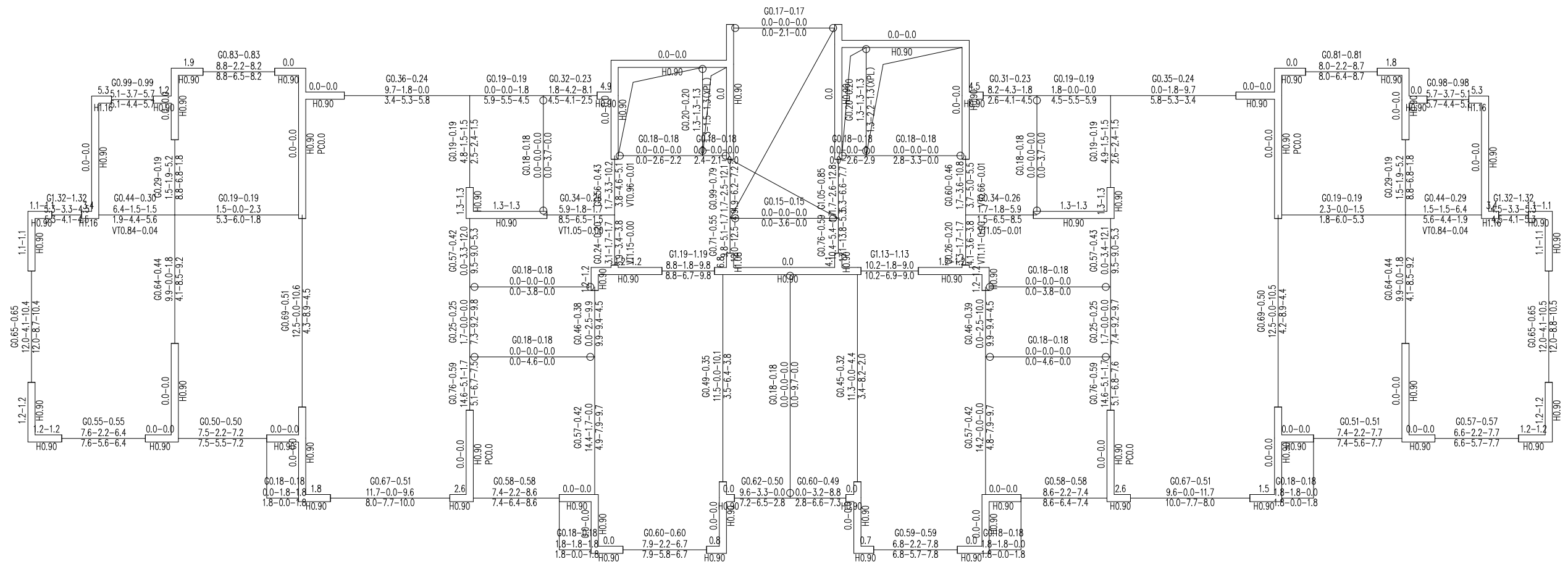
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-23 9 层配筋简图



第 10 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

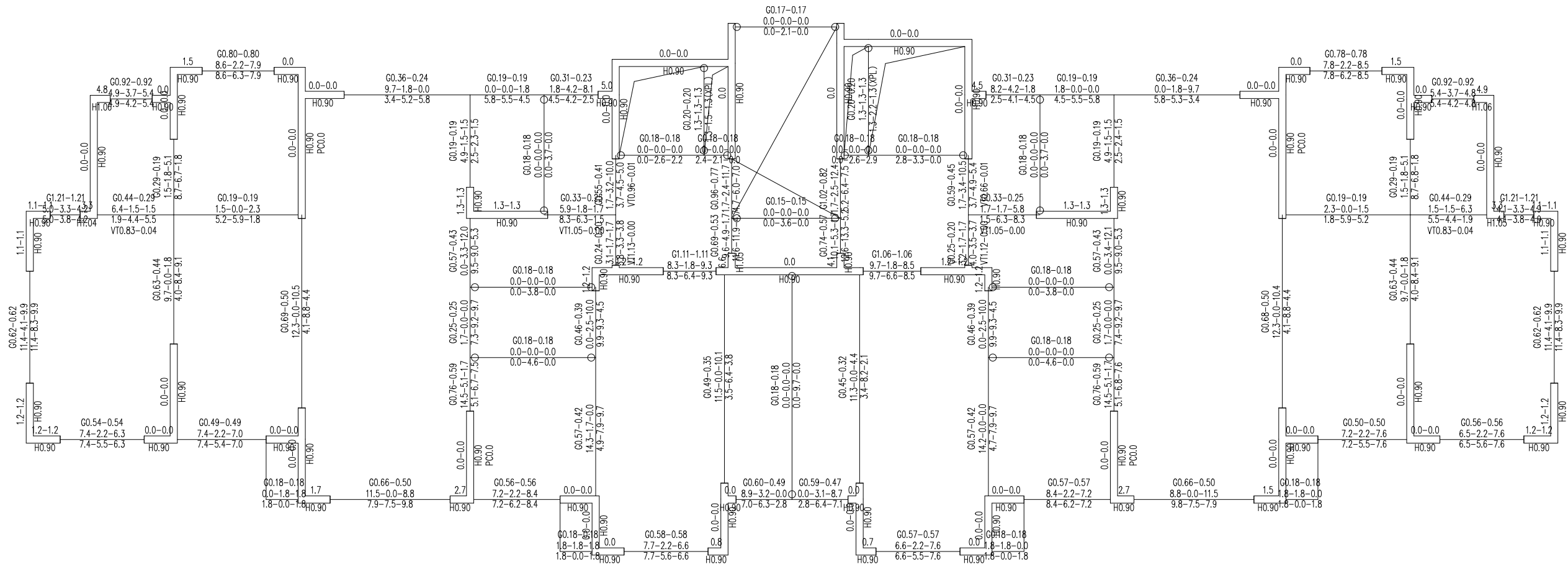
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-24 10 层配筋简图



第 11 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm^2)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

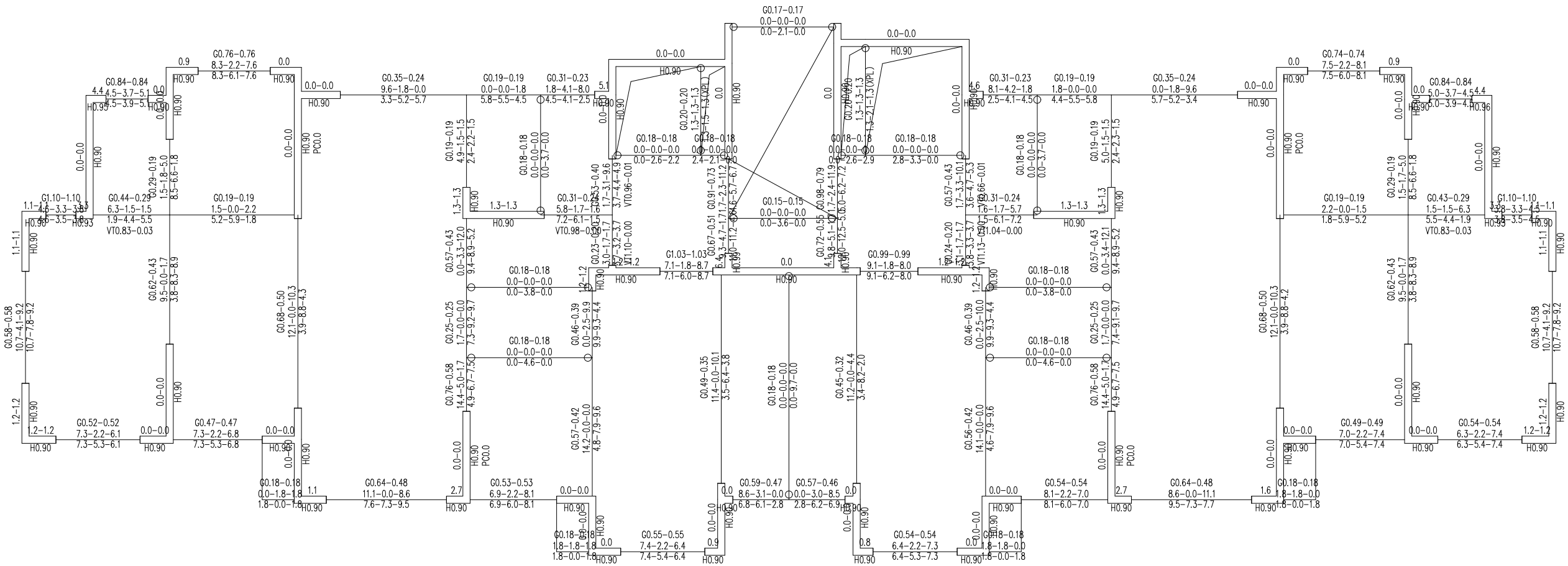
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-25 11 层配筋简图



第 12 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

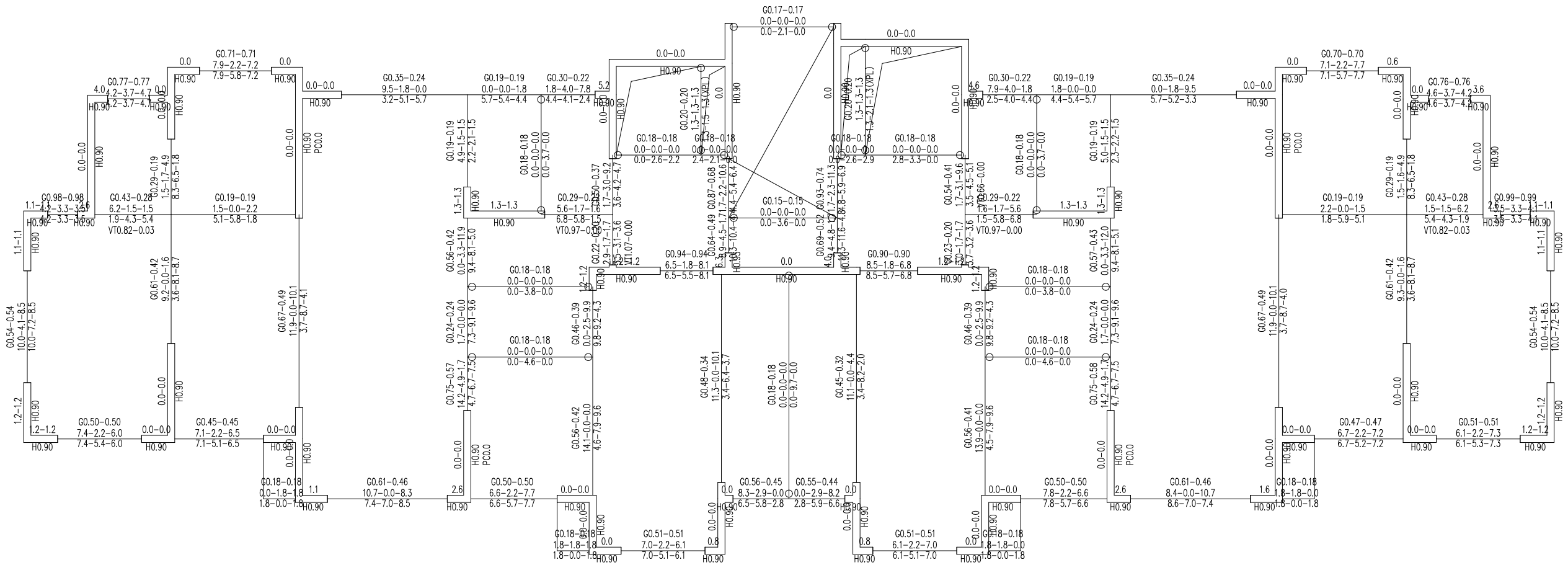
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-26 12 层配筋简图



第 13 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

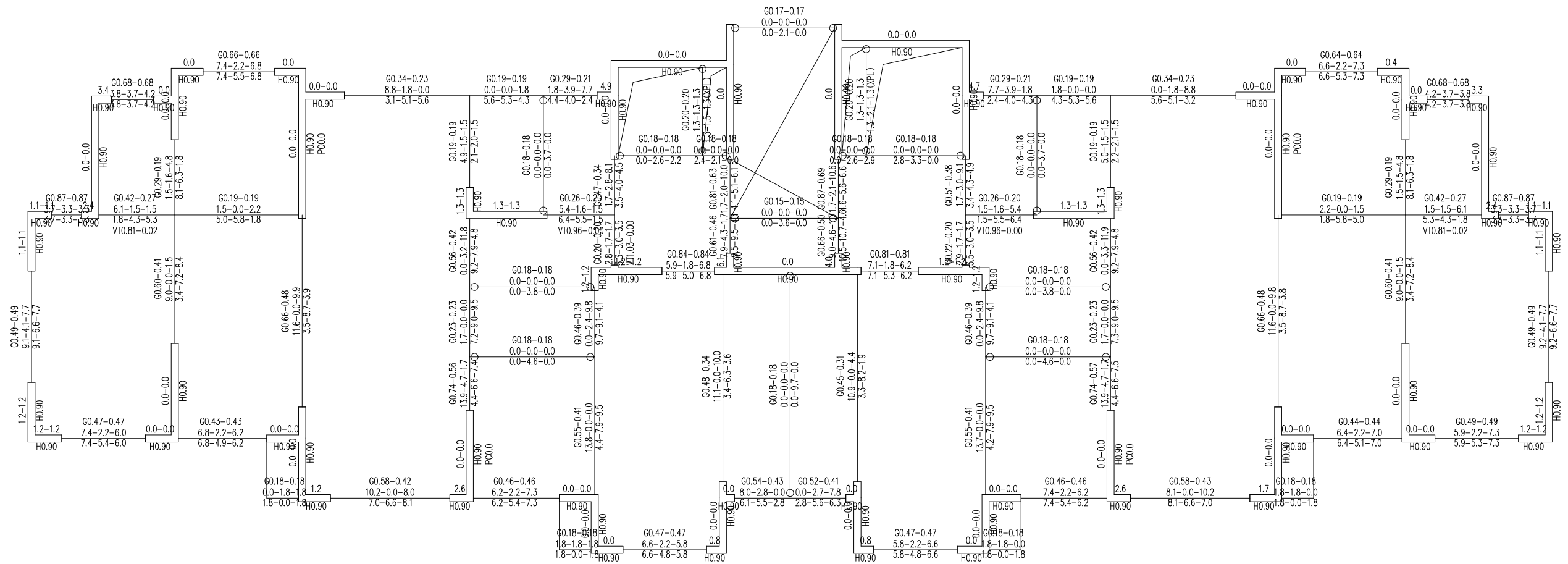
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-27 13 层配筋简图



第 14 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

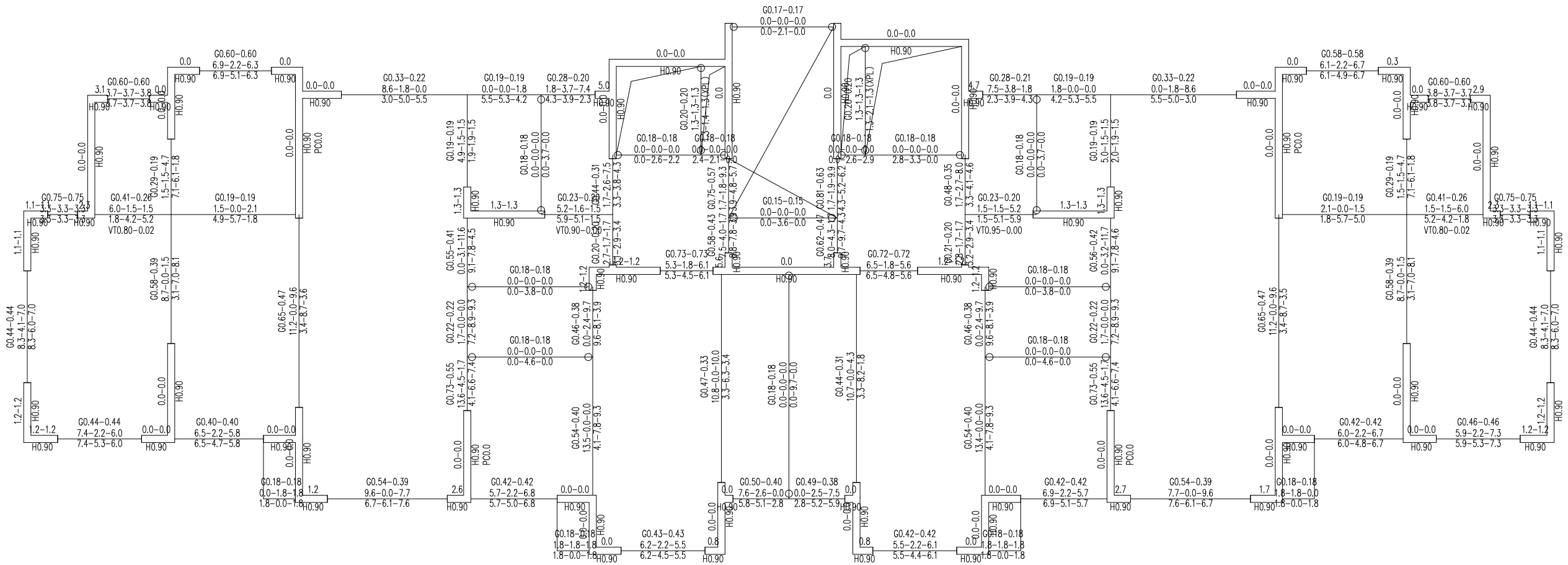
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-28 14 层配筋简图



第 15 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

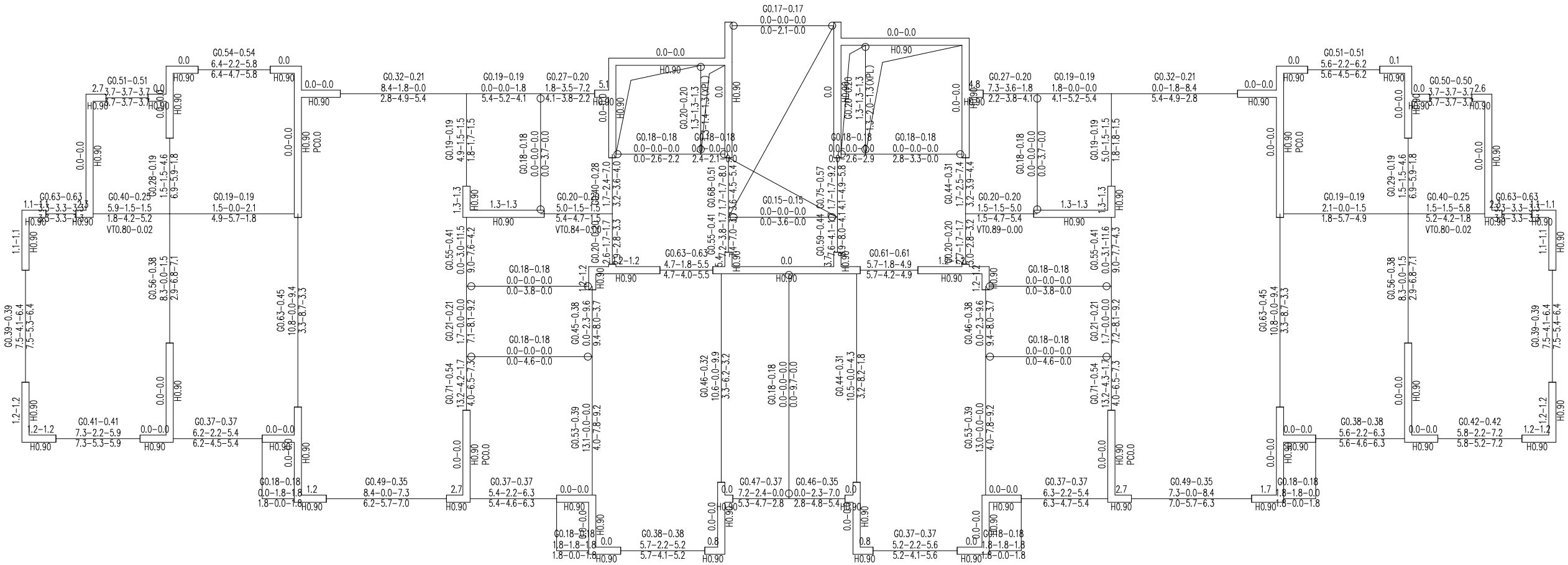
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-29 15 层配筋简图



第 16 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

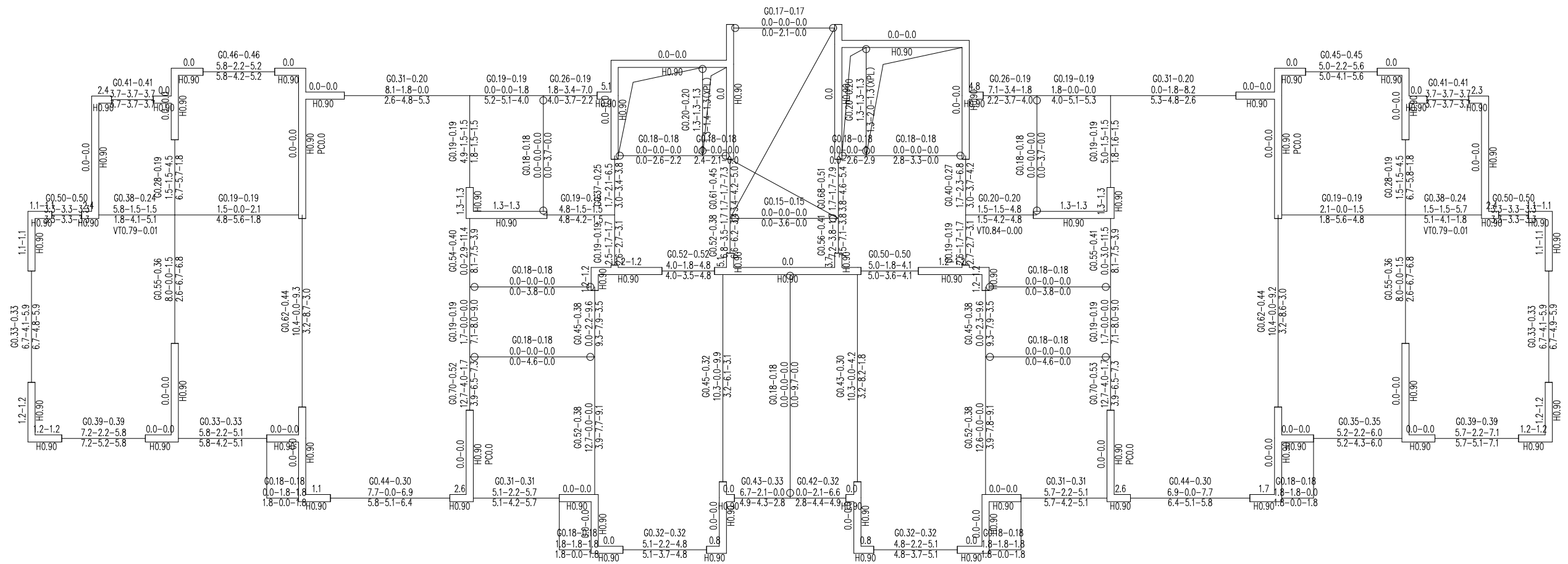
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-30 16 层配筋简图



第 17 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

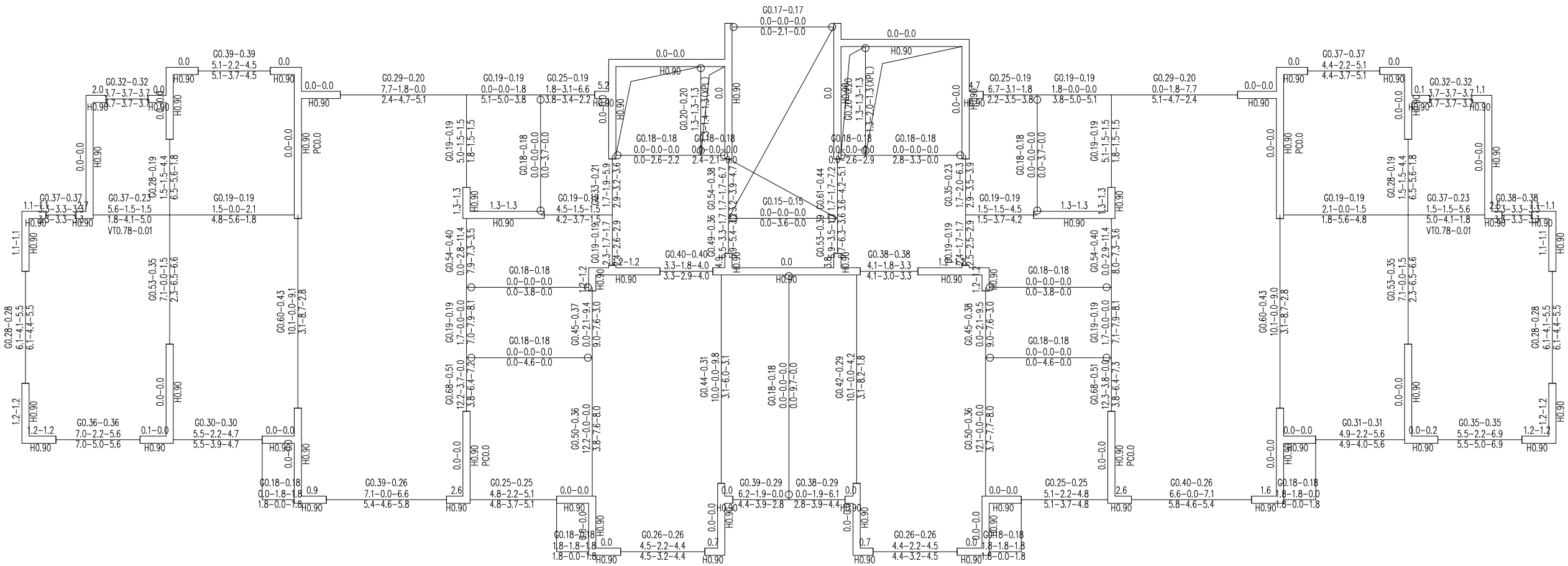
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-31 17 层配筋简图



第 18 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

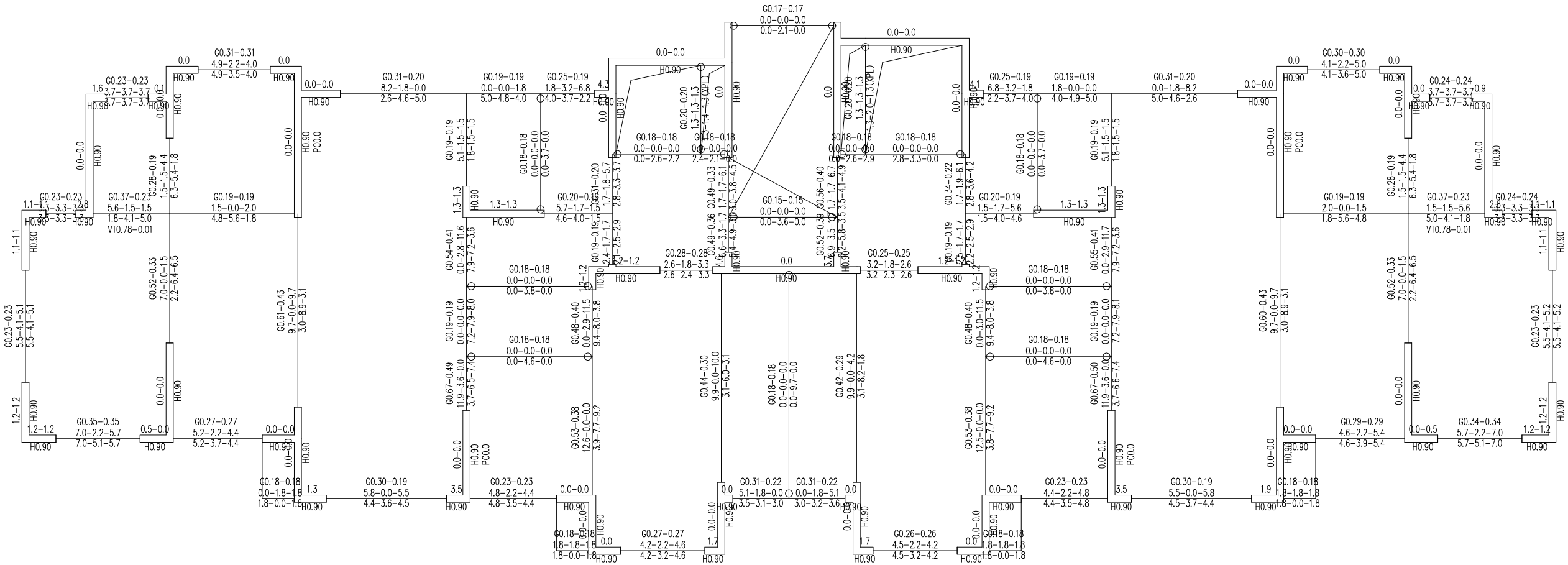
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-32 18 层配筋简图



第 19 层(标准层5) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=89 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 墙Cw=C30

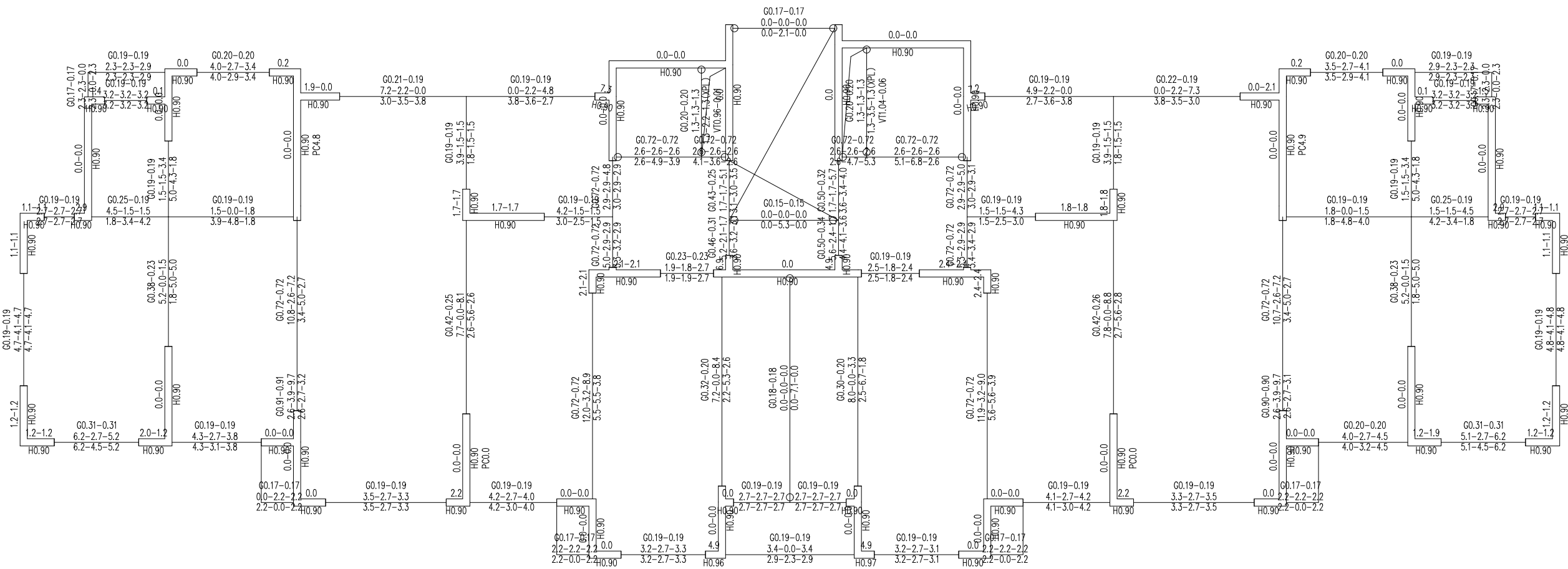
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-33 19 层配筋简图



第 20 层(标准层6) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=2900(mm) 梁总数=78 墙柱总数=71

混凝土强度等级: 梁C_b=C30 墙C_w=C30

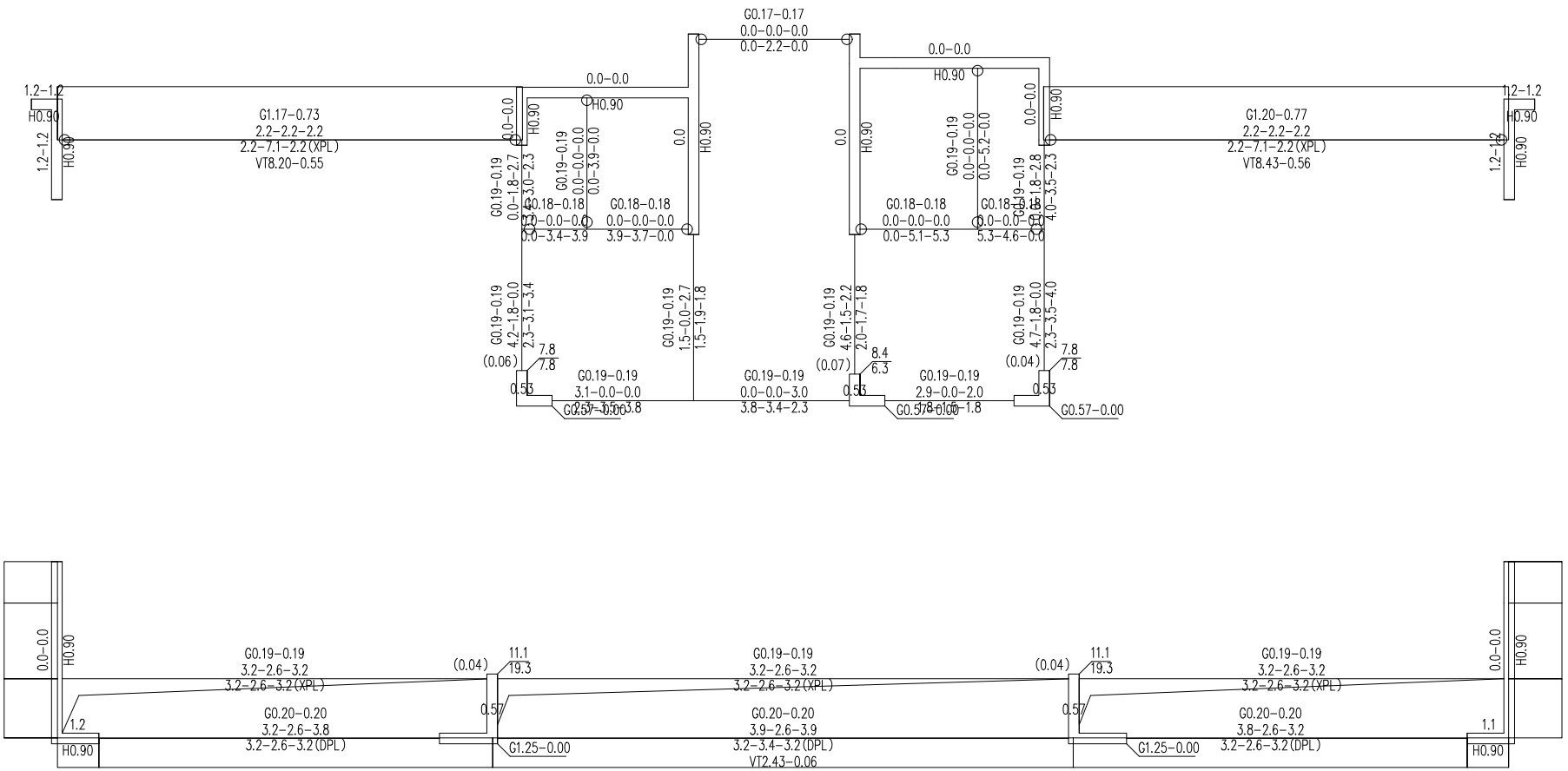
主筋强度: 梁FIB=360 墙FIW=360

箍筋(分布筋)强度: 梁=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100

墙水平分布筋间距=200(mm),墙竖向分布筋配筋率=0.25%

图 9-34 20 层配筋简图



第 21 层(标准层7) 混凝土构件配筋及钢构件应力比简图(单位: cm²)

层高=4700(mm) 梁总数=24 柱总数=5 墙柱总数=14

混凝土强度等级: 梁Cb=C30 柱Cc=C30 墙Cw=C30

主筋强度: 梁FIB=360 柱FIC=360 墙FIW=360

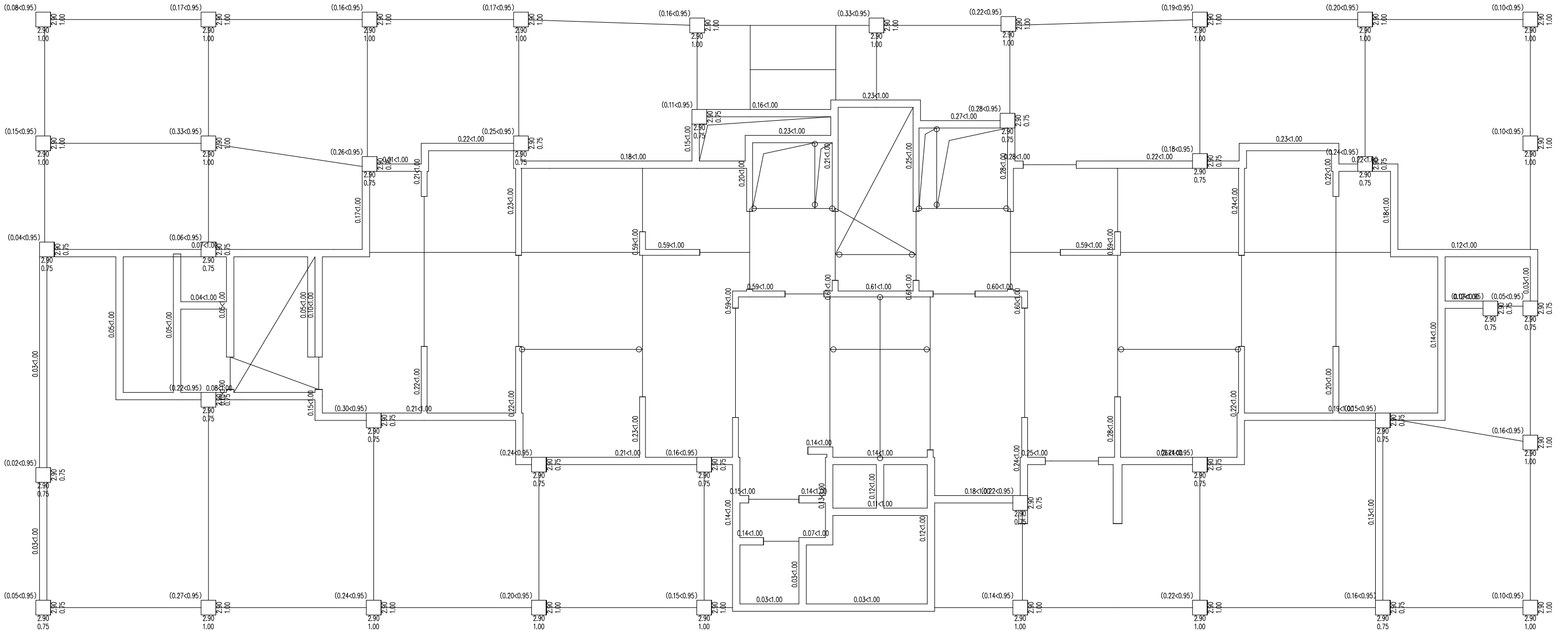
箍筋(分布筋)强度: 梁=360 柱=360 墙水平=360 墙竖向=360 边缘构件=360

箍筋间距(mm): 梁=100 柱=100

墙水平分布筋间距=200(mm), 墙竖向分布筋配筋率=0.25%

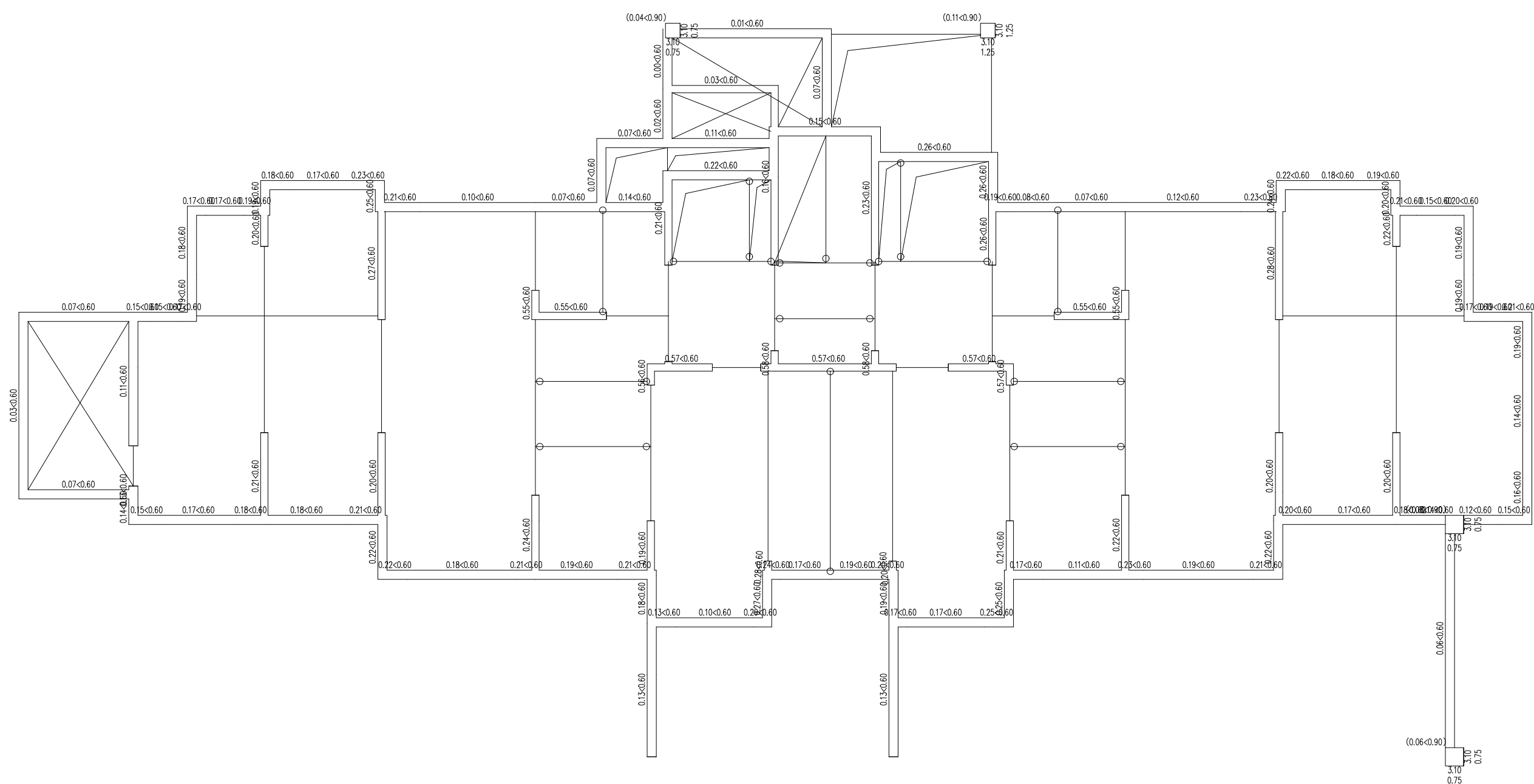
图 9-35 21 层配筋简图

9.4 柱、墙轴压比简图

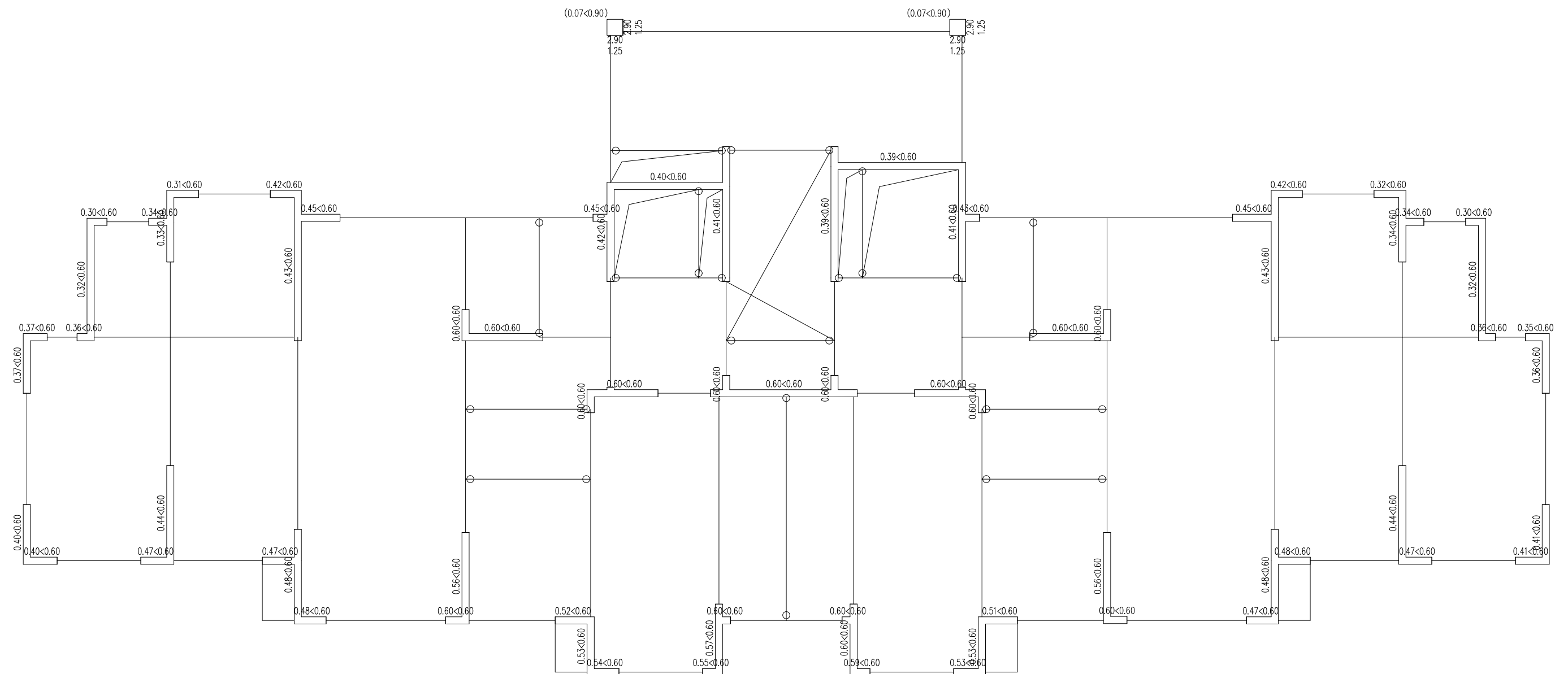


第 1 层(标准层1 地下2层) 墙组合轴压比简图

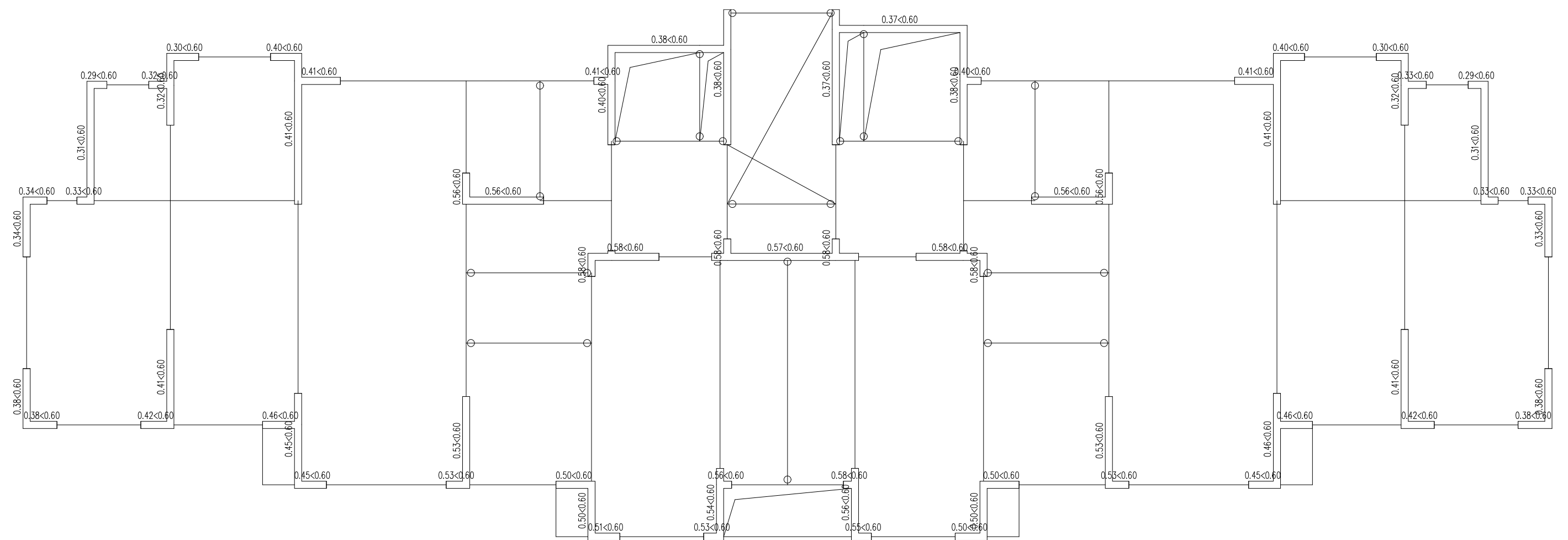
图 9-36 1 层柱、墙轴压比简图



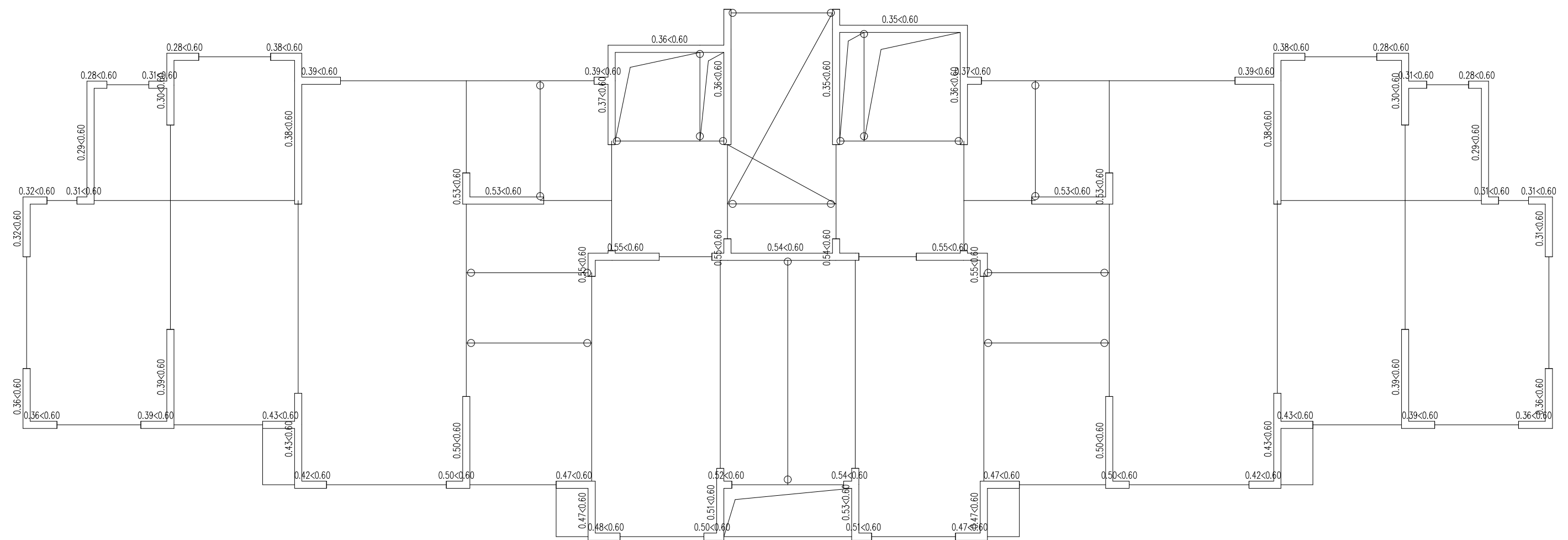
第 2 层(标准层2 地下1层 约束边缘构件层) 墙组合轴压比简图
图 9-37 2 层柱、墙轴压比简图



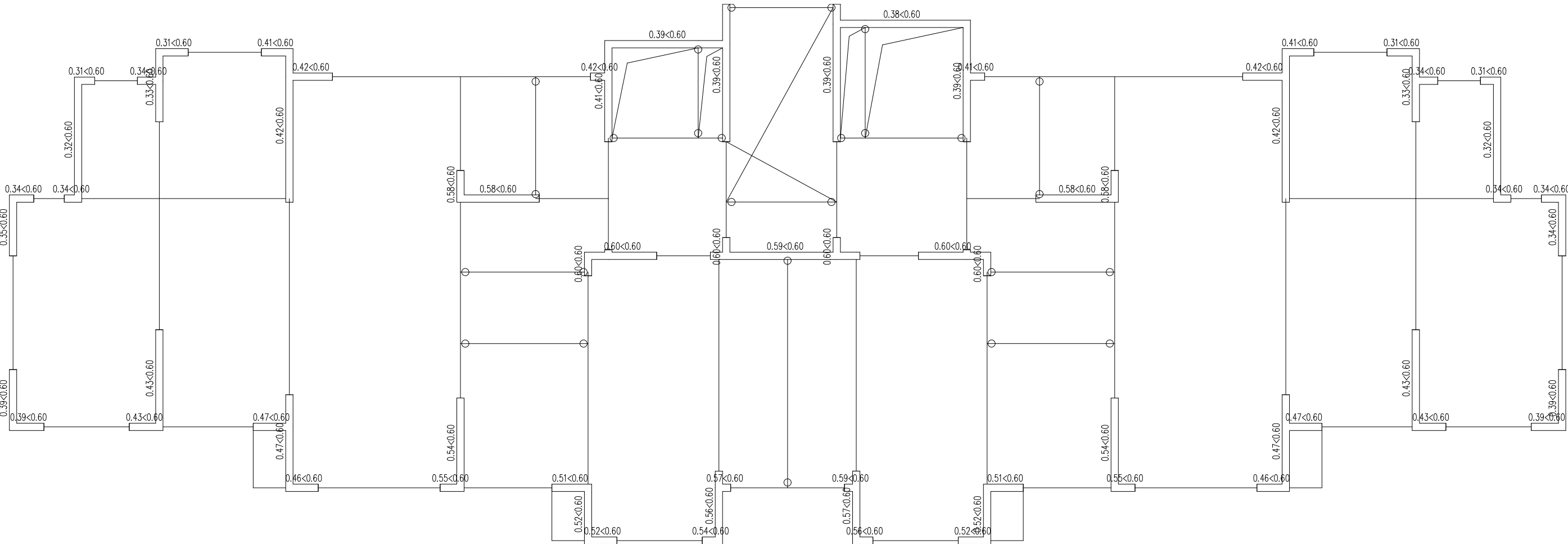
第 3 层(标准层3 底部加强区 约束边缘构件层) 墙组合轴压比简图
图 9-38 3 层柱、墙轴压比简图



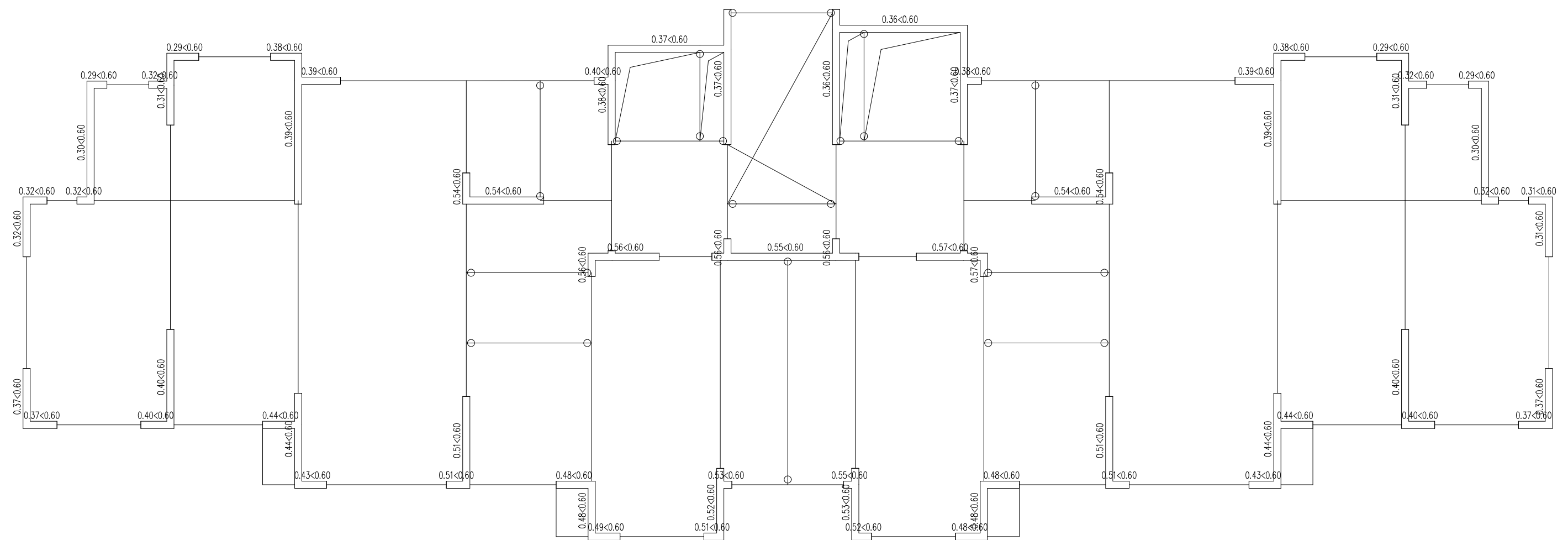
第 4 层(标准层4 底部加强区 约束边缘构件层) 墙组合轴压比简图
图 9-39 4 层柱、墙轴压比简图



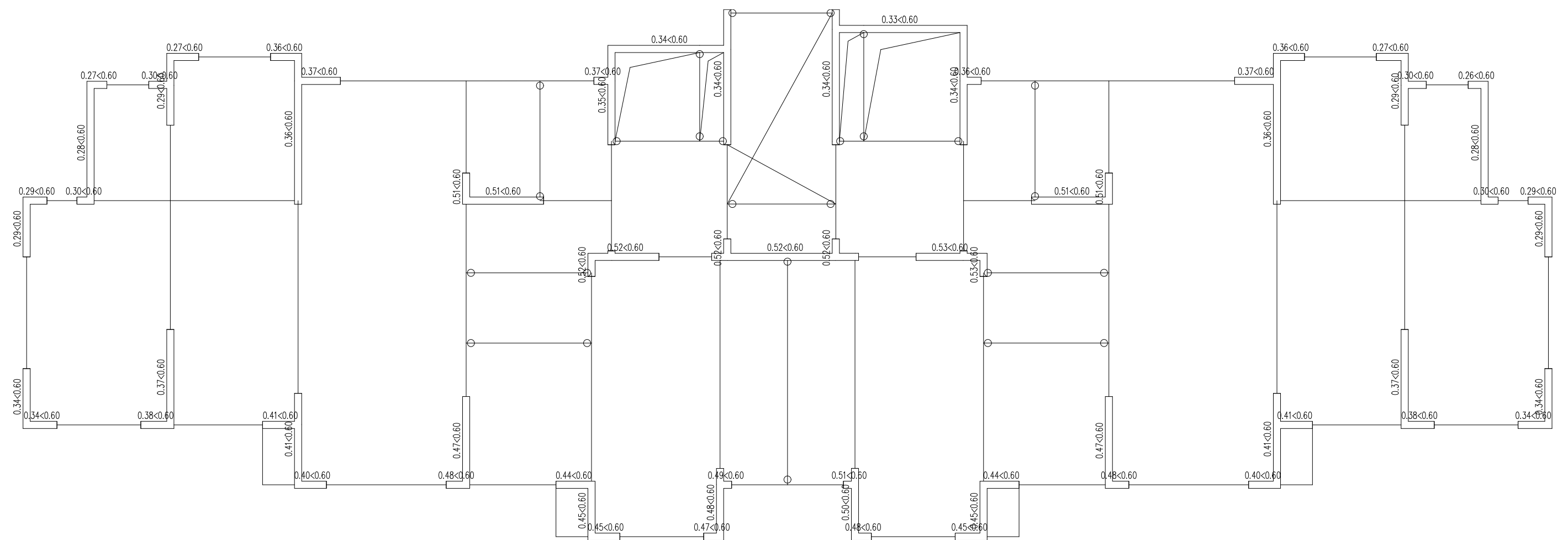
第 5 层(标准层4 约束边缘构件层) 墙组合轴压比简图
图 9-40 5 层柱、墙轴压比简图



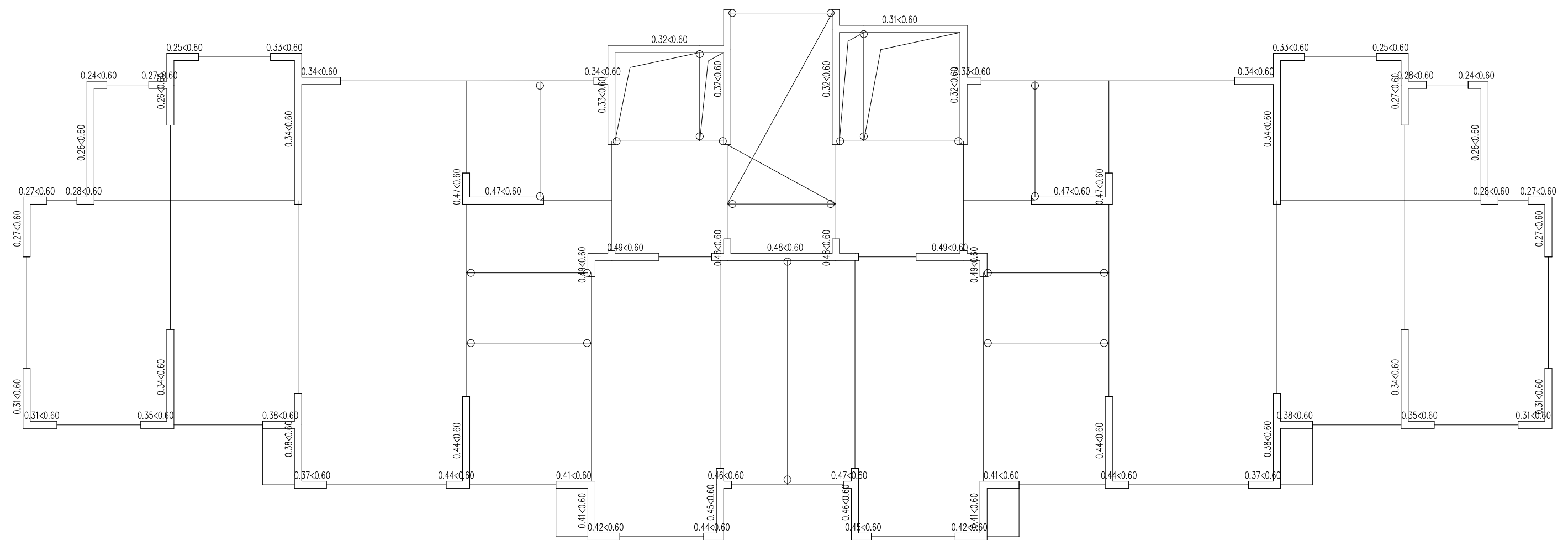
第 6 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-41 6 层柱、墙轴压比简图



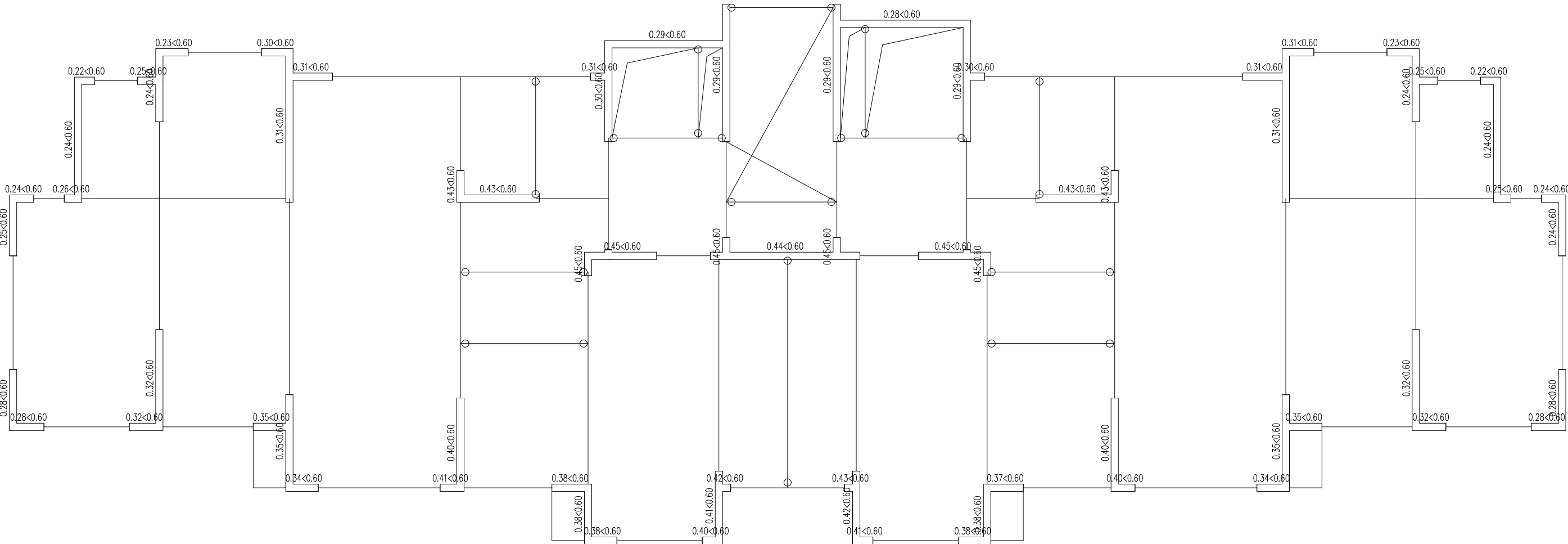
第 7 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-42 7 层柱、墙轴压比简图



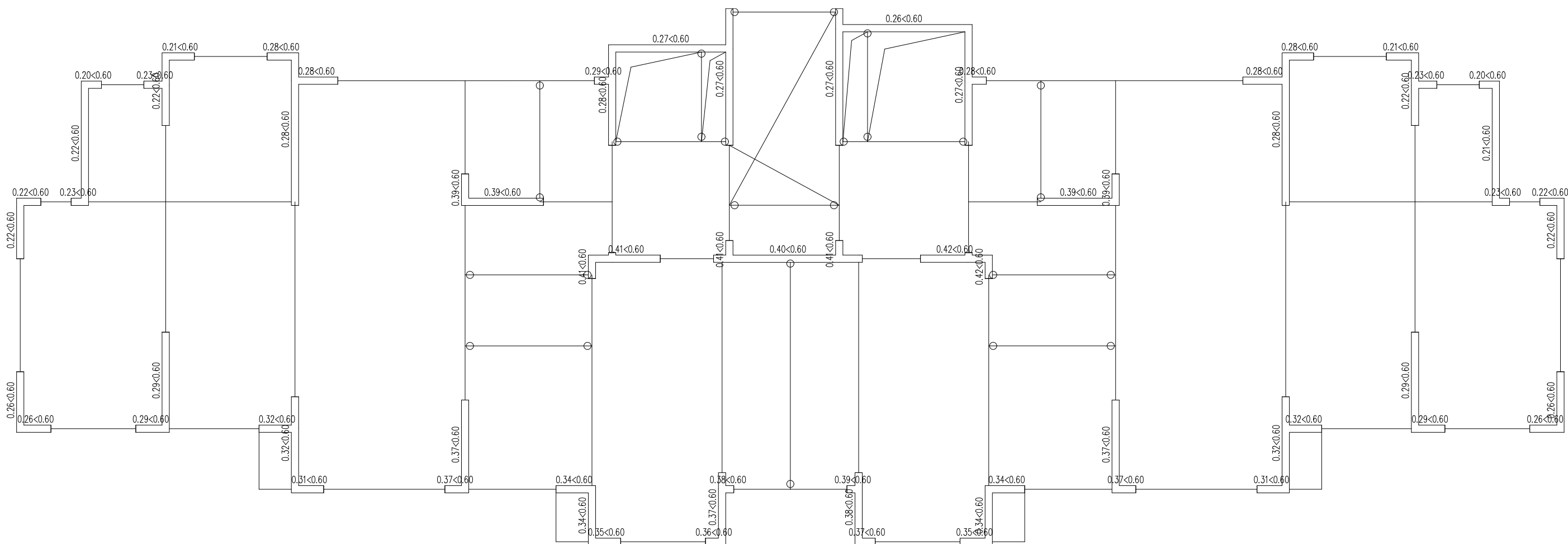
第 8 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-43 8 层柱、墙轴压比简图



第 9 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-44 9 层柱、墙轴压比简图

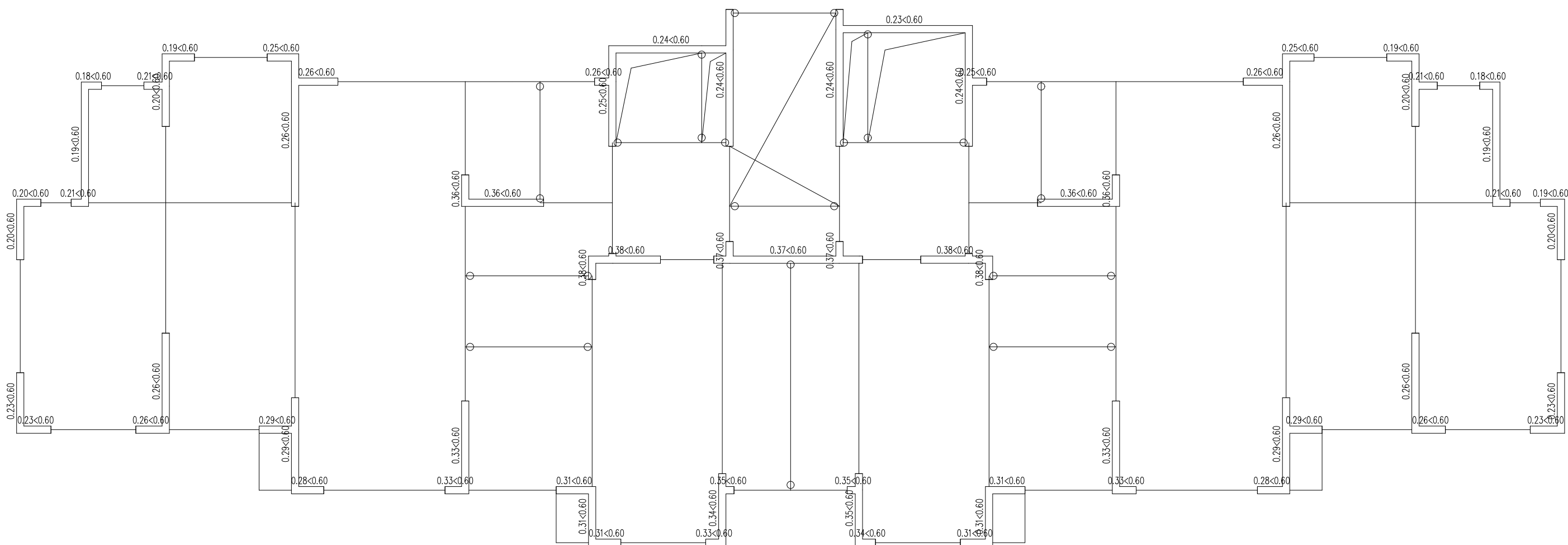


第 10 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-45 10 层柱、墙轴压比简图



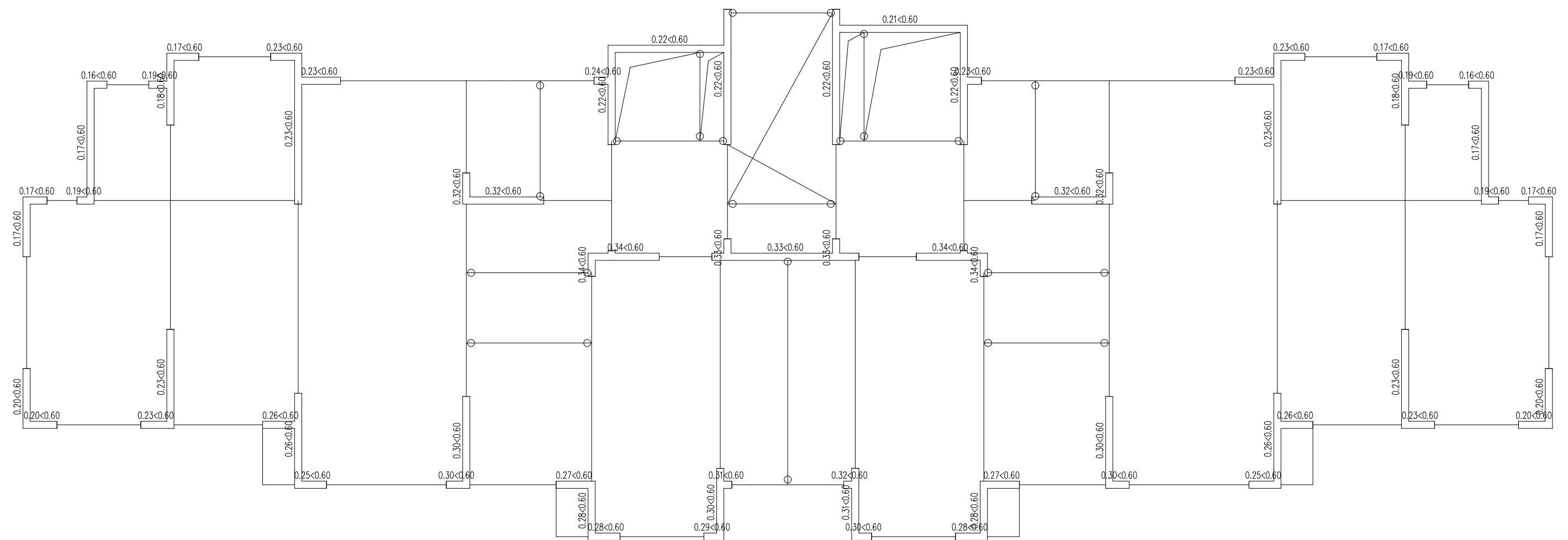
第 11 层(标准层5) 墙组合轴压比简图

图 9-46 11 层柱、墙轴压比简图

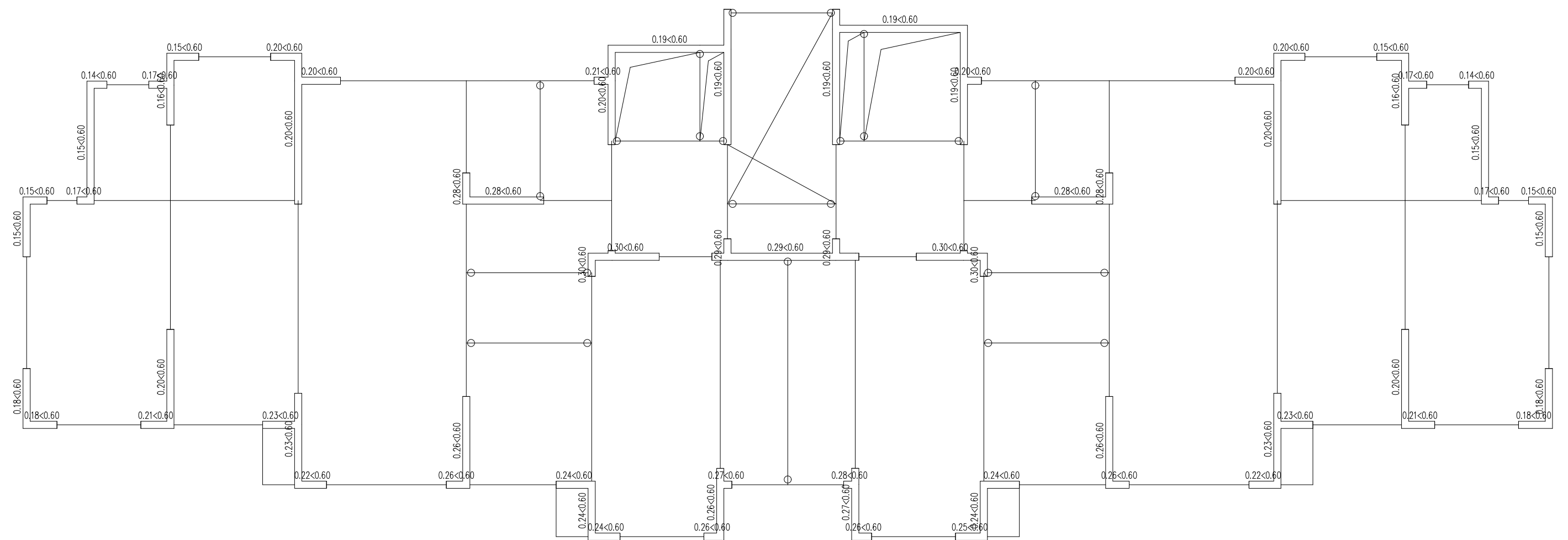


第 12 层(标准层5) 墙组合轴压比简图

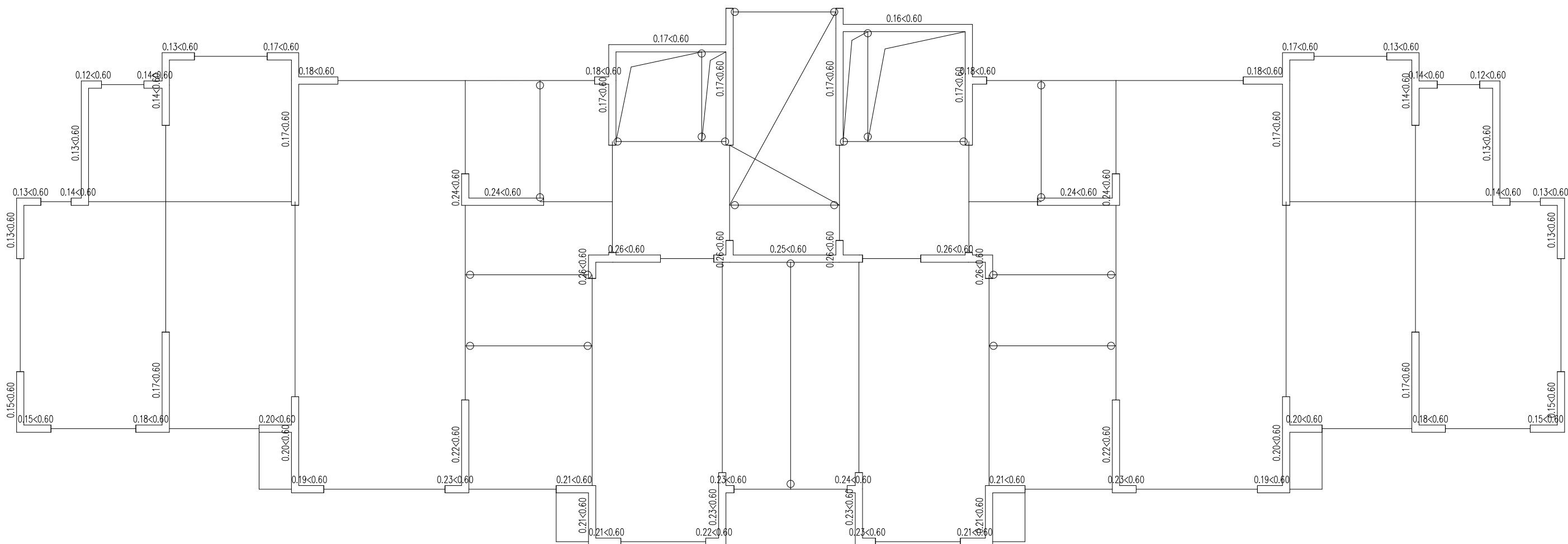
图 9-47 12 层柱、墙轴压比简图



第 13 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-48 13 层柱、墙轴压比简图

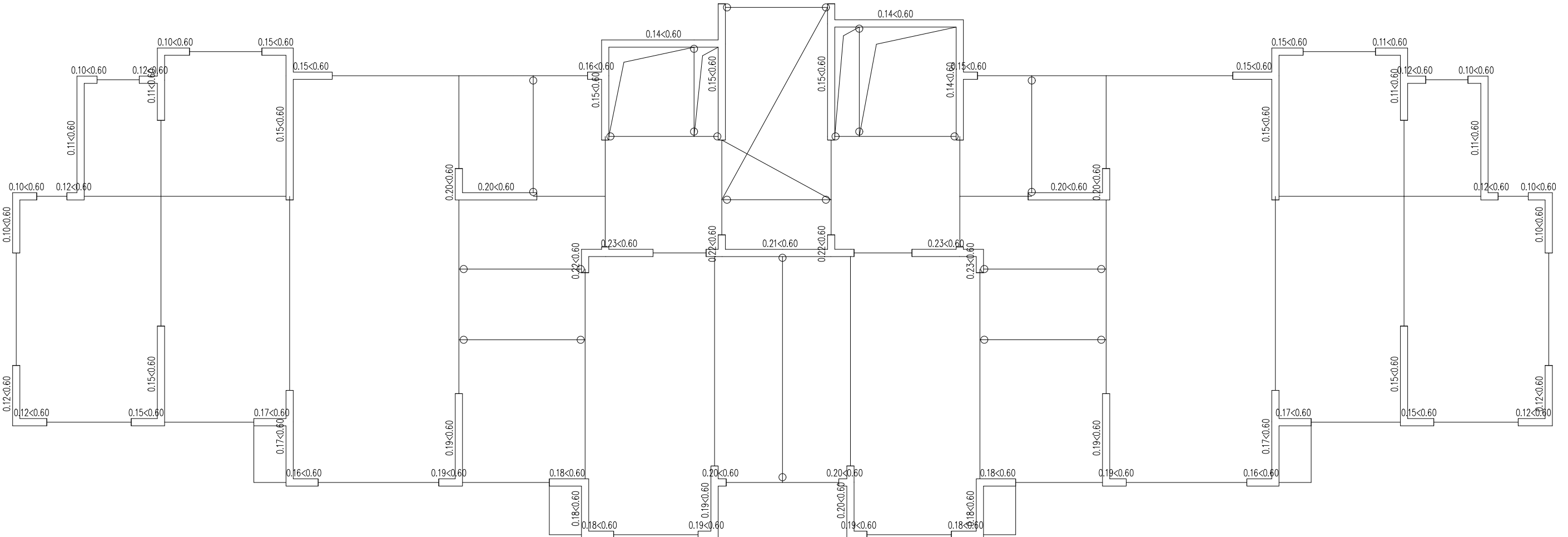


第 14 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-49 14 层柱、墙轴压比简图



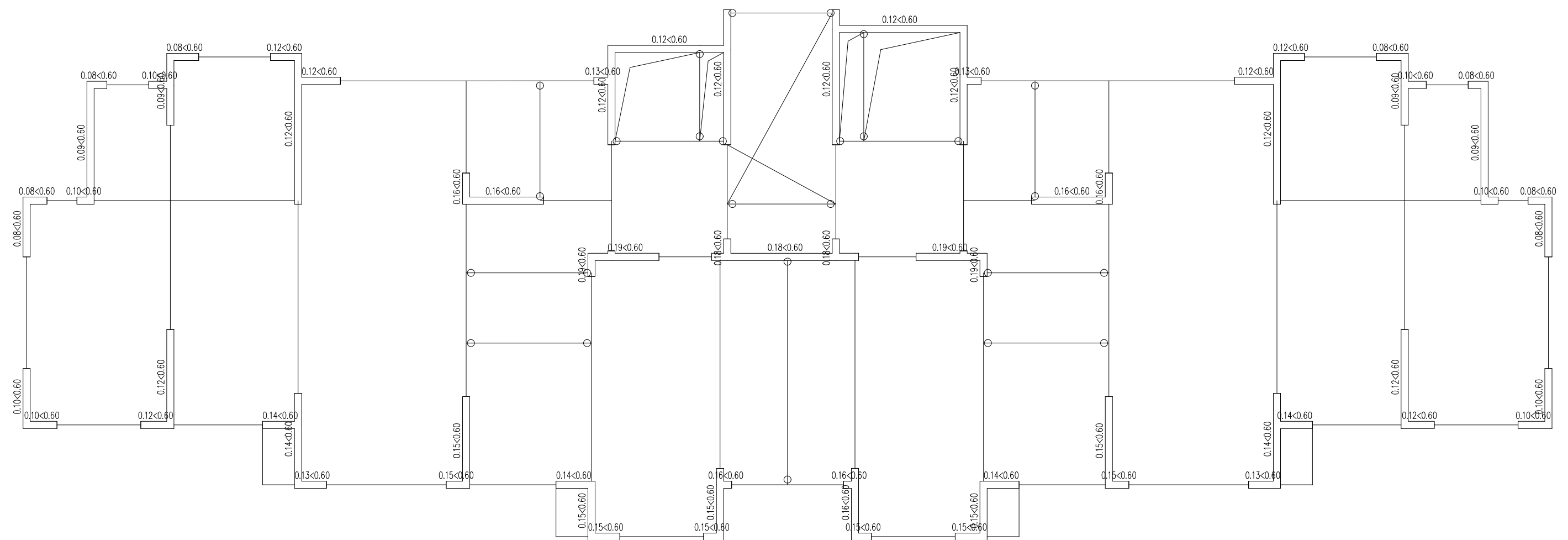
第 15 层(标准层5) 墙组合轴压比简图

图 9-50 15 层柱、墙轴压比简图

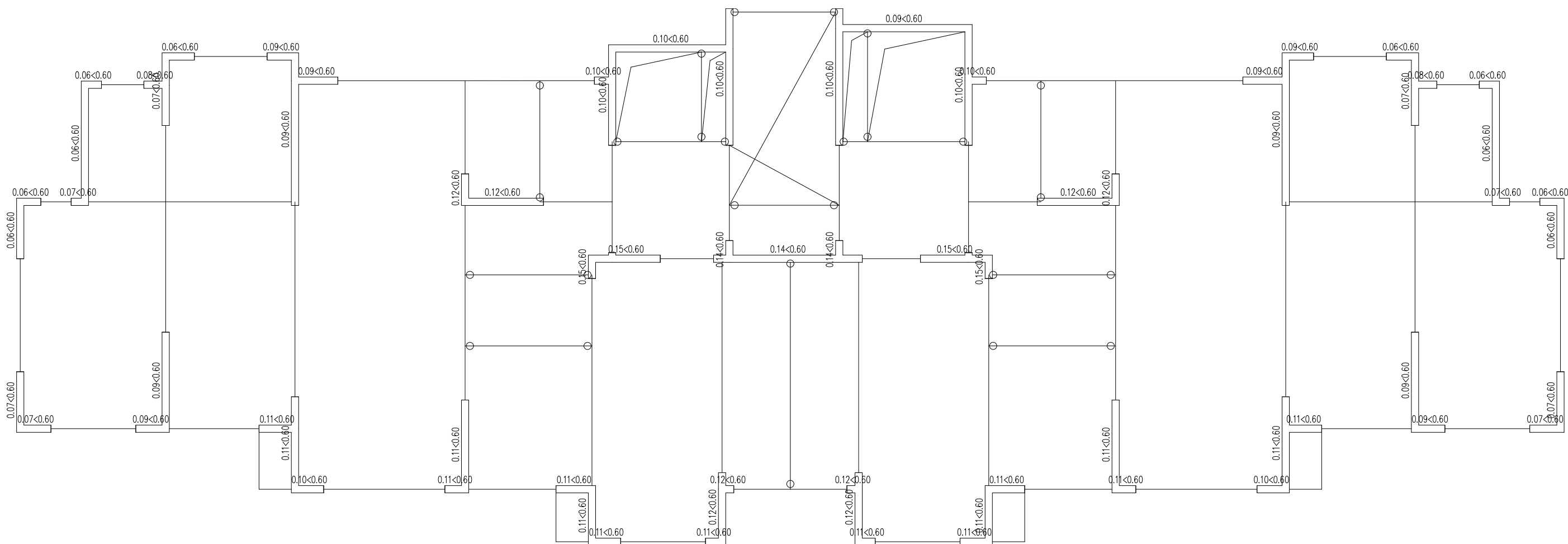


第 16 层(标准层5) 墙组合轴压比简图

图 9-51 16 层柱、墙轴压比简图

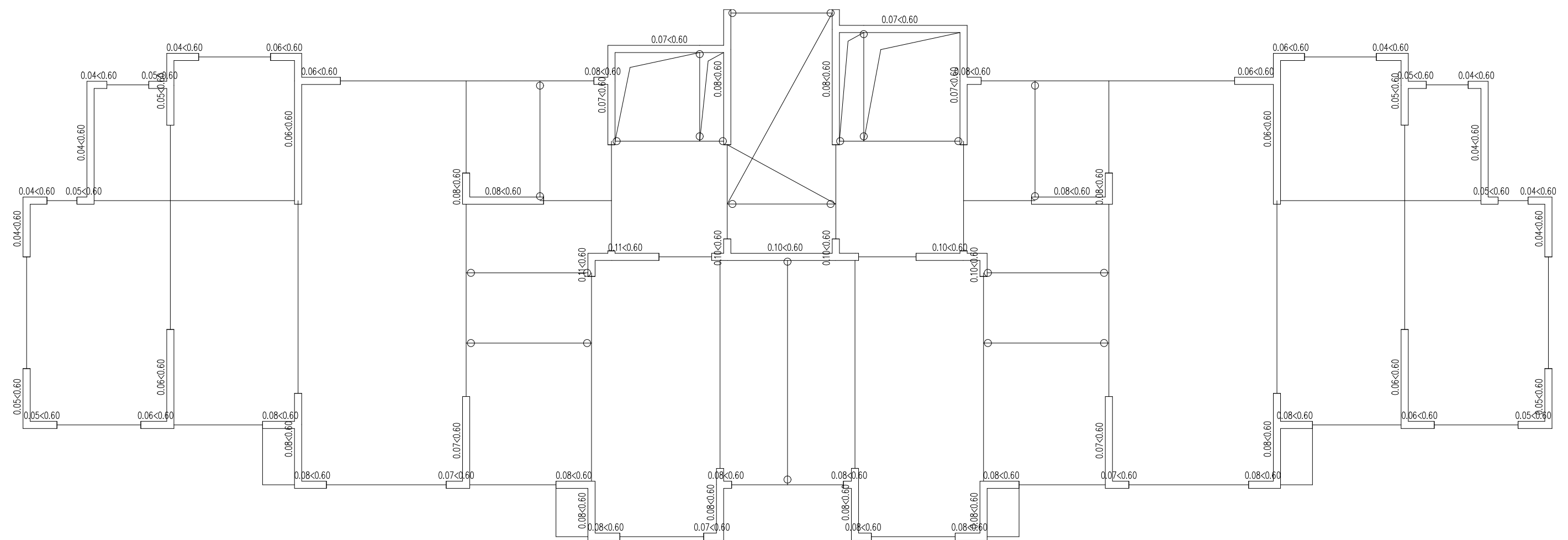


第 17 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-52 17 层柱、墙轴压比简图

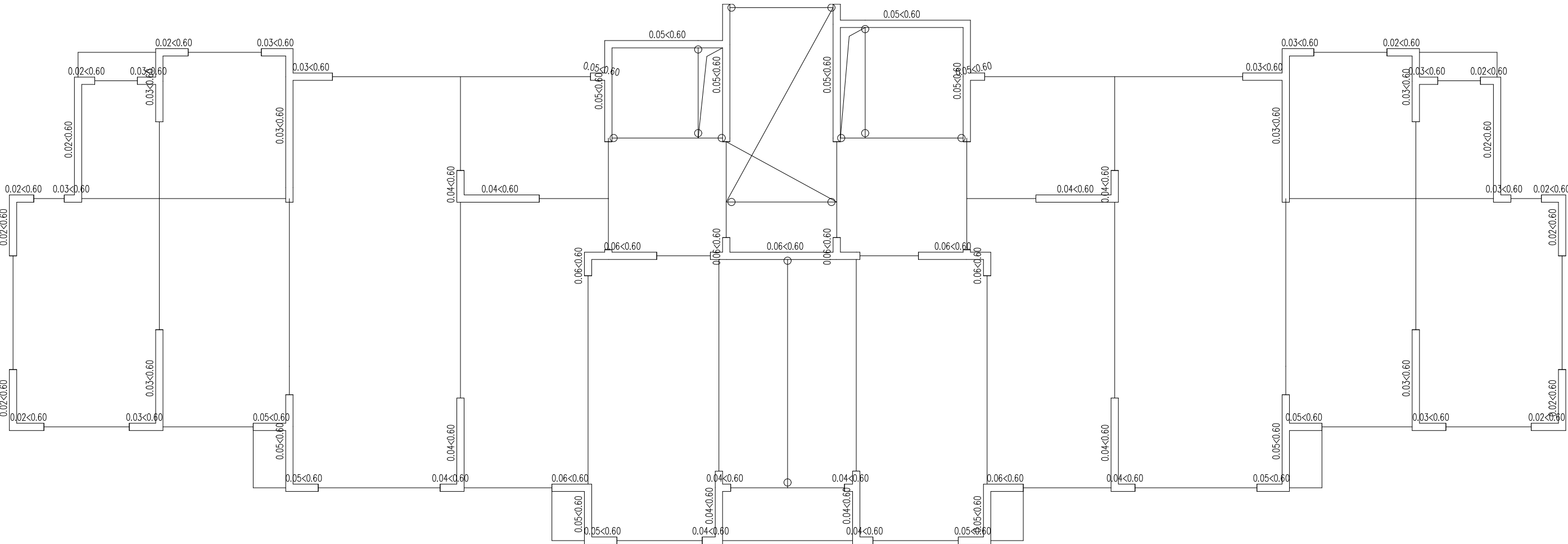


第 18 层(标准层5) 墙组合轴压比简图

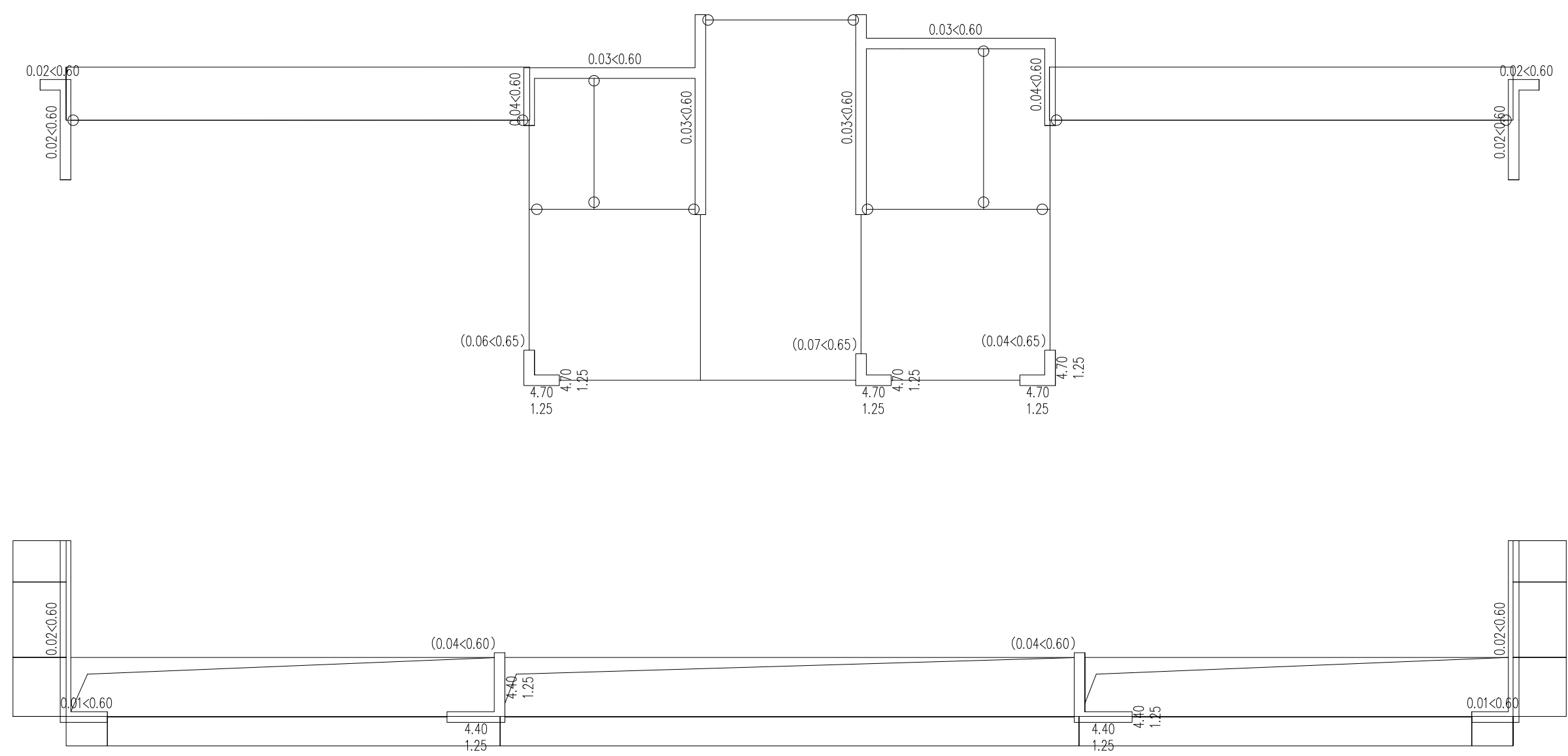
图 9-53 18 层柱、墙轴压比简图



第 19 层(标准层5) 墙组合轴压比简图
图 9-54 19 层柱、墙轴压比简图

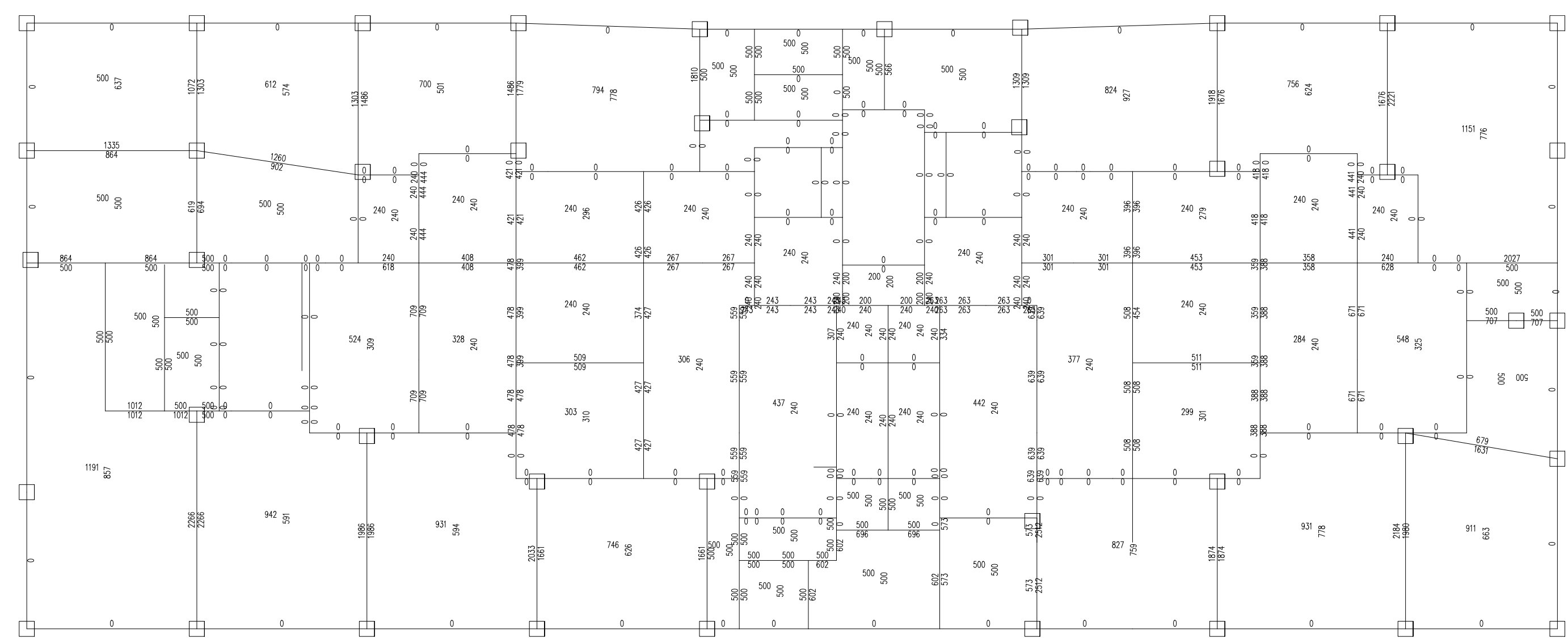


第 20 层(标准层6) 墙组合轴压比简图
图 9-55 20 层柱、墙轴压比简图



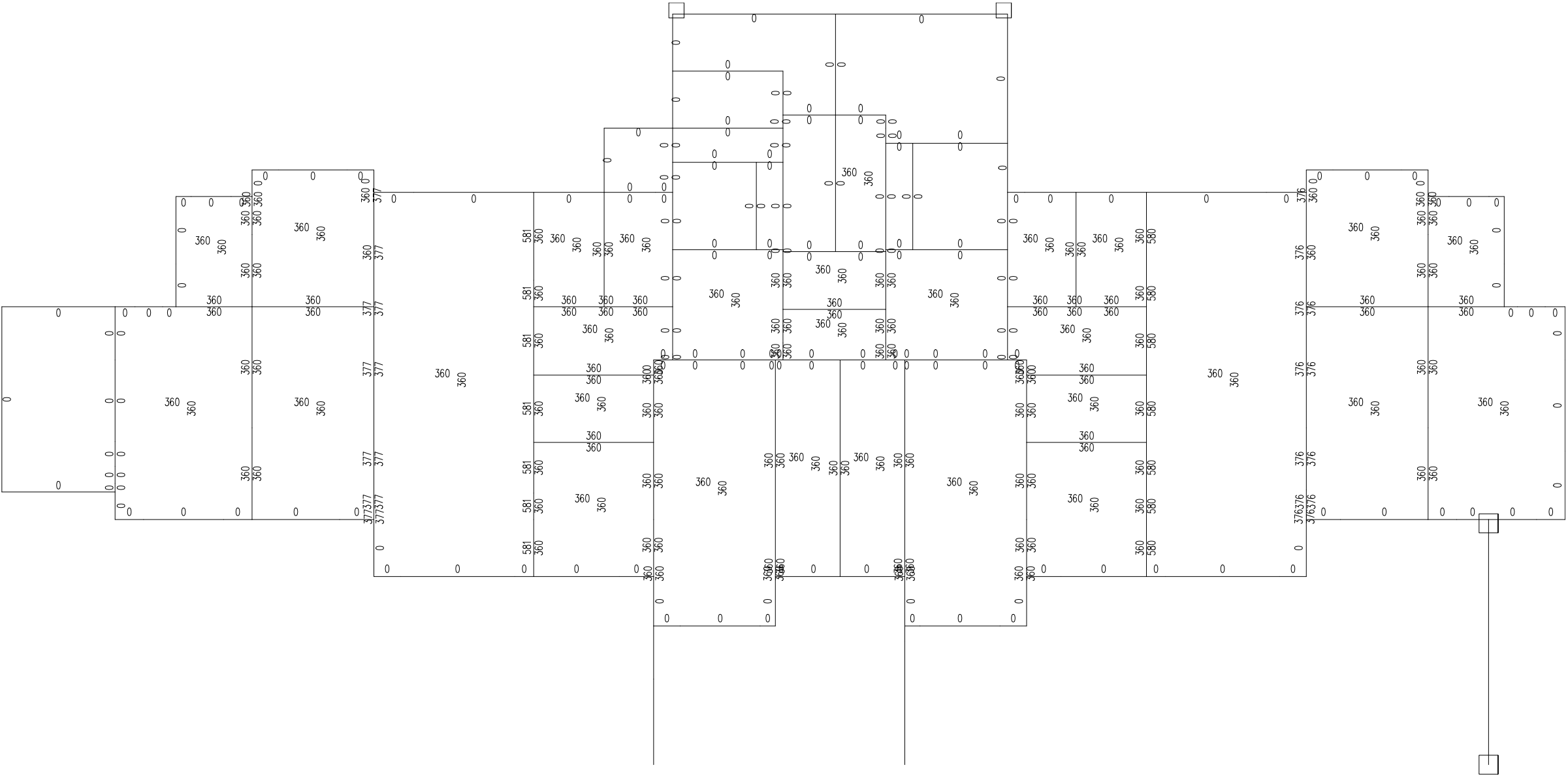
第 21 层(标准层7) 墙组合轴压比简图
图 9-56 21 层柱、墙轴压比简图

9.5 板计算面积简图



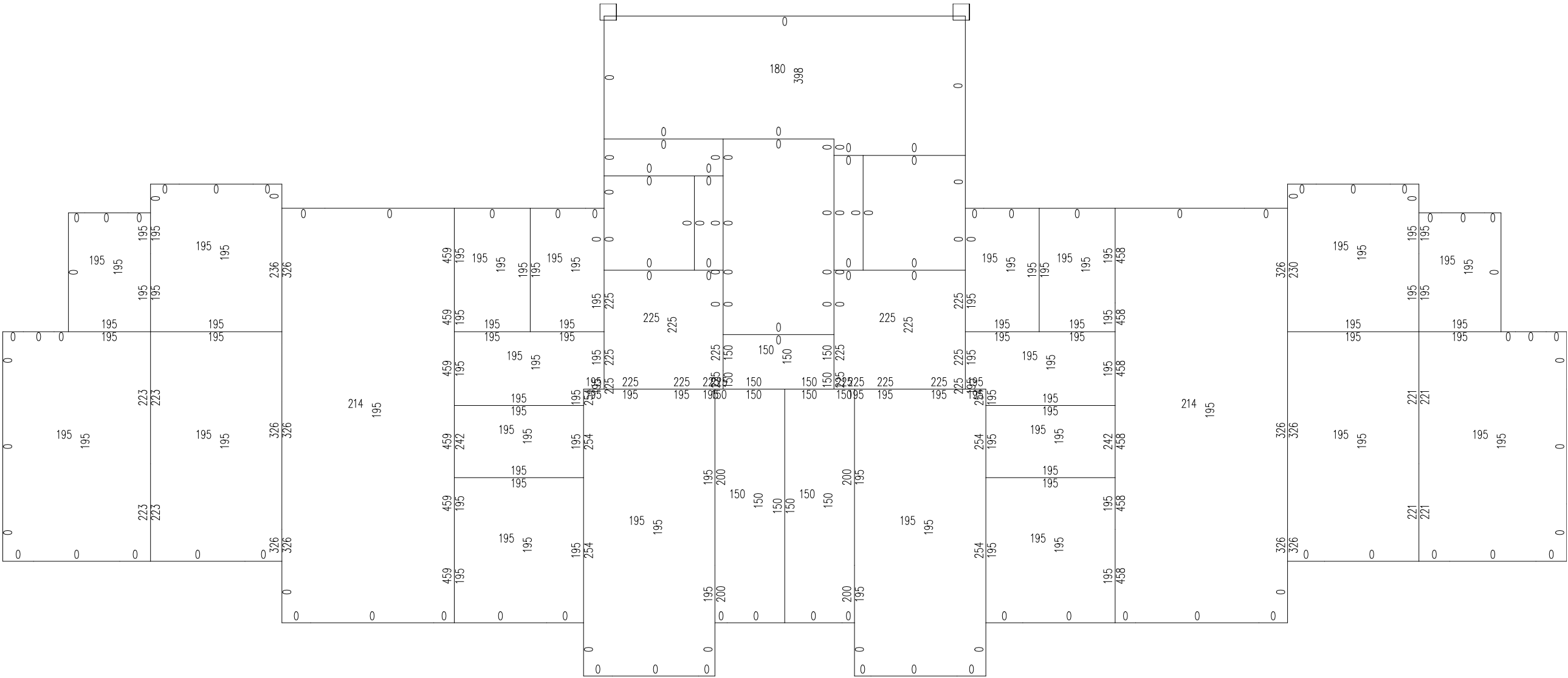
钢筋强度等级：HRB400, 砼强度等级C30

第1层现浇板计算钢筋面积图 （单位: 平方毫米/米）



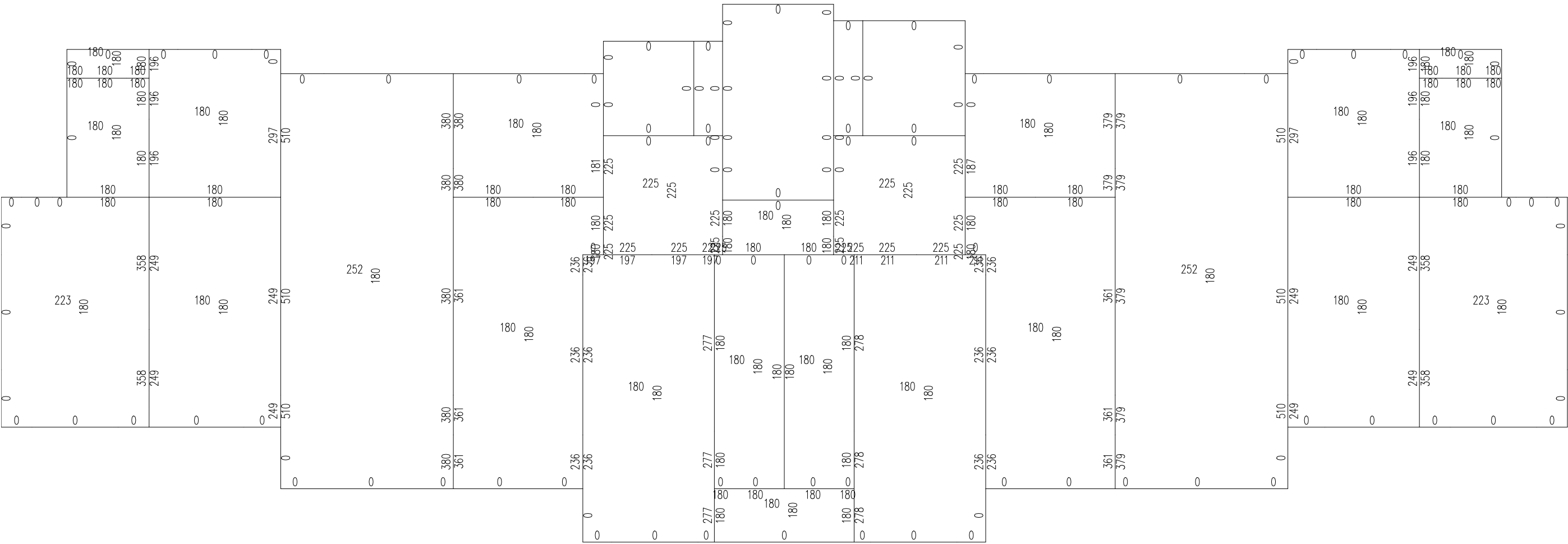
钢筋强度等级:HRB400,砼强度等级C30

第2层现浇板计算钢筋面积图 （单位: 平方毫米/米）



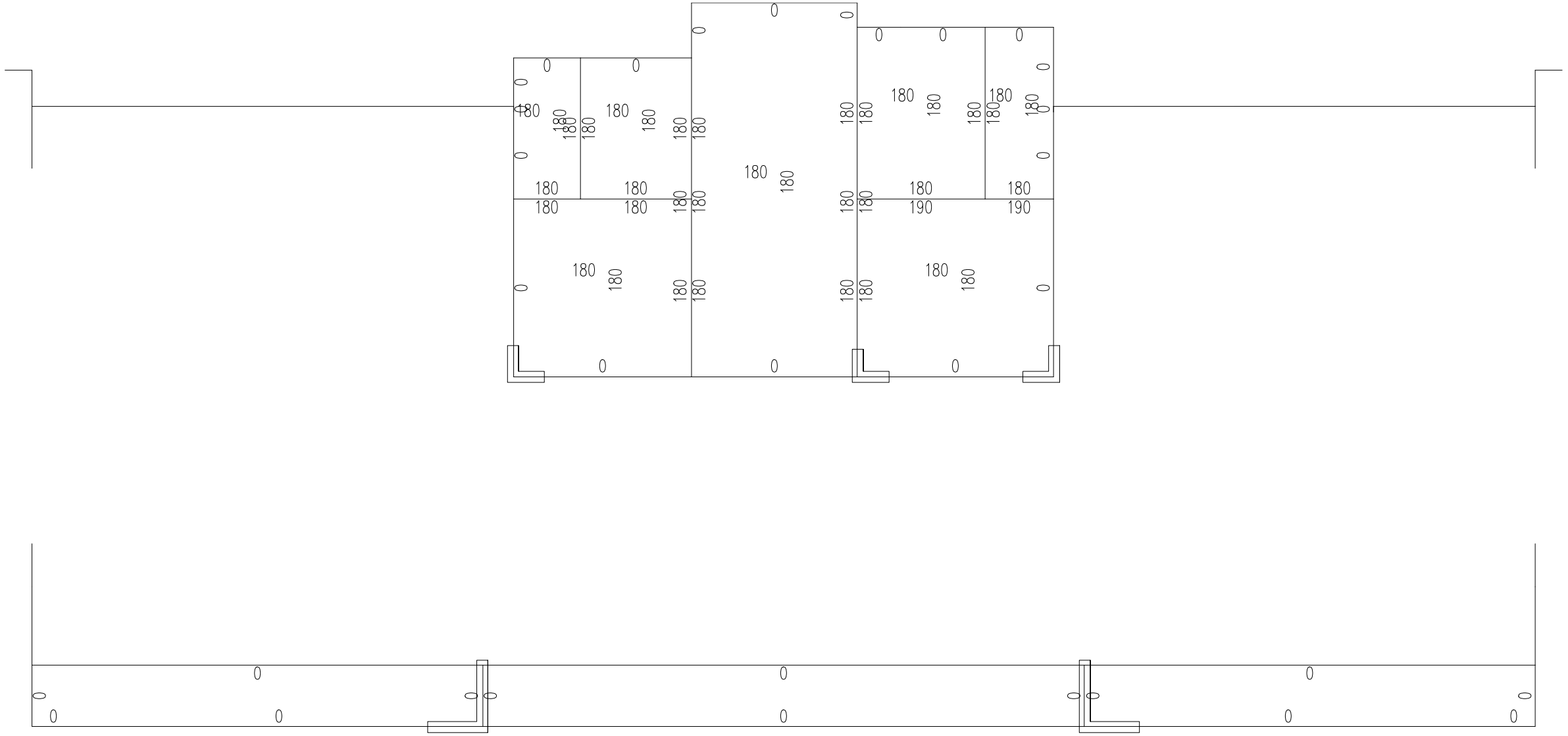
钢筋强度等级: CRB600H, 砼强度等级C30

第3层现浇板计算钢筋面积图 （单位: 平方毫米/米）



钢筋强度等级：CRB600H, 砼强度等级C30

第20层现浇板计算钢筋面积图 （单位: 平方毫米/米）



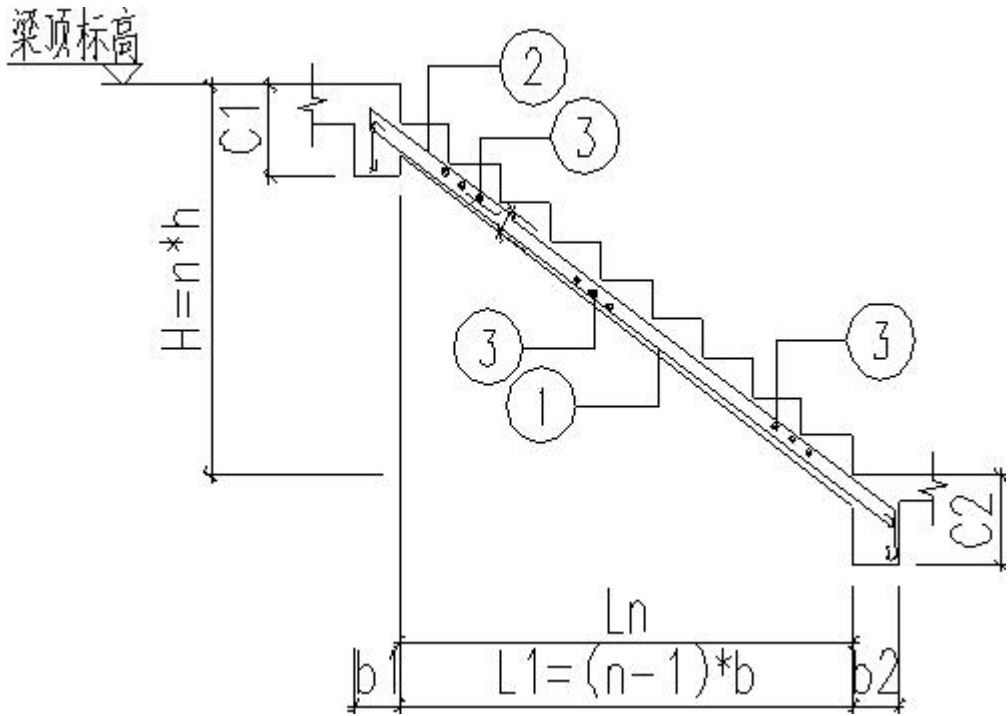
钢筋强度等级: CRB600H, 砼强度等级C30

第21层现浇板计算钢筋面积图 (单位: 平方毫米/米)

第 10 章 楼梯计算

10.1 AT1

一、构件编号:AT1



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:

- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)
- 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

- 楼梯净跨: $L_1 = 1820 \text{ mm}$
- 楼梯高度: $H = 1300 \text{ mm}$
- 梯板厚: $t = 100 \text{ mm}$
- 踏步数: $n = 8(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200 \text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200 \text{ mm}$

3. 荷载标准值:

- 可变荷载: $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$
- 面层荷载: $q_m = 1.50 \text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载: $q_f = 0.20 \text{ kN/m}$

- 永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$
- 可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$
- 准永久值系数: $\psi_Q = 0.40$

4. 材料信息:

- 混凝土强度等级: C30
- $f_c = 14.30 \text{ N/mm}^2$
- $f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2$
- $R_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- $f_{tk} = 2.01 \text{ N/mm}^2$
- $E_c = 3.00 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
- 钢筋强度等级: HRB400
- $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
- $E_s = 2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
- 保护层厚度: $c = 20.0 \text{ mm}$
- $R_s = 20 \text{ kN/m}^3$
- 受拉区纵向钢筋类别: 带肋钢筋
- 梯段板纵筋合力点至近边距离: $a_s = 25.00 \text{ mm}$
- 考虑支座嵌固作用
- 求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$
- 求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$
- 求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$
- 考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程:

1. 楼梯几何参数:

- 踏步高度: $h = 0.1625 \text{ m}$
- 踏步宽度: $b = 0.2600 \text{ m}$
- 计算跨度: $L_0 = L_1 + (b_1 + b_2) / 2 = 1.82 + (0.20 + 0.20) / 2 = 2.02 \text{ m}$
- 梯段板与水平方向夹角余弦值: $\cos \alpha = 0.848$

2. 荷载计算 (取 $B = 1 \text{ m}$ 宽板带):

(1) 梯段板:

- 面层: $g_{km} = (B + B * h / b) * q_m = (1 + 1 * 0.16 / 0.26) * 1.50 = 2.44 \text{ kN/m}$
- 自重: $g_{kt} = R_c * B * (t / \cos \alpha + h / 2) = 25 * 1 * (0.10 / 0.848 + 0.16 / 2) = 4.98 \text{ kN/m}$
- 抹灰: $g_{ks} = R_s * B * c / \cos \alpha = 20 * 1 * 0.02 / 0.848 = 0.47 \text{ kN/m}$
- 恒荷标准值: $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.44 + 4.98 + 0.47 + 0.20 = 8.09 \text{ kN/m}$
- 荷载设计值: $P_n = \gamma_G * P_k + \gamma_Q * \gamma_L * B * q = 1.30 * 8.09 + 1.50 * 1.00 * 1 * 3.50 = 15.77 \text{ kN/m}$

3. 正截面受弯承载力计算:

- 左端支座反力: $R_l = 15.92 \text{ kN}$
- 右端支座反力: $R_r = 15.92 \text{ kN}$
- 最大弯矩截面距左支座的距离: $L_{max} = 1.01 \text{ m}$
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离: $x = 1.01 \text{ m}$
- $M_{max} = R_l * L_{max} - P_n * x^2 / 2$
- $= 15.92 * 1.01 - 15.77 * 1.01^2 / 2$
- $= 8.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{\max}' = \alpha_1 * M_{\max} = 0.80 * 8.04 = 6.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.083455$

$$\text{受拉钢筋面积: } A_s = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.083455 * 1.00 * 14.30 * 1000.00 * 75.00 / 360.00 = 248.63 \text{ mm}^2$$

$$\text{受拉钢筋最小配筋率: } \rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 * 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$$

$$A_s = 248.63 > 0.200\% * 1000.00 * 100.00 = 200.00 \text{ mm}^2, \text{ 受拉钢筋按照计算要求配筋 } A_s = 248.63 \text{ mm}^2$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.016125$

$$\text{支座负筋面积: } A_s' = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.016125 * 1.00 * 14.30 * 1000.00 * 75.00 / 360.00 = 48.04 \text{ mm}^2$$

$$\text{支座负筋最小配筋率: } \rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 * 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$$

$$A_s' = 48.04 < 0.200\% * 1000.00 * 100.00 = 200.00 \text{ mm}^2, \text{ 支座负筋按照构造要求配筋 } A_s' = 200.00 \text{ mm}^2$$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

$$\text{支座负弯矩: } M = (1 - \alpha_1) * M_{\max} = (1 - 0.80) * 6.4328 = 1.2866 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

$$\text{支座负筋 (2、3 号) 计算面积: } A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 200.00 \text{ mm}^2$$

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

1. 1 号钢筋计算结果(跨中)

$$\text{计算面积 } A_s: 248.63 \text{ mm}^2$$

采用方案： $\Phi 8@150$

$$\text{实配面积: } 335 \text{ mm}^2$$

2. 2 号钢筋计算结果(支座)

$$\text{计算面积 } A_s': 200.00 \text{ mm}^2$$

采用方案： $\Phi 8@200$

$$\text{实配面积: } 251 \text{ mm}^2$$

3. 3 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 6@200$

$$\text{实配面积: } 141 \text{ mm}^2$$

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.09 + 0.40 * 3.500) * 2.02^2 / 8 \\ &= 3.872 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$

$$= 3.872 * 10^6 / (0.87 * 75 * 335)$$

$$= 177.070 \text{ N/mm}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\text{矩形截面: } A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 100 = 50000 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$$

$$= 335 / 50000$$

$$= 0.670\%$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi_q = 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$

$$= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 177.070)$$

$$= 0.362$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\alpha_E = E_s / E_c$$

$$= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4)$$

$$= 6.667$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

$$\text{矩形截面, } \gamma_f = 0$$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\rho = A_s / (b * h_0)$$

$$= 335 / (1000 * 75)$$

$$= 0.447\%$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$B_{sq} = E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)}$$

$$= 2.00 * 10^5 * 335 * 75^2 / [1.15 * 0.362 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.447\% / (1 + 3.5 * 0.0)]$$

$$= 4.741 * 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

$$\text{当 } \rho' = 0 \text{ 时, } \theta = 2.0 \quad \text{混规 (7.2.5)}$$

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$B_q = B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)}$$

$$= 4.741 / 2.000 * 10^2$$

$$= 2.370 * 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

4. 计算受弯构件挠度

$$f_{\max k} = 5 * \alpha_3 * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B)$$

$$= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.09 + 0.4 * 3.500) * 2.02^4 / (384 * 2.370 * 10^2)$$

= 5.554 mm

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0=L_0/200=2.02/200=10.100\text{ mm}$

$f_{\max}=5.554\text{mm}\leq f_0=10.100\text{mm}$ ，满足规范要求！

七、裂缝宽度验算：

1. 计算准永久组合弯距值 M_q ：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_2*(M_{gk}+\psi M_{qk}) \\ &= \alpha_2*(q_{gk}+\psi q_{qk})*L_0^2/8 \\ &= 0.80*(8.09+0.40*3.500)*2.02^2/8 \\ &= 3.872\text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i=1.0$

3. $C=20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q/(0.87*h_0*As) \quad \text{混规(7.1.4-3)} \\ &= 3.872*10^6/(0.87*75.00*335) \\ &= 177.070\text{ N/mm} \end{aligned}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\begin{aligned} \text{矩形截面: } A_{te} &= 0.5*b*h = 0.5*1000*100= 50000\text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= As/A_{te} \quad \text{混规(7.1.2-5)} \\ &= 335/50000 \\ &= 0.670\% \end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$ ，所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned} \psi &= 1.1-0.65*f_{tk}/(\rho_{te}*\sigma_{sq}) \quad \text{混规(7.1.2-2)} \\ &= 1.1-0.65*2.01/(1.000\%*177.070) \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$\begin{aligned} n &= 1000/s \\ &= 1000/150 \\ &= 6 \end{aligned}$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

$$\begin{aligned} d_{eq} &= (\sum n_i*d_i^2)/(\sum n_i*V_i*d_i) \\ &= 6*8^2/(6*1.0*8) \\ &= 8 \end{aligned}$$

9. 计算最大裂缝宽度

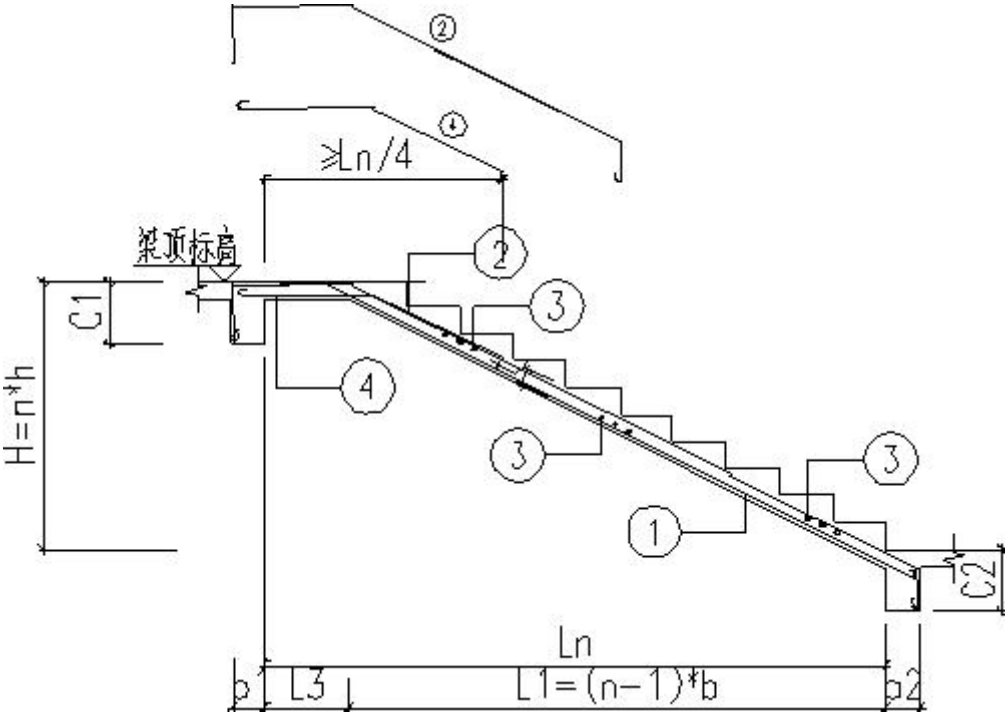
$$\begin{aligned} \omega_{\max} &= \alpha_{cr}*\psi*\sigma_{sq}/E_s*(1.9*C+0.08*d_{eq}/\rho_{te}) \quad \text{混规(7.1.2-1)} \\ &= 1.9*0.362*177.070/2.0*10^5*(1.9*20+0.08*8/1.000\%) \end{aligned}$$

= 0.0621 mm

$\leq 0.30\text{ mm}$ ，满足规范要求

10.2 CT1

一、构件编号:CT1



二、示意图：

三、基本资料：

1. 依据规范：

- 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）
- 《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015年版)
- 《混凝土结构构造手册》（中国建筑工业出版社 第五版）
- 《混凝土结构通用规范》（GB55008-2021）

2. 几何参数：

- 楼梯净跨： $L_1=2080\text{ mm}$ 楼梯高度： $H=1450\text{ mm}$
- 梯板厚： $t=120\text{ mm}$ 踏步数： $n=9(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度： $b_1=200\text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度： $b_2=200\text{ mm}$
- 上平台宽： $L_3=200\text{ mm}$

3. 荷载标准值：

- 可变荷载： $q=3.50\text{ kN/m}^2$ 面层荷载： $q_m=1.50\text{ kN/m}^2$

栏杆荷载：	$q_f = 0.20\text{kN/m}$	
永久荷载分项系数：	$\gamma_G = 1.30$	可变荷载分项系数： $\gamma_Q = 1.50$
可变荷载调整系数：	$\gamma_L = 1.00$	准永久值系数： $\psi_Q = 0.40$
4. 材料信息：		
混凝土强度等级：	C30	$f_c = 14.30\text{ N/mm}^2$
$f_t = 1.43\text{ N/mm}^2$		$R_c=25.0\text{ kN/m}^3$
$f_{tk} = 2.01\text{ N/mm}^2$		$E_c = 3.00 \times 10^4\text{ N/mm}^2$
钢筋强度等级：	HRB400	$f_y = 360\text{ N/mm}^2$
$E_s = 2.00 \times 10^5\text{ N/mm}^2$		
保护层厚度：	$c = 20.0\text{ mm}$	$R_s=20\text{ kN/m}^3$
受拉区纵向钢筋类别：	带肋钢筋	
梯段板纵筋合力点至近边距离：	$a_s = 25.00\text{ mm}$	
考虑支座嵌固作用		
求配筋时弯矩折减	$\alpha_1 = 0.8$	
求裂缝时弯矩折减	$\alpha_2 = 0.8$	
求挠度时弯矩折减	$\alpha_3 = 0.8$	
考虑踏步系数	$\beta = 0.8$	
四、计算过程：		
1. 楼梯几何参数：		
踏步高度：	$h = 0.1611\text{ m}$	
踏步宽度：	$b = 0.2600\text{ m}$	
计算跨度： $L_0 = L_1 + L_3 + (b_1 + b_2)/2 = 2.08 + 0.20 + (0.20 + 0.20)/2 = 2.48\text{ m}$		
梯段板与水平方向夹角余弦值： $\cos \alpha = 0.850$		
2. 荷载计算（取 $B = 1\text{m}$ 宽板带）：		
(1) 梯段板：		
面层： $g_{km} = (B + B \cdot h/b) \cdot q_m = (1 + 1 \cdot 0.16/0.26) \cdot 1.50 = 2.43\text{ kN/m}$		
自重： $g_{kt} = R_c \cdot B \cdot (t/\cos \alpha + h/2) = 25 \cdot 1 \cdot (0.12/0.850 + 0.16/2) = 5.54\text{ kN/m}$		
抹灰： $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c/\cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02/0.850 = 0.47\text{ kN/m}$		
恒荷标准值： $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.43 + 5.54 + 0.47 + 0.20 = 8.64\text{ kN/m}$		
荷载设计值： $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.64 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 16.49\text{ kN/m}$		
(2) 平台板：		
面层： $g_{km}' = B \cdot q_m = 1 \cdot 1.50 = 1.50\text{ kN/m}$		
自重： $g_{kt}' = R_c \cdot B \cdot t = 25 \cdot 1 \cdot 0.12 = 3.00\text{ kN/m}$		
抹灰： $g_{ks}' = R_s \cdot B \cdot c = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 = 0.40\text{ kN/m}$		
恒荷标准值： $P_k' = g_{km}' + g_{kt}' + g_{ks}' + q_f = 1.50 + 3.00 + 0.40 + 0.20 = 5.10\text{ kN/m}$		
荷载设计值： $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 5.10 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 11.88\text{ kN/m}$		
3. 正截面受弯承载力计算：		

左端支座反力： $R_l = 19.14\text{ kN}$

右端支座反力： $R_r = 20.36\text{ kN}$

最大弯矩截面距左支座的距离： $L_{\max} = 1.25\text{ m}$

最大弯矩截面距左边弯折处的距离： $x = 0.95\text{ m}$

$M_{\max} = R_l \cdot L_{\max} - [P_1 \cdot L_3 \cdot (x + L_3/2) + P_n \cdot x^2/2]$
 $= 19.14 \cdot 1.25 - [11.88 \cdot 0.30 \cdot (0.95 + 0.30/2) + 16.49 \cdot 0.95^2/2]$
 $= 12.57\text{ kN} \cdot \text{m}$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$M_{\max}' = \alpha_1 \cdot M_{\max} = 0.80 \cdot 12.57 = 10.06\text{ kN} \cdot \text{m}$

相对受压区高度： $\zeta = 0.081225$

受拉钢筋面积： $A_s = \zeta \cdot \alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.081225 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 306.51\text{ mm}^2$

受拉钢筋最小配筋率： $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t/f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43/360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s = 306.51 > 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00\text{ mm}^2$ ，受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s = 306.51\text{ mm}^2$

相对受压区高度： $\zeta = 0.015709$

支座负筋面积： $A_s' = \zeta \cdot \alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.015709 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 59.28\text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率： $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t/f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43/360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 59.28 < 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00\text{ mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 240.00\text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩： $M = (1 - \alpha_1) \cdot M_{\max} = (1 - 0.80) \cdot 10.0569 = 2.0114\text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00\text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s' = \max(A_s', A_s/3) = 240.00\text{ mm}^2$

结果：(为每米宽板带的配筋)

号钢筋计算结果(跨中)

计算面积 A_s ： 306.51 mm^2

采用方案： $\Phi 8@100$

实配面积： 503 mm^2

号钢筋计算结果(支座)

计算面积 A_s' ： 240.00 mm^2

采用方案： $\Phi 8@200$

实配面积： 251 mm^2

号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 6@150$

实配面积： 188 mm^2

号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 8@100$

实配面积： 503 mm²

六、跨中挠度计算：

Mq ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 Mq：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.64 + 0.40 * 3.500) * 2.48^2 / 8 \\ &= 6.177 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 6.177 * 10^6 / (0.87 * 95 * 503) \\ &= 148.684 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积：A_{te} = 0.5*b*h = 0.5*1000*120= 60000 mm²

$$\begin{aligned} \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 503 / 60000 \\ &= 0.838\% \end{aligned}$$

因为 ρ_{te}<1.000%，所以取 ρ_{te}=1.000%

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned} \psi_q &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 148.684) \\ &= 0.221 \end{aligned}$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\begin{aligned} \alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4) \\ &= 6.667 \end{aligned}$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面，γ_f = 0

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b * h_0) \\ &= 503 / (1000 * 95) \\ &= 0.529\% \end{aligned}$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$\begin{aligned} B_{sq} &= E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)} \\ &= 2.00 * 10^5 * 503 * 95^2 / [1.15 * 0.221 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.529\% / (1 + 3.5 * 0.0)] \\ &= 13.620 * 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \end{aligned}$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 ρ⁻=0 时，θ=2.0 混规 (7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$\begin{aligned} B_q &= B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)} \\ &= 13.620 / 2.000 * 10^2 \\ &= 6.810 * 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \end{aligned}$$

4. 计算受弯构件挠度

$$\begin{aligned} f_{maxk} &= 5 * \alpha_3 * \beta * (q_{gk} + \Psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B) \\ &= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.64 + 0.4 * 3.500) * 2.48^4 / (384 * 6.810 * 10^2) \\ &= 4.649 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. 验算挠度

挠度限值 f₀=L₀/200=2.48/200=12.400 mm

f_{max}=4.649mm≤f₀=12.400mm，满足规范要求！

七、裂缝宽度验算：

1. 计算准永久组合弯距值 Mq：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_2 * (M_{gk} + \Psi M_{qk}) \\ &= \alpha_2 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.64 + 0.40 * 3.500) * 2.48^2 / 8 \\ &= 6.177 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2. 带肋钢筋,所以取值 V₁=1.0

3. C = 20

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 6.177 * 10^6 / (0.87 * 95.00 * 503) \\ &= 148.684 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积：A_{te} = 0.5*b*h = 0.5*1000*120= 60000 mm²

$$\begin{aligned} \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 503 / 60000 \\ &= 0.838\% \end{aligned}$$

因为 ρ_{te}<1.000%，所以取 ρ_{te}=1.000%

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned} \psi &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 148.684) \\ &= 0.221 \end{aligned}$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

n = 1000/s

= 1000/100

= 10

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

$d_{eq} = (\sum n_i * d_i^2) / (\sum n_i * V_i * d_i)$

$= 10 * 8^2 / (10 * 1.0 * 8)$

= 8

9. 计算最大裂缝宽度

$\omega_{max} = \alpha_{ct} * \psi * \sigma_{sq} / E_s * (1.9 * C + 0.08 * d_{eq} / \rho_{te})$ 混规 (7.1.2-1)

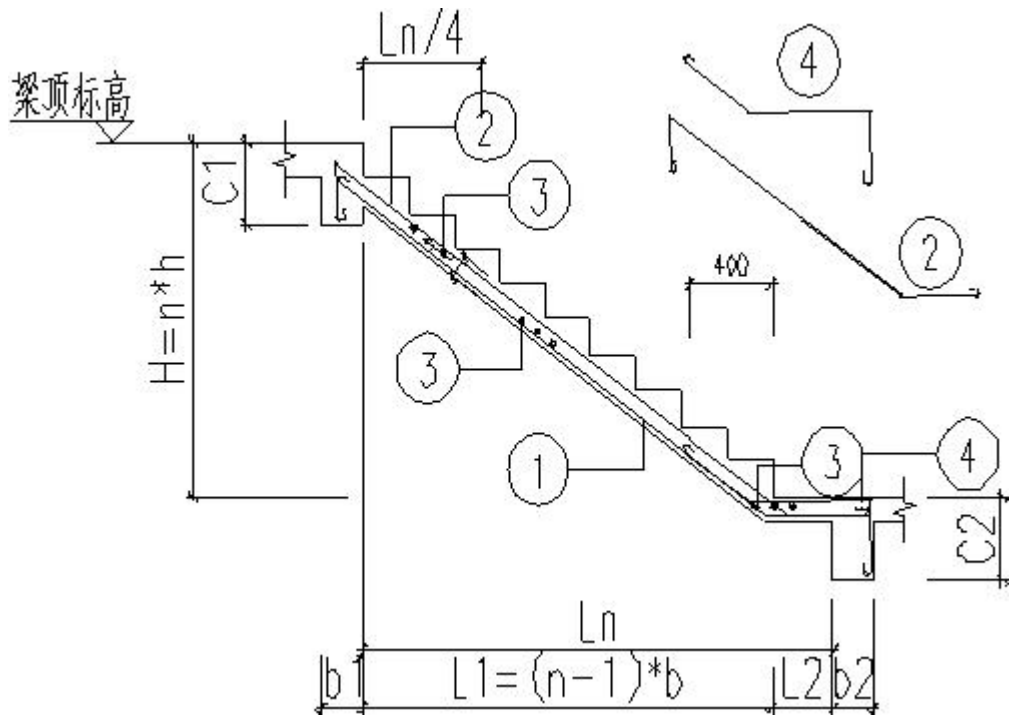
$= 1.9 * 0.221 * 148.684 / 2.0 * 10^5 * (1.9 * 20 + 0.08 * 8 / 1.000\%)$

= 0.0319 mm

≤ 0.30 mm, 满足规范要求

10.3 BT1

一、构件编号:CT1



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:
- 《建筑结构荷载规范》

(GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010(2015 年版)

《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)

《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

楼梯净跨: $L_1 = 2080$ mm

楼梯高度: $H = 1450$ mm

梯板厚: $t = 120$ mm

踏步数: $n = 9$ (阶)

上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200$ mm

下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200$ mm

下平台宽: $L_2 = 200$ mm

3. 荷载标准值:

可变荷载: $q = 3.50$ kN/m²

面层荷载: $q_m = 1.50$ kN/m²

栏杆荷载: $q_f = 0.20$ kN/m

永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$

可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$

可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$

准永久值系数: $\psi_Q = 0.40$

4. 材料信息:

混凝土强度等级: C30

$f_c = 14.30$ N/mm²

$f_t = 1.43$ N/mm²

$R_c = 25.0$ kN/m³

$f_{tk} = 2.01$ N/mm²

$E_c = 3.00 * 10^4$ N/mm²

钢筋强度等级: HRB400

$f_y = 360$ N/mm²

$E_s = 2.00 * 10^5$ N/mm²

保护层厚度: $c = 20.0$ mm

$R_s = 20$ kN/m³

受拉区纵向钢筋类别: 带肋钢筋

梯段板纵筋合力点至近边距离: $a_s = 25.00$ mm

考虑支座嵌固作用

求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$

求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$

求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$

考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程:

1. 楼梯几何参数:

踏步高度: $h = 0.1611$ m

踏步宽度: $b = 0.2600$ m

计算跨度: $L_0 = L_1 + L_2 + (b_1 + b_2) / 2 = 2.08 + 0.20 + (0.20 + 0.20) / 2 = 2.48$ m

梯段板与水平方向夹角余弦值: $\cos \alpha = 0.850$

2. 荷载计算(取 $B = 1$ m 宽板带):

(1) 梯段板:

面层: $g_{km} = (B + B * h / b) * q_m = (1 + 1 * 0.16 / 0.26) * 1.50 = 2.43$ kN/m

自重: $g_{kt} = R_c * B * (t / \cos \alpha + h / 2) = 25 * 1 * (0.12 / 0.850 + 0.16 / 2) = 5.54$ kN/m

抹灰： $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c / \cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 / 0.850 = 0.47 \text{ kN/m}$

恒荷标准值： $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.43 + 5.54 + 0.47 + 0.20 = 8.64 \text{ kN/m}$

荷载设计值： $P_n = \gamma_c \cdot P_k + \gamma_q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.64 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 16.49 \text{ kN/m}$

(2) 平台板：

面层： $g_{km}' = B \cdot q_m = 1 \cdot 1.50 = 1.50 \text{ kN/m}$

自重： $g_{kt}' = R_c \cdot B \cdot t = 25 \cdot 1 \cdot 0.12 = 3.00 \text{ kN/m}$

抹灰： $g_{ks}' = R_s \cdot B \cdot c = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 = 0.40 \text{ kN/m}$

恒荷标准值： $P_k' = g_{km}' + g_{kt}' + g_{ks}' + q_f = 1.50 + 3.00 + 0.40 + 0.20 = 5.10 \text{ kN/m}$

荷载设计值： $P_n = \gamma_c \cdot P_k + \gamma_q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 5.10 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 11.88 \text{ kN/m}$

3. 正截面受弯承载力计算：

左端支座反力： $R_l = 20.36 \text{ kN}$

右端支座反力： $R_r = 19.14 \text{ kN}$

最大弯矩截面距左支座的距离： $L_{max} = 1.23 \text{ m}$

最大弯矩截面距左边弯折处的距离： $x = 1.23 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{max} &= R_l \cdot L_{max} - P_n \cdot x^2 / 2 \\ &= 20.36 \cdot 1.23 - 16.49 \cdot 1.23^2 / 2 \\ &= 12.57 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{max}' = \alpha_1 \cdot M_{max} = 0.80 \cdot 12.57 = 10.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.081225$

受拉钢筋面积： $A_s = \zeta \cdot \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.081225 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 306.51 \text{ mm}^2$

受拉钢筋最小配筋率： $\rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s = 306.51 > 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s = 306.51 \text{ mm}^2$

相对受压区高度： $\zeta = 0.015709$

支座负筋面积： $A_s' = \zeta \cdot \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.015709 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 59.28 \text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率： $\rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 59.28 < 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 240.00 \text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩： $M = (1 - \alpha_1) \cdot M_{max} = (1 - 0.80) \cdot 10.0569 = 2.0114 \text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 240.00 \text{ mm}^2$

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

1.1 号钢筋计算结果(跨中)

计算面积 A_s ：306.51 mm²

采用方案：￠8@100

实配面积：503 mm²

2.2 号钢筋计算结果(支座)

计算面积 A_s' ：240.00 mm²

采用方案：￠8@200

实配面积：251 mm²

3.3 号钢筋计算结果

采用方案：￠6@150

实配面积：188 mm²

4.4 号钢筋计算结果

采用方案：￠8@200

实配面积：251 mm²

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_s \cdot (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_s \cdot (q_{gk} + \psi_q \cdot q_{qk}) \cdot L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 \cdot (8.64 + 0.40 \cdot 3.500) \cdot 2.48^2 / 8 \\ &= 6.177 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 \cdot h_0 \cdot A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 6.177 \cdot 10^6 / (0.87 \cdot 95 \cdot 503) \\ &= 148.684 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\begin{aligned} \text{矩形截面积：} A_{te} &= 0.5 \cdot b \cdot h = 0.5 \cdot 1000 \cdot 120 = 60000 \text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 503 / 60000 \\ &= 0.838\% \end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$ ，所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned} \psi_q &= 1.1 - 0.65 \cdot f_{tk} / (\rho_{te} \cdot \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 \cdot 2.01 / (1.000\% \cdot 148.684) \\ &= 0.221 \end{aligned}$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\begin{aligned} \alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 \cdot 10^5 / (3.00 \cdot 10^4) \\ &= 6.667 \end{aligned}$$

- 5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f
矩形截面， $\gamma_f = 0$
- 6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ
$$\rho = A_s / (b \cdot h_0)$$
$$= 503 / (1000 \cdot 95)$$
$$= 0.529\%$$
- 7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s
$$B_{sq} = E_s \cdot A_s \cdot h_0^2 / [1.15 \cdot \psi_q + 0.2 + 6 \cdot \alpha_E \cdot \rho / (1 + 3.5 \cdot \gamma_f)]$$
 混规 (7.2.3-1)
$$= 2.00 \cdot 10^5 \cdot 503 \cdot 95^2 / [1.15 \cdot 0.221 + 0.2 + 6 \cdot 6.667 \cdot 0.529\% / (1 + 3.5 \cdot 0.0)]$$
$$= 13.620 \cdot 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$
3. 计算受弯构件的长期刚度 B
1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ
当 $\rho = 0$ 时， $\theta = 2.0$ 混规 (7.2.5)
2) 计算受弯构件的长期刚度 B
$$B_q = B_{sq} / \theta$$
 混规 (7.2.2-2)
$$= 13.620 / 2.000 \cdot 10^2$$
$$= 6.810 \cdot 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$
4. 计算受弯构件挠度
$$f_{\max} = 5 \cdot \alpha_3 \cdot \beta \cdot (q_{gk} + \psi_q \cdot q_{qk}) \cdot L_0^4 / (384 \cdot B)$$
$$= 5 \cdot 0.80 \cdot 0.80 \cdot (8.64 + 0.4 \cdot 3.500) \cdot 2.48^4 / (384 \cdot 6.810 \cdot 10^2)$$
$$= 4.649 \text{ mm}$$
6. 验算挠度
挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.48 / 200 = 12.400 \text{ mm}$
 $f_{\max} = 4.649 \text{ mm} \leq f_0 = 12.400 \text{ mm}$ ，满足规范要求！

七、裂缝宽度验算：

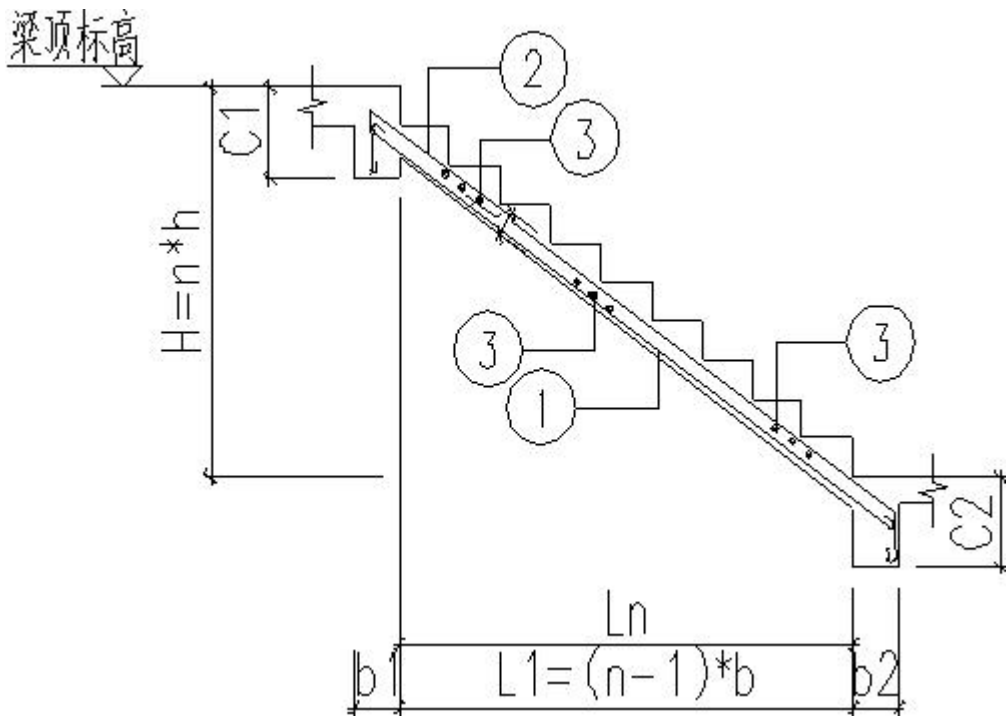
1. 计算准永久组合弯距值 M_q ：
$$M_q = \alpha_2 \cdot (M_{gk} + \psi M_{qk})$$
$$= \alpha_2 \cdot (q_{gk} + \psi q_{qk}) \cdot L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 \cdot (8.64 + 0.40 \cdot 3.500) \cdot 2.48^2 / 8$$
$$= 6.177 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$
3. $C = 20$
4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力
$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 \cdot h_0 \cdot A_s)$$
 混规 (7.1.4-3)
$$= 6.177 \cdot 10^6 / (0.87 \cdot 95.00 \cdot 503)$$
$$= 148.684 \text{ N/mm}$$
5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

- 矩形截面积: $A_{te} = 0.5 \cdot b \cdot h = 0.5 \cdot 1000 \cdot 120 = 60000 \text{ mm}^2$
$$\rho_{te} = A_s / A_{te}$$
 混规 (7.1.2-5)
$$= 503 / 60000$$
$$= 0.838\%$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$ ，所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$
6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ
$$\psi = 1.1 - 0.65 \cdot f_{tk} / (\rho_{te} \cdot \sigma_{sq})$$
 混规 (7.1.2-2)
$$= 1.1 - 0.65 \cdot 2.01 / (1.000\% \cdot 148.684)$$
$$= 0.221$$
7. 计算单位面积钢筋根数 n
$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 100$$
$$= 10$$
8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}
$$d_{eq} = (\sum n_i \cdot d_i^2) / (\sum n_i \cdot V_i \cdot d_i)$$
$$= 10 \cdot 8^2 / (10 \cdot 1.0 \cdot 8)$$
$$= 8$$
9. 计算最大裂缝宽度
$$\omega_{\max} = \alpha_{cr} \cdot \psi \cdot \sigma_{sq} / E_s \cdot (1.9 \cdot C + 0.08 \cdot d_{eq} / \rho_{te})$$
 混规 (7.1.2-1)
$$= 1.9 \cdot 0.221 \cdot 148.684 / 2.0 \cdot 10^5 \cdot (1.9 \cdot 20 + 0.08 \cdot 8 / 1.000\%)$$
$$= 0.0319 \text{ mm}$$
$$\leq 0.30 \text{ mm}$$
，满足规范要求

10.4 AT2

一、构件编号:AT2



二、示意图：

三、基本资料：

1. 依据规范：

- 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）
- 《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》（中国建筑工业出版社 第五版）
- 《混凝土结构通用规范》（GB55008-2021）

2. 几何参数：

- 楼梯净跨： $L_1 = 2080\text{ mm}$
- 楼梯高度： $H = 1450\text{ mm}$
- 梯板厚： $t = 100\text{ mm}$
- 踏步数： $n = 9(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度： $b_1 = 200\text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度： $b_2 = 200\text{ mm}$

3. 荷载标准值：

- 可变荷载： $q = 3.50\text{ kN/m}^2$
- 面层荷载： $q_m = 1.50\text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载： $q_f = 0.20\text{ kN/m}$
- 永久荷载分项系数： $\gamma_G = 1.30$
- 可变荷载分项系数： $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数： $\gamma_L = 1.00$
- 准永久值系数： $\psi_Q = 0.40$

4. 材料信息：

- 混凝土强度等级：C30
- $f_c = 14.30\text{ N/mm}^2$
- $f_t = 1.43\text{ N/mm}^2$
- $R_c = 25.0\text{ kN/m}^3$
- $f_{tk} = 2.01\text{ N/mm}^2$
- $E_c = 3.00 \times 10^4\text{ N/mm}^2$
- 钢筋强度等级：HRB400
- $f_y = 360\text{ N/mm}^2$

- $E_s = 2.00 \times 10^5\text{ N/mm}^2$
- 保护层厚度： $c = 20.0\text{ mm}$
- $R_s = 20\text{ kN/m}^3$
- 受拉区纵向钢筋类别：带肋钢筋
- 梯段板纵筋合力点至近边距离： $a_s = 25.00\text{ mm}$
- 考虑支座嵌固作用
- 求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$
- 求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$
- 求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$
- 考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程：

1. 楼梯几何参数：

- 踏步高度： $h = 0.1611\text{ m}$
- 踏步宽度： $b = 0.2600\text{ m}$
- 计算跨度： $L_0 = L_1 + (b_1 + b_2)/2 = 2.08 + (0.20 + 0.20)/2 = 2.28\text{ m}$
- 梯段板与水平方向夹角余弦值： $\cos \alpha = 0.850$

2. 荷载计算（取 $B = 1\text{ m}$ 宽板带）：

(1) 梯段板：

- 面层： $g_{km} = (B + B \cdot h/b) \cdot q_m = (1 + 1 \cdot 0.16/0.26) \cdot 1.50 = 2.43\text{ kN/m}$
- 自重： $g_{kt} = R_c \cdot B \cdot (t/\cos \alpha + h/2) = 25 \cdot 1 \cdot (0.10/0.850 + 0.16/2) = 4.95\text{ kN/m}$
- 抹灰： $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c/\cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02/0.850 = 0.47\text{ kN/m}$
- 恒荷标准值： $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.43 + 4.95 + 0.47 + 0.20 = 8.06\text{ kN/m}$
- 荷载设计值： $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.06 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 15.72\text{ kN/m}$

3. 正截面受弯承载力计算：

- 左端支座反力： $R_l = 17.92\text{ kN}$
- 右端支座反力： $R_r = 17.92\text{ kN}$
- 最大弯矩截面距左支座的距离： $L_{max} = 1.14\text{ m}$
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离： $x = 1.14\text{ m}$

$$M_{max} = R_l \cdot L_{max} - P_n \cdot x^2/2$$
$$= 17.92 \cdot 1.14 - 15.72 \cdot 1.14^2/2$$
$$= 10.22\text{ kN} \cdot \text{m}$$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{max}' = \alpha_f \cdot M_{max} = 0.80 \cdot 10.22 = 8.17\text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.107367$

$$\text{受拉钢筋面积: } A_s = \zeta \cdot \alpha_f \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.107367 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 75.00 / 360.00 = 319.86\text{ mm}^2$$

$$\text{受拉钢筋最小配筋率: } \rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t/f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43/360.00)\%) = 0.200\%$$

$$A_s = 319.86 > 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 100.00 = 200.00\text{ mm}^2, \text{ 受拉钢筋按照计算要求配筋 } A_s = 319.86\text{ mm}^2$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.020531$

支座负筋面积: $A_s' = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.020531 \times 1.00 \times 14.30 \times 1000.00 \times 75.00 / 360.00 = 61.17 \text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率: $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \times 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 61.17 < 0.200\% \times 1000.00 \times 100.00 = 200.00 \text{ mm}^2$, 支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 200.00 \text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节,板式楼梯考虑支座的嵌固作用时,支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩: $M = (1 - \alpha_1) \times M_{\max} = (1 - 0.80) \times 8.1727 = 1.6345 \text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距: 取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积: $A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 200.00 \text{ mm}^2$

五、计算结果:(为每米宽板带的配筋)

- 1.1号钢筋计算结果(跨中)
- 计算面积 A_s : 319.86 mm²
- 采用方案: ￠8@150
- 实配面积: 335 mm²
- 2.2号钢筋计算结果(支座)
- 计算面积 A_s' : 200.00 mm²
- 采用方案: ￠8@200
- 实配面积: 251 mm²
- 3.3号钢筋计算结果
- 采用方案: ￠6@200
- 实配面积: 141 mm²

六、跨中挠度计算:

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

- 1.计算永久组合弯距值 M_q :
- $$\begin{aligned} M_q &= \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.06 + 0.40 * 3.500) * 2.28^2 / 8 \\ &= 4.915 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$
- 2.计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}
- 1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下,构件纵向受拉钢筋应力
- $$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规(7.1.4-3)} \\ &= 4.915 \times 10^6 / (0.87 \times 75 \times 335) \\ &= 224.788 \text{ N/mm} \end{aligned}$$
- 2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率
- $$\begin{aligned} \text{矩形截面积: } A_{te} &= 0.5 * b * h = 0.5 \times 1000 \times 100 = 50000 \text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规(7.1.2-5)} \\ &= 335 / 50000 \end{aligned}$$

- $$= 0.670\%$$
- 因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$
- 3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ
- $$\begin{aligned} \psi_q &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规(7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 224.788) \\ &= 0.519 \end{aligned}$$
- 4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E
- $$\begin{aligned} \alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 \times 10^5 / (3.00 \times 10^4) \\ &= 6.667 \end{aligned}$$
- 5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f
- 矩形截面, $\gamma_f = 0$
- 6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ
- $$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b * h_0) \\ &= 335 / (1000 * 75) \\ &= 0.447\% \end{aligned}$$
- 7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s
- $$\begin{aligned} B_{sq} &= E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规(7.2.3-1)} \\ &= 2.00 \times 10^5 * 335 * 75^2 / [1.15 * 0.519 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.447\% / (1 + 3.5 * 0)] \\ &= 3.865 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

3.计算受弯构件的长期刚度 B

- 1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ
- 当 $\rho' = 0$ 时, $\theta = 2.0$ 混规(7.2.5)
- 2) 计算受弯构件的长期刚度 B
- $$\begin{aligned} B_q &= B_{sq} / \theta \quad \text{混规(7.2.2-2)} \\ &= 3.865 / 2.000 \times 10^2 \\ &= 1.933 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

4.计算受弯构件挠度

$$\begin{aligned} f_{\max k} &= 5 * \alpha_3 * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B) \\ &= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.06 + 0.4 * 3.500) * 2.28^4 / (384 * 1.933 \times 10^2) \\ &= 11.017 \text{ mm} \end{aligned}$$

6.验算挠度

$$\begin{aligned} \text{挠度限值 } f_0 &= L_0 / 200 = 2.28 / 200 = 11.400 \text{ mm} \\ f_{\max} &= 11.017 \text{ mm} \leq f_0 = 11.400 \text{ mm}, \text{ 满足规范要求!} \end{aligned}$$

七、裂缝宽度验算:

- 1.计算准永久组合弯距值 M_q :
- $$M_q = \alpha_2 * (M_{gk} + \psi M_{qk})$$

$$= \alpha_2 * (q_{gk} + \psi q_{qk}) * L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 * (8.06 + 0.40 * 3.500) * 2.28^2 / 8$$
$$= 4.915 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_1=1.0$

3. $C = 20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = Mq / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 4.915 * 10^6 / (0.87 * 75.00 * 335)$$
$$= 224.788 \text{ N/mm}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\text{矩形截面积: } A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 100 = 50000 \text{ mm}^2$$
$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$$
$$= 335 / 50000$$
$$= 0.670\%$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi = 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 224.788)$$
$$= 0.519$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 150$$
$$= 6$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

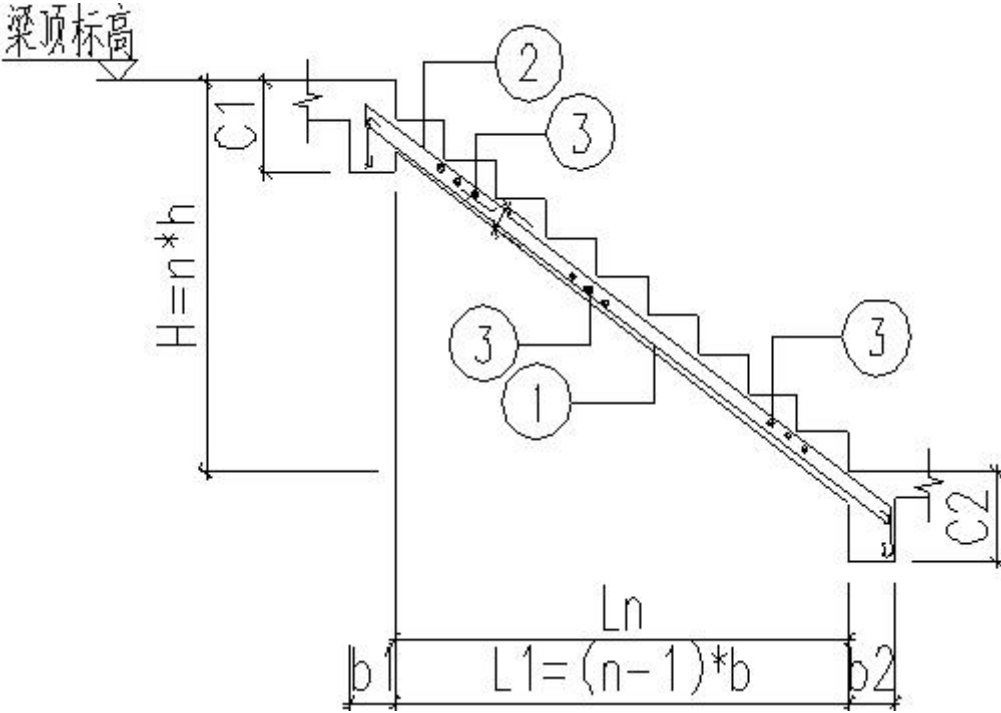
$$d_{eq} = (\sum n_i * d_i^2) / (\sum n_i * V_i * d_i)$$
$$= 6 * 8^2 / (6 * 1.0 * 8)$$
$$= 8$$

9. 计算最大裂缝宽度

$$\omega_{max} = \alpha_{cr} * \psi * \sigma_{sq} / E_s * (1.9 * C + 0.08 * d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)}$$
$$= 1.9 * 0.519 * 224.788 / 2.0 * 10^5 * (1.9 * 20 + 0.08 * 8 / 1.000\%)$$
$$= 0.1130 \text{ mm}$$
$$\leq 0.30 \text{ mm, 满足规范要求}$$

10.5 AT3

一、构件编号:AT3



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:

- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)
- 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

- 楼梯净跨: $L_1 = 2080 \text{ mm}$ 楼梯高度: $H = 1525 \text{ mm}$
- 梯板厚: $t = 100 \text{ mm}$ 踏步数: $n = 9(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200 \text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200 \text{ mm}$

3. 荷载标准值:

- 可变荷载: $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$ 面层荷载: $q_m = 1.50 \text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载: $q_f = 0.20 \text{ kN/m}$
- 永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$ 可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$ 准永久值系数: $\psi_Q = 0.40$

4. 材料信息:

- 混凝土强度等级: C30 $f_c = 14.30 \text{ N/mm}^2$

$f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2$	$R_c=25.0 \text{ kN/m}^3$
$f_{tk} = 2.01 \text{ N/mm}^2$	$E_c = 3.00*10^4 \text{ N/mm}^2$
钢筋强度等级：HRB400	$f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
$E_s = 2.00*10^5 \text{ N/mm}^2$	
保护层厚度：c = 20.0 mm	$R_s=20 \text{ kN/m}^3$
受拉区纵向钢筋类别：带肋钢筋	
梯段板纵筋合力点至近边距离：a _s = 25.00 mm	
考虑支座嵌固作用	
求配筋时弯矩折减 α ₁ = 0.8	
求裂缝时弯矩折减 α ₂ = 0.8	
求挠度时弯矩折减 α ₃ = 0.8	
考虑踏步系数 β = 0.8	

四、计算过程：

1. 楼梯几何参数：
- 踏步高度：h = 0.1694 m
- 踏步宽度：b = 0.2600 m
- 计算跨度：L₀ = L₁ + (b₁ + b₂)/2 = 2.08 + (0.20 + 0.20)/2 = 2.28 m
- 梯段板与水平方向夹角余弦值：cos α = 0.838
2. 荷载计算（取 B = 1m 宽板带）：
- (1) 梯段板：
- 面层：g_{km} = (B + B*h/b)*q_m = (1 + 1*0.17/0.26)*1.50 = 2.48 kN/m
- 自重：g_{kt} = R_c*B*(t/cos α + h/2) = 25*1*(0.10/0.838 + 0.17/2) = 5.10 kN/m
- 抹灰：g_{ks} = R_s*B*c/cos α = 20*1*0.02/0.838 = 0.48 kN/m
- 恒荷标准值：P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.48 + 5.10 + 0.48 + 0.20 = 8.26 kN/m
- 荷载设计值：P_n = γ_c*P_k + γ_q*γ_L*B*q = 1.30*8.26 + 1.50*1.00*1*3.50 = 15.98 kN/m
3. 正截面受弯承载力计算：
- 左端支座反力：R_l = 18.22 kN
- 右端支座反力：R_r = 18.22 kN
- 最大弯矩截面距左支座的距离：L_{max} = 1.14 m
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离：x = 1.14 m
- M_{max} = R_l*L_{max} - P_n*x²/2
- = 18.22*1.14 - 15.98*1.14²/2
- = 10.39 kN·m
- 考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：
- M_{max}' = α₁*M_{max} = 0.80*10.39 = 8.31 kN·m
- 相对受压区高度：ζ = 0.109271
- 受拉钢筋面积：A_s = ζ α₁f_cbh₀/f_y = 0.109271*1.00*14.30*1000.00*75.00/360.00=325.54 mm²

受拉钢筋最小配筋率：ρ_{min}=max (0.20%， (45f_t/f_y)%)=max (0.20%， (45*1.43/360.00)%)=0.200%

A_s=325.54>0.200%*1000.00*100.00=200.00mm²，受拉钢筋按照计算要求配筋 A_s=325.54mm²

相对受压区高度：ζ = 0.020878

支座负筋面积：A_s'=ζ α₁f_cbh₀/f_y = 0.020878*1.00*14.30*1000.00*75.00/360.00=62.20 mm²

支座负筋最小配筋率：ρ_{min}=max (0.20%， (45f_t/f_y)%)=max (0.20%， (45*1.43/360.00)%)=0.200%

A_s'=62.20<0.200%*1000.00*100.00=200.00mm²，支座负筋按照构造要求配筋 A_s'=200.00mm²

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩：M=(1-α₁)*M_{max}=(1-0.80)*8.3093=1.6619kN·m

支座负筋合力点边距：取 a·s=as=25.00mm

支座负筋(2、3号)计算面积：A_s'=max(A_s'， A_s/3)= 200.00 mm²

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

- 1.1 号钢筋计算结果(跨中)
- 计算面积 A_s： 325.54 mm²
- 采用方案： ￠8@130
- 实配面积： 387 mm²
- 2.2 号钢筋计算结果(支座)
- 计算面积 A_s'： 200.00 mm²
- 采用方案： ￠8@200
- 实配面积： 251 mm²
- 3.3 号钢筋计算结果
- 采用方案： ￠6@200
- 实配面积： 141 mm²

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q：

M_q = α₃*(M_{gk}+M_{qk})

= α₃*(q_{gk} + ψ_q*q_{qk})*L₀²/8

= 0.80*(8.26 + 0.40*3.500)*2.28²/8

= 5.020 kN*m

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

σ_{sq} = M_q/(0.87*h₀*A_s) 混规(7.1.4-3)

= 5.020*10⁶/(0.87*75*387)

= 198.980 N/mm

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 100 = 50000 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 387 / 50000 \\ &= 0.773\%\end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned}\psi_q &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 198.980) \\ &= 0.443\end{aligned}$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\begin{aligned}\alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4) \\ &= 6.667\end{aligned}$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面, $\gamma_f = 0$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\begin{aligned}\rho &= A_s / (b * h_0) \\ &= 387 / (1000 * 75) \\ &= 0.516\%\end{aligned}$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$\begin{aligned}B_{sq} &= E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)} \\ &= 2.00 * 10^5 * 387 * 75^2 / [1.15 * 0.443 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.516\% / (1 + 3.5 * 0.0)] \\ &= 4.748 * 10^2 \text{ kN} * \text{m}^2\end{aligned}$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 $\rho' = 0$ 时, $\theta = 2.0$ 混规 (7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$\begin{aligned}B_q &= B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)} \\ &= 4.748 / 2.000 * 10^2 \\ &= 2.374 * 10^2 \text{ kN} * \text{m}^2\end{aligned}$$

4. 计算受弯构件挠度

$$\begin{aligned}f_{max} &= 5 * \alpha_s * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B) \\ &= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.26 + 0.4 * 3.500) * 2.28^4 / (384 * 2.374 * 10^2) \\ &= 9.160 \text{ mm}\end{aligned}$$

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.28 / 200 = 11.400 \text{ mm}$

$f_{max} = 9.160 \text{ mm} \leq f_0 = 11.400 \text{ mm}$, 满足规范要求!

七、裂缝宽度验算:

1. 计算准永久组合弯距值 M_q :

$$\begin{aligned}M_q &= \alpha_s * (M_{gk} + \psi M_{qk}) \\ &= \alpha_s * (q_{gk} + \psi q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.26 + 0.40 * 3.500) * 2.28^2 / 8 \\ &= 5.020 \text{ kN} * \text{m}\end{aligned}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$

3. $C = 20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned}\sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 5.020 * 10^6 / (0.87 * 75.00 * 387) \\ &= 198.980 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 100 = 50000 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 387 / 50000 \\ &= 0.773\%\end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned}\psi &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 198.980) \\ &= 0.443\end{aligned}$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$\begin{aligned}n &= 1000 / s \\ &= 1000 / 130 \\ &= 7\end{aligned}$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

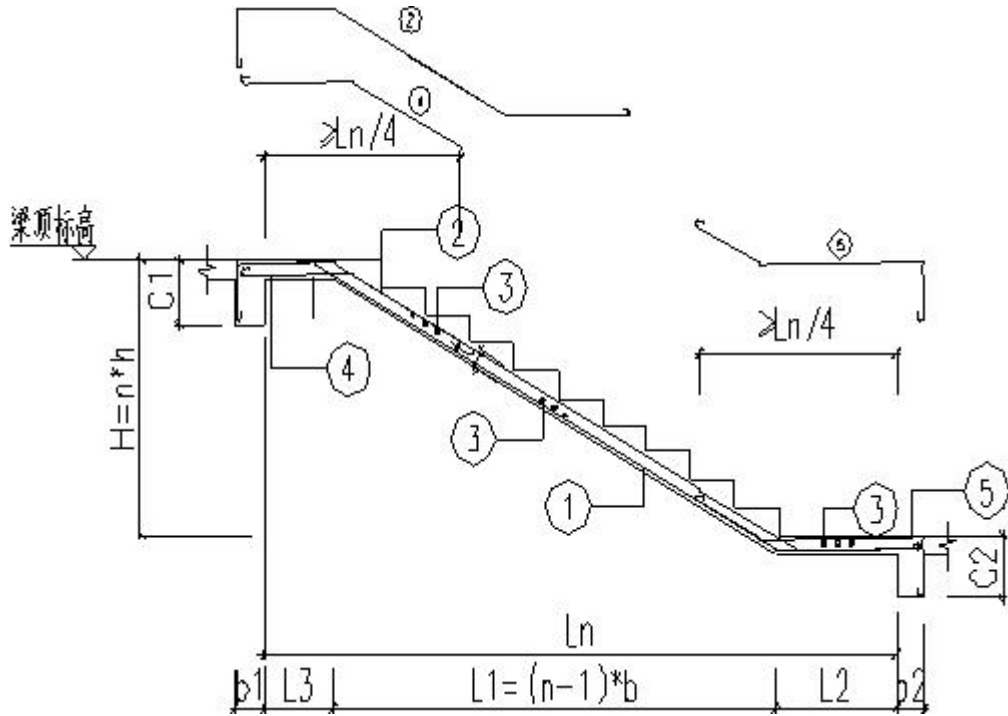
$$\begin{aligned}d_{eq} &= (\sum n_i * d_i^2) / (\sum n_i * V_i * d_i) \\ &= 7 * 8^2 / (7 * 1.0 * 8) \\ &= 8\end{aligned}$$

9. 计算最大裂缝宽度

$$\begin{aligned}\omega_{max} &= \alpha_{cr} * \psi * \sigma_{sq} / E_s * (1.9 * C + 0.08 * d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)} \\ &= 1.9 * 0.443 * 198.980 / 2.0 * 10^5 * (1.9 * 20 + 0.08 * 8 / 1.000\%) \\ &= 0.0855 \text{ mm} \\ &\leq 0.30 \text{ mm}, \text{ 满足规范要求}\end{aligned}$$

10.6 DT1

一、构件编号:DT1



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:

- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)
- 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

- 楼梯净跨: $L_1 = 1820\text{ mm}$
- 楼梯高度: $H = 1290\text{ mm}$
- 梯板厚: $t = 120\text{ mm}$
- 踏步数: $n = 8(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200\text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200\text{ mm}$
- 下平台宽: $L_2 = 620\text{ mm}$
- 上平台宽: $L_3 = 260\text{ mm}$

3. 荷载标准值:

- 可变荷载: $q = 3.50\text{ kN/m}^2$
- 面层荷载: $q_m = 1.50\text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载: $q_f = 0.20\text{ kN/m}$
- 永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$
- 可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$
- 准永久值系数: $\psi_q = 0.40$

4. 材料信息:

- 混凝土强度等级: C30
- $f_c = 14.30\text{ N/mm}^2$
- $f_t = 1.43\text{ N/mm}^2$
- $R_c = 25.0\text{ kN/m}^3$
- $f_{tk} = 2.01\text{ N/mm}^2$
- $E_c = 3.00 \times 10^4\text{ N/mm}^2$
- 钢筋强度等级: HRB400
- $f_y = 360\text{ N/mm}^2$
- $E_s = 2.00 \times 10^5\text{ N/mm}^2$
- 保护层厚度: $c = 20.0\text{ mm}$
- $R_s = 20\text{ kN/m}^3$
- 受拉区纵向钢筋类别: 带肋钢筋
- 梯段板纵筋合力点至近边距离: $a_s = 25.00\text{ mm}$
- 考虑支座嵌固作用
- 求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$
- 求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$
- 求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$
- 考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程:

1. 楼梯几何参数:

- 踏步高度: $h = 0.1613\text{ m}$
- 踏步宽度: $b = 0.2600\text{ m}$
- 计算跨度: $L_0 = L_1 + L_2 + L_3 + (b_1 + b_2)/2 = 1.82 + 0.62 + 0.26 + (0.20 + 0.20)/2 = 2.90\text{ m}$
- 梯段板与水平方向夹角余弦值: $\cos \alpha = 0.850$

2. 荷载计算(取 $B = 1\text{ m}$ 宽板带):

(1) 梯段板:

- 面层: $g_{km} = (B + B \cdot h/b) \cdot q_m = (1 + 1 \cdot 0.16/0.26) \cdot 1.50 = 2.43\text{ kN/m}$
- 自重: $g_{kt} = R_c \cdot B \cdot (t/\cos \alpha + h/2) = 25 \cdot 1 \cdot (0.12/0.850 + 0.16/2) = 5.55\text{ kN/m}$
- 抹灰: $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c/\cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02/0.850 = 0.47\text{ kN/m}$
- 恒荷标准值: $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.43 + 5.55 + 0.47 + 0.20 = 8.65\text{ kN/m}$
- 荷载设计值: $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.65 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 16.49\text{ kN/m}$

(2) 平台板:

- 面层: $g_{km}' = B \cdot q_m = 1 \cdot 1.50 = 1.50\text{ kN/m}$
- 自重: $g_{kt}' = R_c \cdot B \cdot t = 25 \cdot 1 \cdot 0.12 = 3.00\text{ kN/m}$
- 抹灰: $g_{ks}' = R_s \cdot B \cdot c = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 = 0.40\text{ kN/m}$
- 恒荷标准值: $P_k' = g_{km}' + g_{kt}' + g_{ks}' + q_f = 1.50 + 3.00 + 0.40 + 0.20 = 5.10\text{ kN/m}$
- 荷载设计值: $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 5.10 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 11.88\text{ kN/m}$

3. 正截面受弯承载力计算:

- 左端支座反力: $R_l = 21.94\text{ kN}$
- 右端支座反力: $R_r = 20.90\text{ kN}$
- 最大弯矩截面距左支座的距离: $L_{max} = 1.43\text{ m}$
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离: $x = 1.07\text{ m}$

$$M_{\max} = R_1 * L_{\max} - [P_1 * L_3 * (x + L_3 / 2) + P_n * x^2 / 2]$$
$$= 21.94 * 1.43 - [11.88 * 0.36 * (1.07 + 0.36 / 2) + 16.49 * 1.07^2 / 2]$$
$$= 16.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{\max}' = \alpha_1 * M_{\max} = 0.80 * 16.59 = 13.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.108764$

受拉钢筋面积： $A_s = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.108764 * 1.00 * 14.30 * 1000.00 * 95.00 / 360.00 = 410.43 \text{ mm}^2$

受拉钢筋最小配筋率： $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 * 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s = 410.43 > 0.200\% * 1000.00 * 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s = 410.43 \text{ mm}^2$

相对受压区高度： $\zeta = 0.020786$

支座负筋面积： $A_s' = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.020786 * 1.00 * 14.30 * 1000.00 * 95.00 / 360.00 = 78.44 \text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率： $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 * 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 78.44 < 0.200\% * 1000.00 * 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 240.00 \text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩： $M = (1 - \alpha_1) * M_{\max} = (1 - 0.80) * 13.2735 = 2.6547 \text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 240.00 \text{ mm}^2$

五、计算结果：(为每米宽板带的配筋)

1.1 号钢筋计算结果(跨中)

计算面积 A_s ：410.43 mm²

采用方案： $\Phi 10@100$

实配面积：785 mm²

2.2 号钢筋计算结果(支座)

计算面积 A_s' ：240.00 mm²

采用方案： $\Phi 8@200$

实配面积：251 mm²

3.3 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 6@150$

实配面积：188 mm²

4.4 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 10@100$

实配面积：785 mm²

5.5 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 8@200$

实配面积：251 mm²

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：

$$M_q = \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk})$$
$$= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 * (8.65 + 0.40 * 3.500) * 2.90^2 / 8$$
$$= 8.449 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 8.449 * 10^6 / (0.87 * 95 * 785)$$
$$= 130.163 \text{ N/mm}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面： $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2$

$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$

$= 785 / 60000$

$= 1.309\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi_q = 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.309\% * 130.163)$$
$$= 0.333$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\alpha_E = E_s / E_c$$
$$= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4)$$
$$= 6.667$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面， $\gamma_f = 0$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\rho = A_s / (b * h_0)$$
$$= 785 / (1000 * 95)$$
$$= 0.827\%$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$B_{sq} = E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)}$$
$$= 2.00 * 10^5 * 785 * 95^2 / [1.15 * 0.333 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.827\% / (1 + 3.5 * 0.0)]$$
$$= 15.513 * 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 $\rho' = 0$ 时, $\theta = 2.0$ 混规 (7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$B_q = B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)}$$
$$= 15.513 / 2.000 \times 10^2$$
$$= 7.756 \times 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

4. 计算受弯构件挠度

$$f_{\max} = 5 \times \alpha_s \times \beta \times (q_{gk} + \Psi_q \times q_{qk}) \times L_0^4 / (384 \times B)$$
$$= 5 \times 0.80 \times 0.80 \times (8.65 + 0.4 \times 3.500) \times 2.90^4 / (384 \times 7.756 \times 10^2)$$
$$= 7.635 \text{ mm}$$

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.90 / 200 = 14.500 \text{ mm}$

$f_{\max} = 7.635 \text{ mm} \leq f_0 = 14.500 \text{ mm}$, 满足规范要求!

七、裂缝宽度验算:

1. 计算准永久组合弯距值 M_q :

$$M_q = \alpha_s \times (M_{gk} + \Psi M_{qk})$$
$$= \alpha_s \times (q_{gk} + \Psi q_{qk}) \times L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 \times (8.65 + 0.40 \times 3.500) \times 2.90^2 / 8$$
$$= 8.449 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$

3. $C = 20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 \times h_0 \times A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 8.449 \times 10^6 / (0.87 \times 95.00 \times 785)$$
$$= 130.163 \text{ N/mm}^2$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 \times b \times h = 0.5 \times 1000 \times 120 = 60000 \text{ mm}^2$

$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$$
$$= 785 / 60000$$
$$= 1.309\%$$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi = 1.1 - 0.65 \times f_{tk} / (\rho_{te} \times \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 \times 2.01 / (1.309\% \times 130.163)$$
$$= 0.333$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 100$$
$$= 10$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

$$d_{eq} = (\sum n_i \times d_i^2) / (\sum n_i \times V_i \times d_i)$$
$$= 10 \times 10^2 / (10 \times 1.0 \times 10)$$
$$= 10$$

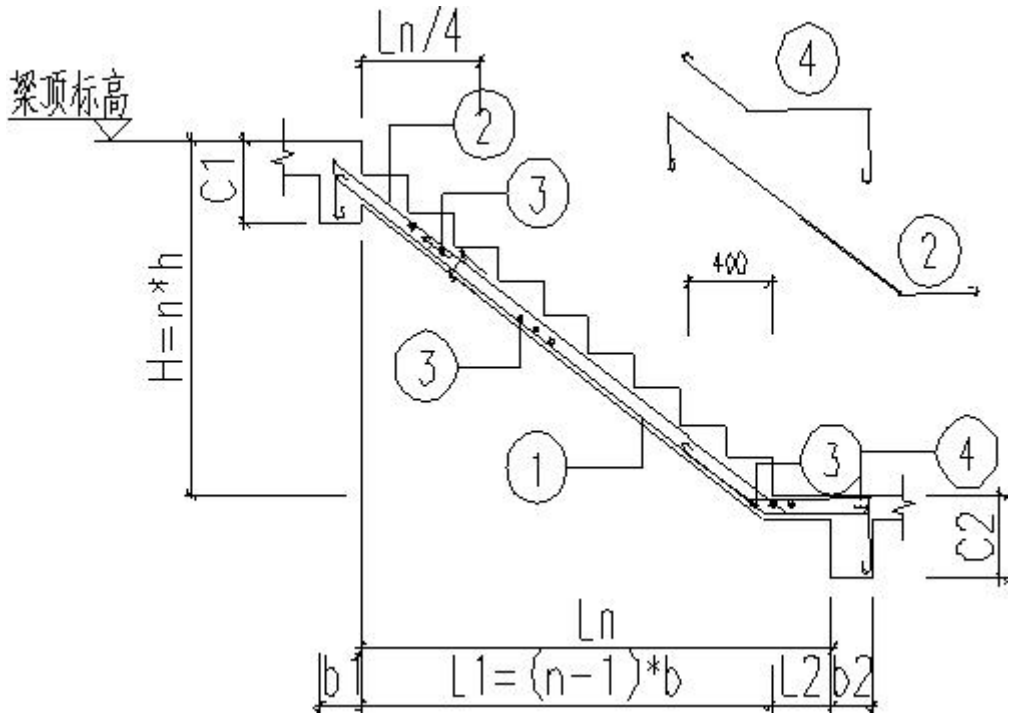
9. 计算最大裂缝宽度

$$\omega_{\max} = \alpha_{cr} \times \psi \times \sigma_{sq} / E_s \times (1.9 \times C + 0.08 \times d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)}$$
$$= 1.9 \times 0.333 \times 130.163 / 2.0 \times 10^5 \times (1.9 \times 20 + 0.08 \times 10 / 1.309\%)$$
$$= 0.0408 \text{ mm}$$

$\leq 0.30 \text{ mm}$, 满足规范要求

10.7 BT2

一、构件编号:BT2



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:
- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
 - 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010 (2015 年版)
 - 《混凝土结构构造手册》 (中国建筑工业出版社 第五版)
 - 《混凝土结构通用规范》 (GB55008-2021)
2. 几何参数:

楼梯净跨： $L_1 = 2340\text{ mm}$	楼梯高度： $H = 1610\text{ mm}$
梯板厚： $t = 120\text{ mm}$	踏步数： $n = 10$ (阶)
上平台楼梯梁宽度： $b_1 = 200\text{ mm}$	
下平台楼梯梁宽度： $b_2 = 200\text{ mm}$	
下平台宽： $L_2 = 90\text{ mm}$	
3. 荷载标准值：	
可变荷载： $q = 3.50\text{kN/m}^2$	面层荷载： $q_m = 1.50\text{kN/m}^2$
栏杆荷载： $q_r = 0.20\text{kN/m}$	
永久荷载分项系数： $\gamma_G = 1.30$	可变荷载分项系数： $\gamma_Q = 1.50$
可变荷载调整系数： $\gamma_L = 1.00$	准永久值系数： $\psi_Q = 0.40$
4. 材料信息：	
混凝土强度等级：C30	$f_c = 14.30\text{ N/mm}^2$
$f_t = 1.43\text{ N/mm}^2$	$R_c=25.0\text{ kN/m}^3$
$f_{tk} = 2.01\text{ N/mm}^2$	$E_c = 3.00*10^4\text{ N/mm}^2$
钢筋强度等级：HRB400	$f_y = 360\text{ N/mm}^2$
$E_s = 2.00*10^5\text{ N/mm}^2$	
保护层厚度： $c = 20.0\text{ mm}$	$R_s=20\text{ kN/m}^3$
受拉区纵向钢筋类别：带肋钢筋	
梯段板纵筋合力点至近边距离： $a_s = 25.00\text{ mm}$	
考虑支座嵌固作用	
求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$	
求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$	
求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$	
考虑踏步系数 $\beta = 0.8$	

四、计算过程：

1. 楼梯几何参数：
- 踏步高度： $h = 0.1610\text{ m}$
- 踏步宽度： $b = 0.2600\text{ m}$
- 计算跨度： $L_0 = L_1+L_2+(b_1+b_2)/2 = 2.34+0.09+(0.20+0.20)/2 = 2.63\text{ m}$
- 梯段板与水平方向夹角余弦值： $\cos\alpha = 0.850$
2. 荷载计算（取 $B = 1\text{m}$ 宽板带）：
- (1) 梯段板：
- 面层： $g_{km} = (B+B*h/b)*q_m = (1+1*0.16/0.26)*1.50 = 2.43\text{ kN/m}$
- 自重： $g_{kt} = R_c*B*(t/\cos\alpha+h/2) = 25*1*(0.12/0.850+0.16/2) = 5.54\text{ kN/m}$
- 抹灰： $g_{ks} = R_s*B*c/\cos\alpha = 20*1*0.02/0.850 = 0.47\text{ kN/m}$
- 恒荷标准值： $P_k = g_{km}+g_{kt}+g_{ks}+q_f = 2.43+5.54+0.47+0.20 = 8.64\text{ kN/m}$
- 荷载设计值： $P_n = \gamma_G*P_k+\gamma_Q*\gamma_L*B*q = 1.30*8.64+1.50*1.00*1*3.50 = 16.48\text{ kN/m}$

- (2) 平台板：
- 面层： $g_{km}' = B*q_m = 1*1.50 = 1.50\text{ kN/m}$
- 自重： $g_{kt}' = R_c*B*t = 25*1*0.12 = 3.00\text{ kN/m}$
- 抹灰： $g_{ks}' = R_s*B*c = 20*1*0.02 = 0.40\text{ kN/m}$
- 恒荷标准值： $P_k' = g_{km}'+g_{kt}'+g_{ks}'+q_f = 1.50+3.00+0.40+0.20 = 5.10\text{ kN/m}$
- 荷载设计值： $P_n = \gamma_G*P_k+\gamma_Q*\gamma_L*B*q = 1.30*5.10+1.50*1.00*1*3.50 = 11.88\text{ kN/m}$
3. 正截面受弯承载力计算：
- 左端支座反力： $R_l = 21.64\text{ kN}$
- 右端支座反力： $R_r = 20.83\text{ kN}$
- 最大弯矩截面距左支座的距离： $L_{max} = 1.31\text{ m}$
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离： $x = 1.31\text{ m}$
- $M_{max} = R_l*L_{max}-P_n*x^2/2$
- $= 21.64*1.31-16.48*1.31^2/2$
- $= 14.21\text{ kN}\cdot\text{m}$
- 考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：
- $M_{max}' = \alpha_1*M_{max} = 0.80*14.21 = 11.37\text{ kN}\cdot\text{m}$
- 相对受压区高度： $\zeta = 0.092346$
- 受拉钢筋面积： $A_s=\zeta\alpha_1f_cbh_0/f_y = 0.092346*1.00*14.30*1000.00*95.00/360.00=348.48\text{ mm}^2$
- 受拉钢筋最小配筋率： $\rho_{min}=\max(0.20\%, (45f_t/f_y)\%)=\max(0.20\%, (45*1.43/360.00)\%)=0.200\%$
- $A_s=348.48>0.200\%*1000.00*120.00=240.00\text{mm}^2$ ，受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s=348.48\text{mm}^2$
- 相对受压区高度： $\zeta = 0.017774$
- 支座负筋面积： $A_s'=\zeta\alpha_1f_cbh_0/f_y = 0.017774*1.00*14.30*1000.00*95.00/360.00=67.07\text{ mm}^2$
- 支座负筋最小配筋率： $\rho_{min}=\max(0.20\%, (45f_t/f_y)\%)=\max(0.20\%, (45*1.43/360.00)\%)=0.200\%$
- $A_s'=67.07<0.200\%*1000.00*120.00=240.00\text{mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s'=240.00\text{mm}^2$
- 根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。
- 故通过计算确定支座负筋面积
- 支座负弯矩： $M=(1-\alpha_1)*M_{max}=(1-0.80)*11.3676=2.2735\text{kN}\cdot\text{m}$
- 支座负筋合力点边距：取 $a_s=as=25.00\text{mm}$
- 支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s'=\max(A_s', A_s/3)=240.00\text{ mm}^2$

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

1. 1号钢筋计算结果(跨中)
- 计算面积 A_s : 348.48 mm^2
- 采用方案： $\Phi 8@100$
- 实配面积： 503 mm^2
2. 2号钢筋计算结果(支座)
- 计算面积 A_s' : 240.00 mm^2

采用方案： $\Phi 8@200$
实配面积：251 mm²

3.3 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 6@150$
实配面积：188 mm²

4.4 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 8@200$
实配面积：251 mm²

六、跨中挠度计算：

Mq ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 Mq：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.64 + 0.40 * 3.500) * 2.63^2 / 8 \\ &= 6.945 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 6.945 * 10^6 / (0.87 * 95 * 503) \\ &= 167.167 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\begin{aligned} \text{矩形截面积: } A_{te} &= 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 503 / 60000 \\ &= 0.838\% \end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\begin{aligned} \psi_q &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 167.167) \\ &= 0.318 \end{aligned}$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\begin{aligned} \alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4) \\ &= 6.667 \end{aligned}$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面， $\gamma_f = 0$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b * h_0) \\ &= 503 / (1000 * 95) \\ &= 0.529\% \end{aligned}$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$\begin{aligned} B_{sq} &= E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)} \\ &= 2.00 * 10^5 * 503 * 95^2 / [1.15 * 0.318 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.529\% / (1 + 3.5 * 0.0)] \\ &= 11.664 * 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \end{aligned}$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 $\rho = 0$ 时， $\theta = 2.0$ 混规 (7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$\begin{aligned} B_q &= B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)} \\ &= 11.664 / 2.000 * 10^2 \\ &= 5.832 * 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \end{aligned}$$

4. 计算受弯构件挠度

$$\begin{aligned} f_{maxk} &= 5 * \alpha_3 * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B) \\ &= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.64 + 0.4 * 3.500) * 2.63^4 / (384 * 5.832 * 10^2) \\ &= 6.864 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.63 / 200 = 13.150 \text{ mm}$

$f_{max} = 6.864 \text{ mm} \leq f_0 = 13.150 \text{ mm}$ ，满足规范要求！

七、裂缝宽度验算：

1. 计算准永久组合弯距值 Mq：

$$\begin{aligned} M_q &= \alpha_2 * (M_{gk} + \psi M_{qk}) \\ &= \alpha_2 * (q_{gk} + \psi q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.64 + 0.40 * 3.500) * 2.63^2 / 8 \\ &= 6.945 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$

3. $C = 20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 6.945 * 10^6 / (0.87 * 95.00 * 503) \\ &= 167.167 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\begin{aligned} \text{矩形截面积: } A_{te} &= 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 503 / 60000 \end{aligned}$$

= 0.838%

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$ ，所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi = 1.1 - 0.65 \cdot f_{tk} / (\rho_{te} \cdot \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 \cdot 2.01 / (1.000\% \cdot 167.167)$$
$$= 0.318$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 100$$
$$= 10$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

$$d_{eq} = (\sum n_i \cdot d_i^2) / (\sum n_i \cdot V_i \cdot d_i)$$
$$= 10 \cdot 8^2 / (10 \cdot 1.0 \cdot 8)$$
$$= 8$$

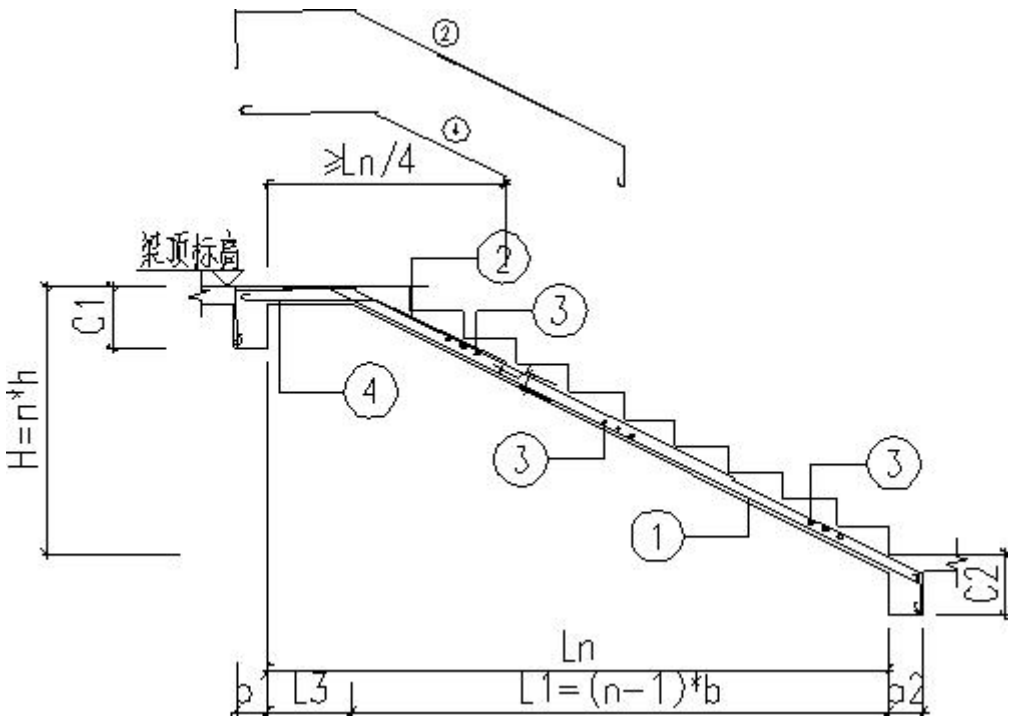
9. 计算最大裂缝宽度

$$\omega_{max} = \alpha_{cr} \cdot \psi \cdot \sigma_{sq} / E_s \cdot (1.9 \cdot C + 0.08 \cdot d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)}$$
$$= 1.9 \cdot 0.318 \cdot 167.167 / 2.0 \cdot 10^5 \cdot (1.9 \cdot 20 + 0.08 \cdot 8 / 1.000\%)$$
$$= 0.0516 \text{ mm}$$

≤ 0.30 mm, 满足规范要求

10.8 CT3

一、构件编号:CT3



二、示意图：

三、基本资料：

1. 依据规范：

- 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》（中国建筑工业出版社 第五版）
- 《混凝土结构通用规范》（GB55008-2021）

2. 几何参数：

- 楼梯净跨：L₁ = 2080 mm 楼梯高度：H = 1480 mm
- 梯板厚：t = 120 mm 踏步数：n = 9(阶)
- 上平台楼梯梁宽度：b₁ = 200 mm
- 下平台楼梯梁宽度：b₂ = 200 mm
- 上平台宽：L₃ = 430 mm

3. 荷载标准值：

- 可变荷载：q = 3.50kN/m² 面层荷载：q_m = 1.50kN/m²
- 栏杆荷载：q_f = 0.20kN/m
- 永久荷载分项系数：γ_G = 1.30 可变荷载分项系数：γ_Q = 1.50
- 可变荷载调整系数：γ_L = 1.00 准永久值系数：ψ_Q = 0.40

4. 材料信息：

- 混凝土强度等级：C30 f_c = 14.30 N/mm²
- f_t = 1.43 N/mm² R_c=25.0 kN/m³
- f_{tk} = 2.01 N/mm² E_c = 3.00*10⁴ N/mm²

钢筋强度等级：HRB400	$f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
$E_s = 2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	
保护层厚度： $c = 20.0 \text{ mm}$	$R_s = 20 \text{ kN/m}^3$
受拉区纵向钢筋类别：带肋钢筋	
梯段板纵筋合力点至近边距离： $a_s = 25.00 \text{ mm}$	
考虑支座嵌固作用	
求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$	
求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$	
求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$	
考虑踏步系数 $\beta = 0.8$	

四、计算过程：

1. 楼梯几何参数：

踏步高度： $h = 0.1644 \text{ m}$

踏步宽度： $b = 0.2600 \text{ m}$

计算跨度： $L_0 = L_1 + L_3 + (b_1 + b_2) / 2 = 2.08 + 0.43 + (0.20 + 0.20) / 2 = 2.71 \text{ m}$

梯段板与水平方向夹角余弦值： $\cos \alpha = 0.845$
2. 荷载计算（取 $B = 1\text{m}$ 宽板带）：

(1) 梯段板：

面层： $g_{km} = (B + B \cdot h / b) \cdot q_m = (1 + 1 \cdot 0.16 / 0.26) \cdot 1.50 = 2.45 \text{ kN/m}$

自重： $g_{kt} = R_c \cdot B \cdot (t / \cos \alpha + h / 2) = 25 \cdot 1 \cdot (0.12 / 0.845 + 0.16 / 2) = 5.61 \text{ kN/m}$

抹灰： $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c / \cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 / 0.845 = 0.47 \text{ kN/m}$

恒荷标准值： $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.45 + 5.61 + 0.47 + 0.20 = 8.73 \text{ kN/m}$

荷载设计值： $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.73 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 16.60 \text{ kN/m}$

(2) 平台板：

面层： $g_{km}' = B \cdot q_m = 1 \cdot 1.50 = 1.50 \text{ kN/m}$

自重： $g_{kt}' = R_c \cdot B \cdot t = 25 \cdot 1 \cdot 0.12 = 3.00 \text{ kN/m}$

抹灰： $g_{ks}' = R_s \cdot B \cdot c = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 = 0.40 \text{ kN/m}$

恒荷标准值： $P_k' = g_{km}' + g_{kt}' + g_{ks}' + q_f = 1.50 + 3.00 + 0.40 + 0.20 = 5.10 \text{ kN/m}$

荷载设计值： $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 5.10 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 11.88 \text{ kN/m}$
3. 正截面受弯承载力计算：

左端支座反力： $R_l = 20.23 \text{ kN}$

右端支座反力： $R_r = 22.24 \text{ kN}$

最大弯矩截面距左支座的距离： $L_{max} = 1.37 \text{ m}$

最大弯矩截面距左边弯折处的距离： $x = 0.84 \text{ m}$

$M_{max} = R_l \cdot L_{max} - [P_1 \cdot L_3 \cdot (x + L_3 / 2) + P_n \cdot x^2 / 2]$

$= 20.23 \cdot 1.37 - [11.88 \cdot 0.53 \cdot (0.84 + 0.53 / 2) + 16.60 \cdot 0.84^2 / 2]$

$= 14.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{max}' = \alpha_1 \cdot M_{max} = 0.80 \cdot 14.91 = 11.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.097111$

受拉钢筋面积： $A_s = \zeta \cdot \alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.097111 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 366.46 \text{ mm}^2$

受拉钢筋最小配筋率： $\rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s = 366.46 > 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s = 366.46 \text{ mm}^2$

相对受压区高度： $\zeta = 0.018653$

支座负筋面积： $A_s' = \zeta \cdot \alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.018653 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 70.39 \text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率： $\rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 70.39 < 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 240.00 \text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩： $M = (1 - \alpha_1) \cdot M_{max} = (1 - 0.80) \cdot 11.9244 = 2.3849 \text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 240.00 \text{ mm}^2$

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

- 1.1 号钢筋计算结果(跨中)

计算面积 A_s : 366.46 mm^2

采用方案： $\Phi 8@100$

实配面积： 503 mm^2
- 2.2 号钢筋计算结果(支座)

计算面积 A_s' : 240.00 mm^2

采用方案： $\Phi 8@150$

实配面积： 335 mm^2
- 3.3 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 6@150$

实配面积： 188 mm^2
- 4.4 号钢筋计算结果

采用方案： $\Phi 8@100$

实配面积： 503 mm^2

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：

$M_q = \alpha_3 \cdot (M_{gk} + M_{qk})$

$= \alpha_3 \cdot (q_{gk} + \psi_q \cdot q_{qk}) \cdot L_0^2 / 8$

$= 0.80 \cdot (8.73 + 0.40 \cdot 3.500) \cdot 2.71^2 / 8$

= 7.438 kN*m

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = Mq / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 7.438 * 10^6 / (0.87 * 95 * 503)$$
$$= 179.027 \text{ N/mm}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2$

$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$

= 503/60000

= 0.838%

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi_q = 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 179.027)$$
$$= 0.370$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$\alpha_E = E_s / E_c$

= $2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4)$

= 6.667

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面， $\gamma_f = 0$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$\rho = A_s / (b * h_0)$

= 503 / (1000 * 95)

= 0.529%

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$B_{sq} = E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)}$$
$$= 2.00 * 10^5 * 503 * 95^2 / [1.15 * 0.370 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.529\% / (1 + 3.5 * 0.0)]$$
$$= 10.835 * 10^2 \text{ kN*m}^2$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 $\rho' = 0$ 时， $\theta = 2.0$ 混规 (7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$B_q = B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)}$$
$$= 10.835 / 2.000 * 10^2$$
$$= 5.417 * 10^2 \text{ kN*m}^2$$

4. 计算受弯构件挠度

$$f_{max} = 5 * \alpha_s * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B)$$
$$= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.73 + 0.4 * 3.500) * 2.71^4 / (384 * 5.417 * 10^2)$$
$$= 8.402 \text{ mm}$$

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.71 / 200 = 13.550 \text{ mm}$

$f_{max} = 8.402 \text{ mm} \leq f_0 = 13.550 \text{ mm}$ ，满足规范要求!

七、裂缝宽度验算:

1. 计算准永久组合弯距值 M_q:

$$M_q = \alpha_s * (M_{gk} + \psi M_{qk})$$
$$= \alpha_s * (q_{gk} + \psi q_{qk}) * L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 * (8.73 + 0.40 * 3.500) * 2.71^2 / 8$$
$$= 7.438 \text{ kN*m}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$

3. C = 20

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = Mq / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 7.438 * 10^6 / (0.87 * 95.00 * 503)$$
$$= 179.027 \text{ N/mm}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2$

$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$

= 503/60000

= 0.838%

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$ ，所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi = 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 179.027)$$
$$= 0.370$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 100$$
$$= 10$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

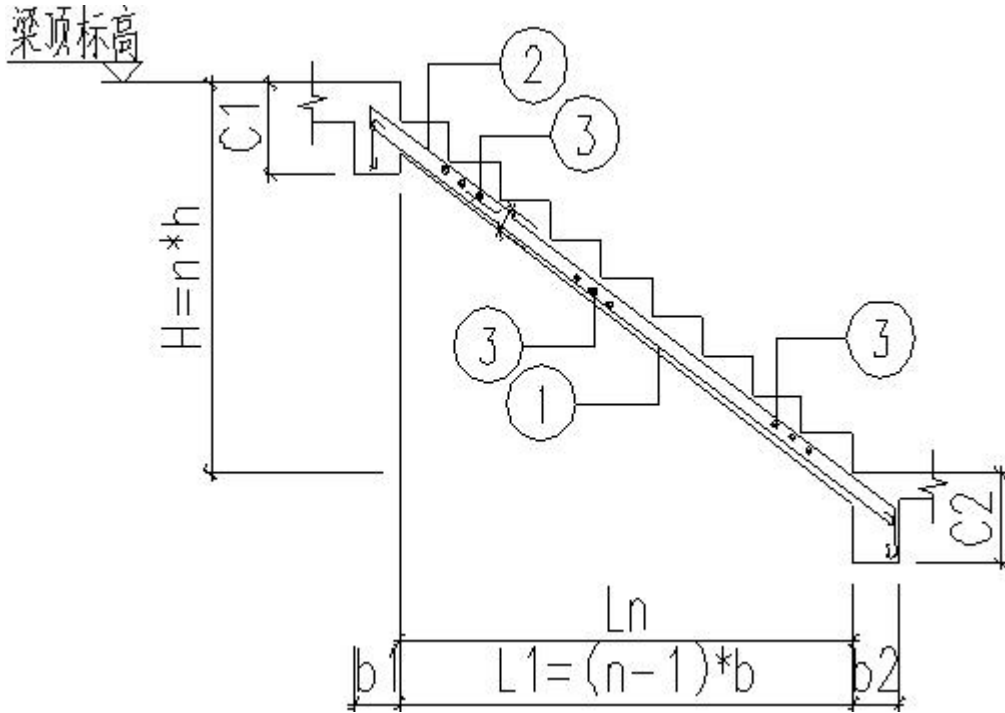
$$d_{eq} = (\sum n_i * d_i^2) / (\sum n_i * V_i * d_i)$$
$$= 10 * 8^2 / (10 * 1.0 * 8)$$
$$= 8$$

9. 计算最大裂缝宽度

$$\omega_{\max} = \alpha_{\text{cr}} * \psi * \sigma_{\text{sq}} / E_s * (1.9 * C + 0.08 * d_{\text{eq}} / \rho_{\text{te}})$$
$$= 1.9 * 0.370 * 179.027 / 2.0 * 10^5 * (1.9 * 20 + 0.08 * 8 / 1.000\%)$$
$$= 0.0642 \text{ mm}$$
$$\leq 0.30 \text{ mm, 满足规范要求}$$

10.9 LT2

一、构件编号:AT1



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:

- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)
- 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

- 楼梯净跨: $L_1 = 1820 \text{ mm}$ 楼梯高度: $H = 1365 \text{ mm}$
- 梯板厚: $t = 100 \text{ mm}$ 踏步数: $n = 8(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200 \text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200 \text{ mm}$

3. 荷载标准值:

- 可变荷载: $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$ 面层荷载: $q_m = 1.50 \text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载: $q_f = 0.20 \text{ kN/m}$
- 永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$ 可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$ 准永久值系数: $\psi_Q = 0.40$

4. 材料信息:

- 混凝土强度等级: C30 $f_c = 14.30 \text{ N/mm}^2$
- $f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2$ $R_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- $f_{tk} = 2.01 \text{ N/mm}^2$ $E_c = 3.00 * 10^4 \text{ N/mm}^2$
- 钢筋强度等级: HRB400 $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
- $E_s = 2.00 * 10^5 \text{ N/mm}^2$
- 保护层厚度: $c = 20.0 \text{ mm}$ $R_s = 20 \text{ kN/m}^3$
- 受拉区纵向钢筋类别: 带肋钢筋
- 梯段板纵筋合力点至近边距离: $a_s = 25.00 \text{ mm}$
- 考虑支座嵌固作用
- 求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$
- 求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$
- 求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$
- 考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程:

1. 楼梯几何参数:

- 踏步高度: $h = 0.1706 \text{ m}$
- 踏步宽度: $b = 0.2600 \text{ m}$
- 计算跨度: $L_0 = L_1 + (b_1 + b_2) / 2 = 1.82 + (0.20 + 0.20) / 2 = 2.02 \text{ m}$
- 梯段板与水平方向夹角余弦值: $\cos \alpha = 0.836$

2. 荷载计算(取 B = 1m 宽板带):

(1) 梯段板:

- 面层: $g_{km} = (B + B * h / b) * q_m = (1 + 1 * 0.17 / 0.26) * 1.50 = 2.48 \text{ kN/m}$
- 自重: $g_{kt} = R_c * B * (t / \cos \alpha + h / 2) = 25 * 1 * (0.10 / 0.836 + 0.17 / 2) = 5.12 \text{ kN/m}$
- 抹灰: $g_{ks} = R_s * B * c / \cos \alpha = 20 * 1 * 0.02 / 0.836 = 0.48 \text{ kN/m}$
- 恒荷标准值: $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.48 + 5.12 + 0.48 + 0.20 = 8.29 \text{ kN/m}$
- 荷载设计值: $P_n = \gamma_G * P_k + \gamma_Q * \gamma_L * B * q = 1.30 * 8.29 + 1.50 * 1.00 * 1 * 3.50 = 16.02 \text{ kN/m}$

3. 正截面受弯承载力计算:

- 左端支座反力: $R_l = 16.18 \text{ kN}$
- 右端支座反力: $R_r = 16.18 \text{ kN}$
- 最大弯矩截面距左支座的距离: $L_{\max} = 1.01 \text{ m}$
- 最大弯矩截面距左边弯折处的距离: $x = 1.01 \text{ m}$
- $M_{\max} = R_l * L_{\max} - P_n * x^2 / 2$

$$= 16.18 \times 1.01 - 16.02 \times 1.01^2 / 2$$
$$= 8.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：

$$M_{\max}' = \alpha_1 \times M_{\max} = 0.80 \times 8.17 = 6.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.084876$

$$\text{受拉钢筋面积: } A_s = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.084876 \times 1.00 \times 14.30 \times 1000.00 \times 75.00 / 360.00 = 252.86 \text{ mm}^2$$

$$\text{受拉钢筋最小配筋率: } \rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \times 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$$

$$A_s = 252.86 > 0.200\% \times 1000.00 \times 100.00 = 200.00 \text{ mm}^2, \text{ 受拉钢筋按照计算要求配筋 } A_s = 252.86 \text{ mm}^2$$

相对受压区高度： $\zeta = 0.016389$

$$\text{支座负筋面积: } A_s' = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.016389 \times 1.00 \times 14.30 \times 1000.00 \times 75.00 / 360.00 = 48.83 \text{ mm}^2$$

$$\text{支座负筋最小配筋率: } \rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \times 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$$

$$A_s' = 48.83 < 0.200\% \times 1000.00 \times 100.00 = 200.00 \text{ mm}^2, \text{ 支座负筋按照构造要求配筋 } A_s' = 200.00 \text{ mm}^2$$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

$$\text{支座负弯矩: } M = (1 - \alpha_1) \times M_{\max} = (1 - 0.80) \times 6.5375 = 1.3075 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{支座负筋合力点边距: 取 } a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$$

$$\text{支座负筋 (2、3 号) 计算面积: } A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 200.00 \text{ mm}^2$$

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

1. 1 号钢筋计算结果（跨中）

$$\text{计算面积 } A_s: 252.86 \text{ mm}^2$$

$$\text{采用方案: } \Phi 8 @ 150$$

$$\text{实配面积: } 335 \text{ mm}^2$$

2. 2 号钢筋计算结果（支座）

$$\text{计算面积 } A_s': 200.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{采用方案: } \Phi 8 @ 200$$

$$\text{实配面积: } 251 \text{ mm}^2$$

3. 3 号钢筋计算结果

$$\text{采用方案: } \Phi 6 @ 200$$

$$\text{实配面积: } 141 \text{ mm}^2$$

六、跨中挠度计算：

$$M_q \text{ ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值}$$

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：

$$M_q = \alpha_3 \times (M_{gk} + M_{qk})$$
$$= \alpha_3 \times (q_{gk} + \psi_q \times q_{qk}) \times L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 \times (8.29 + 0.40 \times 3.500) \times 2.02^2 / 8$$
$$= 3.952 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}

1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 \times h_0 \times A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 3.952 \times 10^6 / (0.87 \times 75 \times 335)$$
$$= 180.752 \text{ N/mm}$$

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

$$\text{矩形截面: } A_{te} = 0.5 \times b \times h = 0.5 \times 1000 \times 100 = 50000 \text{ mm}^2$$
$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$$
$$= 335 / 50000$$
$$= 0.670\%$$

$$\text{因为 } \rho_{te} < 1.000\%, \text{ 所以取 } \rho_{te} = 1.000\%$$

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

$$\psi_q = 1.1 - 0.65 \times f_{tk} / (\rho_{te} \times \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 \times 2.01 / (1.000\% \times 180.752)$$
$$= 0.377$$

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

$$\alpha_E = E_s / E_c$$
$$= 2.00 \times 10^5 / (3.00 \times 10^4)$$
$$= 6.667$$

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

$$\text{矩形截面, } \gamma_f = 0$$

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

$$\rho = A_s / (b \times h_0)$$
$$= 335 / (1000 \times 75)$$
$$= 0.447\%$$

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

$$B_{sq} = E_s \times A_s \times h_0^2 / [1.15 \times \psi_q + 0.2 + 6 \times \alpha_E \times \rho / (1 + 3.5 \times \gamma_f)] \quad \text{混规 (7.2.3-1)}$$
$$= 2.00 \times 10^5 \times 335 \times 75^2 / [1.15 \times 0.377 + 0.2 + 6 \times 6.667 \times 0.447\% / (1 + 3.5 \times 0.0)]$$
$$= 4.640 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

$$\text{当 } \rho \neq 0 \text{ 时, } \theta = 2.0 \quad \text{混规 (7.2.5)}$$

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

$$B_q = B_{sq} / \theta \quad \text{混规 (7.2.2-2)}$$
$$= 4.640 / 2.000 \times 10^2$$
$$= 2.320 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

4. 计算受弯构件挠度

$$f_{\max} = 5 \times \alpha_s \times \beta \times (q_{gk} + \Psi \times q_{qk}) \times L_0^4 / (384 \times B)$$
$$= 5 \times 0.80 \times 0.80 \times (8.29 + 0.4 \times 3.500) \times 2.02^4 / (384 \times 2.320 \times 10^2)$$
$$= 5.793 \text{ mm}$$

6. 验算挠度

挠度限值 $f_0 = L_0 / 200 = 2.02 / 200 = 10.100 \text{ mm}$

$f_{\max} = 5.793 \text{ mm} \leq f_0 = 10.100 \text{ mm}$, 满足规范要求!

七、裂缝宽度验算:

1. 计算准永久组合弯距值 M_q :

$$M_q = \alpha_2 \times (M_{gk} + \Psi M_{qk})$$
$$= \alpha_2 \times (q_{gk} + \Psi q_{qk}) \times L_0^2 / 8$$
$$= 0.80 \times (8.29 + 0.40 \times 3.500) \times 2.02^2 / 8$$
$$= 3.952 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i = 1.0$

3. $C = 20$

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = M_q / (0.87 \times h_0 \times A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)}$$
$$= 3.952 \times 10^6 / (0.87 \times 75.00 \times 335)$$
$$= 180.752 \text{ N/mm}$$

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: $A_{te} = 0.5 \times b \times h = 0.5 \times 1000 \times 100 = 50000 \text{ mm}^2$

$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)}$$
$$= 335 / 50000$$
$$= 0.670\%$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 Ψ

$$\Psi = 1.1 - 0.65 \times f_{tk} / (\rho_{te} \times \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)}$$
$$= 1.1 - 0.65 \times 2.01 / (1.000\% \times 180.752)$$
$$= 0.377$$

7. 计算单位面积钢筋根数 n

$$n = 1000 / s$$
$$= 1000 / 150$$
$$= 6$$

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

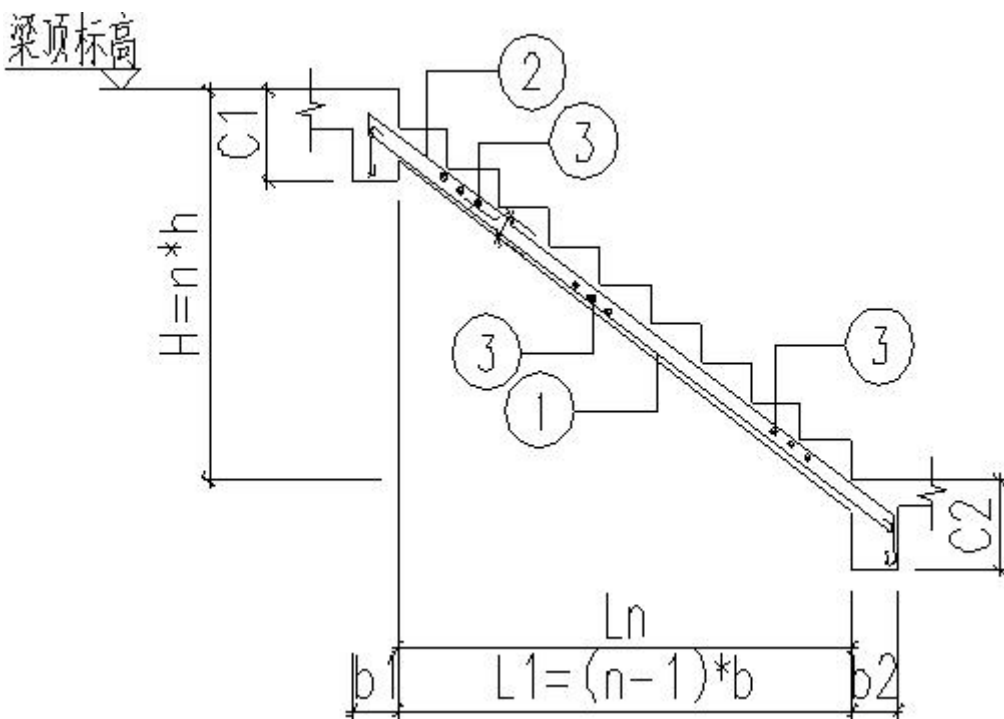
$$d_{eq} = (\sum n_i \times d_i^2) / (\sum n_i \times V_i \times d_i)$$
$$= 6 \times 8^2 / (6 \times 1.0 \times 8)$$
$$= 8$$

9. 计算最大裂缝宽度

$$\omega_{\max} = \alpha_{cr} \times \Psi \times \sigma_{sq} / E_s \times (1.9 \times C + 0.08 \times d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)}$$
$$= 1.9 \times 0.377 \times 180.752 / 2.0 \times 10^5 \times (1.9 \times 20 + 0.08 \times 8 / 1.000\%)$$
$$= 0.0661 \text{ mm}$$

$\leq 0.30 \text{ mm}$, 满足规范要求

一、构件编号:AT2



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:

- 《建筑结构荷载规范》 (GB50009-2012)
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)
- 《混凝土结构构造手册》(中国建筑工业出版社 第五版)
- 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021)

2. 几何参数:

- 楼梯净跨: $L_1 = 2080 \text{ mm}$ 楼梯高度: $H = 1535 \text{ mm}$
- 梯板厚: $t = 120 \text{ mm}$ 踏步数: $n = 9(\text{阶})$
- 上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200 \text{ mm}$
- 下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200 \text{ mm}$

3. 荷载标准值:

- 可变荷载: $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$ 面层荷载: $q_m = 1.50 \text{ kN/m}^2$
- 栏杆荷载: $q_f = 0.20 \text{ kN/m}$
- 永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$ 可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$
- 可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$ 准永久值系数: $\Psi_Q = 0.40$

4. 材料信息：

混凝土强度等级：C30	$f_c = 14.30 \text{ N/mm}^2$
$f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2$	$R_c=25.0 \text{ kN/m}^3$
$f_{tk} = 2.01 \text{ N/mm}^2$	$E_c = 3.00 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
钢筋强度等级：HRB400	$f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
$E_s = 2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	
保护层厚度：c = 20.0 mm	$R_s=20 \text{ kN/m}^3$
受拉区纵向钢筋类别：带肋钢筋	
梯段板纵筋合力点至近边距离：a _s = 25.00 mm	
考虑支座嵌固作用	
求配筋时弯矩折减 α ₁ = 0.8	
求裂缝时弯矩折减 α ₂ = 0.8	
求挠度时弯矩折减 α ₃ = 0.8	
考虑踏步系数 β = 0.8	

四、计算过程：

1. 楼梯几何参数：

踏步高度：h = 0.1706 m
踏步宽度：b = 0.2600 m
计算跨度：L ₀ = L ₁ + (b ₁ + b ₂)/2 = 2.08 + (0.20 + 0.20)/2 = 2.28 m
梯段板与水平方向夹角余弦值：cos α = 0.836

2. 荷载计算（取 B = 1m 宽板带）：

(1) 梯段板：

面层：g _{km} = (B + B*h/b)*q _m = (1 + 1*0.17/0.26)*1.50 = 2.48 kN/m
自重：g _{kt} = R _c *B*(t/cos α + h/2) = 25*1*(0.12/0.836 + 0.17/2) = 5.72 kN/m
抹灰：g _{ks} = R _s *B*c/cos α = 20*1*0.02/0.836 = 0.48 kN/m
恒荷标准值：P _k = g _{km} + g _{kt} + g _{ks} + q _f = 2.48 + 5.72 + 0.48 + 0.20 = 8.88 kN/m
荷载设计值：P _n = γ _c *P _k + γ _q *γ _L *B*q = 1.30*8.88 + 1.50*1.00*1*3.50 = 16.80 kN/m

3. 正截面受弯承载力计算：

左端支座反力：R _l = 19.15 kN
右端支座反力：R _r = 19.15 kN
最大弯矩截面距左支座的距离：L _{max} = 1.14 m
最大弯矩截面距左边弯折处的距离：x = 1.14 m
M _{max} = R _l *L _{max} - P _n *x ² /2
= 19.15*1.14 - 16.80*1.14 ² /2
= 10.91 kN·m
考虑支座嵌固折减后的最大弯矩：
M _{max} ' = α ₁ *M _{max} = 0.80*10.91 = 8.73 kN·m

相对受压区高度：ζ = 0.070115
受拉钢筋面积：A _s = ζ α ₁ f _c bh ₀ /f _y = 0.070115*1.00*14.30*1000.00*95.00/360.00 = 264.59 mm ²
受拉钢筋最小配筋率：ρ _{min} = max(0.20%, (45f _t /f _y)%) = max(0.20%, (45*1.43/360.00)%) = 0.200%
A _s = 264.59 > 0.200%*1000.00*120.00 = 240.00mm ² ，受拉钢筋按照计算要求配筋 A _s = 264.59mm ²
相对受压区高度：ζ = 0.013624
支座负筋面积：A _s ' = ζ α ₁ f _c bh ₀ /f _y = 0.013624*1.00*14.30*1000.00*95.00/360.00 = 51.41 mm ²
支座负筋最小配筋率：ρ _{min} = max(0.20%, (45f _t /f _y)%) = max(0.20%, (45*1.43/360.00)%) = 0.200%
A _s ' = 51.41 < 0.200%*1000.00*120.00 = 240.00mm ² ，支座负筋按照构造要求配筋 A _s ' = 240.00mm ²
根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积
支座负弯矩：M = (1 - α ₁)*M _{max} = (1 - 0.80)*8.7317 = 1.7463kN·m
支座负筋合力点边距：取 a _s = a _s = 25.00mm
支座负筋(2、3号)计算面积：A _s ' = max(A _s ', A _s /3) = 240.00 mm ²

五、计算结果：（为每米宽板带的配筋）

1. 1号钢筋计算结果(跨中)

计算面积 A _s ：264.59 mm ²
采用方案：Φ8@150
实配面积：335 mm ²

2. 2号钢筋计算结果(支座)

计算面积 A _s '：240.00 mm ²
采用方案：Φ8@200
实配面积：251 mm ²

3. 3号钢筋计算结果

采用方案：Φ6@150
实配面积：188 mm ²

六、跨中挠度计算：

M _q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值
1. 计算永久组合弯距值 M _q ：
M _q = α ₃ *(M _{gk} + M _{qk})
= α ₃ *(q _{gk} + ψ _q *q _{qk})*L ₀ ² /8
= 0.80*(8.88 + 0.40*3.500)*2.28 ² /8
= 5.345 kN*m
2. 计算受弯构件的短期刚度 B _{sk}
1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力
σ _{sq} = M _q /(0.87*h ₀ *A _s) 混规(7.1.4-3)
= 5.345*10 ⁶ /(0.87*95*335)

= 192.989 N/mm

2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: A_{te} = 0.5*b*h = 0.5*1000*120= 60000 mm²

ρ_{te} = As/A_{te} 混规(7.1.2—5)

= 335/60000

= 0.559%

因为 ρ_{te}<1.000%, 所以取 ρ_{te}=1.000%

3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

ψ_q = 1.1-0.65*f_{tk}/(ρ_{te}*σ_{sq}) 混规(7.1.2—2)

= 1.1-0.65*2.01/(1.000%*192.989)

= 0.423

4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E

α_E = E_s/E_c

= 2.00*10⁵/(3.00*10⁴)

= 6.667

5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f

矩形截面, γ_f = 0

6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ

ρ = As/(b*h₀)

= 335/(1000*95)

= 0.353%

7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s

B_{sq} = E_s*As*h₀²/[1.15*ψ_q+0.2+6*α_E*ρ/(1+ 3.5*γ_f)] 混规(7.2.3-1)

= 2.00*10⁵*335*95²/[1.15*0.423+0.2+6*6.667*0.353%/(1+3.5*0.0)]

= 7.309*10² kN*m²

3. 计算受弯构件的长期刚度 B

1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ

当 ρ`=0 时, θ=2.0 混规(7.2.5)

2) 计算受弯构件的长期刚度 B

B_q = B_{sq}/θ 混规(7.2.2-2)

= 7.309/2.000*10²

= 3.654*10² kN*m²

4. 计算受弯构件挠度

f_{maxk} = 5*α_s*β*(q_{gk}+ψ_q*q_{qk})*L₀⁴/(384*B)

= 5*0.80*0.80*(8.88+0.4*3.500)*2.28⁴/(384*3.654*10²)

= 6.336 mm

6. 验算挠度

挠度限值 f₀=L₀/200=2.28/200=11.400 mm

f_{max}=6.336mm≤f₀=11.400mm, 满足规范要求!

七、裂缝宽度验算:

1. 计算准永久组合弯距值 M_q:

M_q = α_s*(M_{gk}+ψ M_{qk})

= α_s*(q_{gk} + ψ q_{qk})*L₀²/8

= 0.80*(8.88 + 0.40*3.500)*2.28²/8

= 5.345 kN*m

2. 带肋钢筋, 所以取值 V_i=1.0

3. C = 20

4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力

σ_{sq} = M_q/(0.87*h₀*As) 混规(7.1.4—3)

= 5.345*10⁶/(0.87*95.00*335)

= 192.989 N/mm

5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率

矩形截面积: A_{te} = 0.5*b*h = 0.5*1000*120= 60000 mm²

ρ_{te} = As/A_{te} 混规(7.1.2—5)

= 335/60000

= 0.559%

因为 ρ_{te} < 1.000%, 所以取 ρ_{te} = 1.000%

6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

ψ = 1.1-0.65*f_{tk}/(ρ_{te}*σ_{sq}) 混规(7.1.2—2)

= 1.1-0.65*2.01/(1.000%*192.989)

= 0.423

7. 计算单位面积钢筋根数 n

n = 1000/s

= 1000/150

= 6

8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}

d_{eq}= (Σ n_i*d_i²)/(Σ n_i*V_i*d_i)

= 6*8²/(6*1.0*8)

= 8

9. 计算最大裂缝宽度

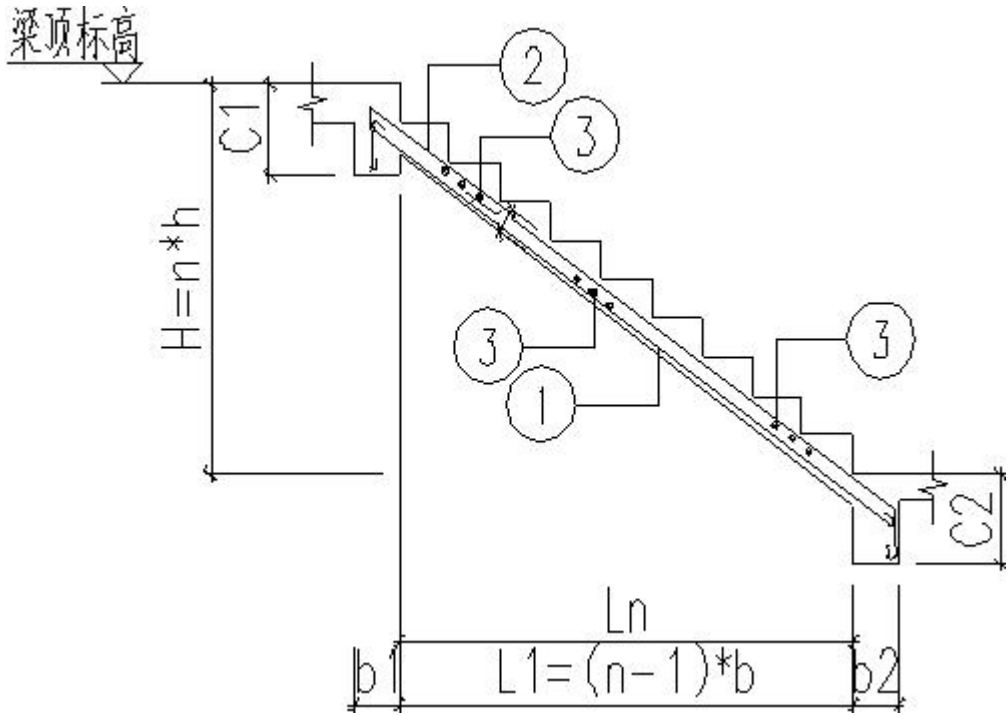
ω_{max} = α_{cr}*ψ*σ_{sq}/E_s*(1.9*C+0.08*d_{eq}/ρ_{te}) 混规(7.1.2—1)

= 1.9*0.423*192.989/2.0*10⁵*(1.9*20+0.08*8/1.000%)

= 0.0791 mm

≤ 0.30 mm, 满足规范要求

一、构件编号:AT3



二、示意图:

三、基本资料:

1. 依据规范:
- 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）

《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010(2015 年版)

《混凝土结构构造手册》（中国建筑工业出版社 第五版）

《混凝土结构通用规范》（GB55008-2021）
2. 几何参数:
- 楼梯净跨: $L_1 = 2080\text{ mm}$

楼梯高度: $H = 1550\text{ mm}$

梯板厚: $t = 120\text{ mm}$

踏步数: $n = 9(\text{阶})$

上平台楼梯梁宽度: $b_1 = 200\text{ mm}$

下平台楼梯梁宽度: $b_2 = 200\text{ mm}$
3. 荷载标准值:
- 可变荷载: $q = 3.50\text{kN/m}^2$

面层荷载: $q_m = 1.50\text{kN/m}^2$

栏杆荷载: $q_f = 0.20\text{kN/m}$

永久荷载分项系数: $\gamma_G = 1.30$

可变荷载分项系数: $\gamma_Q = 1.50$

可变荷载调整系数: $\gamma_L = 1.00$

准永久值系数: $\psi_q = 0.40$
4. 材料信息:
- 混凝土强度等级: C30

$f_c = 14.30\text{ N/mm}^2$

$f_t = 1.43\text{ N/mm}^2$

$R_c = 25.0\text{ kN/m}^3$

$f_{tk} = 2.01\text{ N/mm}^2$

$E_c = 3.00 \times 10^4\text{ N/mm}^2$

- 钢筋强度等级: HRB400
- $f_y = 360\text{ N/mm}^2$
- $E_s = 2.00 \times 10^5\text{ N/mm}^2$
- 保护层厚度: $c = 20.0\text{ mm}$
- $R_s = 20\text{ kN/m}^3$
- 受拉区纵向钢筋类别: 带肋钢筋
- 梯段板纵筋合力点至近边距离: $a_s = 25.00\text{ mm}$
- 考虑支座嵌固作用
- 求配筋时弯矩折减 $\alpha_1 = 0.8$
- 求裂缝时弯矩折减 $\alpha_2 = 0.8$
- 求挠度时弯矩折减 $\alpha_3 = 0.8$
- 考虑踏步系数 $\beta = 0.8$

四、计算过程:

1. 楼梯几何参数:
- 踏步高度: $h = 0.1722\text{ m}$

踏步宽度: $b = 0.2600\text{ m}$

计算跨度: $L_0 = L_1 + (b_1 + b_2) / 2 = 2.08 + (0.20 + 0.20) / 2 = 2.28\text{ m}$

梯段板与水平方向夹角余弦值: $\cos \alpha = 0.834$
2. 荷载计算(取 $B = 1\text{m}$ 宽板带):
- (1) 梯段板:
- 面层: $g_{km} = (B + B \cdot h / b) \cdot q_m = (1 + 1 \cdot 0.17 / 0.26) \cdot 1.50 = 2.49\text{ kN/m}$

自重: $g_{kt} = R_c \cdot B \cdot (t / \cos \alpha + h / 2) = 25 \cdot 1 \cdot (0.12 / 0.834 + 0.17 / 2) = 5.75\text{ kN/m}$

抹灰: $g_{ks} = R_s \cdot B \cdot c / \cos \alpha = 20 \cdot 1 \cdot 0.02 / 0.834 = 0.48\text{ kN/m}$

恒荷标准值: $P_k = g_{km} + g_{kt} + g_{ks} + q_f = 2.49 + 5.75 + 0.48 + 0.20 = 8.92\text{ kN/m}$

荷载设计值: $P_n = \gamma_G \cdot P_k + \gamma_Q \cdot \gamma_L \cdot B \cdot q = 1.30 \cdot 8.92 + 1.50 \cdot 1.00 \cdot 1 \cdot 3.50 = 16.85\text{ kN/m}$
3. 正截面受弯承载力计算:
- 左端支座反力: $R_l = 19.21\text{ kN}$

右端支座反力: $R_r = 19.21\text{ kN}$

最大弯矩截面距左支座的距离: $L_{max} = 1.14\text{ m}$

最大弯矩截面距左边弯折处的距离: $x = 1.14\text{ m}$

$M_{max} = R_l \cdot L_{max} - P_n \cdot x^2 / 2$

$= 19.21 \cdot 1.14 - 16.85 \cdot 1.14^2 / 2$

$= 10.95\text{ kN} \cdot \text{m}$

考虑支座嵌固折减后的最大弯矩:

$M_{max}' = \alpha_1 \cdot M_{max} = 0.80 \cdot 10.95 = 8.76\text{ kN} \cdot \text{m}$

相对受压区高度: $\zeta = 0.070354$

受拉钢筋面积: $A_s = \zeta \cdot \alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0 / f_y = 0.070354 \cdot 1.00 \cdot 14.30 \cdot 1000.00 \cdot 95.00 / 360.00 = 265.49\text{ mm}^2$

受拉钢筋最小配筋率: $\rho_{min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 \cdot 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s = 265.49 > 0.200\% \cdot 1000.00 \cdot 120.00 = 240.00\text{ mm}^2$, 受拉钢筋按照计算要求配筋 $A_s = 265.49\text{ mm}^2$

相对受压区高度： $\zeta = 0.013669$

支座负筋面积： $A_s' = \zeta \alpha_1 f_c b h_0 / f_y = 0.013669 * 1.00 * 14.30 * 1000.00 * 95.00 / 360.00 = 51.58 \text{ mm}^2$

支座负筋最小配筋率： $\rho_{\min} = \max(0.20\%, (45f_t / f_y)\%) = \max(0.20\%, (45 * 1.43 / 360.00)\%) = 0.200\%$

$A_s' = 51.58 < 0.200\% * 1000.00 * 120.00 = 240.00 \text{ mm}^2$ ，支座负筋按照构造要求配筋 $A_s' = 240.00 \text{ mm}^2$

根据《混凝土结构构造手册》第八章第二节，板式楼梯考虑支座的部分嵌固作用时，支座应配置承受负弯矩钢筋。

故通过计算确定支座负筋面积

支座负弯矩： $M = (1 - \alpha_1) * M_{\max} = (1 - 0.80) * 8.7603 = 1.7521 \text{ kN} \cdot \text{m}$

支座负筋合力点边距：取 $a_s = a_s = 25.00 \text{ mm}$

支座负筋(2、3号)计算面积： $A_s' = \max(A_s', A_s / 3) = 240.00 \text{ mm}^2$

五、计算结果：(为每米宽板带的配筋)

- 1.1号钢筋计算结果(跨中)
- 计算面积 A_s ：265.49 mm²
- 采用方案： $\Phi 8@150$
- 实配面积：335 mm²
- 2.2号钢筋计算结果(支座)
- 计算面积 A_s' ：240.00 mm²
- 采用方案： $\Phi 8@200$
- 实配面积：251 mm²
- 3.3号钢筋计算结果
- 采用方案： $\Phi 6@150$
- 实配面积：188 mm²

六、跨中挠度计算：

M_q ----- 按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值

1. 计算永久组合弯距值 M_q ：
- $$\begin{aligned} M_q &= \alpha_3 * (M_{gk} + M_{qk}) \\ &= \alpha_3 * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.92 + 0.40 * 3.500) * 2.28^2 / 8 \\ &= 5.367 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$
2. 计算受弯构件的短期刚度 B_{sk}
- 1) 计算按荷载荷载效应的两种组合作用下，构件纵向受拉钢筋应力
- $$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规(7.1.4-3)} \\ &= 5.367 * 10^6 / (0.87 * 95 * 335) \\ &= 193.786 \text{ N/mm} \end{aligned}$$
- 2) 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率
- $$\begin{aligned} \text{矩形截面积: } A_{te} &= 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2 \\ \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规(7.1.2-5)} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} &= 335 / 60000 \\ &= 0.559\% \end{aligned}$$
- 因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$
- 3) 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ
- $$\begin{aligned} \psi_q &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规(7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000\% * 193.786) \\ &= 0.426 \end{aligned}$$
- 4) 计算钢筋弹性模量与混凝土模量的比值 α_E
- $$\begin{aligned} \alpha_E &= E_s / E_c \\ &= 2.00 * 10^5 / (3.00 * 10^4) \\ &= 6.667 \end{aligned}$$
- 5) 计算受压翼缘面积与腹板有效面积的比值 γ_f
- $$\begin{aligned} \text{矩形截面, } \gamma_f &= 0 \end{aligned}$$
- 6) 计算纵向受拉钢筋配筋率 ρ
- $$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b * h_0) \\ &= 335 / (1000 * 95) \\ &= 0.353\% \end{aligned}$$
- 7) 计算受弯构件的短期刚度 B_s
- $$\begin{aligned} B_{sq} &= E_s * A_s * h_0^2 / [1.15 * \psi_q + 0.2 + 6 * \alpha_E * \rho / (1 + 3.5 * \gamma_f)] \quad \text{混规(7.2.3-1)} \\ &= 2.00 * 10^5 * 335 * 95^2 / [1.15 * 0.426 + 0.2 + 6 * 6.667 * 0.353\% / (1 + 3.5 * 0)] \\ &= 7.281 * 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$
3. 计算受弯构件的长期刚度 B
- 1) 确定考虑荷载长期效应组合对挠度影响增大影响系数 θ
- $$\begin{aligned} \text{当 } \rho' &= 0 \text{ 时, } \theta = 2.0 \quad \text{混规(7.2.5)} \end{aligned}$$
- 2) 计算受弯构件的长期刚度 B
- $$\begin{aligned} B_q &= B_{sq} / \theta \quad \text{混规(7.2.2-2)} \\ &= 7.281 / 2.000 * 10^2 \\ &= 3.640 * 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$
4. 计算受弯构件挠度
- $$\begin{aligned} f_{\max k} &= 5 * \alpha_3 * \beta * (q_{gk} + \psi_q * q_{qk}) * L_0^4 / (384 * B) \\ &= 5 * 0.80 * 0.80 * (8.92 + 0.4 * 3.500) * 2.28^4 / (384 * 3.640 * 10^2) \\ &= 6.387 \text{ mm} \end{aligned}$$
6. 验算挠度
- $$\begin{aligned} \text{挠度限值 } f_0 &= L_0 / 200 = 2.28 / 200 = 11.400 \text{ mm} \\ f_{\max} &= 6.387 \text{ mm} \leq f_0 = 11.400 \text{ mm, 满足规范要求!} \end{aligned}$$

七、裂缝宽度验算：

1. 计算准永久组合弯距值 M_q ：

- $$\begin{aligned} M_q &= \alpha_2 * (M_{gk} + \psi M_{qk}) \\ &= \alpha_2 * (q_{gk} + \psi q_{qk}) * l_0^2 / 8 \\ &= 0.80 * (8.92 + 0.40 * 3.500) * 2.28^2 / 8 \\ &= 5.367 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$
2. 带肋钢筋, 所以取值 $V_i=1.0$
3. $C = 20$
4. 计算按荷载荷载效应的准永久组合作用下, 构件纵向受拉钢筋应力
$$\begin{aligned} \sigma_{sq} &= M_q / (0.87 * h_0 * A_s) \quad \text{混规 (7.1.4-3)} \\ &= 5.367 * 10^6 / (0.87 * 95.00 * 335) \\ &= 193.786 \text{ N/mm} \end{aligned}$$
5. 计算按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率
矩形截面积: $A_{te} = 0.5 * b * h = 0.5 * 1000 * 120 = 60000 \text{ mm}^2$
$$\begin{aligned} \rho_{te} &= A_s / A_{te} \quad \text{混规 (7.1.2-5)} \\ &= 335 / 60000 \\ &= 0.559\% \end{aligned}$$

因为 $\rho_{te} < 1.000\%$, 所以取 $\rho_{te} = 1.000\%$
6. 计算裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ
$$\begin{aligned} \psi &= 1.1 - 0.65 * f_{tk} / (\rho_{te} * \sigma_{sq}) \quad \text{混规 (7.1.2-2)} \\ &= 1.1 - 0.65 * 2.01 / (1.000 * 193.786) \\ &= 0.426 \end{aligned}$$
7. 计算单位面积钢筋根数 n
$$\begin{aligned} n &= 1000 / s \\ &= 1000 / 150 \\ &= 6 \end{aligned}$$
8. 计算受拉区纵向钢筋的等效直径 d_{eq}
$$\begin{aligned} d_{eq} &= (\sum n_i * d_i^2) / (\sum n_i * V_i * d_i) \\ &= 6 * 8^2 / (6 * 1.0 * 8) \\ &= 8 \end{aligned}$$
9. 计算最大裂缝宽度
$$\begin{aligned} \omega_{max} &= \alpha_{cr} * \psi * \sigma_{sq} / E_s * (1.9 * C + 0.08 * d_{eq} / \rho_{te}) \quad \text{混规 (7.1.2-1)} \\ &= 1.9 * 0.426 * 193.786 / 2.0 * 10^5 * (1.9 * 20 + 0.08 * 8 / 1.000\%) \\ &= 0.0800 \text{ mm} \\ &\leq 0.30 \text{ mm, 满足规范要求} \end{aligned}$$

第 11 章 挡土墙计算

11.1 DTQ1

1 基本资料

1.1 几何信息

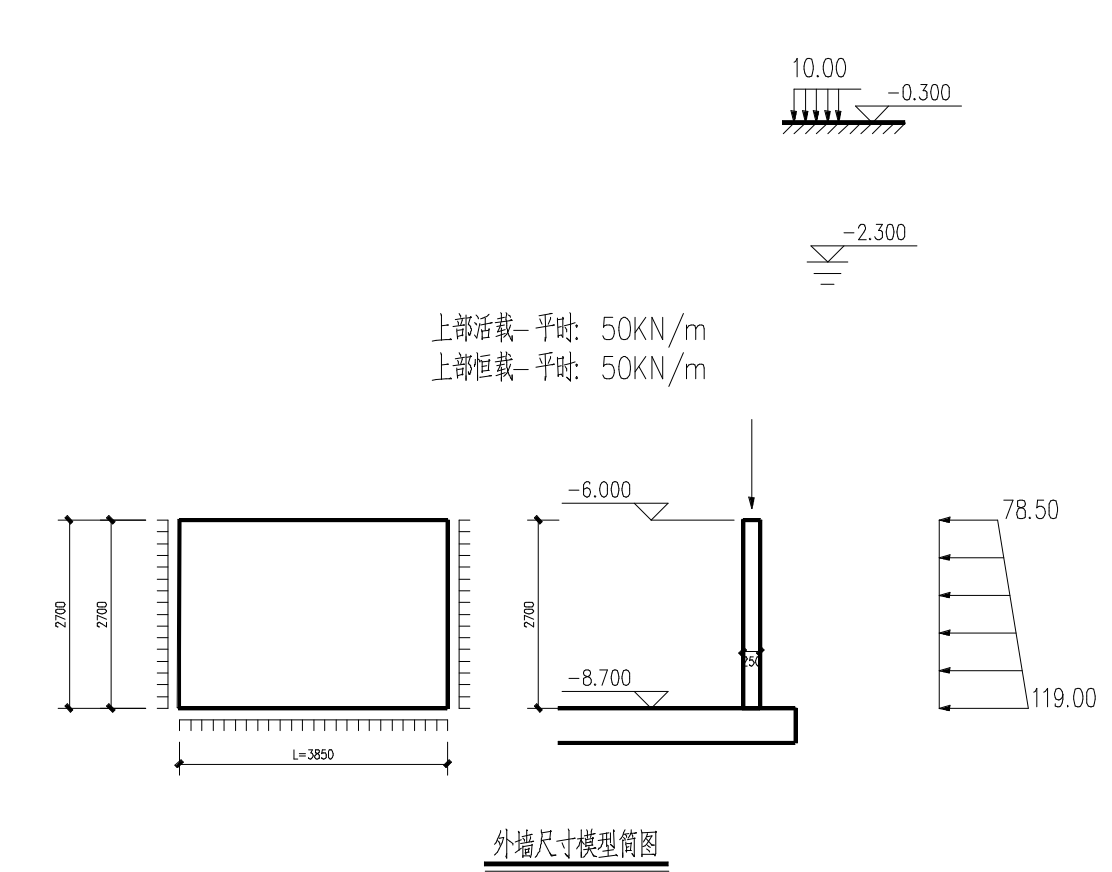
地下室层数	1	地下室顶标高(m)	-6.000
墙宽 L(m)	3.850	外地坪标高(m)	-0.300

层高表

层	层高(m)	外墙厚(mm)
-1 层	2.700	250

板边支撑条件表

板边	顶边	底边	侧边
支承方式	自由	固定	固定



1.2 荷载信息

土压力计算方法	静止土压力
静止土压力系数	0.500
水土侧压计算	水土分算
地下水压是否调整	×

地下水埋深 (m)	2.000
土天然容重 (kN/m³)	18.00
土饱和容重 (kN/m³)	20.00

上部恒载-平时 (kN/m)	50.00	上部活载-平时 (kN/m)	50.00
上部恒载-战时 (kN/m)	---	地面活载-平时 (kPa)	10.00

1.3 配筋信息

砼强度等级	C35	配筋调整系数	1.0
钢筋级别	HRB400	竖向配筋方法	纯弯压弯取大
外纵筋保护层 (mm)	50	竖向配筋方式	非对称
内纵筋保护层 (mm)	20	裂缝限值 (mm)	0.40
泊松比	0.20	裂缝控制配筋	√
考虑 p-δ 效应	×		

1.4 计算选项信息

竖向弯矩计算方法	单块板
板计算类型 · 平时组合	弹性板
塑性板 β	---
活载准永久值系数	0.50
水压准永久值系数	0.50
活载调整系数	1.00

2 计算

- (1) 荷载计算
- (2) 内力计算
- (3) 配筋计算
- (4) 裂缝验算

荷载说明：

永久荷载：土压力荷载，上部恒载-平时，

可变荷载：地下水压力，地面活载，上部活载-平时

平时组合：平时荷载基本组合

战时组合：战时荷载基本组合

准永久组合：平时荷载准永久组合(用于裂缝计算)

2.1 荷载计算

2.1.1 墙上竖向压力

平时组合 (kN/m)：1.300×50.000+1.500×50.000=140.000

准永久组合 (kN/m)：50.000+0.500×50.000=75.000

2.1.2 侧压荷载计算

(1) 土压力标准值(kPa)

水土分算，土侧压按静止土压力计算，静止土压力系数 $k = 0.500$

地下室顶面，标高-6.000，总埋深 5.700，地下水位以上 2.000，地下水位以下 3.700

$$p = k \gamma h_1 + k (\gamma_{sat} - \gamma_w) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 3.7 = 36.5$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 3.7 = 37$$

土压力起算位置，标高-0.300

$$p = 0$$

$$p_w = 0$$

-1 层底，标高-8.700，总埋深 8.400，地下水位以上 2.000，地下水位以下 6.400

$$p = k \gamma h_1 + k (\gamma_{sat} - \gamma_w) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 6.4 = 50$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 6.4 = 64$$

式中：

- p -----土压力(kN/m²)
- p_w -----水压力(kN/m²)
- k -----土压力系数
- r -----土的天然容重(kN/m³)
- r_{sat} -----土的饱和容重(kN/m³)
- r_w -----水的重度(kN/m³)
- h₁ -----地下水位以上的土层厚度(m)
- h₂ -----地下水位以下的土层厚度(m)

(2)地面上活载等效土压力（标准值，kPa）：

$$p = kG_k = 0.500 \times 10.000 = 5.000$$

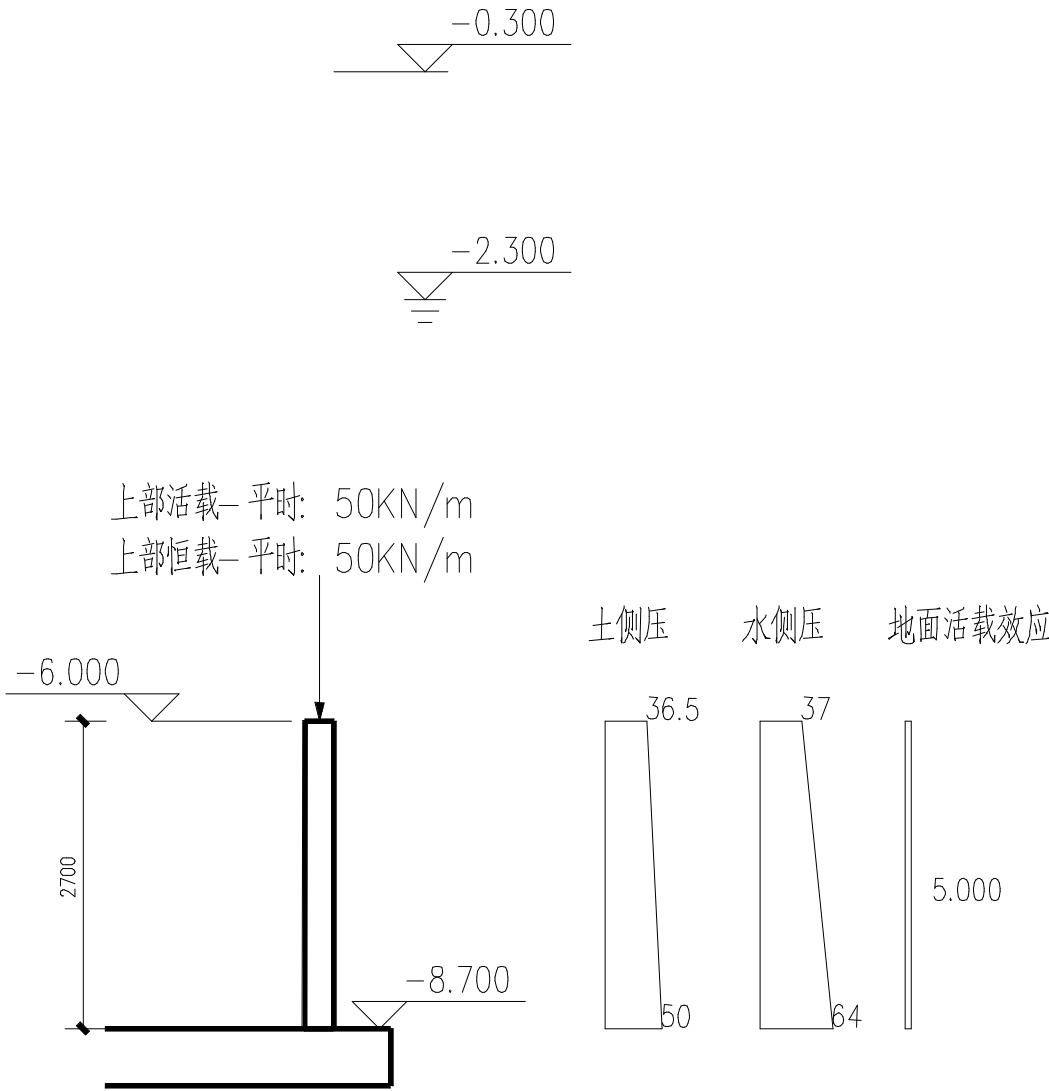
(3) 荷载组合系数表

组合	土压力	水压力	平时地面活载	上部恒载	上部活载
平时组合	1.30	1.50	1.50	1.30	1.50

(4) 侧压力荷载组合计算(kPa)：

位置	标高	土压力	水压力	地面活载等效	平时组合	准永久组合
-1 层顶	-6.00	36.50	37.00	5.00	110.45	57.50

-1 层底	-8.70	50.00	64.00	5.00	168.50	84.50
-------	-------	-------	-------	------	--------	-------



荷载图

(5) 侧压荷载分解结果表(kPa):

	平时组合		准永久组合	
地下室层号	均布荷载	三角荷载	均布荷载	三角荷载
-1	110.450	58.050	57.500	27.000

注：表中所列三角荷载值是对应于各层底的荷载值(最大)

2.2 内力计算

平时组合：按弹性板计算
准永久组合：按弹性板计算

2.2.1 竖向压力（设计值，kN/m）

平时组合：140.000
准永久组合：75.000

2.2.2 弯矩

(1) 弯矩正负号规定

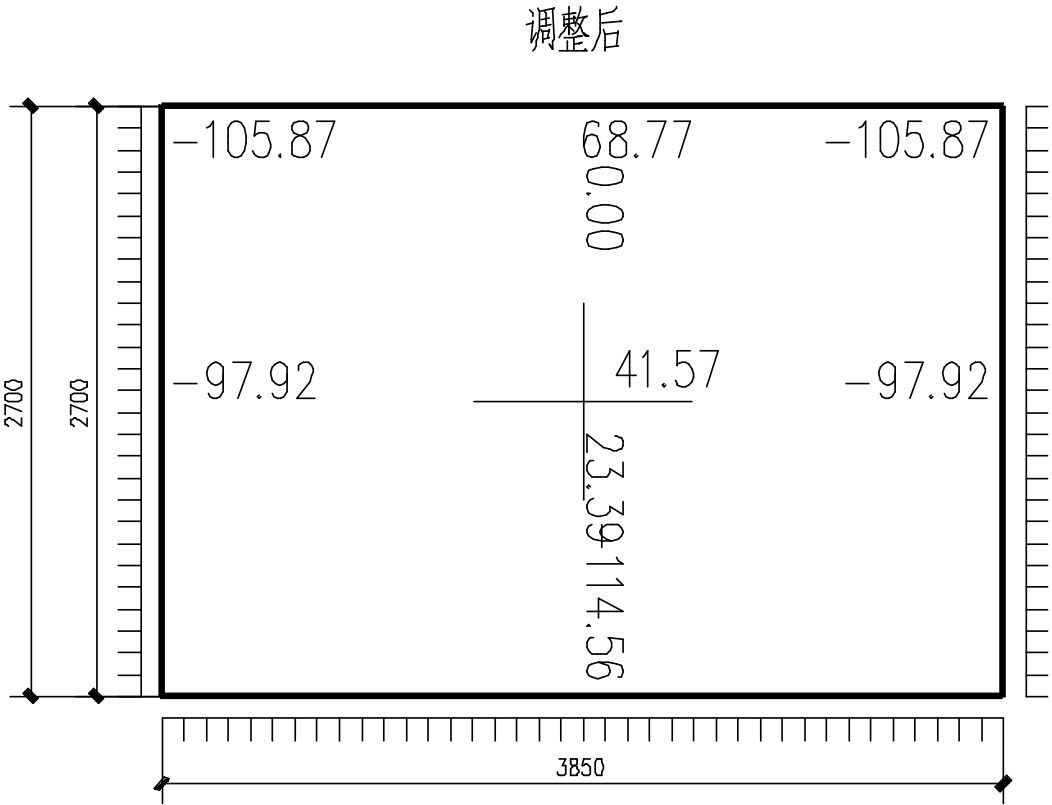
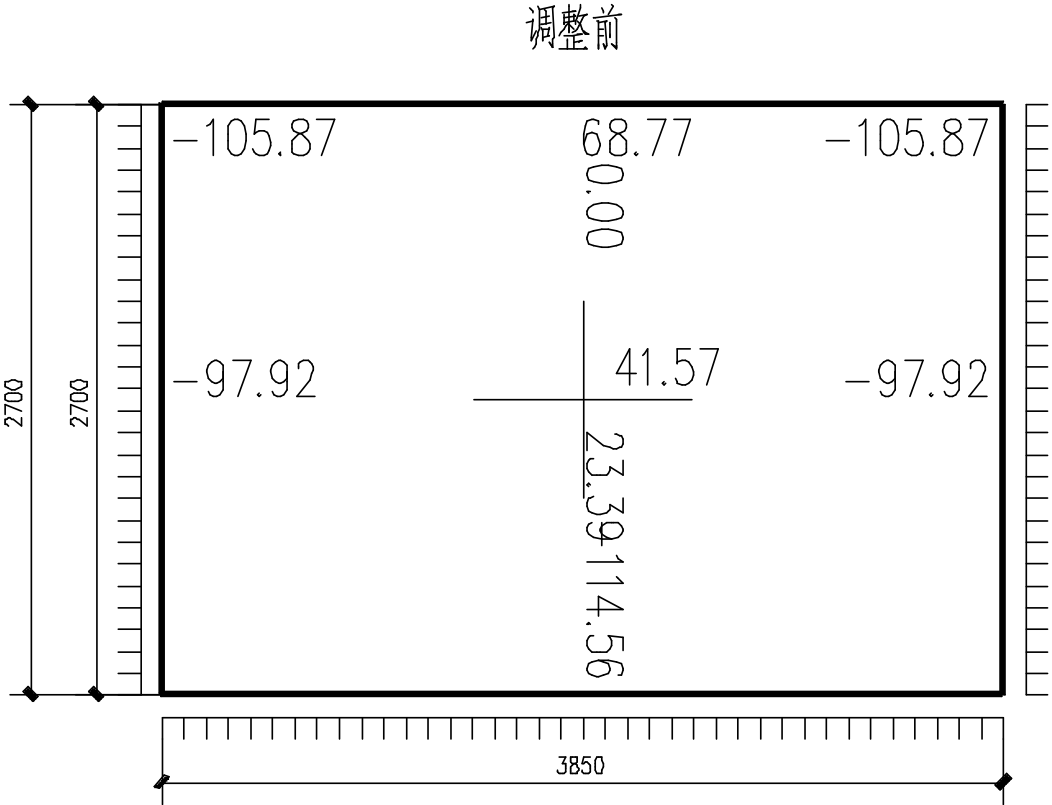
内侧受拉为正，外侧受拉为负

(2) 弯矩结果(kN.m/m)

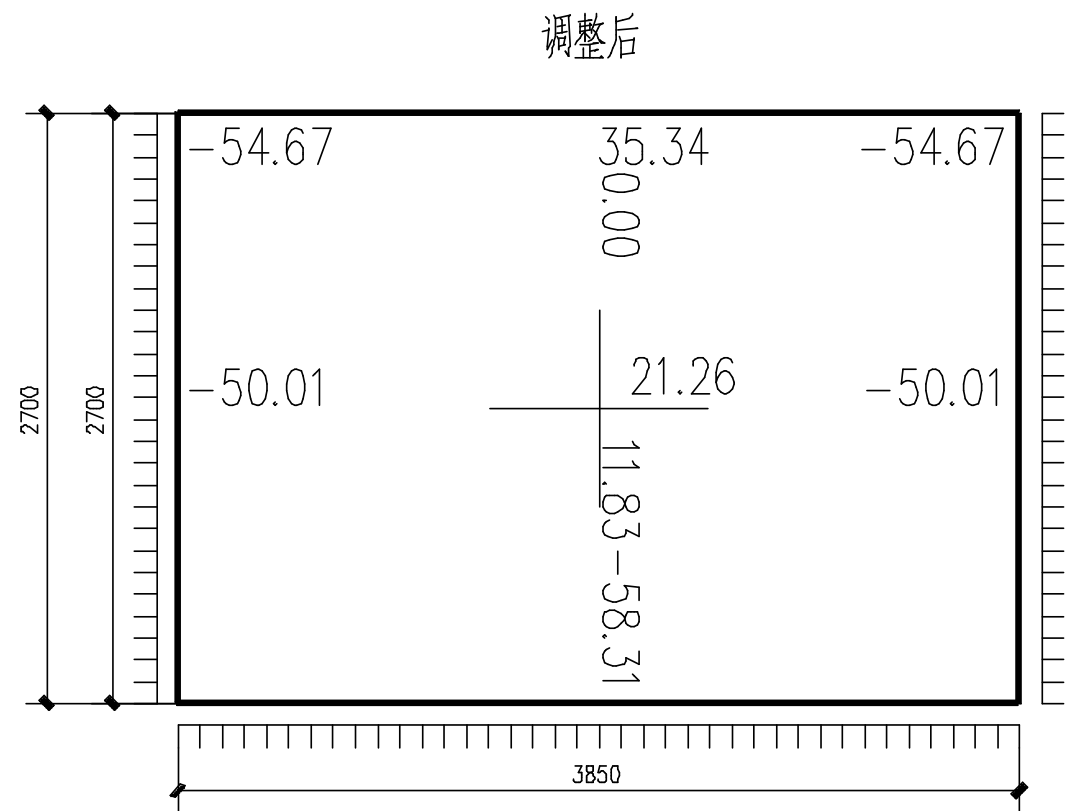
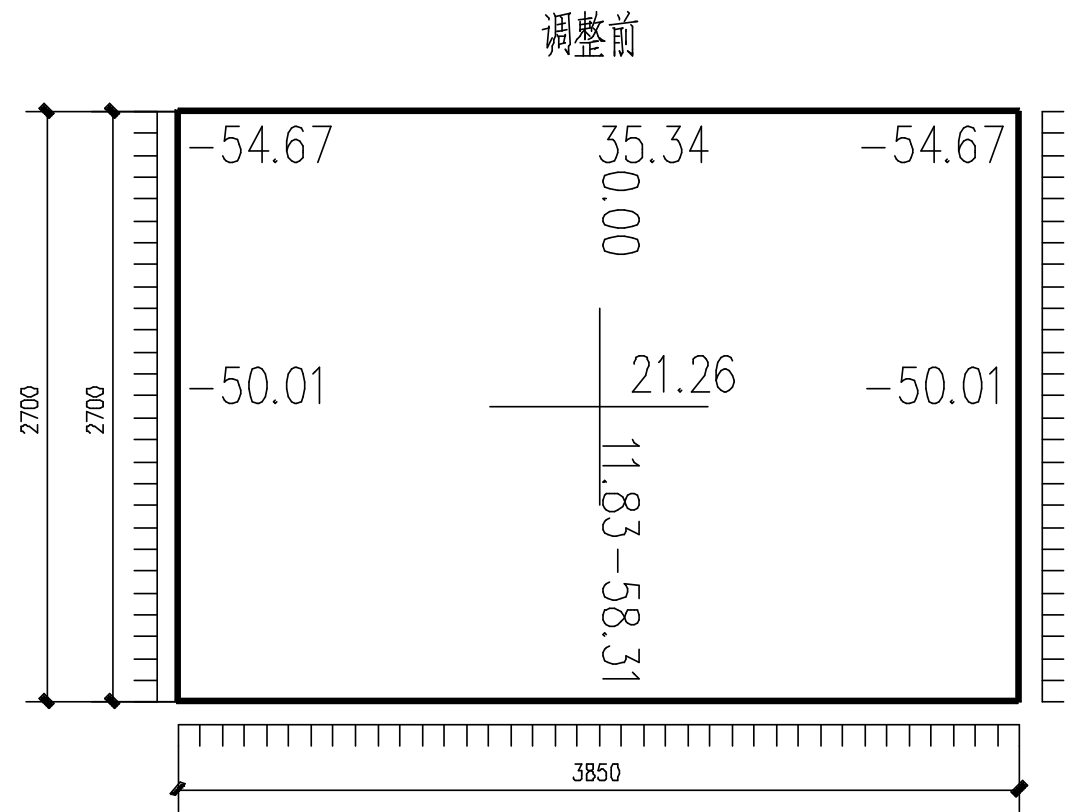
层	部位	平时组合	准永久组合
水平向			
-1 层	顶边左	-105.87	-54.67
	顶边中	68.77	35.34
	顶边右	-105.87	-54.67
	左边	-97.92	-50.01
	跨中	41.57	21.26
	右边	-97.92	-50.01
竖向			
-1 层	顶边	0.00	0.00
	跨中	23.39	11.83
	底边	-114.56	-58.31

注：因查表计算塑性板内力时无法考虑三角荷载，所以对三角荷载产生的内力仍采用弹性板计算。

平时组合弯矩图



准永久组合弯矩图



2.3 配筋及配筋成果表

2.3.1 配筋说明:

(1)配筋方法

水平按纯弯配筋，竖向取压弯与纯弯配筋的大值

(2)单位说明:

以下各表格中单位除说明外，配筋面积单位:mm²/m，裂缝宽度单位:mm，弯矩单位 kN.m/m，轴力单位 kN/m，配筋率:%

2.3.2 平时组合计算配筋表

	部位	M(kN.m/m)	N(kN/m)	As(mm²/m)	配筋率%
-1 层					
水平向	顶边左-内侧	-105.87	-----	500	0.20
	顶边左-外侧	-105.87	-----	1715	0.69
	顶边中-内侧	68.77	-----	909	0.36
	顶边中-外侧	68.77	-----	500	0.20
	顶边右-内侧	-105.87	-----	500	0.20
	顶边右-外侧	-105.87	-----	1715	0.69
	左边-内侧	-97.92	-----	500	0.20
	左边-外侧	-97.92	-----	1572	0.63
	跨中-内侧	41.57	-----	539	0.22
	跨中-外侧	41.57	-----	500	0.20
	右边-内侧	-97.92	-----	500	0.20
	右边-外侧	-97.92	-----	1572	0.63
竖向	顶边-内侧	0.00	140.0	500	0.20
	顶边-外侧	0.00	140.0	500	0.20
	跨中-内侧	23.39	140.0	500	0.20
	跨中-外侧	23.39	140.0	500	0.20
	底边-内侧	-114.56	140.0	500	0.20
	底边-外侧	-114.56	140.0	2313	0.93

2.3.3 控制情况计算配筋表

层	部位	计算 As	选筋	实配 As	实配筋率	控制组合
-1 层						
水平向	顶边左-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边左-外侧	1715	E16@110	1828	0.73	平时组合
	顶边中-内侧	909	E14@160	962	0.38	平时组合
	顶边中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边右-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边右-外侧	1715	E16@110	1828	0.73	平时组合
	左边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	1572	E16@120	1676	0.67	平时组合
	跨中-内侧	539	E12@200	565	0.23	平时组合
	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	1572	E16@120	1676	0.67	平时组合
竖向	顶边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	2313	E18@110	2313	0.93	平时组合

注：表中"计算 As"取平时组合与战时组合计算配筋的较大值

2.4 裂缝验算

按实际配筋，及相应于准永久组合的弹性内力进行计算

裂缝宽度限值:0.400mm

层	部位	M _q	N _q	选筋	实配 As	裂缝 (mm)	结论
-1 层							

水平向	顶边左-内侧	-54.7	-----	E10@150	524	0.000	满足
	顶边左-外侧	-54.7	-----	E16@110	1828	0.176	满足
	顶边中-内侧	35.3	-----	E14@160	962	0.097	满足
	顶边中-外侧	35.3	-----	E10@150	524	0.000	满足
	顶边右-内侧	-54.7	-----	E10@150	524	0.000	满足
	顶边右-外侧	-54.7	-----	E16@110	1828	0.176	满足
	左边-内侧	-50.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	左边-外侧	-50.0	-----	E16@120	1676	0.166	满足
	跨中-内侧	21.3	-----	E12@200	565	0.093	满足
	跨中-外侧	21.3	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-内侧	-50.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-外侧	-50.0	-----	E16@120	1676	0.166	满足
竖向	顶边-内侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	顶边-外侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	跨中-内侧	11.8	75.0	E10@150	524	0.015	满足
	跨中-外侧	11.8	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-内侧	-58.3	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-外侧	-58.3	75.0	E18@110	2313	0.115	满足

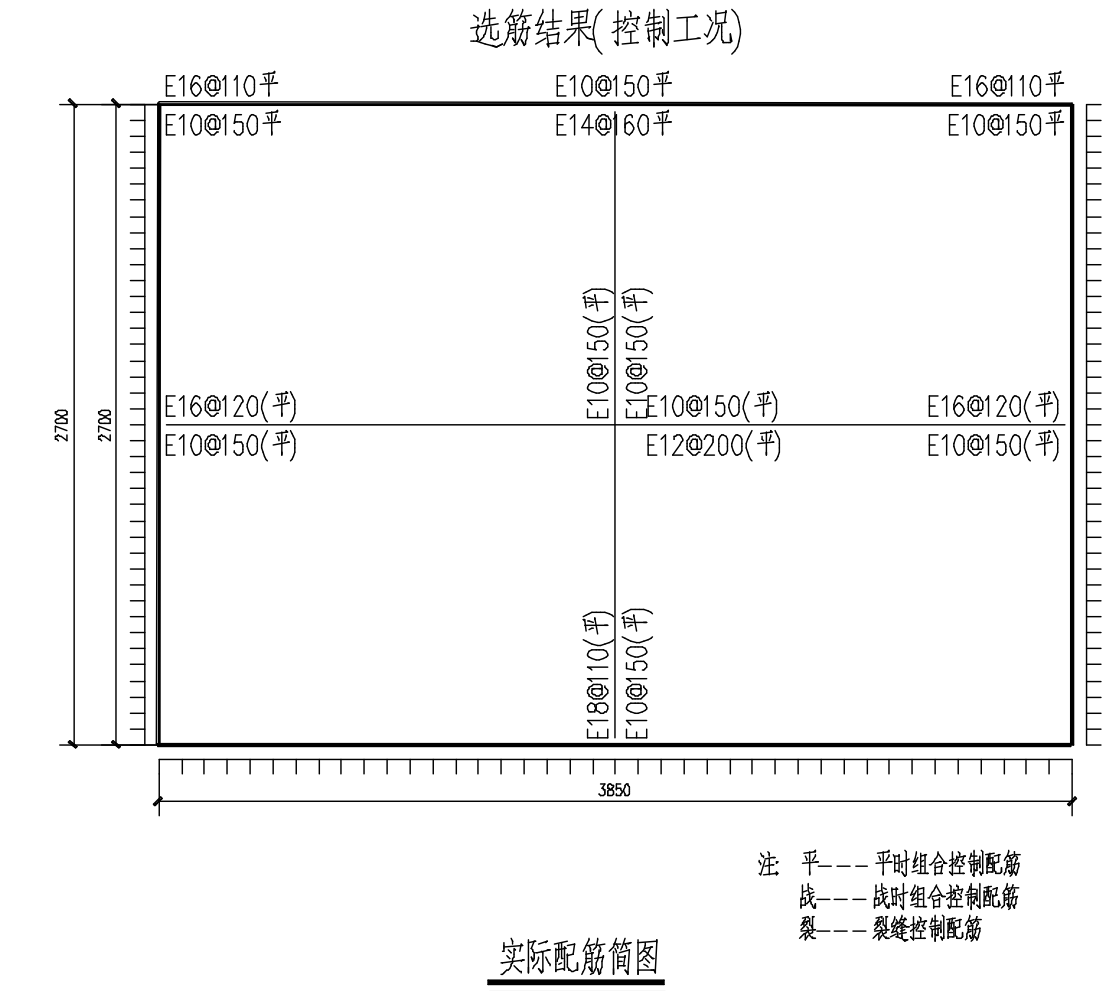
最大裂缝宽度:0.176<=0.400，满足要求。

2.5 实际配筋表

层	部位	选筋	实配面积	配筋率	配筋控制
-1 层					
水平向	顶边左-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边左-外侧	E16@110	1828	0.73	平时组合
	顶边中-内侧	E14@160	962	0.38	平时组合

	顶边中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边右-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边右-外侧	E16@110	1828	0.73	平时组合
	左边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	E16@120	1676	0.67	平时组合
	跨中-内侧	E12@200	565	0.23	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	E16@120	1676	0.67	平时组合
竖向	顶边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	E18@110	2313	0.93	平时组合

实际配筋简图



11.2 DTQ2

1 基本资料

1.1 几何信息

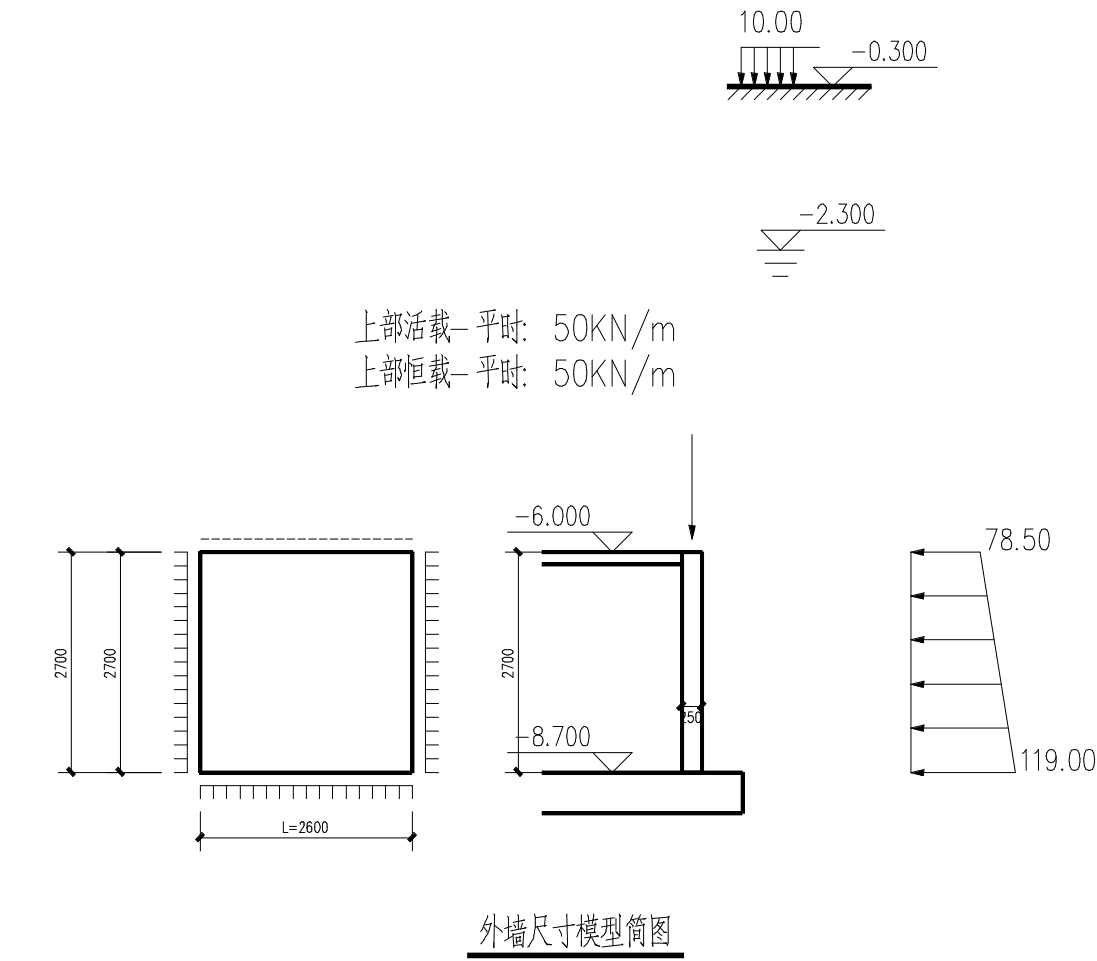
地下室层数	1	地下室顶标高(m)	-6.000
墙宽 L(m)	2.600	外地坪标高(m)	-0.300

层高表

层	层高(m)	外墙厚(mm)
-1 层	2.700	250

板边支撑条件表

板边	顶边	底边	侧边
支承方式	简支	固定	固定



1.2 荷载信息

土压力计算方法	静止土压力
静止土压力系数	0.500
水土侧压计算	水土分算
地下水压是否调整	×

地下水埋深(m)	2.000
----------	-------

土天然容重 (kN/m³)	18.00
土饱和容重 (kN/m³)	20.00

上部恒载-平时 (kN/m)	50.00	上部活载-平时 (kN/m)	50.00
上部恒载-战时 (kN/m)	---	地面活载-平时 (kPa)	10.00

1.3 配筋信息

砼强度等级	C35	配筋调整系数	1.0
钢筋级别	HRB400	竖向配筋方法	纯弯压弯取大
外纵筋保护层 (mm)	50	竖向配筋方式	非对称
内纵筋保护层 (mm)	20	裂缝限值 (mm)	0.40
泊松比	0.20	裂缝控制配筋	√
考虑 p- δ 效应	×		

1.4 计算选项信息

竖向弯矩计算方法	单块板
板计算类型 • 平时组合	弹性板
塑性板 β	---
活载准永久值系数	0.50
水压准永久值系数	0.50
活载调整系数	1.00

2 计算

- (1) 荷载计算
- (2) 内力计算
- (3) 配筋计算
- (4) 裂缝验算

荷载说明：

永久荷载：土压力荷载，上部恒载-平时，

可变荷载：地下水压力，地面活载，上部活载-平时
平时组合：平时荷载基本组合
战时组合：战时荷载基本组合
准永久组合：平时荷载准永久组合(用于裂缝计算)

2.1 荷载计算

2.1.1 墙上竖向压力

平时组合（kN/m）：1.300×50.000+1.500×50.000=140.000

准永久组合（kN/m）：50.000+0.500×50.000=75.000

2.1.2 侧压荷载计算

(1) 土压力标准值(kPa)

水土分算，土侧压按静止土压力计算，静止土压力系数 k = 0.500

地下室顶面，标高-6.000，总埋深 5.700，地下水位以上 2.000，地下水位以下 3.700

$$p = k \gamma h_1 + k \left(\gamma_{sat} - \gamma_w \right) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 3.7 = 36.5$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 3.7 = 37$$

土压力起算位置，标高-0.300

$$p = 0$$

$$p_w = 0$$

-1 层底，标高-8.700，总埋深 8.400，地下水位以上 2.000，地下水位以下 6.400

$$p = k \gamma h_1 + k \left(\gamma_{sat} - \gamma_w \right) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 6.4 = 50$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 6.4 = 64$$

式中：

- p -----土压力(kN/m²)
- p_w -----水压力(kN/m²)
- k -----土压力系数
- r -----土的天然容重(kN/m³)
- r_{sat} -----土的饱和容重(kN/m³)
- r_w -----水的重度(kN/m³)
- h₁ -----地下水位以上的土层厚度(m)
- h₂ -----地下水位以下的土层厚度(m)

(2)地面上活载等效土压力（标准值，kPa）：

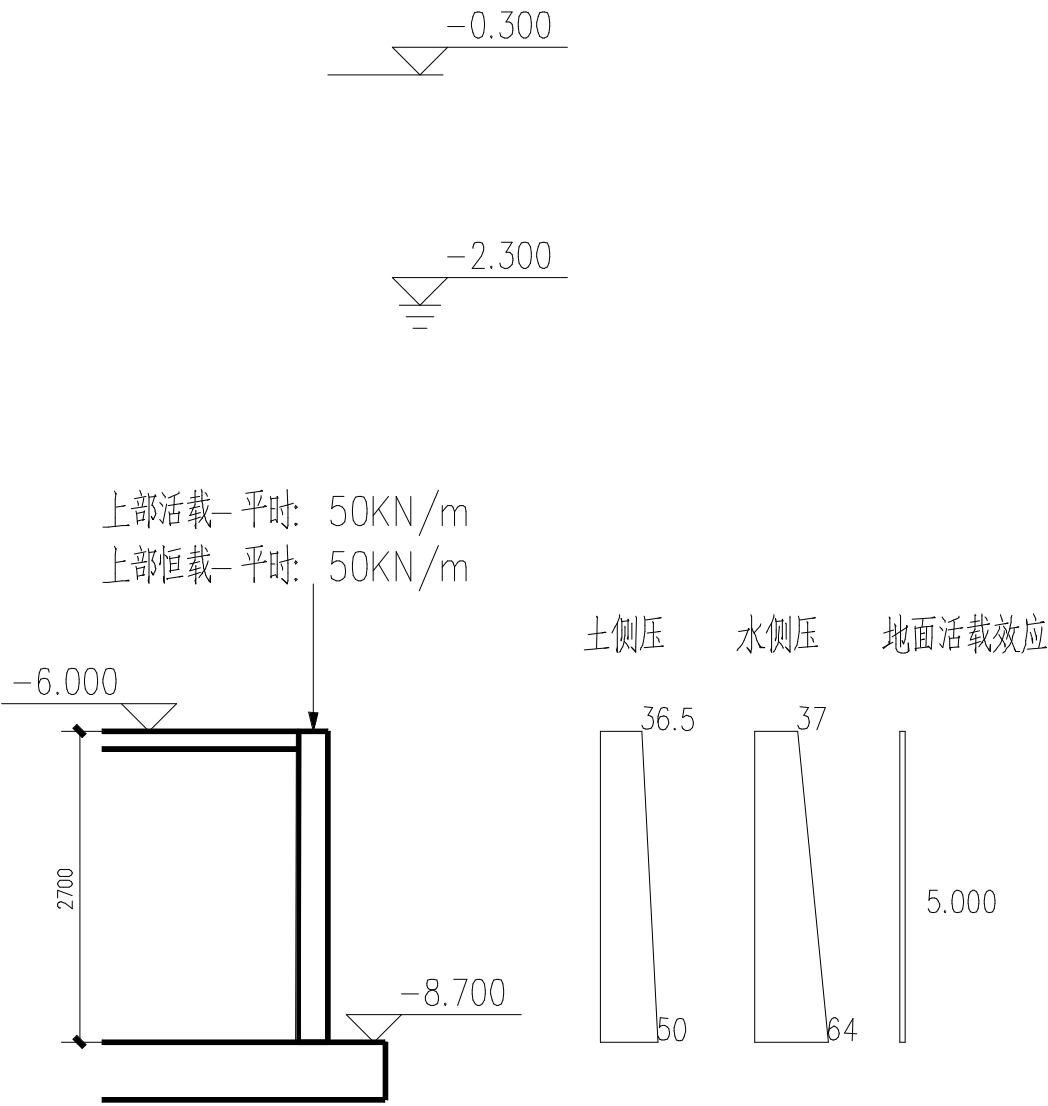
$p=kG_k=0.500\times 10.000=5.000$

(3) 荷载组合系数表

组合	土压力	水压力	平时地面活载	上部恒载	上部活载
平时组合	1.30	1.50	1.50	1.30	1.50

(4) 侧压力荷载组合计算(kPa):

位置	标高	土压力	水压力	地面活载等效	平时组合	准永久组合
-1 层顶	-6.00	36.50	37.00	5.00	110.45	57.50
-1 层底	-8.70	50.00	64.00	5.00	168.50	84.50



荷载图

(5) 侧压荷载分解结果表(kPa):

	平时组合		准永久组合	
地下室层号	均布荷载	三角荷载	均布荷载	三角荷载
-1	110.450	58.050	57.500	27.000

注：表中所列三角荷载值是对应于各层底的荷载值(最大)

2.2 内力计算

平时组合：按弹性板计算
准永久组合：按弹性板计算

2.2.1 竖向压力（设计值，kN/m）

平时组合：140.000
准永久组合：75.000

2.2.2 弯矩

(1) 弯矩正负号规定

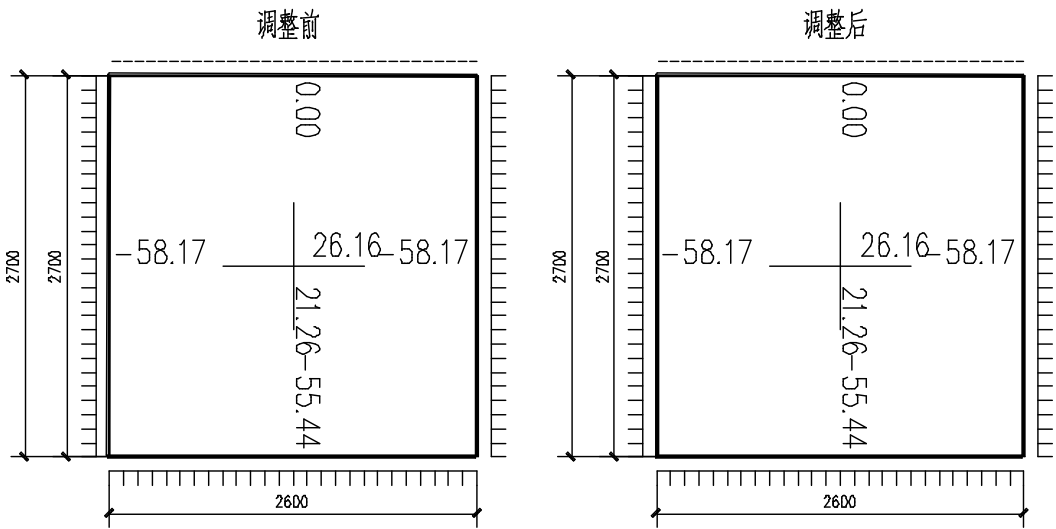
内侧受拉为正，外侧受拉为负

(2) 弯矩结果(kN.m/m)

层	部位	平时组合	准永久组合
水平向			
-1 层	左边	-58.17	-29.63
	跨中	26.16	13.33
	右边	-58.17	-29.63
竖向			
-1 层	顶边	0.00	0.00
	跨中	21.26	10.81
	底边	-55.44	-28.09

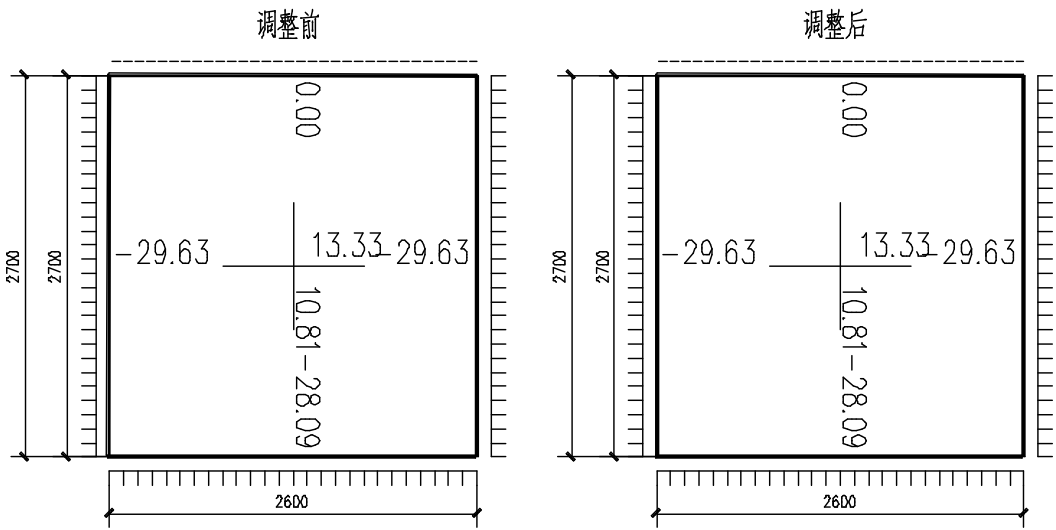
注：因查表计算塑性板内力时无法考虑三角荷载，所以对三角荷载产生的内力仍采用弹性板计算。

平时组合弯矩图



弯矩图—平时组合(kN.m/m)

准永久组合弯矩图



弯矩图—准永久组合(kN.m/m)

2.3 配筋及配筋成果表

2.3.1 配筋说明:

(1)配筋方法

水平按纯弯配筋，竖向取压弯与纯弯配筋的大值

(2)单位说明:

以下各表格中单位除说明外，配筋面积单位:mm²/m，裂缝宽度单位:mm，
弯矩单位 kN.m/m，轴力单位 kN/m，配筋率:%

2.3.2 平时组合计算配筋表

	部位	M(kN.m/m)	N(kN/m)	As(mm²/m)	配筋率%
-1 层					
水平向	左边-内侧	-58.17	-----	500	0.20
	左边-外侧	-58.17	-----	896	0.36
	跨中-内侧	26.16	-----	500	0.20
	跨中-外侧	26.16	-----	500	0.20
	右边-内侧	-58.17	-----	500	0.20
	右边-外侧	-58.17	-----	896	0.36
竖向	顶边-内侧	0.00	140.0	500	0.20
	顶边-外侧	0.00	140.0	500	0.20
	跨中-内侧	21.26	140.0	500	0.20
	跨中-外侧	21.26	140.0	500	0.20
	底边-内侧	-55.44	140.0	500	0.20
	底边-外侧	-55.44	140.0	1050	0.42

2.3.3 控制情况计算配筋表

层	部位	计算 As	选筋	实配 As	实配筋率	控制组合
-1 层						
水平向	左边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	896	E14@170	906	0.36	平时组合
	跨中-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	896	E14@170	906	0.36	平时组合
竖向	顶边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合

	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	1050	E14@140	1100	0.44	平时组合

注：表中"计算 As"取平时组合与战时组合计算配筋的较大值

2.4 裂缝验算

按实际配筋，及相应于准永久组合的弹性内力进行计算

裂缝宽度限值:0.400mm

层	部位	M _q	N _q	选筋	实配 A _s	裂缝 (mm)	结论
-1 层							
水平向	左边-内侧	-29.6	-----	E10@150	524	0.000	满足
	左边-外侧	-29.6	-----	E14@170	906	0.147	满足
	跨中-内侧	13.3	-----	E10@150	524	0.030	满足
	跨中-外侧	13.3	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-内侧	-29.6	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-外侧	-29.6	-----	E14@170	906	0.147	满足
竖向	顶边-内侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	顶边-外侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	跨中-内侧	10.8	75.0	E10@150	524	0.013	满足
	跨中-外侧	10.8	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-内侧	-28.1	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-外侧	-28.1	75.0	E14@140	1100	0.046	满足

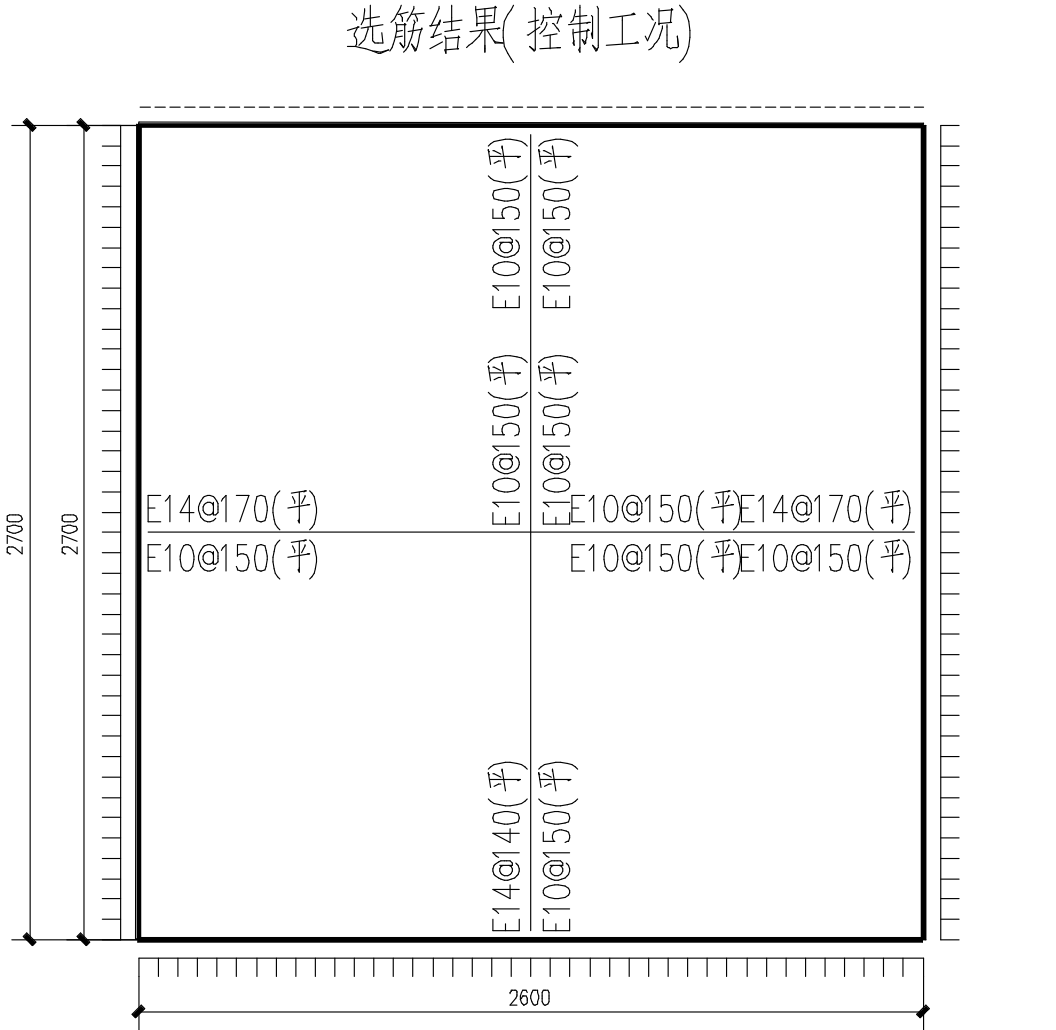
最大裂缝宽度:0.147<=0.400，满足要求。

2.5 实际配筋表

层	部位	选筋	实配面积	配筋率	配筋控制
-1 层					
水平向	左边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	E14@170	906	0.36	平时组合

	跨中-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	E14@170	906	0.36	平时组合
竖向	顶边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	E14@140	1100	0.44	平时组合

实际配筋简图



注 平——平时组合控制配筋
战——战时组合控制配筋
裂——裂缝控制配筋

实际配筋简图

11.3 DTQ3

1 基本资料

1.1 几何信息

地下室层数	1	地下室顶标高(m)	-6.000
-------	---	-----------	--------

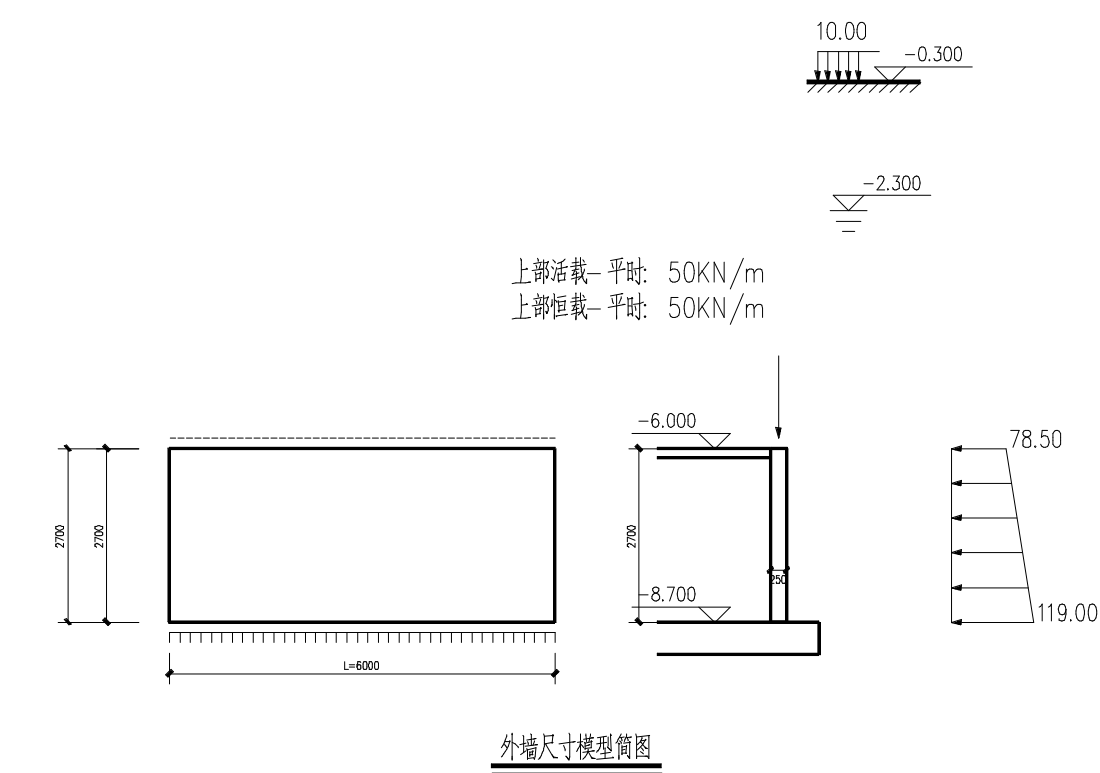
墙宽 L(m)	6.000	外地坪标高(m)	-0.300
---------	-------	----------	--------

层高表

层	层高(m)	外墙厚(mm)
-1 层	2.700	250

板边支撑条件表

板边	顶边	底边	侧边
支承方式	简支	固定	自由



1.2 荷载信息

土压力计算方法	静止土压力
静止土压力系数	0.500
水土侧压计算	水土分算
地下水压是否调整	×

地下水埋深(m)	2.000
土天然容重(kN/m³)	18.00
土饱和容重(kN/m³)	20.00

上部恒载-平时(kN/m)	50.00	上部活载-平时(kN/m)	50.00
上部恒载-战时(kN/m)	---	地面活载-平时(kPa)	10.00

1.3 配筋信息

砼强度等级	C35	配筋调整系数	1.0
钢筋级别	HRB400	竖向配筋方法	纯弯压弯取大
外纵筋保护层(mm)	50	竖向配筋方式	非对称
内纵筋保护层(mm)	20	裂缝限值(mm)	0.40
泊松比	0.20	裂缝控制配筋	√
考虑 p-δ 效应	×		

1.4 计算选项信息

竖向弯矩计算方法	连续梁
板计算类型·平时组合	弹性板
支座弯矩调幅幅度(%)	0.0
塑性板 β	---
活载准永久值系数	0.50
水压准永久值系数	0.50
活载调整系数	1.00

2 计算

- (1) 荷载计算
- (2) 内力计算
- (3) 配筋计算
- (4) 裂缝验算

荷载说明：

- 永久荷载：土压力荷载，上部恒载-平时，
- 可变荷载：地下水压力，地面活载，上部活载-平时
- 平时组合：平时荷载基本组合
- 战时组合：战时荷载基本组合
- 准永久组合：平时荷载准永久组合(用于裂缝计算)

2.1 荷载计算

2.1.1 墙上竖向压力

- 平时组合（kN/m）： $1.300 \times 50.000 + 1.500 \times 50.000 = 140.000$
- 准永久组合（kN/m）： $50.000 + 0.500 \times 50.000 = 75.000$

2.1.2 侧压荷载计算

(1) 土压力标准值(kPa)

水土分算，土侧压按静止土压力计算，静止土压力系数 $k = 0.500$

地下室顶面，标高-6.000，总埋深 5.700，地下水位以上 2.000，地下水位以下 3.700

$$p = k \gamma h_1 + k \left(\gamma_{sat} - \gamma_w \right) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 3.7 = 36.5$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 3.7 = 37$$

土压力起算位置，标高-0.300

$$p = 0$$

$$p_w = 0$$

-1 层底，标高-8.700，总埋深 8.400，地下水位以上 2.000，地下水位以下 6.400

$$p = k \gamma h_1 + k \left(\gamma_{sat} - \gamma_w \right) h_2 = 0.5 \times 18 \times 2 + 0.5 \times (20 - 10) \times 6.4 = 50$$

$$p_w = \gamma_w h = 10 \times 6.4 = 64$$

式中：

- p -----土压力(kN/m²)
- p_w -----水压力(kN/m²)
- k -----土压力系数
- r -----土的天然容重(kN/m³)
- r_{sat} -----土的饱和容重(kN/m³)
- r_w -----水的重度(kN/m³)
- h₁ -----地下水位以上的土层厚度(m)
- h₂ -----地下水位以下的土层厚度(m)

(2)地面上活载等效土压力（标准值，kPa）：

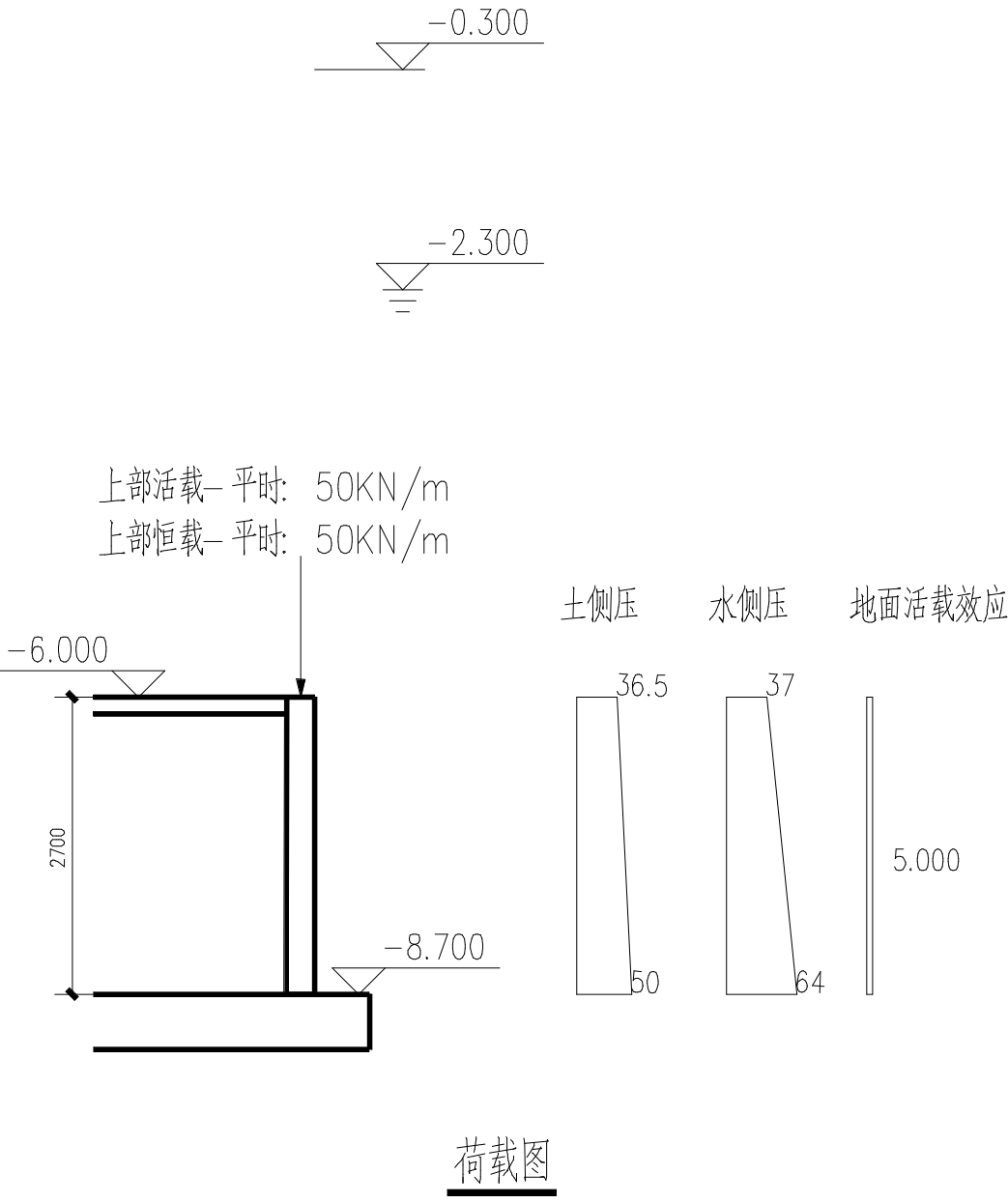
$$p = kG_k = 0.500 \times 10.000 = 5.000$$

(3) 荷载组合系数表

组合	土压力	水压力	平时地面活载	上部恒载	上部活载
平时组合	1.30	1.50	1.50	1.30	1.50

(4) 侧压力荷载组合计算(kPa)：

位置	标高	土压力	水压力	地面活载等效	平时组合	准永久组合
-1 层顶	-6.00	36.50	37.00	5.00	110.45	57.50
-1 层底	-8.70	50.00	64.00	5.00	168.50	84.50



(5) 侧压荷载分解结果表(kPa):

	平时组合		准永久组合	
地下室层号	均布荷载	三角荷载	均布荷载	三角荷载
-1	110.450	58.050	57.500	27.000

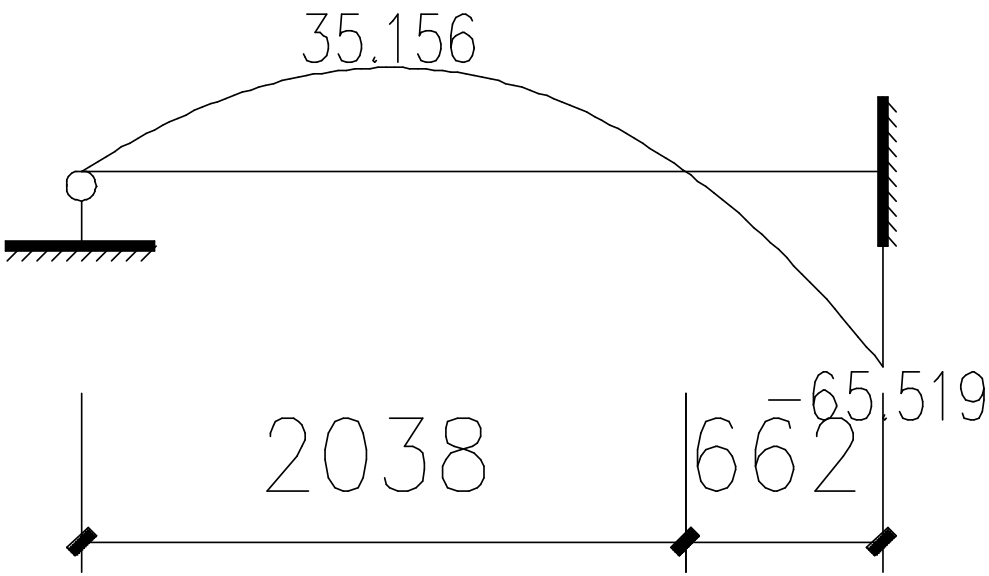
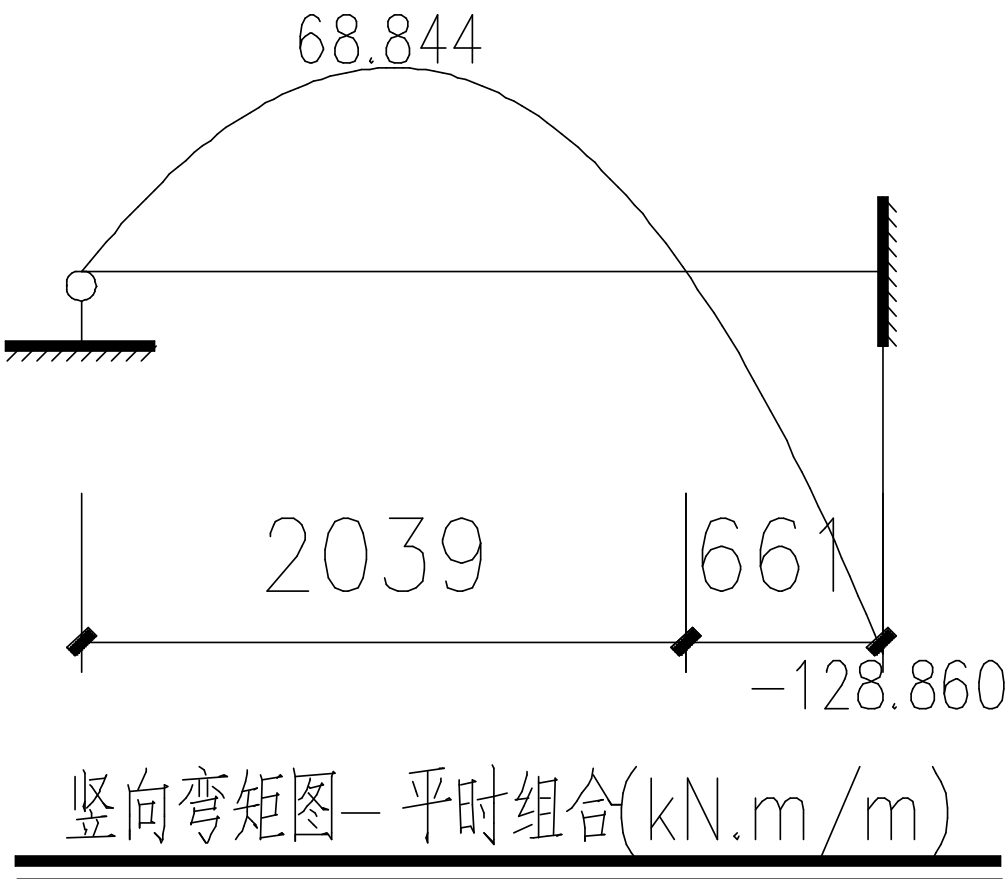
注：表中所列三角荷载值是对应于各层底的荷载值(最大)

2.2 内力计算

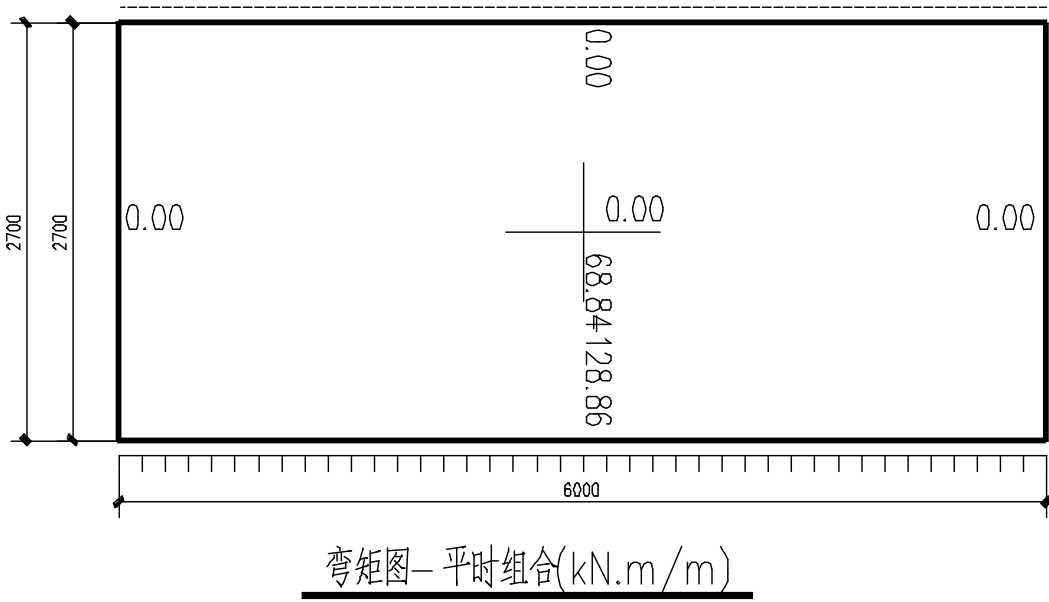
按连续梁计算
竖向弯矩按连续梁模型计算，水平向弯矩仍按板块模型计算
调幅前(kN.m/m)

层	部位	平时组合	准永久组合
水平向	-1 层 左边	0.00	0.00
	跨中	0.00	0.00
	右边	0.00	0.00
竖向	-1 层 顶边	0.00	0.00
	跨中	68.84	35.16
	底边	-128.86	-65.52

结果不进行调幅
平时组合弯矩图



准永久组合弯矩图



2.3 配筋及配筋成果表

2.3.1 配筋说明:

(1)配筋方法

水平按纯弯配筋，竖向取压弯与纯弯配筋的大值

(2)单位说明:

以下各表格中单位除说明外，配筋面积单位:mm²/m，裂缝宽度单位:mm，弯矩单位 kN.m/m，轴力单位 kN/m，配筋率:%

2.3.2 平时组合计算配筋表

	部位	M(kN.m/m)	N(kN/m)	As(mm ² /m)	配筋率%
-1 层					
水平向	左边-内侧	0.00	-----	500	0.20
	左边-外侧	0.00	-----	500	0.20
	跨中-内侧	0.00	-----	500	0.20
	跨中-外侧	0.00	-----	500	0.20
	右边-内侧	0.00	-----	500	0.20
	右边-外侧	0.00	-----	500	0.20

竖向	顶边-内侧	0.00	140.0	500	0.20
	顶边-外侧	0.00	140.0	500	0.20
	跨中-内侧	68.84	140.0	1336	0.53
	跨中-外侧	68.84	140.0	500	0.20
	底边-内侧	-128.86	140.0	500	0.20
	底边-外侧	-128.86	140.0	2619	1.05

2.3.3 控制情况计算配筋表

层	部位	计算 As	选筋	实配 As	实配筋率	控制组合
-1 层						
水平 向	左边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
竖向	顶边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	1336	E14@110	1399	0.56	平时组合
	跨中-外侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	500	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	2619	E20@110	2856	1.14	平时组合

注：表中"计算 As"取平时组合与战时组合计算配筋的较大值

2.4 裂缝验算

按实际配筋，及相应于准永久组合的弹性内力进行计算

裂缝宽度限值:0.400mm

层	部位	M _q	N _q	选筋	实配 As	裂缝 (mm)	结论
-1 层							
水平	左边-内侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足

向							
	左边-外侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	跨中-内侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	跨中-外侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-内侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
	右边-外侧	0.0	-----	E10@150	524	0.000	满足
竖向	顶边-内侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	顶边-外侧	0.0	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	跨中-内侧	35.2	75.0	E14@110	1399	0.028	满足
	跨中-外侧	35.2	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-内侧	-65.5	75.0	E10@150	524	0.000	满足
	底边-外侧	-65.5	75.0	E20@110	2856	0.115	满足

最大裂缝宽度:0.115<=0.400，满足要求。

2.5 实际配筋表

层	部位	选筋	实配面积	配筋率	配筋控制
-1 层					
水平 向	左边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	左边-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	右边-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
竖向	顶边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	顶边-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	跨中-内侧	E14@110	1399	0.56	平时组合
	跨中-外侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-内侧	E10@150	524	0.21	平时组合
	底边-外侧	E20@110	2856	1.14	平时组合

