

安全梯笼安全计算书

(新型箱式墩身安全梯笼作业平台)

结 构 验 算



浙江宝佳力科技有限公司
Zhejiang Baojiali Technology Co., Ltd.

设计： 吴世强

复核： 陈适真

审核： 周洋

审定： 周洋

浙江宝佳力科技有限公司

目录

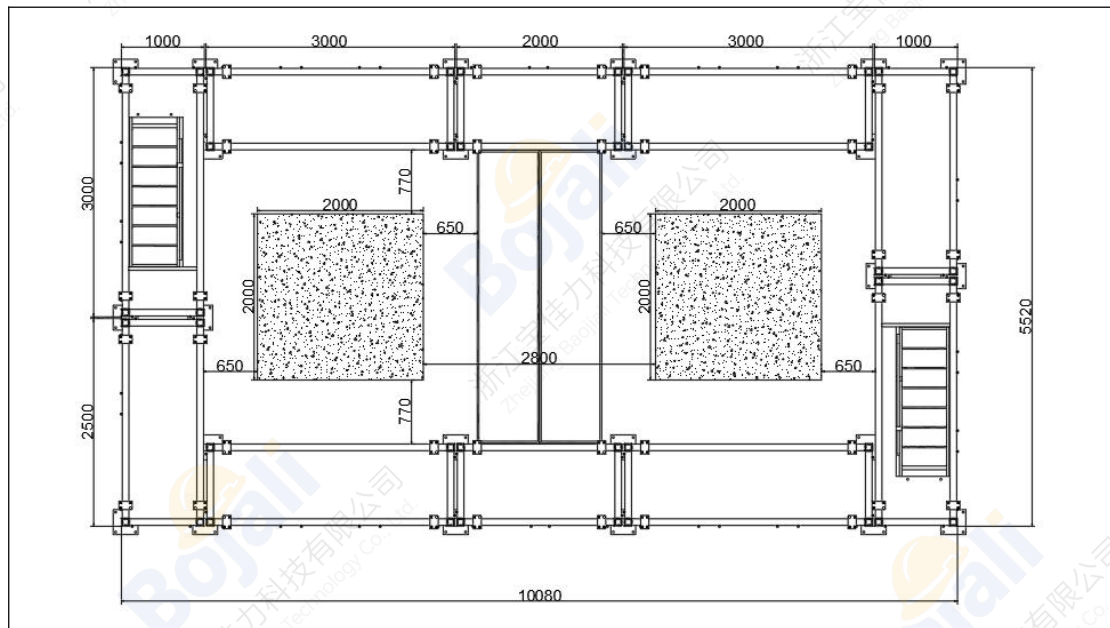
1、	箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台结构概况	1
2、	验算依据	2
3、	计算模型	2
4、	荷载条件	2
4.1	恒荷载	2
4.2	活荷载	3
4.2.1	人员荷载	3
4.2.2	风荷载	3
5、	荷载组合	5
6、	边界条件设置	6
7、	分析结果	7
7.1	应力结果	7
7.2	变形结果	8
7.3	抗倾覆验算	11
7.4	稳定性验算	14
7.5	验算比结果	15
7.6	截面计算结果	16
7.6.1	立柱计算结果	16
7.6.2	横梁计算结果	18
7.6.3	梯梁计算结果	20
8、	结论与意见	21
9、	附录：基本风压	22

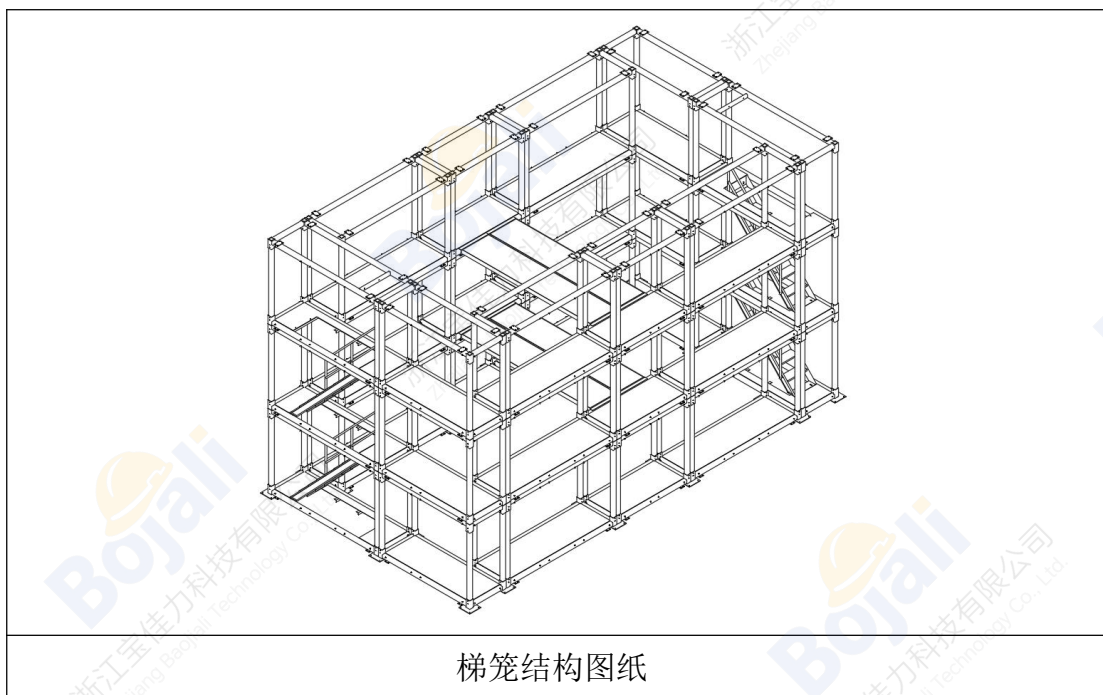
1、箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台结构概况

该结构为临时性箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台，用于施工人员作业，整体高度 20m。

组合式墩身围笼技术参数：

- 1、整体材质:Q235 碳钢；
- 2、主框架采用 80*80 方管，壁厚 2.0mm 厚；
- 3、立柱采用 80*80 方管，壁厚 3.0mm 厚；
- 4、立柱接头采用 97*97 方管，壁厚 4.2mm 方管；
- 5、中间联系平台 2.0m 厚防滑花纹板，侧管 40*80 方管，平台宽 0.7 米；
- 6、楼梯侧梁采用 C140 槽钢；
- 7、楼梯踏步采用 3.0mm 厚防滑花纹板；
- 8、安全网外框和斜拉撑均采用 40*2.0mm 角钢；
- 9、安全网采用菱形钢板网，网孔 60*100mm，网丝厚度 2.0mm；
- 10、楼梯扶手采用直径 30mm 的方管，1.3mm 厚；
- 11、立柱螺丝采用 8.8 级高强螺栓；
- 12、主框架与立柱、楼梯、扶手、安全网均可拆卸，配套安全门底座；
- 13、表面处理:喷涂工艺。



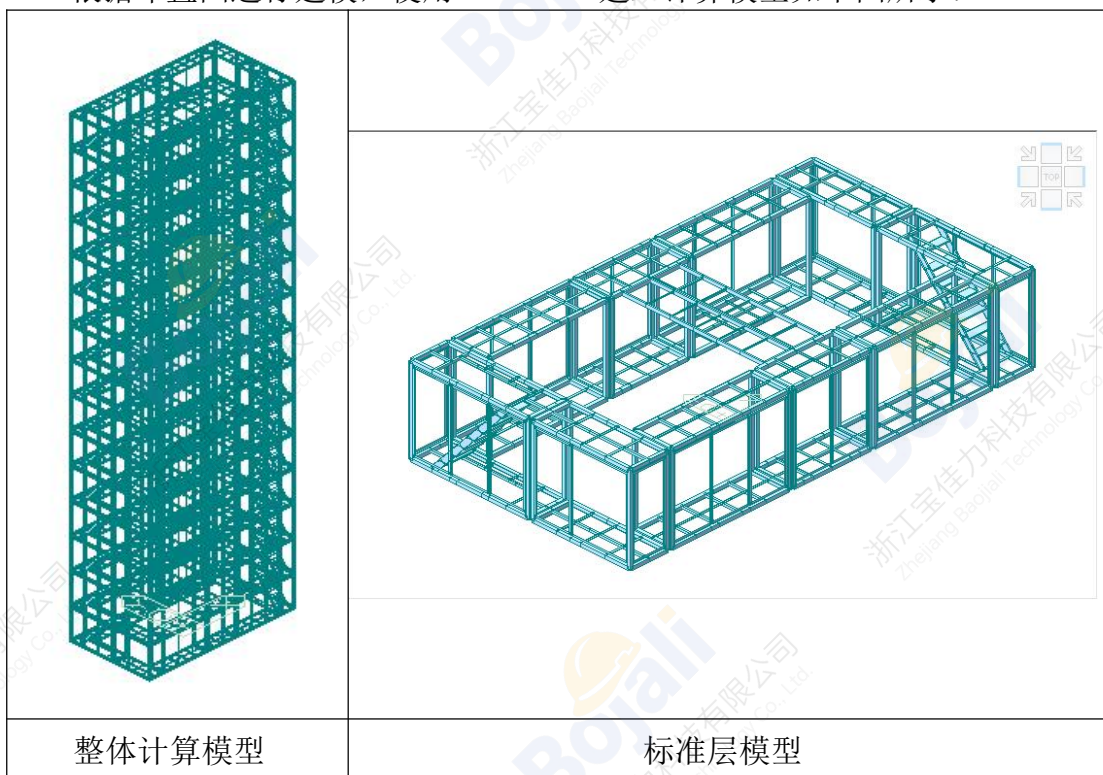


2、验算依据

- (1) 《钢结构设计标准》(GB50017-2017)
- (2) 《建筑结构荷载规范》GB50009-2012)
- (3) 《公路工程脚手架与支架施工安全技术规程》(JT_T1516-2024)

3、计算模型

根据布置图进行建模，使用 MidasGen 建立计算模型如下图所示：



4、荷载条件

4.1 恒荷载

- (1) 结构自重

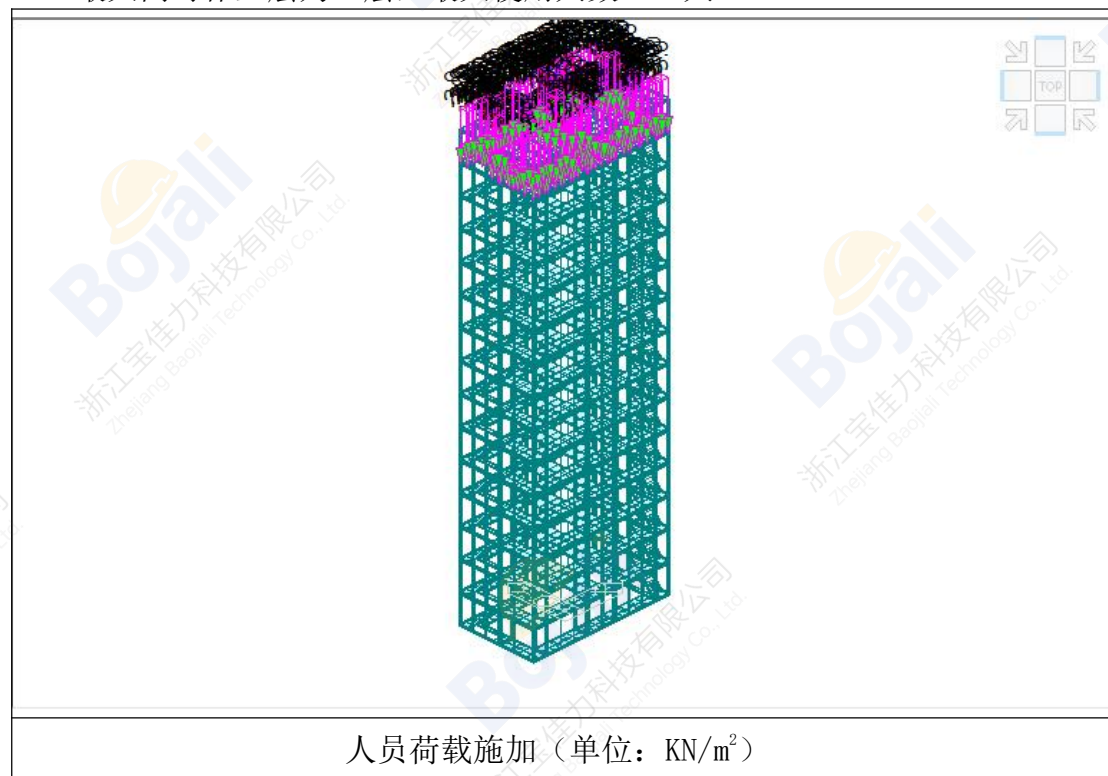
考虑到螺栓等细部结构以及积灰等模型未表达，取 1.05 倍自重常数（由程序控制）

4.2 活荷载

4.2.1 人员荷载

根据 JT_T1516-2024 公路工程脚手架与支架施工安全技术规程，施工人员荷载取 3.0KN/m^2 。

最大同时作业层为 1 层，最大使用人数 100 人。



4.2.2 风荷载

施工地点位于浙江省绍兴市，根据《建筑结构荷载规范》GB50009-2012) 取 10 年期基本风压为 0.30KN/m^2 ，地面粗糙类别为 B 类。

基本风压: $w_0=0.30\text{KN/m}^2$

结构类型: 主要受力结构

基本自振周期: $T_1=0.77\text{s}$

脉动风荷载水平方向相关系数: $\rho_x=1.00$

建筑高度: $H=30.00\text{m}$

计算位置的高度: $z=30.00\text{m}$

结构阻尼比: $\zeta_1=0.01$

地面粗糙度: B

修正系数 η : 1.00

风压高度变化系数

离地面高度取计算点的高度 $z=30.00\text{m}$

查《荷载规范》表 8.2.1, 风压高度变化系数 $\mu_z=1.39$

考虑修正系数 η 后, $\mu_z=\mu_z\eta=1.39\times 1.00=1.39$

结构第 1 阶振型系数

$z/H=30.00/30.00=1.000$

查《荷载规范》表 G.0.2, 结构第 1 阶振型系数 $\phi_1(z)=0.34$

脉动风荷载的背景分量因子

查《荷载规范》表 8.4.5-1, 系数 $k=0.91$, 系数 $a_1=0.22$

根据《荷载规范》公式 8.4.6-1

脉动风荷载垂直方向相关系数

$$\rho_z = \frac{10 \sqrt{\frac{(-H)}{H+60e} \frac{(-30.00)}{30.00+60e} - 60}}{H} = \frac{10 \sqrt{\frac{(-30.00)}{30.00+60e} - 60}}{30.00} = 0.84$$

根据《荷载规范》第 8.4.5 条

脉动风荷载的背景分量因子

$$B_z = k H^{a_1} \rho_x \rho_z \frac{\phi_1(z)}{\mu_z}$$
$$= 0.91 \times 30.00^{0.22} \times 1.00 \times 0.84 \times \frac{0.34}{1.39} = 0.39$$

脉动风荷载的共振分量因子

结构第 1 阶自振频率 $f_1=1/T_1=1/0.77=1.30\text{Hz}$

根据《荷载规范》公式 8.4.4

地面粗糙度修正系数 $k_w=1.00$

$$x_1 = \frac{30 f_1}{\sqrt{k_w w_0}} = \frac{30 \times 1.299}{\sqrt{1.00 \times 0.30}} = 71.13$$

脉动风荷载的共振分量因子

$$R = \sqrt{\frac{\pi}{6 \zeta_1} \frac{x_1^2}{(1+x_1^2)^{4/3}}} = \sqrt{\frac{\pi}{6 \times 0.01} \times \frac{71.13^2}{(1+71.13^2)^{4/3}}} = 1.75$$

风振系数

根据《荷载规范》公式 8.4.3

峰值因子 g 取 2.5

10m 高度名义湍流强度 I_{10} 取 0.14

风振系数

$$\beta_z = 1 + 2g I_{10} B_z \sqrt{1+R^2}$$
$$= 1 + 2 \times 2.5 \times 0.14 \times 0.39 \times \sqrt{1+1.75^2} = 1.55$$

风荷载标准值

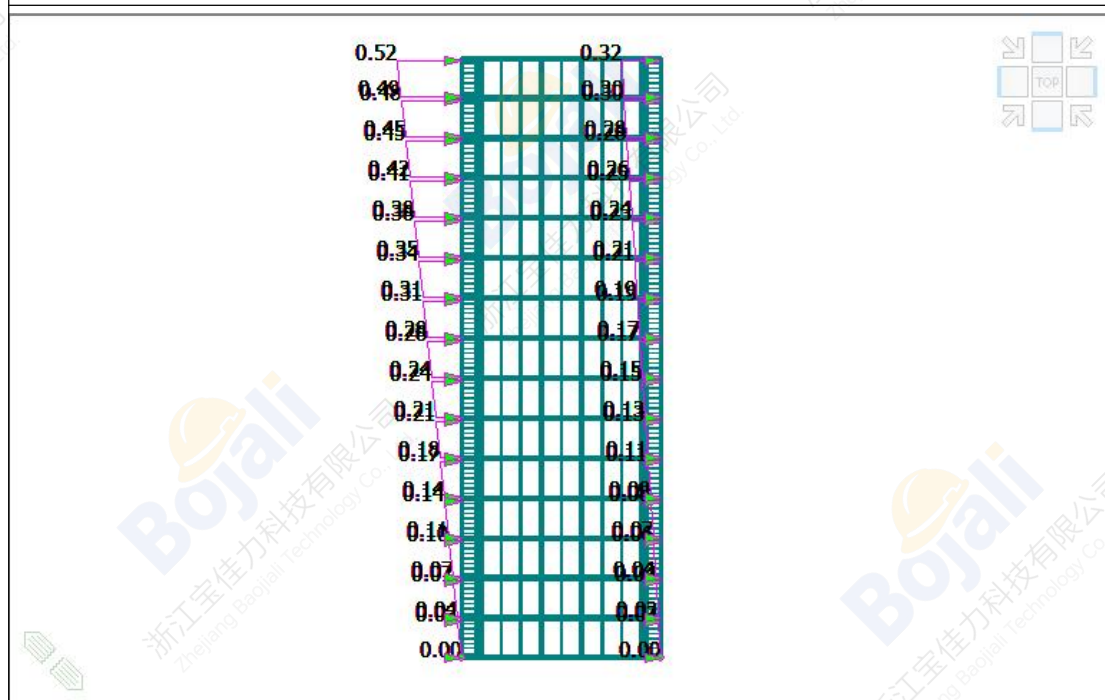
根据《荷载规范》公式 8.1.1-1

迎风面 $w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.55 \times 0.80 \times 1.39 \times 0.30 = 0.52\text{kN/m}^2$

背风面 $w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.55 \times 0.50 \times 1.39 \times 0.30 = 0.32\text{kN/m}^2$



正风荷载施加 (单位: KN/m^2)



侧风荷载施加 (单位: KN/m^2)

5、荷载组合

根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017), 活荷载分项系数取 1.5, 恒荷载分项系数取 1.3, 根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)取人员荷载组合值系数为 0.7。

5.3.1 房屋建筑的屋面，其水平投影面上的屋面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数的取值，不应小于表5.3.1的规定。

表5.3.1 屋面均布活荷载标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数

项次	类 别	标准值 (kN/m ²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0.0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5
4	屋顶运动场地	3.0	0.7	0.6	0.4

8.1.4 风荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数可分别取0.6、0.4和0.0。

荷载组合系数规范原文

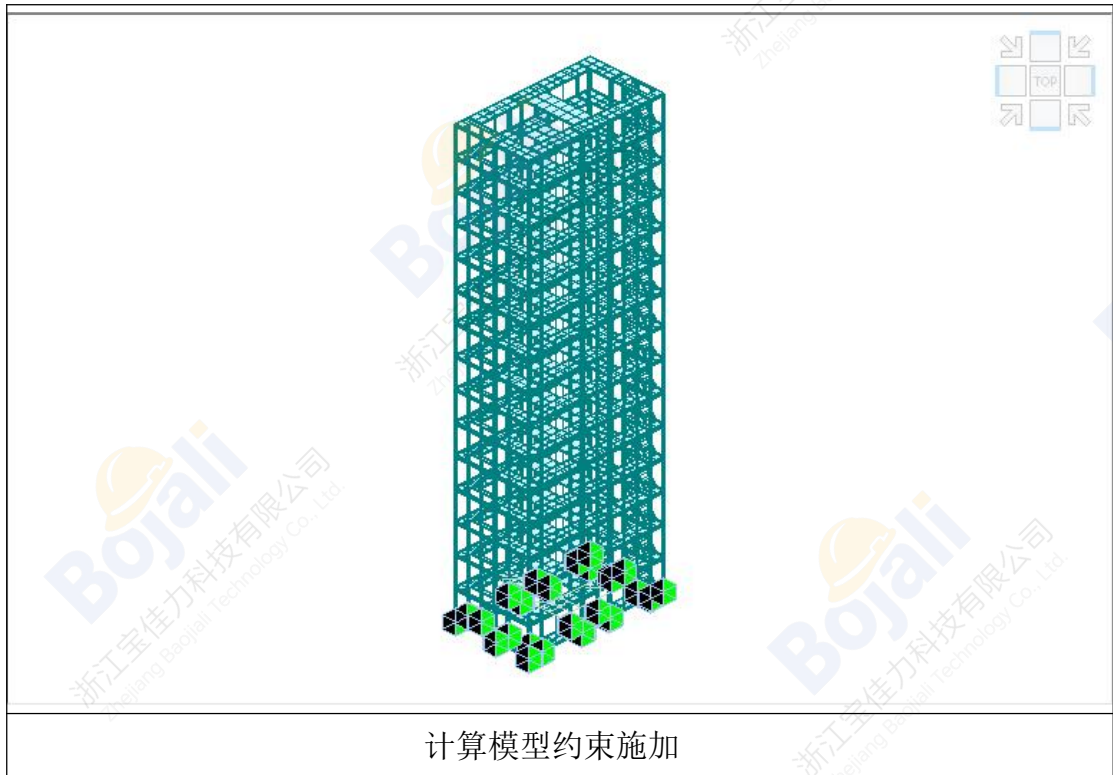
荷载组合情况如下：

名称	类型	组合方式	自重	侧风荷载	正风荷载	人员荷载
强度 1	基本组合	相加	1.3	0.9		1.05
强度 2	基本组合	相加	1.3		0.9	1.05
强度 3	基本组合	相加	1.3		1.5	
强度 4	基本组合	相加	1	1.5		
强度 5	基本组合	相加	1.3			1.5
抗倾 1	基本组合	相加	1	1.5		
抗倾 2	基本组合	相加	1		1.5	
刚度 1	标准组合	相加	1	1		
刚度 2	标准组合	相加	1		1	
刚度 3	标准组合	相加	1			1

强度校核使用强度荷载组合，刚度校核使用刚度荷载组合。

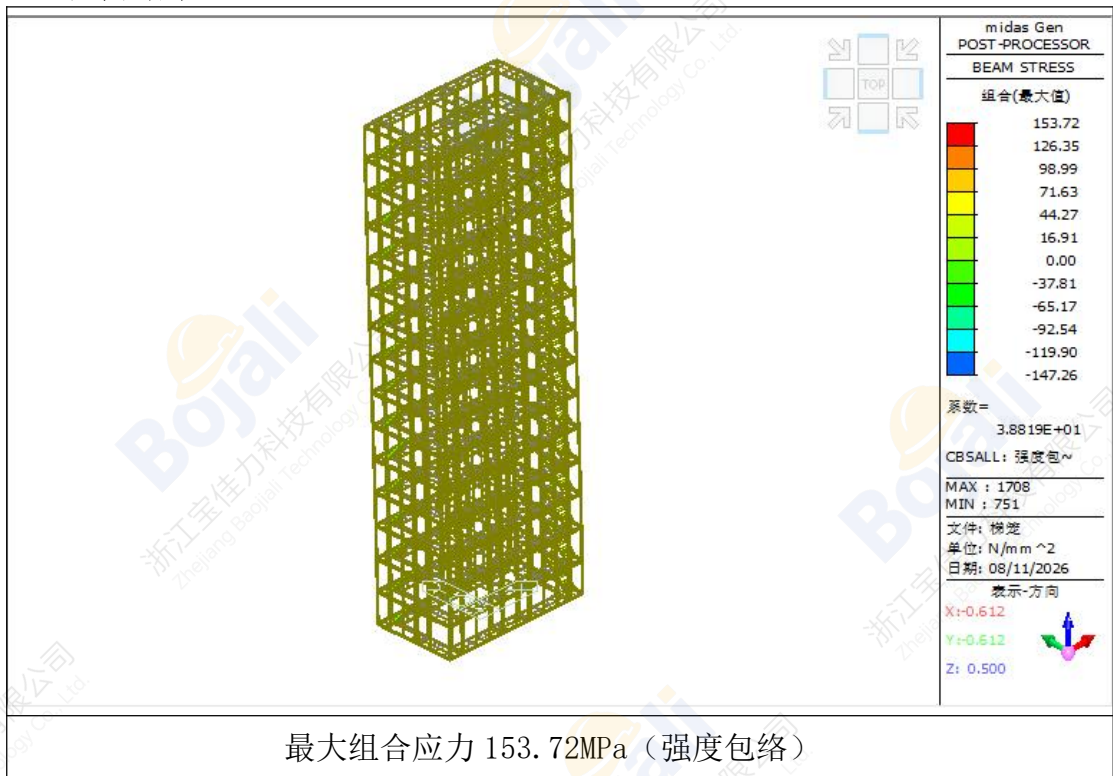
6、边界条件设置

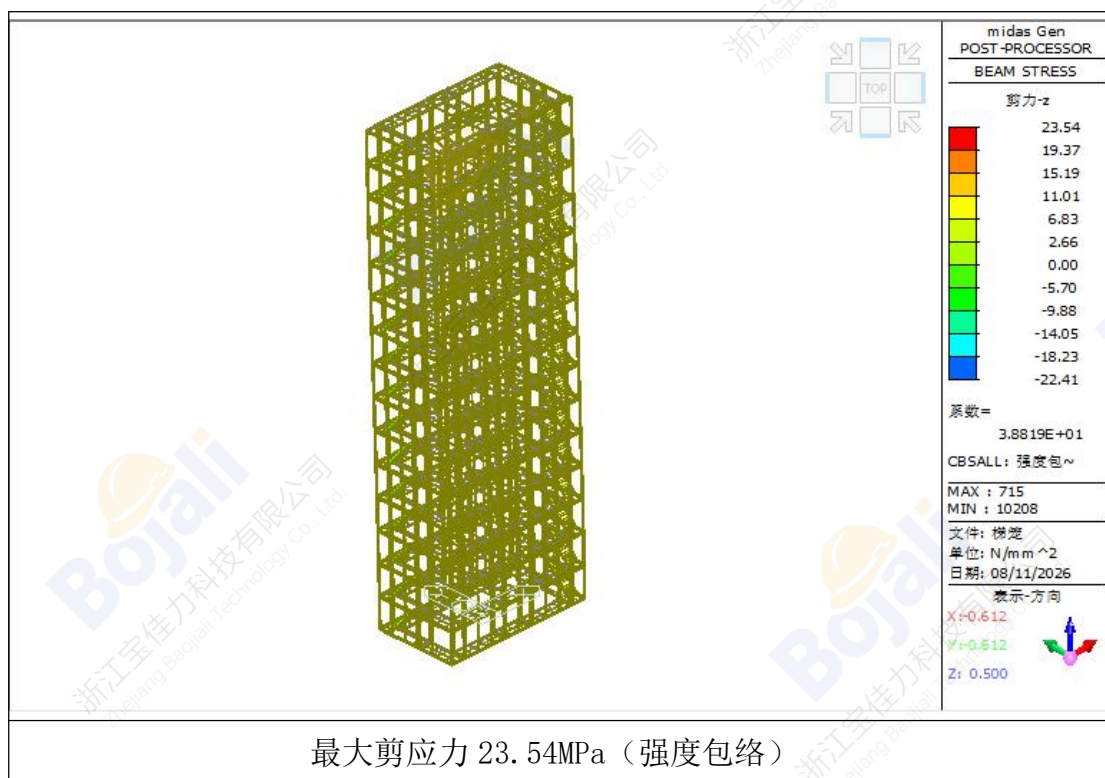
钢楼梯底部与地面铰接限制 Dx、Dy、Dz 自由度，扶墙根部位置与混凝土铰接限制 Dx、Dy、Dz 自由度。



7、分析结果

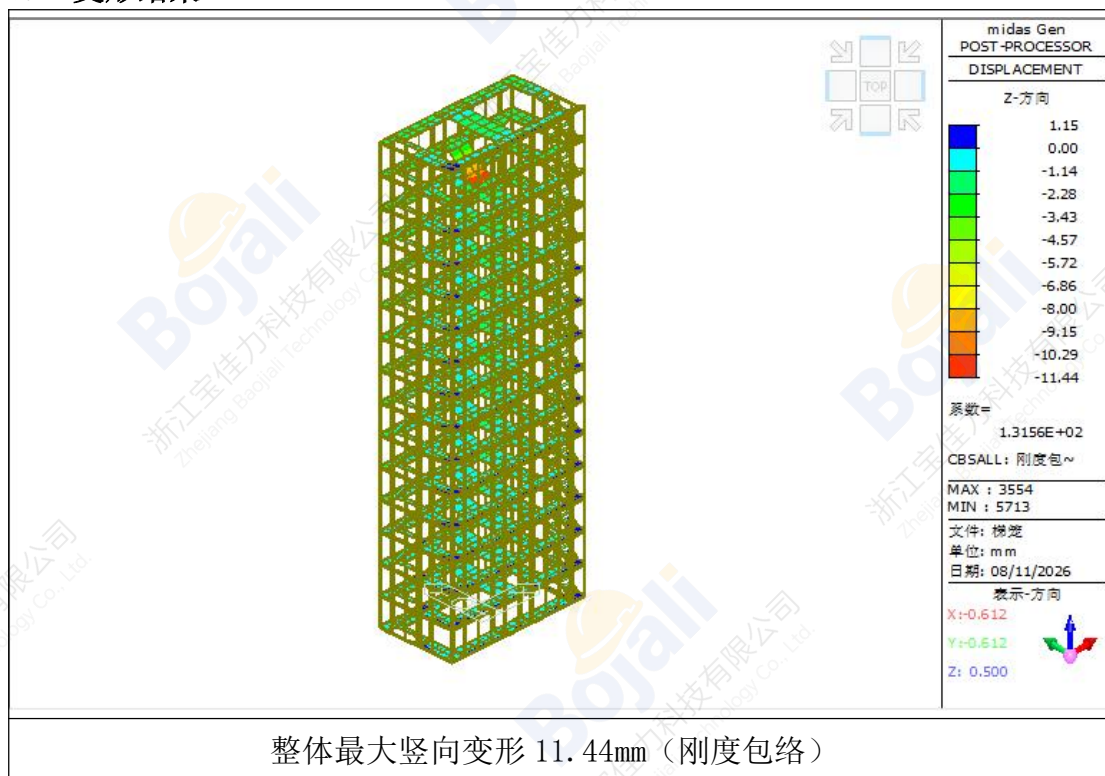
7.1 应力结果

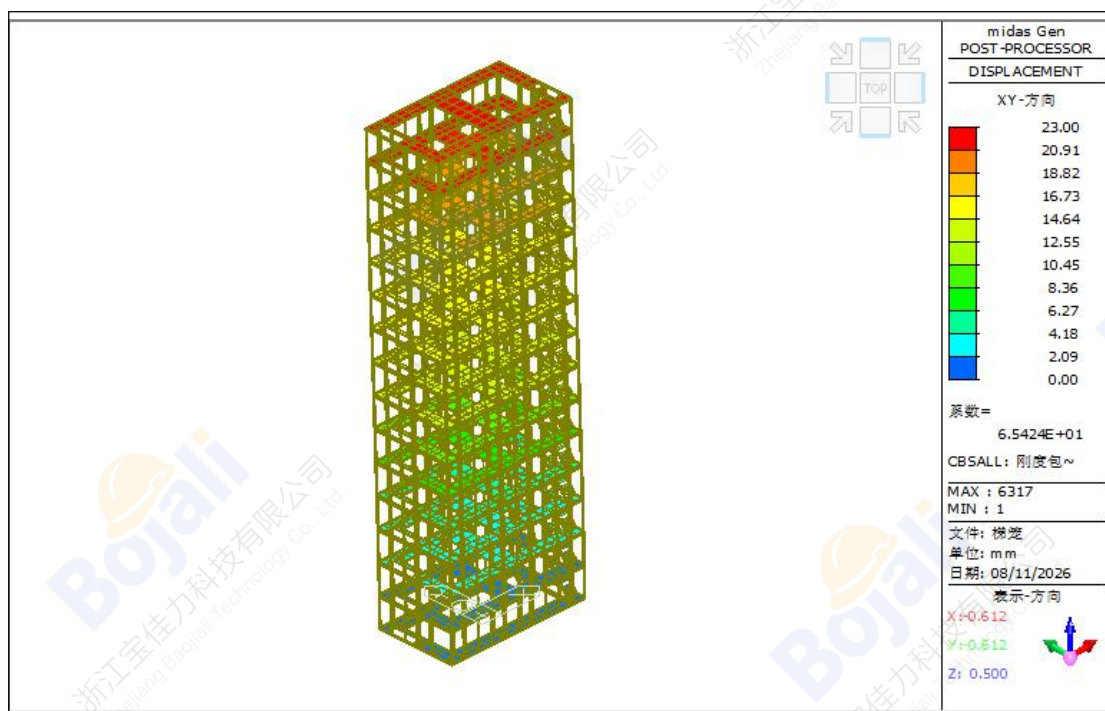




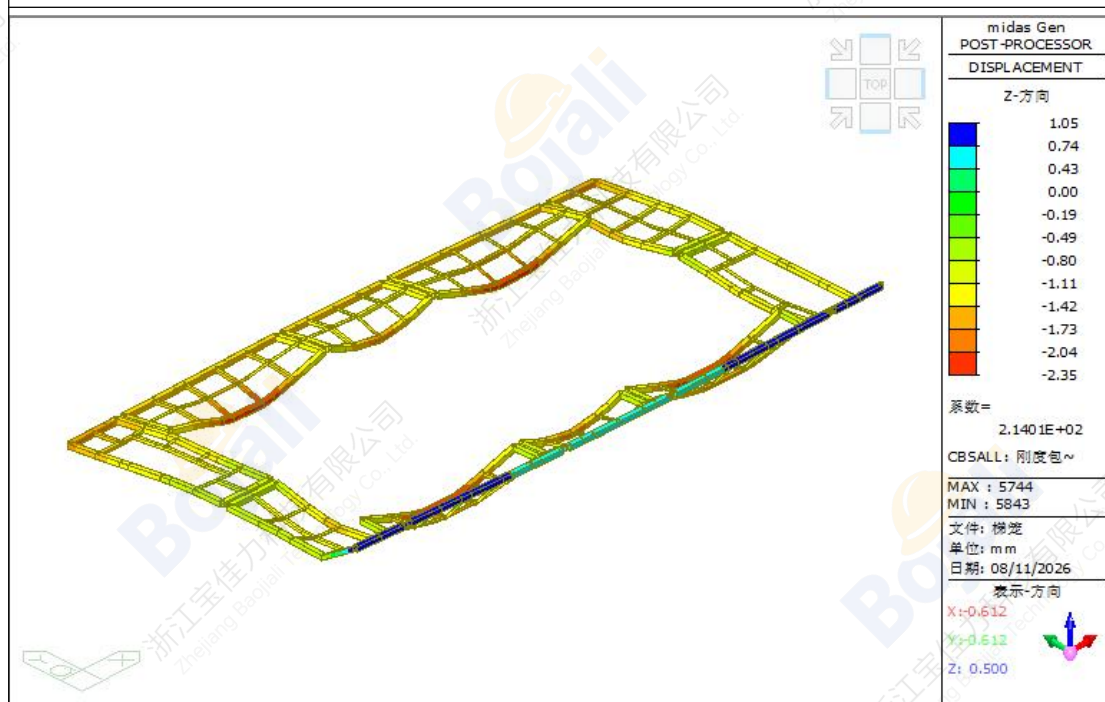
综上，箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台最大组合应力为 153.72MPa，最大剪应力 23.54MPa，根据《GB50017 钢结构设计标准》要求 Q235 抗弯设计强度为 215MPa，抗剪设计强度为 125MPa，153.72MPa<215MPa，23.54MPa<125MPa，箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台强度安全！

7.2 变形结果

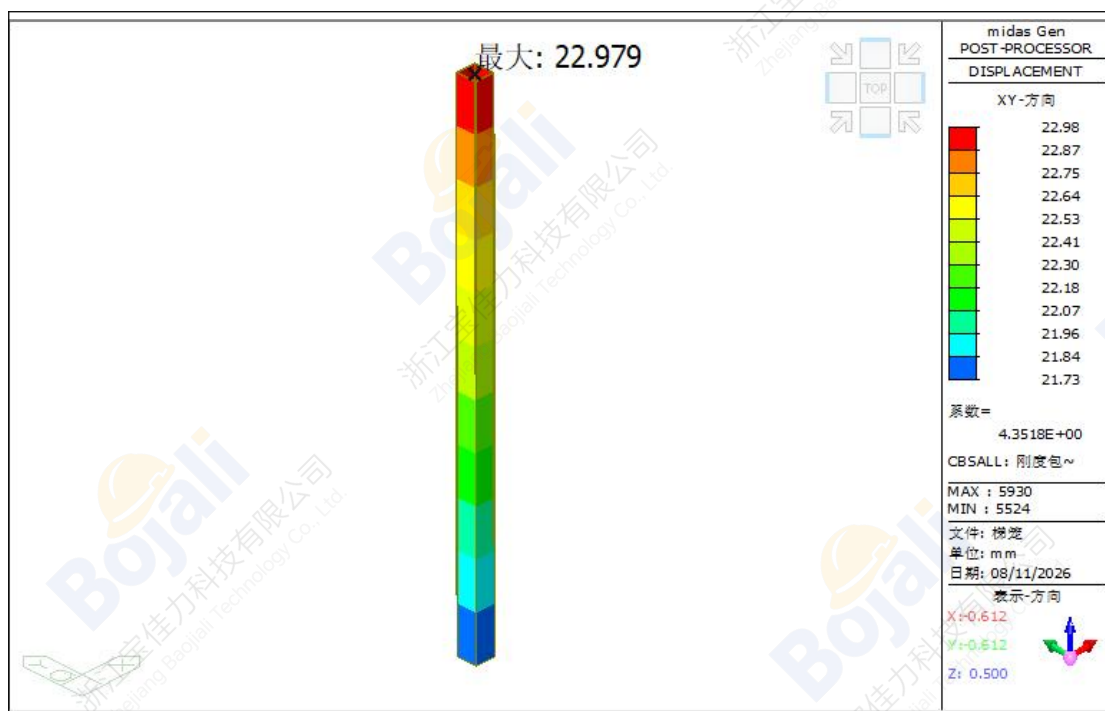




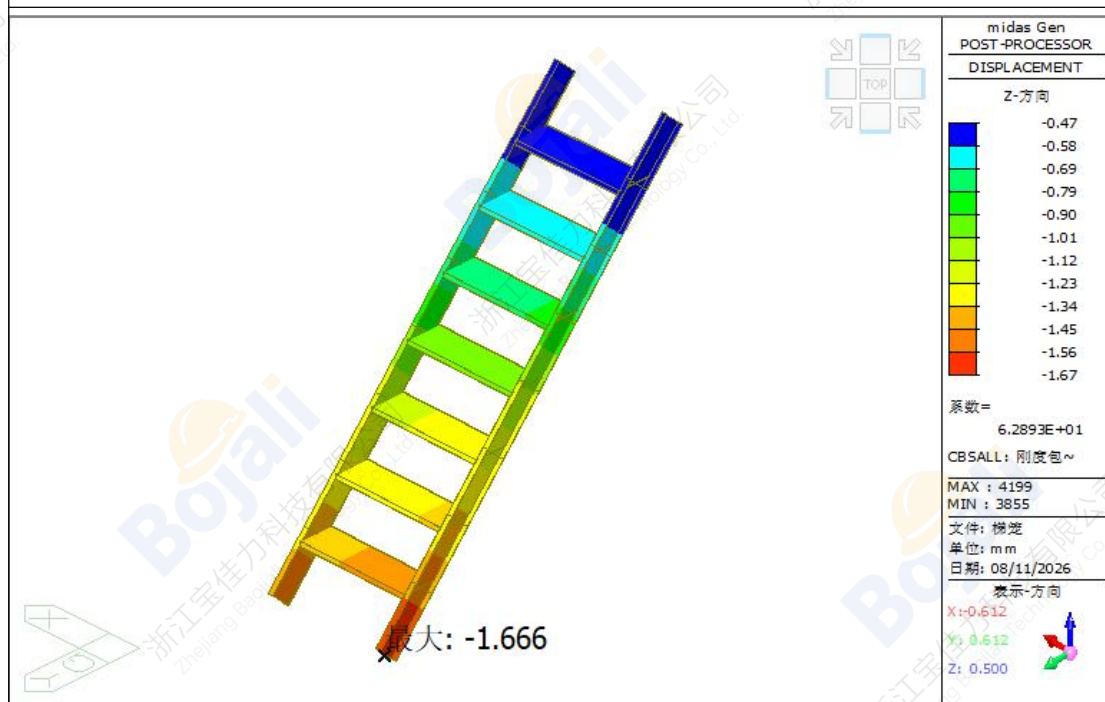
整体最大横向变形 23.00mm (刚度包络)



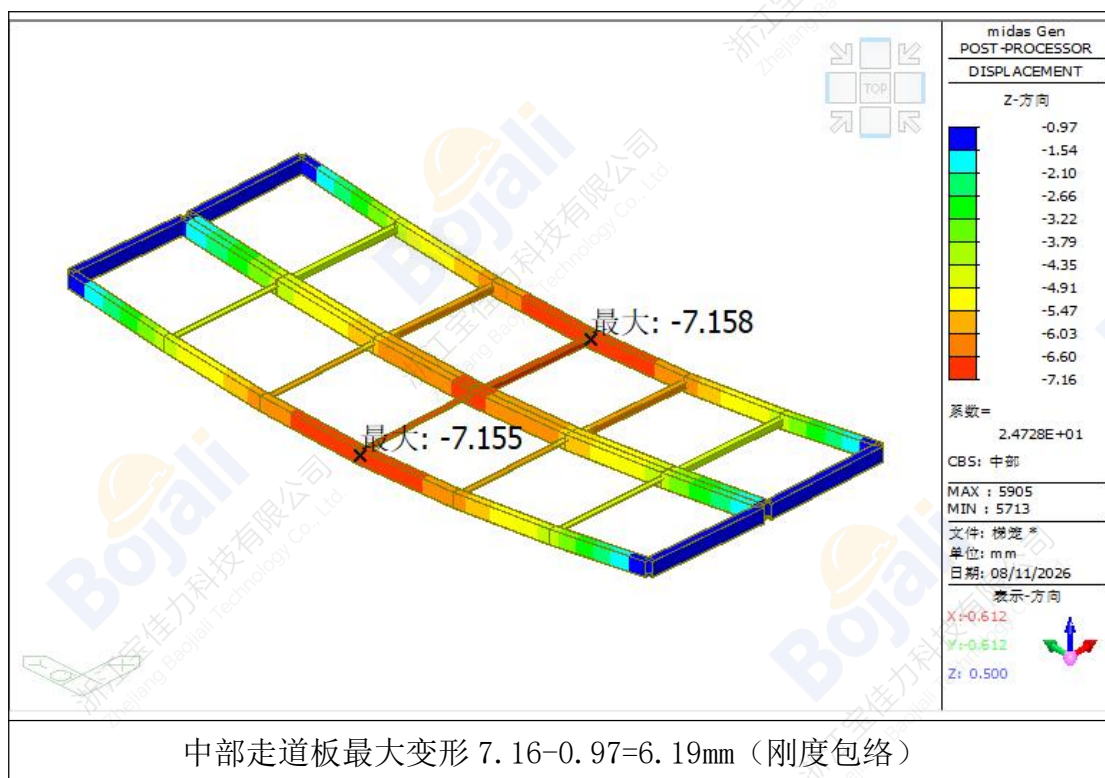
主梁最大变形 2.35mm (刚度包络)



钢柱最大变 $22.98 - 21.73 = 1.25\text{mm}$ (刚度包络)



楼梯最大变形 1.67mm (刚度包络)



根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，对 1) 主梁或桁架(包括设有悬挂起重设备的梁和桁架)，为构件计算跨度的 $L / 400$ (L 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬臂长度的 2 倍))。

钢梁跨度为 3.4m，最大变形量为 7.76mm， $7.76/3400 < 1/400$ ，钢梁刚度安全！

中部走道板跨度为 3.5m，最大变形量为 6.19mm， $6.19/3500 < 1/400$ ，中部走道板刚度安全！

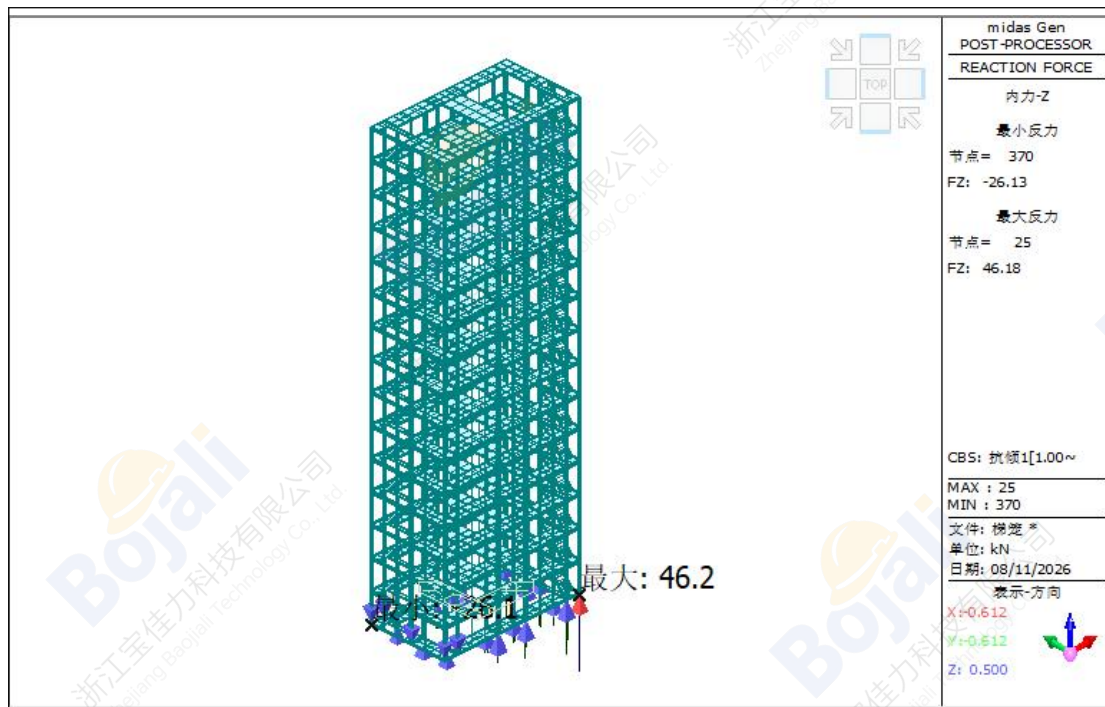
根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，钢柱柱顶位移为 $H/150$ 。

支柱最大高度为 2m，最大变形量为 1.25mm， $1.25/2000 < 1/150$ ，钢柱刚度安全！

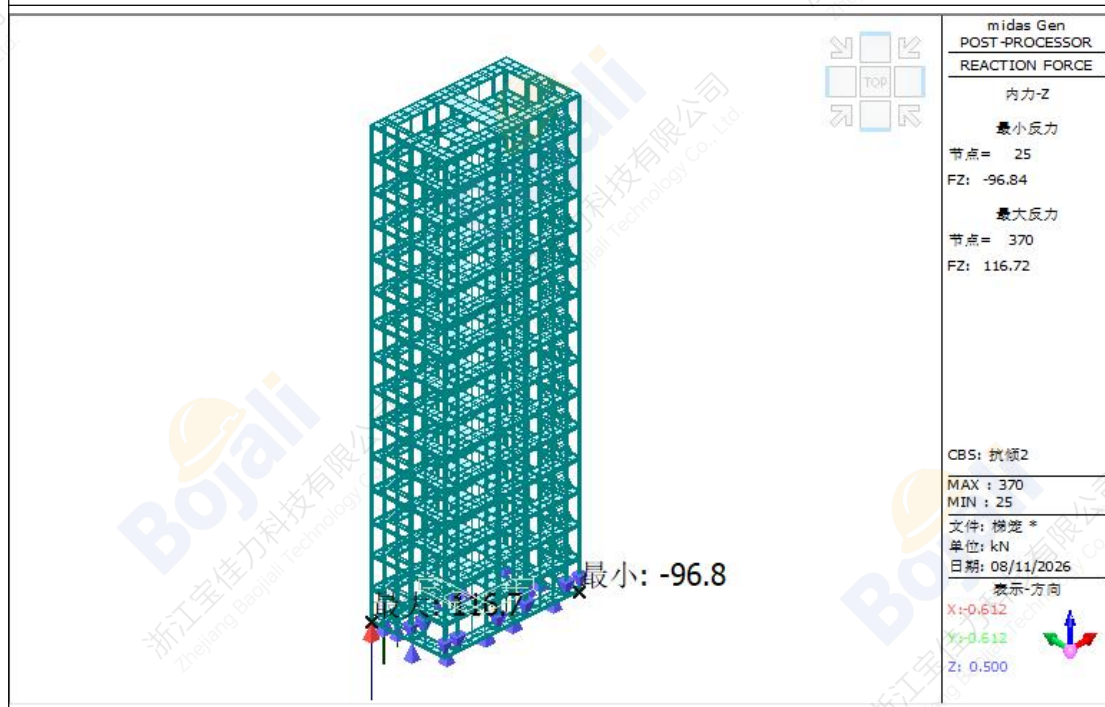
根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，对 5) 楼梯梁，为构件计算跨度的 $L / 250$ (L 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬臂长度的 2 倍))。

梯梁水平跨度 2.2m，最大变形量为 1.67mm， $1.67/2200 < 1/250$ ，梯梁刚度安全！

7.3 抗倾覆验算



支座反力（抗倾 1 荷载组合）



支座反力（抗倾 2 荷载组合）

支座反力存在负值，证明支座存在受拉区域，需设置锚栓连接！

最大受拉反力为 96.8kN，单个柱脚使用 4 根 8.8 级合金钢特殊倒锥胶粘型锚栓，锚栓直径 18mm，有效锚固深度 150mm。

单个锚栓所受最大拉力为 $96.8/4=24.20\text{kN}$ 。

1 设计资料

1.1 已知条件

计算内容	受拉承载力
锚栓类型	特殊倒锥胶粘型
锚栓材料	合金钢
锚栓性能等级	8.8
锚栓外径 d (mm)	18.0
锚栓有效面积 A_s (mm ²)	228.9
有效锚固深度 h_{ef} (mm)	150
$\Psi_{E,t}$	1.00

锚栓布置位置	无边距影响
锚栓行数	2
锚栓列数	2
间距 s_x (mm)	340
间距 s_y (mm)	240

基材砼等级	C20
偏心距 e_N (mm)	0.0

1.2 计算内容

1) 锚栓受拉承载力

2) 混凝土受拉承载力

2 计算过程及计算结果

2.1 锚栓受拉承载力

依据《加固规范》16.2.2:

$$N_t^a = \varphi_{E,t} f_{ud,t} A_s$$

$$= 1.00 \times 490 \times 228.9 = 112161.000 \text{ N} = 112.161 \text{ kN} > 24.20 \text{ kN}, \text{ 合格!}$$

2.2 基材混凝土受拉承载力

依据《加固规范》16.3.4, 16.4.4, 计算单个锚栓引起混凝土呈锥形受拉破坏的锥体投影面积基准值:

$$A_{c,N0} = S_{cr,N} = (3.0 h_{ef})^2$$

$$= (3.0 \times 150)^2 = 202500 \text{ mm}^2$$

依据《加固规范》16.3.5, 16.4.4, 计算混凝土呈锥形受拉破坏的实际锥体投影面积:

$$A_{cn} = 790.0 \times 690.0 = 545100 \text{ mm}^2$$

依据《加固规范》16.3.3, 计算基材混凝土受拉承载力修改系数:

$$\varphi_{e,N} = \min \left(1.0, \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \right)$$

$$= 1.0 / [1 + (2 \times 0.0 / 450.0)] = 1.000$$

$$\varphi_N = \frac{\varphi_{s,h} \varphi_{e,N} A_{cN}}{A_{c,N}^0}$$

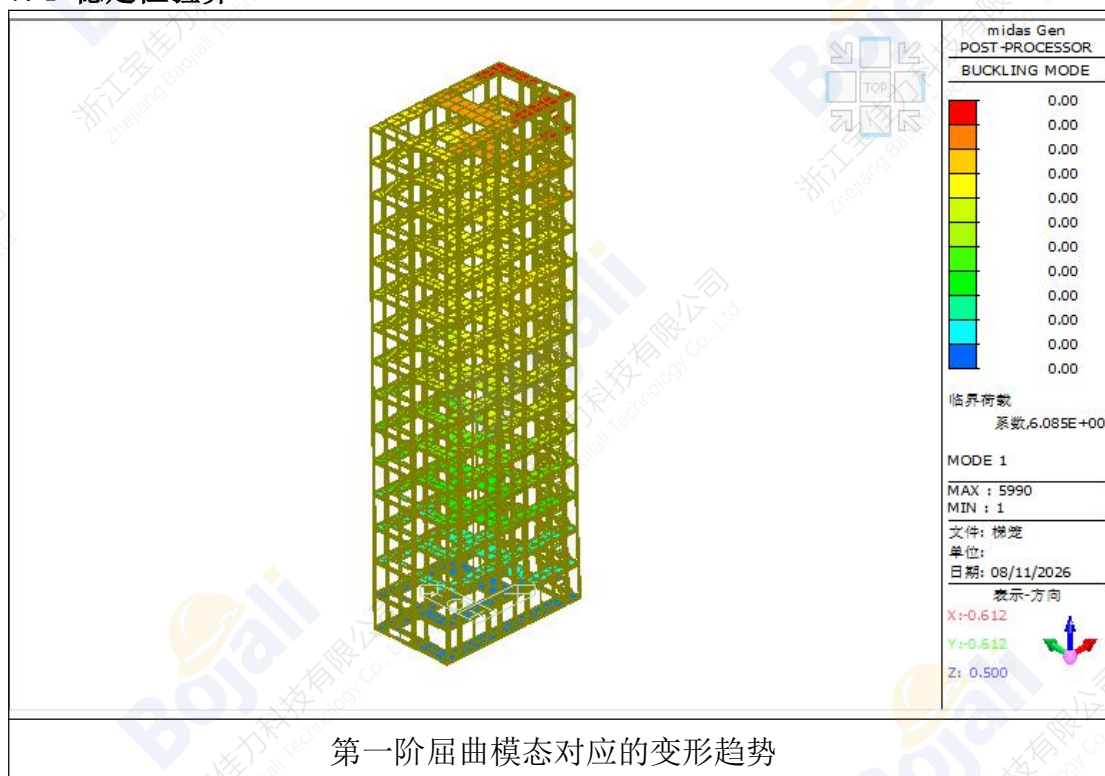
$$= 0.95 \times 1.000 \times 545100 / 202500 = 2.557$$

依据《加固规范》16.3.2 第 2 款，计算基材混凝土受拉承载力：

$$N_t^c = 2.4 \varphi_b \varphi_N \sqrt{f_{cu,k}} h_{ef}^{1.5}$$

$$= 2.4 \times 0.88 \times 2.56 \times 20^{0.5} \times 150^{1.5} = 44121.060 \text{ N} = 44.121 \text{ kN} > 24.20 \text{ kN}, \text{ 合格!}$$

7.4 稳定性验算



前 4 阶模态特征值如下：

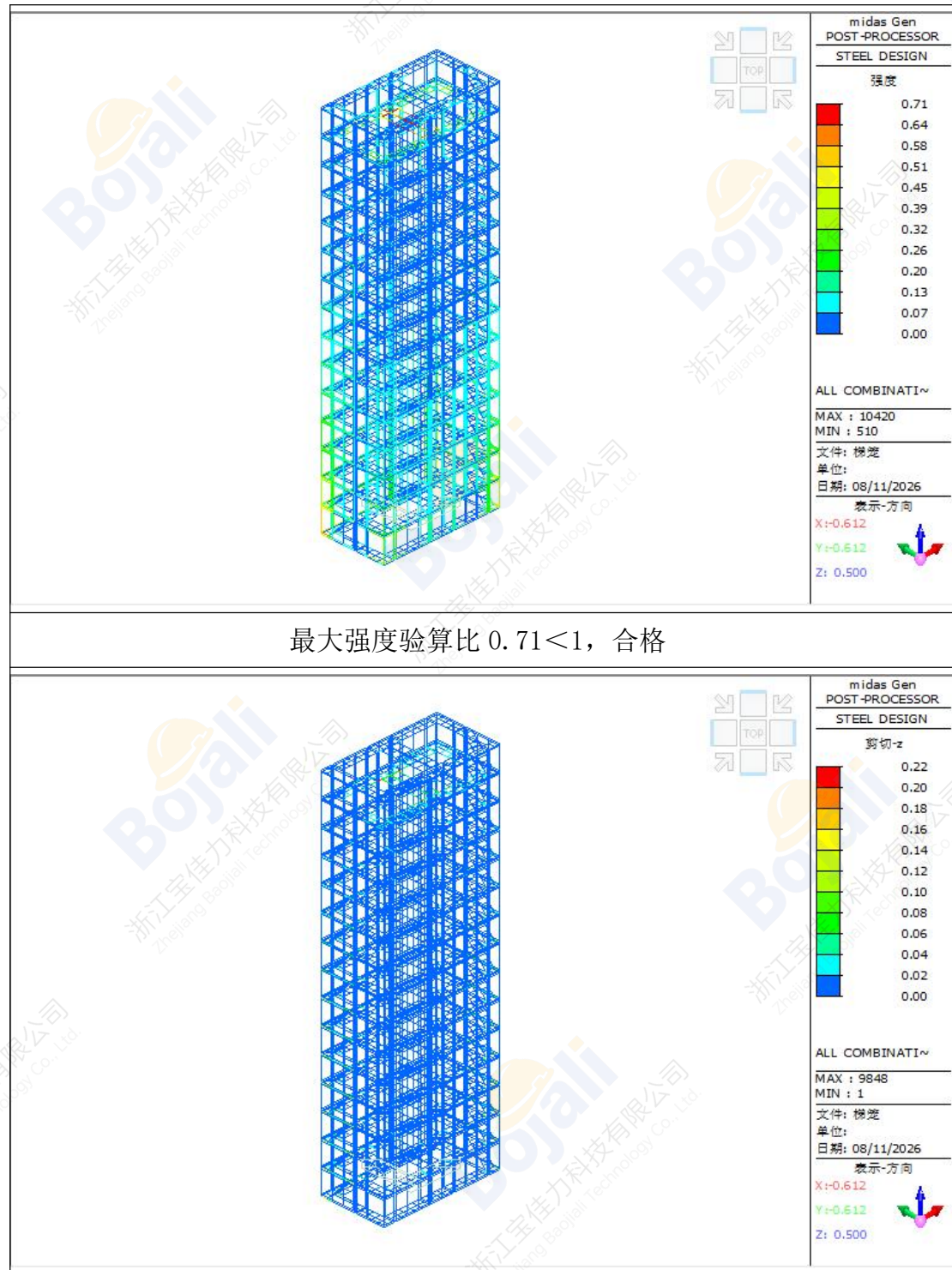
模态	特征值	容许误差
1	6.084785	3.7375e-47
2	7.133905	1.6911e-37
3	8.222426	4.6382e-29
4	9.362885	6.0554e-21

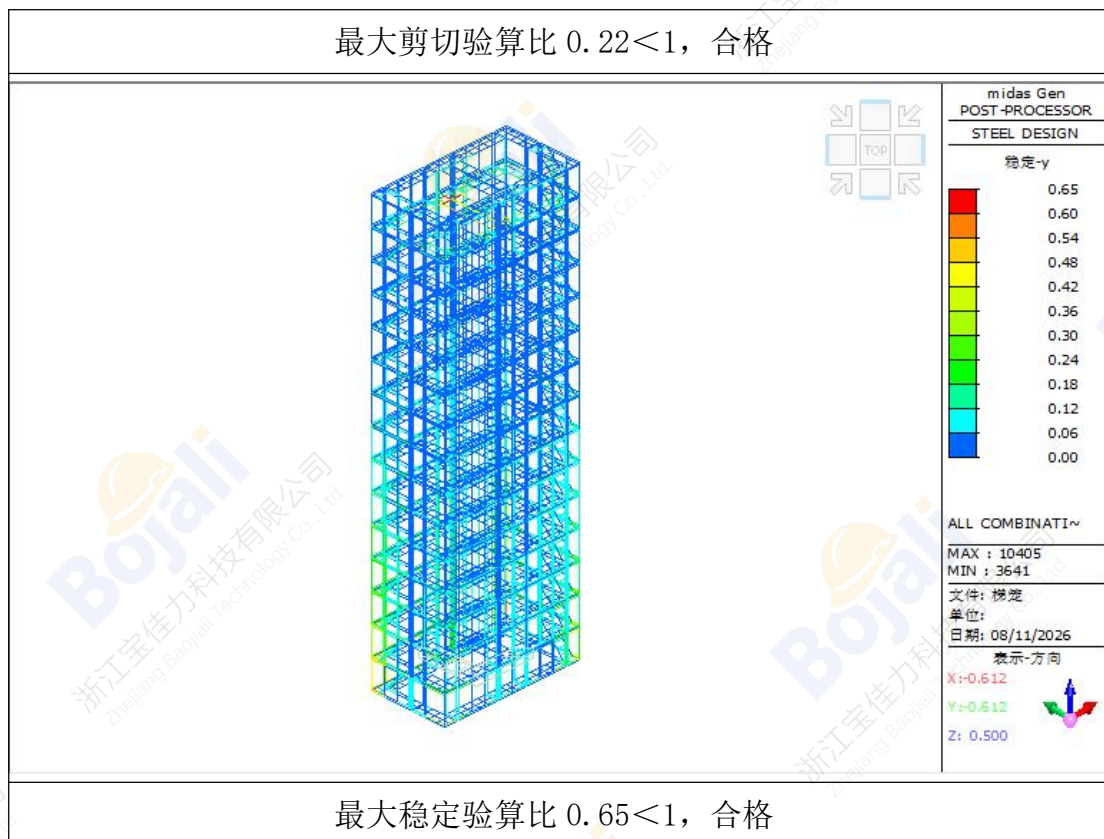
根据《空间网格结构技术规程》等多种结构规范要求，综合考虑，屈曲特征值不应低于 4.2。

规范对第一类稳定的规定		
规范名称	屈曲系数	页码
《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010	不小于4.2	20
《铁路桥涵设计规范》TB10002-2017	不小于4	43
《公路钢管混凝土拱桥设计规范》JTG/TD65-06-2015	不小于4	37
《公路斜拉桥设计细则》JTG/TD65-01-2007	不小于4	16
《公路钢结构桥梁设计规范》JTGD64-2015	不小于4	81

该结构第一阶特征值为 6.08>4.2，稳定性满足要求！

7.5 验算比结果





7.6 截面计算结果

7.6.1 立柱计算结果

一、基本信息 (单位: N, mm)

材料:

材料名称: 1:Q235

材料强度:

f (腹板)=215, f (翼缘)=215, f_y (腹板)=235, f_y (翼缘)=235

f_v =125, f_u =370, E_s =2.0600e+05

截面

截面形状: 箱型截面

截面特性值:

H =80.000, B =80.000, t_w =3.000, t_{f1} =3.000, C =0.000, t_{f2} =3.000

$Area$ =900.000, I_{yy} =8.7830e+05, I_{zz} =8.7830e+05, i_y =31.239, i_z =31.239

其他参数

构件类型: 柱

净截面调整系数: c =1.00

构件长度: l =2000.000

构件计算长度系数: μ_y =1.000 μ_z =1.000

构件计算长度: l_{0y} =2000.000 l_{0z} =2000.000

二、长细比验算

对于高层钢结构, 非抗震时, 柱构件长细比限值取 $[\lambda]$ =100.000

λ_y = l_{0y}/i_y =2000.000/31.239=64.022

λ_z = l_{0z}/i_z =2000.000/31.239=64.022

$\lambda_{\max} = \max\{\lambda_y, \lambda_z\} = \max\{64.022, 64.022\} = 64.022 \leq [\lambda] = 100.000$, 满足规范要求!

三、板件宽厚比验算

没有该项验算内容!

四、内力验算 (单位: N, mm)

4.1 强度验算

内力: $N = -6.9231 \times 10^4$, $M_y = -1.9610 \times 10^4$, $M_z = 7.5236 \times 10^5$ (强度 3, I 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.1.1-1:

截面的最不利验算位置为截面的右下端:

$A_n = c \cdot A = 900.000$

$W_{ny} = I_{ny}/z = 2.1957 \times 10^4$

$W_{nz} = I_{nz}/y = 2.1957 \times 10^4$

$\gamma_y = 1.05$, $\gamma_z = 1.05$

$\sigma = N/A_n + M_y/(\gamma_y W_{ny}) + M_z/(\gamma_z W_{nz}) = 99.366 \leq f = 215$, 满足规范要求!

4.2 稳定性验算

y 向稳定验算:

内力: $N = -6.9231 \times 10^4$, $M_y = -1.9610 \times 10^4$, $M_z = 7.5236 \times 10^5$ (强度 3, I 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.5-1:

$A = 900.000$, $I_y = 8.7830 \times 10^5$, $W_y = I_y/z = 2.1957 \times 10^4$

$I_z = 8.7830 \times 10^5$, $W_z = I_z/y = 2.1957 \times 10^4$

$\beta_{my} = 1.00$

$\lambda_y = 64.022$, 查附录 D 表得: $\phi_y = 0.785$

$N' E_y = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_y^2) = 4.0584 \times 10^5$

$\phi_{bz} = 1.000$

$\eta = 0.700$

$\gamma_y = 1.050$

$\beta_{tz} = 0.65 + 0.35 M_2/M_1 = 0.37$

$f = 215.000$

$N/(\phi_y A_f) + \beta_{my} M_y/(\gamma_y W_y (1 - 0.8 N/N' E_y)) f + \eta \beta_{tz} M_z/(\phi_{bz} W_z f) = 0.45 \leq$

1.0, 满足规范要求!

z 向稳定验算:

内力: $N = -6.9231 \times 10^4$, $M_y = -1.9610 \times 10^4$, $M_z = 7.5236 \times 10^5$ (强度 3, I 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.5-2:

$\beta_{mz} = 1.00$

$\lambda_z = 64.022$, 查附录 D 表得: $\phi_z = 0.785$

$N' E_z = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_z^2) = 4.0584 \times 10^5$

$\phi_{by} = 1.000$

$\eta = 0.700$

$$\gamma_z = 1.050$$

$$\beta_{ty} = 0.65 + 0.35M_2/M_1 = 0.37$$

$$f = 215.000$$

$$N/(\phi_z A_f) + \eta \beta_{ty} M_y/(\phi_b W_{yf}) + \beta_{mz} M_z/(\gamma_z W_z (1 - 0.8N/N' E_z) f) = 0.57 \leq$$

1.0, 满足规范要求!

7.6.2 横梁计算结果

一、基本信息 (单位: N, mm)

材料:

材料名称: 1:Q235

材料强度:

f (腹板)=215, f (翼缘)=215, f_y (腹板)=235, f_y (翼缘)=235

f_v =125, f_u =370, E_s =2.0600e+05

截面

截面形状: 箱型截面

截面特性值:

H =80.000, B =80.000, t_w =1.800, t_{f1} =1.800, C =0.000, t_{f2} =1.800

$Area$ =563.040, I_{yy} =5.7416e+05, I_{zz} =5.7416e+05, i_y =31.933, i_z =31.933

其他参数

构件类型: 梁

净截面调整系数: c =1.00

构件长度: l =250.000

二、长细比验算

没有该项验算内容!

三、板件宽厚比验算

根据规范 GB50017-173.5.1 条,

箱型梁构件壁板宽厚比: b/t =42.444, 大于 S4 级的限值。

四、内力验算 (单位: N, mm)

4.1 强度验算

按纯弯验算的过程:

内力: M_y =-1.2611e+06, M_z =1.7610e+05 (强度 5, I 端)

非抗震组合: γ_0 =0.90

受力类型: 受弯

根据规范 GB50017-17 公式 6.1.1:

截面的最不利验算位置为截面的左上端:

截面板件宽厚比等级为 S4 级

W_{ny} = I_{ny}/z =1.4354e+04

W_{nz} = I_{nz}/y =1.4354e+04

γ_y =1.00, γ_z =1.00

$\sigma = M_y/(\gamma_y W_{ny}) + M_z/(\gamma_z W_{nz}) = 90.110 \leq f = 215$, 满足规范要求!

按压弯验算的过程:

内力: N =-9552.345, M_y =-1.2611e+06, M_z =1.7610e+05 (强度 5, I 端)

非抗震组合: γ_0 =0.90

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.1.1-1:

截面的最不利验算位置为截面的左上端：

$$A_n = c \cdot A = 563.040$$

$$W_{ny} = I_{ny} / z = 1.4354 \times 10^4$$

$$W_{nz} = I_{nz} / y = 1.4354 \times 10^4$$

$$\gamma_y = 1.00, \gamma_z = 1.00$$

$$\sigma = N / A_n + M_y / (\gamma_y W_{ny}) + M_z / (\gamma_z W_{nz}) = 105.379 \leq f = 215, \text{ 满足规范要求!}$$

4.2 稳定性验算

y 向稳定验算：

按纯弯验算的过程：

$$\text{内力: } M_y = -1.2611 \times 10^6, M_z = 1.7610 \times 10^5 (\text{强度 5, I 端})$$

$$\text{非抗震组合: } \gamma_0 = 0.90$$

受力类型：受弯

根据规范 GB50017-17 公式 6.2.3:

截面板件宽厚比等级为 S4 级，

$$W_y = I_y / z = 1.4354 \times 10^4$$

$$W_z = I_z / y = 1.4354 \times 10^4$$

$$\gamma_z = 1.00$$

$$\phi_b = 1.00$$

$$f = 215.00$$

$$M_y / (\phi_b W_{yf}) + M_z / (\gamma_z W_{zf}) = 0.42 \leq 1.0, \text{ 满足规范要求!}$$

按压弯验算的过程：

$$\text{内力: } N = -9552.345, M_y = -1.2611 \times 10^6, M_z = 1.7610 \times 10^5 (\text{强度 5, I 端})$$

$$\text{非抗震组合: } \gamma_0 = 0.90$$

受力类型：压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.5-1:

$$A = 563.040, I_y = 5.7416 \times 10^5, W_y = I_y / z = 1.4354 \times 10^4$$

$$I_z = 5.7416 \times 10^5, W_z = I_z / y = 1.4354 \times 10^4$$

$$\beta_{my} = 1.00$$

$$\lambda_y = 7.829, \text{ 查附录 D 表得: } \phi_y = 0.995$$

$$N' E_y = \pi^2 E A / (1.1 \lambda_y^2) = 1.6980 \times 10^7$$

$$\phi_{bz} = 1.000$$

$$\eta = 0.700$$

$$\gamma_y = 1.000$$

$$\beta_{tz} = 0.65 + 0.35 M_2 / M_1 = 0.33$$

$$f = 215.000$$

$$N / (\phi_y A_f) + \beta_{my} M_y / (\gamma_y W_y (1 - 0.8 N / N' E_y)) f + \eta \beta_{tz} M_z / (\phi_{bz} W_{zf}) = 0.45 \leq$$

1.0, 满足规范要求!

z 向稳定验算：

$$\text{内力: } N = -9552.345, M_y = -1.2611 \times 10^6, M_z = 1.7610 \times 10^5 (\text{强度 5, I 端})$$

$$\text{非抗震组合: } \gamma_0 = 0.90$$

受力类型：压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.5-2:

$$\beta_{mz} = 1.00$$

$$\lambda_z = 7.829, \text{ 查附录 D 表得: } \phi_z = 0.995$$

$$N'E_z = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_z^2) = 1.6980e+07$$

$$\Phi_{by} = 1.000$$

$$\eta = 0.700$$

$$\gamma_z = 1.000$$

$$\beta_{ty} = 0.65 + 0.35 M_2 / M_1 = 0.33$$

$$f = 215.000$$

$$N / (\Phi_z A f) + \eta \beta_{ty} M_y / (\Phi_{by} W_y f) + \beta_{mz} M_z / (\gamma_z W_z (1 - 0.8 N / N'E_z) f) = 0.21 \leq$$

1.0, 满足规范要求!

4.3 剪切验算

y 向剪切强度验算:

$$\text{内力: } V_y = 1352.340 \text{ (强度 5, I 端)}$$

$$\text{非抗震组合: } \gamma_0 = 0.90$$

根据规范 GB50017-17 公式 6.1.3:

$$I_y = 5.7416e+05, I_z = 5.7416e+05$$

$$t_w = 1.800$$

$$S_y = 4128.516, S_z = 4128.516$$

$$\tau = V_y S_z / I_z t_w = 4.862 \leq f_v = 125.000, \text{ 满足规范要求!}$$

z 向剪切强度验算:

$$\text{内力: } V_z = -7622.015 \text{ (强度 5, I 端)}$$

$$\tau = V_z S_y / I_y t_w = 27.403 \leq f_v = 125.000, \text{ 满足规范要求!}$$

7.6.3 梯梁计算结果

一、基本信息 (单位: N, mm)

材料:

材料名称: 1:Q235

材料强度:

$$f(\text{腹板}) = 215, f(\text{翼缘}) = 215, f_y(\text{腹板}) = 235, f_y(\text{翼缘}) = 235$$

$$f_v = 125, f_u = 370, E_s = 2.0600e+05$$

截面

截面形状: 槽钢

截面特性值:

$$H = 140.000, t_w = 3.000, B_1 = 30.000, t_{f1} = 3.000, B_2 = 30.000, t_{f2} = 3.000, r_1 = 0.000, r_2 = 0.000$$

$$\text{Area} = 582.000, I_{yy} = 1.4463e+06, I_{zz} = 3.6461e+04, i_y = 49.850, i_z = 7.915$$

其他参数

构件类型: 支撑

$$\text{净截面调整系数: } c = 1.00$$

$$\text{构件长度: } l = 340.553$$

$$\text{构件计算长度系数: } \mu_y = 1.000, \mu_z = 1.000$$

$$\text{构件计算长度: } l_{0y} = 340.553, l_{0z} = 340.553$$

二、长细比验算

对于高层钢结构, 非抗震时, 中心支撑构件长细比限值取 $[\lambda] = 120.000$

$$\lambda_y = l_{0y} / i_y = 340.553 / 49.850 = 6.832$$

$$\lambda_z = l_{0z} / i_z = 340.553 / 7.915 = 43.026$$

$$\lambda_{yt} = [(\lambda_y^2 + \lambda_t^2) + \sqrt{((\lambda_y^2 + \lambda_t^2)^2 - 4(1 - Z_s^2 / i_0^2) \lambda_y^2 \lambda_t^2)}]^{1/2} / \sqrt{2} = 36.669$$

$\lambda_{\max} = \max\{\lambda_z, \lambda_{yt}\} = \max\{43.026, 36.669\} = 43.026 \leq [\lambda] = 120.000$, 满足规范要求!

三、板件宽厚比验算

没有该项验算内容!

四、内力验算 (单位: N, mm)

4.1 强度验算

内力: $N = -9118.834$, $M_y = 2.1675 \times 10^4$, $M_z = 4.7411 \times 10^5$ (强度 3, J 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.1.1-1:

截面的最不利验算位置为截面的右上端:

$$A_n = c \cdot A = 582.000$$

$$W_{ny} = I_{ny} / z = 1499$$

$$W_{nz} = I_{nz} / y = 2.0661 \times 10^4$$

$$\gamma_y = 1.20, \gamma_z = 1.05$$

$$\sigma = N / A_n + M_y / (\gamma_y W_{ny}) + M_z / (\gamma_z W_{nz}) = 44.615 \leq f = 215, \text{ 满足规范要求!}$$

4.2 稳定性验算

y 向稳定验算:

内力: $N = -9118.834$, $M_y = 2.1675 \times 10^4$ (强度 3, J 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.1-1:

$$I_y = 3.6461 \times 10^4, W_y = I_y / z = 1498.911$$

$$\beta_{my} = 1.00$$

$$\lambda_y = 36.669, \text{ 查附录 D 表得: } \phi_y = 0.886$$

$$\gamma_y = 1.200$$

$$f = 215.000$$

$$N / (\phi_y A_f) + \beta_{my} M_y / (\gamma_y W_y (1 - 0.8 N / N' E_y) f) = 0.06 \leq 1.0, \text{ 满足规范要求!}$$

z 向稳定验算:

内力: $N = -9111.189$, $M_y = 3808.690$ (强度 3, 2/4 端)

非抗震组合: $\gamma_0 = 0.90$

受力类型: 压弯

根据规范 GB50017-17 公式 8.2.1-3:

$$I_y = 3.6461 \times 10^4, W_y = I_y / z = 6424.488$$

$$\lambda_z = 43.026, \text{ 查附录 D 表得: } \phi_z = 0.911$$

$$\phi_b = 0.808$$

$$\eta = 1.000$$

$$\beta_{ty} = 0.65 + 0.35 M_2 / M_1 = 0.42$$

$$f = 215.000$$

$$N / (\phi_z A_f) + \eta \beta_{ty} M_y / (\phi_b W_y f) = 0.071 \leq 1.0, \text{ 满足规范要求!}$$

8、结论与意见

该箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台结构在自重、人员荷载、风荷载工况组合情况下，箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台最大组合应力为 153.72MPa，最大剪应力 23.54MPa，根据《GB50017 钢结构设计标准》要求 Q235 抗弯设计强度为 215MPa，抗剪设计强度为 125MPa， $153.72\text{MPa} < 215\text{MPa}$ ， $23.54\text{MPa} < 125\text{MPa}$ ，箱式墩身安全梯笼墩柱施工平台强度安全！

根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，对 1) 主梁或桁架(包括设有悬挂起重设备的梁和桁架)，为构件计算跨度的 $L/400$ (L 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬臂长度的 2 倍))。

钢梁跨度为 3.4m，最大变形量为 7.76mm， $7.76/3400 < 1/400$ ，钢梁刚度安全！

根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，钢柱柱顶位移为 $H/150$ 。

支柱最大高度为 2m，最大变形量为 2.58mm， $2.58/2000 < 1/150$ ，钢柱刚度安全！

根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，对 5) 楼梯梁，为构件计算跨度的 $L/250$ (L 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬臂长度的 2 倍))。

梯梁水平跨度 2.2m，最大变形量为 7.61mm， $7.61/2200 < 1/250$ ，梯梁刚度安全！

根据《空间网格结构技术规程》等多种结构规范要求，综合考虑，屈曲特征值不应低于 4.2。该结构第一阶特征值为 $4.85 > 4.2$ ，稳定性满足要求！

为确保整体抗倾覆，单个柱脚使用 4 根 8.8 级合金钢特殊倒锥胶粘型锚栓，锚栓直径 18mm，有效锚固深度 150mm。

9、附录：基本风压

施工地点位于浙江绍兴，根据《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 图 E. 6. 3 全国基本风压分布图，浙江绍兴与浙江杭州位于同于基本风压区，因此取浙江绍兴 10 年期风压标准值为 0.3KN/m^2 。

浙江	杭州市	41.7	0.30	0.45	0.50	0.30	0.45	0.50	-4	38	Ⅲ
	临安县天目山	1505.9	0.55	0.75	0.85	1.00	1.60	1.85	-11	28	Ⅱ
	平湖县乍浦	5.4	0.35	0.45	0.50	0.25	0.35	0.40	-5	36	Ⅲ
	慈溪市	7.1	0.30	0.45	0.50	0.25	0.35	0.40	-4	37	Ⅲ
	嵊泗	79.6	0.85	1.30	1.55	—	—	—	-2	34	—
	嵊泗县嵊山	124.6	1.00	1.65	1.95	—	—	—	0	30	—

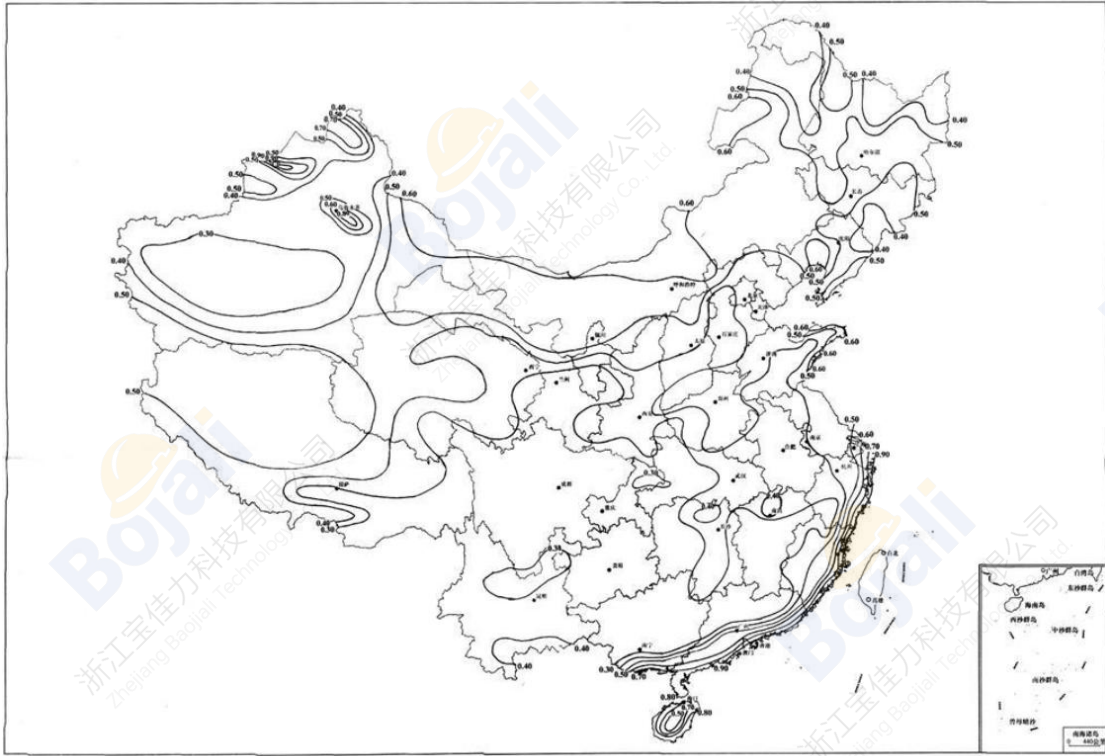


图 6.3 全国基本风压分布图(kN/m²)