

施工楼梯结构验算书

1、施工楼梯结构概况

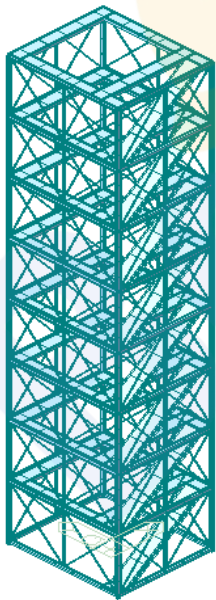
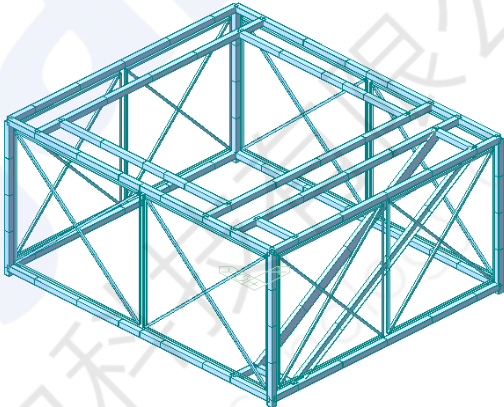
该结构为临时性施工楼梯，用于施工人员作业，整体用料材质:Q235B 碳钢；
标准节外形尺寸 4.4 米长*3.8 米宽*2 米高
立柱采用口 80*3；
框架采用口 80*3；
梯笼框架平台采用 2.0mm 防护花纹板，宽度 0.4m；
楼梯侧梁采用 14#槽钢；
楼梯踏板采用防滑花纹板，厚度 2.0mm；
支撑件使用直径 48*3.2mm 钢管。
单柱底部使用 4 根 M8*100 化学锚栓固定。

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、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：

	
整体计算模型	标准层模型

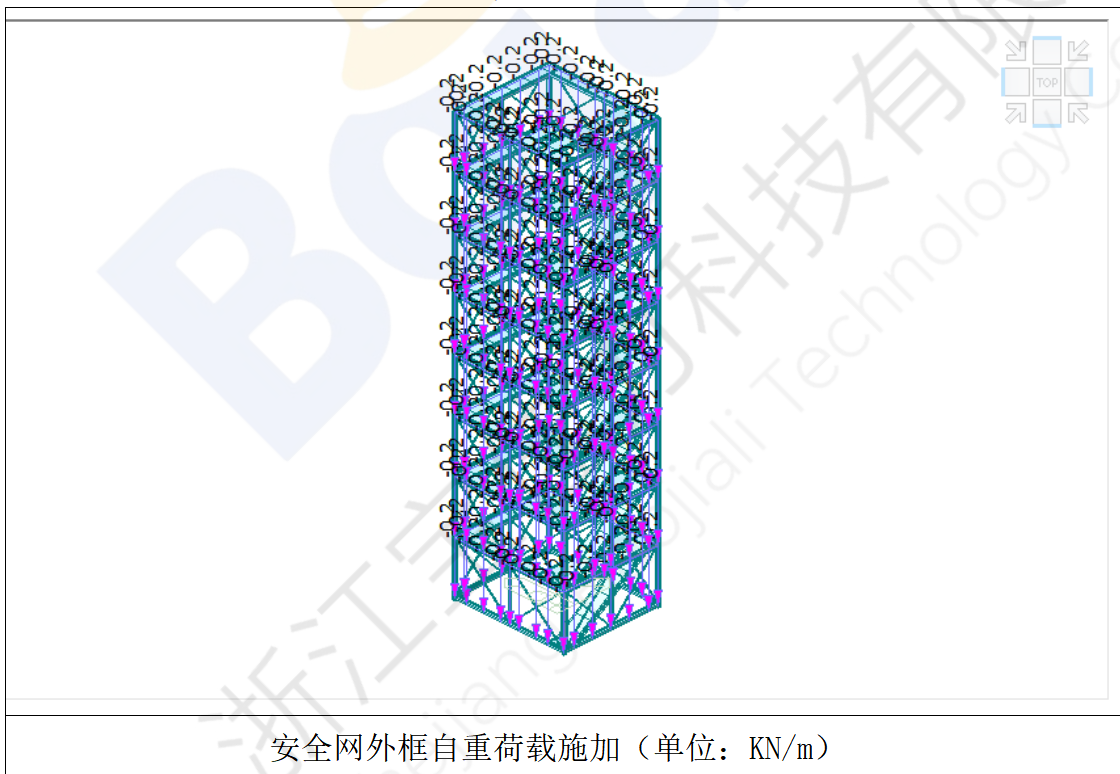
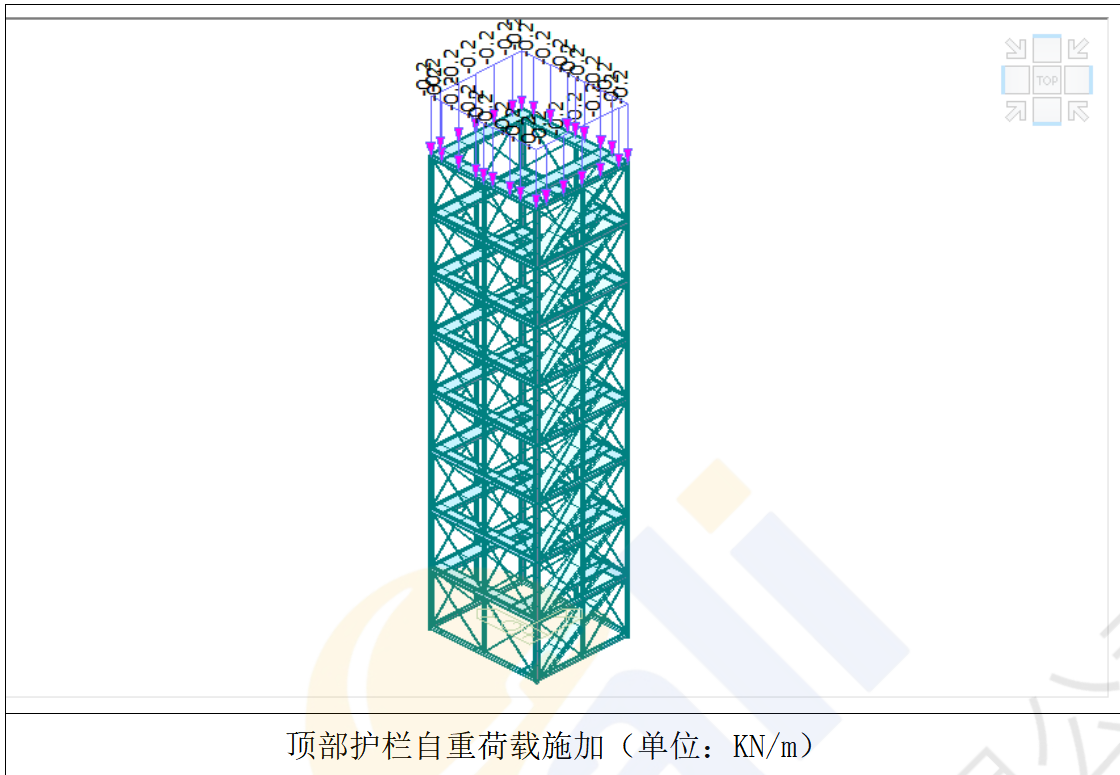
4、荷载条件

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（由程序自动计算）。

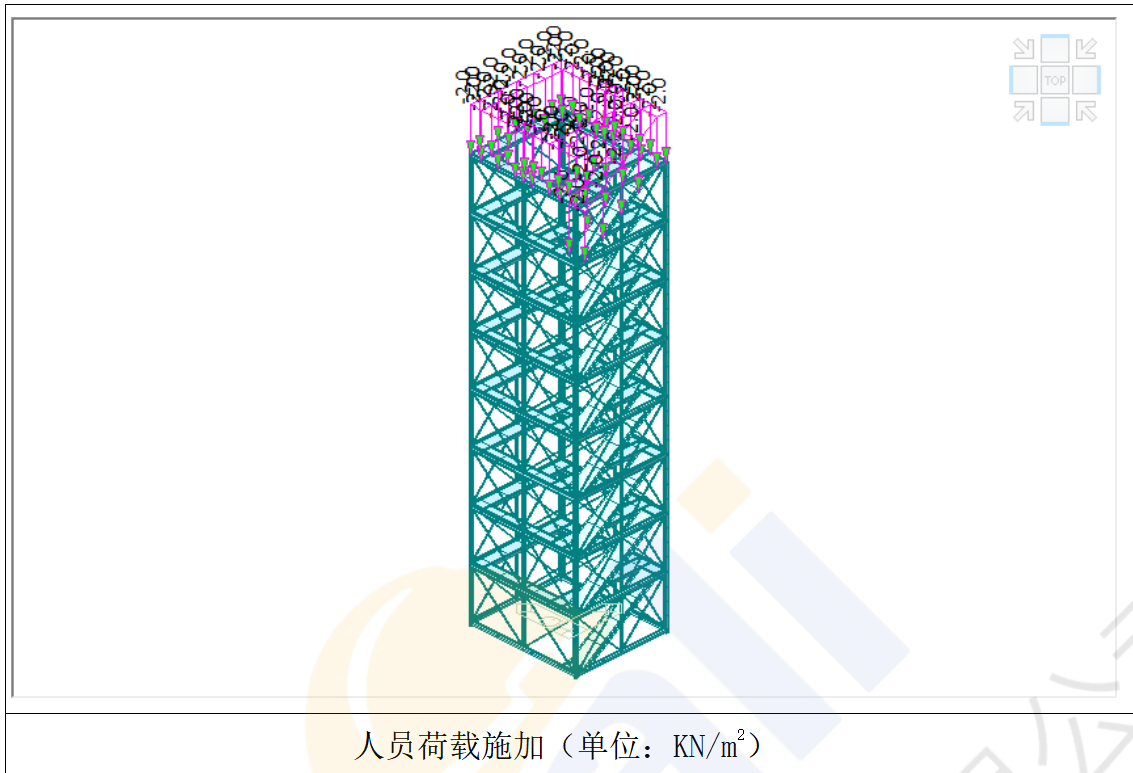
顶部护栏自重考虑为线荷载 0.2KN/m



4.2 活荷载

4.2.1 人员荷载

同时使用人数最大 10 人，取人员作业荷载 2KN/m^2 。



4.2.2 风荷载

施工地点位于浙江杭州，根据《建筑结构荷载规范》GB50009-2012)取 10 年期基本风压为 0.3KN/m²，地面粗糙类别为 B 类。

风压高度变化系数

离地面高度取计算点的高度 $z=16.00\text{m}$

查《荷载规范》表 8.2.1, 风压高度变化系数 $\mu_z=1.15$

考虑修正系数 η 后, $\mu_z=\mu_z\eta=1.15\times 1.00=1.15$

结构第 1 阶振型系数

$z/H=16.00/16.00=1.000$

$B_H/B_0=4.40/4.40=1.000$

查《荷载规范》表 G.0.4, 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

脉动风荷载竖直方向相关系数

$$\rho_z = \frac{10 \sqrt{\frac{(-H)}{H+60e} \frac{(-H)}{60} - 60}}{H} = \frac{10 \sqrt{\frac{(-16.00)}{16.00+60e} \frac{(-16.00)}{60} - 60}}{16.00} = 0.87$$

根据《荷载规范》第 8.4.5 条

修正系数 $\theta_B=B(z)/B_0=4.40/4.40=1.00$

$B_H/B_0=4.40/4.40=1.000$

查《荷载规范》表 8.4.5-2, 修正系数 $\theta_v=1.00$

脉动风荷载的背景分量因子

$$B_z = k H^{a_1} \rho_x \rho_z \frac{\phi_1(z)}{\mu_z} \theta_B \theta_v$$

$$= 0.91 \times 16.00^{0.22} \times 1.00 \times 0.87 \times \frac{0.34}{1.15} \times 1.00 \times 1.00 = 0.43$$

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 $k_w=1.00$

$$x_1 = \frac{30 f_1}{\sqrt{k_w w_0}} = \frac{30 \times 1.299}{\sqrt{1.00 \times 0.20}} = 87.12$$

脉动风荷载的共振分量因子

$$R = \sqrt{\frac{\pi}{6 \zeta_1} \frac{x_1^2}{(1+x_1^2)^{4/3}}} = \sqrt{\frac{\pi}{6 \times 0.01} \times \frac{87.12^2}{(1+87.12^2)^{4/3}}} = 1.63$$

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

$$\beta_z = 1 + 2g I_{10} B_z \sqrt{1 + R^2}$$

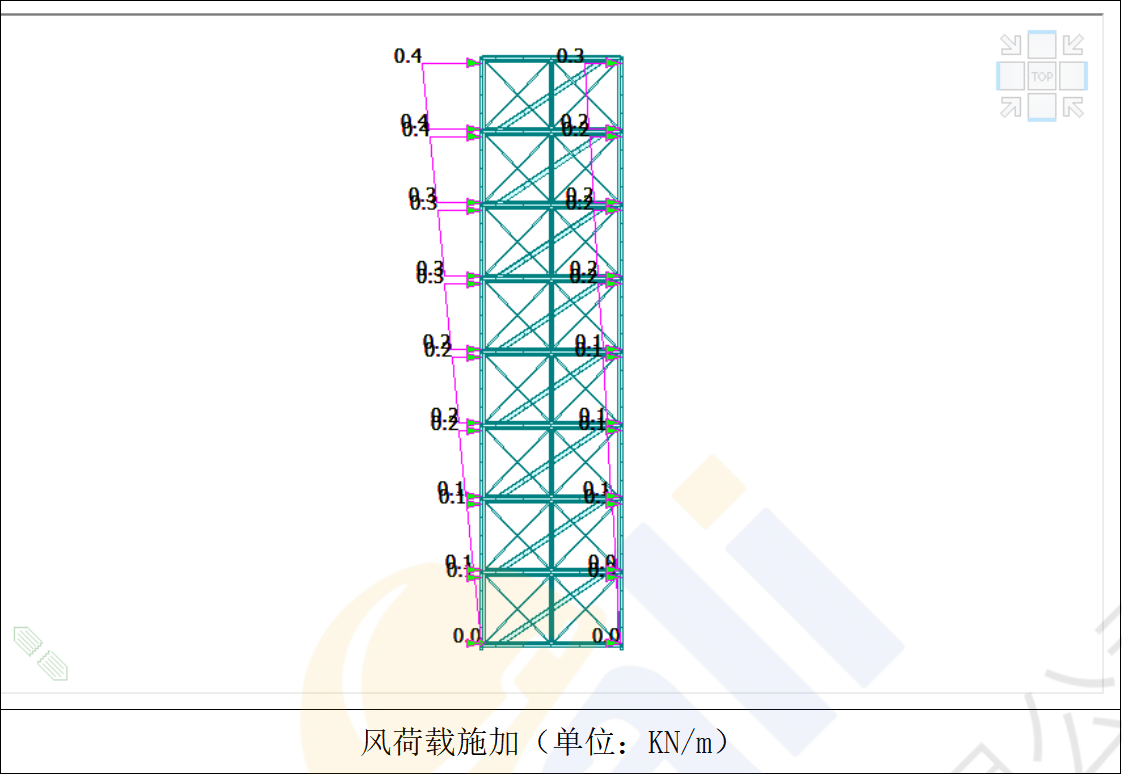
$$= 1 + 2 \times 2.5 \times 0.14 \times 0.43 \times \sqrt{1 + 1.63^2} = 1.58$$

风荷载标准值

根据《荷载规范》公式 8.1.1-1

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.58 \times 0.80 \times 1.15 \times 0.30 = 0.44 \text{kN/m}^2$$

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.58 \times 0.50 \times 1.15 \times 0.20 = 0.27 \text{kN/m}^2$$



风荷载施加（单位：KN/m）

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：

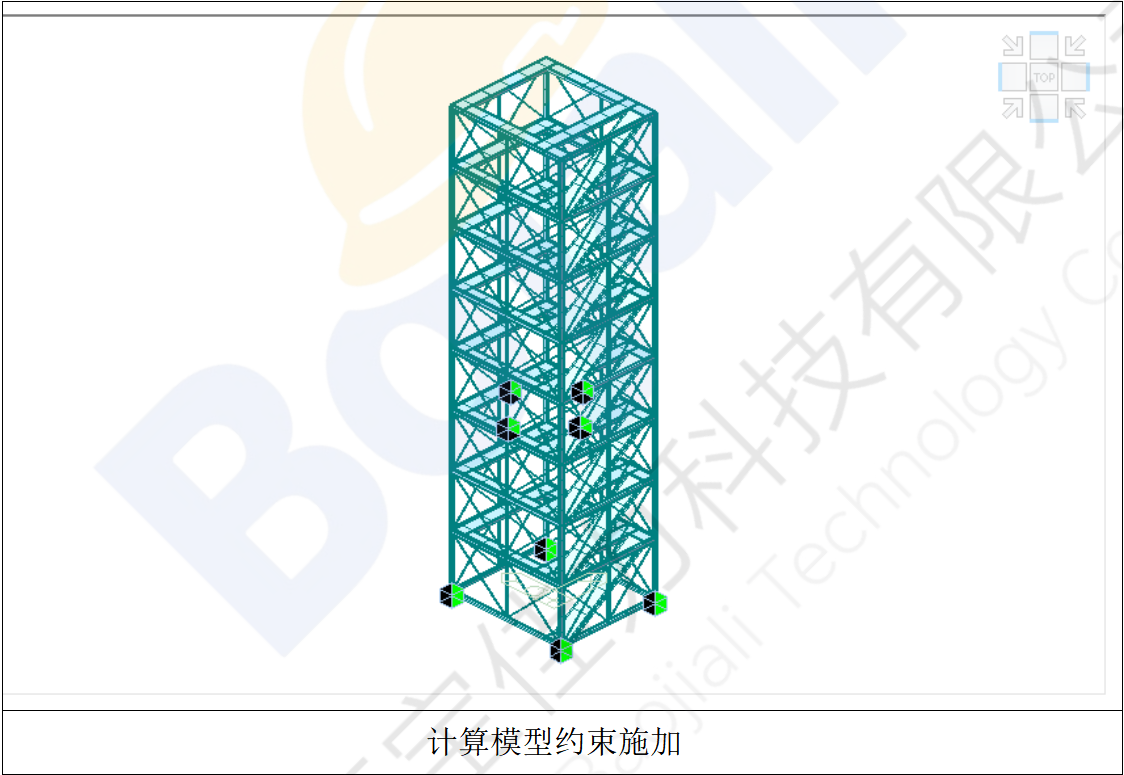
名称	类型	组合方式	自重	侧风荷载	正风荷载	人员荷载
强度 1	基本组合	相加	1.3	0.9		1.05
强度 2	基本组合	相加	1.3		0.9	1.05
强度 3	基本组合	相加	1.3		1.5	

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

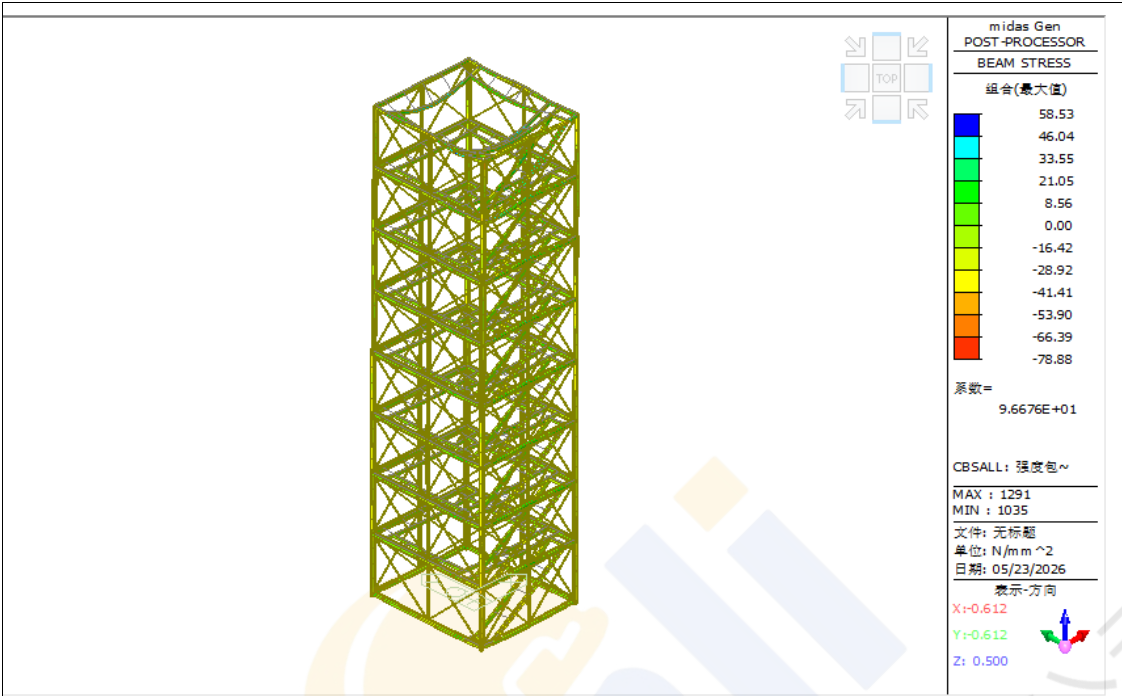
钢楼梯底部与地面铰接限制 Dx、Dy、Dz 自由度；6m 位置抱箍式抱柱铰接限制 Dx、Dy 自由度。



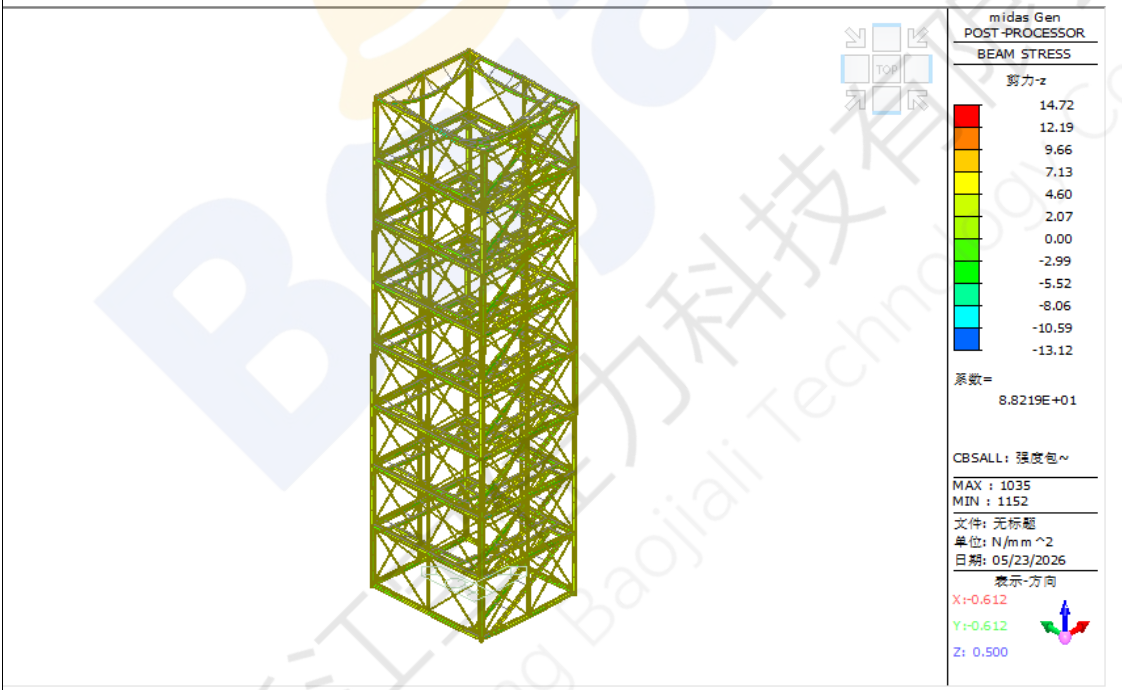
计算模型约束施加

7、分析结果

7.1 应力结果



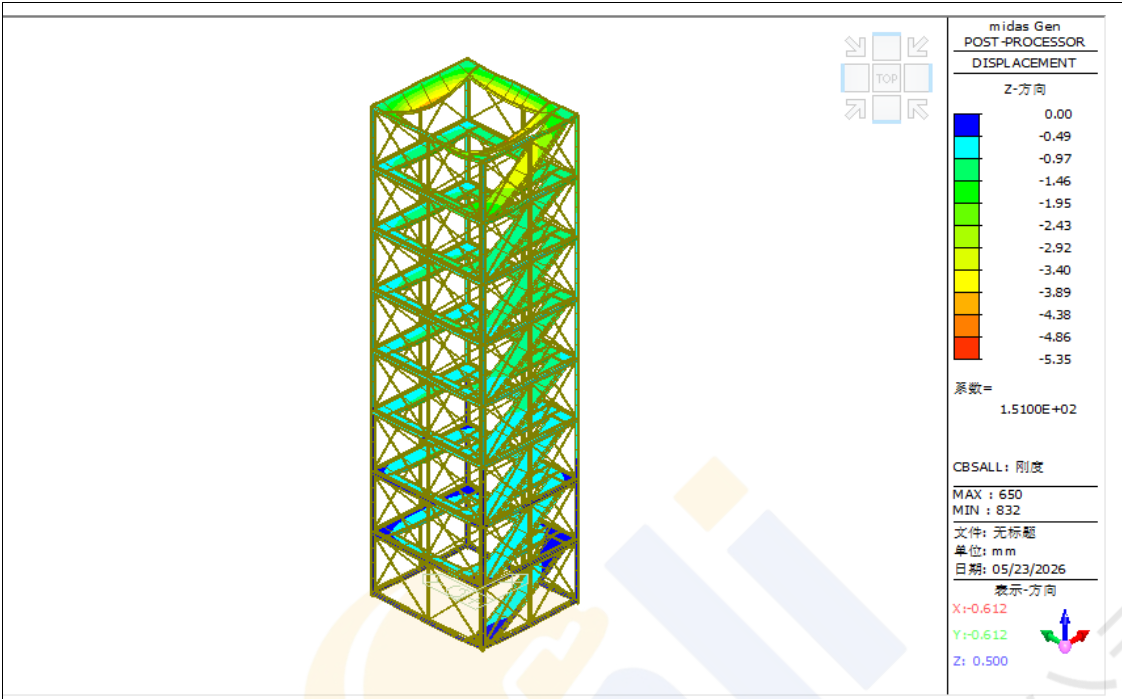
最大组合应力 78.88MPa（强度包络）



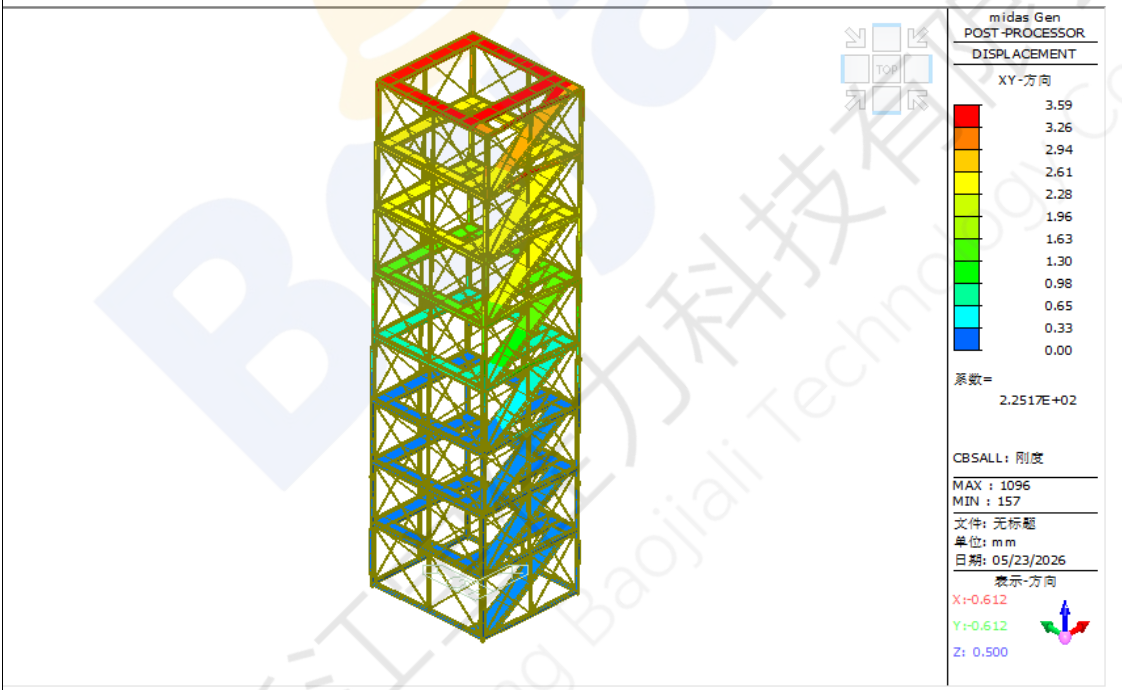
最大剪应力 14.72MPa（强度包络）

综上，施工楼梯最大组合应力为 78.88MPa，最大剪应力 14.72MPa，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，78.88MPa<215MPa，14.72MPa<125MPa，施工楼梯强度安全！

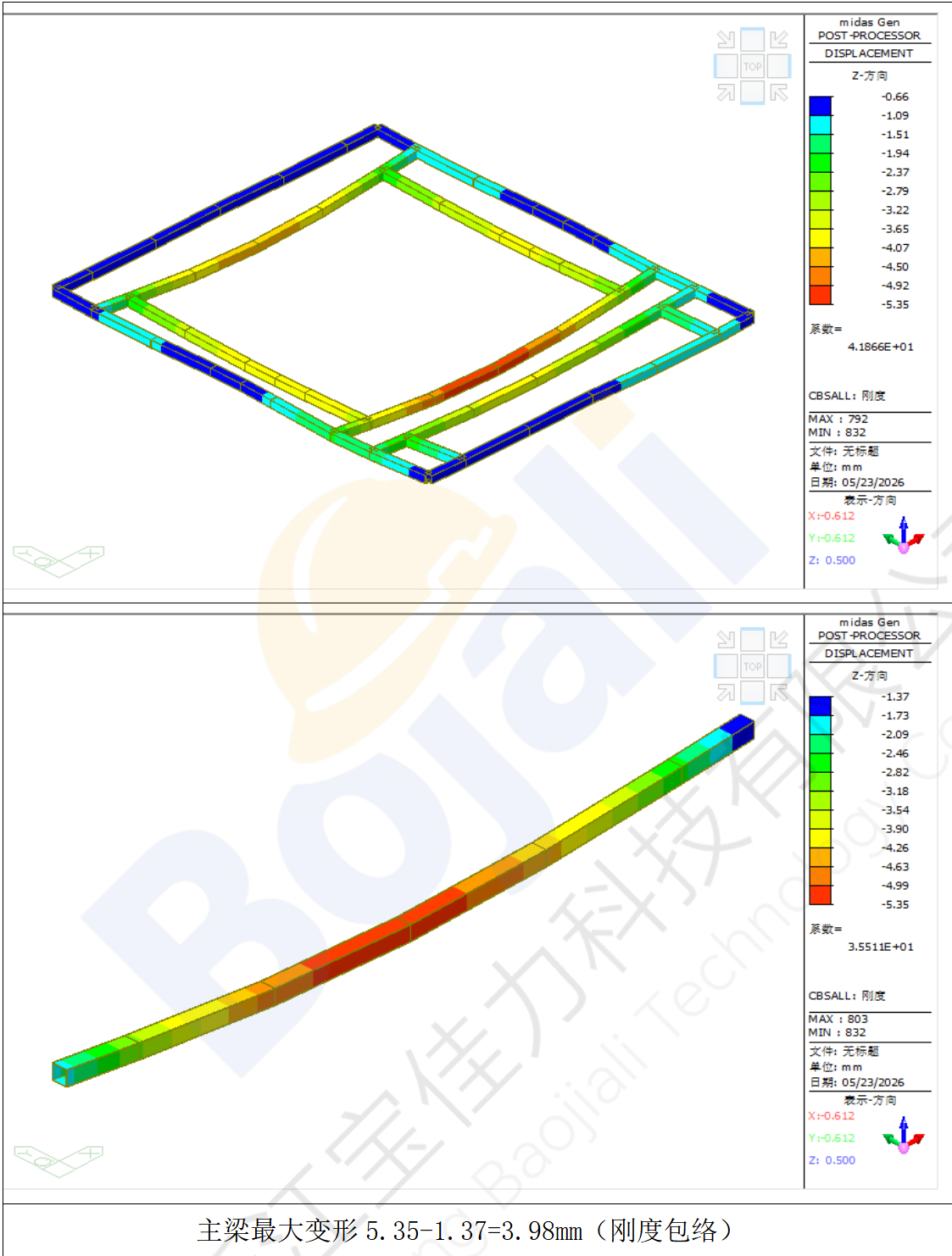
7.2 变形结果

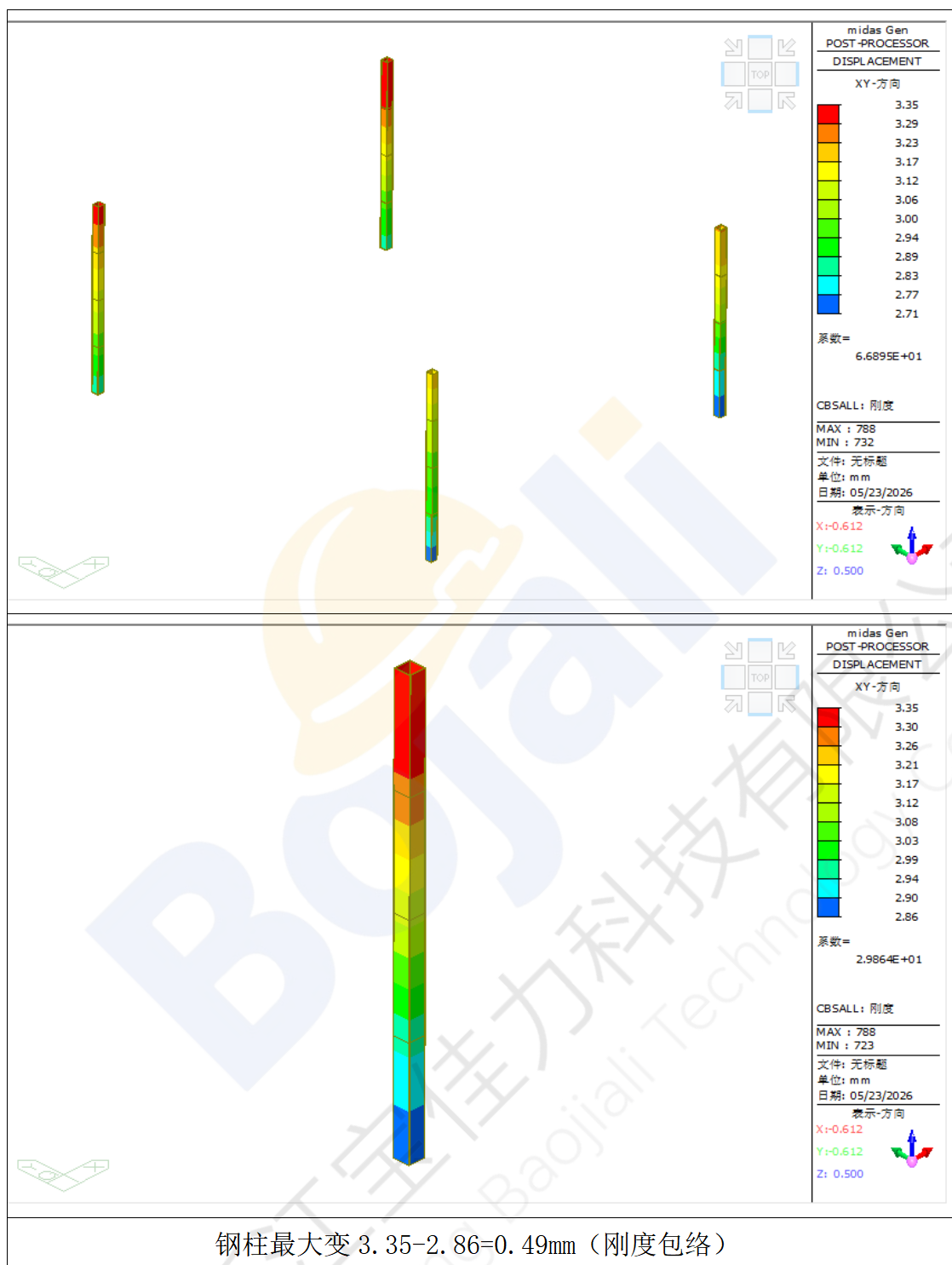


整体最大竖向变形 5.35mm（刚度包络）



整体最大横向变形 3.59mm（刚度包络）





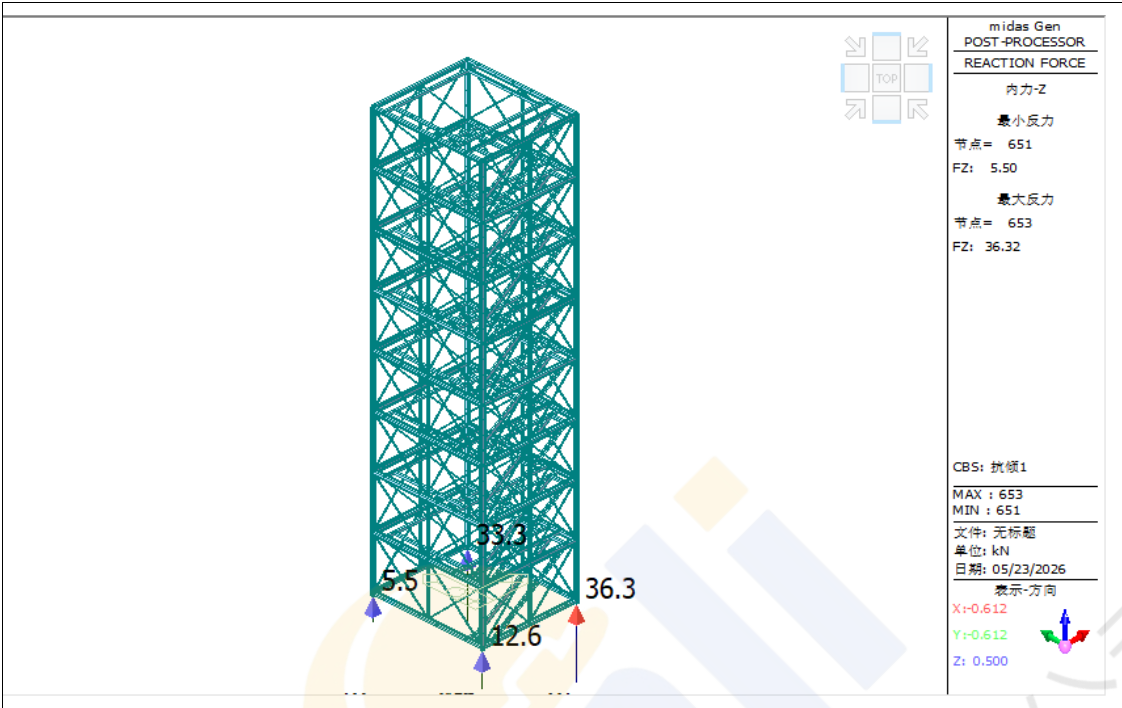
根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，对 1) 主梁或桁架(包括设有悬挂起重设备的梁和桁架)，为构件计算跨度的 1 / 400。

钢梁最小跨度为 3.6m，最大变形量为 3.98mm， $3.98/3800 < 1/400$ ，钢梁刚度安全！

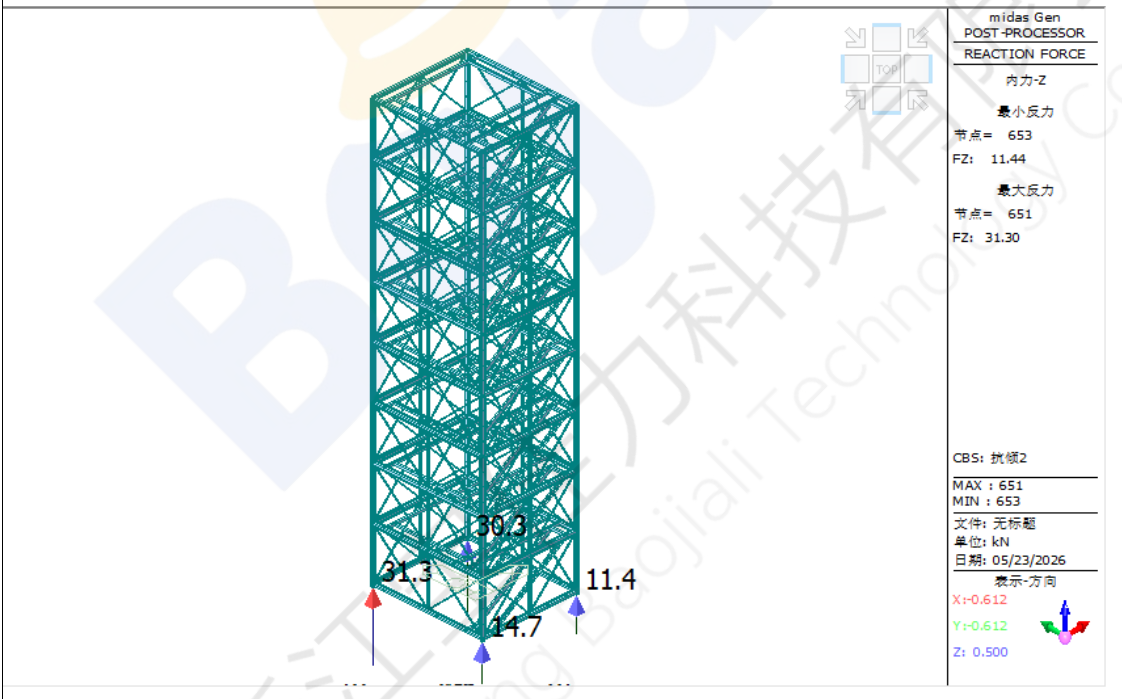
根据《GB50017 钢结构设计标准》中附录 B 结构或构件的变形容许值，钢柱柱顶位移为 H/150。

支柱最大高度为 2m，最大变形量为 0.49mm， $0.49/2000 < 1/150$ ，钢柱刚度安全！

7.3 抗倾覆验算



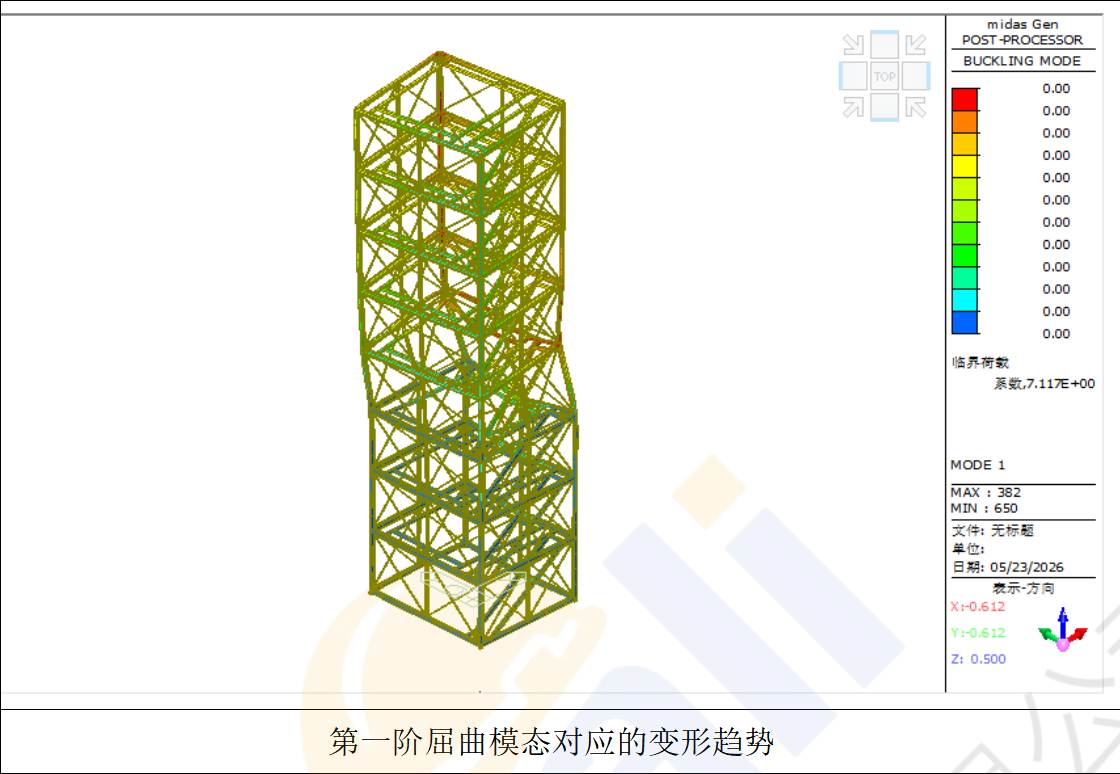
支座反力（抗倾 1 荷载组合）



支座反力（抗倾 2 荷载组合）

支座反力未出现负值，证明所有支座均受压力，无倾覆危险。

7.4 稳定性验算



第一阶屈曲模态对应的变形趋势

前 4 阶模态特征值如下：

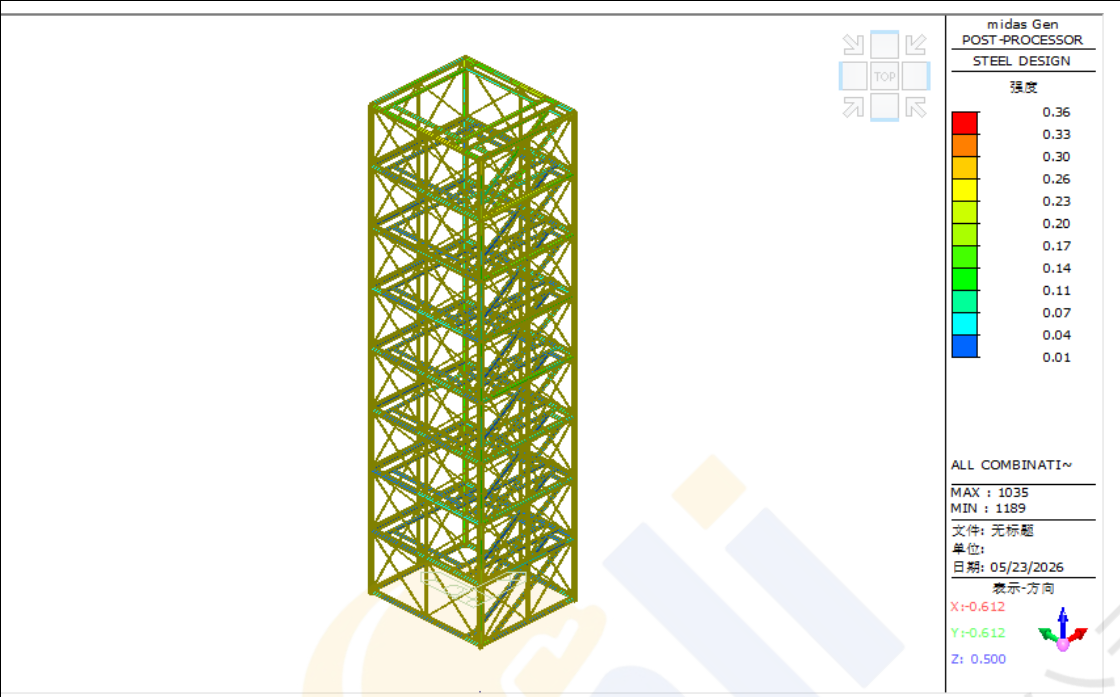
模态	特征值	容许误差
1	4.924211	6.3215e-41
2	5.689267	1.2838e-29
3	5.906888	5.4276e-26
4	6.646963	9.6743e-16

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。

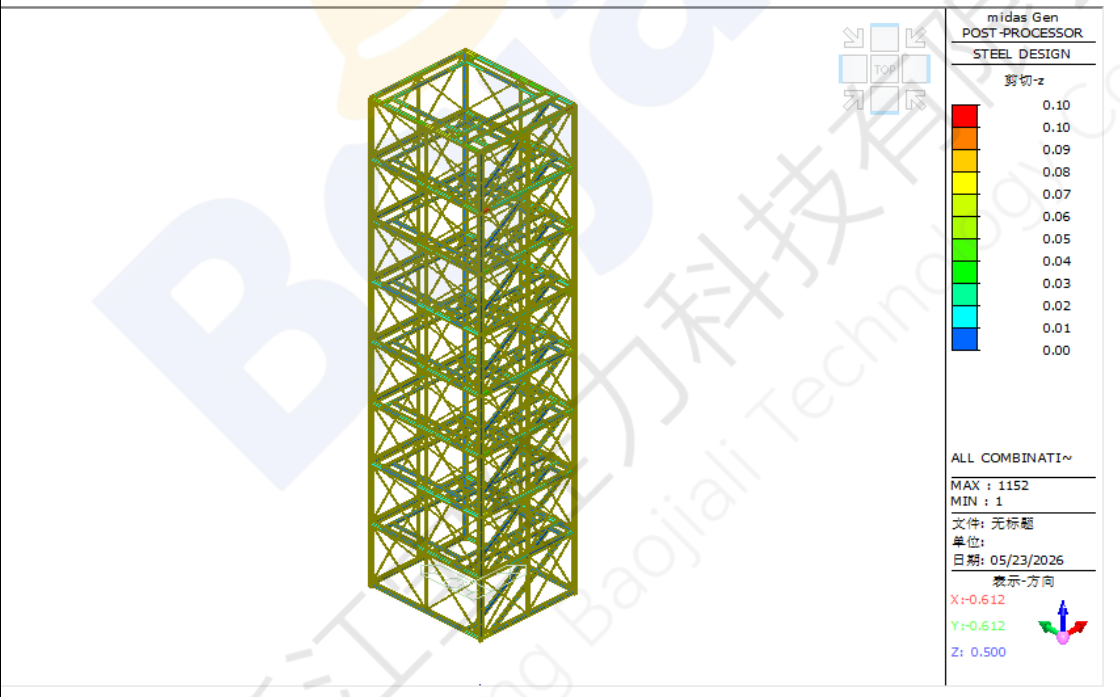
规范对第一类稳定的规定		
规范名称	屈曲系数	页码
《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010	不小于4.2	20
《铁路桥涵设计规范》TB10002-2017	不小于4	43
《公路钢管混凝土拱桥设计规范》JTG/TD65-06-2015	不小于4	37
《公路斜拉桥设计细则》JTG/TD65-01-2007	不小于4	16
《公路钢结构桥梁设计规范》JTGD64-2015	不小于4	81

该结构第一阶特征值为 4.92>4.2，稳定性满足要求！

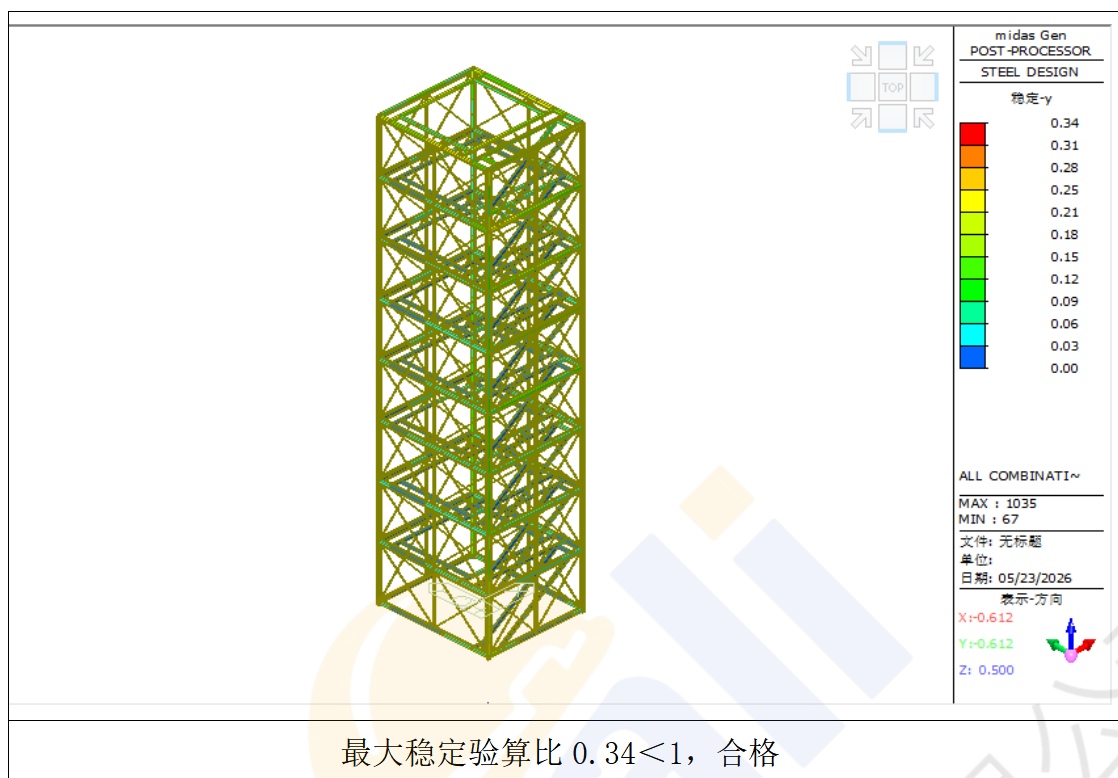
7.5 验算比结果



最大强度验算比 $0.36 < 1$ ，合格



最大剪切验算比 $0.10 < 1$ ，合格



8、150mm 厚 C20 垫层验算

施工楼梯柱底，使用 C20 垫层，取 1000x1000x150mm 范围进行验算。

1 设计资料：

1.1 已知条件：

类型：阶梯形

柱数：单柱

阶数：1

基础尺寸(单位 mm)：

b1=1000, b11=500, a1=1000, a11=500, h1=150

柱：方柱，A=80mm, B=80mm

设计值：N=43.30kN, Mx=0.00kN.m, Vx=0.00kN, My=0.00kN.m, Vy=0.00kN

标准值：Nk=43.30kN, Mxk=0.00kN.m, Vxk=0.00kN, Myk=0.00kN.m,

Vyk=0.00kN

混凝土强度等级：C20, $f_c=9.6\text{N/mm}^2$

基础混凝土纵筋保护层厚度：40mm

基础与覆土的平均容重：20.00kN/m³

修正后的地基承载力特征值：100kPa

基础埋深：0.15m

作用力位置标高：0.000m

获取完整无水印计算书
联系官方
13336064501

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	—

