

中山大学附属第一医院广西医院门诊三楼公共区域改造项目
钢结构加层设计计算书

中泰恒科工程设计有限公司

2023 年 12 月

目录

- 1 荷载计算 1
 - 1.1 荷载作用说明 1
- 2 选取计算荷载组合 1
- 3 加层结构计算 1
- 4 支座反力（设计值） 13
- 5 柱脚链接计算 13
 - 5.1 埋件计算 13
 - 5.2 焊缝计算 15
- 6 钢梁与混凝土结构连接计算 17
- 7 梁柱刚接 19
- 8 梁梁铰接 23
- 9 三层楼面支撑钢架主龙骨计算 26
- 10 三层楼面支撑钢架次龙骨计算 30
- 11 屋面主檩条计算 33
- 12 屋面次檩条计算 37

1 荷载计算

1.1 荷载作用说明

承受的荷载包括：自重、风荷载、地震力。

(1)恒荷载：

a、屋面：

铝镁锰板+檩条+装修荷载+其他，取 1.0 kN/m^2 ；

b、幕墙：

中空玻璃+铝合金型材+其他，取 1.0 kN/m^2 ；

(2)活荷载：

a、不上人屋面：取 0.5 kN/m^2 ；

(3)风荷载： 0.35 kN/m^2 ，按重现期 50 年；

(4)地震作用：南宁地区抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 $0.10g$ ，第一组；

2 选取计算荷载组合

结构的强度、变形验算：

A. 强度验算时结构的荷载组合：

工况 1. $1.3 \text{ 恒载} + 1.5 \text{ 活荷载} + 1.5 * (0.6) \text{ 风荷载}$

工况 2. $1.3 \text{ 恒载} + 1.5 * (0.7) \text{ 活荷载} + 1.5 \text{ 风荷载}$

工况 3. $1.3 \text{ 恒载} + 1.5 \text{ 活荷载} + 1.3 * (0.5) \text{ 地震作用}$

B. 变形验算时结构的荷载组合：

工况 4. $1.0 \text{ 恒载} + 1.0 \text{ 活载}$

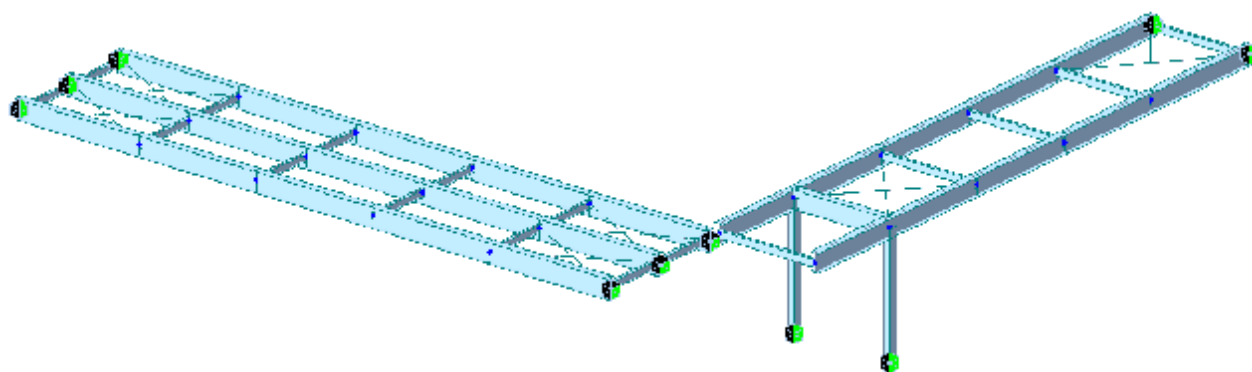
工况 5. $1.0 \text{ 恒载} + 1.0 \text{ 风荷载}$

注：括号内为该工况下，对应荷载的组合系数。

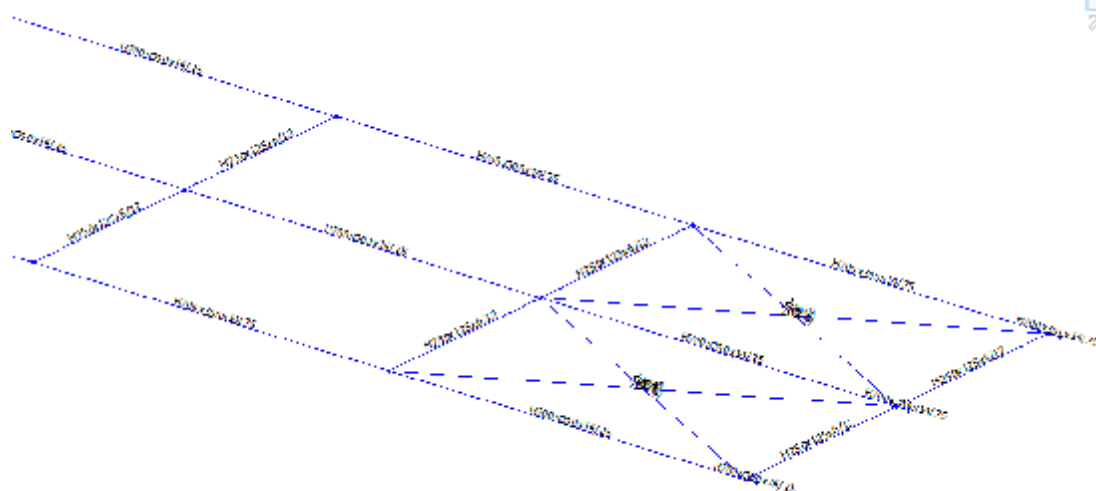
3 加层结构计算

(1)计算软件：Midas GEN 2022

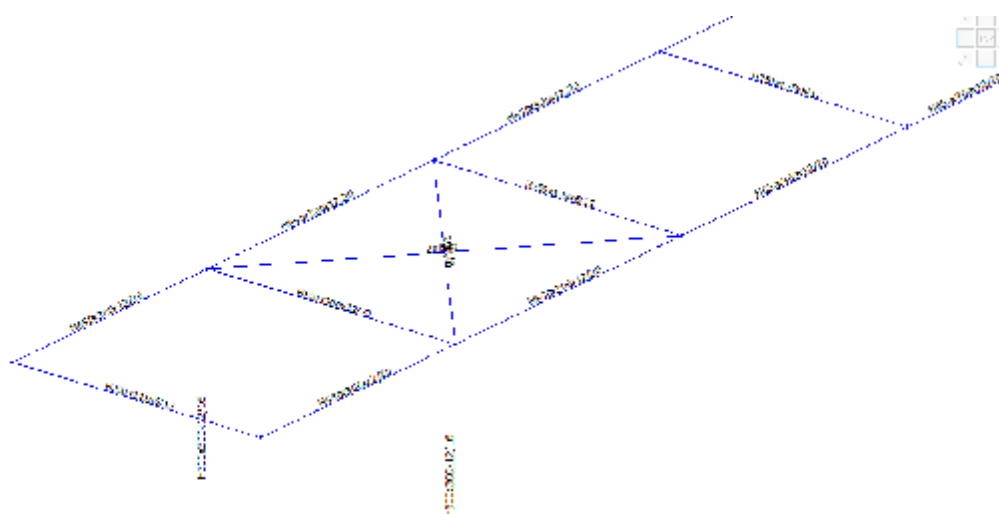
(2)计算单元如下：(具体尺寸及截面详见图纸)



计算模型（整体）

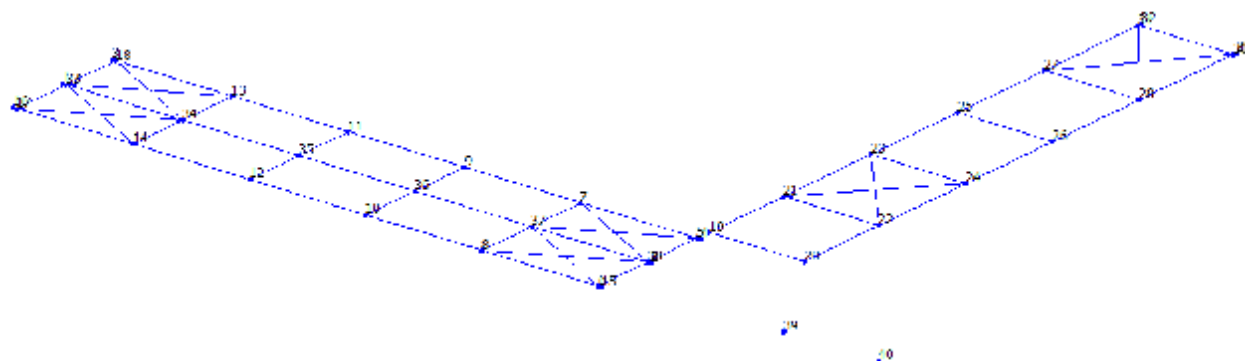


计算模型（局部 1）

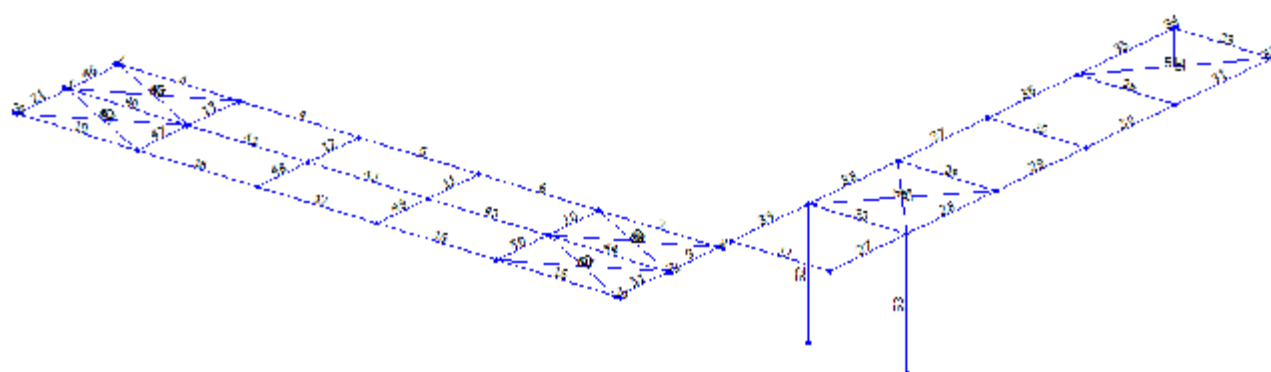


计算模型（局部 2）

节点编号图如下：

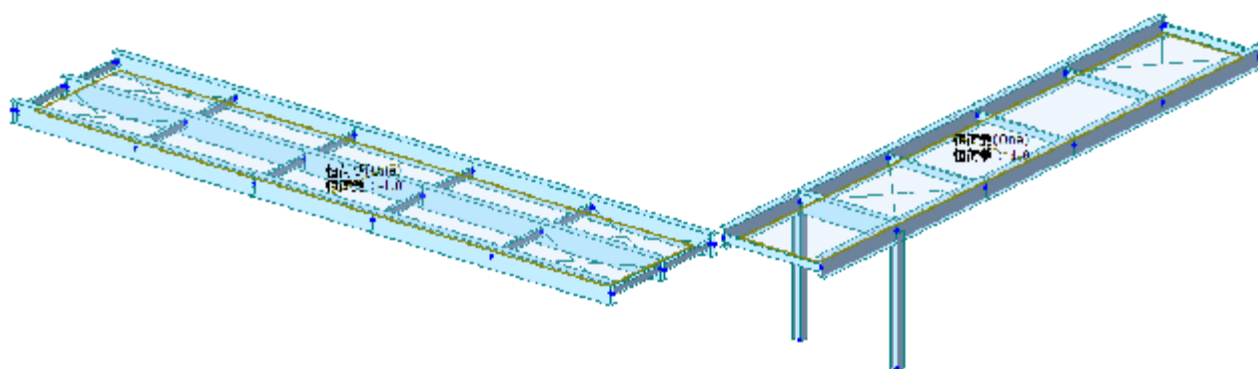


单元编号图如下：

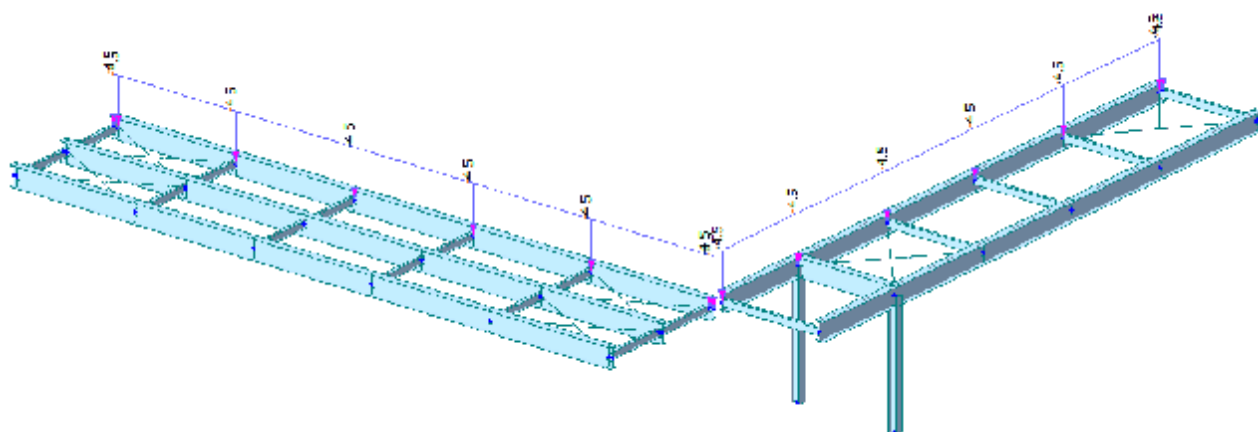


(3) 荷载布置

恒荷载布置如图所示：

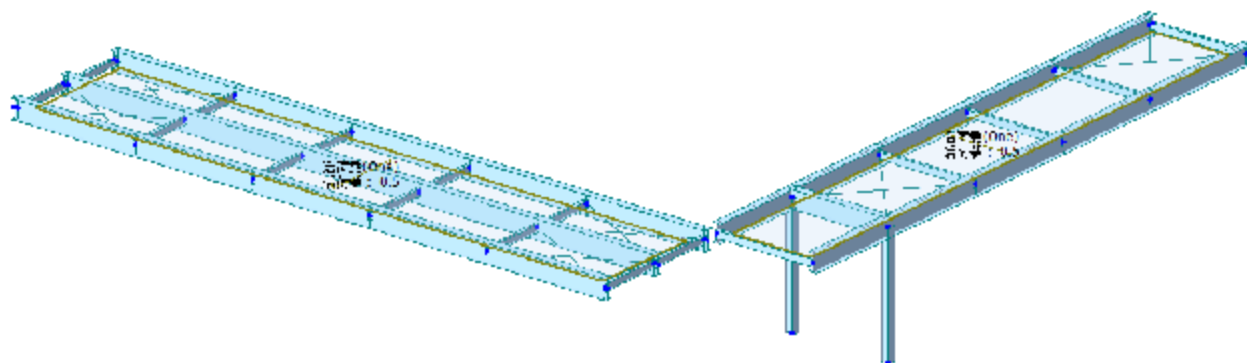


面荷载 (kN/m²)

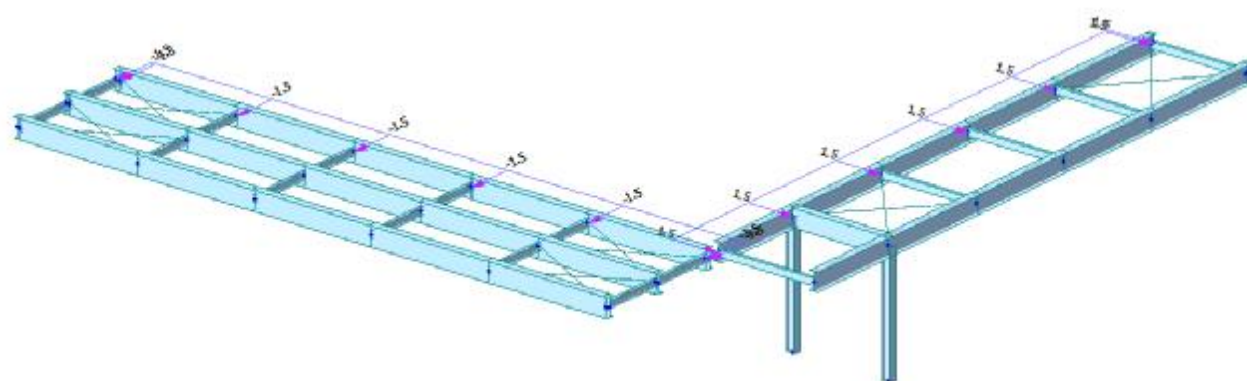


线荷载 (kN/m)

活荷载布置如图所示:

面荷载 (kN/m²)

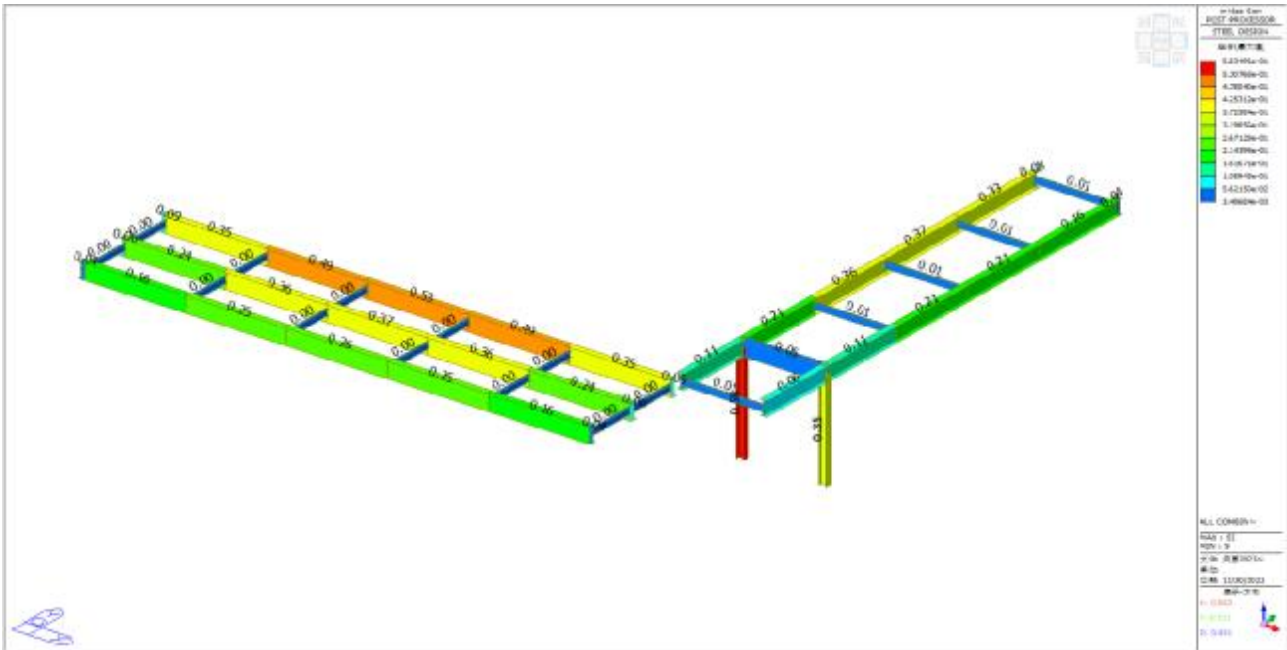
风荷载布置如图所示:



线荷载 (kN/m)

(4)承载力计算

经程序计算结果如下：



应力比图如下（各工况包络）

各种规格构件，应力比达到最大值时，如下表所示：

CHK	选择	构件组合	截面名称	材料	Len	Ly	Ky
			截面号	材料	Lb	Lz	Kz
OK	☐	36	H650x300x12	Q345	4.300	4.300	1.00
		0.366	1	1	4.300	4.300	1.00
OK	☐	52	H300x300x12	Q345	4.500	4.500	1.00
		0.583	2	1	4.500	4.500	1.00
OK	☐	22	H250x125x6/	Q345	3.750	3.750	1.00
		0.010	3	1	3.750	3.750	1.00
OK	☐	5	H700x300x14	Q345	4.580	4.580	1.00
		0.528	4	1	4.580	4.580	1.00

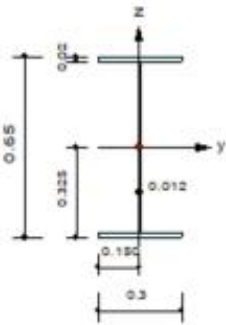
表格含义：CHK 是否通过计算；MEMB 单元号；SECT 在模型中第几种截面规格；COM 最大应力比；SHR 剪力应力比。

由以上计算书可得：结构各杆件应力比均<1，满足强度要求。

单元 36 计算

1. 设计条件

设计规范	GB50017-17
单位体系	kN, m
单元号	36
材料	Q345 (号:1)
截面名称	H650x300x12/20 (号:1)
	(型钢:)
构件长度	: 4.30000



2. 验算内力

强度验算:	N = -23.133 (LCB:11, POS:3/4)
	My = 379.534
	Mz = -5.7581
稳定验算:	N = -7.9946 (LCB:8, POS:3/4)
	My = 393.549
	Mz = 3.45942

高度	0.65000	腹板厚度	0.01200
上翼缘宽度	0.30000	上翼缘厚度	0.02000
下翼缘宽度	0.30000	下翼缘厚度	0.02000
Wx	0.01647	Wz	0.00780
Wy	0.00401	Wz	0.01125
Wx	0.00143	Wz	0.00009
Wx	0.15000	Wz	0.32500
Wx	0.00440	Wz	0.00060
ry	0.27117	rz	0.06804

剪切验算:	Vy = 5.03852, Vz = -39.316 (LCB:7, POS:I)
-------	---

3. 设计参数

构件类型	梁
自由长度	Ly = 4.30000, Lz = 4.30000, Lb = 4.30000
计算长度系数	Ky = 1.00, Kz = 1.00
强度设计时净截面特征值调整系数	C = 0.85

4. 内力验算结果

强度应力验算:	$\sigma/f = 99069.068 / 310531.053 = 0.319 < 1.000$ O.K
稳定应力验算:	Rmax1 = 0.366
	Rmax = 0.366 < 1.000 O.K
剪切强度应力验算:	$\tau_y/f_v = 1153.505 / 179290.446 = 0.006 < 1.000$ O.K
	$\tau_z/f_v = 6164.216 / 179290.446 = 0.034 < 1.000$ O.K

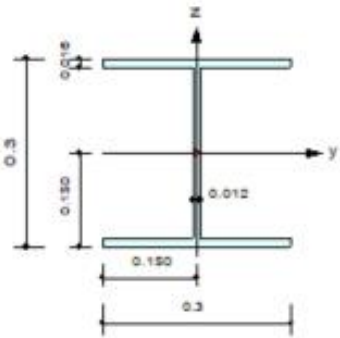
5. 构造验算结果

板件宽厚比验算:	B/tf = 6.550 < 7.4 O.K
	Hw/tw = 48.667 < 53.6 O.K

单元 52 计算

1. 设计条件

设计规范	GB50017-17
单位体系	kN, m
单元号	52
材料	Q345 (号:1)
截面名称	H300x300x12/16 (号:2) (型钢:).
构件长度	: 4.50000



2. 验算内力

强度验算:	N = -185.58 (LCB:12, POS:I) My = 58.3302 Mz = 60.1633
稳定验算: y向:	N = -185.58 (LCB:12, POS:I) My = 58.3302 Mz = 60.1633
z向:	N = -185.58 (LCB:12, POS:I) My = 58.3302 Mz = 60.1633

高度	0.30000	腹板厚度	0.01200
上翼缘宽度	0.30000	上翼缘厚度	0.01600
下翼缘宽度	0.30000	下翼缘厚度	0.01600
Wx	0.01295	Wz	0.00300
Wy	0.00578	Wz	0.01125
Iy	0.00022	Iz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wyy	0.00144	Wzz	0.00048
ry	0.12895	rz	0.07435

3. 设计参数

构件类型	柱
自由长度	Ly = 4.50000, Lz = 4.50000, Lb = 4.50000
计算长度系数	Ky = 1.00, Kz = 1.00
强度设计时净截面特征值调整系数	C = 0.85

4. 内力验算结果

强度应力验算:	$\sigma/f = 175873.508 / 310531.053 = 0.566 < 1.000$ OK
稳定应力验算:	$R_{max1} = 0.583, R_{max2} = 0.449$ $R_{max} = 0.583 < 1.000$ OK

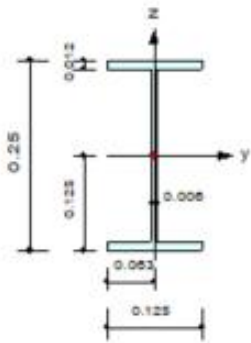
5. 构造验算结果

长细比验算:	$KL/r = 60.355 < 150.0$ OK
板件宽厚比验算:	$B/tf = 8.188 < 9.1$ OK $Hw/tw = 20.167 < 27.2$ OK

单元 22 计算

1. 设计条件

设计规范	GB50017-17
单位体系	kN, m
单元号	22
材料	Q345 (号:1)
截面名称	H250x125x6/12 (号:3)
	(型钢:).
构件长度	: 3.75000



2. 验算内力

强度验算:	N = -1.5775 (LCB:3, POS:1/2) My = 0.77593
稳定验算:	N = -1.5775 (LCB:3, POS:1/2) My = 0.77593
剪切验算:	Vy = 0.00000, Vz = -0.8277 (LCB:1, POS:I)

高度	0.25000	腹板厚度	0.00600
上翼缘宽度	0.12500	上翼缘厚度	0.01200
下翼缘宽度	0.12500	下翼缘厚度	0.01200
Wx	0.00441	Asx	0.00150
Oyb	0.03013	Ody	0.00195
Iy	0.00005	Iz	0.00000
Ybar	0.06250	Zbar	0.12500
Wyy	0.00039	Wyz	0.00005
ry	0.10537	rz	0.02978

3. 设计参数

构件类型	梁
自由长度	Ly = 3.75000, Lz = 3.75000, Lb = 3.75000
计算长度系数	Ky = 1.00, Kz = 1.00
强度设计时净截面特征值调整系数	C = 0.85

4. 内力验算结果

强度应力验算:	$\sigma/f = 2074.944 / 310531.053 = 0.007 < 1.000$ O.K
稳定应力验算:	Rmax1 = 0.010 Rmax = 0.010 < 1.000 O.K
剪切强度应力验算:	$\tau_y/f_v = 0.000 / 179290.446 = 0.000 < 1.000$ O.K $\tau_z/f_v = 671.794 / 179290.446 = 0.004 < 1.000$ O.K

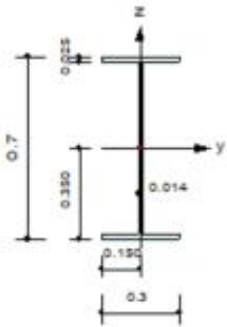
5. 构造验算结果

板件宽厚比验算:	B/tf = 4.292 < 7.4 O.K Hw/tw = 35.000 < 53.6 O.K
----------	---

单元 5 计算

1. 设计条件

设计规范	GB50017-17
单位体系	kN, m
单元号	5
材料	Q345 (号:1)
截面名称	H700x300x14/25 (号:4)
	(型钢:).
构件长度	: 4.58000



2. 验算内力

强度验算:	N = -24.423 (LCB:11, POS:1/2)
	My = 716.138
	Mz = 11.8938
稳定验算:	N = -24.423 (LCB:11, POS:1/2)
	My = 716.138
	Mz = 11.8938
剪切验算:	Vy = 0.00000, Vz = -24.734 (LCB:1, POS:1)

高度	0.70000	腹板厚度	0.01400
上翼缘宽度	0.30000	上翼缘厚度	0.02500
下翼缘宽度	0.30000	下翼缘厚度	0.02500
面积	0.02438	Asx	0.00980
惯性矩	0.23382	Isx	0.01125
回转半径	0.00006	Isy	0.00011
净面积	0.15000	Isz	0.35000
净惯性矩	0.00588	Isz	0.00075
净回转半径	0.29058	Isz	0.00799

3. 设计参数

构件类型	梁
自由长度	Ly = 4.58000, Lz = 4.58000, Lb = 4.58000
计算长度系数	Ky = 1.00, Kz = 1.00
强度设计时净截面特征值调整系数	C = 0.85

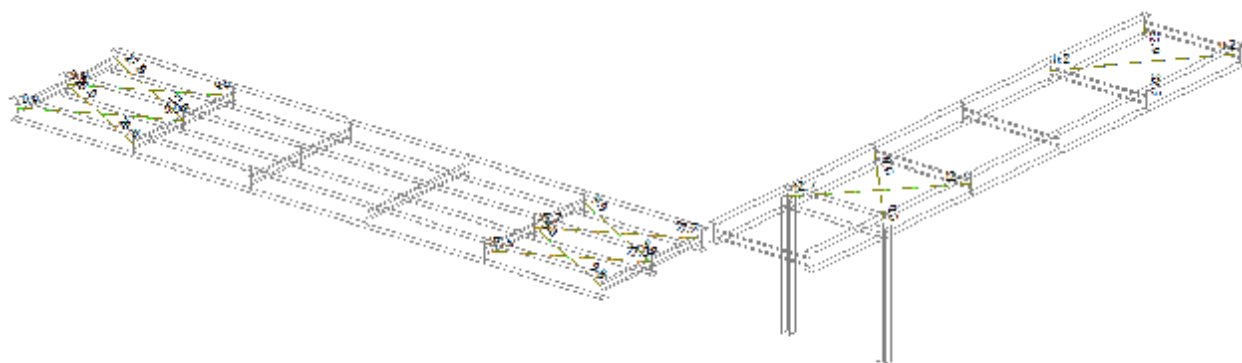
4. 内力验算结果

强度应力验算:	$\sigma/f = 142078.268 / 310531.053 = 0.458 < 1.000$ O.K
稳定应力验算:	Rmax1 = 0.528
	Rmax = 0.528 < 1.000 O.K
剪切强度应力验算:	$\tau_y/f_v = 567.927 / 179290.446 = 0.003 < 1.000$ O.K
	$\tau_z/f_v = 3087.832 / 179290.446 = 0.017 < 1.000$ O.K

5. 构造验算结果

板件宽厚比验算:	B/tf = 5.000 < 7.4 O.K
	Hw/tw = 43.857 < 53.6 O.K

(5) 水平支撑计算

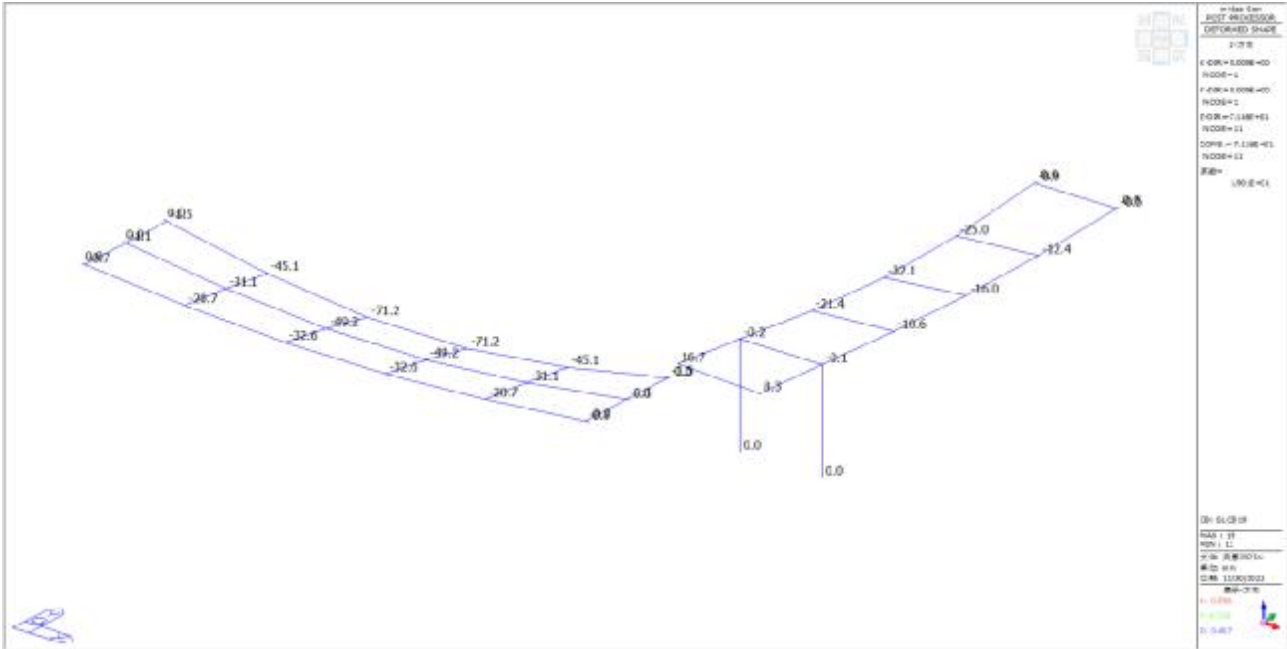


水平支撑最大拉力值为 32.9kN。

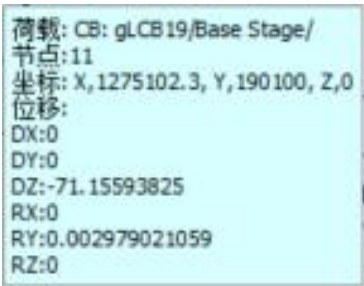
拉应力 $=32.9 \times 1000 / 3.14 / 10 / 10 = 104.78 \text{ N/mm}^2 < 215 \text{ N/mm}^2$ ，满足！

(6)变形计算

工况 4 下的变形图如下：

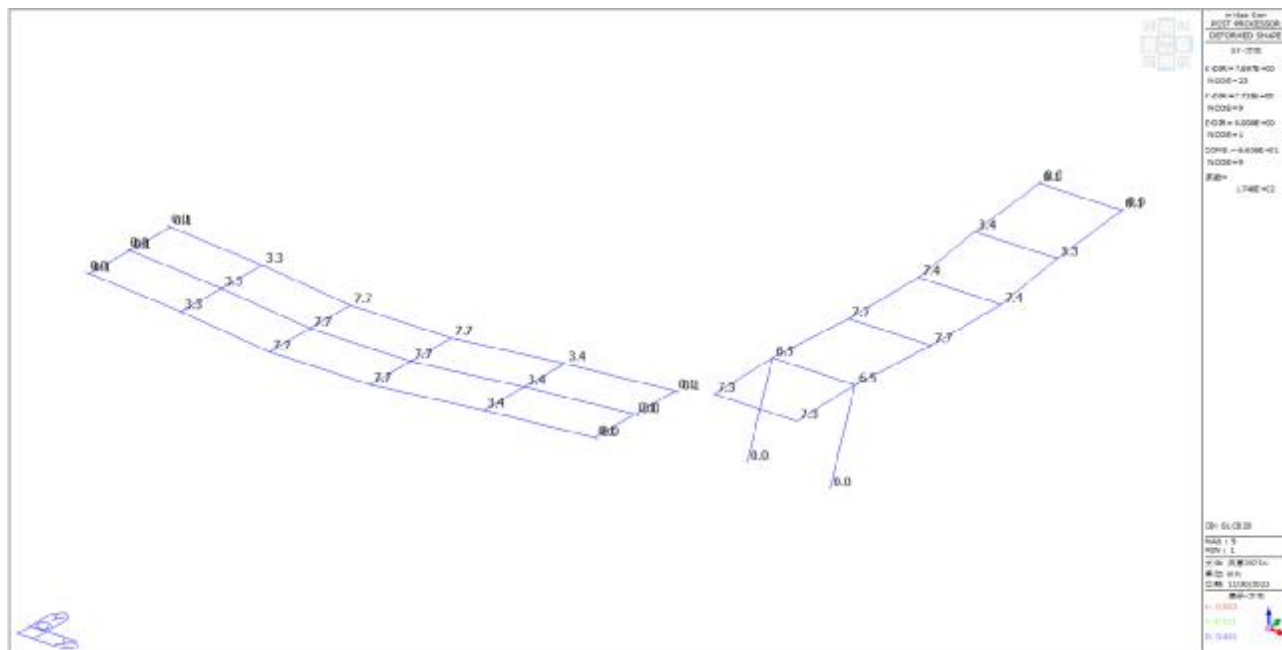


工况 4 下的变形图



工况 4 下，节点 11 详细信息

工况 5 下的变形图如下：



工况 5 下的变形图

荷载: CB: gLCB20/Base Stage/
节点: 9
坐标: X, 1279682.3, Y, 190100, Z, 0
位移:
DX: -0.0445469349
DY: -7.73525897
DZ: -65.9094034
RX: 0
RY: -0.002759357004
RZ: 0.0006443435439

工况 5 下，节点 9 详细信息

从图上可知结构最大挠度出现在节点 11 上，其绝对挠度为 71.1mm
 $< 22900/250 = 91.6\text{mm}$ ；

风荷载作用下，结构最大位移出现在节点 9 上，其绝对挠度为 7.7mm
 $< 4500/400 = 11.25\text{mm}$ ；

从上述结果可知，各工况下挠度均满足规范要求。

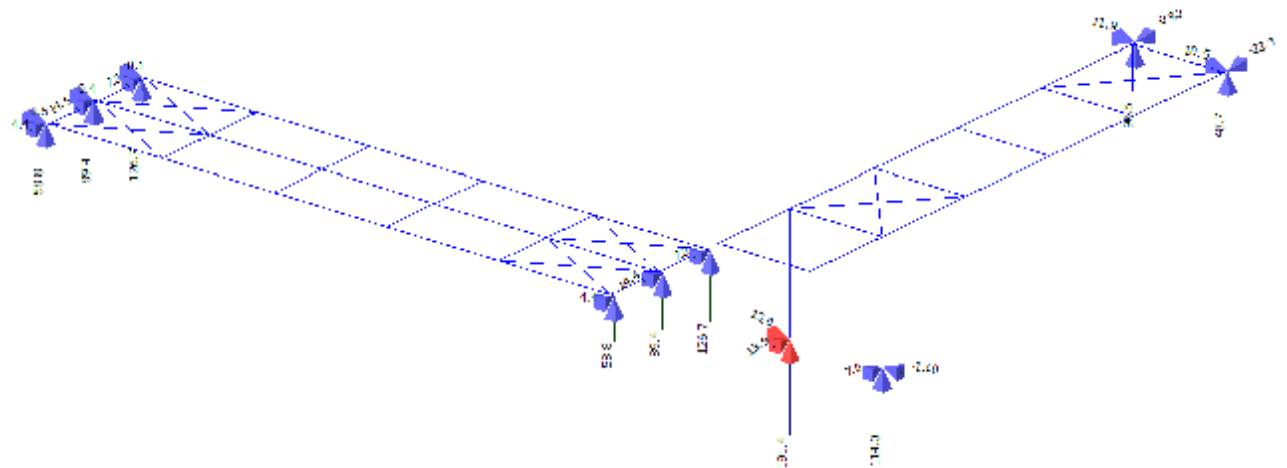
综上所述钢结构的强度和变形满足规范要求。

4 支座反力（设计值）

表格：

节点	荷载	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
1	包络	0.40	14.53	89.38
2	包络	0.00	14.43	89.38
3	包络	0.07	7.22	126.70
4	包络	0.00	7.20	126.70
15	包络	0.00	4.41	58.84
16	包络	0.47	4.41	58.84
29	包络	10.54	-22.29	48.71
32	包络	11.85	-29.19	96.46
39	包络	12.96	13.86	191.42
40	包络	-12.95	6.98	113.97

图例：



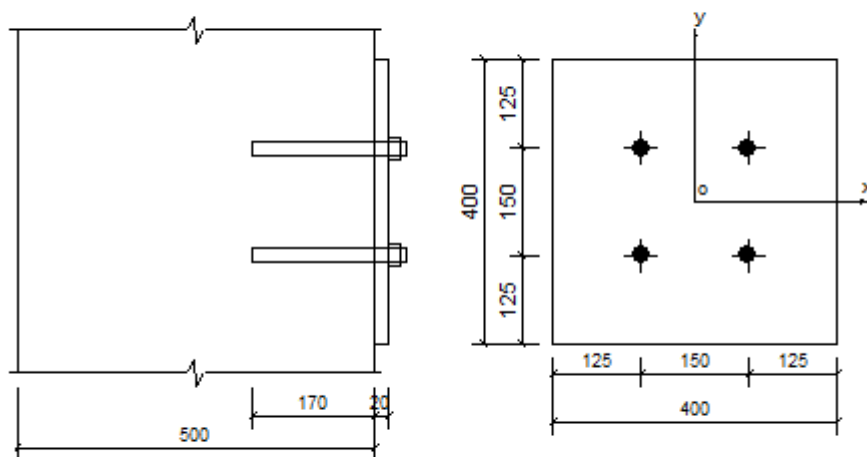
5 柱脚链接计算

5.1 埋件计算

一. 预埋件基本资料

采用化学锚栓：M20特殊倒锥形化学锚栓
排列为(非环形布置)：2行；行间距150mm；2列；列间距150mm；
锚板选用：SB20_Q345
锚板尺寸：L*B= 400mm×400mm，T=20
基材混凝土：C30
基材厚度：500mm

锚筋布置平面图如下：



二. 预埋件验算：

1 化学锚栓群抗拉承载力计算

轴向压力为： $N = -191.4\text{kN}$

锚栓总个数： $n = 2 \times 2 = 4$ 个

按轴向拉力单独作用下计算：

$$N_h = N/n = -191.4/4 = -47.85\text{kN}$$

故有：

$N_h < 0$ ，由于这里只计算锚栓拉力作用，压力作用由锚板及混凝土来传递，故取：

$$N_h = 0\text{ kN}$$

所选化学锚栓抗拉承载力为(锚栓库默认值)： $N_c = 90.574\text{kN}$

这里要考虑抗震组合工况： $\gamma_{RE} = 0.85$

故有允许抗拉承载力值为： $N_c = 90.574/\gamma_{RE} = 106.557\text{kN}$

故有：

$$0 < 106.557\text{kN}, \text{ 满足}$$

2 化学锚栓群抗剪承载力计算

X方向剪力： $V_x = 13.9\text{kN}$

Y方向剪力： $V_y = 13\text{kN}$

X方向受剪锚栓个数： $n_x = 4$ 个

Y方向受剪锚栓个数： $n_y = 4$ 个

剪切荷载通过受剪化学锚栓群形心时，受剪化学锚栓的受力应按下式确定：

$$V_{ix} = V_x/n_x = 13900/4 = 3475 \times 10^{-3} = 3.475\text{kN}$$

$$V_{iy} = V_y/n_y = 13000/4 = 3250 \times 10^{-3} = 3.25\text{kN}$$

化学锚栓群在扭矩T作用下，各受剪化学锚栓的受力应按下列公式确定：

$$V_{ix}^T = T \cdot y_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

$$V_{iy}^T = T \cdot x_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

化学锚栓群在剪力和扭矩的共同作用下，各受剪化学锚栓的受力应按下列公式确定：

$$V_i^{\delta} = [(V_{ix}^V + V_{ix}^T)^2 + (V_{iy}^V + V_{iy}^T)^2]^{0.5}$$

结合上面已经求出的剪力作用下的单个化学锚栓剪力值及上面在扭矩作用下的单个锚栓剪力值公式分别对化学锚栓群中（边角）锚栓进行合成后的剪力进行计算（边角锚栓存在最大合成剪力）：

取4个边角化学锚栓中合剪力最大者为：

$$V_i^{\delta} = [(3475+0)^2 + (3250+0)^2]^{0.5} = 4.758 \text{ kN}$$

所选化学锚栓抗剪承载力为(锚栓库默认值)： $V_c = 53.855 \text{ kN}$

这里要考虑抗震组合工况： $\gamma_{RE} = 0.85$

故有允许抗剪承载力值为： $V_c = 53.855 \times 0.85 = 45.767 \text{ kN}$

故有：

$$V_i^{\delta} = 4.758 \text{ kN} < 45.767 \text{ kN}, \text{ 满足}$$

3 化学锚栓群在拉剪共同作用下计算

当化学锚栓连接承受拉力和剪力复合作用时，混凝土承载力应符合下列公式：

$$(\beta_N)^2 + (\beta_V)^2 \leq 1$$

式中：

$$\beta_N = N_h / N_c = 0 / 106.557 = 0$$

$$\beta_V = V_i^{\delta} / V_c = 4.758 / 45.767 = 0.104$$

故有：

$$(\beta_N)^2 + (\beta_V)^2 = 0^2 + 0.104^2 = 0.0108 \leq 1, \text{ 满足}$$

三. 预埋件构造验算：

锚固长度限值计算：

锚固长度为170，最小限值为160，满足！

锚板厚度限值计算：

按《混凝土结构设计规范2002版》10.9.6规定，锚板厚度宜大于锚筋直径的0.6倍，故取

$$\text{锚板厚度限值：} T = 0.6 \times d = 0.6 \times 20 = 12 \text{ mm}$$

锚筋间距b取为列间距， $b = 150 \text{ mm}$

锚筋的间距： $b = 150 \text{ mm}$ ，按规范且有受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于 $b/8 = 18.75 \text{ mm}$ ，故取

$$\text{锚板厚度限值：} T = 150/8 = 18.75 \text{ mm}$$

锚板厚度为20，最小限值为18.75，满足！

行间距为150，最小限值为120，满足！

列边距为150，最小限值为60，满足！

行边距为125，最小限值为40，满足！

列边距为125，最小限值为40，满足！

5.2 焊缝计算

一. 基本资料

截面类型为：H-300*300*12*16-Q345

连接方式为：

连接方式：采用四面围焊角焊缝，焊脚高度10 mm

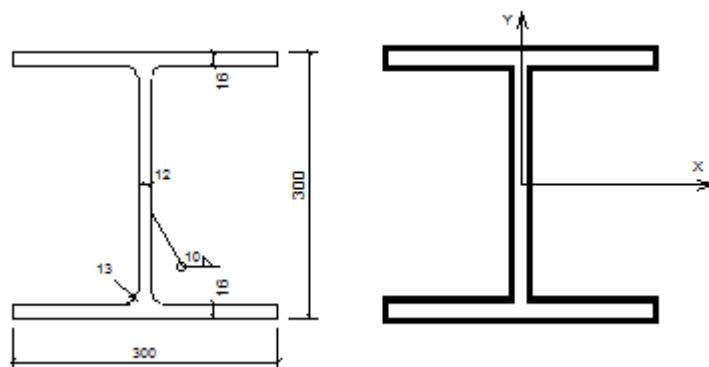
连接板厚度为：20mm

焊缝高度为：10mm

内力值为：N=191.4kN. $V_x=13.9$ kN. $V_y=13$ kN.

二. 角焊缝验算

焊缝群分布和尺寸如下图所示：



角焊缝焊脚高度： $h_f=10$ mm；有效高度： $h_e=7$ mm

焊缝受力： $N=191.4$ kN； $V_x=13.9$ kN； $V_y=13$ kN； $M_x=0$ kN·m； $M_y=0$ kN·m；

未直接承受动力荷载，取正面角焊缝强度设计值增大系数 $\beta_f=1.22$

1 焊缝群强度验算

抗压面积： $A_N=128.24$ cm²

抗剪面积： $A_x=37.52$ cm²； $A_y=90.72$ cm²

X向剪应力： $\tau_x=|V_x|/A_x=13.9\times 10^3/3752=3.705$ MPa

Y向剪应力： $\tau_y=|V_y|/A_y=13\times 10^3/9072=1.433$ MPa

轴力下正应力： $\sigma_N=N/A=191.4/128.24\times 10=14.925$ MPa

最大综合应力：

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= [(\sigma_N/\beta_f)^2 + \max(\tau_y, \tau_x)^2]^{0.5} \\ &= [(14.925/1.22)^2 + \max(1.433, 3.705)^2]^{0.5} = 12.782 \text{ MPa} \leq 200, \text{ 满足}\end{aligned}$$

2 角焊缝构造检查

腹板角焊缝连接板最小厚度： $T_{\min}=10$ mm

腹板构造要求最大焊缝高度： $h_{f\max}=1.2\times T_{\min}=12$ mm ≥ 10 ，满足

腹板角焊缝连接板最大厚度： $T_{\max}=8$ mm

构造要求最小腹板焊脚高度： $h_{f\min}=1.5\times T_{\max}^{0.5}=3.674$ mm ≤ 10 ，满足

翼缘角焊缝连接板最小厚度： $T_{\min}=10$ mm

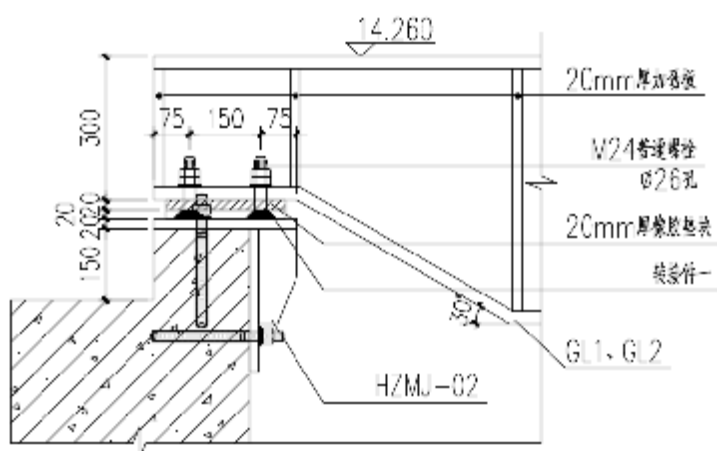
翼缘构造要求最大焊脚高度： $h_{f\max}=1.2\times T_{\min}=12$ mm ≥ 10 ，满足

翼缘角焊缝连接板最大厚度： $T_{\max}=10$ mm

构造要求最小翼缘焊脚高度： $h_{f\min}=1.5\times T_{\max}^{0.5}=3.674$ mm ≤ 10 ，满足

6 钢梁与混凝土结构连接计算

节点示意图如下:



节点详图

由节点详图可知, 钢梁搁置再混凝土结构梁之上, 钢梁竖向力由结构支承, 埋件锚栓仅承担水平剪力作用。

现仅考虑侧面三颗锚栓承担结构水平剪力作用，计算如下：

一. 预埋件基本资料

采用化学锚栓：**M20特殊倒锥形化学锚栓**

排列为(环形布置): 3行; 行间距160mm; 2列; 列间距75mm;

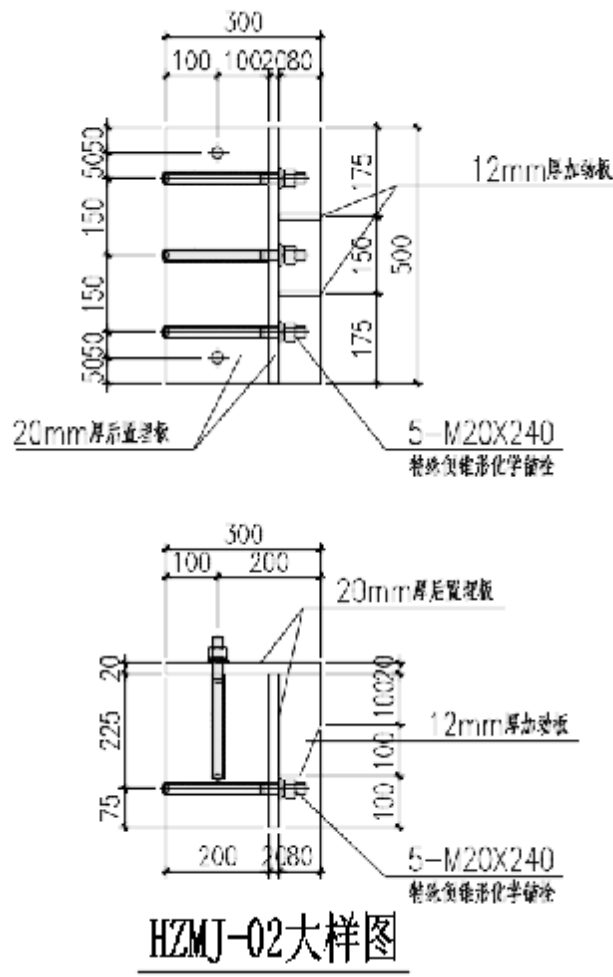
锚板选用: SB20_Q345

锚板尺寸: $L \times B = 200\text{mm} \times 500\text{mm}$, $T = 20$

基材混凝土: C30

基材厚度: 300mm

锚筋布置平面图如下:



二. 预埋件验算:

1 化学锚栓群抗拉承载力计算

轴向拉力为: $N=29.2\text{kN}$

锚栓群沿环形布置, 锚栓总个数为: $n=3$ 个

按轴向拉力单独作用下计算:

$$N_h = N/n = 29.2/3 = 9.733\text{kN}$$

所选化学锚栓抗拉承载力为(锚栓库默认值): $N_c=90.574\text{kN}$

这里要考虑抗震组合工况: $\gamma_{RE}=0.85$

故有允许抗拉承载力值为: $N_c=90.574/\gamma_{RE}=106.557\text{kN}$

故有:

$$9.733 < 106.557\text{kN}, \text{ 满足}$$

2 化学锚栓群抗剪承载力计算

Y方向剪力: $V_y=11.9\text{kN}$

X方向受剪锚栓个数: $n_x=3$ 个

Y方向受剪锚栓个数: $n_y=3$ 个

剪切荷载通过受剪化学锚栓群形心时, 受剪化学锚栓的受力应按下式确定:

$$V_{ix} = V_x/n_x = 0/3 = 0 \times 10^{-3} = 0\text{kN}$$

$$V_{iy} = V_y/n_y = 11900/3 = 3966.67 \times 10^{-3} = 3.966\text{kN}$$

化学锚栓群在扭矩T作用下, 各受剪化学锚栓的受力应按下列公式确定:

$$V_{ix}^T = T \cdot y_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

$$V_{iy}^T = T \cdot x_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

化学锚栓群在剪力和扭矩的共同作用下，各受剪化学锚栓的受力应按式确定：

$$V_i^{\delta} = [(V_{ix}^V + V_{ix}^T)^2 + (V_{iy}^V + V_{iy}^T)^2]^{0.5}$$

结合上面已经求出的剪力作用下的单个化学锚栓剪力值及上面在扭矩作用下的单个锚栓剪力值公式分别对化学锚栓群中（边角）锚栓进行合成后的剪力进行计算（边角锚栓存在最大合成剪力）：

取4个边角化学锚栓中含剪力最大者为：

$$V_i^{\delta} = [(0+0)^2 + (3.966+0)^2]^{0.5} = 3.966\text{kN}$$

所选化学锚栓抗剪承载力为(锚栓库默认值)： $V_c = 53.855\text{kN}$

这里要考虑抗震组合工况： $\gamma_{RE} = 0.85$

故有允许抗剪承载力值为： $V_c = 53854.675 / 0.85 = 63.358\text{kN}$

故有：

$$V_i^{\delta} = 3.966\text{kN} < 63.358\text{kN}, \text{ 满足}$$

3 化学锚栓群在拉剪共同作用下计算

当化学锚栓连接承受拉力和剪力复合作用时，混凝土承载力应符合下列公式：

$$(\beta_N)^2 + (\beta_V)^2 \leq 1$$

式中：

$$\beta_N = N_h / N_c = 9.733 / 106.557 = 0.0913$$

$$\beta_V = V_i^{\delta} / V_c = 3.966 / 63.358 = 0.0626$$

故有：

$$(\beta_N)^2 + (\beta_V)^2 = 0.0913^2 + 0.0626^2 = 0.01225 \leq 1, \text{ 满足}$$

7 梁柱刚接

一. 节点基本资料

节点类型为：梁H柱强轴栓焊刚接

节点内力采用：梁端节点力

采用设计方法为：常用设计

梁截面：H-650*300*12*20， 材料：Q345

柱截面：H-300*300*12*16， 材料：Q345

腹板螺栓群：10.9级-M20

螺栓群并列布置：7行；行间距75mm；2列；列间距75mm；

梁腹板角焊缝：焊脚高度： $h_f = 6\text{mm}$ ；有效高度： $h_e = 4.2\text{mm}$

双侧焊缝，单根计算长度： $l_f = 550 - 2 \times 6 = 538\text{mm}$

腹板连接板：550 mm×175 mm，厚：12 mm

节点示意图如下：

焊脚高度(mm)	6	最小6	满足
剪应力(MPa)	7.59	最大240	满足
正应力(MPa)	0	最大287	满足

三. 梁柱对接焊缝验算

1 对接焊缝受力计算

控制工况：组合工况2

$N=9.3\text{ kN}$; $V_x=34.6\text{ kN}$; $M_y=58.3\text{ kN}\cdot\text{m}$;

$300\times 20\times 2/100610\times 12/100$ 截面腹板面积: $A_w=73.2\text{ cm}^2$

截面翼缘面积: $A_f=120\text{ cm}^2$

腹板轴力分担系数: $p_w=73.2/(73.2+120)=0.3789$ 截面翼缘分担轴力: $N_f=(1-0.3789)\times 9.3=5.776\text{ kN}$

2 对接焊缝承载力计算

焊缝受力: $N=9.3\text{ kN}$; $M_x=0\text{ kN}\cdot\text{m}$; $M_y=58.3\text{ kN}\cdot\text{m}$

抗震组合内力, 取承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}=0.9$

抗拉强度: $F_t=265\text{ N/mm}^2$

抗压强度: $F_c=310\text{ N/mm}^2$

$A=120\text{ cm}^2$

$\sigma_N=N/A=9.3/120\times 10=0.775\text{ N/mm}^2$

弯矩 M_x 为零, $\sigma_{M_x}=0\text{ N/mm}^2$

$W_y=5040.35\text{ cm}^3$

$\sigma_{M_y}=|M_y|/W_y=58.3/5040.35\times 1000=11.567\text{ N/mm}^2$

最大拉应力: $\sigma_t=\sigma_N+\sigma_{M_x}+\sigma_{M_y}=0.775+0+11.567=12.342\text{ N/mm}^2\leq 265/0.9=294.444$, 满足

最大压应力: $\sigma_c=\sigma_N-\sigma_{M_x}-\sigma_{M_y}=0.775-0-11.567=-10.792\text{ N/mm}^2\geq -310/0.9=-344.444$, 满足

四. 梁柱腹板螺栓群验算

1 螺栓群受力计算

控制工况：腹板承载力的一半

承受剪力: $V=0.5\times 12\times (650-2\times 20-0-0)\times 180=658.8\text{ kN}$

2 螺栓群承载力验算

列向剪力: $V=658.8\text{ kN}$

螺栓采用: 10.9级-M20

螺栓群并列布置: 7行; 行间距75mm; 2列; 列间距75mm;

螺栓受剪面个数为1个

连接板材料类型为Q345

螺栓抗剪承载力: $N_{vt}=N_v=0.9n_f\mu P=0.9\times 1\times 0.4\times 155=55.8\text{ kN}$

计算右上角边缘螺栓承受的力:

$N_v=658.8/14=47.057\text{ kN}$

$N_h=0\text{ kN}$

螺栓群对中心的坐标平方和: $S=\sum x^2+\sum y^2=334687.5\text{ mm}^2$

$N_{mx}=0\text{ kN}$

$N_{my}=0\text{ kN}$

$$N=[(|N_{mx}|+|N_h|)^2+(|N_{my}|+|N_v|)^2]^{0.5}=[(0+0)^2+(0+47.057)^2]^{0.5}=47.057 \text{ kN} \leq 55.8, \text{ 满足}$$

3 螺栓群构造检查

列边距为50，最小限值为44，满足！

列边距为50，最大限值为88，满足！

外排列间距为75，最大限值为144，满足！

中排列间距为75，最大限值为288，满足！

列间距为75，最小限值为66，满足！

行边距为50，最小限值为44，满足！

行边距为50，最大限值为88，满足！

外排行间距为75，最大限值为144，满足！

中排行间距为75，最大限值为288，满足！

行间距为75，最小限值为66，满足！

五. 腹板连接板计算

1 连接板受力计算

控制工况：同腹板螺栓群(内力计算参上)

2 连接板承载力验算

连接板剪力： $V_l=658.8 \text{ kN}$

仅采用一块连接板

连接板截面宽度为： $B_l=550 \text{ mm}$

连接板截面厚度为： $T_l=12 \text{ mm}$

连接板材料抗剪强度为： $f_v=180 \text{ N/mm}^2$

连接板材料抗拉强度为： $f=310 \text{ N/mm}^2$

连接板全面积： $A=B_l \cdot T_l=550 \times 12 \times 10^{-2}=66 \text{ cm}^2$

开洞总面积： $A_0=7 \times 22 \times 12 \times 10^{-2}=18.48 \text{ cm}^2$

连接板净面积： $A_n=A-A_0=66-18.48=47.52 \text{ cm}^2$

连接板净截面剪应力计算：

$$\tau=V_l \times 10^3 / A_n=658.8 / 47.52 \times 10=138.636 \text{ N/mm}^2 \leq 180, \text{ 满足！}$$

连接板净截面正应力： $\sigma=0 \text{ N/mm}^2 \leq 310, \text{ 满足！}$

六. 梁柱角焊缝验算

1 角焊缝受力计算

控制工况：腹板承载力的一半

焊缝承受剪力： $V=0.5 \times 12 \times (650-2 \times 20-0-0) \times 180=658.8 \text{ kN}$

2 角焊缝承载力计算

焊缝受力： $N=0 \text{ kN}$ ； $V=658.8 \text{ kN}$ ； $M=0 \text{ kN} \cdot \text{m}$

焊脚高度： $h_f=6 \text{ mm}$ ；有效高度： $h_e=4.2 \text{ mm}$

双侧焊缝，单根计算长度： $l_f=550-2 \times 6=538 \text{ mm}$

强度设计值： $f=200 \text{ N/mm}^2$

$A=2 \cdot l_f \cdot h_e=2 \times 538 \times 4.2 \times 10^{-2}=45.192 \text{ cm}^2$

$\tau=V/A=658.8 / 45.192 \times 10=145.778 \text{ N/mm}^2$

综合应力： $\sigma=\tau=145.778 \text{ N/mm}^2 \leq 200, \text{ 满足}$

3 角焊缝构造检查

最大焊脚高度： $12 \times 1.2 = 14 \text{ mm}$ (取整)

$6 \leq 14$ ，满足！

最小焊脚高度： $12^{0.5} \times 1.5 = 6 \text{ mm}$ (取整)

$6 \geq 6$ ，满足！

七. 梁腹净截面承载力验算

1 梁腹净截面抗剪验算

控制工况：组合工况2

$V_x = 34.6 \text{ kN}$;

腹板净高： $h_0 = 650 - 20 - 20 - 7 \times 22 = 456 \text{ mm}$

腹板剪应力： $\tau = 1.2 \times V / (h_0 \times T_w) = 1.2 \times 34599.998 / (456 \times 12) = 7.588 \leq 180 / 0.75 = 240$ ，满足

2 梁腹净截面抗弯验算

无偏心弯矩作用，抗弯应力为0，满足！

8 梁梁铰接

一. 节点基本资料

节点类型为：梁梁搭接螺栓铰接

梁截面：H-250*125*6*12， 材料：Q345

主梁截面：H-650*300*12*20， 材料：Q345

腹板螺栓群：10.9级-M20

螺栓群并列布置：2行；行间距75mm；1列；

梁腹板角焊缝：焊脚高度： $h_f = 7 \text{ mm}$ ；有效高度： $h_e = 4.9 \text{ mm}$

双侧焊缝，单根计算长度： $l_f = 550 - 2 \times 7 = 536 \text{ mm}$

腹板连接板：175 mm×100 mm，厚：12 mm

间距为： $a = 10 \text{ mm}$

节点示意图如下：

三. 腹板螺栓群验算

1 螺栓群受力计算

控制工况：组合工况2

承受剪力：V=10kN

螺栓群中心对角焊缝偏心：e=144+10+100/2=204 mm

螺栓群偏心弯矩：M=10×204×10⁻³=2.04 kN·m

2 腹板螺栓群承载力计算

列向剪力：V=10kN

平面内弯矩：M=2.04kN·m

螺栓采用：10.9级-M20

螺栓群并列布置：2行；行间距75mm；1列；

螺栓受剪面个数为1个

连接板材料类型为Q345

螺栓抗剪承载力：N_{vt}=N_v=0.9n_fμP=0.9×1×0.4×155=55.8kN

计算右上角边缘螺栓承受的力：

N_v=10/2=5 kN

N_h=0 kN

螺栓群对中心的坐标平方和：S=Σx²+Σy²=2812.5 mm²

N_{mx}=2.04×75×(2-1)/2/2812.5 ×10³=27.2 kN

N_{my}=2.04×70×(1-1)/2/2812.5 ×10³=0 kN

N=[(|N_{mx}|+|N_h|)²+(|N_{my}|+|N_v|)²]^{0.5}=[(27.2+0)²+(0+5)²]^{0.5}=27.6 kN≤55.8，满足

3 腹板螺栓群构造检查

列边距为50，最小限值为44，满足！

列边距为50，最大限值为88，满足！

行边距为50，最小限值为44，满足！

行边距为50，最大限值为88，满足！

外排行间距为75，最大限值为144，满足！

中排行间距为75，最大限值为288，满足！

行间距为75，最小限值为66，满足！

四. 腹板连接板计算

1 腹板连接板受力计算

控制工况：同腹板螺栓群(内力计算参上)

连接板剪力：V_l=122.04 kN

仅采用一块连接板

连接板截面宽度为：B_l=175 mm

连接板截面厚度为：T_l=12 mm

连接板材料抗剪强度为：f_v=180 N/mm²

连接板材料抗拉强度为：f=310 N/mm²

连接板全面积：A=B_l*T_l=175×12×10⁻²=21 cm²

开洞总面积：A₀=2×22×12×10⁻²=5.28 cm²

连接板净面积：A_n=A-A₀=21-5.28=15.72 cm²

连接板净截面剪应力计算：

$$\tau = V \times 10^3 / A_n = 122.04 / 15.72 \times 10 = 77.634 \text{ N/mm}^2 \leq 180, \text{ 满足!}$$

连接板净截面正应力： $\sigma = 0 \text{ N/mm}^2 \leq 310$ ，满足！

五. 加劲肋角焊缝验算

1 加劲肋角焊缝验算受力计算

控制工况同腹板螺栓群，其受力计算参上

2 加劲肋角焊缝验算承载力验算

焊缝受力： $N=0\text{kN}$ ； $V=122.04\text{kN}$ ； $M=24.896\text{kN}\cdot\text{m}$

焊脚高度： $h_f=7\text{mm}$ ；有效高度： $h_e=4.9\text{mm}$

双侧焊缝，单根计算长度： $l_f=550-2\times 7=536\text{mm}$

强度设计值： $f=200\text{N/mm}^2$

$$A=2 \times l_f \times h_e = 2 \times 536 \times 4.9 \times 10^{-2} = 52.528 \text{ cm}^2$$

$$W=2 \times l_f^2 \times h_e / 6 = 2 \times 536^2 \times 4.9 / 6 \times 10^{-3} = 469.25 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_M = |M| / W = |24.896| / 469.25 \times 10^3 = 53.055 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = V / A = 122.04 / 52.528 \times 10 = 23.233 \text{ N/mm}^2$$

正面角焊缝的强度设计值增大系数： $\beta_f=1.22$

$$\text{综合应力: } \sigma = [(\sigma_M / \beta_f)^2 + \tau^2]^{0.5}$$

$$= [(53.055 / 1.22)^2 + 23.233^2]^{0.5} = 49.305 \text{ N/mm}^2 \leq 200, \text{ 满足}$$

3 加劲肋角焊缝验算构造检查

最大焊脚高度： $12 \times 1.2 = 14\text{mm}$ (取整)

$7 \leq 14$ ，满足！

最小焊脚高度： $12^{0.5} \times 1.5 = 6\text{mm}$ (取整)

$7 \geq 6$ ，满足！

六. 梁腹净截面承载力验算

1 梁腹净截面抗剪验算

控制工况：组合工况2

$V_x=10 \text{ kN}$ ；

腹板净高： $h_0=250-12-12-2 \times 22=182 \text{ mm}$

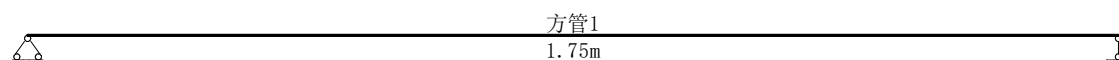
腹板剪应力： $\tau = 1.2 \times V / (h_0 \times T_w) = 1.2 \times 10000 / (182 \times 6) = 10.989 \leq 180 / 0.75 = 240$ ，满足

2 梁腹净截面抗弯验算

无偏心弯矩作用，抗弯应力为0，满足！

9 三层楼面支撑钢架主龙骨计算

一、总体信息



1、自动计算梁自重，梁自重放大系数 1.20

2、材性: Q235

弹性模量 $E = 206000 \text{ MPa}$

剪变模量 $G = 79000 \text{ MPa}$

质量密度 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

线膨胀系数 $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

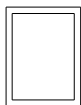
泊松比 $\nu = 0.30$

屈服强度 $f_y = 235 \text{ MPa}$

抗拉、压、弯强度设计值 $f = 215 \text{ MPa}$

抗剪强度设计值 $f_v = 125 \text{ MPa}$

3、截面参数: 方管 80x60x5



截面上下对称

截面面积 $A = 1300 \text{ mm}^2$

自重 $W = 0.100 \text{ kN/m}$

面积矩 $S = 17375 \text{ mm}^3$

抗弯惯性矩 $I = 1130833 \text{ mm}^4$

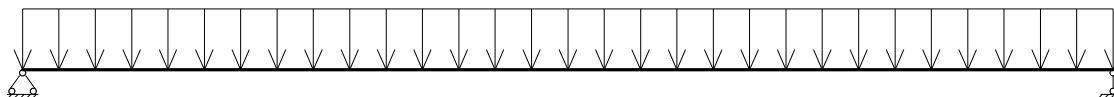
抗弯模量 $W = 28271 \text{ mm}^3$

塑性发展系数 $\gamma = 1.05$

二、荷载信息

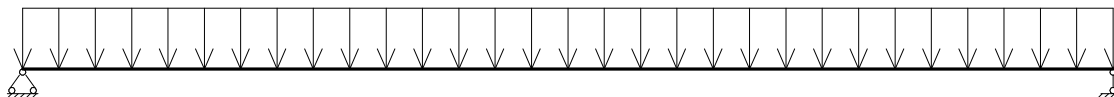
1、恒荷载

(1)、均布荷载, 2.40 kN/m , 荷载分布: 满布



2、活荷载

(1)、均布荷载, 3.00 kN/m , 荷载分布: 满布



三、组合信息

1、内力组合、工况

(1)、1.30 恒+1.50 活

2、挠度组合、工况

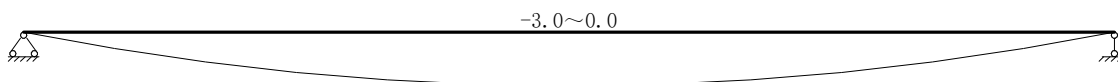
(1)、恒载工况

- (2)、活载工况
- (3)、1.0 恒+1.0 活

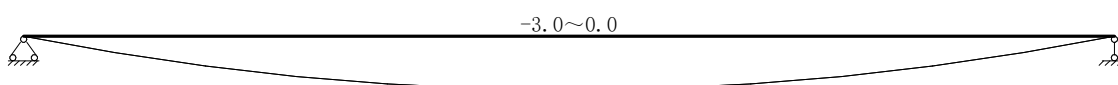
四、内力、挠度计算

1、弯矩图 (kN.m)

- (1)、1.30 恒+1.50 活

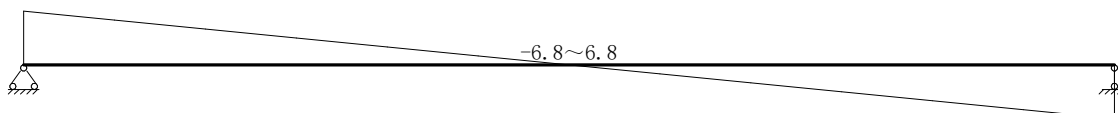


- (2)、包络图

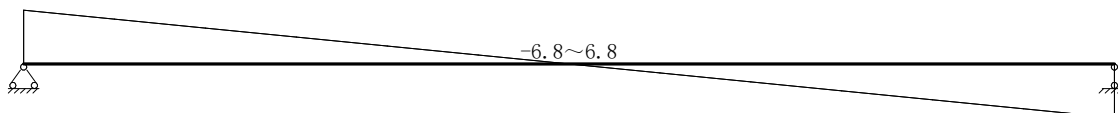


2、剪力图 (kN)

- (1)、1.30 恒+1.50 活

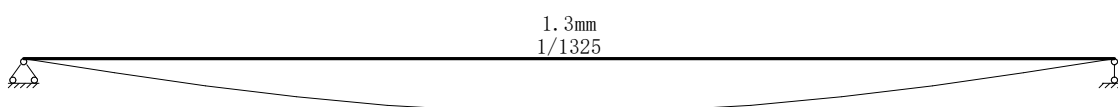


- (2)、包络图

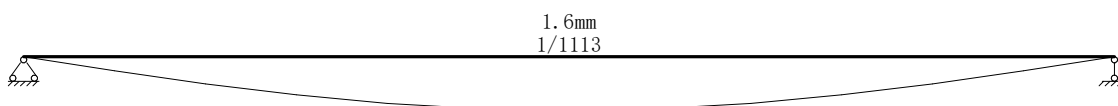


3、挠度

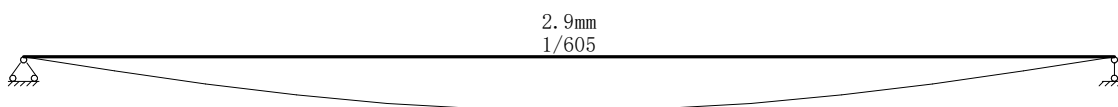
- (1)、恒载工况



- (2)、活载工况

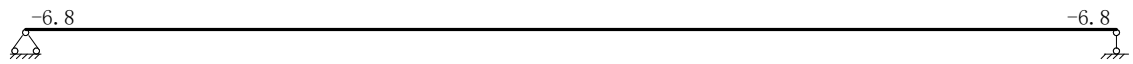


- (3)、1.0 恒+1.0 活

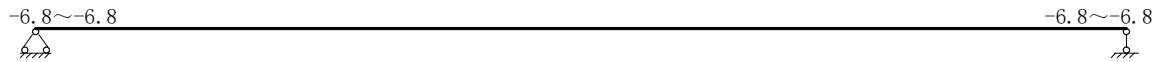


4、支座反力 (kN)

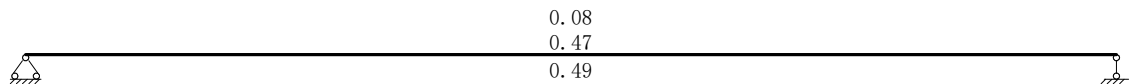
- (1)、1.30 恒+1.50 活



(2)、包络图



五、单元验算



图中数值自上而下分别表示：最大剪应力与设计强度比值
 最大正应力与设计强度比值
 最大稳定应力与设计比值
 若有局稳字样，表示局部稳定不满足

(1)、内力范围、最大挠度

(a)、内力范围：弯矩设计值 $-2.98 \sim 0.00 \text{ kN.m}$
 剪力设计值 $-6.80 \sim 6.80 \text{ kN}$

(b)、最大挠度：最大挠度 2.89 mm ，最大挠跨比 $1/605$

(2)、强度应力

$$\begin{aligned} \text{最大剪应力 } \tau &= V_{\max} * S / I / t_w \\ &= 6.80 * 17375 / 1130833 / 10.0 * 1000 \\ &= 10.5 \text{ MPa} \leq f_v = 125 \text{ MPa} \text{ 满足!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最大正应力 } \sigma &= M_{\max} / \gamma / W \\ &= 2.98 / 1.05 / 28271 * 1e6 \\ &= 100.3 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!} \end{aligned}$$

(3)、稳定应力

闭合截面，整体稳定系数 $\phi_b = 1.0$

$$\begin{aligned} \text{最大压应力 } \sigma &= M_{\max} / \phi_b / W \\ &= 2.98 / 1.00 / 28271 * 1e6 \\ &= 105.3 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!} \end{aligned}$$

(4)、局部稳定

腹板稳定验算：

腹板高 $h_w = 70 \text{ mm}$ ，腹板厚 $t_w = 5.0 \text{ mm}$

腹板高厚比为 $70 / 5.0 = 14.0 \leq 80 \sqrt{(235/f_y)}$

翼缘稳定验算：

两腹板间受压翼缘宽度 $b_0 = 50.0 \text{ mm}$ ，厚度 $t = 5.0 \text{ mm}$

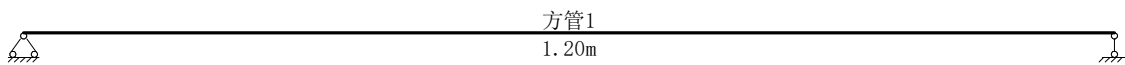
两腹板间受压翼缘宽度与厚度之比为 $50.0 / 5.0 = 10.0 \leq 40 \sqrt{235/f_y}$

满足！

(5)、验算结论：满足！

10 三层楼面支撑钢架次龙骨计算

一、总体信息



1、自动计算梁自重，梁自重放大系数 1.20

2、材性：Q235

弹性模量 $E = 206000 \text{ MPa}$

剪变模量 $G = 79000 \text{ MPa}$

质量密度 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

线膨胀系数 $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

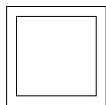
泊松比 $\nu = 0.30$

屈服强度 $f_y = 235 \text{ MPa}$

抗拉、压、弯强度设计值 $f = 215 \text{ MPa}$

抗剪强度设计值 $f_v = 125 \text{ MPa}$

3、截面参数：方管 50x50x5



截面上下对称

截面面积 $A = 900 \text{ mm}^2$

自重 $W = 0.069 \text{ kN/m}$

面积矩 $S = 7625 \text{ mm}^3$

抗弯惯性矩 $I = 307500 \text{ mm}^4$

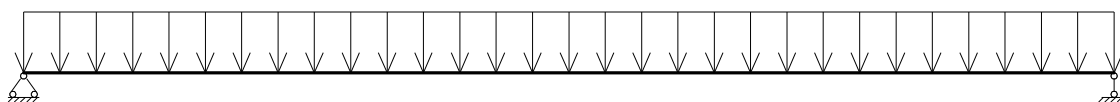
抗弯模量 $W = 12300 \text{ mm}^3$

塑性发展系数 $\gamma = 1.05$

二、荷载信息

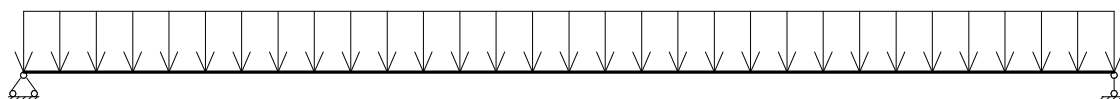
1、恒荷载

(1)、均布荷载，1.20kN/m，荷载分布：满布



2、活荷载

(1)、均布荷载，1.50kN/m，荷载分布：满布



三、组合信息

1、内力组合、工况

(1)、1.30 恒+1.50 活

2、挠度组合、工况

(1)、恒载工况

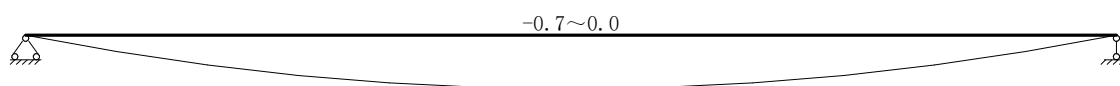
(2)、活载工况

(3)、1.0 恒+1.0 活

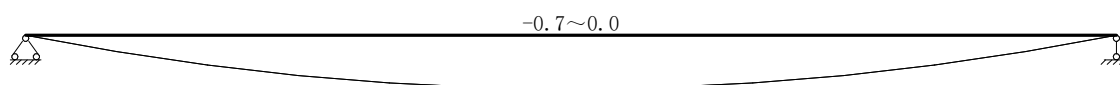
四、内力、挠度计算

1、弯矩图 (kN.m)

(1)、1.30 恒+1.50 活

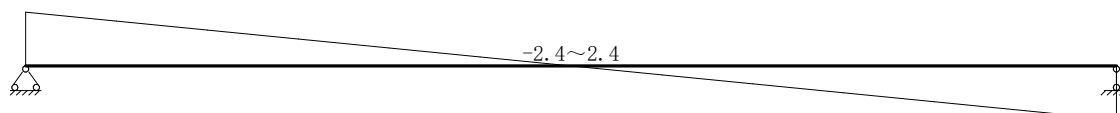


(2)、包络图

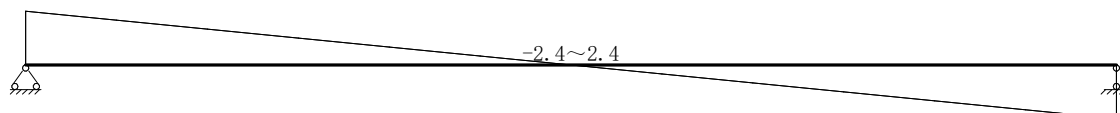


2、剪力图 (kN)

(1)、1.30 恒+1.50 活

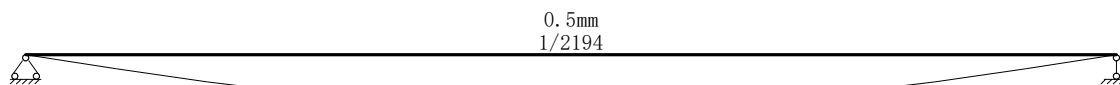


(2)、包络图

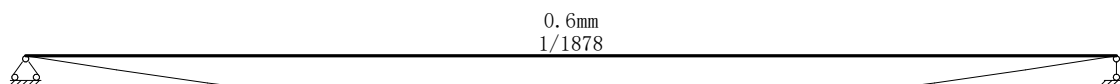


3、挠度

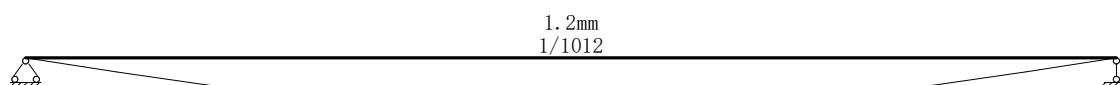
(1)、恒载工况



(2)、活载工况

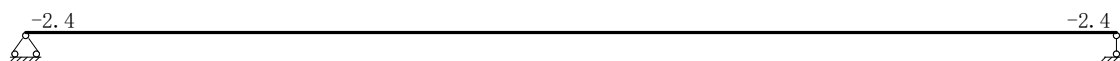


(3)、1.0 恒+1.0 活

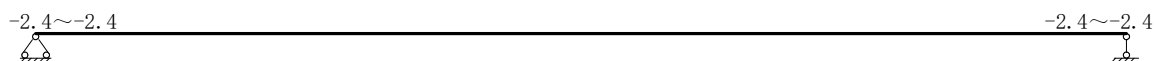


4、支座反力 (kN)

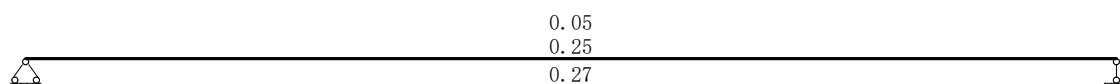
(1)、1.30 恒+1.50 活



(2)、包络图



五、单元验算



图中数值自上而下分别表示: 最大剪应力与设计强度比值

最大正应力与设计强度比值

最大稳定应力与设计比值

若有局稳字样，表示局部稳定不满足

(1)、内力范围、最大挠度

(a)、内力范围: 弯矩设计值 $-0.71 \sim 0.00 \text{ kN.m}$

剪力设计值 $-2.35 \sim 2.35 \text{ kN}$

(b)、最大挠度：最大挠度 1.19mm，最大挠跨比 1/1012

(2)、强度应力

最大剪应力 $\tau = V_{\max} * S / I / t_w$

$$= 2.35 * 7625 / 307500 / 10.0 * 1000$$

$$= 5.8 \text{ MPa} \leq f_v = 125 \text{ MPa} \text{ 满足!}$$

最大正应力 $\sigma = M_{\max} / \gamma / W$

$$= 0.71 / 1.05 / 12300 * 1e6$$

$$= 54.6 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!}$$

(3)、稳定应力

闭合截面，整体稳定系数 $\phi_b = 1.0$

最大压应力 $\sigma = M_{\max} / \phi_b / W$

$$= 0.71 / 1.00 / 12300 * 1e6$$

$$= 57.3 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!}$$

(4)、局部稳定

腹板稳定验算：

腹板高 $h_w = 40 \text{ mm}$ ，腹板厚 $t_w = 5.0 \text{ mm}$

腹板高厚比为 $40 / 5.0 = 8.0 \leq 80 \sqrt{(235/f_y)}$

翼缘稳定验算：

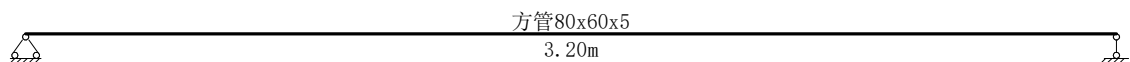
两腹板间受压翼缘宽度 $b_0 = 40.0 \text{ mm}$ ，厚度 $t = 5.0 \text{ mm}$

两腹板间受压翼缘宽度与厚度之比为 $40.0 / 5.0 = 8.0 \leq 40 \sqrt{(235/f_y)}$

(5)、验算结论：满足！

11 屋面主檩条计算

一、总体信息



1、自动计算梁自重，梁自重放大系数 1.20

2、材性：Q235

弹性模量 $E = 206000 \text{ MPa}$

剪变模量 $G = 79000 \text{ MPa}$

质量密度 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

线膨胀系数 $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

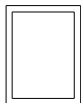
泊松比 $\nu = 0.30$

屈服强度 $f_y = 235 \text{ MPa}$

抗拉、压、弯强度设计值 $f = 215 \text{ MPa}$

抗剪强度设计值 $f_v = 125 \text{ MPa}$

3、截面参数：方管 80x60x5



截面上下对称

截面面积 $A = 1300 \text{ mm}^2$

自重 $W = 0.100 \text{ kN/m}$

面积矩 $S = 17375 \text{ mm}^3$

抗弯惯性矩 $I = 1130833 \text{ mm}^4$

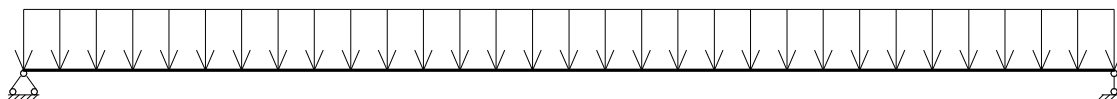
抗弯模量 $W = 28271 \text{ mm}^3$

塑性发展系数 $\gamma = 1.05$

二、荷载信息

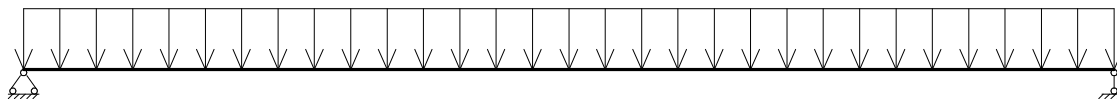
1、恒荷载

(1)、均布荷载， 0.50 kN/m ，荷载分布：满布



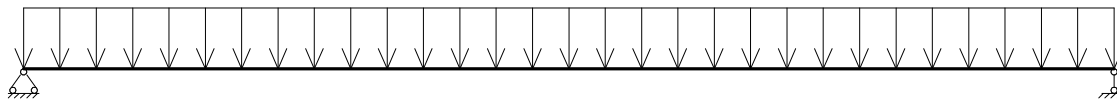
2、活荷载

(1)、均布荷载， 0.80 kN/m ，荷载分布：满布



3、风荷载

(1)、均布荷载， 1.55 kN/m ，荷载分布：满布



三、组合信息

1、内力组合、工况

(1)、 $1.30 \text{ 恒} + 1.50 \text{ 活} + 0.90 \text{ 风}$

2、挠度组合、工况

(1)、恒载工况

(2)、活载工况

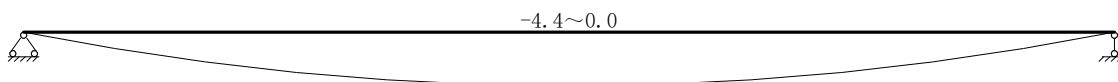
(3)、风载工况

- (4)、1.0 恒+1.0 活
(5)、1.0 恒+1.0 风

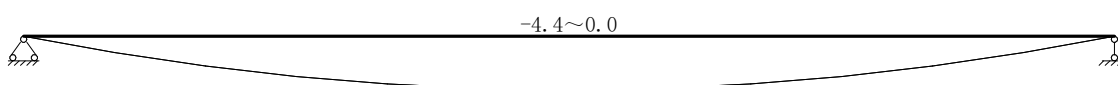
四、内力、挠度计算

1、弯矩图 (kN.m)

- (1)、1.30 恒+1.50 活+0.90 风

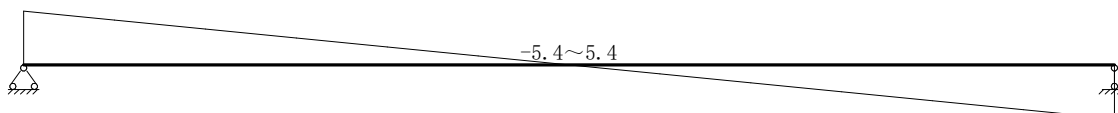


- (2)、包络图

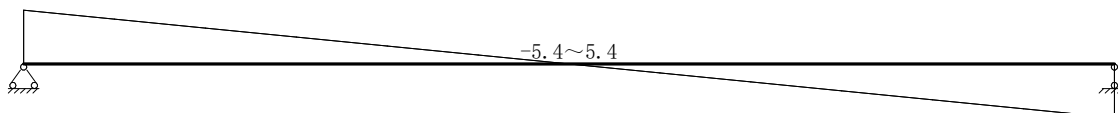


2、剪力图 (kN)

- (1)、1.30 恒+1.50 活+0.90 风

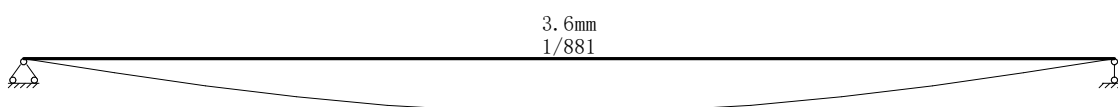


- (2)、包络图

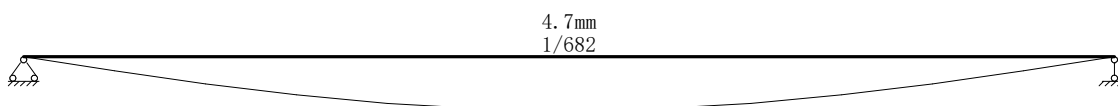


3、挠度

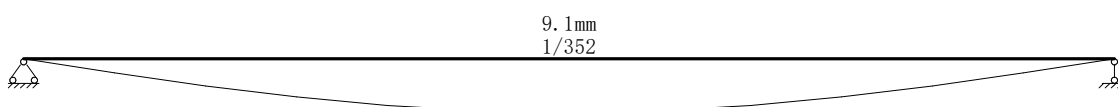
- (1)、恒载工况



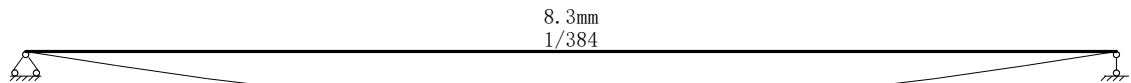
- (2)、活载工况



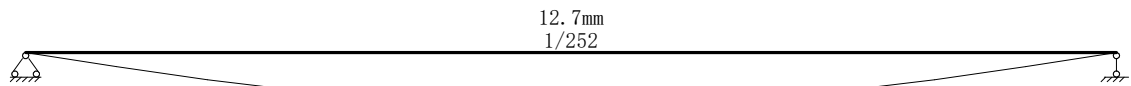
- (3)、风载工况



- (4)、1.0 恒+1.0 活

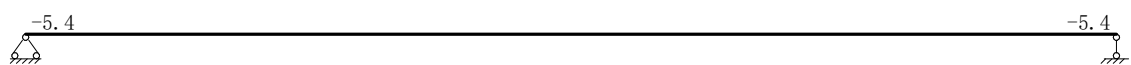


(5)、1.0 恒+1.0 风

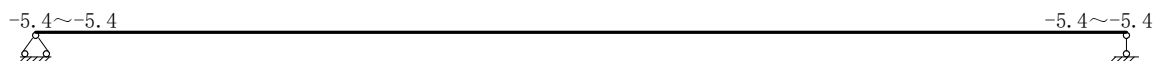


4、支座反力 (kN)

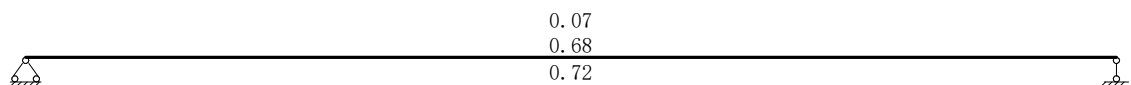
(1)、1.30 恒+1.50 活+0.90 风



(2)、包络图



五、单元验算



图中数值自上而下分别表示：最大剪应力与设计强度比值

最大正应力与设计强度比值

最大稳定应力与设计比值

若有局稳字样，表示局部稳定不满足

(1)、内力范围、最大挠度

(a)、内力范围：弯矩设计值 -4.35~0.00 kN.m

剪力设计值 -5.44~5.44 kN

(b)、最大挠度：最大挠度 12.72mm，最大挠跨比 1/252

(2)、强度应力

$$\begin{aligned}\text{最大剪应力 } \tau &= V_{\max} * S / I / t_w \\ &= 5.44 * 17375 / 1130833 / 10.0 * 1000 \\ &= 8.4 \text{ MPa} \leq f_v = 125 \text{ MPa} \text{ 满足!}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{最大正应力 } \sigma &= M_{\max} / \gamma / W \\ &= 4.35 / 1.05 / 28271 * 1e6 \\ &= 146.7 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!}\end{aligned}$$

(3)、稳定应力

闭合截面，整体稳定系数 $\phi_b = 1.0$

$$\begin{aligned}\text{最大压应力 } \sigma &= M_{\max} / \phi_b / W \\ &= 4.35 / 1.00 / 28271 * 1e6 \\ &= 154.0 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!}\end{aligned}$$

(4)、局部稳定

腹板稳定验算：

腹板高 $h_w = 70 \text{ mm}$ ，腹板厚 $t_w = 5.0 \text{ mm}$

腹板高厚比为 $70 / 5.0 = 14.0 \leq 80 \sqrt{(235/f_y)}$

翼缘稳定验算：

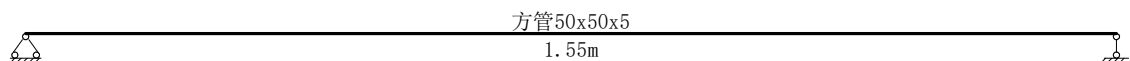
两腹板间受压翼缘宽度 $b_0 = 50.0 \text{ mm}$ ，厚度 $t = 5.0 \text{ mm}$

两腹板间受压翼缘宽度与厚度之比为 $50.0 / 5.0 = 10.0 \leq 40 \sqrt{(235/f_y)}$
满足！

(5)、验算结论：满足！

12 屋面次檩条计算

一、总体信息



1、自动计算梁自重，梁自重放大系数 1.20

2、材性：Q235

弹性模量 $E = 206000 \text{ MPa}$

剪变模量 $G = 79000 \text{ MPa}$

质量密度 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

线膨胀系数 $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

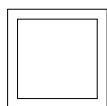
泊松比 $\nu = 0.30$

屈服强度 $f_y = 235 \text{ MPa}$

抗拉、压、弯强度设计值 $f = 215 \text{ MPa}$

抗剪强度设计值 $f_v = 125 \text{ MPa}$

3、截面参数：方管 50x50x5



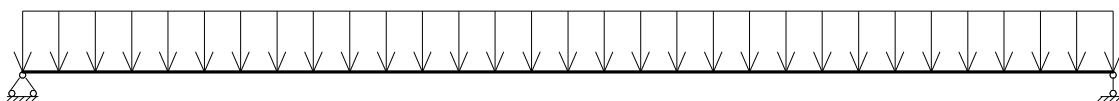
截面上下对称

截面面积 $A = 900 \text{ mm}^2$
自重 $W = 0.069 \text{ kN/m}$
面积矩 $S = 7625 \text{ mm}^3$
抗弯惯性矩 $I = 307500 \text{ mm}^4$
抗弯模量 $W = 12300 \text{ mm}^3$
塑性发展系数 $\gamma = 1.05$

二、荷载信息

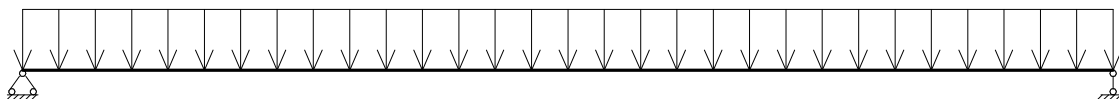
1、恒荷载

(1)、均布荷载， 0.36 kN/m ，荷载分布：满布



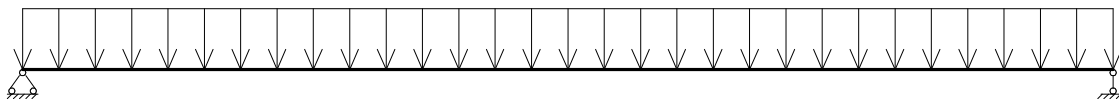
2、活荷载

(1)、均布荷载， 0.60 kN/m ，荷载分布：满布



3、风荷载

(1)、均布荷载， 1.24 kN/m ，荷载分布：满布



三、组合信息

1、内力组合、工况

(1)、 $1.30 \text{ 恒} + 1.50 \text{ 活} + 0.90 \text{ 风}$

2、挠度组合、工况

(1)、恒载工况

(2)、活载工况

(3)、风载工况

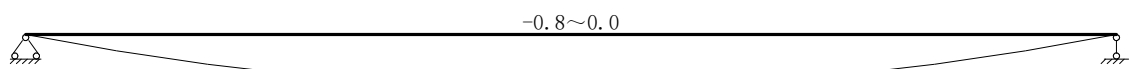
(4)、 $1.0 \text{ 恒} + 1.0 \text{ 活}$

(5)、 $1.0 \text{ 恒} + 1.0 \text{ 风}$

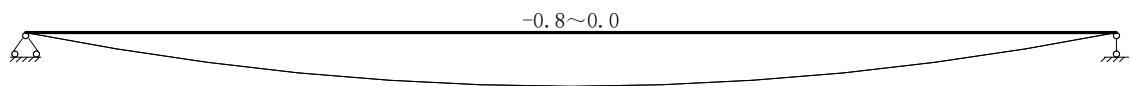
四、内力、挠度计算

1、弯矩图 (kN.m)

(1)、 $1.30 \text{ 恒} + 1.50 \text{ 活} + 0.90 \text{ 风}$

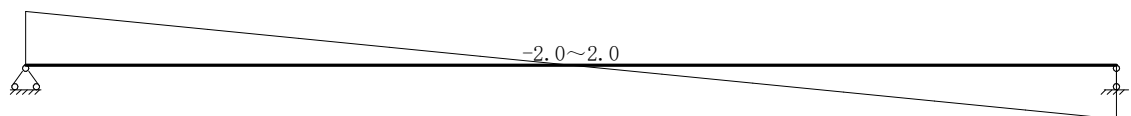


(2)、包络图

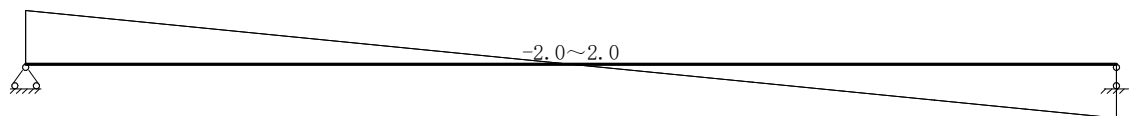


2、剪力图 (kN)

(1)、1.30 恒+1.50 活+0.90 风

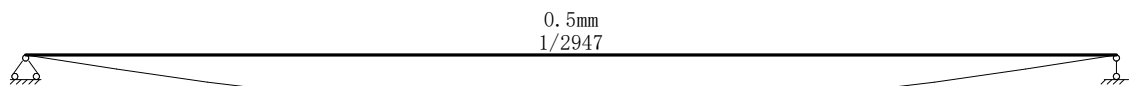


(2)、包络图

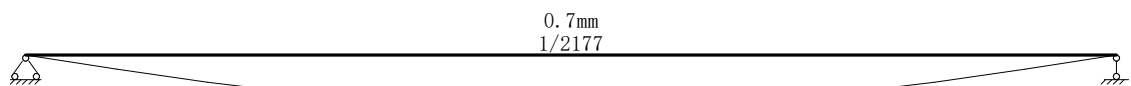


3、挠度

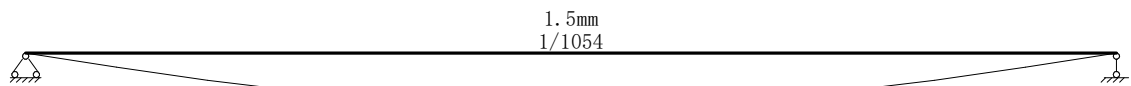
(1)、恒载工况



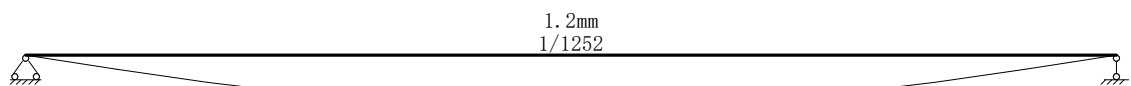
(2)、活载工况



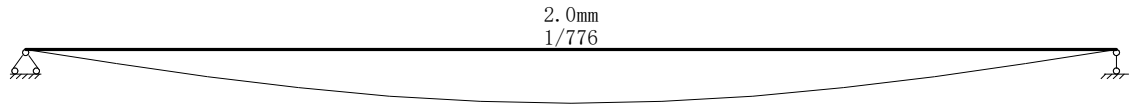
(3)、风载工况



(4)、1.0 恒+1.0 活

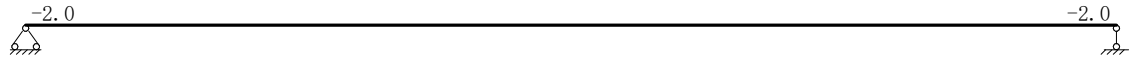


(5)、1.0 恒+1.0 风

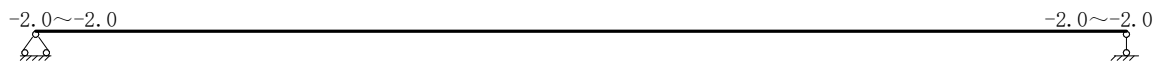


4、支座反力 (kN)

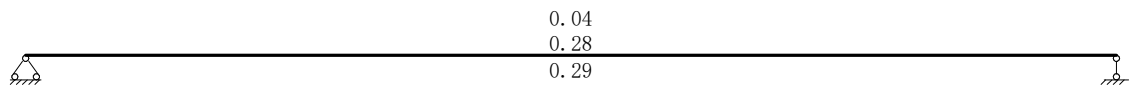
(1)、1.30 恒+1.50 活+0.90 风



(2)、包络图



五、单元验算



图中数值自上而下分别表示：最大剪应力与设计强度比值
最大正应力与设计强度比值
最大稳定应力与设计比值
若有局稳字样，表示局部稳定不满足

(1)、内力范围、最大挠度

(a)、内力范围：弯矩设计值 $-0.78 \sim 0.00$ kN.m
剪力设计值 $-2.01 \sim 2.01$ kN

(b)、最大挠度：最大挠度 2.00mm，最大挠跨比 1/776

(2)、强度应力

$$\begin{aligned} \text{最大剪应力 } \tau &= V_{\max} * S / I / t_w \\ &= 2.01 * 7625 / 307500 / 10.0 * 1000 \\ &= 5.0 \text{ MPa} \leq f_v = 125 \text{ MPa} \text{ 满足!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最大正应力 } \sigma &= M_{\max} / \gamma / W \\ &= 0.78 / 1.05 / 12300 * 1e6 \\ &= 60.3 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!} \end{aligned}$$

(3)、稳定应力

闭合截面，整体稳定系数 $\phi_b = 1.0$

$$\begin{aligned} \text{最大压应力 } \sigma &= M_{\max} / \phi_b / W \\ &= 0.78 / 1.00 / 12300 * 1e6 \end{aligned}$$

$$= 63.3 \text{ MPa} \leq f = 215 \text{ MPa} \text{ 满足!}$$

(4)、局部稳定

腹板稳定验算:

腹板高 $h_w = 40 \text{ mm}$, 腹板厚 $t_w = 5.0 \text{ mm}$

腹板高厚比为 $40 / 5.0 = 8.0 \leq 80 \sqrt{(235/f_y)}$

翼缘稳定验算:

两腹板间受压翼缘宽度 $b_0 = 40.0 \text{ mm}$, 厚度 $t = 5.0 \text{ mm}$

两腹板间受压翼缘宽度与厚度之比为 $40.0 / 5.0 = 8.0 \leq 40 \sqrt{(235/f_y)}$

满足!

(5)、验算结论: 满足!