

XXX 高速公路

XX 立交 B 匝道桥 (BK0+505) 钢箱梁 拖拉施工施工分析计算书

二〇二一年七月

目 录

1.工程概况	1
2.计算依据	4
3.验算内容	4
4.计算荷载及工况组合	4
4.1 计算模型.....	4
4.2 计算参数.....	6
4.2.1 材料特性.....	6
4.2.2 计算荷载.....	7
4.2.3 荷载组合.....	7
5.钢结构拖拉平台结构分析	8
5.1 结构刚度验算.....	8
5.2 结构强度验算.....	8
5.2.1 滑道强度验算.....	8
5.2.2 分配梁强度验算.....	9
5.2.3 贝雷桁架强度验算.....	10
5.2.4 桩顶横梁强度验算.....	11
5.2.5 钢管立柱强度验算.....	11
5.2.6 小结.....	12
5.3 钢管立柱受压稳定性分析.....	13
5.4 整体稳定分析.....	13
6.独立扩大基础验算	14
6.1 概况.....	14
6.2 基础反力.....	14
6.3 独立扩大基础抗倾覆稳定性验算.....	16
6.4 基础抗冲切承载力验算.....	17
6.5 基础抗剪切承载力验算.....	18

7.桥墩计算	19
8.结论与建议	24
8.1 结论.....	24
8.2 建议.....	24

1.工程概况

XXX 高速公路工程是大理州内县际高速的重要组成部分，主线全长 90.466 公里，其中漾濞县境内路线约 39 公里，路线起自漾濞县平坡镇，与 G56 杭瑞高速公路相接。项目建成后大理市至漾濞县城高速公路里程不足 35 公里，实现漾濞-大理半小时经济圈。本工程为平坡立交桥梁中的钢箱梁部分，分为主桥、A、B、C、D 匝道桥钢箱梁。

本桥为 XXX 高速公路(大理段一期工程)第 1 合同段的匝 BK0+505 桥，为跨越西洱河、地方道路而设、匝 CK0+208 和大宝高速右线道路路基而设置，桥梁跨径布置为： $(40+45+55+45+40)$ m+ $(40+55+40)$ m，桥梁全长 370m(含桥台)，桥面宽度为 10.5m。

本桥上部结构采用连续钢箱梁，采月单箱双室截面，顶推施工。

本桥小部分位于 R200，Ls=80m 的左转平曲线和缓和曲线段内，大部分位于直线段范围内，最大超高为 5%，立面位于 $i_1=3.95\%$ 和 $i_2=2.467\%$ 的竖曲线上，变坡点里程为即 BK0+580，变坡点高程为 1455.46m，竖曲线半径为 1800m。

根据桥梁墩高差异，桥墩采用柱式墩和变截面空心薄壁墩，桥墩基础采用钻孔灌注桩基础，均按摩擦桩设计。根据桥址处的地质情况，两岸桥台均采用重力式桥台，基础采用扩大基础。

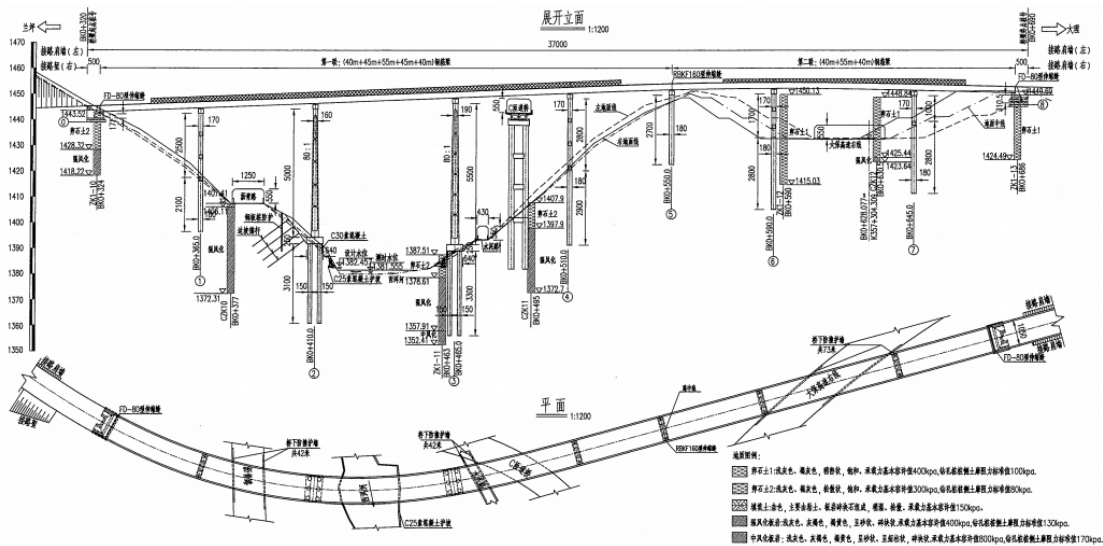


图 1.1-1 BK0+505 桥布置图

本桥箱梁梁高 2.2 米(箱梁内轮廓线高度)。顶面全宽 10.5 米，两侧各设 1.75 米宽挑臂；腹板间距 3.5 米。箱梁顶板厚 16 毫米，下设“U”形和板式加劲肋，“U”形加

劲肋板厚 8 毫米，板式加劲肋 160×14 毫米；箱梁底板厚 14 毫米，设板式加劲肋，加劲肋 160×16 毫米，间距 350 毫米；腹板厚 12 毫米，设三道 160×14 毫米板式加劲肋。箱室内顶板 U 型加劲肋在简支处支承隔板断开并与支承隔板焊接，其余均连续通过横隔板并与之焊接，挑臂处顶板 U 型加劲肋及板式加劲肋均连续通过横隔板或挑臂并与之焊接；底板板式加劲肋、腹板板式加劲肋除支承隔板处断开与支承隔板焊连外，均穿过横隔板并与之焊连。普通横隔板间距约 2.5 米，厚 10 毫米，中部挖空设 100×10 毫米翼缘。简支处支撑隔板板厚 20 毫米，连续处支撑隔板板厚 30 毫米，支撑隔板除与底板采用熔透焊接外其余均为围焊，支撑横隔板四角设置的过焊孔在焊接完成后应封闭，保证整个钢箱梁安装完成后的气密性。挑臂为“T”形截面，腹板厚 10 毫米，下翼缘 300×14 毫米。

第一联第一、五跨跨中设置 35mm 向上预拱，第二、四跨跨中设置 27mm 向上预拱，第三跨跨中设置 73mm 向上预拱，跨内其余部分按二次抛物线变化。第二联边跨跨中设置 29mm 向上预拱，中跨跨中设置 68mm 向上预拱。预拱度值不含制作拱度，施工时应考虑其影响，并将其以预拱度的形式设置。

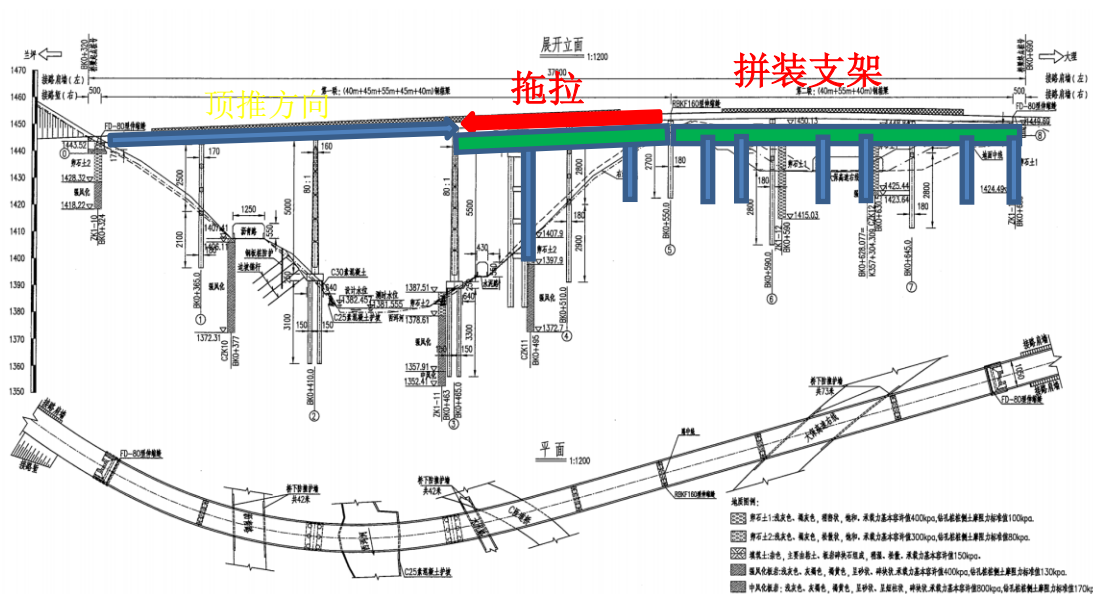


图 1.1-2 总体施工示意图

为加快施工进度及保证便道畅通，后经多方现场查看讨论，拟在地面胎架上，将 B 匝道 4-8 跨生产成块单元（每节段 4 个块单元，如下图所示）。

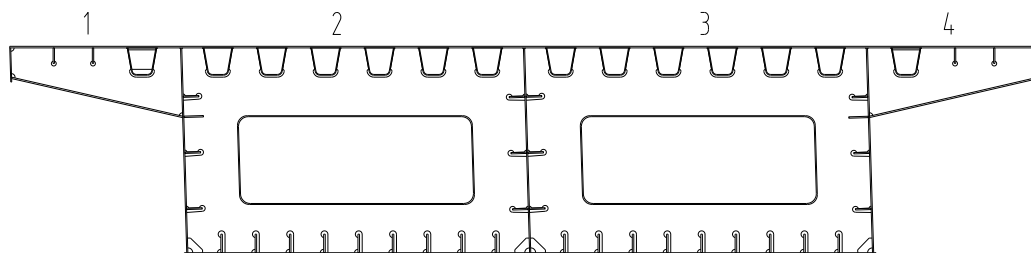


图 1.1-3 块单元划分示意图

4-5 跨（13-19 节段）采用拼装支架+滑移轨道，在第 5 跨拼装，从第 5 跨往第 4 跨滑移。B 匝道第 4 跨支架立柱采用对 C 匝道 6#墩用拼装支架加宽（如下图所示）。

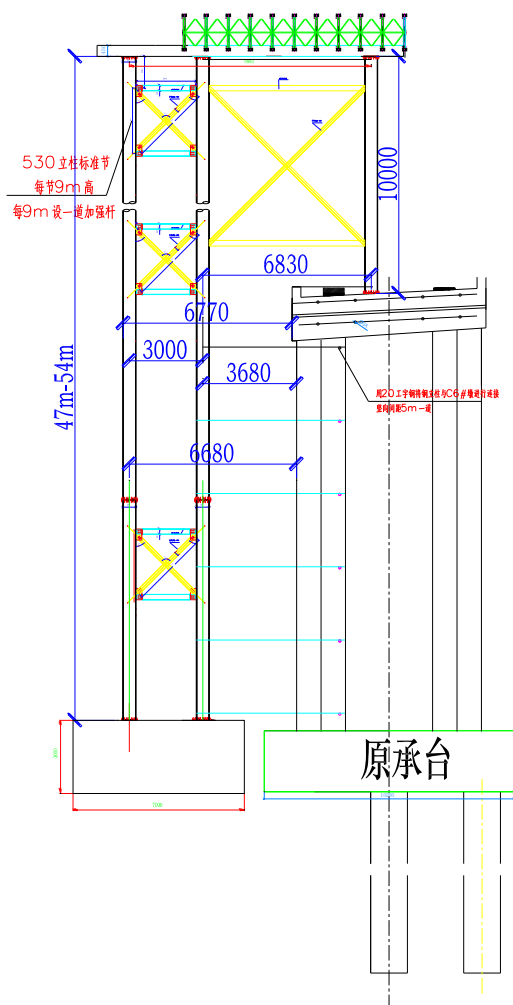


图 1.1-4 B 匝道第 4 跨支架横断面图（用拼装支架对 C 匝道 6#墩加宽与箱梁斜交）

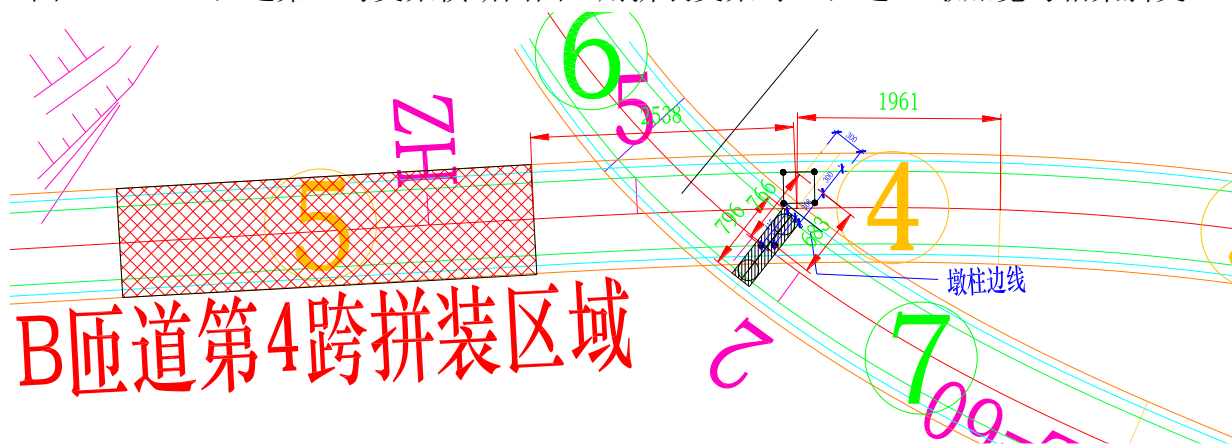


图 1.1-5 B 匝道第 4 跨支架平面图（用拼装支架对 C 匝道 6#墩加宽与箱梁斜交）

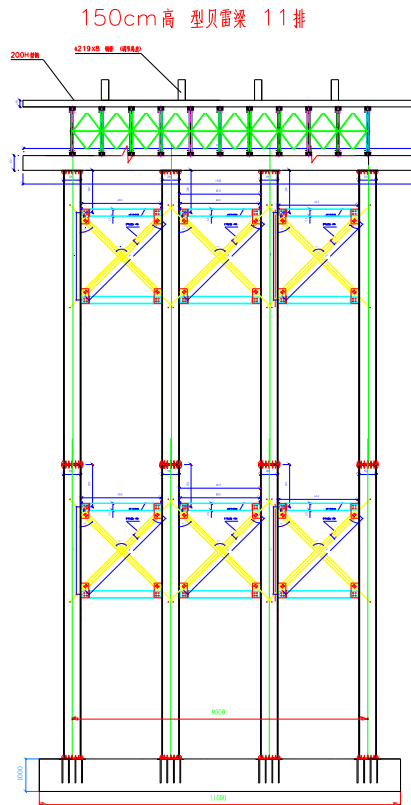


图 1.1-6 拖拉轨道横断面布置图

2. 计算依据

- 1、《装配式公路钢桥多用途使用手册》；
- 2、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015；
- 3、《钢结构设计规范》GB50017-2017；
- 4、《路桥施工计算手册》；
- 5、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015；
- 6、《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363-2019）；
- 7、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）。

3. 验算内容

- 1、钢结构拖拉平台上部结构各主要构件强度和刚度验算；
- 2、钢管立柱强度和受压稳定性验算；
- 3、钢管立柱基础承载力验算。

4. 计算荷载及工况组合

4.1 计算模型

根据钢结构拖拉平台的特点，采用桥梁通用有限元软件 Midas/Civil 2020 建立了包括分配梁、贝雷桁架、平联和钢管立柱等在内的有限元模型。贝雷、工字钢和钢管立柱等用梁单元模拟，共

15398 单元。假定立柱桩底固结，其余边界条件用弹性连接模拟。钢结构拖拉平台有限元计算模型如图 4.1-1 所示。

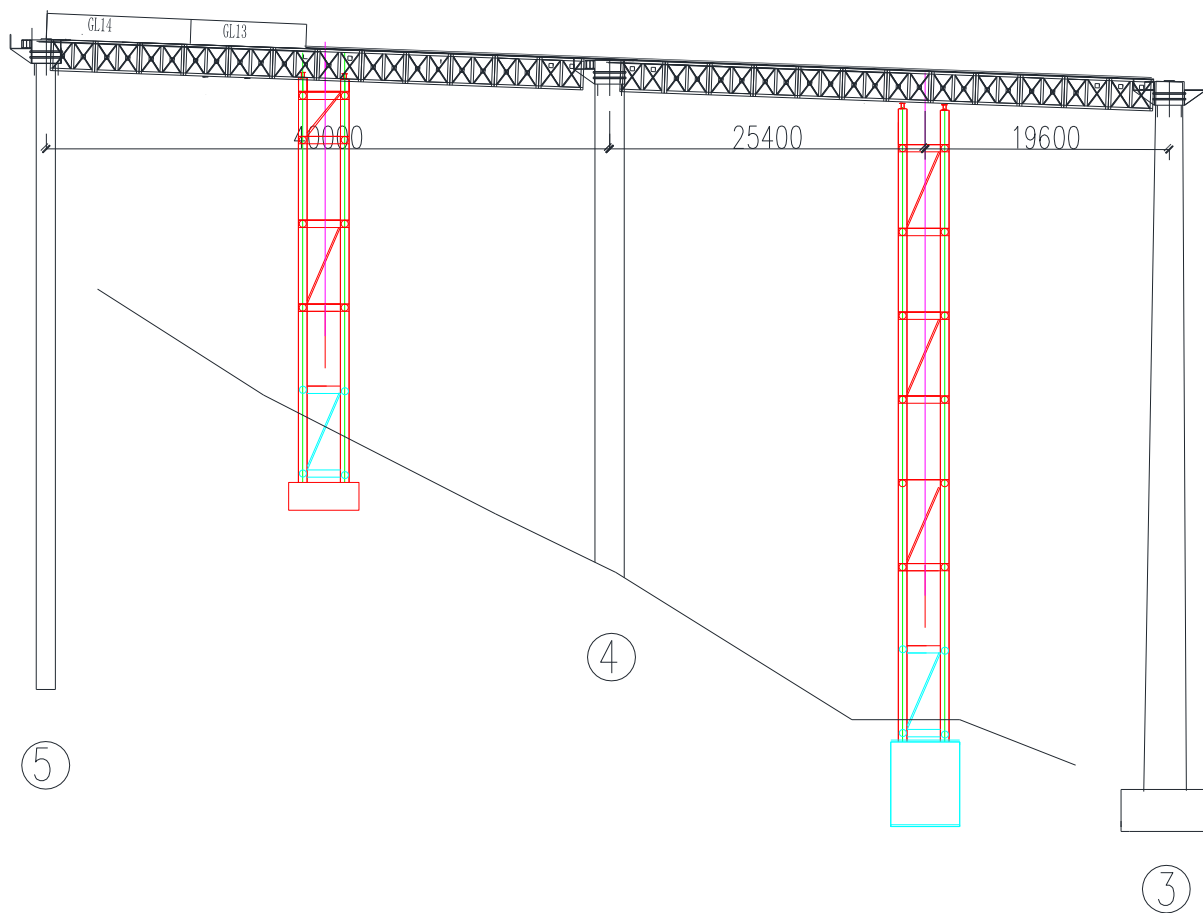


图 4.1-1 B 匝道拖拉平台立面布置图

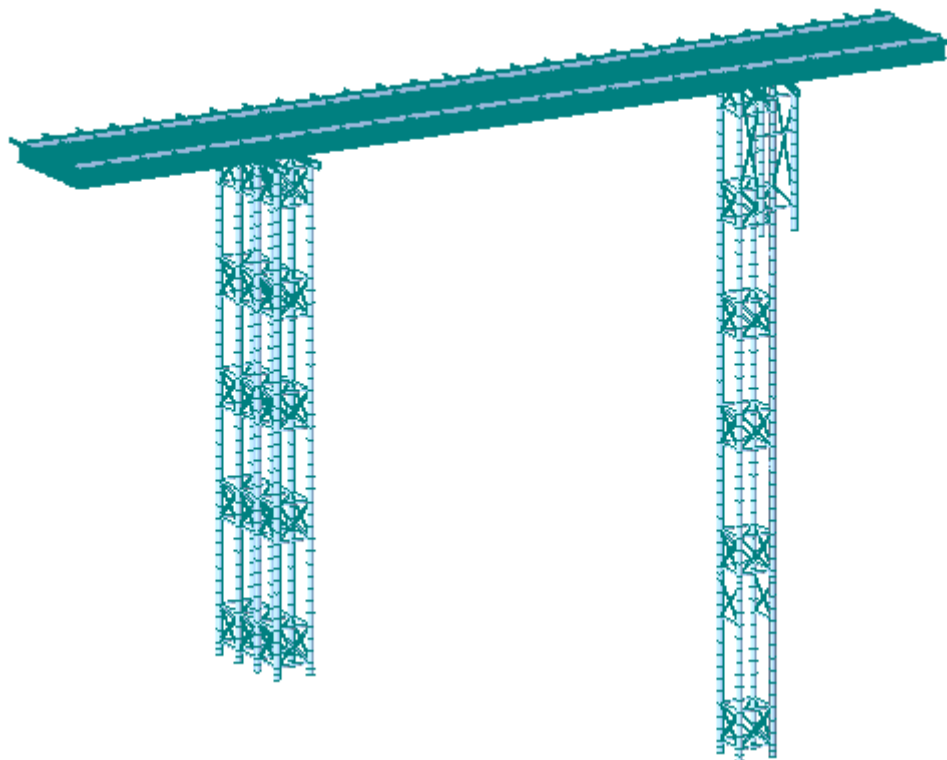


图 4.1-2 钢结构拖拉平台有限元分析模型

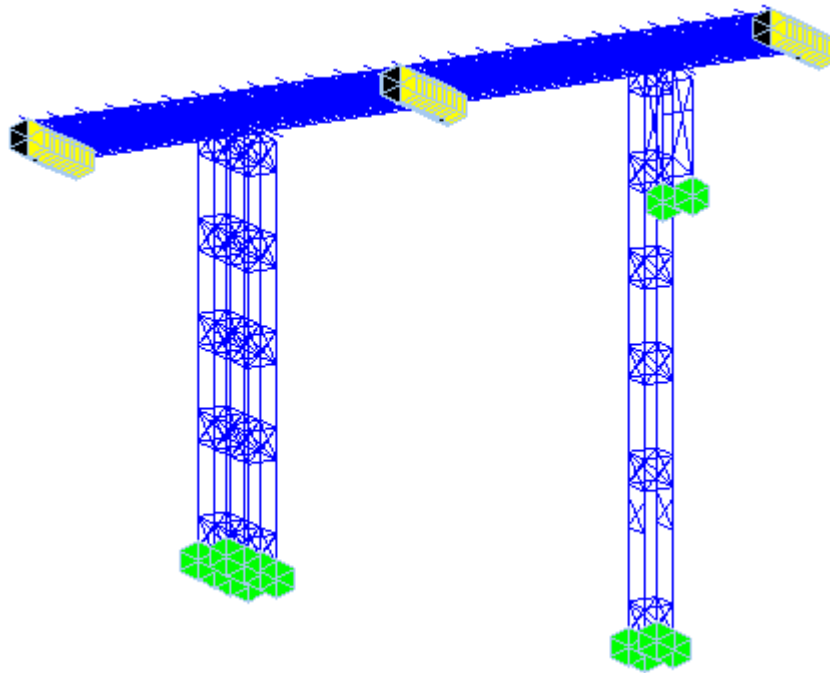


图 4.1-3 钢结构拖拉平台有限元分析模型-边界条件

4.2 计算参数

4.2.1 材料特性

贝雷桁架材料为 16Mn 钢材（强度等级属于 343MPa 级，相当于现行的 Q345），其余均采用 Q235 钢材，其强度设计值见表 4-1，主要构件规格见表 4-2。

表 4-1 钢材强度设计值（MPa）

牌号	厚度或直径/mm	抗拉、抗压和抗弯f	抗剪fv
Q235	≤16	205	125
	>16~40	200	120
16Mn	≤16	275	170
	>16~40	260	160

注：1、表中厚度指计算点的钢材厚度，对轴心受拉和轴心受压构件指截面较厚板件的厚度；

2、对于临时结构，钢材强度设计值考虑 1.3 的增大系数。

表 4-2 钢结构拖拉平台主要构件规格一览表

杆件名称	规格（mm）	材料类型	备注
钢管立柱	Φ529×16mm 钢管	Q235 钢	
贝雷桁架上、下弦杆	双拼[10	16Mn 钢	
贝雷桁架支撑架	L 63×4mm	16Mn 钢	
贝雷桁架腹杆	I 80×50 ×6.5/4.5mm	16Mn 钢	
桩顶横梁	双拼 I45a 工字钢	Q235 钢	
剪刀撑	[16a 槽钢	Q235 钢	
分配梁	H20 型钢	Q235 钢	

滑道	三拼 I56a 工字钢	Q235 钢	
----	-------------	--------	--

4.2.2 计算荷载

根据《公路桥涵设计通用规范》，计算中考虑的各种荷载如下：

1.恒载

钢材自重按 78.5kN/m^3 计算，按每个截面的实际尺寸计算，模型中各构件重量程序会自行考虑。

2.活载

1)B 匝道 13-19 节段荷载

按照梁单元均布荷载施加到滑道上。

2) 风荷载

参考《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01-2017) 中 5.4 条相关要求进行计算，计算过程如下：

5.4.1 桥墩、桥塔、吊杆(索)上的风荷载以及横桥向风作用下斜拉索和主缆的等效静阵

风荷载可按式(5.4.1)计算：

$$F_g = \frac{1}{2} \rho U_g^2 C_H A_n \quad (5.4.1)$$

式中： F_g —— 构件单位长度上的风荷载(N/m)；
 ρ —— 空气密度(kg/m^3)，可取为 1.25 kg/m^3 ；
 U_g —— 构件基准高度上的等效静阵风风速(m/s)

C_H —— 构件的阻力系数；
 A_n —— 构件单位长度上顺风向的投影面积(m^2/m)，对斜拉索、主缆和吊杆取外径(m)。

其中构件阻力系数按照最不利情况考虑，取 1.2。云南大理地区 50 年重现最大风速为 39.3m/s ，计算得到等效静阵风风速为 $39.3 \times 1.35 = 53.1\text{m/s}$ ，构件单位长度上顺风向投影面积为 $1 \times 0.53 = 0.53\text{m}^2/\text{m}$ ，因此计算得到立柱承受等效静阵风荷载为：

$$F_g = 0.5 \times 1.25 \times 53.1^2 \times 1.2 \times 0.53 = 1.121\text{kN} / \text{m}$$

4.2.3 荷载组合

根据设计规范，采用不同的荷载组合进行验算（见表 4-3）。

表 4-3 钢结构拖拉平台荷载组合

荷载组合		自重等恒载	活载（不考虑冲击）
1	刚度	1.0	1.0

2	强度和稳定性	1.2	1.4
---	--------	-----	-----

5. 钢结构拖拉平台结构分析

5.1 结构刚度验算

刚度工况下钢结构拖拉平台位移如图 5-1 所示。

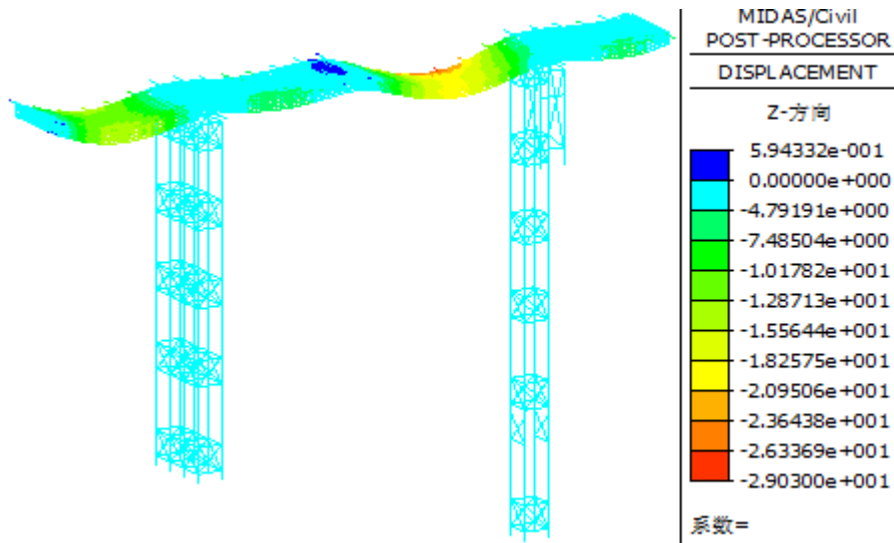


图 5-1 刚度工况下钢结构拖拉平台位移云图

刚度工况下桥跨跨中最大挠度值为 $29.0\text{mm} < L/600 = 42.3\text{mm}$ ，满足规范要求。

5.2 结构强度验算

5.2.1 滑道强度验算

滑道应验算其拉、压应力和剪应力，强度工况下其弯矩与轴力引起的拉、压应力及剪应力如图 5-2~图 5-3 所示，最大值见表 5-1。

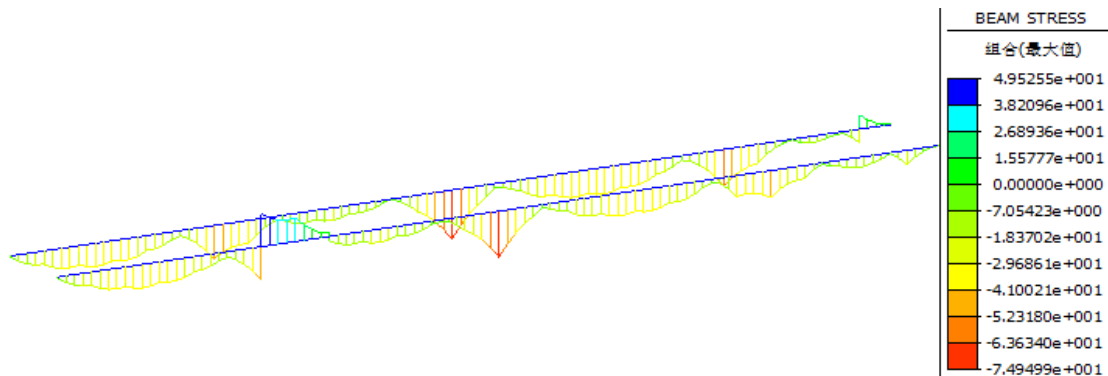


图 5-2 强度工况下滑道弯曲应力云图

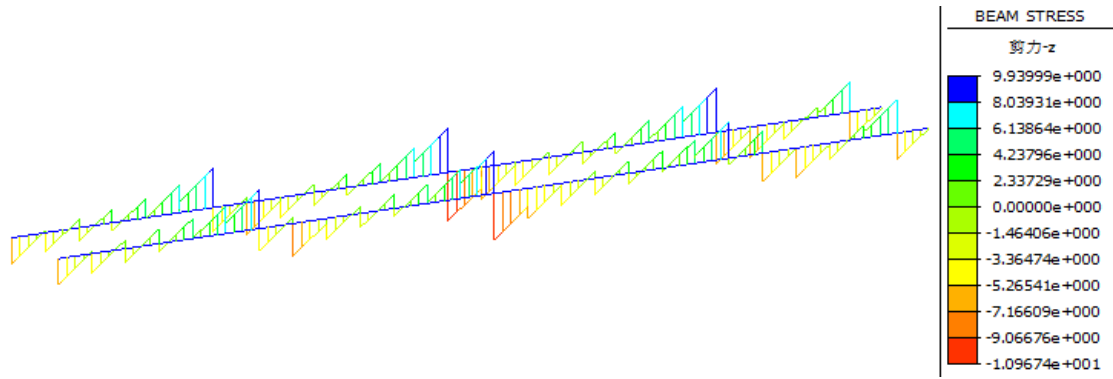


图 5-3 强度工况下滑道剪应力云图

表 5-1 强度工况下滑道应力

弯曲+轴力产生应力 (MPa)		剪应力 (MPa)	
最大值	最小值	最大值	最小值
49.5	-74.9	9.9	-10.9

由以上图表可见，构件拉、压应力及剪应力均未超过规范 Q235 材料设计值，结构处于弹性范围内工作，满足规范要求。

5.2.2 分配梁强度验算

分配梁应验算其拉、压应力和剪应力，强度工况下其弯矩与轴力引起的拉、压应力及剪应力如图 5-4~图 5-5 所示，最大值见表 5-2。

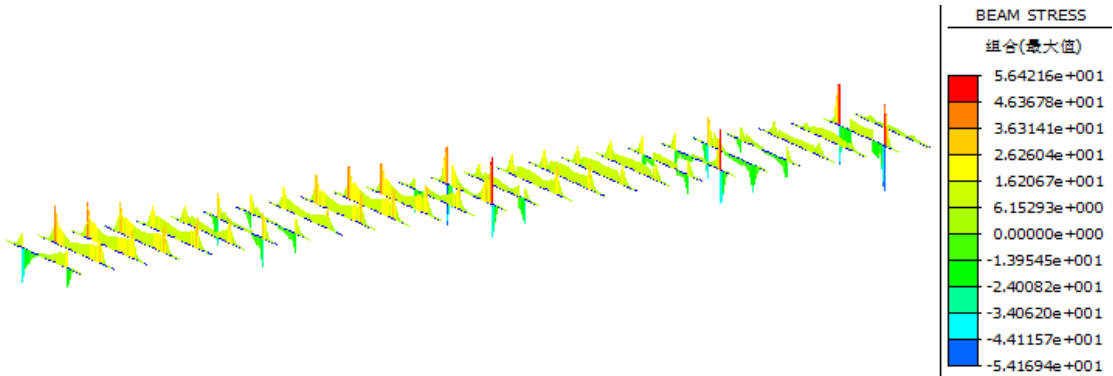


图 5-4 强度工况下分配梁弯曲应力云图

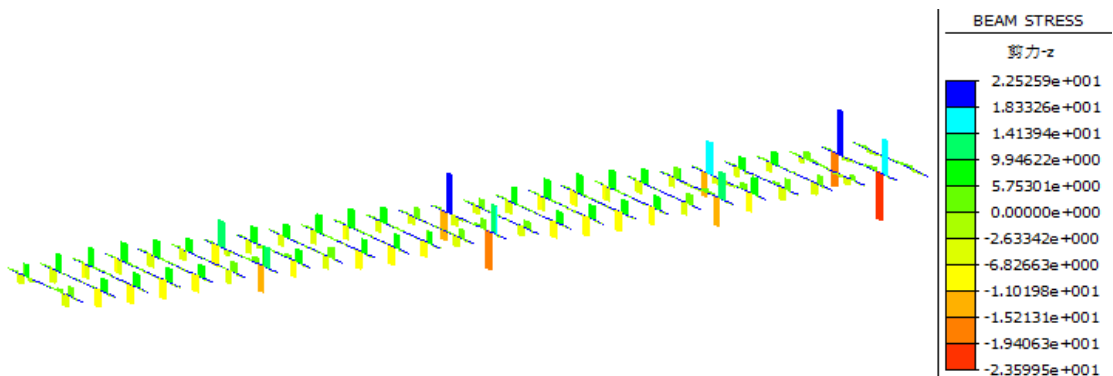


图 5-5 强度工况下分配梁剪应力云图

表 5-2 强度工况下分配梁应力

弯曲+轴力产生应力 (MPa)		剪应力 (MPa)	
最大值	最小值	最大值	最小值
56.4	-54.1	22.5	-23.6

由以上图表可见，强度工况下构件拉、压应力及剪应力均未超过规范 Q235 材料设计值，结构处于弹性范围内工作，满足规范要求。

5.2.3 贝雷桁架强度验算

贝雷桁架应验算其拉、压应力和剪应力，强度工况下其弯矩与轴力引起的拉、压应力及剪应力如图 5-6~图 5-7 所示，最大值见表 5-3。

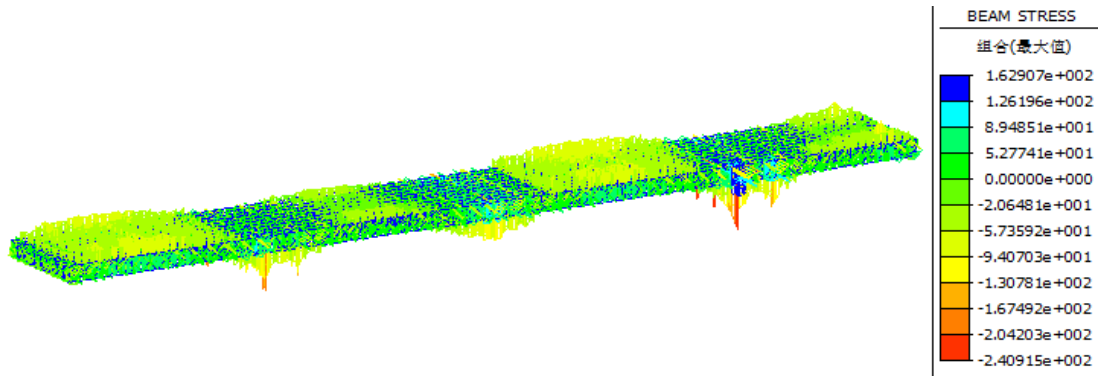


图 5-6 强度工况下贝雷桁架弯曲应力云图

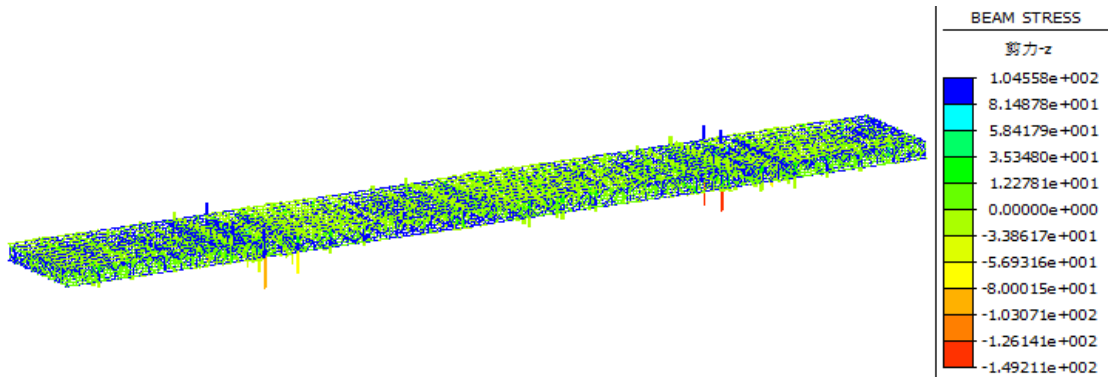


图 5-7 强度工况下贝雷桁架剪应力云图

表 5-3 强度工况下贝雷桁架应力

弯曲+轴力产生应力 (MPa)		剪应力 (MPa)	
最大值	最小值	最大值	最小值
162.9	-240.9	104.5	-149.2

由以上图表可见，强度工况下构件拉、压应力及剪应力均未超过规范 Q345 材料设计值，结构处于弹性范围内工作，满足规范要求。

5.2.4 桩顶横梁强度验算

桩顶横梁应验算其拉、压应力和剪应力，强度工况下其弯矩与轴力引起的拉、压应力及剪应力如图 5-8~图 5-9 所示，最大值见表 5-4。



图 5-8 强度工况下桩顶横梁弯曲应力云图



图 5-9 强度工况下桩顶横梁剪应力云图

表 5-4 桩顶横梁应力

弯曲+轴力产生应力 (MPa)		剪应力 (MPa)	
最大值	最小值	最大值	最小值
39.8	-77.4	32.2	-59.5

由以上图表可见，强度工况下构件拉、压应力及剪应力均未超过规范 Q235 材料设计值，结构处于弹性范围内工作，满足规范要求。

5.2.5 钢管立柱强度验算

钢管立柱应验算其拉、压应力和剪应力，强度工况下其弯矩与轴力引起的拉、压应力及剪应力如图 5-10~图 5-11 所示，最大值见表 5-5。

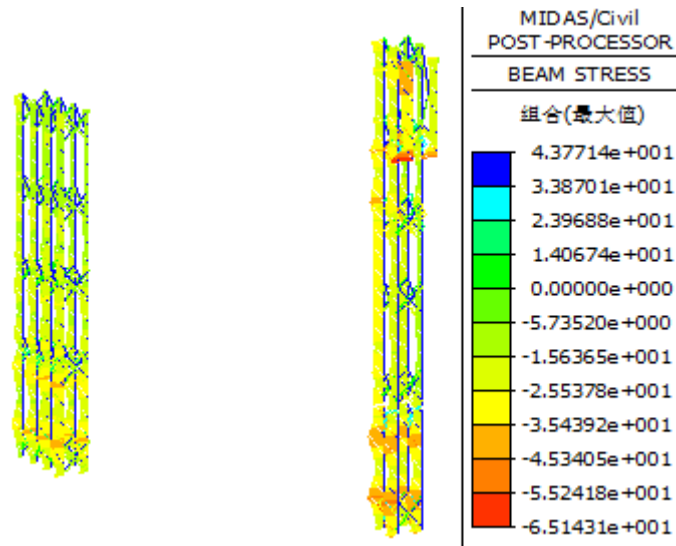


图 5-10 强度工况下钢管立柱弯曲应力云图

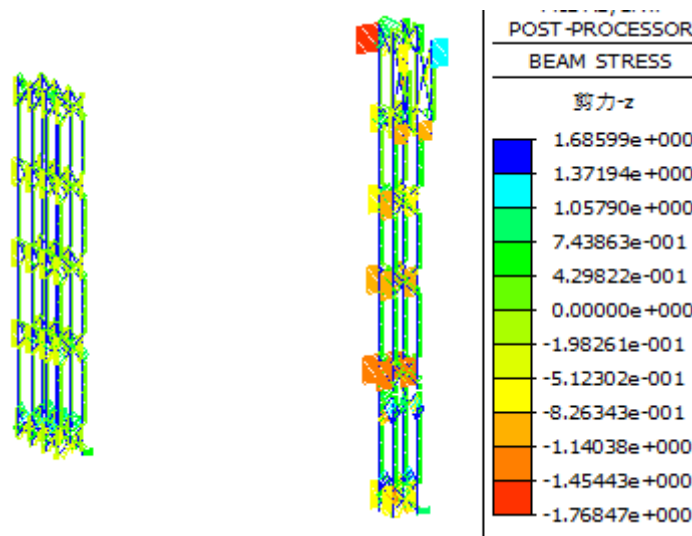


图 5-11 强度工况下钢管立柱剪应力云图

表 5-5 钢管立柱应力

弯曲+轴力产生应力 (MPa)		剪应力 (MPa)	
最大值	最小值	最大值	最小值
43.7	-65.1	1.6	-1.7

由以上图表可见，钢管立柱拉、压应力及剪应力均未超过规范 Q235 材料设计值，结构处于弹性范围内工作，满足规范要求。

5.2.6 小结 4566

由以上计算可知，强度工况下各杆件应力汇总见表 5-6。

表 5-6 强度工况下主要杆件应力一览表

杆件名称	最大正应力(Mpa)	抗拉、抗压和抗弯f(Mpa)	最大剪应力(Mpa)	抗剪 1.3fv(Mpa)	验算
钢管立柱	-65.1	205	-1.7	125	满足

桩顶横梁	-77.4	205	-59.5	125	满足
贝雷桁架	-240.9	260	-149.2	170	满足
分配梁	56.4	205	-23.6	125	满足
平联	-51.7	205	1.6	125	满足
滑道	-74.9	205	-10.9	125	满足

5.3 钢管立柱受压稳定性分析

钢管立柱受压稳定性工况下其反力如图 5-12 所示。

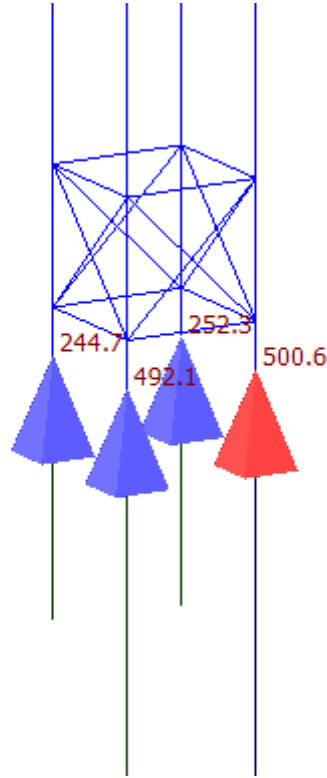


图 5-12 钢管立柱反力云图

钢管的回转半径为：

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} = 0.181m$$

长细比：

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1.0 \times 54}{0.181} = 298.3$$

式中： μ —杆件长度系数，取 $\mu=1.0$ ， l —杆件有效长度，取 $l=54m$

查钢结构设计规范 GB50017-2017 表 D-2， $\varphi=0.123$ 。

计算压杆的应力（忽略钢管自重）

$$[N] = A\varphi\sigma = \pi(D^2 - d^2)\varphi\sigma / 4 = 648.9kN > 500.6kN，故局部稳定性满足规范要求。$$

5.4 整体稳定分析

以自重、栏杆等恒载为变量进行屈曲分析，由计算可知，钢结构拖拉平台一阶稳定系数为 $5.43 > 4.0$

(如下图所示)，整体稳定性满足要求。

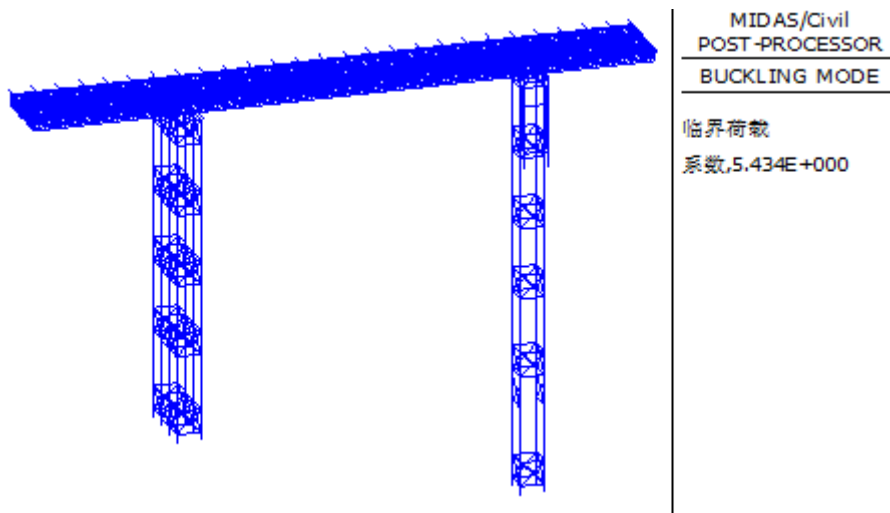


图 5-13 钢结构拖拉平台一阶失稳模态图

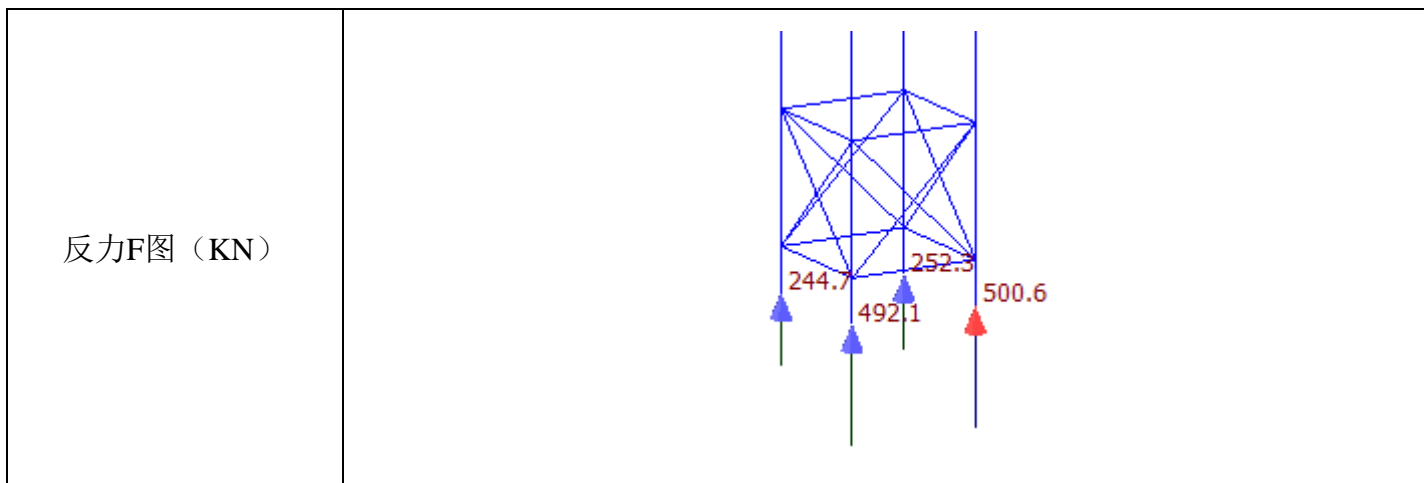
6. 独立扩大基础验算

6.1 概况

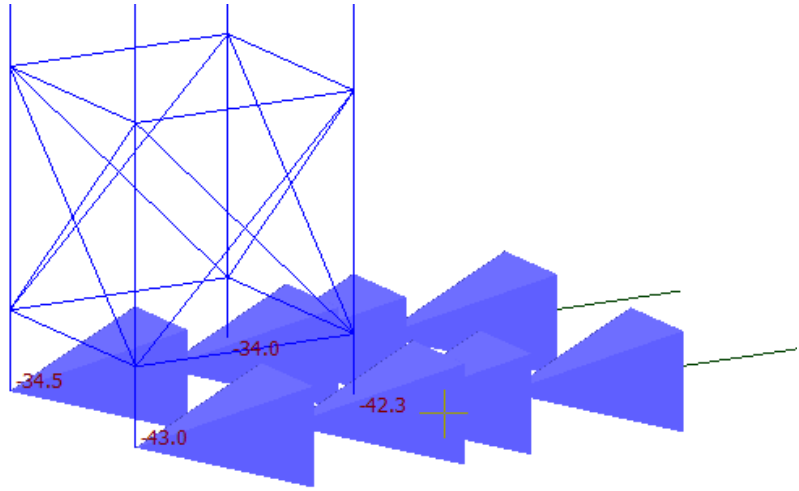
根据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363-2019) 和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011)，对于钢筋混凝土扩大基础需要验算其抗倾覆稳定性、抗冲切承载力以及抗剪切承载力。

6.2 基础反力

第 4 跨拖拉支架独立扩大基础尺寸为长 7m*宽 5m*高 2m。拖拉支架在自重、竖向荷载、水平荷载以及风荷载作用下的立柱根部反力如下：

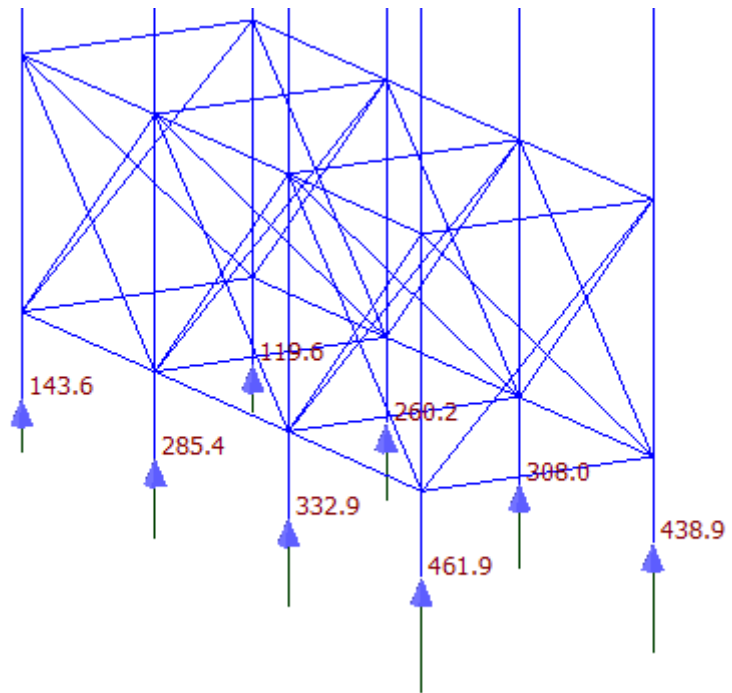


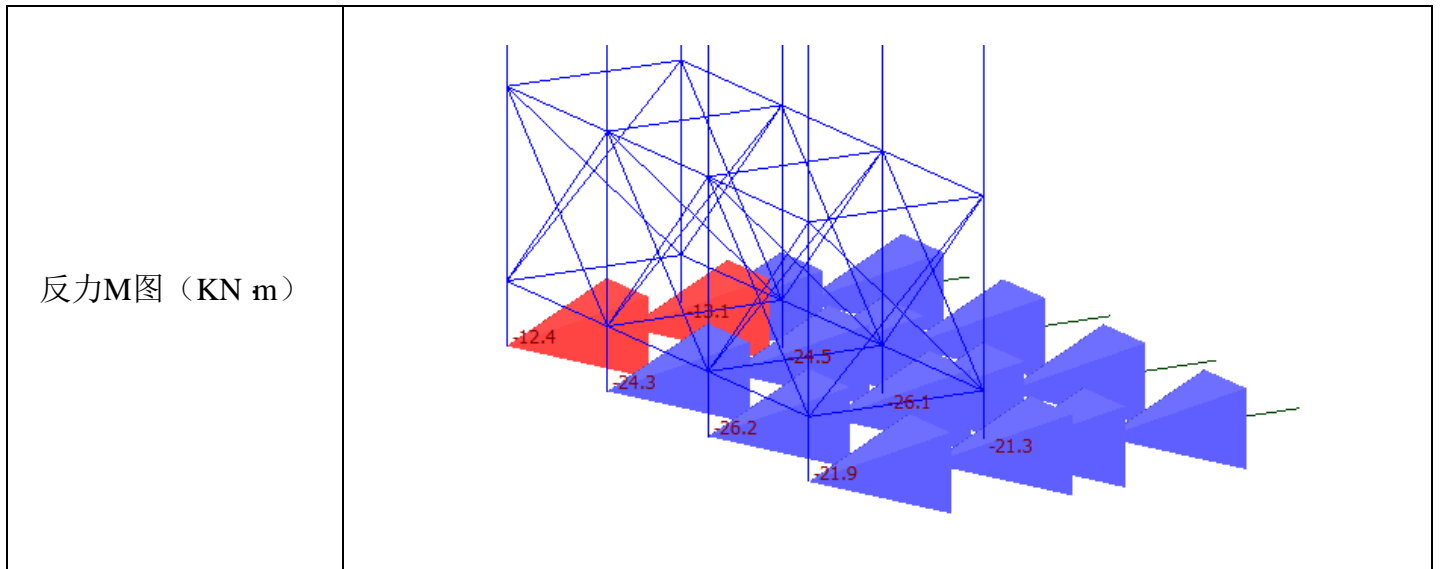
反力M图 (KN m)



第5跨拖拉支架独立扩大基础尺寸为长11m*宽5m*高1m。拖拉支架在自重、竖向荷载、水平荷载以及风荷载作用下的立柱根部反力如下图所示：

反力F图 (KN)





6.3 独立扩大基础抗倾覆稳定性验算

1) 第4跨拖拉支架

第4跨拖拉支架独立扩大基础尺寸为长7m*宽5m*高2m。根据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363-2019), 各种荷载作用下, 使用阶段基础的抗倾覆稳定性不应小于1.3。

抗倾覆稳定系数:

$$k_0 = \frac{s}{e_0}$$

$$e_0 = \frac{\sum P_i e_i + \sum H_i h_i}{\sum P_i}$$

式中: k_0 ——墩台基础抗倾覆稳定性系数;

s ——在截面重心至合力作用点的延长线上, 自截面重心至验算倾覆轴的距离(m);

e_0 ——所有外力的合力 R 在验算截面的作用点对基底重心轴的偏心距;

P_i ——不考虑其分项系数和组合系数的作用标准值组合或偶然作用(地震除外)标准值组合引起的竖向力(kN);

e_i ——竖向力 P_i 对验算截面重心的力臂(m);

H_i ——不考虑其分项系数和组合系数的作用标准值组合或偶然作用(地震除外)标准值组合引起的水平力(kN);

h_i ——水平力对验算截面的力臂(m)。

$$\text{偏心距 } e_y = \frac{143.8}{1489.7} = 0.096m$$

$$e_0 = \frac{\sum P_i e_i + \sum H_i h_i}{\sum P_i} + e_y$$

$$= \frac{(500.6 + 252.3 - 492.1 - 244.7) \times 1.5}{1489.7} + 0.096 = 0.511 + 0.096 = 0.607m$$

$$k_0 = \frac{s}{e_0} = \frac{5/2}{0.607} = 4.1 > 1.3$$

因此第 4 跨拖拉支架扩大基础能够满足抗倾覆稳定性的需要。

2) 第 5 跨拖拉支架

由于第 5 跨支架高度降低, 相应的墩底荷载也有所降低, 此处选取第六跨高度较高的拖拉支架(高度按 30m 计算), 验算 11m*5m*1m 的扩大基础能否满足抗倾覆稳定的需要。

$$\text{偏心距 } e_y = \frac{169.2}{2350.5} = 0.072m$$

$$e_0 = \frac{\sum P_i e_i + \sum H_i h_i}{\sum P_i} + e_y$$

$$= \frac{(461.9 + 332.9 + 285.4 + 143.6 - 438.9 - 308 - 260.2 - 119.6) \times 1.5}{2350.5} + 0.072$$

$$= 0.462 + 0.072 = 0.534$$

$$k_0 = \frac{s}{e_0} = \frac{5/2}{0.534} = 4.6 > 1.3$$

因此第 5 跨拖拉支架扩大基础能够满足规范中抗倾覆稳定计算的需要。

6.4 基础抗冲切承载力验算

根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011) 第 8.2.7 条: 对柱下独立基础, 当冲切破坏锥体落在基础底面以内时, 应验算柱与基础交接处以及基础变阶处的受冲切承载力。

柱下独立基础的受冲切承载力应按下列式计算:

$$F_l \leq 0.7 \cdot \beta_{hp} f_t a_m h_0$$

$$a_m = \frac{(a_t + a_b)}{2}$$

$$F_l = p_j A_l$$

选取第 4 跨支反力最大的立柱进行柱与基础交界位置的抗冲切承载力验算, 基础冲切破坏的计算简图如下所示:

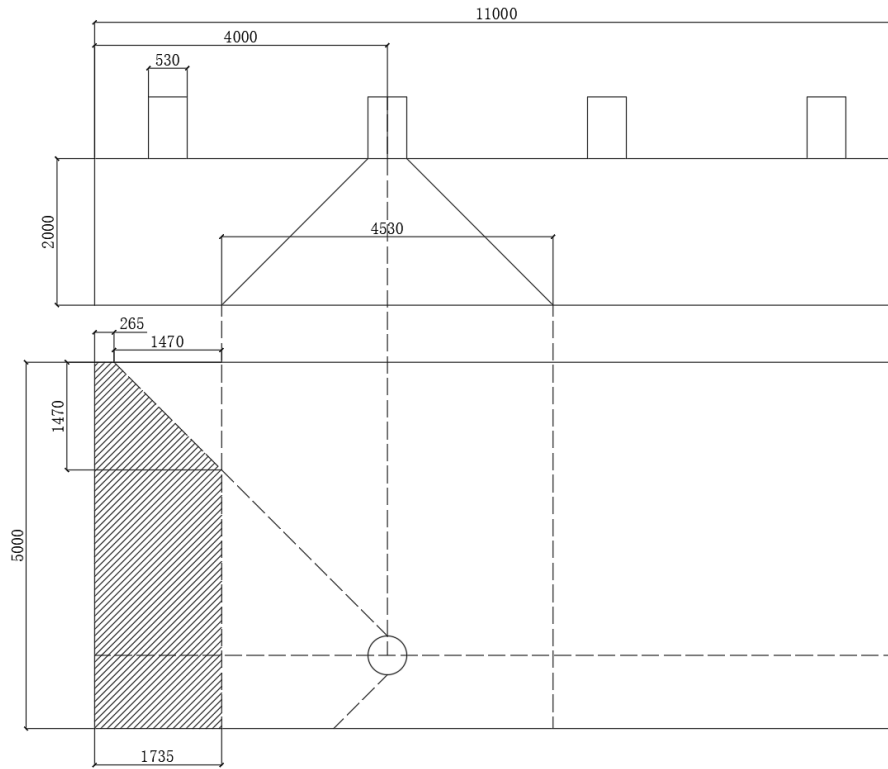


图 6-1 基础冲切破坏的计算简图

$$P_j = P_F + P_M = \frac{F}{B \times L} + \frac{12M}{B \times L^2}$$

$$= \frac{500.6}{5 \times 7} + \frac{12 \times 42.3}{5 \times 7^2} = 16.37 \text{ kpa}$$

$$A_i = S_{\text{阴影}} = 1.735 \times 5 - 0.5 \times 1.47 \times 1.47 = 7.595 \text{ m}^2$$

$$F_i = P_j A_i = 7.595 \times 16.37 = 124.36 \text{ kpa}$$

$$a_m = \frac{(a_t + a_b)}{2} = \frac{0.53 + 5 - 1.47}{2} = 2.03 \text{ m}$$

$$0.7 \cdot \beta_{hp} f_t a_m h_0 = 0.7 \times 0.96 \times 1390 \times 2.03 \times 2 = 3792.4 \text{ kpa} \geq F_i$$

因此，柱与基础交接处的抗冲切验算满足要求。

6.5 基础抗剪切承载力验算

根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011) 第 8.2.7 条：对基础底面短边尺寸小于或等于柱宽加两倍基础有效高度的柱下独立基础，应验算柱与基础交接处的基础受剪切承载力。

本例中，基础短边尺寸为 5m，柱宽加两倍基础有效高度为 $0.53 + 2 \times 3 = 5.53 \text{ m}$ ，满足基础底面短边尺寸大于柱宽加两倍基础有效高度，因此无需进行基础抗剪切承载力验算。

7.桥墩计算

将上述分析中 C 匝道的 6#墩反力荷载（基本组合下反力如下图所示）施加到桥墩中，考虑进截面温度梯度作用（梯度变化 5.5°C ）。对 6#墩墩身进行有限元建模。

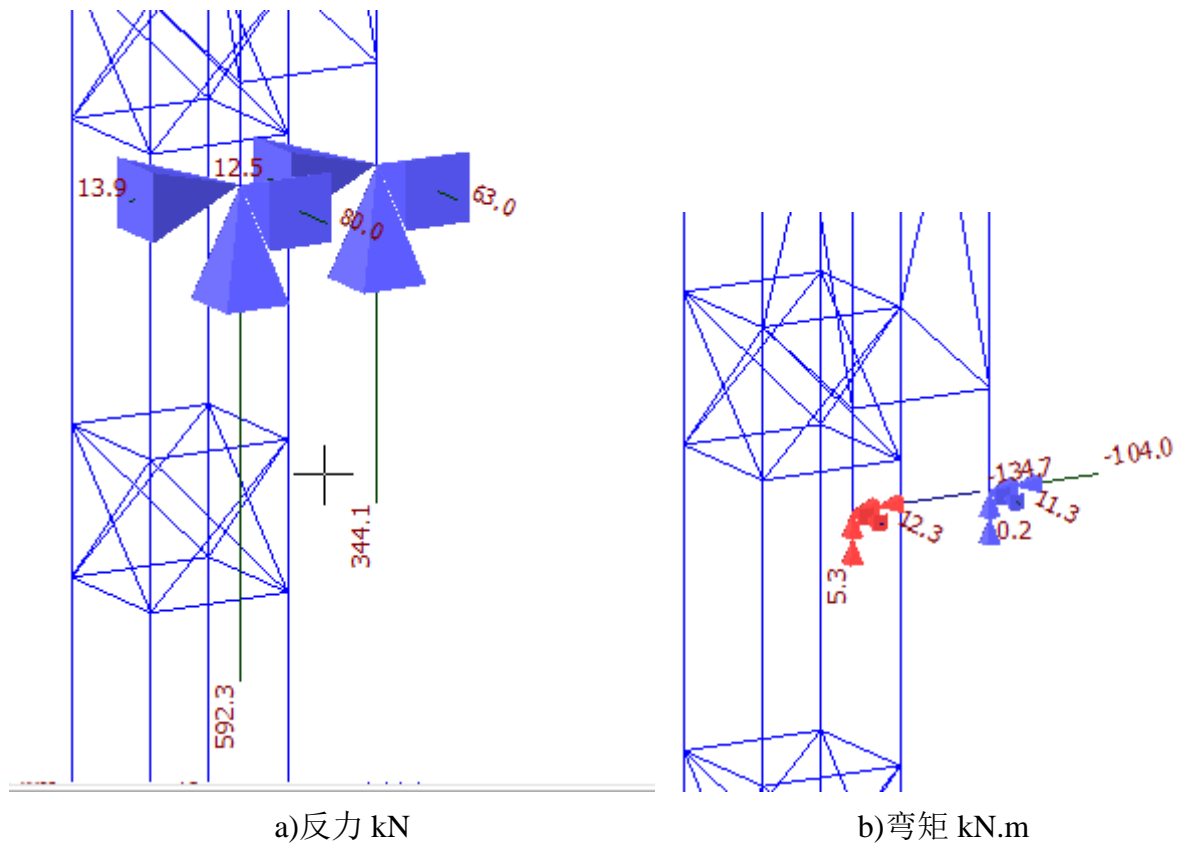


图 7-1 拖拉支架作用与 6#桥墩反力

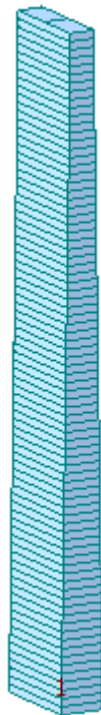


图 7-2 桥墩有限元分析模型

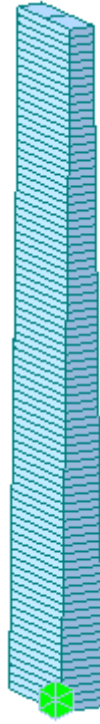


图 7-3 桥墩有限元分析模型-边界条件

对混凝土墩柱按照柱构件进行配筋承载力验算,采用 MIDAS 自带程序 RC 设计进行,采用 JTG D64-2018 规范,计算结果如下:

图 7-1 C 匝道 6#墩墩身偏心受压承载力验算

构件	验算位置	组合名称	组成	结果	安全系数	x	rNd(kN)	Nn(kN)
柱-1	0.000[456]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	21.3297	0	1337.7762	28534.306
柱-1	0.000[456]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	32.0035	1.114	1337.7762	42813.584
柱-1	0.000[456]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-474.0988	0
柱-1	0.000[456]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	99.9843	1.114	428.2029	42813.584
柱-1	0.000[456]	基本 36	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	20.3396	0.6533	637.0683	12957.708
柱-1	0.000[456]	基本 31	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	20.6849	0.1948	202.6127	4191.0245
柱-1	0.070[1063]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	29.7183	0	1337.7762	39756.476
柱-1	0.070[1063]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	36.6056	1.3912	1337.7762	48970.16
柱-1	0.070[1063]	基本 6	偏心	OK	99999	0	-474.0988	0

			My-Max(Fx,Mz)					
柱-1	0.070[1063]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	112.4554	1.3708	428.2029	48153.744
柱-1	0.070[1063]	基本 36	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	23.9443	0.6137	637.0683	15254.184
柱-1	0.070[1063]	基本 31	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	21.2271	0.1518	202.6127	4300.879
柱-1	0.249[1065]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	32.6691	0	1337.7762	43703.916
柱-1	0.249[1065]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	43.1011	1.6853	1337.7762	57659.692
柱-1	0.249[1065]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-474.0988	0
柱-1	0.249[1065]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	129.1065	1.6194	428.2029	55283.788
柱-1	0.249[1065]	基本 5	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	17.9465	0.2776	428.2029	7684.755
柱-1	0.249[1065]	基本 8	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	99999	0	-432.4374	0
柱-1	0.376[1075]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	34.7604	0	1337.7762	46501.616
柱-1	0.376[1075]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	47.0951	1.8701	1337.7762	63002.68
柱-1	0.376[1075]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-474.0988	0
柱-1	0.376[1075]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	139.6651	1.7781	428.2029	59804.992
柱-1	0.376[1075]	基本 30	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	11.6833	0.1516	320.7798	3747.7578
柱-1	0.376[1075]	基本 37	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	11.9202	0.1773	518.9011	6185.4095
柱-1	0.429[1066]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	25.7876	0	1847.8419	47651.352
柱-1	0.429[1066]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	35.7944	1.9774	1847.8419	66142.456
柱-1	0.429[1066]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-662.3568	0
柱-1	0.429[1066]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	103.4815	1.9075	616.4608	63792.3
柱-1	0.429[1066]	基本 34	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	13.9769	0.4834	1116.164	15600.471
柱-1	0.429[1066]	基本 33	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	99999	0	-276.4832	0
柱-1	0.608[1066]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	27.9238	0	1847.8419	51598.792
柱-1	0.608[1066]	基本 36	偏心	OK	38.3898	2.1689	1847.8419	70938.32

			Fx-Min(My,Mz)						
柱-1	0.608[1066]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-662.3568	0	
柱-1	0.608[1066]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	110.3192	2.0808	616.4608	68007.456	
柱-1	0.608[1066]	基本 5	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	16.4406	0.2722	616.4608	10135.006	
柱-1	0.608[1066]	基本 8	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	99999	0	-620.6954	0	
柱-1	0.787[451]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	30.0601	0	1847.8419	55546.232	
柱-1	0.787[451]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	41.8694	2.408	1847.8419	77367.992	
柱-1	0.787[451]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-662.3568	0	
柱-1	0.787[451]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	120.2997	2.3088	616.4608	74160.048	
柱-1	0.787[451]	基本 7	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	15.0869	0.2463	658.1223	9929.035	
柱-1	0.787[451]	基本 6	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	99999	0	-662.3568	0	
柱-1	1.000[451]	基本 36	轴心 Fx-Min	OK	32.5904	0	1847.8419	60221.836	
柱-1	1.000[451]	基本 36	偏心 Fx-Min(My,Mz)	OK	45.8081	2.6819	1847.8419	84646.136	
柱-1	1.000[451]	基本 6	偏心 My-Max(Fx,Mz)	OK	99999	0	-662.3568	0	
柱-1	1.000[451]	基本 5	偏心 My-Min(Fx,Mz)	OK	132.0461	2.5793	616.4608	81401.248	
柱-1	1.000[451]	基本 32	偏心 Mz-Max(Fx,My)	OK	7.6498	0.0425	124.6232	953.3382	
柱-1	1.000[451]	基本 35	偏心 Mz-Min(Fx,My)	OK	8.6753	0.1287	715.0577	6203.3085	

表 7-2 C 匝道 6#桥墩裂缝宽度验算

构件	验算位置	裂缝位置	组合名称	组成	结果	安全系数	Sig_SS (N/mm ²)	W _{tk} (mm)	W _{AC} (mm)
柱-1	0.000[456]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	22.7684	0.0091	0.0088	0.2
柱-1	0.000[456]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	33.1748	0.0059	0.006	0.2
柱-1	0.000[456]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	131.149	0.0018	0.0015	0.2
柱-1	0.070[1063]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.070[1063]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	13.726	0.0131	0.0146	0.2

]								
柱-1	0.070[1063]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.249[1065]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.249[1065]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	22.1653	0.0077	0.009	0.2
柱-1	0.249[1065]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.376[1075]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.376[1075]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	25.5335	0.0064	0.0078	0.2
柱-1	0.376[1075]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.429[1066]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.429[1066]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	23.7281	0.007	0.0084	0.2
柱-1	0.429[1066]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.608[1066]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.608[1066]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	18.5865	0.0085	0.0108	0.2
柱-1	0.608[1066]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.787[451]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	0.787[451]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	18.6859	0.0083	0.0107	0.2
柱-1	0.787[451]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	1.000[451]	轴心 Fx-Min	频遇 102	Fx-Min	OK	99999	0	0	0.2
柱-1	1.000[451]	偏心 My-Max	频遇 79	My-Max	OK	18.2292	0.0081	0.011	0.2
柱-1	1.000[451]	偏心 My-Min	频遇 78	My-Min	OK	99999	0	0	0.2

由上表可知，C 匝道 6#墩柱在各工况作用下的承载能力和裂缝宽度均满足规范要求。

8.结论与建议

8.1 结论

(1) 拖拉平台各构件在施工荷载作用下刚度、强度和稳定性均满足规范要求，但贝雷梁强度安全储备偏弱，需加强监测；

(2) 拖拉平台钢立柱独立扩大基础抗倾覆稳定性和承载力均满足规范要求；

(3) C 匝道 6#墩柱在各工况作用下的承载能力和裂缝宽度均满足规范要求。

8.2 建议

(1) 钢管立柱基础施工前必须探明地质情况，根据实际调整钢管立柱的基础尺寸和埋深；

(2) 现场使用的构配件，应对其质量进行复检，质量合格后，方可使用；

(3) 钢结构拖拉平台搭设完成后，应全面检查各构件的连接、支撑体系等是否符合构造要求，检查合格后方可投入使用；

(4) 施工现场严格按照图纸要求控制施工精度，确保安全。