

现浇箱梁柱梁式支架体系设计

张 敏

中铁五局集团第一工程有限责任公司 湖南 长沙 410002

摘 要: 以成渝扩容ZCB4项目中和枢纽互通C匝道第一联预应力混凝土现浇梁的支架设计验算为例,着重说明贝雷片在该类现浇支架施工中受力验算的核心方法。

关键词: 预应力钢筋混凝土连续梁; 支架设计; 受力验算

引言

随着高速公路向山区延伸,枢纽互通中现浇箱梁桥日益增多。在现浇施工中,贝雷片支架因其模块化程度高、承载能力强且可周转使用,被广泛用作纵向承重主梁。然而,互通匝道桥常具有曲线半径小、横坡变化大及荷载分布不均等特点,导致支架受力复杂。若仅凭经验进行布置,易因局部超限或刚度不足引发事故。

本文以中和枢纽互通C匝道第一联小半径曲线现浇箱梁为例,设计了“钢管立柱+贝雷片”组合支架方案,并重点对贝雷片纵梁进行受力验算。验算中综合考虑箱梁自重、施工荷载及风荷载等不利因素,利用有限元软件建立空间模型,系统分析了贝雷片的强度、刚度及稳定性。^[1]通过本研究,旨在形成一套适用于曲线匝道桥的贝雷片支架验算方法,为同类施工提供技术借鉴。

1 工程概况

G85G76重庆(川渝界)至成都高速公路扩容工程ZCB4合同段起止里程为K106+300~K114+300,线路全长8km,双向八车道,时速120km/h,主线路基宽度42米,设置枢纽互通1处,包括2座主线桥,13条匝道桥,以中和枢纽互通现浇梁C匝道第一联为例,该工程桥跨布置为2×30m,现浇梁梁高1.8m,顶板宽9.057-10.309m,底板宽6.057-7.309m。桥址处地质条件为软土地基,软基深度5.0m,地基承载力不足120kPa,地下水位较高,施工难度大。

2 支架体系设计

针对C匝道第一联原地面地基承载力偏低、若采用满堂支架将大幅增加地基处理难度的问题,本项目选用钢管贝雷片支架体系。支架基础采用C30混凝土的“桩基+条形基础”形式,条形基础上预埋2.0cm厚钢板,通过螺栓与直径 $D = 609\text{mm}$ 的螺旋钢管连接。螺旋钢管高度在15.7m至17.8m之间,横向按7排布置,间距为2.2m。承重横梁采用双拼 I56 工字钢,长 13m,型钢间采用钢板贴焊,并在立柱支点位置加焊加劲肋。横梁上方设置

贝雷梁(上下弦杆加强),横向共设置 25 榀,横向间距 $(0.9+22\times 0.45+0.9)\text{m}$ 。贝雷梁支点不在主节点时,应在支点处设置加强竖杆,加强竖杆采用双拼 I10 工字钢制作,上下两端顶紧贝雷梁上下弦杆,确保荷载有效传递。在贝雷梁的顶部布置横向分配梁,该分配梁选用 I12 工字钢,间距 0.9m,分配梁上方满堂支架。满堂支架采用承插型盘扣式满堂支架,立杆直径 60.3mm,壁厚 3.2mm,纵横向间距均为 0.9m。贝雷梁上部搭设盘扣支架,12工字钢作为盘扣基础,盘扣支架纵横间距为 90cm,顶托上方采用12工字钢,工字钢上铺 10cm×10cm 方木,方木上满铺1.5cm竹胶板^[2]。

3 预应力现浇箱梁支架施工验算

3.1 计算原则

3.1.1 确保结构在强度、刚度及稳定性方面满足受力要求;

3.1.2 将结构的安全性作为重要考量因素;

3.1.3 力求计算模型与实际受力学模型高度吻合。

3.2 材料属性

支架型钢均采用 Q235 材质,钢材弹性模量 $E = 2.1 \times 10^5 \text{MPa}$,钢材强度设计值 $\sigma = 215 \text{MPa}$ 、剪应力 $\tau = 125 \text{MPa}$;贝雷梁材质为 Q355,强度设计值 $\sigma = 305 \text{MPa}$ 、剪应力 $\tau = 175 \text{MPa}$ 。满堂支架立杆材质为 Q355,强度设计值 $\sigma = 305 \text{MPa}$ 、剪应力 $\tau = 175 \text{MPa}$ 。

3.3 荷载及荷载组合

在支架结构设计中,所采用的作用分为两类:一类是永久作用,例如新浇混凝土的重力、满堂支架模板的自重、贝雷支架的结构自重等;另一类是可变作用,包括施工人员、材料及机具的荷载,以及混凝土振捣时产生的荷载等^[3]。

3.3.1 永久作用

(1) 贝雷支架结构自重

由有限元软件自动计算,并按总重的 10%考虑焊缝及附属构件重量,将结构自重系数设置为 1.1。

- (2) 满堂支架及模板自重
自重荷载取 4kN/m^2 布置于梁体投影处。
- (3) 新浇混凝土湿重
新浇混凝土湿重，混凝土容重按 26kN/m^3 。

(1) 施工人员、材料及施工机具荷载，取面荷载 2.5kN/m^2 ；

(2) 振捣混凝土时产生的竖向荷载取 2.0kN/m^2 ，仅计算满堂支架是考虑；

3.3.2 可变作用

3.3.3 荷载组合

序号	组合系数	永久作用			可变作用	
		支架荷载	模板荷载	湿混凝土荷载	施工人员机械荷载	振捣荷载
1	组合一	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5
2	组合二	1.0	1.0	1.0	1.0	0

表1 组合表

3.4 支架验算

3.4.1 有限元模型

使用 MIDAS Civil 通用有限元软件建立本桥支模架系统的模型，全部构件统一选用梁单元。坐标系设定为：桥梁长度方向为 x 向，宽度方向为 y 向，高度方向为 z 向（以向上为正方向）^[4]。

支模架有限元模型如下图所示：

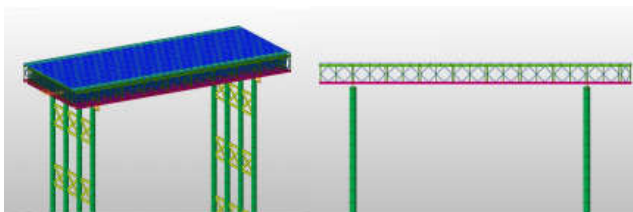


图1 有限元计算模型

3.4.2 计算结果

(1) 横向分配梁

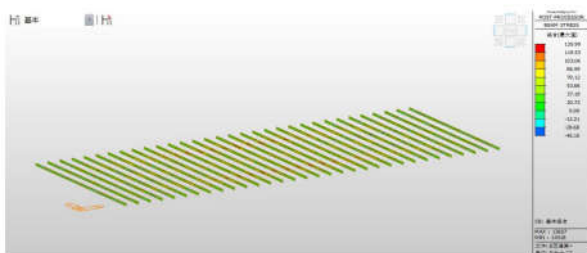


图2 组合应力云图 (MPa)

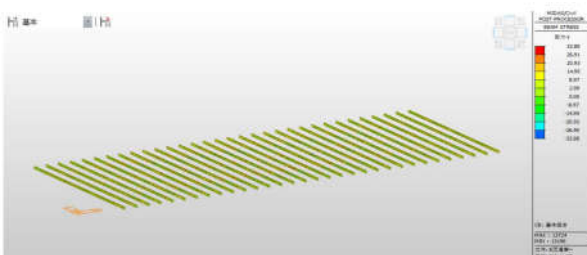


图3 剪应力云图 (MPa)

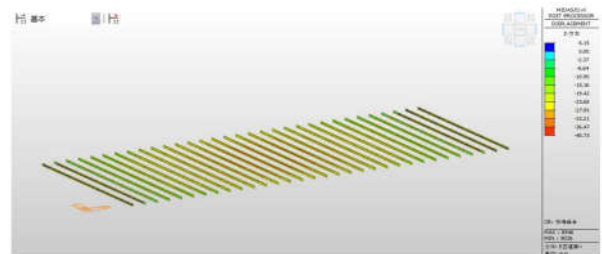


图4 位移变形图 (mm)

(2) 贝雷梁

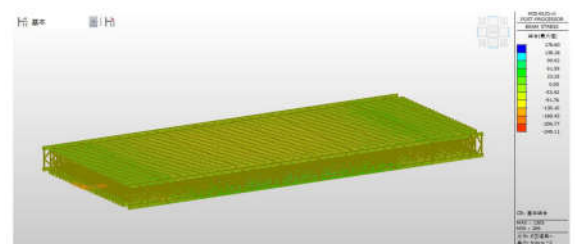


图5 组合应力云图 (MPa)

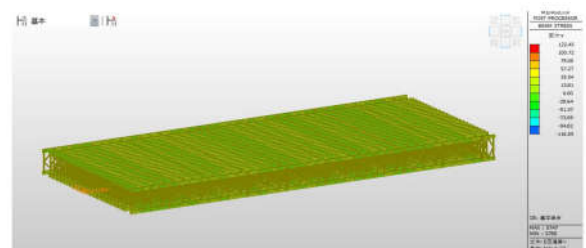


图6 剪应力云图 (MPa)

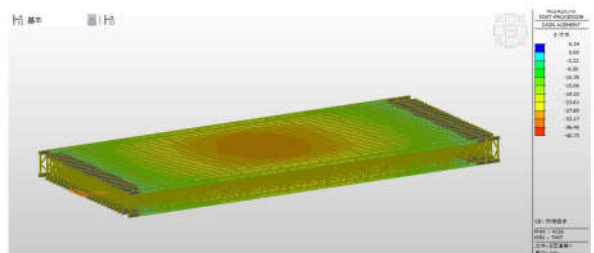


图7 位移变形图 (mm)

(3) 横梁

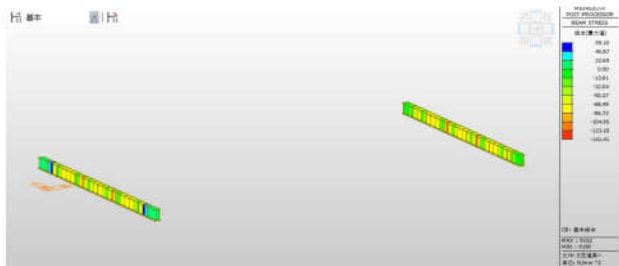


图8 组合应力云图 (MPa)

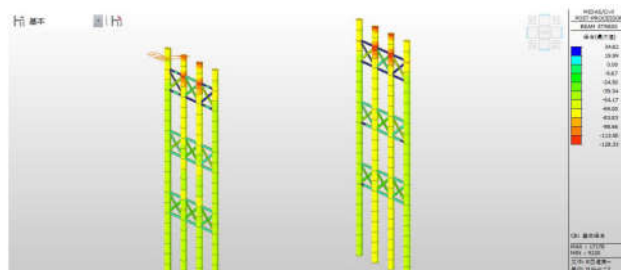


图11 组合应力云图 (MPa)

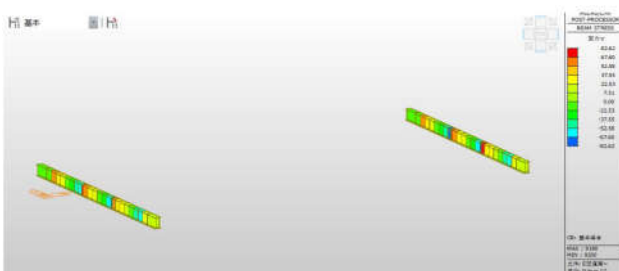


图9 剪应力云图 (MPa)

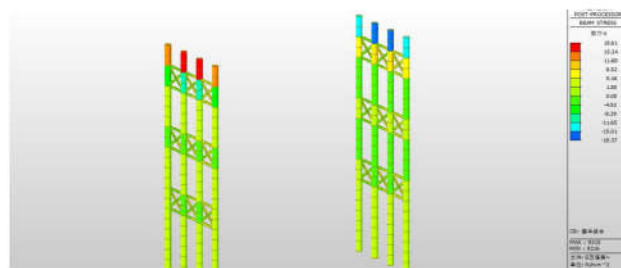


图12 剪应力云图 (MPa)



图10 位移变形图 (mm)

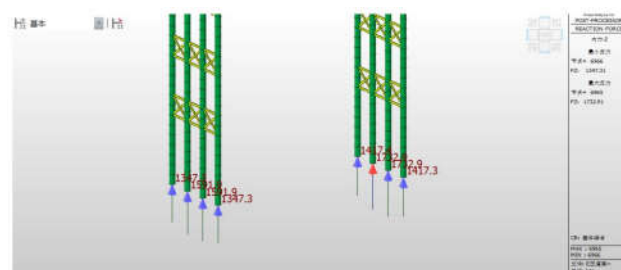


图12 基本组合下立柱反力图 (kN)

(4) 钢管立柱

(5) 结果汇总

序号	构件	计算值		设计值		是否合格	备注
		组合应力	剪应力	弯曲应力	剪应力		
1	横向分配梁	135.99	-32.88	215	125	合格	
2	贝雷梁	-245.11	122.45	305	175	合格	
3	主横梁	-141.41	82.62	215	125	合格	
4	钢管立柱	-128.33	18.61	215	125	合格	

表2 汇总表

3.5 基础计算

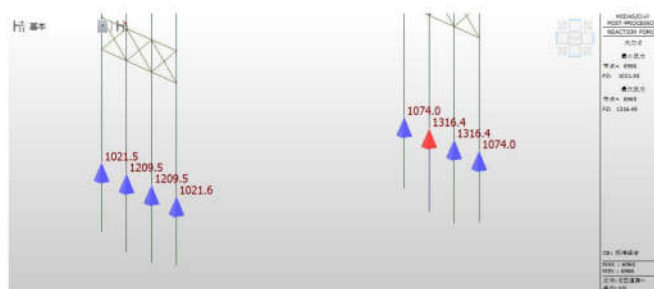


图13 标准组合下立柱支反力

3.5.1 基础结构形式

基础采用桩基础，直径 1.0m，按嵌岩桩进行计算。基础形式为三桩四柱，桩顶设置桩系梁，桩系梁宽 1.5m，高 1.5m，长 10m。如下图所示计算单桩支反力值。

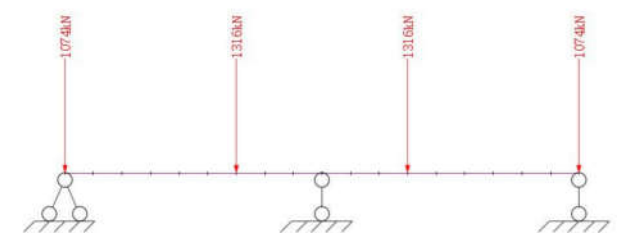


图14 计算结果

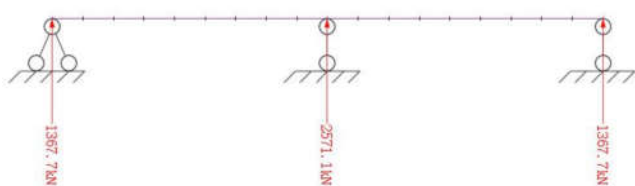


图15 单桩最大支反力为 2571.1kN。

3.5.2 计算依据

参照《公路桥涵地基与基础设计规范》6.3.5 条，对支承在基岩上或嵌入基岩中的钻(挖)孔灌注桩，其单桩轴向受压承载力特征值 R ，可按下列公式计算：

$$R_a = c_1 A_p f_{rk} + u \sum_{i=1}^m c_{2i} h_i f_{rki} + \frac{1}{2} \zeta_s u \sum_{i=1}^n l_i q_{ik}$$

3.5.3 桩长计算

根据桥梁施工图及桥位地勘报告，立柱基础位置土层自上而下依次为粉质黏土、强风化粉砂质泥岩、中风化粉砂质泥岩，层厚如下表所示：

位置	1#支墩	2#支墩	3#支墩	4#支墩	极限侧摩阻力 (kPa)	单轴抗压强度 (MPa)
土层	层厚 (m)					
粉质黏土	1.77	1.59	1.87	3.02	50	
强风化粉砂质泥岩	4.8	5.59	5.77	4.52	80	
中风化粉砂质泥岩	10	10	10	10	80	7.15

表3 层厚分析

根据3.5.2节计算可得当桩长达到下表中桩长时单桩承载力特征值满足施工要求。

支墩编号	桩长 (m)	承载力设计值 (kN)	单桩承载力特征值 (kN)	嵌岩深度 (m)
1#支墩	10.5	1367.7	1743.1	4
	11.5	2571.1	2600.3	5
	10.5	1367.7	1743.1	4
2#支墩	11.5	1299.4	1850.9	4
	11.5	2389.7	2598.5	4
	11.5	1299.4	1850.9	4
3#支墩	11.5	1367.7	1854.4	4
	11.5	2571.1	2595.9	4
	11.5	1367.7	1854.4	4
4#支墩	11.5	1299.4	1804.5	4
	11.5	2389.7	2488.2	4
	11.5	1299.4	1804.5	4

表4 单桩承载力特征值

结束语：此结构传力路径清晰，设计合理。采用的钢管贝雷片组合支架，可显著降低对地基处理的依赖。在面对墩位处原始地形起伏较大或软基承载力不足的情况时，特别是雨季施工条件下，该支架体系能提供可靠的作业平台，充分保障现浇梁的施工质量与安全。

参考文献

[1]雷海斌. 软基及跨公路的大跨度连续梁现浇支架设

计[J]. 价值工程, 2022.

[2]陈云辉. 大跨度钢管桩贝雷梁组合支架设计与受力分析[J]. 西部交通科技, 2014.

[3]刘玉明. 牛腿贝雷梁支架在软弱地基施工中的应用[J]. 安徽建筑, 2014.

[4]中华人民共和国交通运输部. 公路桥涵施工技术规范(JTG/T 3650-2020)[S]. 北京: 人民交通出版社, 2020.