

# 基于Midas\_Civil的钢管柱与双层贝雷 支架体系设计与运用

沈汉星

中铁二十四局集团福建铁路建设有限公司

**摘要:**以新建福州F1线首占西高架SZX14~15#简支箱梁为工程实例,应用Midas\_Civil有限元计算软件建模分析计算设计并运用了钢管柱+双层贝雷支架作为箱梁施工临时支架,总结分析出无中支墩双层贝雷梁施工方案的优、缺点及风险控制要点,提出该施工方案的适用施工条件,对于类似工程条件的施工方案选择有一定的借鉴作用。

**关键词:**螺旋管; 双层贝雷梁; 上跨桥梁; Midas\_Civil

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.025

## 一、概述

贝雷梁支架体系作为支架法现浇梁施工常用的施工方法之一,其施工工期短,地基承载力较差条件下施工方便快捷,尤其在山区及工程条件复杂,高墩桥梁,大跨度桥梁等工况下运用更加频繁,弥补了满堂支架的局限性,发挥适应性强的特点。

Midas\_Civil软件作为建筑施工常用的有限元计算模拟软件,其可视化,操作简便,深受国内专家学者的喜爱。特别是针对桥梁结构,Midas\_Civil结合国内的规范与习惯,在建模、分析、后处理、设计等方面提供了很多的便利的功能,目前已为各大公路、铁路部门的设计院所采用。

## 二、工程概况

SZX14~15#简支梁斜跨新建国道316高架桥梁,地质情况及施工进度要求及现有施工工法,选用钢管柱+双层贝雷支架法施工。

福州市F1线首占西高架SZX14~15#简支梁是标准的32.7m双线箱梁,设计梁长32.70m,顶面宽11.40m,底板宽5.40m,梁高2.0m。箱梁标准断面顶、底板厚300mm,腹板厚350mm,悬臂2500mm,斜腹板,倾斜垂直投影宽度500mm。顶板与腹板间设750mm×250mm加腋,底板和腹板间设250mm×200mm加腋段。

SZX14~15#简支箱梁上跨既有新建国道316桥梁左幅,两座桥梁平面交角约为 $121^\circ$ ,垂直高差约7m。国道316桥为新建成的桥梁,双幅总宽约17m,尚未通车,桥梁业主方不允许我方在该桥面设立临时中支墩。SZX14~15#桥梁上跨316国道桥纵向跨度达到19.85m,如何保证支架强度、刚度满足要求是本次支架设计的重点。滨海快线北侧30m新建既有福平铁路即将开通运营,为赶在福平铁路开通前完成梁片施工,尽快施工进度,及保障桥梁下方316国道桥的安全质量,故选用钢管柱+双层贝雷梁支架作为SZX14~15#简支箱梁施工的临时支架。

## 三、支架设计及施工流程

钢管柱贝雷梁支架设计跨度29.42m,纵向设置4排直径 $\Phi 630\text{mm}$ 、壁厚 $\delta 8\text{mm}$ 的螺旋钢管,支架离地高度约15m,每排4根,横向投影间距为3.0m,中间两排平行国道316桥梁边线,另两排横向设置在承台上,第3排和第四排右侧共用螺旋管,详见下图1。

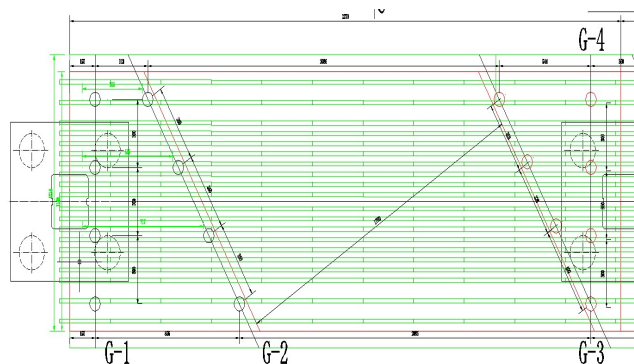


图1 SZX14~15#贝雷梁支架平面布置图

立柱顶部设置0.75m高直径 $\Phi 630\text{mm}$ 、壁厚 $\delta 14\text{mm}$ 的调平沙桶,用于立柱高度调整及方便后期支架拆除。贝雷梁布置于双拼I45b工字钢横梁之上(斜排钢管柱顶横梁即斜横梁采用双拼50b工字钢),双拼横梁支撑于 $630\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管柱上,钢管柱每排横向投影距离3m,桩长18m(由上及下为1m杂填土,5m淤泥层,4m粉质黏土,7m强风化凝灰岩,1m中风化凝灰岩)。

## 四、基于Midas\_Civil模拟计算分析

### (一) 荷载选取

根据本工程简支梁结构特点,施工中主要荷载如下:(1)钢筋混凝土结构自重: $26\text{kN/m}^3$ ;(2)支架自重:由软件自动计算;(3)临时荷载(含人员、材料及机具荷载):①钢模板: $2.5\text{kN/m}^2$ ;②模板下纵、横梁取用 $1.5\text{kN/m}^2$ ;③施工人员等其他结构: $1.0\text{kN/m}^2$ ;(4)振捣荷载: $2.0\sim 4.0\text{kN/m}^2$ ;对水平面模板取用 $2.0\text{kN/m}^2$ ,垂直面模板取用 $4.0\text{kN/m}^2$ (5)浇筑冲击荷载: $2.0\text{kN/m}^2$ 。考虑最不利受力情况为混凝土全部浇筑完毕,最不利组合系数恒载取1.2倍安全系数,活载取1.4倍安全系数。

(1)腹板A1区:采用CAD软件测量A1区混凝土梁面积 $A_1=1.09\text{m}^2$ ,作用宽度1.12m,自重荷载: $G_1=1.09 \times 26 / 1.12 = 25.3\text{kN/m}^2$ ;临时荷载取 $5\text{kN/m}^2$ (钢模板取 $2.5\text{kN/m}^2$ ,模板下纵、横梁取 $1.5\text{kN/m}^2$ ,施工人员等取 $1.0\text{kN/m}^2$ );

强度校核荷载组合:

$$q_{1强} = 1.2 \times (25.3 + 5) + 1.4 \times (2.5 + 2 + 2) = 45.46 \text{ kN/m}^2$$

刚度校核荷载组合:

$$q_{1刚} = (25.3 + 5) = 30.3 \text{ kN/m}^2;$$

(2) 空箱室A2区: 采用CAD测量A2区混凝土梁面积A2=2.5m<sup>2</sup>, 作用宽度4.16m, 自重荷载:

$$G_2 = 2.505 \times 26 / 4.16 = 15.6 \text{ kN/m}^2; \text{ 临时荷载取 } 2.5 \text{ kN/m}^2 \text{ (模板下纵、横梁取 } 1.5 \text{ kN/m}^2, \text{ 施工人员等取 } 1.0 \text{ kN/m}^2 \text{)}。$$

强度校核荷载组合:

$$q_{2强} = 1.2 \times (15.6 + 2.5) + 1.4 \times (2.5 + 2 + 2) = 30.82 \text{ kN/m}^2;$$

刚度校核荷载组合:

$$q_{2刚} = (15.6 + 2.5) = 18.1 \text{ kN/m}^2;$$

由箱梁自重及施工荷载, 翼缘模板框架传递的荷载到横向分配梁, 分配梁由贝雷梁支架, 这部分支架以下将建立空间模型, 得到应力, 进行校核。

## (二) 模型建立

### (1) 分配梁检算

根据第4.1节中底板区域荷载荷载, 结合分配梁纵向间距0.6m/1.2m分配梁上的横向线荷载(含强度校核荷载组合及刚度校核荷载组合), 实腹段分配梁荷载乘以系数0.6, 其他位置分配梁荷载乘以系数1.2。分配梁Q235钢材:  $f = 215 \text{ MPa}$ ,  $f_v = 125 \text{ MPa}$ 。计算结果如下图2、图3所示。

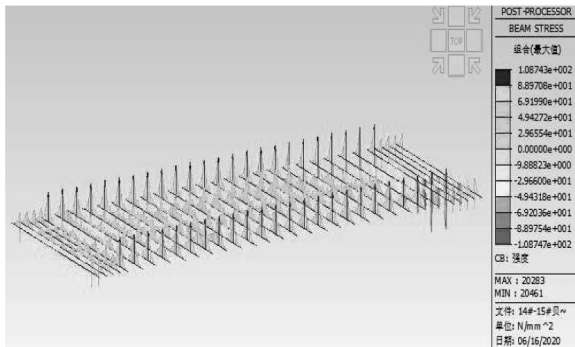


图2 SZX14-15#分配梁最大正应力分布图

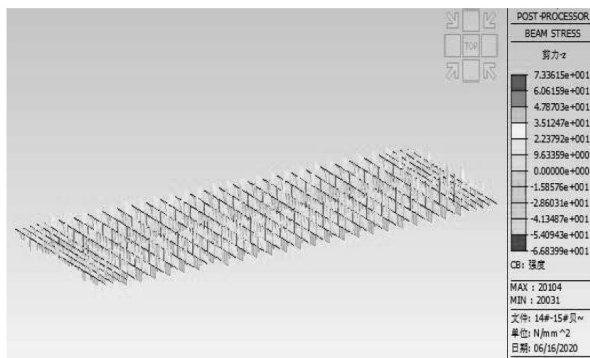


图3 SZX14-15#分配梁剪力分布图

由上图2、图3可知检算得分配梁最大正应力为108.7MPa, 最大剪应力为73.4MPa, 分别小于215MPa及125MPa的限值要求, 满足规范强度要求。

最大挠度:

$$w = 0.677 \frac{q_{刚} l^4}{100 EI} = 0.677 \times \frac{18.18 \times 1200^4}{100 \times 2.06 \times 10^5 \times 0.712 \times 10^7}$$

$$= 0.257 \text{ mm} < 1200 / 400 = 3 \text{ mm} \text{ 满足要求。}$$

式中  $q_{刚} = 30.3 \times 0.6 = 18.18 \text{ kN/m}^2$ , 1为最大间距取1200mm, 弹性模量  $E = 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$ , 惯性矩  $I = 712 \text{ cm}^4$ 。

### (2) 贝雷梁检算

贝雷梁采用3115mm×176mm×1500mm标准贝雷片, 贝雷片按梁单元处理。贝雷片与上部分配梁及下部横梁均采用弹性连接, 杆件以承受轴力为主, 轴力计算如下:

由下图4可知最大弦杆轴力442.3kN, 小于560kN的限值要求, 满足规范强度条件。由上图5可知最大竖杆轴力178.7kN, 小于210kN的限值要求, 满足规范强度条件。

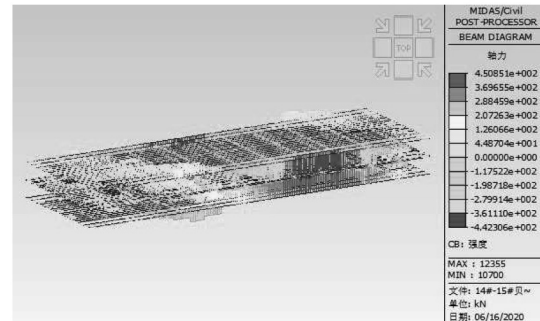


图4 SZX14-15#贝雷梁弦杆轴力图

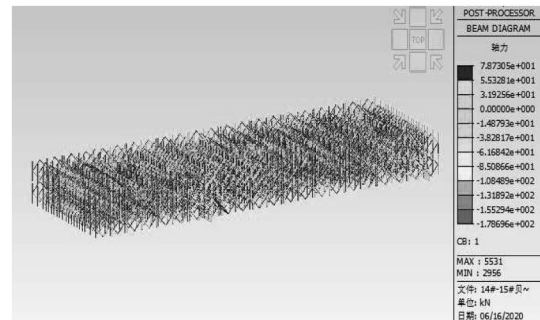


图5 SZX14-15#贝雷梁腹杆轴力图

### (3) 横梁检算

横梁选用Q235钢材质的双拼I45b工字钢长12m(斜横梁为双拼I50b, 长12.5m), 与上部贝雷片及下部螺旋管的连接为弹性连接。



图6 SZX14-15#墩横梁最大正应力分布图

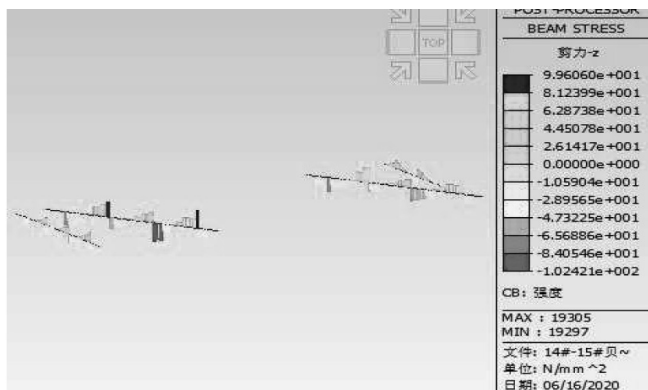


图7 SZX14-15#墩横梁剪力分布图

由上图6、图7可知检算得到横梁最大正应力为153.7MPa，最大剪应力为102.4MPa，分别小于215Mpa及125Mpa的限值要求，满足规范强度要求。

(4) 钢管柱检算

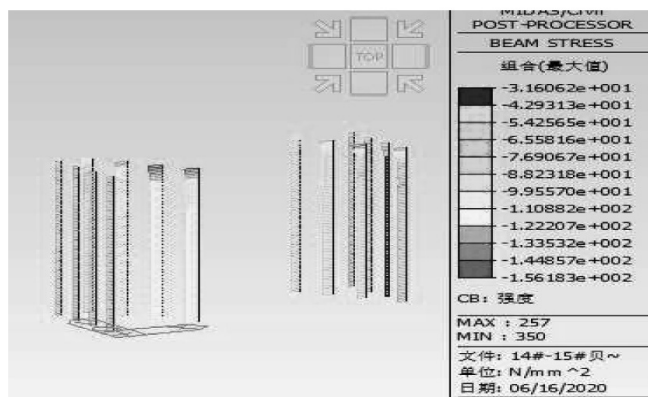


图6 SZX14-15#钢管柱最大正应力分布图

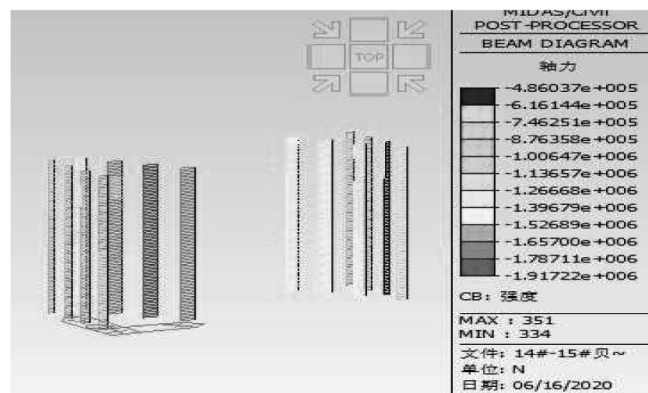


图7 SZX14-15#钢管柱轴力分布图

检算得最大正应力为156.2MPa，小于215Mpa的限值要求，满足规范强度要求。

钢管柱最大轴力为1917.2kN，偏安全假定钢管柱两端铰支压杆。立柱采用Φ630×8mm钢管，A=156.25cm<sup>2</sup>，钢管抗压、抗拉强度设计值f=215MPa，钢管弹性模量

Es=2.06×10<sup>5</sup>MPa。钢管柱受压计算长度按20m计（地面以上15m，最不利淤泥层5m），

$$\text{回转半径为 } i = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} = \frac{\sqrt{630^2 + 614^2}}{4} = 21.99\text{cm},$$

$$\text{长细比为 } \lambda = 20000 / 220 = 91,$$

查规范得受压稳定系数  $\varphi = 0.706$ 。

钢管柱轴力限值检算：

$$[R] = \varphi Af = 0.706 \times 156.3 \times 10^{-4} \times 215 \times 10^3 = 2372.5\text{kN} > N = 1917.2\text{kN}$$

钢管桩稳定性计算：

钢管桩临界失稳力值Pcr为：

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{\pi^2 \times 2.06 \times 10^8 \times 7.56 \times 10^{-4}}{20^2} = 3838.7\text{kN} > 1917.2\text{kN}$$

式中E=2.06×10<sup>8</sup>KPa，

$$I = \frac{\pi}{64} (0.63^4 - 0.614^4) = 7.56 \times 10^{-4} \text{m}^4,$$

故经验算，钢管柱承载力及稳定性满足规范要求。

五、双层贝雷梁支架实际运用注意事项

双层贝雷梁支架体系实际运用应注意的几个事项：

- (1) 双层贝雷梁安拆需采用2台大型吊机协同吊装，尤其是在拆除施工中需要有足够的施工场地；
- (2) 双层贝雷架重心高，采用450型和900型花架都存在高宽比超限的风险，因此需要设置横向连接槽钢，提升贝雷架稳定性；
- (3) 双层贝雷架标高放样需提前预留非弹性变形的高度，堆载预压试验后，根据弹性变形设置预拱度；
- (4) 贝雷片安装前必须坚持其完整性，变形严重，损坏的，老旧的严禁使用；
- (5) 螺旋管立柱安装垂直度必须检查。

六、结语

采用Midas\_Civil软件进行桥梁现浇支架体系设计和计算分析，其相较于手动计算更具有全面性，整体性，软件计算是整个体系的受力分析，提高了计算的准确性和贴合实际情况。通过本工程SZX14-16双线筒支梁两次工程实例成功运用证明，双层贝雷架支架体系在跨度32.7m的标准筒支梁现浇支架运用中具有可行性和经济性，尤其在上跨构筑物且不具备设立中支墩的施工条件下可优先选用。

参考文献

[1] 岳旭光. 新型组合桁架梁与贝雷梁施工方案比选[J]. 铁道建筑, 2018, 58(5): 34-38.  
 [2] 刘学明. 刘世忠. 钢管柱-贝雷梁支架体系施工工艺及设计检算[J]. 铁道建筑, 2016, 56(9): 43-46.  
 [3] 陈志勇. 钢管桩和贝雷梁组合支架现浇箱梁施工技术[J]. 铁道建筑, 2013, 53(2): 23-25.