

双层贝雷梁支架在刚构连续梁施工中的应用

胡小周

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要:运用钢管立柱架设双层贝雷梁与碗口式支架相结合的支架现浇梁施工工艺,既解决了一次大跨度支架的强度及变形问题,同时减少了地基处理工作,节约了工期,降低了成本。经过实践证明,该方案运用在一次大跨度现浇连续梁施工中安全可靠、质量可控,为后续大跨度现浇梁支架架施工积累了宝贵的经验。

关键词:刚构连续梁;双层贝雷梁;支架;施工工艺;检算

中图分类号:U448;S605+.2;U448.23

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)02-0110-04

1 工程概况

新建武汉至孝感城际铁路马家湖特大桥 1-4×20 m 刚构连续梁位于该桥末段,与天河机场 U 形槽工程相接,起讫里程为 DK18+585.310~DK18+665.440,对应马家湖特大桥 111 号~115 号墩,共 4 跨,其中 111 号~112 号墩跨度为 19.9 m、112 号~115 号墩每跨跨度为 20 m,梁体全长 79.9 m。刚构连续梁采用 C40 高性能混凝土,总方量为 959 m³。

该刚构连续梁,梁体截面高 1.3 m、底宽 7.265 m、顶宽 11.6 m,桥面组成为防护墙内侧宽度为 8.3 m、防护墙外翼缘板宽度为 1.35 m;该刚构连续梁 111 号墩为圆端形实体桥墩、112 号~115 号墩为矩形实体桥墩,系梁体与桥墩浇筑为一体的刚性连续梁,设计采用支架法施工。

本工程先进行回填筑岛,再进行桩基、承台、桥墩、梁体施工,回填筑岛高程为 21.5 m,填土厚 10 m 以上。

该刚构连续梁位于马家湖,若采用常规的满

堂式碗口钢管支架,则由于筑岛平台填土较厚,地基极不稳固,存在安全隐患;若采用常规的墩梁式支架,利用桥墩承台作为支架基础,采用两点支撑的筒支梁支架结构,经计算跨中变形过大,不能满足施工要求;若采用三点支撑的连续梁支架结构,则需要梁式支架跨中设置支点,经计算需要采用桩基础,施工成本增加较大。通过对比分析,采用钢管立柱+双层贝雷梁+碗口式支架作为刚构连续梁施工的支架方案。

2 支架结构设计、理论依据及工艺特点

2.1 支架结构形式

马家湖特大桥 1-4×20 m 刚构连续梁采用钢管立柱+双层贝雷梁+碗口式支架方案进行施工。支架结构自下而上由基础承台、组合钢管立柱、纵向双层贝雷、横向分配梁、碗口式支架、底模板、侧模板及支撑等构成。组合钢管立柱安置在承台上作为纵向双层贝雷梁受力支点,中间不设支墩。支架纵向布置见图 1。

2.2 理论依据

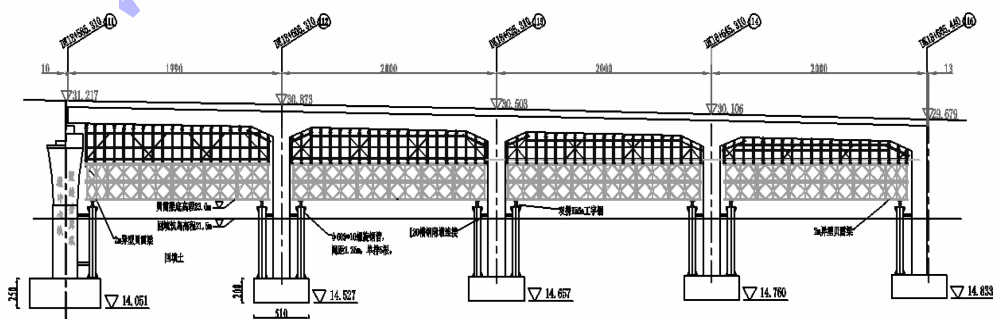


图 1 马家湖刚构梁支架纵断面布置图

收稿日期:2018-03-23

该支架下部采用钢管立柱作为整个支架及施工过程中荷载的传力构件;上部采用碗口式支架主要是为了模板调整并方便后续贝雷梁拆除;采用双层贝雷梁是为了提高贝雷梁受力强度、减小贝雷梁竖向变形,以满足施工要求。其原理是:贝雷梁为军用制式器材,当其组合放置方式改变时几何特性也会相应改变,采用双层贝雷梁就是利用此原理,通过叠合放置来提高贝雷梁的截面抵抗矩及惯性矩,以此提高贝雷梁承载力、减小变形。根据规范,下面为几种常用贝雷梁组合几何特性表,见表1。

表1 用贝雷梁组合几何特性表

结构构造	几何特性		
	截面抵抗矩 W/cm^3	截面惯性矩 I/cm^4	
单排单层	不加强	3 578.5	250 497.2
	加强	7 699.1	577 434.4
双排单层	不加强	7 157.1	500 994.4
	加强	15 398.3	1 154 868.8
三排单层	不加强	10 735.6	751 491.6
	加强	23 097.4	1 732 303.2
双排双层	不加强	14 817.9	2 148 588.8
	加强	30 641.7	4 596 255.2
三排双层	不加强	22 226.8	3 222 883.2
	加强	45 962.6	6 894 382.8

2.3 工艺特点

钢管立柱架设双层贝雷梁加碗口式支架现是一种从梁式支架改进而来的现浇梁支架结构,其特点及优点为:

(1)强度高、刚度大、变形小,一次性跨度大,部分支架可不设中间支撑;

(2)采用两点支撑,支架支撑点坐落在桥墩承台上,不需要进行地基处理,降低成本;

(3)支架支撑点坐落在承台上,受力结构形势简单,支架整体变形主要为贝雷梁的弹性变形,可通过一次预压确定,不需要每片梁体支架都进行预压,减少成本;

(4)贝雷梁的弹性变形可通过数值分析计算,便于确定梁体预抛量,有利于梁体线性控制。

3 施工工艺

3.1 钢管立柱施工

支架采用 $\phi 609\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 螺旋钢管作为承重构件,钢管横桥向间距为 2.25 m ,单排布置5根,钢管支撑在承台上,钢管间设 $[20$ 槽钢剪刀撑。承台施工过程中预埋 $\phi 28$ 地脚螺栓,每根钢管预埋4根,地脚螺栓深入承台不小于 30 cm 。墩

身施工过程中预埋钢板,钢管固定在承台上后,焊接 $[20$ 槽钢将钢管与墩身预埋钢板焊接固定。

在钢管上安装双拼 $I56a$ 工字钢,为保证工字钢均匀受力,将双拼工字钢加固,即间隔 1.2 m 在双拼 $I56a$ 工字钢上焊接一块缀板,工字钢与钢管立柱采用 $\phi 32$ 螺纹钢加固,螺纹钢间距 20 cm ,每根钢管顶部布置8根。

3.2 贝雷梁安装

双拼 $I56a$ 工字钢安装完成后,在其上搭设贝雷梁,贝雷梁采用双层双排体系。贝雷梁两片一组,梁体底板范围每组两片贝雷梁间距 45 cm ,每组间距 25 cm ,共设13组;梁体两侧翼缘板下各设一组贝雷梁,每组两片贝雷梁间距 90 cm ,与内侧梁体底板范围贝雷梁间距 60 cm ;每个支架横桥向共设15组双层双排贝雷梁。支架横桥向布置见下图2。

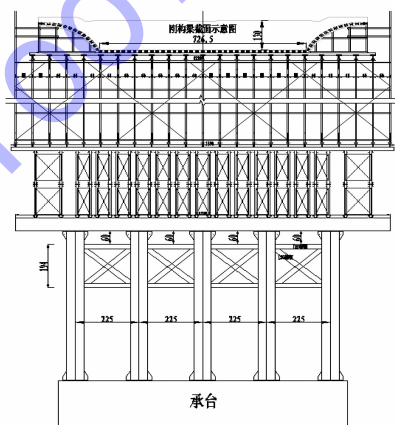


图2 马家湖特大桥刚构梁支架横桥向布置

贝雷梁在现场进行拼装,上下层贝雷梁之间采用螺栓将上层贝雷梁的下弦杆与下层贝雷梁的上弦杆连接固定,上层弦杆与下层弦杆之间的两个螺栓孔必须全部固定。贝雷梁拼装完成后整体吊装(四片)就位,按平分中矢法定位贝雷梁;吊装完毕后,在双拼 $I56a$ 工字钢上采用 $[20$ 槽钢焊接限位器,防止贝雷梁横向移动;全部吊装就位后采用水平通长连接杆将贝雷梁连接成一体。

3.3 碗口支架施工

贝雷梁吊装完成后,在其上横桥向铺设 $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 方木,顺桥向间距 90 cm ,然后在方木上安装底托搭设碗扣式支架。碗扣式支架钢管规格为 $\phi 48\text{ mm} \times 3.5\text{ mm}$,顺桥纵距为 90 cm ,横距为 60 cm ,步距为 120 cm ;支架搭设完毕后在支架

体外侧及内侧设纵向、横向及水平向剪刀撑,纵向剪刀撑每隔 6 根立杆布置一道,横向桥向共设 4 道;横向剪刀撑顺桥向每隔 6 根立杆布置一道;在纵向剪刀撑顶部交点平面及底部平面设置水平剪刀撑,水平剪刀撑竖向间距不大于 3 m;纵向及横向剪刀撑与水平向夹角为 45°~60°,剪刀撑底部抵靠在贝雷梁上。

碗口支架搭设完成以后,利用桥墩施工时对拉螺杆孔搭设环桥墩的钢管箍与桥墩连接固定,以增加支架体系的整体稳定性。

碗口支架施工完毕后即可进行后续模板施工。

4 支架检算

4.1 荷载取值

- (1) 混凝土荷载:26.5 kN/m³;
- (2) 模板系统自重荷载:2.5 kN/m²;
- (3) 施工荷载:2.5 kN/m²;
- (4) 混凝土振捣、倾倒产生冲击荷载各区 2 kN/m²,当浇筑厚度大于 1 m 时,不考虑倾倒产生冲击荷载;
- (5) 混凝土侧压力:按《建筑施工手册》,当混凝土浇筑速度在 2 m/h 以下时,作用于侧面模板的最大压力:

$$F_1 = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{1/2}$$

$$F_2 = K\gamma_c h$$

浇筑速度取 1 m/h,混凝土入模板温度 T 取 20°,则 $t_0 = 200 / (T + 15) = 200 / (20 + 15) = 5.71$ 。

$$F_1 = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{1/2}$$

$$= 0.22 \times 26.5 \times 5.71 \times 1.2 \times 1.15 \times 1^{0.5}$$

$$= 45.9 \text{ kN/m}^2$$

因梁体高度为 1.3 m,取 $F_2 = K\gamma_c h = 1.3 \times 26.5 = 34.45 \text{ kN/m}^2$ 。

$$F = \min(F_1, F_2) = 34.45 \text{ kN/m}^2$$

(6) 风荷载计算

根据《建筑施工碗口式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 166-2016)及《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012),湖北武汉市海拔 23.3 m,重现期取 R=10,查表得 $\omega_0 = 0.25 \text{ kN/m}^2$;风荷载体型系数 μ_s 取最大值 1.0,风压高度变化系数 μ_z 取 1.57。

碗口支架计算中考虑风荷载: $W_k = \mu_s \mu_z \omega_0$

$$= 1.0 \times 1.57 \times 0.25 = 0.393 \text{ kN/m}^2$$

4.2 碗口式钢管支架检算

搭设高度取上限值 5.9 m 计算,则层数为 6 层,结构重要性系数 γ_0 取 1.0,计算时取梁体底板 60 cm×90 cm 单元进行分析。由于翼缘板范围混凝土荷载较小且搭设形式与底板处相同,可不计算。立杆所受荷载统计及组合见下表 2。

表 2 立杆所受荷载统计

荷载形式	底板处 60 cm×90 cm	荷载组合系数	备注
混凝土自重	26.5×1.3×0.6×0.9=18.603 kN	1.2	梁高 1.3 m
模板系统自重	2.5×0.6×0.9=1.35 kN	1.2	模板荷载按 2.5 kPa
施工荷载	2.5×0.6×0.9=0.45 kN	1.4	施工荷载按 2.5 kPa
振捣荷载	2×0.6×0.9=1.08 kN	1.4	振捣荷载按 2.0 kPa
倾倒混凝土荷载	2×0.6×0.9=1.08 kN	1.4	倾倒荷载按 2.0 kPa
立杆自重+顶托、底托	(4+3×7.41+6.5)×10/1 000=0.327 kN	1.2	共 3 层
横杆+纵杆自重	3×(2.82+3.97)×10/1 000=0.2 037 kN	1.2	共 3 层
单根立杆荷载组合	(18.603+1.35+0.203 7+0.327)×1.2+(0.45+1.08+1.08)×1.4=28.738 kN	/	/

那么,单根立杆最大承受轴力为 N=28.738 kN,按此计算。

(1) 不考虑风荷载

$$\sigma = N / (\varphi A) < [f]$$

为保证安全,将立杆 $\varphi 48 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 按 $\varphi 48 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 规格计算,其几何特性为:

$$\text{截面积 } A = 424.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{轴惯性矩: } I_x = 107 830 \text{ mm}^4$$

$$\text{抗弯惯性矩: } W = 8 985 \text{ mm}^3$$

$$\text{回转半径: } i_x = (I/A)^{1/2} = 15.94 \text{ mm}$$

$$\text{计算长度附加系数: } k = 1.155;$$

$$\text{计算长度系数: } \mu = 1.55;$$

$$\text{计算长度,由公式 } l_0 = k\mu h = 1.155 \times 1.55 \times 1.2 = 2.148 3 \text{ m}$$

长细比: $l_0/i = 2148.3/15.94 = 134.77$

轴心受压立杆的稳定系数 φ , 由长细比 l_0/i 的计算结果查表得到 $\varphi = 0.376$;

则 $\sigma = N/(\varphi A) = 28.738 \times 10^3 / (424.1 \times 0.376) = 180.22 \text{ MPa} \leq [f] = 215 \text{ MPa}$, 满足要求。

(2) 考虑风荷载

$$\sigma = N/(\varphi A) + M_w/W$$

风压产生弯矩计算: $M_{wk} = 0.05 \xi W_k l_a H_c^2$
 $= 0.05 \times 0.6 \times 0.393 \times 0.9 \times 2.4^2 = 0.061 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_w = 1.4 \times 0.6 M_{wk} = 1.4 \times 0.6 \times 0.061 = 0.052 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$\sigma = N/(\varphi_a) + M_w/W$
 $= 28.738 \times 10^3 / (424.1 \times 0.376) + 0.052 \times 10^6 / 8985 = 180.01 \text{ MPa} \leq [f] = 215 \text{ MPa}$, 满足要求。

4.3 贝雷梁及钢管立柱检算

4.3.1 荷载分析

贝雷梁主要承受梁体混凝土、模板系统、碗口式支架自重荷载及施工荷载、混凝土振捣荷载, 此处不计风荷载; 自重荷载组合系数取 1.2, 可变荷载组合系数取 1.4。此处荷载组合值分别为梁体底板范围、翼缘板范围。

经计算, 梁体底板范围贝雷梁承受的线荷载为 18.076 kN/m; 梁体翼缘板范围内贝雷梁承受的线荷载为 12.686 kN/m。

4.3.2 贝雷梁及钢管立柱受力分析

该刚构连续梁双层贝雷梁及钢管立柱采用 Midas civil 建模, 进行整体受力分析, 检算时取中跨支架双层贝雷梁及钢管立柱体系进行建模分析, 模型见下图 3。

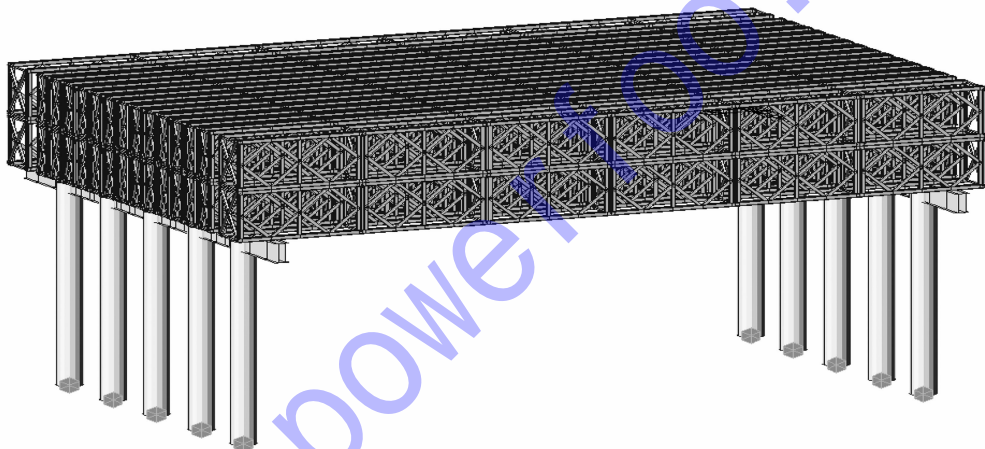


图 3 刚构连续梁双层贝雷梁及钢管立柱支架模型

4.3.3 计算结果

由计算分析结果可知, 贝雷梁最大组合应力 $\sigma_{\max} = 292.2 \text{ MPa} < [\sigma] = 310 \text{ MPa}$, 最大剪应力 $\tau_{\max} = 61.9 \text{ MPa} < [\tau] = 180 \text{ MPa}$, 最大位移 $f_{\max} = 1.42 \text{ cm} < 18000/600 = 3 \text{ cm}$, 贝雷梁的强度及刚度均满足要求。

由计算分析结果可知, 钢管立柱最大支点反力为 $N = 1125.4 \text{ kN}$ 。取最大搭设高度 $l = 6 \text{ m}$ 为计算长度, $\varphi 609 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 钢管截面积 $A = 18818.1 \text{ mm}^2$, 回转半径为 $i = 211.8 \text{ mm}$; 长细比: $l/i = 6000/211.8 = 28.33$, 查表得, 轴心受压稳定性系数得 $\varphi = 0.924$; $\sigma = N/(\varphi A) = 1125.4 \times 1000 / (0.924 \times 18818.1) = 64.72 \text{ MPa} < [\sigma] = 215$

MPa, 钢管立柱稳定性满足要求。

5 结论

运用钢管立柱架设双层贝雷梁与碗口式支架相结合的支架现浇梁施工工艺, 既解决了一次大跨度支架的强度及变形问题, 同时减少了地基处理工作, 节约了工期, 降低了成本。经过实践证明, 该方案运用在一次大跨度现浇连续梁施工中安全可靠、质量可控, 为后续大跨度现浇梁支架法施工积累了宝贵的经验。

作者简介:

胡小周(1985-), 男, 陕西咸阳人, 工程师, 项目副总工, 主要从事项目技术管理工作。

(责任编辑: 卓政昌)