拱形连续梁三角区关键设计及施工技术

Key Design and Construction Techniques for the Triangle Area of Arch Continuous Beam

张高阳 陈丁

Gaoyang Zhang Ding Chen

中交第二航务工程局有限公司
第六工程分公司
中国·湖北 武汉 430012
The sixth engineering Branch of CCCC Second
Harbour Engineering Co., Ltd.,
Wuhan, Hubei, 430012, China

【摘要】论文介绍了一种用于拱形连续梁桥的临时转铰结构及三角区施工流程。V腿与主墩通过耳板销轴式临时铰连接,很好地起到限制梁体产生竖向位移即释放弯矩的作用,有效避免了施工过程中混凝土发生错层、裂缝现象,保证了施工质量。

【Abstract】This paper introduces a temporary hinge structure for arch continuous beam bridge and the construction process of triangle area. V legs and the main pier through the ear plate pin shaft type temporary hinge connection, it is very good to limit the vertical displacement of the beam body that releases bending moment, effectively avoid the construction process of concrete staggered layer, cracks, to ensure the quality of construction.

【关键词】拱形连续梁桥;三角区;临时铰;设计;施工

【Keywords】arch continuous beam bridge; triangle area; temporary hinge; design; construction

【DOI】10.36012/etr.v2i4.1697

1 引言

传统的拱形连续梁施工工艺一般有两种,即不设置临时铰和设置临时铰。不设置临时铰施工时,如果采用支架法施工,梁体会发生不均匀沉降,且连续梁拱脚位置弯应力较大,混凝土容易产生裂缝,严重影响箱梁质量。另一种传统的施工方法就是设置临时铰,临时铰一般使用混凝土垫块、型钢垫块。这种临时铰单靠垫块的摩擦力难以避免拱形连续梁在垫块位置产生沉降位移,箱梁的弧形连续性难以保证,影响施工质量^[1]。论文的目的就是要解决上述技术的不足,提供一种用于拱形连续梁桥的临时转铰结构及其施工方法。

2 工程概述

厦漳同城大道北溪主桥上部构造采用变截面预应力混凝土连续箱梁,跨径按 37m+60m+60m+37m 布置。梁拱结合处的梁体高度为 4.35m,跨中的梁体高度为 2.1m;顶板标准厚度分别为 30cm,底板厚度从跨中的 28cm 渐变至根部为 100cm;腹板厚度为 50~70cm;箱梁按半径 $R=58.028\text{m}$ 的圆曲线设置。桥面宽 21m,底宽 13m,翼缘板长 4m。

3 临时铰整体布置

临时铰布置在三角区 V 腿与主墩之间,墩顶顶部纵向左右对称布置,横桥向布置在箱梁腹板位置,桥梁采用两箱三腹板型式,即每个截面设 3 个临时铰。全桥 3 个主墩临时铰布置

形式一样。临时铰总体布置如图 1 所示。

图 1 临时铰总体布置图

4 临时铰受力分析^[2]

使用 Midas Civil 软件建立模型,计算出不同工序下临时铰的受力情况,在此就 2 种施工工序进行计算分析,分别计算出不同施工工序下临时铰的最大受力。三角区有限元模型如图 2 所示。

图 2 三角区有限元模型示意图

两种施工工序的最大不同就是临时铰混凝土的浇筑时机不同,第一种施工工序临时铰浇筑时机靠前,在 0# 块箱梁浇筑完成后、预应力张拉前浇筑临时铰混凝土。第二种施工工序临时铰浇筑时机靠后,在拱形连续梁跨中跨中合龙段浇筑张拉之后再浇筑临时铰混凝土。两种施工工序对比如表 1 所示。

表 1 施工工序表

第一种施工工序表		第二种施工工序表	
阶段	工况	阶段	工况
1	支架施工三角拱和临时铰	1	支架施工三角拱和临时铰
2	支架浇筑 0#	2	支架浇筑 0#
3	铰浇筑	3	0# 预应力张拉(B1、B2、T0、W0)
4	0# 预应力张拉(B1、B2、T0、W0)	4	拆除 0# 支架、拱支架
5	拆除 0# 支架、拱支架	5	支架浇筑施工 1#~3#
6	支架浇筑施工 1#~3#	6	张拉 1#~3# 预应力
7	张拉 1#~3# 预应力	7	边跨支架现浇
8	边跨支架现浇	8	边跨合龙段浇筑
9	边跨合龙段浇筑	9	边跨合龙段预应力张拉
10	边跨合龙段预应力张拉	10	体系转换
11	体系转换	11	跨中合龙段浇筑
12	跨中合龙段浇筑	12	跨中预应力张拉
13	跨中预应力张拉	13	铰浇筑
14	拆除吊架+1#~3# 支架	14	拆除吊架+1#~3# 支架
15	边跨支架拆除	15	边跨支架拆除
16	二期恒载	16	二期恒载

临时铰在第一种施工工序下的受力如表 2 所示,临时铰在第二种施工工序下的受力如表 3 所示。

表 2 临时铰受力表

施工阶段	最大轴力/kN	最大剪力/kN
拱浇筑	-349	661
0# 浇筑	-2942	2092

表 3 临时铰受力表

施工阶段	最大轴力/kN	最大剪力/kN
拱浇筑	-340	644
0# 浇筑	-2930	2064
0# 预应力张拉	-14463	-598
拆除 0# 支架、拱支架	-27798	609
支架浇筑施工 1#~3#	-36092	483
张拉 1#~3# 预应力	-38720	582
边跨支架现浇	-38888	552
边跨合龙段浇筑	-38910	626
边跨合龙段预应力张拉	-38832	990
体系转换	-38832	973
跨中合龙段浇筑	-40377	1118
跨中预应力张拉	-43334	1933

在第一种施工工序下临时铰最大轴力-2942kN,最大剪力 2092kN,在第二种施工工序下临时铰最大轴力-43334kN,最大剪力 2064kN。经对比,第一种施工工序较第二种施工工序临时铰受力较小,所以在此选取第一种施工工序下的临时铰受力大小设计临时铰结构。

5 临时铰的设计^[3]

5.1 临时铰的结构设计

临时铰采用耳板销轴式刚铰,刚铰包括上支座和下支座,上支座与下支座用销轴连接。上下支座由钢板焊接制作,与梁

体通过预埋钢板、钢筋连接,钢板材质采用 Q345-B,厚 2cm,预埋钢筋采用直径 20mm 的二级钢筋,一个临时铰配 12 根。预埋钢筋与预埋钢板采用穿孔塞焊连接。销轴直径取 $d=108\text{mm}$,材质 40Cr。临时铰结构布置如图 3 所示。

图 3 临时铰结构布置图

5.2 临时铰的计算

5.2.1 耳板计算

耳板厚度 20mm,加强板厚度为 20mm,材质 Q345-B,开孔 $d=110\text{mm}$,所受最大压力 $F=\sqrt{1032^2+1465^2}=1792\text{KN}$ 。

局部紧接承压应力:

$$\sigma_{cj} = \frac{P}{d\delta} = \frac{1792000/2}{110 \times (20+20+20)} = 135.8\text{MPa} < [\sigma_{cj}] = 165\text{MPa} \quad (1)$$

孔壁拉应力:

$$\sigma_t = \sigma_{cj} \times \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} = 135.8 \times \frac{150^2 + 55^2}{150^2 - 55^2} = 178\text{MPa} < 220\text{MPa} \quad (2)$$

强度满足设计要求。

5.2.2 销轴计算(双剪)

销轴直径取 108mm,材质 40Cr。

剪应力:

$$\tau_{\max} = \frac{QS}{Ib} = \frac{16Q}{3\pi d^2} = \frac{16 \times 1792 \times 10^3 / 2}{3 \times 3.14 \times 108^2} = 130 \leq [\tau] = 215\text{MPa} \quad (3)$$

弯应力:

$$\delta_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{32M_{\max}}{\pi d^3} = \frac{32 \times 35.8 \times 10^6}{3.14 \times 108^3} = 290 \leq [\delta] = 320\text{MPa} \quad (4)$$

强度满足设计要求。

5.2.3 临时铰焊缝计算

耳板与预埋钢板之间的焊接要严格进行控制,焊缝高 10mm,焊缝总长 $l=4 \times 0.5=2\text{m}$ 。最不利工况下焊缝承受剪力 1032kN,承受压力 1465kN。

$$\tau_{f1} = \frac{Q}{0.7h_f l_w} = \frac{1032 \times 10^3}{0.7 \times 10 \times 2000} = 73.7\text{MPa} \quad (5)$$

$$\sigma_{f1} = \frac{N}{0.7h_f l_w} = \frac{1465 \times 10^3}{0.7 \times 10 \times 2000} = 104.6\text{MPa} \quad (6)$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2} = \sqrt{\left(\frac{104.6}{1.22}\right)^2 + 73.7^2} = 113\text{MPa} < 0.9f_f^w = 144\text{MPa} \quad (7)$$

5.2.4 临时铰预埋件计算

临时铰最不利工况下, $N=1465\text{KN}$, $V=1032\text{KN}$ 。

(下转第 122 页)

浆过程中应当安装自动记录仪进行记录,也可采用人工方式记录。

注浆所使用的设备为 3SNS-A 型灌浆泵,注浆的压力控制在 0.3~0.5MPa,一次性完成注浆,中途不能中断。

3.2.7 锚索张拉

在张拉锚索之前首先加工锚墩,锚墩由钢垫板、钢套管、和固定组件等构成,其中钢垫板的规格为 36cm×36cm。锚墩整体由 C40 混凝土浇筑而成,可以在混凝土中加入少量的减水剂满足锚索张拉时承载拉力的需要。

张拉锚索的主要设备是 YCW200t 型千斤顶,整个张拉过程分为 3 个阶段,首先是预张拉,此时的拉力为 30~50kN,其作用为充分拉伸钢绞线使其完全平直,同时将张拉后的钢绞线固定在锚墩上。

预张拉完毕后是分级张拉,共计分为 5 级,分别是 0%~40%、40%~60%、60%~80%、80%~100%和 100%~105%。在张拉的过程中,应当注意时刻测量锚索的伸长量,当伸长量能够稳定 5min 后开始下一级的张拉过程。

如果张拉完毕后发现锚索的预应力损失过大,超过预定值的 10%,则应当进行补偿张拉,确保钢绞线的实际伸长量和理论计算的伸长量基本相符,误差应当控制在 5%以内。

4 结语

论文对高边坡预应力锚索的安装施工过程进行了阐述和分析,其中重点是锚索的制作和安装过程,同时施工过程中应当注意各项参数的精度,如孔的参数以及制作的锚索的参数等。同时,论文阐述了施工质量的保证措施。

参考文献

- [1]连晓宏.预应力锚拉桩板墙施工技术在道路高边坡支护中的应用[J].低碳世界,2020,10(2):62-64.
- [2]孙春艳.大型高边坡支护处理设计方案比选研究[J].中国水运(下半月),2019,19(6):213-215.
- [3]黄勇博,王博生.某泥岩砂岩互层高边坡监测与稳定性分析[J].工程技术研究,2019,4(6):213-214.
- [4]肖美,肖玉成.全黏结预应力锚索在老挝南康 3 水电站厂房高边坡支护中的应用[J].四川水力发电,2018,37(3):68-70+117.

(上接第 117 页)

锚筋总截面面积应满足规范要求:

$$A_s \geq \frac{V-0.3N}{a_r a_r f_y} + \frac{M-0.4Nz}{1.3a_r a_b f_y z} = 2355 \text{mm}^2 \quad (8)$$

$$A_s \geq \frac{M-0.4Nz}{0.4a_r a_b f_y z} = 0 \text{mm}^2 \quad (9)$$

式中, a_r 为锚筋层数影响系数,4 层为 0.85; a_b 为锚板弯曲变形的折减系数, $a_b=0.6+0.25 \frac{t}{b}=0.6+0.25 \times \frac{25}{20}=0.85$; a_r 为锚筋

受剪承载力系数, $a_r=(4-0.08d)\sqrt{\frac{f_c}{f_y}}=(4-0.08 \times 20)\sqrt{\frac{14.3}{300}}=0.524$; z 为外层锚筋中心线距离,取 390mm。

计算表明预埋件锚筋 $12\phi 20=3770 \text{mm}^2 > A_s=2355 \text{mm}^2$,计算结果满足要求。

6 拱形连续梁桥三角区施工流程

步骤一:主墩施工完成后,搭设支架,施工永久制作及临时固结,安装模板。

步骤二:在主墩两侧的满膛支架上绑扎 V 腿钢筋,将临时铰上支座预埋件固定于 V 腿钢筋下端,通过销轴把临时铰上支座下支座销住,形成临时转铰。

步骤三:两侧对称浇筑 V 腿及梁拱结合处混凝土,将临

时铰下支座预埋件固结在 V 腿混凝土的端部。

步骤四:搭建 0# 块上部箱梁支架并进行预压,预压合格后开始钢筋、预应力安装及混凝土施工。

步骤五:箱梁强度达到要求后,浇筑在临时铰混凝土,待混凝土强度达到设计要求后,进行箱梁预应力张拉、压浆工序,开始后箱梁施工。

7 结语

耳板销轴式临时铰有效解决了传统垫块式临时铰只能释放弯矩、不能限制梁体竖向位移的问题。刚性临时铰不仅能承受较大的轴向力、剪力、传力、释放弯矩性能良好,同时有效地限制了梁体竖向位移,达到既有效避免混凝土裂缝产生,又避免混凝土错台的效果,更加有利地保障了桥梁线性的连续性,保证了梁体质量。

参考文献

- [1]胡川开,汪芳,江军.大跨度拱形连续梁桥设计与施工关键技术[J].现代交通技术,2013,10(2):45-48.
- [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构设计规范:GB 50010—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [3]中华人民共和国水利部.水利水电工程钢闸门设计规范:SL74—2013[S].北京:中国水利水电出版社,2013.