

DOI:10.16799/j.cnki.csdqfh.2020.10.034

连续刚构大桥主墩钢围堰施工技术研究

罗青松

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 以某主桥为连续刚构大桥为研究对象,介绍了大桥主墩在现状河道内围堰施工的设计情况,并采用有限元分析软件 MIDAS 对围堰的各构件在不利工况下的受力进行了验算^[1-3],围堰的安全施工保证了后续承台施工的安全。该案例的设计及分析可为同类工程的设计提供参考。

关键词: 连续刚构;有限元分析;钢围堰

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0118-04

1 工程概况

重庆市环城大道建设转关口大桥段工程全长 480 m。其中桥梁长度为 334.6 m,桥面宽 31 m;主桥为连续刚构,跨径为 68.5 m+130 m+68.5 m;引桥为预应力混凝土 T 梁,跨径为 2×30 m;路基段长度 145.4 m,红线宽度 60 m,见图 1。

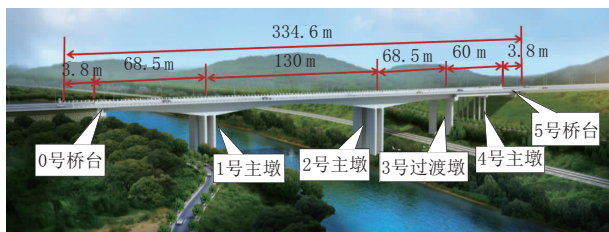


图 1 转关口大桥效果图

主墩承台平面尺寸 13.2 m×13.2 m,厚度 3.5 m(见图 2)。南岸 1# 主墩承台顶面设计高程为 224.629 m,底面高程为 221.129 m。北岸 2# 主墩承台顶面设计高程为 224.553 m,底面高程为 221.058 m。主墩桩基采用 18 根 $\phi 2\ 000$ mm 钻孔灌注桩分左右双幅布置,桩长 34.5 m,全部为嵌岩桩。桩行、列间距均为 5 m,承台边缘至桩中心距离 1.6 m,承台混凝土强度等级均为 C35。

2 工程地质

转关口大桥横跨河谷地貌。道路沿线地形整体起伏较小,在河谷地带起伏较大,多由第四系土层覆盖,地形坡角一般为 $2^{\circ} \sim 17^{\circ}$,其中分布有丘包、水田及旱地,局部地段分布鱼塘。转关口大桥南岸为河谷漫滩,斜坡坡角 24° 左右,标高

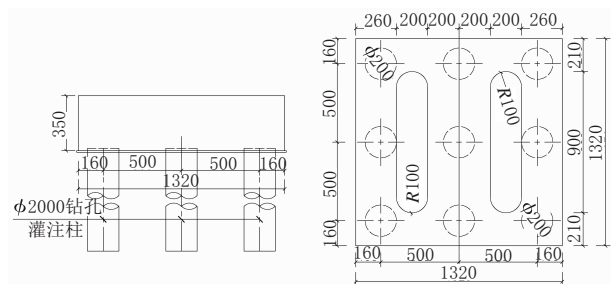


图 2 单幅承台平、立面布置图(单位:cm)

222~231 m,高差近 9 m,斜坡由粘质粉土组成;北岸为河谷岸坡,斜坡坡角一般 30° ,高程 231~255 m,高差 24 m,斜坡主要沙溪庙组泥岩和砂岩组成,坡顶形成砂质岩体陡崖,陡崖平均高约 14 m 左右,总体坡角 68° ,局部 80° 左右,坡脚由于开采条石,堆积了大量碎块石,形成深坑和沟槽,深度 5~8 m。综上,勘察区内地形地貌属较复杂。

3 水文情况

项目区位于綦江流域的中游,为长江一级支流,场地处于綦江的右岸。拟建工程为桥梁工程,拟建场地紧邻綦江,綦江常水位为 222.5 m,最高水位为 229.5 m,拟建工程及场地受綦江影响。

4 钢围堰设计

钢围堰采用单壁、无底结构形式(见图 3、图 4)。钢围堰顶标高定为 +227.55 m。

钢围堰主要有壁板、内支撑、封底混凝土组成。1# 墩钢围堰重 150.50 t,2# 墩钢围堰重 156.46 t。钢围堰设计基本数据见表 1。

4.1 壁板

围堰壁板由面板、横肋、竖肋组成(见图 5)。壁板采用 6 mm 厚钢板;竖肋为 I25b 工字钢,间距

收稿日期: 2020-03-25

作者简介: 罗青松(1981—),男,硕士,高级工程师,从事市政结构设计工作。

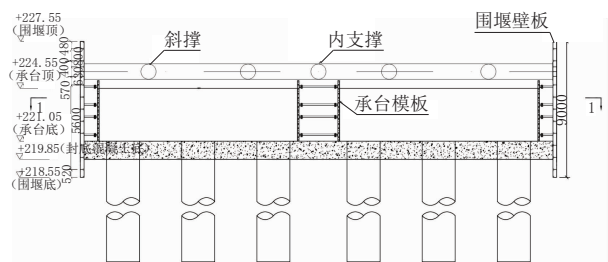


图 3 钢围堰结构立面图

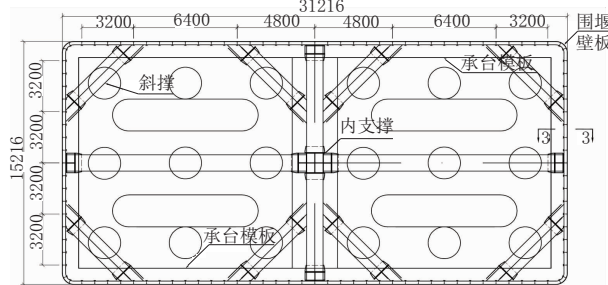


图 4 钢围堰结构平面图(单位:cm)

表 1 钢围堰设计基本数据表

序号	项目	位置	
		1# 墩	2# 墩
1	钢围堰顶标高 /m	+227.55	+227.55
2	钢围堰设计水位 /m	+19	+19
3	钢围堰总高度 /m	7.8	9
4	钢围堰底标高 /m	+219.85	+218.55
5	承台底标高 /m	+221.129	+221.053
6	承台顶标高 /m	+224.629	+224.553
7	围堰下放时水位(目前)/m	+221.2	+221.2
8	钢围堰尺寸 /m	31.216 × 15.216	31.216 × 15.216
9	封底厚度 /m	1.2	1.2
10	封底混凝土强度等级	C30	C30

0.8 m;横肋在非内支撑区域为 I20b 工字钢,间距 0.8 m,在内支撑区域内对横肋进行加强,采用 I25b 工字钢,间距 0.315 m。为保证壁板整体刚度,

在面板上、下口设置[20 环板封边。
壁板竖向设为单层。横向直线段由 A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1、C2、D1,弧线段 E1、E2、E3、E4 组成。壁板最大吊重 7.76 t。为方便壁板连接定位,在相接两块面板上设置连接扣,连接扣在壁体安装完成后,缝隙使用黏土、棉絮填充。

4.2 内支撑

考虑到钢围堰及承台整体高度,内支撑共设置 1 层,由钢板及钢管加工而成,现场采用 M27 螺栓连接。内支撑中心高程 +226.07 m,支撑节点均和壁板加强横肋对应,撑杆采用 1 020 mm × 10 mm 钢管,通过节点法兰盘形成平面刚架体系。

4.3 封底混凝土

封底混凝土为承台施工操作平台。封底混凝土浇筑并达到一定强度后,使围堰与桩基间形成粘结,从而使围堰具有一定的抗浮能力,抽水后进行承台施工。根据此围堰受抽水后可能出现的最大水头控制,围堰封底厚度为 1.2 m,封底混凝土为 C30 混凝土。

5 钢围堰计算

依据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《钢结构设计标准》(GB 50017—2017)、《钢围堰工程技术标准》(GB/T 51295—2018)取围堰最不利工况进行计算。

5.1 围堰最不利工况

围堰受力的最不利情况为高水位时围堰封底后抽水。此时围堰的荷载组合为自重 + 静水压力 + 土压力 + 流体压力。

5.2 围堰结构验算

根据地质资料选取具有代表性的 2# 主墩承台钢围堰建立钢围堰结构有限元模型,内支撑采用

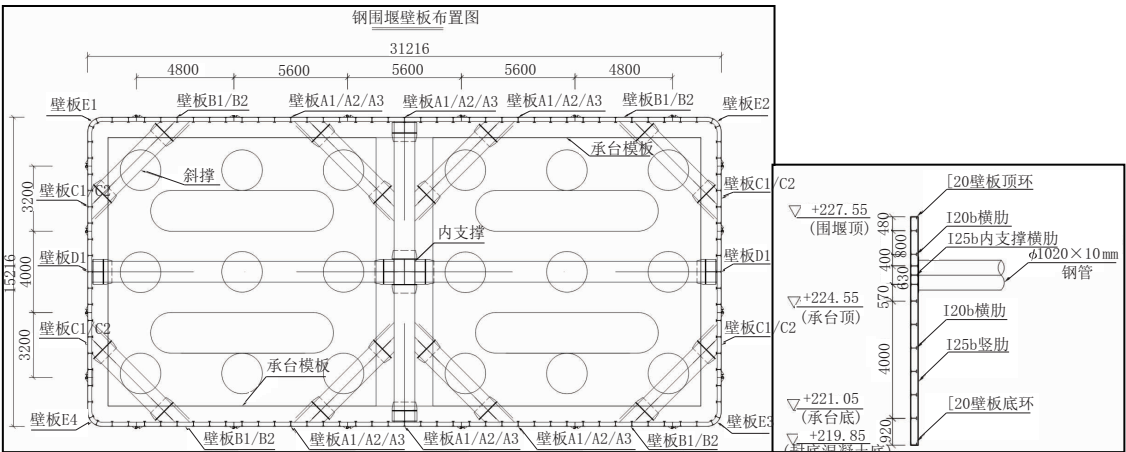


图 5 钢围堰壁板平、立面布置图(单位:cm)

梁单元模拟,水平加劲、竖向加劲采用梁单元模拟,封底混凝土用实体单元模拟,面板单元采用板单元模拟、背楞采用梁单元模拟。钢围堰底部采用固结支撑,封底混凝土采用 X 、 Y 轴方向约束支撑^[4]。整体模型见图 6。

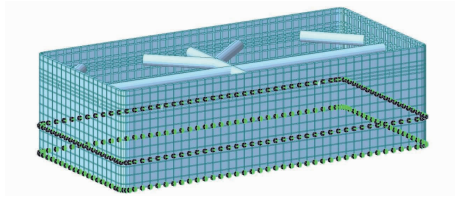


图 6 钢围堰有限元模型

(1) 整体结构计算

由图 7 知,钢围堰整体最大位移 4.4 mm,满足要求。

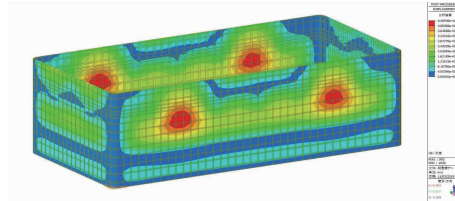


图 7 钢围堰整体结构

(2) 壁板计算

由图 8 知,钢围堰壁板 6 mm 面板最大组合应力 39.6 MPa,满足要求。

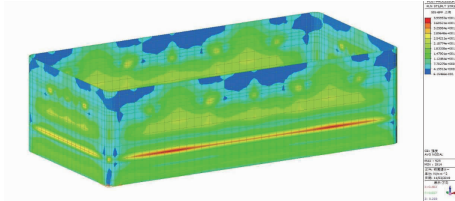


图 8 钢围堰壁板

(3) 壁板横肋计算

由图 9 知,钢围堰壁板 I20b 横肋最大组合应力 72.4 MPa,满足要求。

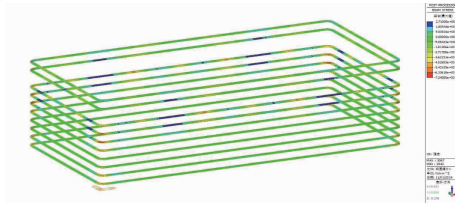


图 9 钢围堰横肋

(4) 壁板竖肋计算

由图 10 知,钢围堰壁板 I25b 竖肋最大组合应力 151.3 MPa,满足要求。

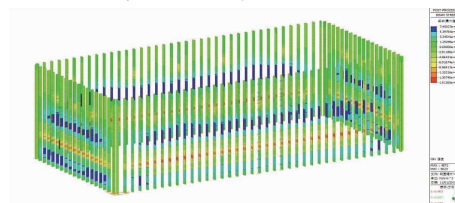


图 10 钢围堰竖肋

(5) 内支撑计算

a. 钢管应力计算

由图 11 知,钢围堰内支撑 $\Phi 1020$ 钢管最大组合应力 62 MPa,满足要求。

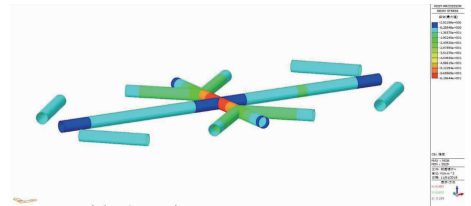


图 11 钢管应力

b. 钢管位移计算

由图 12 知,钢围堰内支撑 $\Phi 1020$ 钢管最大位移 6.4 mm,满足要求。

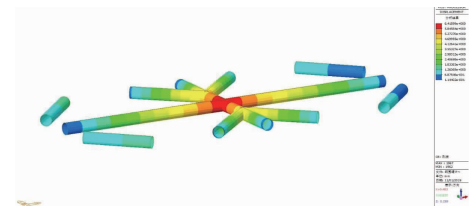


图 12 钢管位移

c. 横肋应力计算

由图 13 知,钢围堰内支撑 I25b 横肋最大组合应力 99.7 MPa,满足要求。

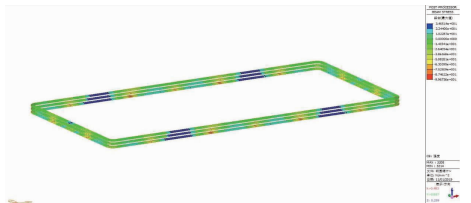


图 13 横肋应力

d. 钢管稳定性计算

由图 14 知,内支撑钢管为 $\Phi 1020 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 圆钢管,最大轴力为 654.63 kN,其计算长度 L 取 15.2 m。

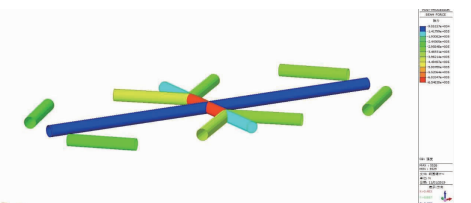


图 14 钢管稳定性

平面内稳定性计算:

长细比计算如下:

$$\lambda = \frac{uL}{i}$$

其中, $L=15.6$, $i=0.357$ 。则其长细比 $\lambda=21.84$,查表得稳定系数 $\varphi=0.929$ 。

轴心受压构件整体稳定性计算公式如下:

$$N=654.63 \text{ kN} < \varphi_x A f = 0.929 \times 31\,730.1 \times 215 = 6\,266.3 \text{ kN}$$

满足设计规范要求。

平面外稳定性计算：

长细比计算如下：

$$\lambda = \frac{uL}{i}$$

其中， $L=31.2$ ， $i=0.357$ 。则其长细比 $\lambda=43.68$ ，查表得稳定系数 $\varphi=0.887$ 。

轴心受压构件整体稳定性计算公式如下：

$$N=654.63 \text{ kN} < \varphi_x A f = 0.887 \times 31\,730.1 \times 215 = 6\,051.1 \text{ kN}$$

满足设计规范要求。

(6) 结论(见表 2)

表 2 最不利工况时钢围堰各构件受力表

杆件名	材料	截面型式	计算结果值 /kN	极限应力值 /kN
面板	Q235B	$\delta 8 \text{ mm}$	39.6	215
横肋	Q235B	I20b	72.4	215
竖肋	Q235B	I25b	151.3	215
内支撑	Q235B	$\phi 1\,020 \times 10$	62	215

(7) 封底混凝土计算

a. 封底混凝土计算

检算最不利工况下的围堰抗浮稳定性，围堰受水浮力时可能的失稳形式有两种：封底混凝土抗浮失稳；封底混凝土连同钢围堰整体上浮失稳。根据围堰实际结构情况，围堰内混凝土封底按 1.2 m 厚度进行验算复核，具体如下：

由图 15 知，封底混凝土最大拉应力 0.55 MPa，小于混凝土的抗拉强度，设计满足规范要求。

b. 封底混凝土抗浮失稳计算

水浮力：

$$F1 = (10 \times 7) \times (31.2 \times 15.2 - 18 \times 3.14 \times 1^2) = 2\,9240.4 \text{ kN}$$

封底混凝土的重量：

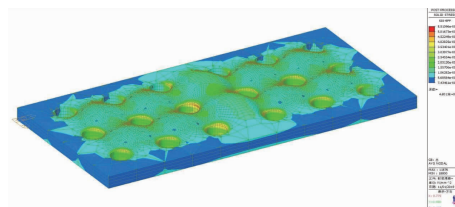


图 15 封底混凝土

$$F2 = (31.2 \times 15.2 - 18 \times 3.14 \times 1^2) \times 1.2 \times 25 = 125\,531.6 \text{ kN}$$

混凝土与桩基摩擦力：

$$F3 = 18 \times 3.14 \times 2 \times 1.2 \times 120 = 16\,277.76 \text{ kN}$$

混凝土与钢围堰内壁摩擦力：

$$F4 = (31.2 \times 15.2) \times 2 \times 1.2 \times 120 = 13\,363.2 \text{ kN}$$

抗浮稳定系数：

$$K = \frac{F2+F3+F4+F7}{F6} = 1.48 > 1.3$$

满足规范要求。

因此，采用上述的围堰设计方案，经分析验算，各构件性能满足规范要求，主墩钢围堰施工安全性能得到保障。

6 结 语

现状河道内大桥主墩采用钢围堰施工方式，通过对钢围堰进行施工期间最不利工况的的验算，施工期间围堰的变形和应力均满足规范要求，且施工期间围堰内部没有出现大的渗漏、管涌和基坑隆起现象，钢围堰的成功施工，保障了基坑内承台施工的安全，对其它同类工程具有借鉴和参考意义。

参考文献：

- [1] 郭飞,朱育才,桑宏,等.河边岩溶区大面积钢管桩围堰施工技术[J].特种结构,2019,36(4):96-102
- [2] 郭万林.大渡河特大桥深水基础钢管桩围堰设计与优化[D].陕西西安:长安大学,2017.
- [3] 张挺.锁扣钢管围堰在桥梁承台施工中的应用[J].浙江建筑,2011,28(1):48-51.
- [4] 王国俊,霍俊晨.大型水库中深基坑围堰施工方案优化设计[J].施工技术,2018,46(9):14-17.

(上接第 101 页)

4 结 语

不同业界对于暴雨径流流量的计算公式和标准不同，但仍是同一体系，与各自专业设施重要性、暴雨径流汇流时长短、精度要求有着密切的关系，所采用的计算公式亦是按照各专业的特

点“量身打造”的表现形式，符合各自专业特点和需求。

参考文献：

- [1] JTG/T D33—2012,公路排水设计规范[S].
- [2] 王燕生.工程水文学[M].北京:水利水电出版社,1998.
- [3] GB 50014—2006(2016 版),室外排水设计规范[S].