

九佛特大桥跨东干渠钢栈桥设计与施工

王智雄

(广州市公路工程公司, 广东 广州 510500)

摘要: 钢栈桥作为临时性结构, 在公路和桥梁工程施工中应用较普遍, 能为行人、车辆通行和材料运输提供便利。文中以广州北三环高速公路九佛特大桥跨东干渠钢栈桥的设计和施工为例, 简述钢栈桥设计计算和施工要点, 为同类工程提供参考。

关键词: 桥梁; 钢栈桥; 受力计算; 施工要点

中图分类号: U448.36

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)02-0108-03

1 工程概况

广州东干渠从九佛特大桥 45[#] 和 46[#] 墩之间穿越, 渠两岸之间距离约 13 m。目前九佛特大桥已交出 25[#]~45[#] 墩约 500 m 地块, 根据现场调查, 施工设备只能通过浅水湾农庄门前水泥路村道进入施工范围。为满足往后施工及运输需要, 需把九佛特大桥全线拉通, 而东干渠在 45[#] 和 46[#] 墩处将路线隔断, 需在东干渠位置架设一座钢栈桥。考虑到目前浅水湾农庄征地滞后, 交地时间不确定, 根据进度需要, 急切需要修通便道以满足已交出地块的施工。因此, 将钢栈桥布置在线外, 栈桥长 15 m, 分一跨跨越东干渠, 与东干渠基本正交, 桥台采用砼扩大基础, 基础位置在渠岸外侧, 不破坏东干渠岸堤, 基础设计高度比岸堤高程略高, 设计高程为 22.500 m。栈桥平面位置见图 1。

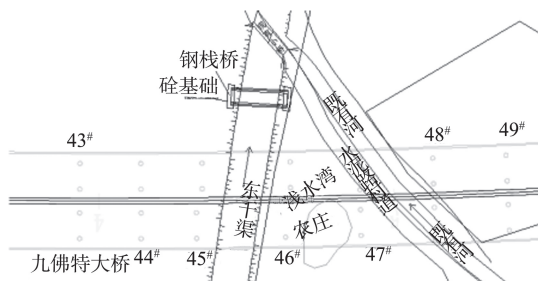


图 1 钢栈桥平面位置

九佛特大桥范围地表为 4~12 m 厚素填土、粉质黏土、粉细砂、砂质黏土覆盖, 45[#]、46[#] 墩处地基为粉质黏土, 无不良地质情况, 工程地质条件较好。

2 设计方案

钢栈桥采用一跨布置, 总长 15 m, 与东干渠基本正交。采用下承式结构, 两侧各布置一组贝雷桁

架, 每组贝雷桁架由 3 排贝雷片组成, 采用 45 cm 花窗相连, 设置行车净宽 4 m, 桥台基础浇筑 7 m×1.2 m×1.5 m(长、宽、高) C15 砼基础, 贝雷梁放在砼基础上, 其上依次为贝雷桁架、I32b 工字钢分配梁、[25a 槽钢反扣。其中 I32b 工字钢分配梁搭设在贝雷桁架下弦杆上, 分配梁最大间距为 80 cm; [25a 槽钢反扣在 I32b 工字钢分配梁上, 间隔 5 cm (见图 2、图 3)。

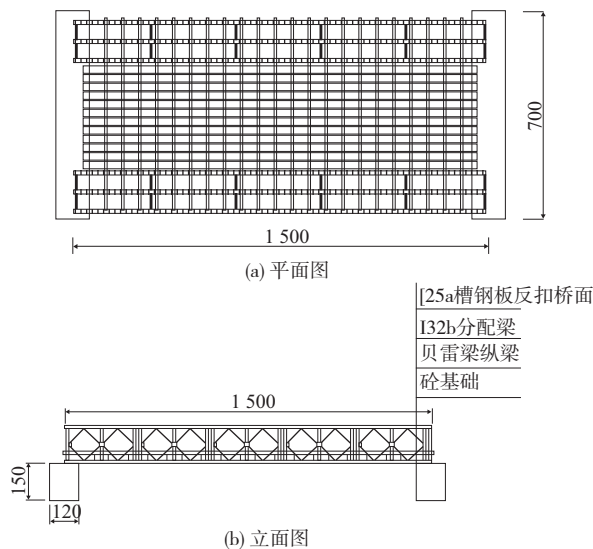


图 2 钢栈桥设计示意图(单位: cm)

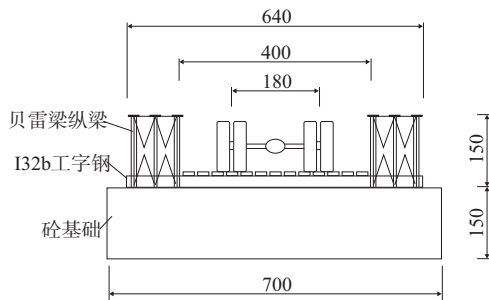


图 3 钢栈桥桥台处断面图(单位: cm)

3 受力计算

钢栈桥宽4 m,标准跨径15 m。栈桥结构自下而上分别为砼基础墩身、321 军用贝雷桁架组、I32b 工字钢分配横梁(最大间距0.8 m)、[25a 槽钢反扣桥面。单片贝雷片参数如下:惯性矩 $I=250\,497.2\text{ cm}^4$,弹性模量 $E=2\times 10^5\text{ MPa}$,抵抗矩 $W=3\,578.5\text{ cm}^3$,容许弯矩 $[M]=788.2\text{ kN}\cdot\text{m}$,容许剪力 $[Q]=245.2\text{ kN}$ 。

3.1 荷载分布情况

3.1.1 上部结构恒载

按15 m 标准跨计算。

(1) [25a 槽钢反扣桥面。纵向共设置13条,则:

$$G_1=13\times 27.4\text{ kg/m}\times 15\text{ m}=5\,343\text{ kg}=53.43\text{ kN}$$

(2) I32b 工字钢分配横梁。横桥向设置工字钢18根,按每根6 m长计,则:

$$G_2=18\text{ 根}\times 42.0\text{ kg/m}\times 6\text{ m}=4\,536\text{ kg}=45.36\text{ kN}$$

(3) 贝雷桁架组。每片贝雷架重287 kg(含花窗、贝雷销等),则:

$$G_3=287\text{ kg}\times 6\text{ 排}\times 15\text{ m}/(3\text{ m})=8\,610\text{ kg}=86.1\text{ kN}$$

3.1.2 车辆、人员活载

(1) 车辆荷载按12 m³ 砼罐车(总重50 t)计算,荷载布置见图4。该桥限载50 t。得:

$$G_4=50\text{ t}\times 10=500\text{ kN}$$

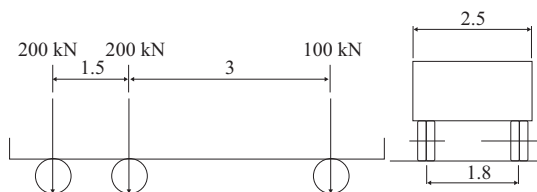


图4 12 m³ 砼罐车荷载布置示意图(单位:m)

(2) 人群、机具荷载。按1.5 kN/m²计,得:

$$G_5=1.5\text{ kN/m}^2\times 4\text{ m}\times 15\text{ m}=90\text{ kN}$$

3.2 各部位受力计算

3.2.1 贝雷梁内力计算

按照跨度 $l=15\text{ m}$ 简支梁计算。荷载组合情况(考虑1.2倍均布恒载系数和1.4倍汽车动载系数)如下:

$$\begin{aligned} G &= 1.2(G_1+G_2+G_3)+1.4(G_4+G_5)= \\ &= 1.2\times (53.43+45.36+86.1)+1.4\times \\ &= (500+90)=1\,048\text{ kN} \end{aligned}$$

简化为均布荷载:

$$q=1\,048/(6\times 15)=11.6\text{ kN/m}$$

跨中最大弯矩为:

$$M_{\max}=\frac{11.6\times 15^2}{8}=326\text{ kN}\cdot\text{m}<$$

$$[M]=788.2\text{ kN}\cdot\text{m}$$

最大支反力为:

$$R_{\max}=\frac{11.6\times 15}{2}=87\text{ kN}<[Q]=245.2\text{ kN}$$

贝雷桁架挠度 f = 弹性挠度 f_1 + 非弹性挠度 f_2 。 f_1 为:

$$f_1=\frac{5ql^4}{384EI}=\frac{5\times 11.6\times 15^4\times 10^{12}}{384\times 2\times 10^5\times 250\,497.2\times 10^4}=1.56\text{ mm}$$

根据《装配式公路钢桥多用途使用手册》,桁架节数 n 为奇数时,非弹性挠度按下式计算:

$$f_2=\frac{d(n^2-1)}{8}=\frac{0.355\,6\times (5^2-1)}{8}=1.067\text{ cm}=10.67\text{ mm}$$

式中:对于单层桁架, $d=0.355\,6\text{ cm}$ 。

$$f=f_1+f_2=12.23\text{ mm}<[f]=l/400=37.5\text{ mm}$$

贝雷桁架纵梁在恒载及活载作用下的强度和刚度均满足要求。

3.2.2 桥面板[25a 槽钢验算

桥面板由[25a 槽钢反扣组成,按简支梁计算,跨度取0.8 m(I32b 分配梁间距为0.8 m)。荷载情况如下:12 m³ 砼罐车重载,轴距1.8 m,单轴重20 t,半边轮组重10 t;单个轮胎宽度为20 cm,单侧一组轮胎宽度为60 cm,单侧轮组面与3片槽钢接触;轮组作用在跨中弯矩最大,轮组作用在临近支点处剪力最大。截面特性为: $I_y=175.9\text{ cm}^4$, $W_y=61.40\text{ cm}^3$ 。

跨中最大弯矩为:

$$M_{\max}=\frac{100/3\times 0.8^2}{4}=5.33\text{ kN}\cdot\text{m}$$

强度为:

$$\sigma=\frac{M}{W}=\frac{5.33\times 10^6}{61.4\times 10^3}=86.8\text{ MPa}<[\sigma_w]=145\text{ MPa}$$

刚度为:

$$f=\frac{Pl^3}{48EI}=\frac{100/3\times 800^3}{48\times 2.1\times 10^5\times 175.9\times 10^4}=0.96\text{ mm}<\frac{l}{400}=2\text{ mm}$$

[25a 槽钢的强度和刚度满足要求。

3.2.3 I32b 工字钢分配横梁验算

按 $l=4\text{ m}$ 简支梁计算。后轴轴距为1.8 m,I32b

分配横梁设置间距为 0.8 m。I32b 工字钢参数如下： $E=2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$, $I_x=11\,620 \text{ cm}^4$, $W_x=726 \text{ cm}^3$ 。由于轴距 1.8 m 接近栈桥宽的一半,经比较,荷载对称时与半边轮组作用跨中半边轮组作用于便桥边时效应基本相等(见图 5)。弯矩见图 6,最大弯矩 $M_{\max}=100 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

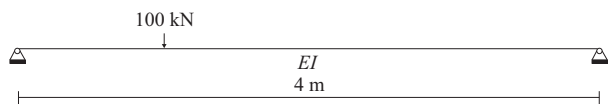


图 5 半边轮组作用示意图

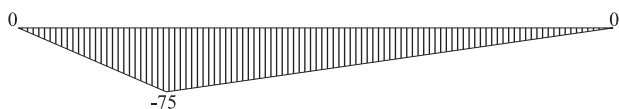


图 6 弯矩图(单位: $\text{kN} \cdot \text{m}$)

强度为:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{100 \times 10^6}{726 \times 10^3} = 137.7 \text{ MPa} < [\sigma_w] = 145 \text{ MPa}$$

刚度为:

$$f = \frac{Ml^2}{12EI} = \frac{100 \times 4\,000^2 \times 10^6}{12 \times 2.1 \times 10^5 \times 11\,620 \times 10^4} = 5.46 \text{ mm} < \frac{4\,000}{400} = 10 \text{ mm}$$

I32b 工字钢的强度和刚度均满足要求。

3.2.4 地基土承载力验算

规范要求:

$$P/A = \sigma \leq \sigma_0$$

式中: P 为荷载及基础自重, $P=86.25 \times 6 + 7 \times 1.2 \times 1.5 \times 24.5 = 826.2 \text{ kN}$; A 为基础作用于地基上有效面积, $A=7 \times 1.2 = 8.4 \text{ m}^2$; σ 为土基受到的压应力。

$$\sigma = P/A = \frac{826.2}{8.4} = 98 \text{ kPa}$$

实测地基承载力大于 98 kPa 即可。

4 施工方法

4.1 施工要点

(1) 桥台采用扩大基础,采用明挖法施工、挖掘机开挖。因其位于东干渠岸边,开挖中注意不能破坏河堤。按照设计尺寸开挖好基坑后浇筑砼基础,注意控制砼基础的标高比河岸略高即可,保证贝雷桁架上的荷载全部由基础承担,不作用在河坝上。

(2) 贝雷桁架先在岸上拼装,贝雷片按单排单层组拼好,然后用 25 t 吊车吊装就位,并将 3 排贝雷桁架按要求用 45 cm 花窗连接起来,每 2 排贝雷顶部也

用 45 cm 花窗相连,起到加强的作用,增强稳定性。

(3) 按单跨(15 m)3 排贝雷梁作为一组采用 25 t 吊车进行架设。在下部结构顶横梁上进行测量放样,定出贝雷架准确位置。贝雷每 3 排为一组,先安装一组贝雷,准确就位后横向焊接限位挡块,再安装另一组贝雷。采用 25 t 吊车安装 I32b 工字钢分配横梁,间距不超过 80 cm,并用骑马螺栓与贝雷架固定好。桥面纵向铺设[25a 槽钢,间距 5 cm,槽钢与 I32b 横梁采用焊接。

4.2 施工注意事项

(1) 严格按照施工图纸放样施工。

(2) 注意检查贝雷各种杆件的完好性,变形的杆件不予使用。

(3) 注意检查销子、螺栓、横联杆件的松紧情况,发现松动及时拧紧,确保整体稳定性。

(4) 定期观测沉降情况,如发现沉降值较大,采取措施进行加固。

(5) 定期检查贝雷梁的受力情况和运营情况,如发现主梁扭曲、移位、工字钢松动等,及时处理和加强。

(6) 桥头两端设限速牌和限重牌,限速 10 km/h,限重 50 t。

5 结语

九佛特大桥跨东干渠钢栈桥得到了成功应用,栈桥自始至终安全可控,为全线便道的贯通发挥了重要作用,为行人、机械设备的通行和材料的运输提供了便利。

参考文献:

- [1] 黄绍金,刘陌生.装配式公路钢桥多用途使用手册[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 向中富,邹毅松,杨寿忠.新编桥梁施工工程师手册[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [3] 满洪高,李君君,赵方刚.桥梁施工临时结构工程技术[M].北京:人民交通出版社,2012.
- [4] 朱云雄.温泉流溪河大桥主桥临时钢栈桥设计和施工[J].公路与汽运,2016(3).
- [5] 王强.下峪子隧道出口段 21 m 下承式贝雷梁钢便桥设计及计算[J].公路与汽运,2013(2).
- [6] 寇海军,李旭东,吴晓峰,等.大连星海湾跨海大桥引桥设计:东段钢栈桥总体设计及关键工艺[A].第二十一届全国桥梁学术会议论文集(上册)[C].2014.

收稿日期:2019-10-09