

跨巩乃斯河上承式钢便桥设计与施工

韩瑞平

中铁十四局集团第三工程有限公司

摘要：以跨巩乃斯河钢便桥施工为例，详细阐述了上承式贝雷架钢便桥的设计和施工过程，工程实践验证了上承式钢便桥跨巩乃斯河设计施工是合理可行的。为类似工程提供借鉴。

关键词：巩乃斯河；钢便桥

一、工程概况

巩乃斯河特大桥位于新疆伊犁州伊宁县，跨越巩乃斯河主河道，全长1117m。由于巩乃斯河主河面较宽且有多股水流分支，导致全线临时便道无法正常贯通，河滩区域桥梁下部结构无法正常施工，直接影响我标段总体施工进度，故架设3座钢便桥，从而保证便道全线贯通，河滩区域桥梁下部结构施工物资、设备等供应，以保证施工总工期进度。

桥址区位于巩乃斯河河床与河漫滩上。巩乃斯河为常年性流水，河水径流量较大，雨季时易发生洪涝灾害。4-9月份为丰水期，10月至翌年2月为枯水期。根据巩乃斯河特大桥地址勘探报告，该便桥桥址区地质主要为粉土层、细沙层以及卵石层，粉土层 $[f_{ao}] = 180\text{Kpa}$ ， $q_{ik} = 30\text{Kpa}$ ；细沙层 $[f_{ao}] = 180\text{Kpa}$ ， $q_{ik} = 45\text{Kpa}$ ；卵石层 $[f_{ao}] = 350\text{Kpa}$ ， $q_{ik} = 80\text{Kpa}$ 。

便桥跨河段位置位于巩乃斯河特大桥下游15米处。为完成主桥施工，在主桥下游河道四条支流处搭设钢便桥，共计3座。

二、便桥设计

(一) 设计参数

钢便桥分别采用 $2 \times 15\text{m}$ 、 $8 \times 15\text{m}$ 、 $3 \times 15\text{m}$ 上承式连续结构。

根据现场施工需要，便桥按最大荷载50t设计，单车道，通行速度不超过10km/h。

贝雷钢便桥采用上承式结构，纵梁采用普通型贝雷桁架8根，上铺1.6cm厚钢板做为桥面，下横梁采用单根I40b工字钢。

桥面总宽4.5m，净宽4m并设置防滑措施。桥台采用C30砼扩大基础桥台；桥跨两侧处横桥向设置三根钢管桩基础，钢管桩直径为 $\Phi 600\text{mm}$ ，壁厚10mm；纵向主梁之间设置支撑架；

(二) 桥型布置图

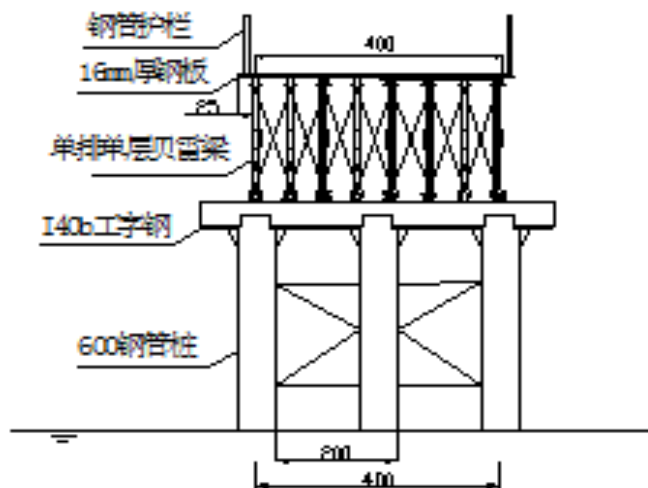


图2 钢便桥横断面图

(三) 结构验算

1、荷载工况：计算采用混凝土罐车+钢便桥自重。

2、结构构件检算

1) 计算基本参数

钢板：单位重量 125.6Kg/m^2

I40b工字钢：单位重量 73.8Kg/m ，截面模量 $W_x = 1140\text{cm}^3$

单排单层普通型贝雷梁：容许弯矩 $= 788\text{KN} \cdot \text{m}$ ，容许剪力

245.2KN

车辆荷载： $10000 + 20000 + 20000$ (Kg)

2) 15m跨贝雷梁验算

(1) 按汽车荷载计算

贝雷梁按整体考虑，最不利工况：当混凝土罐车的后轴在跨中位置。

① 恒定荷载计算：桥面1.6cm厚钢板： $Q_1 = 125.6 \times 4 / 100\text{KN/m} = 5.024\text{KN/m}$

栏杆： $Q_2 = 0.04\text{KN/m}$

贝雷梁： $Q_3 = 0.9 \times 8 = 7.2\text{KN/m}$

合计： $Q' = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 12.26\text{KN/m}$

冲击系数：15米桥跨 $u = 0.286$ ；故 $Q = 1.286 \times Q' = 15.766\text{KN/m}$

$M_{恒} = 1.2 \times Q L^2 / 8 = 1.2 \times 15.766 \times 15^2 / 8 = 532.1\text{KNM}$

② 移动荷载计算：

按规范采用公路 I 级汽车荷载 $R_B \times 15 - 100 \times 3.5 - 200 \times 7.5 - 200 \times 8.9 = 0$

支座反力： $R_B = 242\text{KN}$ ， $R_A = 500 - 242 = 258\text{KN}$

车辆荷载产生的跨中最大弯矩 $M_{活} = 1.4 \times 1.3 \times (242 \times 7.5 - 200 \times 1.4) = 2793.7\text{KNM}$

③ 贝雷梁最大弯矩： $M_{max} = M_{恒} + M_{活} = 2793.7 + 532.1\text{KNM} = 3325.8\text{KNM} < 788 \times 8 \times 0.9 = 5673\text{KNM}$

单排单层普通贝雷梁的许用弯矩： $[M] = 788\text{KNM}$ ，折减系数0.9

④ 安全系数 $K = [M] / M = 5673 / 3325.8 = 1.7$ ，满足要求。

3) I40b工字钢检算

工字钢横梁检算时的最不利工况为车辆后轮正好作用在工字钢上方时的状况，根据规范要求，所采用的荷载设计值，应取荷载标准值分别乘以相应的荷载分项系数再进行组合。永久荷载的分项系数取1.2，可变荷载的分项系数取1.4，故： $F = 200\text{KN}$

$q = 73.8 \times 10 / 1000 + 15 \times 15.766 = 237.23\text{KN/m}$

建立计算模型，按两等跨连续梁考虑：

$M_{max} = 1.4 \times FL / 4 + 1.2 \times 0.07 \times q L^2 = 1.4 \times 200 \times 2 / 4 + 1.2 \times 0.07 \times 23 \times 7.23 \times 2 \times 2\text{KN} \cdot \text{m} = 219.7\text{KN} \cdot \text{m}$

$\sigma = M / W = 219.7\text{KN} \cdot \text{m} / 1140\text{cm}^3 = 192.7\text{MPa} < [\sigma] = 205\text{MPa}$

4) 桥面钢板验算

桥面采用1.6cm厚钢板，单位重量 125.6Kg/m^2 ，桥面净宽4m，均布8片贝雷梁，故间距为 $4 \div 7 = 57.1\text{cm}$ ，取净距为 $l = 45\text{cm}$ ，钢板自重忽略不计，板宽 b 取1m计，车辆作用在单位钢板上的最大荷载为： $q = 200\text{kN/m}$

按跨中弯矩计算（最不利）： $M_{1/2} = q l^2 / 8 = 200 \times 0.45^2 / 8 = 5.06\text{KN} \cdot \text{m}$

单位长度上钢板抗弯截面模量为： $W = B \times h^2 / 6 = 1 \times 0.016^2 / 6 = 4.27 \times 10^{-5}$

$\sigma = M / W = 118\text{MPa} < [\sigma] = 215\text{MPa}$ ，钢板强度满足要求。

$f_{max} = q l^4 / 128EI = 200 \times 45^4 \times 12 / (128 \times 2.6 \times 10^6 \times 100 \times 1.63)$

$=0.07\text{cm} < [f]=45/400=0.11\text{cm}$, 钢板刚度满足要求。

5) 钢管桩稳定性计算

(1) 600mm钢管桩受力计算 $F=(1.2*15*15.766+1.4*500+0.738*4)/3=328.9\text{KN}$

钢管桩采用直径600mm的钢管, 壁厚为6mm。断面面积 $A=111.966\text{cm}^2$, $i=21\text{cm}$

$\lambda=10/i=2*12/0.21=130$ 查表得 $\phi=0.3$

$\sigma=F/A/\phi=3289/111.96/0.3\text{MPa}=97.9\text{MPa}<205\text{MPa}$

(2) 钢管桩入土深度计算

钢管桩入土深度按照摩擦桩进行验算, 根据《路桥施工计算手册》公式(11-91)得:

$$k[P]=\frac{1}{2}(U\tau_p+A\sigma_R)$$

式中: k ——安全系数;

$[P]$ ——单桩轴向受压容许承载力(kN), 取135KN;

U ——桩周长;

l ——桩在冲刷线以下有效长度(m), 冲刷深度按照1m计算;

A ——桩底横截面面积;

P ——桩壁土的平均极限摩阻力(kPa);

——桩尖处土的极限承载力(kPa)。

由巩乃斯河特大桥桥基岩土体工程地质特征知地层以第四系冲洪积卵石层为主, 分布连续稳定, 表面覆盖厚度小于3米的饱和细沙, 考虑河床水流冲刷, 计算钢管桩入土深度时, 不考虑3米内地层的摩阻力, 以保证桥基的稳定性。查表可知卵石层极限摩阻力为80KPa。

钢管桩基础承受的最大轴向力 $N=315\text{KN}$, $[P]$ 取315KN;

600mm钢管桩周长为1.88m, 由于为空心钢管桩, 桩尖底截面忽略不计, 安全系数取1.5, 代入公式得: $0.5*1.88*l*80=1.5*315$ 计算得 $l=6.28\text{m}$, 钢管深入地层中的深度应大于 $3+6.28=9.28\text{m}$ 。

三、上承式钢便桥施工

(一) 下部结构施工

1. 基础

1) 便桥桥台基础采用二层扩大基础, 一层尺寸为 $7\text{m}\times 1.5\text{m}\times 1.2\text{m}$, 二层尺寸为 $6\text{m}\times 1.2\text{m}\times 0.35\text{m}$, 均为C30混凝土结构, 基础埋深1.2m, 座落在卵石层上。基础顶部预埋钢板与贝雷片采用焊接固定。基础顶部不再设置背墙, 采用钢板进行支护挡土。

2) 便桥桥墩基础均采用3根 $\Phi 600\times 10\text{mm}$ 钢管桩单排布置, 钢管桩使用50t履带吊带振动锤施工, 桩打入深度以最后油锤的贯入度及现场实际情况调整。

2. 垫梁

垫梁均采用单根40b工字钢, 纵桥向布置, 在垫梁处的钢管桩割成槽口, 在槽口外沿管壁上焊接钢牛腿, 与工字钢焊接牢固, 并在工字钢两侧位置加设角钢斜撑。

3. 钢管桩施工

钢管桩采用履带吊配合振动锤施工。首先起吊钢管桩, 测量人员现场控制, 保证钢管桩位置定位精确。测量复核钢管桩垂直度和平面位置满足要求后, 方可进行沉桩施工。在钢管桩施工过程中不断的检测钢管桩的垂直度, 发现偏差要及时纠正。

根据震动锤的技术性能指标, 可以根据贯入度推算出桩体实际承载能力。若贯入度较大, 说明该处土质较差, 承载能力不满足要求, 需要继续打入, 直至贯入度满足要求, 即实际承载能力达到要求为止。当桩尖遇到硬物时, 桩位易打偏或不垂

直, 应及时清理后另行施打。

4. 钢管桩间剪刀撑、桩顶垫梁施工

便桥每一个墩位处钢管桩施工完成后, 立即进行该墩钢管桩间剪刀撑、牛腿、桩顶垫梁施工。在钢管桩上进行牛腿位置的测量放样, 根据实测桩间剪刀撑长度并在后场下料, 同步进行牛腿加工、焊接及剪刀撑、桩顶垫梁的加工。将装有钢管桩施工所需的半成品运至施工便桥墩位处并将其拴牢在钢管桩侧。悬吊平联、剪刀撑, 到位后电焊工焊接平联、剪刀撑。所有焊缝均要满足设计要求后, 一个便桥墩的下部结构施工即告完成。

5. 主横梁

加工时将工字钢加工成单根长度5m, 在管桩顶放出横梁轴线及下边线位置, 使横梁轴线和钢管桩排架轴线重合, 以保证钢管桩轴心受压; 然后起吊安装横梁, 位置安放准确后进行点焊固定, 最后将横梁两侧与牛腿间满焊连接。横梁在后场加工、现场焊接安装, 腹板平行放置, 顶板及底板紧靠并用点焊进行连接。

(二) 钢便桥上部结构安装

便桥上部结构采用50t履带吊进行安装, 纵梁为上承式单层普通型贝雷片, 连续布置。贝雷桁架采用支撑架连接。每一梢节点和端头竖向采用一片斜撑, 纵梁主桁与垫梁间采用 $\Phi 18$ 的U型螺栓连接, U型螺栓在同排上须交叉设置, 同侧面两排也交叉设置。为防止纵梁侧向位移, 垫梁顶靠纵梁外侧焊接角钢限位。

桥面板用16mm厚钢板铺焊在贝雷梁上, 为增强钢板的承载力, 把钢板与贝雷梁锚固连接, 桥面板接头采用 $100\times 10\text{mm}$ 厚扁铁压条焊牢, 保证桥面平顺且起防滑作用, 同时调整两端间距, 使接缝位于横梁上, 钢板顶面每隔60cm布设 $\Phi 12$ 长度为4m的防滑钢筋。

1. 贝雷梁的拼装架设

贝雷梁提前在岸上进行拼装, 然后将岸上拼装好的贝雷梁通过已架设好的便桥运至便桥待施工位置。

a. 在下部结构顶横梁上进行测量放样, 定出贝雷梁准确位置。

b. 将拼装好后的贝雷片装上运输车并运至便桥前端。

c. 首先安装一组贝雷梁, 准确就位后先牢固捆绑在横梁上, 然后焊接限位器, 再安装另一组贝雷梁, 同时与安装好的一组贝雷梁用连接系槽钢进行连接。依此类推完成整跨贝雷梁的安装。

四、结束语

跨巩乃斯河上承式钢便桥在满足防洪的有关要求前提下, 确定便桥高程、跨径等。各部位构件严格检算, 考虑到便桥使用时间较长, 且可能经受洪涝灾害, 设计中安全方面考虑较多。经济实用, 美观大方, 除满足施工期间的使用外, 还结合了材料的定型尺寸设计, 易施工、易拆除, 可周转使用等特点, 减少浪费, 降低工程成本。以“安全第一、预防为主、综合治理”为原则, 结合施工最大荷载和最佳作业空间, 确保施工人员及施工机械不相互干扰、方便施工, 操作安全。现场实践验证了上承式钢便桥跨巩乃斯河设计施工是合理可行的。为同类型工程提供参考价值。

参考文献

[1] 叶见曙. 结构设计原理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2014

[2] 吴旭. 凯里市滨河路9号钢便桥设计与施工[J]. 交通世界, 2016