

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.04.023

天水市藉口镇藉河大桥总体设计

刘金荣,马国纲,吴应杨

(中国市政工程西北设计研究院有限公司,甘肃 兰州 730000)

摘要:天水市藉口镇藉河大桥主桥采用独塔双索面斜拉桥,边跨45 m+84 m,主跨155 m,主塔采用钢筋混凝土钻石形塔,主梁采用预应力混凝土边纵梁,该桥采用塔、梁、墩固结体系,辅助墩及过渡墩处设置减隔震型抗震支座。阐述了该桥总体设计时在孔跨布置、主梁、主塔、斜拉索、基础等方面的尺寸确定。对高烈度地区独塔斜拉桥的设计提供了宝贵的工程经验。

关键词:独塔斜拉桥;固结体系;钻石形塔

中图分类号:U448.27

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)04-0096-04

0 引言

该工程位于天水市秦州区藉口镇,藉河大桥北起职教园区一号路,南至国道316,全长981.318 m。主桥红线宽度为30.0 m,双向6车道。主桥横断面设计为4 m(人行道)+22 m(机动车道及机非混行道路)+4 m(人行道)。本工程与职教园区二号路为分离式立交,跨越藉河及G30连霍高速,与秦州大道为半互通苜蓿叶形立交。共设置8条匝道,匝道总长2 038.017 m。

主桥采用单塔斜拉桥,混凝土边主梁,双索面扇形布置,孔跨布置为45 m+84 m+155 m=284 m,边跨设辅助墩及过渡墩,利用职教园区二号路路幅之间的6 m宽区域设置边跨辅助墩,边跨跨度为45 m+84 m=129 m,主塔位置避开主河槽,处于北堤顶部,考虑藉河近期为季节性河流,远期为景观水系,桥塔置于北堤顶部合适。

北引桥共二联,孔跨布置为:4×28 m+4×28 m=224 m 预应力混凝土连续箱梁。

南引桥共三联,跨径布置为1×33 m+4×30 m+3×35 m+4×30 m=348 m,其中第一联为预应力混凝土简支边主梁,后三联均为预应力混凝土连续箱梁。

本工程在南岸与秦州大道通过匝道进行交通转

换,匝道桥孔跨布置根据跨径经济、合理的要求,均选用等跨布置的连续梁,钢筋混凝土结构,跨径20 m。线路总体布设见图1。



图1 总体线位图

1 主要技术标准

- (1)道路等级:城市主干路。
- (2)荷载等级:汽车:城-A级;人群荷载:2.5 kN/m²。
- (3)地震:地震基本烈度8度,地震动峰值加速度值0.3g,Ⅱ类场地;抗震设防类别:甲类,抗震设计方法采用A类。
- (4)风荷载:100 a一遇设计基本风速 $U_{10}=26.1$ m/s。
- (5)设计基准期:100 a。
- (6)设计安全等级:一级。

2 主桥结构设计

2.1 总体布置

藉河大桥主桥采用独塔斜拉桥,双索面布置,主

收稿日期:2023-03-28

基金项目:中国市政工程西北设计研究院有限公司基金项目(XBSZKY2314)

作者简介:刘金荣(1979—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

梁采用混凝土边主梁,孔跨布置为 45 m+84 m+155 m,主桥全长 284 m,桥面宽度 30 m。主塔塔型采用钻石形桥塔。桥面之上塔的高度为 70 m,下塔柱(包括主梁)高 18.073 m,主梁为预应力混凝土边纵梁,中心梁高 2.5 m。塔、梁、墩固结。大桥主索采用双索面布置,主桥塔两侧各 19 对布置,全桥共 76 根,拉索材料采用标准强度 1 770 MPa 的 $\Phi 7$ 镀锌高强钢丝。桥塔为钢筋混凝土结构。桥梁总体布置见图 2。

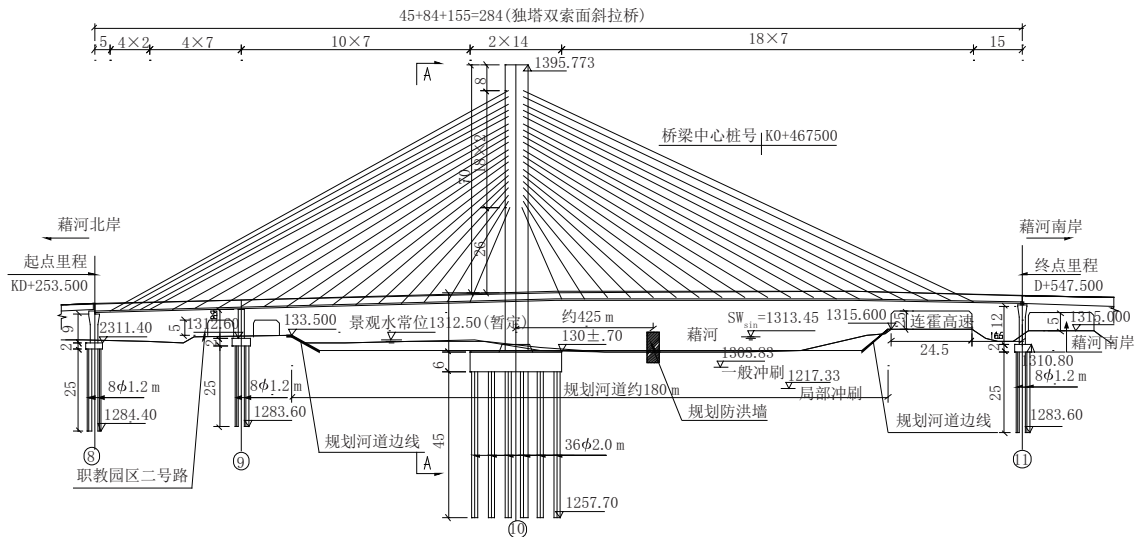


图2 主桥桥型布置图(单位:m)

目前天水市已建独塔斜拉桥有红桥和天润桥两座桥梁,其中红桥为 88 m+108 m 独塔双索面斜拉桥,半漂浮体系,天润桥主桥为 115 m+130 m 独塔双索面预应力混凝土斜拉桥,半漂浮体系。本桥为天水市目前唯一一座塔墩梁固结体系斜拉桥。

2.3 主梁

大桥主梁采用纵向、横向预应力混凝土结构,截面为边主梁形式,见图 3。主梁总长合计为 283.76 m,桥面总宽 30 m。边主梁中心梁高为 2.5 m,肋宽 2.0 m,主梁肋板宽度在主塔两侧区段变厚至 2.5 m。根据结构受力要求,在边跨过渡墩附近 18.38 m 范围内,主梁采用单箱单室箱型横断面,箱内填筑 C20 混凝土作为压重段,同时,在压重段与辅助墩横梁之间设置底板开口的过渡段,以使主梁受力可由箱形截面平顺线性过渡至标准边主梁,其余梁段均为标准节段。两片边主梁间通过桥面板及横隔梁连接,桥面板采用 30 cm 厚现浇板,1.5% 双向横坡。压重段箱型截面及底板开口段截面底板厚均为 30 cm,边腹板宽 2.0 m。标准段顺桥向每隔 7.0 m 设一道横梁,压重段顺桥向每隔 3.0 m 设一道横梁,其间距同拉索间距相同,横隔梁肋板厚度均为 35 cm。在边跨及主跨过渡墩处设有厚 200 cm 端横梁,在辅助墩处设置 500 cm

2.2 结构体系

独塔斜拉桥在高烈度地区采用主塔、主梁、主墩固结体系,塔柱内力相对漂浮体系较大,但考虑到施工过程控制,以及地震响应下位移控制,本桥采用主塔、主梁、主墩固结体系。辅助墩及过渡墩处设置减隔震型抗震支座,支座纵向活动,横向减隔震,在边跨设置一定范围的压重以平衡主跨重量及弯矩,并防止在运营阶段辅助墩和过渡墩支座脱空,出现负反力。

长的实体现浇段。

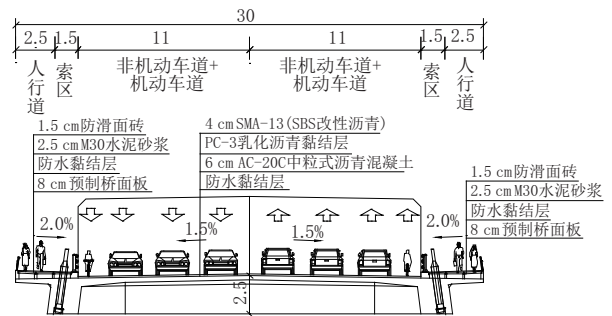


图3 主桥标准横断面图(单位:m)

标准节段主梁使用前支点挂篮悬臂浇筑法施工,为了与施工工艺相适应,主梁划分为 0 号块段、标准节段、现浇段、合龙段四种分类。全桥共分 33 个节段,标准节段(S2~S9、M2~M19 节段)长为 7 m,同拉索及横隔梁间距,采用前支点挂篮悬浇施工;塔墩处的 30 m 范围 0 号块(9 m 长 0# 节段和 10.5 m 长 S1、M1 节段)、55.88 m 长的边跨现浇段(S11 节段)及 11.88 m 长的主跨现浇段(M21 节段)均采用满堂支架现浇;在边跨(S10 节段)、主跨(M20 节段)各设置 1 个长度 2.0 m 的合龙段,利用挂篮及合龙撑架施工。

主梁混凝土标号局部阶段(M12~M19)采用

C65,其他阶段均采用C55。

2.4 主塔及基础

本桥主桥塔采用钻石形塔,主塔构造见图4。承台顶至塔顶高88.073 m,主塔中心线位置桥面铺装以上塔高70 m。塔顶横向外侧间距8 m,塔梁固结处外侧间距约为31.7 m,塔根处(承台顶面)外侧间距约21.1 m;桥面以下2.1处为下塔横梁中心线,桥面以上25.65 m处设塔柱中横隔板,桥面以上64.2 m处设一上横梁。下塔横梁中心线以下部分称为下塔柱,下塔横梁中心线以上至中横隔板称为中塔柱,中横隔板以上至上横梁部分称为上塔柱,为斜拉索锚固段,上横梁以上称为塔顶装饰区。主塔混凝土采用C55,塔顶装饰区混凝土采用C30。

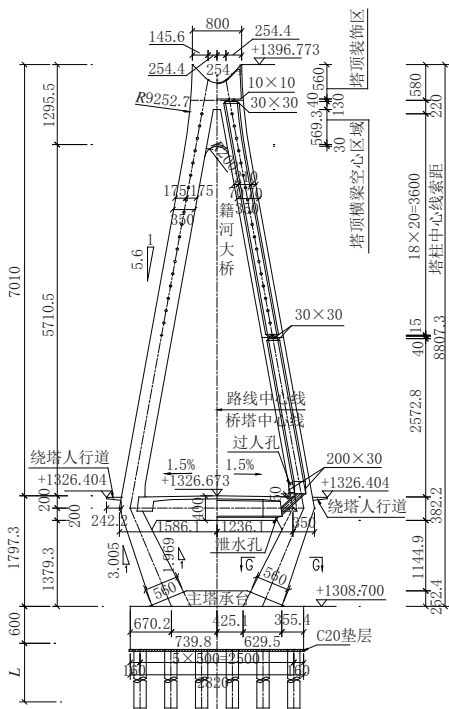


图4 主塔构造图(单位:mm)

下塔柱横桥向外侧的倾斜率为1:3.005,内侧的倾斜率为1:1.969,截面的纵向宽度7.0 m,横向宽度为3.5~6.295 m,实心截面;中、上塔柱的倾斜率为1:5.5,纵向宽度为7 m,横桥向宽3.5 m,其中中塔柱截面壁厚均为70 cm,上塔柱截面斜拉索锚固侧的壁厚为150 cm,其余两侧壁厚70 cm。

上塔柱为斜拉索锚固区,采用预留张拉锚槽的形式,沿塔壁四周布设“井”字形预应力钢绞线。因横桥向宽度较小,从减小因钢束回缩而产生的应力损失考虑,横桥向采用DM型镦头锚,型号为JL50高强精轧螺纹钢;顺桥向采用9-φ15.2钢绞线。预应力束均采用一端张拉,张拉端顺主塔高度方向间隔设置。

下塔横梁采用预应力结构,横梁断面采用单箱单室截面。横梁宽6.8 m,中心线处梁高4.0 m,顶、底板壁厚均为50 cm,腹板壁厚60 cm,预应力材料选用19-φ15.2钢绞线。施工时下塔横梁中心处设置2 m合龙段。

下塔柱下设置整体式梯形基座,基座中心高2.52 m,顶面尺寸为9.95 m(横)×8 m(纵),底面尺寸为22.14 m(横)×10.52 m(纵)。基座下设置整体式矩形承台。承台尺寸28.2 m×28.2 m,厚度为6.0 m,承台选用标号C40混凝土。承台下布置36根φ2.0 m的钻孔桩,桩长为45 m。桩基选用标号C35水下混凝土。

2.5 辅助墩、过渡墩及基础

辅助墩采用独柱式墩,矩形截面,横桥向设置两个,分离式基础设置,墩柱截面尺寸为2.0 m(横)×2.0 m(纵),并设置1.6 m×1.6 m墩顶系梁,墩柱横向间距15 m。每个墩柱下设置一个平面尺寸为5.2 m×5.2 m的承台,厚度2.0 m,单个承台下设置4根φ1.2 m的钻孔灌注桩,桩长25 m。

主桥边墩采用独柱式墩,矩形截面,横桥向设置两个,分离式基础设置,墩柱截面尺寸为2.0 m(横)×2.0 m(纵),墩柱顶截面渐变至2.0 m(横)×3.5 m(纵),并设置1.6 m×1.6 m墩顶系梁,墩柱横向间距15 m。单个墩柱下设置一个平面尺寸为5.2 m×5.2 m承台,厚度2.0 m。单个承台下设置4根φ1.2 m的钻孔灌注桩,桩长25 m。

2.5 斜拉索

斜拉索采用双层热挤PE护套平行钢丝拉索体系,扇形布置,外层为彩色,定型产品。拉索梁段上锚点布设为,按水平向间距,边跨C'15~C'19为300 cm,其余为700 cm,塔上按200 cm间距布设。

主桥合计设置76根拉索,规格划分为6类。具体为:PES7-139(C1~C3和C'1~C'3)、PES7-163(C4~C6和C'4~C'6)、PES7-187(C7~C9和C'7~C'9)、PES7-223(C10~C14和C'10~C'14)、PES7-265(C15~C16和C'15~C'16)和PES7-301(C17~C19和C'17~C'19)。锚具采用相应规格的PESM型冷铸锚。

3 主桥结构计算

本桥采用MIDAS Civil建立结构空间模型进行分析计算。计算时,主塔及主梁均以梁单元模拟,采用桁架单元模拟主桥拉索。

主塔和主梁采用C55混凝土,主梁部分节段采

用 C65 混凝土。采用钢绞线张拉控制应力为 $f_{pk} = 1\ 860\ \text{MPa}$ 。斜拉索采用 $\Phi 7\ \text{mm}$ 高强度镀锌钢丝,抗拉强度标准值 $f_{pk} = 1\ 770\ \text{MPa}$ 。材料力学指标均采用《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)。

本桥主塔、主梁、主墩固结形式采用共节点加以模拟。辅助墩及过渡墩处纵向活动支座,采用一般支承加以模拟,采用节点弹性支承模型桩土相互作用。采用刚性连接对拉索与主梁主塔连接节点加以模拟。桥梁结构计算有限元模型见图 5。

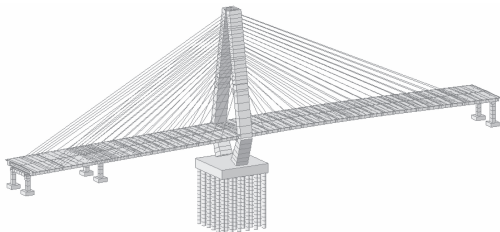


图 5 主桥有限元模型图

经验算,最不利荷载组合下,斜拉索最大应力为 $892.6\ \text{MPa}$,小于 $f_a = 955\ \text{MPa}$;最大应力幅为 $115.6\ \text{MPa} < 200\ \text{MPa}$ 。经分析验算,拉索最大拉应力和最大应力幅满足相关规范规定要求。

经验算,最不利荷载组合下,主梁上下缘均不存在拉应力,故正截面抗裂满足规范要求^[3]。

经验算,主梁混凝土最大压应力在成桥阶段最为不利。标准组合下:成桥节段 C55 混凝土节段上缘最大压应力为 $16.0\ \text{MPa}$,下缘最大压应力为 $16.4\ \text{MPa}$; C65 混凝土节段上缘最大压应力为 $14.1\ \text{MPa}$,下缘

最大压应力为 $19.1\ \text{MPa}$,满足最大压应力要求。因此,主梁混凝土最大压应力满足规范要求^[3]。

主梁竖向位移按《公路斜拉桥设计规范》(JTG/T 3365-01—2020)第 7.2.5 条关于主梁刚度规定进行验算。混凝土梁 f 不小于 $1/500$, f 表示汽车荷载(不计冲击力)引起的竖向扰度。将主梁竖向位移代入上式进行主梁刚度验算。45 m 跨最大竖向位移为 $-6.2\ \text{mm}$, 84 m 跨最大竖向位移为 $18.9\ \text{mm}$, 155 m 跨最大竖向位移为 $87.0\ \text{mm}$ 。 $f_1 = 6.2\ \text{mm} \leq 45\ 000/500 = 90\ \text{mm}$, $f_2 = 18.9\ \text{mm} \leq 84\ 000/500 = 168\ \text{mm}$, $f_3 = 87.0\ \text{mm} \leq 155\ 000/500 = 310\ \text{mm}$ 。经验算,主梁刚度满足规范要求^[3]。

经验算,在 E2 地震作用下,桥塔截面压弯强度最小安全系数为 1.062,仍处于弹性工作状态,满足规范要求。

4 结 语

天水市藉口镇藉河大桥为天水市目前唯一一座特大桥,大桥主桥采用独塔双索面斜拉桥,边跨 45 m+84 m,主跨 155 m,主塔为钢筋混凝土钻石型塔,主梁为预应力混凝土边纵梁。

本桥处在抗震设防烈度为 8 度的高烈度地区,按 9 度进行抗震设防。本桥支撑体系采用主塔、主梁、主墩固结,辅助墩及过渡墩处设置减隔震型抗震支座。该大桥设计的相关数据及经验总结,对于高烈度地区独塔斜拉桥的设计提供了宝贵的工程经验。

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com