

京台高速(北京段)瀛海镇高架桥现浇箱梁 施工关键技术

赵志鹏

(北京市公联公路联络线有限责任公司, 北京市 100044)

摘 要: 结合京台高速公路第一标段中瀛海镇高架桥的现浇箱梁施工, 对支架搭设、模板铺装、钢筋绑扎、预应力管道安装、混凝土浇筑及养护和预应力穿束张拉等多个环节中的施工技术问题进行介绍与分析。重点针对传统的波纹管定位精度差等问题进行了分析, 首次提出并应用了全新的波纹管定位构造, 可为类似工程的施工提供借鉴。

关键词: 京台高速; 现浇箱梁施工; 波纹管定位; 创新改进

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)12-0149-05

0 引 言

本文介绍现浇箱梁施工的基本原理, 并结合京台高速公路第一标段中瀛海镇高架桥的现浇箱梁施工, 详细介绍了现浇箱梁后张法预应力施工控制以及实施要点, 从波纹管安装、钢绞线穿束、预应力张拉、孔道压浆和封锚等方面对预应力张拉质量控制进行研究, 并提出了一种波纹管坐标可调装置, 在实际施工过程中使波纹管定位更准确, 提高了预应力张拉质量。

1 工程概况

京台高速是首都途径河北、天津、山东、江苏、安徽、浙江、福建, 连接台北, 沟通华北、华中和东南沿海的主要通道。项目道路设计起点位于现况京津塘高速公路与京开高速公路之间, 现状 104 国道与南五环路相交点东侧约 300 m 处 (起点桩号 K0+533.813), 与蒲黄榆快速路相接。道路自起点向南沿凉水河灌渠布置, 经瀛海镇规划中心区西侧后与六环路相交。之后沿北野厂灌渠向南, 下穿京山铁路和京沪高铁, 向南经大渠村西侧至设计终点。道路全长约 26.6 km。根据北京市与河北省共同商定的接线位置, 设计终点位于大兴区田家营村西侧与内官庄村东侧之间, 与京台高速(河北段)相接 (设计终点桩号 K27+156)。本项目于 2014 年年底正式开工, 并于 2016 年年底实现全线通车。

收稿日期: 2020-08-04

作者简介: 赵志鹏(1992—), 男, 学士, 助理工程师, 从事道路桥梁工程施工与土地开发工作。

其中, 瀛海镇高架桥 A 段与现况蒲黄榆快速路相接, 分别跨越 104 国道、规划西毓顺路, 全桥总长 866.2 m。大桥分左右两幅布置, 单幅为 6 联 24 跨, 单幅宽度为 20.3 m 和 24.3 m, 预应力混凝土箱梁设计为单箱多室结构, 除去跨西毓顺路的梁高为 2.2 m 外, 其余梁高均为 1.8 m, 标准断面如图 1 所示。标准段顶板厚度 22 cm, 底板厚度 20 cm, 腹板宽度 0.45 m; 单跨跨径一般为 30 m、35 m, 跨西毓顺路布置为 4 跨 1 联, 主跨跨径为 50 m, 该段桥梁立面如图 2 所示, 瀛海镇高架桥成桥如图 3 所示。

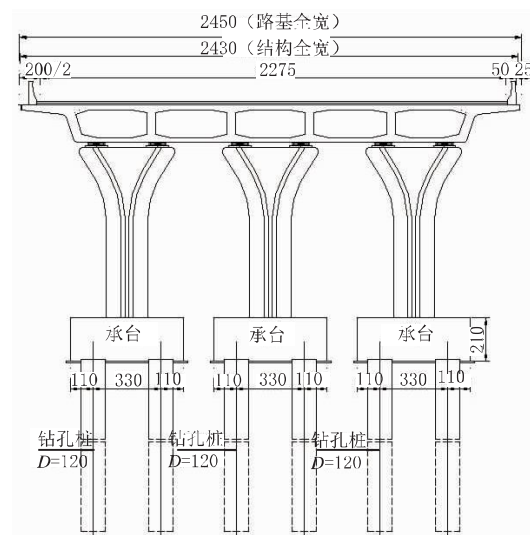


图 1 24.3 m 现浇梁标准断面 (单位: cm)

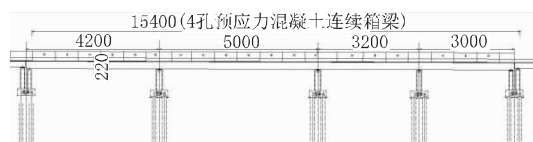


图 2 瀛海镇高架桥 A 段跨西毓顺路段立面图 (单位: cm)



图3 瀛海镇高架桥成桥

2 支架体系

2.1 支架设计

瀛海镇高架桥 A 段结构施工过程中的支撑体系构架选用碗扣式脚手架,排架高度 8 m 左右,规格为 $\phi 48$ mm 钢管,壁厚为 3.5 mm(计算时壁厚取 3 mm)。

2.1.1 一般支撑体系(梁高 1.8 m)

瀛海镇高架桥 A 段现浇箱梁标准段梁高 1.8 m,跨中断面顶板厚度 22 cm,底板厚度 20 cm,腹板厚度 45 cm,横梁两端各 3 m 范围顶、底板渐变为 37 cm 和 35 cm。在标准段使用一般支撑体系,即在脚手架底座下铺筑 20 cm $\times$ 5 cm 大板,纵桥向立杆在横梁处、中隔板下布设间距 60 cm,箱室下 90 cm。横桥向立杆腹板下 60 cm,箱室断面(空心)下 90 cm,翼缘板处 120 cm。立杆步距为 120 cm。在支架四周、内部纵横向布设由底到顶连续剪刀撑,剪刀撑布设间距不大于 4.5 m。支架布置与搭设如图 4~图 6 所示。

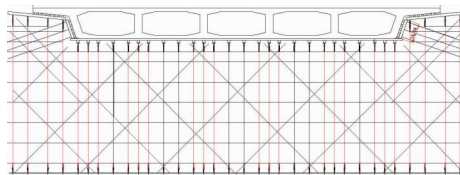


图4 24.3 m 横断面支架布置图

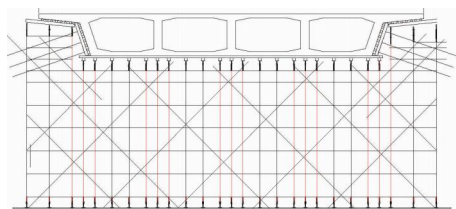


图5 20.3 m 横断面支架布置图

2.1.2 12~16 轴跨西毓顺路门洞

瀛海镇高架桥 A 段 12~16 轴上跨地方道路西毓顺路,桥梁设计为上跨西毓顺路,结构形式为现浇预应力混凝土箱梁,大桥与西毓顺路斜交角约 51.63° ,现况西毓顺路路面宽度 6 m,跨西毓顺路门洞净跨径 9 m,实际搭设高度 5.2 m。条形基础



图6 支架搭设现场

宽 1.7 m,高 1.2 m。单侧条形基础上布设 6 排立杆,立杆间距 30 cm,横桥向方向立杆间距 30 cm,步距 60 cm。立杆顶部横桥向放置 10# 工字钢,再在其上放置 156c 工字钢,工字钢布设间距腹板下 60 cm,箱室断面、翼缘板下均为 90 cm。门洞布置如图 7、图 8 所示。

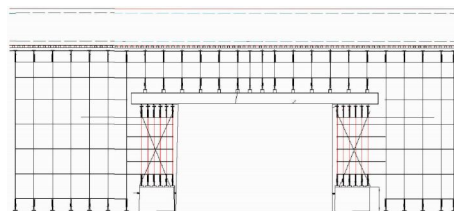


图7 西毓顺路 9 m 门洞纵断面布置图

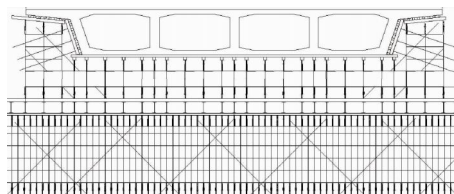


图8 西毓顺路 9 m 门洞横断面布置图

2.2 支架预压施工

2.2.1 预压

在箱梁底模搭设完成后要对支架进行预压,范围为箱梁结构边线以内的全部区域。预压荷载为箱梁荷载及其动、静荷载之和的 1.2 倍,分三级进行,依次施加的荷载为预压荷载值的 60%、80%、100%。

2.2.2 沉降观测

本工程中的沉降观测分为地基沉降观测和支架沉降观测。在跨径小于 40 m 的桥跨处,沿结构的纵向每隔 1/4 跨径布置一个观测断面;大于 40 m 时,相邻观测断面之间距离也不能大于 10 m。

2.2.3 卸载

当支架各测点沉降量平均值小于 1 mm 或者连续三次各测点沉降量平均值累计小于 5 mm 时,方可一次性卸载。注意支架两侧对称、均衡、同步卸载。

2.3 预拱度设置

预拱度设置按设计图纸进行,对于 30 m 跨径预拱度为 1 cm,35 m 跨径预拱度为 1.5 cm,跨西毓顺路 50 m 主跨预拱度为 4.3 cm,42 m 边跨预拱度为 2 cm。其余各点按二次抛物线设定。

3 模板工程

3.1 箱体外模

根据本工程箱梁的横断面型式,梁体大面积采用 15 mm 厚酚醛覆膜多层板,满足有关浸水试验的要求,倒角采用定型钢模板。模板铺设如图 9 所示。



图 9 模板铺设

3.2 箱体内模

箱体内模采用木模,在桥下集中加工后再吊至桥上组装。内模节和节之间采用塑料胶带贴缝,在内模外侧整体长度范围内包裹塑料布,防止浇筑混凝土时漏浆。在分两次浇筑的桥跨中,第一次时内模即为腹板侧模,第二次时即为顶板底模。

3.3 张拉堵头模板

结构的张拉堵头模板,须固定预应力锚板,因此采用木模现场加工制作,需注意锚垫板的坡度。

4 钢筋工程及预应力体系埋设

4.1 钢筋的加工及绑扎

瀛海镇高架桥 A 段工程中钢筋按不同型号、等级、规格分批验收后,在现场进行绑扎、焊接。箱梁钢筋绑扎如图 10 所示。



图 10 钢筋绑扎

钢筋骨架弯起筋及各种斜筋的焊接在地面上平焊,便于保证焊接质量,每榀骨架焊完后再吊到柱顶进行绑扎。根据施工的需要,增设马蹬筋,马蹬筋的布置沿纵向 1.5 ~ 2.0 m 一道,沿横向通长,钢筋直径 12 mm 以上。掌握好钢筋穿插就位的顺序及其他专业的配合先后次序,以降低绑扎难度,提高作业效率。保护层采用砂浆或混凝土垫块进行控制。

4.2 波纹管安装

4.2.1 常规工艺与存在问题

瀛海镇高架桥现浇段桥梁上部结构荷载主要依靠预应力承担。显然,预应力的准确定位是构造设计与施工的重要组成部分。《建筑工程预应力施工规程》(CECS 180:2005)中规定,金属波纹管安装之前,应按设计要求在箍筋上标出预应力筋的曲线坐标位置,点焊钢筋支托;波纹管安装后,应与钢筋支托可靠固定。预应力筋孔道的内径宜比预应力筋和需穿过孔道的连接器外径大 10 ~ 15 mm,孔道截面面积宜取预应力净面积的 3.0 ~ 3.5 倍。

桥梁设计文件中一般都给出了预应力管道的坐标,而实际施工中由于管道在梁不同截面处的位置有所不同,梁体有大量的纵、横向钢筋,预应力管道定位难度大、定位点数多,且传统的定位方法基本依靠人工进行,存在重复性操作多、手工操作误差大、工作效率低等缺点,导致预应力管道定位偏差大、定位后的管道不顺直,钢绞线张拉过程中摩阻力较大,引起梁体内有效预应力损失较大的问题。

4.2.2 波纹管定位偏差的影响

波纹管定位出现偏差时,对管道摩擦产生的预应力损失影响较大。其中,管道偏差角度越大,预应力损失增量就越大;管道向上或向下产生偏移,会使得梁底混凝土应力不同程度的减小或增大,并且可能对桥梁带来以下危害。

(1)在施加了预应力后,该应力会在管道布置不平顺的地方产生较大的应力。该应力对梁体会造成负面影响,应力过大即此处管道曲点较大时,该部位容易开裂。

(2)靠近张拉端附近的管道不准确会致使管道中心与张拉端锚垫板中心不同心,在施加预应力后,容易在锚垫板圆口端绞断钢绞线,造成锚固端崩裂,甚至人员伤亡。

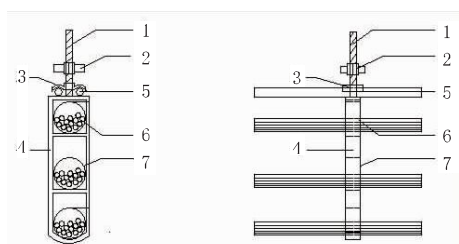
(3)在曲点处,若角度较小,管道过度的不平顺,会导致在曲点处应力集中,造成齿板崩裂。

(4)预应力管道定位不准确,会消减设计应力,

梁体内不能建立有效的预应力,在混凝土徐变的共同作用下,梁体必将发生严重的下挠。影响桥梁的使用寿命和行车舒适性,甚至危及高速行驶时的安全。

4.2.3 发明内容

针对以上情况带来的工时和质量问题,本文提出一种现浇箱梁波纹管的坐标可调装置以克服原有技术中所存在的不足。该波纹管坐标可调装置由调节器、垫板、“目”字型钢筋所组成。该装置的具体结构及其与预应力波纹管、箱梁主筋位置关系如图 11 所示(为了便于清楚地表现本调节装置的各部件结构,绘图采用比例绘制)。



1- 调节螺丝;2- 螺母;3- 垫片;4- 多层钢筋骨架;
5- 箱梁主筋;6- 预应力钢束;7- 预应力波纹管

图 11 调节装置结构及其位置关系图

在现浇箱梁穿入波纹管前,将调节器的调节螺丝穿入腹板、纵梁主筋上,垫板放入调节器中间,“目”字型钢筋可根据设计图纸坐标和现场实际情况截取,三者结合形成现浇箱梁波纹管可调装置。

4.2.4 使用方法

现浇箱梁预应力波纹管坐标可调装置使用过程如下:

(1)根据装置设计图和设计图纸中的预应力波纹管坐标要素表将本装置加工成型,将调节螺丝一端与“目”字型钢筋点焊连接。

(2)在定位点安装该装置。

a. 将该装置调节螺丝穿入选定定位点处的箱梁上部钢筋。

b. 安放垫片于箱梁主筋上表面,并安上螺母,同时将螺母旋转至调节螺丝中心位置;在垫片与箱梁主筋或箱梁箍筋相接处点焊固定。

(3)将预应力波纹管穿入本装置的“目”字型钢筋,再在预应力波纹管中穿入预应力钢束(钢绞线),若预应力波纹管发生向下位移,通过调节螺丝对竖向坐标进行微调。

(4)混凝土浇筑完成,终凝后,用小锤将点焊处焊点敲开。

(5)回收调节螺丝准备再次利用。

4.2.5 使用效果

本调节装置的优点在于:加工简单、施工效率高,根据所在结构位置提前做好加工可避免占用其他工序的施工时间;同时,标高一次定位成型,定位准确,固定可靠。本装置在安装调节过程中调节器的螺丝进行微调,一个工人即可完成,节省人工成本的同时又节省了工期。在实际施工过程中使波纹管定位更准确,提高了预应力张拉质量,每联箱梁节约工期约 1~2 d。在调节完成后又可以重复利用,大大地节省了材料。有较高的实用性,适合大范围推广和应用。

5 混凝土工程

5.1 混凝土浇筑、振捣

由于瀛海镇高架桥 A 段的连续箱梁采用分联施工,现浇箱梁混凝土的浇筑由整联的低处向高处进行,采取分段斜面分层法进行浇筑,分段长度为 10 m,分层厚度为 30 cm。浇筑速度控制在浇筑上层混凝土时,下层混凝土尚未初凝。在混凝土振捣至钢筋及波纹管较密集部位时采用 30 棒振捣,其他部位根据具体情况采用 50 棒振捣。

5.2 混凝土养护

在混凝土初凝后,采用饱水养生,及时用无纺布覆盖洒水进行保湿养护,养护温度恒温控制在 60℃ 以下,湿养时间不少于 7 d,冬季养护需采取必要的保温措施。

6 预应力钢绞线张拉

6.1 穿束、锚具安装

6.1.1 钢绞线穿束

瀛海镇高架桥 A 段桥梁预应力施工采用先穿束法,对于横梁较短的钢绞线采用人工穿束,纵桥向较长钢绞线采用穿束机进行穿束。钢绞线端部带保护帽,以防钢绞线损坏波纹管。穿束完成后,钢绞线端部应平齐,不得过长或者过短,统一检查波纹管是否完好,对于存在的破损、孔洞及时进行封堵,以防混凝土浇筑时漏浆,对后期张拉、压浆造成困难。

6.1.2 锚具安装

在混凝土强度达到张拉要求后,安放锚具。安放前将锚垫板上的混凝土清理干净,对进浆的压浆孔进行清理。检查锚垫板后混凝土是否存在不密实现象,防止张拉受力后出现锚垫板陷入混凝土的现象。工作锚必须准确放置在锚垫板的定位槽中,并与孔道对中。工作锚各孔中装入夹片,用胶圈套好,可用长约 30 cm 的铁管穿入钢

铰线向前轻顶,将夹片顶齐,注意不可用力过猛,夹片间隙要均匀,可用改锥认真调整。每个孔中必须有规定的夹片数量,不得有缺少现象。夹片安装完后,其外露长度一般为4~5 mm,并均匀一致。若外露太多,要对所用夹具及锚环孔尺寸及锥度进行检查;若发现有不合格者,则要进行更换。

6.2 预应力张拉

6.2.1 张拉控制参数

在预应力张拉前混凝土的强度、弹性模量应符合设计要求,并进行管道摩阻试验,确定摩阻系数,为计算理论伸长值提供依据。

预应力筋的理论伸长值 ΔL_t (mm)按下式计算:

$$\Delta L_t = \frac{P_p L}{A_p E_p}$$

两端张拉的曲线筋 P_p 用下式计算:

$$P_p = \frac{P(1 - e^{-(kx + \mu\theta)})}{kx + \mu\theta}$$

式中: P_p 为预应力筋的平均张拉力(N),直线筋采用张拉端的拉力; L 为预应力筋的长度; A_p 为预应力的截面积; E_p 为预应力筋的弹性模量; P 为预应力筋平均张拉力(N); x 为从张拉端至计算截面的孔道长度; θ 为从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和(rad); k 为孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数; μ 为预应力筋与预应力管道的摩擦系数。

预应力筋的实际伸长量计算公式为:

$$\Delta L_s = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

式中: ΔL_1 为从初始力至最大张拉力间的实际伸长量,mm; ΔL_2 为初始力以下的推算伸长值,mm,可采用相邻级的伸长量。

6.2.2 张拉施工

瀛海镇高架桥A段桥梁预应力张拉采用智能张拉设备,WiFi无线连接,变人工操作为机械自动控制,实现精确同步,自动施工,提升张拉精度。预应力张拉施工如图12所示。

预应力张拉采用双控,以张拉应力为主,以伸长量为辅。实际伸长量与理论伸长量的差值应控制在6%以内。张拉应缓慢进行,逐级加载,在控制应力达到15%、30%时持荷30 s,达到终张控制应力时,持荷300 s。

预应力筋的锚固应在张拉控制应力处于稳定的状态下进行,预应力筋张拉、锚固过程中及锚固完成后,不得大力敲击或振动锚具。预应力筋锚固后需要放松时,对夹片式锚具应采用专门的放松装置松开。



图12 预应力张拉

6.3 锚头封堵及孔道注浆

6.3.1 张拉端封堵

检查注浆孔和排气孔是否通畅,然后切除钢绞线多余部分,采用环氧水泥砂浆进行封堵。

6.3.2 注浆

封堵完毕后,尽快采用灰浆泵进行孔道注浆。在压浆过程中,每一工作班留取不少于3组立方体试件,进行标准养护28 d,检查其抗压强度。

6.3.3 封锚

预应力孔道注浆完成后,将端头冲洗干净并凿毛,然后按设计尺寸支模,绑扎钢筋,浇注混凝土并养护。

7 结 语

(1)京台高速公路瀛海镇高架桥通过严格的施工控制,对施工中的重要难题采用了全新的技术,最终得以顺利完工。该桥从2016年年底投入使用后,到目前运营4 a,没有出现任何质量问题。

(2)预应力施工中存在问题,主要有波纹管定位不准确、定位后的管道不顺直等,这将导致钢绞线张拉过程中摩阻力较大,并严重影响工程质量,应采用相应措施对其进行改善。

(3)本文提出了一种现浇箱梁波纹管的坐标可调装置,并在京台高速公路工程中应用,加快了施工进度同时也确保了箱梁的施工质量。另外,给出了具体的使用方法,旨在为日后相似工程提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 倪磊.现浇箱梁中后张法预应力施工控制及实施要点分析[J].建筑技术开发,2018,45(13):105-106.
- [2] 刘芳明,王琪,李坚.混凝土现浇箱梁预应力张拉创新技术应用[J].水利水电施工,2019(4):27-30.
- [3] CECS 180:2005,建筑工程预应力施工规程[S].
- [4] 吴学淑,熊学玉,沈士富.预应力结构中预应力筋偏移的影响分析[J].建筑结构,2006(11):94-96.
- [5] 余长虹.重载铁路桥梁预应力管道定位准确性的检测[J].中国标准化,2018(10):80-81.
- [6] 郭英.PC梁预应力管道三维一体精确定位施工技术[J].铁道建筑技术,2013(1):55-58.