

文章编号:1004—5716(2003)04—169—03

中图分类号:TU757.1 文献标识码:B

某立交桥预应力混凝土连续箱梁施工技术

黄 示,张兴春,韦朝辉

(中铁十九局集团第一工程有限公司,辽宁 辽阳 111000)

摘 要:叙述了成都市三环路跨成灌路立交桥预应力钢筋混凝土连续箱梁的施工工艺,针对施工过程中遇到的问题,采用相应的技术处理措施作了介绍,并提出了预应力钢筋混凝土连续箱梁施工的几点体会。

关键词:公路桥梁;预应力;连续箱梁;施工技术

1 工程概况

成都市三环路跨成灌路立交桥位于成都市西北角金苏公路旁,横跨成灌公路。梁体采用单箱四室等截面预应力钢筋混凝土连续箱梁,梁高为 1.2m,跨径为 20m,5 跨为一联,每联箱梁之间采用牛腿连接。该桥下部结构为挖孔桩基础,桩径为 1.8m。圆柱形桥墩,薄壁式桥台,桥面设计为双向四车道,幅宽 17m,两幅中间净间距为 2m,桥面纵坡为 3.2%,横坡为 1.5%。

2 梁体施工

本桥梁体设计为预应力钢筋混凝土结构,分纵向、横向、底板、顶板、隐性盖梁预应力张拉。底板采用后张法单端张拉工艺,顶板分别采用后张法单端、双端张拉工艺,隐性盖梁采用后张法双端张拉工艺,顶板横向无粘结预应力采用后张法双端张拉工艺。每联箱梁内共有底板预应力钢绞线 20 组,顶板预应力钢绞线 54 组,无粘结预应力钢绞线 100 根,每联箱梁内共设隐性盖梁 5 个,每个隐性盖梁内共有 7 组预应力钢绞线,每组预应力钢绞线共 7 根,钢绞线最长为 70m。梁体施工的主要特点:混凝土需连续浇筑,每联为一个浇筑单元,每跨混凝土浇筑时间控制在 6~7h 以内;预应力钢绞线较长,最长为 70m,且坐标曲率大,孔道

摩阻力大,张拉时“双控”指标较难控制;牛腿处钢筋布设较密,预应力钢绞线束及锚具安装困难;隐性盖梁及顶板无粘结预应力筋属横向布设,间距较密,依顺序张拉,施工时需塔设悬臂支架平台,作业面狭小,加上高空作业,施工十分不便。

2.1 梁体施工工艺流程

主要施工工艺流程为:支架及底模安装→侧模板安装→绑扎底板、腹板及盖梁钢筋→安装底板及隐性盖梁预应力筋→浇筑底板及腹板混凝土→底板预应力筋张拉→压浆封锚→安装微弯板→绑扎顶板钢筋→安装顶板预应力筋及无粘结预应力筋→浇筑顶板混凝土→顶板、隐性盖梁预应力筋及无粘结预应力筋张拉→压浆封锚。

2.2 支架及模板安装

2.2.1 支架设计

支架设计的主要内容包括支架布置、强度检算、预拱度控制及局部加固措施等。设计原则为:支架布置经济合理;各部位允许荷载能满足施工荷载要求;减少基底非弹性变形;底模板拼装及其标高控制容易;落架方便。

2.2.1.1 支架、模板材料选择

续表 6 路堤 DK262+100 右侧边桩测定计算过程

步骤	键操作	显示	步骤	键操作	显示
9	1.75 EXE	K? 0.000 D Fix	20	- 10.43 EXE	S? 37.100 D Fix
10	2 EXE	E? 0.000 D Fix	21	36.15 EXE	D = S - (B + C + E × I) → Disp 0.040 D Fix
11	6 EXE	F? 0.000 D Fix			

通过以上计算可知 DK262+100 边桩位置距中桩 36.15m,与中桩高差为 -10.43m。同法取 O=1,改变相关数值,也可对路堑边桩进行放样。

4 结束语

(1)测量工作是工程施工中关键且技术性很强的一项工作,测量速度的快慢、测量的准确性都直接与工程的经济效益有着密切的关系。因此,改进测量方法、提高测量精度、缩短测量时

间,应成为施工测量工作永远的发展趋势。

(2)本文提出的路基边桩测量计算公式,不仅能在路基施工前的边坡放样中得到应用,而且也能用于各种复杂路基每层挖填的施工控制中,因此我们称它是路基施工放样的“万能公式”。

参考文献

[1] 宋成. 铁道工程测量学[M]. 中国铁道出版社,1989.

根据本桥净空低、跨度小的特点采用碗扣式脚手架做满堂红支架,搭设灌梁平台。碗扣支架顶横桥向铺设 15cm × 15cm 宽的方木,在顺桥向铺设 10cm × 10cm 宽的方木。底模采用高强度覆膜竹胶板,直接铺设于支架顶方木上。

2.2.1.2 基底处理

施工现场桥址原地面分为既有公路路面、房基面、公路两侧土基及一般地面四种,公路路面及房基面为旧混凝土结构,具有足够的承载力;公路两侧土基经现场测定承载力 $\geq 250 \text{ kN/m}^2$;一般地面需处理后才能进行支架施工。根据以上条件,基底处理分三种形式:既有公路路面及房基面可直接做立杆底座基础;公路两侧土基上需做 35cm × 35cm × 20cm 厚的混凝土方砖做为立杆底座基础;一般地面须换填 50cm 厚连槽石,分层碾压达到密实度要求,再铺设混凝土方砖做为立杆底座基础。地基应比周围地面高出 10~15cm,表面压实、整平,并作成 2% 的双向坡,周围挖截水沟,以利排水,防止地基被水浸泡产生不均匀沉降。如在雨季施工,则在碾压密实的原地基面上浇筑 5cm 厚的 C20 混凝土垫层,并做好排水系统,保证地基稳定。

2.2.2 支架布置

(1) 根据连续箱梁施工的荷载组合和碗扣式脚手架支架立杆在不同间距情况下承载力的要求,分段计算出支架立杆横向间距和纵向间距,以满足承载需要。同时,还要根据脚手架产品说明书的要求加设剪刀斜拉杆以保证支架的整体稳定。

(2) 设计预拱度及底模标高计算。根据施工技术规范及现场试验结果,预留施工沉降值参考数据见表 1。

表 1 预留施工沉降值参考数据

项目	数据	备注
接头承压非弹性变形	木与木	每个接头约顺纹 2mm,横纹 3mm
	木与钢	每个接头约 2mm
支架基础沉降	置于粘砂土上	10~22mm
	置于混凝土上	约 3mm

设计预拱度分配计算:设计确定的最大预拱度 $Y_{\max}$,其它各点按二次抛物线 $Y = 4(Y_{\max}/L^2)X^2$ 分配。

底模标高计算:

$$H = h + y + s$$

式中: H ——底模板施工标高;

h ——现浇梁底设计标高;

s ——支架沉降量(支架弹性压缩、方木压缩量、砼方砖支墩变形、地基沉降之和)。

底模标高、预拱度及竖向曲线通过可调托撑调整方木高度及横向坡度实现。

2.2.3 模板制作及安装

(1) 箱梁内外及侧模的制作是依据设计图的结构尺寸,在既要满足结构强度、刚度和稳定性的规范要求,又要保证结构物外

部线形美观的前提下进行加工制作。底模采用 2440mm × 1220mm × 12mm 的高强度覆膜竹胶板分块拼装,直接在支架上拼装制作,通长满铺,减少拼接缝。箱梁横截面为悬臂结构,考虑施工中模板的重复使用和安装,故其底板及侧模采取整体拼装制作,可预先加工制作好,使用时再进行吊装。

(2) 模板线形控制。主要通过测量控制、调整可调托撑以及改进侧模与底模间的联结工艺来实现。模板间采用楔口咬合联结,加固牢固,防止受载后发生变形及混凝土浇筑过程中发生漏浆现象,使拆模后的箱梁边线线条顺直,均匀光洁。

2.3 钢筋制作及安装

除应遵循一般钢筋施工的规定外,还应注意以下问题:

(1) 由于所用钢筋品种较多,数量较大,所以,在施工中应将不同规格的钢筋分类堆放,并编号挂签,以防用错。

(2) 成都属多雨季节,阴雨绵绵,若钢筋覆盖不严,极易锈蚀,所以在加工钢筋时,注意短期限内使用完毕,尽量减少库存。

(3) 绑扎梁体钢筋时,一定事先排好钢筋的绑扎次序,并考虑到波纹管的位置,避免因绑扎次序不当造成个别钢筋绑扎困难和波纹管与钢筋位置冲突。

2.4 混凝土浇筑

本桥梁体混凝土每一单元为 5 跨连续浇筑,二次现浇,第一次浇筑底板及腹板,第二次浇筑顶板,每次混凝土浇筑用量在 1200m³ 左右,集中拌合,泵送施工,必须保证足够的生产能力。鉴于混凝土浇筑距离长及泵送施工,因此,混凝土塌落度应控制在 12~14cm。第一次浇筑时先底板后腹板,分段分层浇筑。

混凝土浇筑应注意事项:

(1) 采用插入式振捣器振捣,振捣时应避免直接碰撞波纹管及锚具,以防变形、破裂、漏浆、移位。

(2) 在支架上浇筑混凝土,由于墩台处沉降量小,支架跨中沉降量大,连续浇筑混凝土时会产生不均匀沉降,会使支座处箱梁顶板开裂。因此,提高混凝土浇筑速度,控制好混凝土初凝时间是关键,每跨混凝土浇筑时间应控制在 6~7h 以内,混凝土初凝时间应控制在 8~10h 以上。

(3) 输送管铺设时应避免直接坐落在已绑扎好的梁体钢筋上,防止施工时因机械及管道振动而扰动已振捣好的混凝土。

(4) 指派专人负责预留张拉槽口处混凝土的清理,确保张拉槽口几何尺寸正确。

(5) 在浇筑混凝土过程中要注意观测支架及模板的变化,发现有异常情况应立即校正。

(6) 注意洒水养生,保持湿润状态。

2.5 预应力施工

2.5.1 波纹管的连接与安装

波纹管的接长采用大一号同型波纹管作为接头管,接头长度为 300mm。管两端用密封胶带纸封裹,以防接缝处漏浆。

波纹管安装时,以箱梁底模板为基准,按预应力筋曲线坐标,计算出管底坐标,直接量出相应点的高度标在箍筋上,确定出波纹管曲线位置,并用 U 型卡固定牢固,U 型卡间距为 600mm。安装过程中应避免弯曲、挤压、踩踏,以防管壁开裂,同时应防止电

焊火花烧伤管壁。

波纹管安装完毕后,应检查其位置、曲线形式是否符合设计要求,固定是否牢靠,接头是否完好,管壁是否破损等,如有问题,应及时校正和修补。

对于预应力孔道较长的,中间有两处坡峰,为了保障孔道注浆质量,在坡峰处设计排气孔,其做法是:在波纹管坡峰处开洞,洞上覆盖海绵垫片与带嘴的塑料弧形压板并用铁丝绑扎牢固,用塑料管或钢管插入嘴上,将其引出梁顶面 200~300mm。

2.5.2 钢绞线的制作与安装

预应力钢绞线在施工前应进行外观和强度检查,保证其无锈蚀、无损伤及抗拉强度、伸长率等合格,下料时,采用无齿锯切割,严禁用电焊、电焊切割。在切口两侧各 5cm 处用钢丝绑扎好,以防切割时线束散开。下好的钢绞线应及时穿束安装,不允许长时间在露天暴露,防止锈蚀。P 型锚具安装应在穿束前完成,安装时,要严格按照生产厂家提供的设计图纸说明书认真操作,锚具各部件之间的位置和距离要准确无误。

钢绞线的安装采用人工及机械相配合进行穿束,具体方法是:将 7 根钢绞线绑扎一起成为一束,每隔 1m 用绑丝捆扎牢固,前端用胶布裹缠扎紧,套入穿束器内,卷扬机慢速牵引,后端人工配合推送。穿束时要注意波纹管接头,避免牵拉过快或强推硬拉造成接头损坏。穿束完后要将裸露在波纹管外的钢绞线用胶带纸裹缠严密,防止雨水及养生水锈蚀。

2.5.3 预应力筋张拉及压浆

2.5.3.1 施工准备

(1) 张拉操作人员要经过培训、考核,持证上岗。
(2) 张拉设备(千斤顶、油表)第一次使用前要经具有检测资格的单位进行标定。当千斤顶出现以下情况时,必须重新进行标定:

- ①使用次数 > 200 次;
 - ②6 个月未使用;
 - ③“双控”不符合要求;
 - ④使用过程中出现异常情况。
- (3) 混凝土强度应达到设计强度的 95% 以上。
(4) 张拉槽口尺寸须满足千斤顶尺寸和工作行程。

2.5.3.2 张拉

预应力筋的张拉是保证连续箱梁质量的关键工序,张拉程序要按设计要求进行。本桥预应力筋张拉须进行超张拉,以减少预应力损失。张拉程序为:0 → 初始应力 $0.05\sigma_k$ (持荷 5min) → $1.05\sigma_k$ (持荷 2min) → σ_k — 锚固 (σ_k 为锚下张拉控制应力)。

张拉顺序为:横桥向先中束后边束,纵桥向先中跨后边跨的顺序对称张拉。要采用“双控”的方法检查张拉的质量,误差应严格控制在 $\pm 6\%$ 的范围内。施工中要认真做好记录,以备检查。

2.5.3.3 孔道压浆及封端

压浆应在预应力筋张拉完后 10~14h 进行。水泥浆应具有较大的流动性,较小的干缩性与泌水性,水灰比为 0.4~0.45,3h

泌水率宜控制在 2%,最大 $\leq 3\%$ 。为保证孔道内填充密实,在水泥浆内掺入少量(约为水泥重量的 0.005%~0.015%)铝粉,使水泥浆在硬化过程中膨胀。

孔道压浆由一端向另一端压注。压注前应先用水冲洗孔道,把波纹管内的灰碴、污物冲洗出来,再用高压风将波纹管内的积水冲出,完成后才开始注浆。注浆孔上均安装一节(15cm 长)带阀门的钢管,以备压浆完毕时关闭,使孔道内的水泥浆在有压状态下凝固。为保证压浆质量,采用二次压注办法,第一次压注完 30min 后,再由另一端反向压注,保持孔道内具有 0.5~0.7MPa 的压力。必要时可在波纹管上设置排气孔。

压浆工序完成后可进行封端,封端前应先清除锚头、垫板、槽口处的油垢、灰碴并凿毛,预应力筋锚固后外露长度应 $< 30\text{mm}$,多余部分宜用无齿锯切割。封端混凝土强度不低于设计强度。

2.5.3.4 张拉质量控制与注意事项

- (1) 张拉力的控制以张拉油泵压力表读数为准,张拉应力值控制在设计的 $\pm 6\%$ 。
- (2) 张拉过程中要注意预应力筋断裂或滑丝数不得超过总数的 1%,每端滑丝量应符合设计要求。
- (3) 两端张拉时各油泵起步及千斤顶油缸伸出速度要基本一致,在达到的伸出值和张拉应力值后,即刻同步锁母回油。
- (4) 张拉时操作人员应站立侧位,并派与人负责现场安全工作,防止伤人事故发生。

3 几点体会

该工程于 2000 年 11 月正式开工,2001 年 12 月主体工程完工。施工期间没有发生安全及质量事故,提前了工期,综合经济效益也显著。通过对该桥预应力混凝土连续箱梁的施工实践,有以下几点体会:

(1) 多跨连续箱梁混凝土浇筑,浇筑量大且又处于多雨季节中施工,因此,备足混凝土机械设备,提高混凝土浇筑速度是施工组织工作的关键,无特殊情况下,应避免混凝土浇筑中断而留置施工缝。

(2) 牛腿处钢筋及梁端预应力筋及锚具布设较密,施工中应互相穿插进行,尽量减少因二者位置干扰而重复返工作业,简化作业程序。

(3) 预应力筋布束及锚具位置布设除严格按图施工外,必要时可依据现场实际通过计算确定,尽量减少切割钢筋数量,以免恢复困难。张拉槽口宜边浇筑边人工清理成形。

(4) 预留伸缩缝的尺寸及墩顶支座上混凝土楔形块的尺寸,应考虑施工温度影响及梁体施加预应力后发生的收缩变化,立模时伸缩缝施工尺寸应比设计尺寸小 2cm,混凝土楔形块中心线应比墩顶支座中心线偏移 2cm。

(5) 波纹管的坐标要严格控制,以免张拉时伸长值不准。接头处要用胶带纸包裹严密,防止漏浆,振捣作业时不能直接碰撞波纹管和锚具。