

Research on Key Technologies of Ball Joint Accuracy for 12000t Swivel Bridge

Bo Wang

Zhejiang Hangyong Double Line Ningbo Phase I Expressway Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315100, China

Abstract

The bridge rotation construction refers to a kind of construction method for the bridge construction after the bridge structure is made in the non-design axis position, and the directional rotation of the bridge to the design axis position through the swivel technology is mainly applied to the upper-span gorge, the river, the railway, The highway and the like can not be supported, and the method has the advantages that the operation over the obstacle is converted into the operation on the shore or near the ground, and the construction is convenient in the field. According to the direction of rotation, the horizontal rotating method, the vertical rotating method and the horizontal and vertical combined rotating method are mainly used, and the horizontal rotating method is the most widely used, in which the spherical hinge is the core component of the swivel bridge, the mounting accuracy is directly related to the smooth rotation of the swivel bridge. This paper, taking the cross-section of Longhai Railway on Yangling Avenue, which is the largest record of the weight, bridge deck width and turning difficulty of the rotating bridge in Northwest China as an example, expounds the key technology of the installation precision of the double-amplitude synchronous co-directional municipal highway rotating bridge in the first variable section of the northwest.

Keywords

large tonnage; ultra wide; unbalanced weight; rotating bridge; double amplitude; synchronous direction

12000t 转体桥球铰安装精度关键技术研究

王博

浙江杭甬复线宁波一期高速公路有限公司, 中国·浙江 宁波 315100

摘要

桥梁转体施工是指在非设计轴线位置进行桥梁结构制作后, 通过转体技术对桥梁进行定向转体就位到设计轴线位置的一种施工方法, 主要应用于上跨峡谷、河流、铁路、高速公路等不能做支撑的情况, 优点在于将在障碍上空的作业转化为岸上或近地面的作业, 便于现场施工。根据转动方向, 主要有水平转体法、竖向转体法及平竖结合转体法, 其中以水平转体法应用最广。其中球铰是转体桥的核心构件, 安装精度直接关系到转体桥的顺利转体。本文以刷新了西北地区转体桥单体重量、桥面宽度、转体难度的最大纪录的杨凌大道上跨陇海铁路转体立交为例, 对西北首座变截面双幅同步同向市政公路转体桥球铰安装精度关键技术进行了阐述。

关键词

大吨位; 超宽幅; 不平衡重; 转体桥; 双幅; 同步同向

1 工程简介

杨凌示范区杨凌大道市政工程项目在 K3+158.330 位置上跨陇海铁路, 与铁路斜交(交角 80.1°), 采用左右分幅、错孔布置, 孔跨布置为 $2 \times 56\text{mT}$ 构。左、右分别在 ML19# ~ 20#、MR20# ~ 21# 墩跨越铁路。其平面位于直线上, 左幅交界墩位置位于曲线上, 标准桥宽 30.95m, 桥面最大纵坡为 0.8%, 横坡为双向 1.5%。该桥采用自平衡重双幅同步水平转体法施工, 左右幅分为 2 个独立转体结构, 转体

部分为 $2 \times 44\text{m}$ 节段, 转体角度约为 80.1° , 单个转体重量约为 12000t^[1]。

2 转体桥整体施工顺序

主墩及交接墩桩基施工→承台及转体体系结构施工→主墩及交接墩墩身施工→转体箱梁支架现浇施工→称重、配重及试转体→正式转体→6# 段及 8# 边跨现浇段施工→7# 合龙段施工。

3 12000t 球铰转动系统安装精度施工控制

3. 承台结构设计

转体桥主墩承台分为两层,下承台尺寸为 14.6m×14.6m,厚 3.7m,上承台尺寸为 11.5m×11.5m,厚 3.3m。承台结构自下而上由三部分组成:下转盘、球铰、上转盘,根据需要,下转盘分三次浇筑完成,上转盘分两次浇筑完成。下承台砼设计标号 C40,球铰处为 C50 砼;撑脚内填充 C50 微膨胀砼,转台及上承台为 C40 防腐,封铰区为 C50 微膨胀砼。下球铰直径 3.7m,上球铰直径 4m;设置 8 组(每组由 2 个)撑脚,安装中心直径 9.3m;滑道宽度 1.1 m,由骨架及滑道板组成,滑道板为 2.4cm 厚钢板。滑道钢板与撑脚走板预留 2cm 间隙。

在上承台纵向及横向均设有预应力钢束,共计 24 束 7- Φ^s 15.24mm 钢绞线和 24 束 5- Φ^s 15.24mm 钢绞线,在上承台施工完成后张拉。

3. 转体球铰加工及安装

球铰是转动体系的核心,是转体施工的关键结构。在转体过程中支撑转体重量,是整个平衡转体的支撑中心。球铰设计承载力 12000t,由中船重工七二五所负责加工。球铰为焊接钢结构,需无损探伤检测。球面半径:8m,平面直径:4m,球铰的下球面板上镶嵌填充聚四氟乙烯复合夹层滑板,与上球面板组成摩擦副,并涂抹黄油四氟粉润滑,确保静摩擦因数 <0.05,动摩擦因数 <0.03。钢球铰加工完成后进行试磨合,各项指标检测合格后整体运至现场进行安装^[1]。

3. 承台施工

3.3.1 下承台施工

(1) 首次浇筑下转盘 3.7m 高。绑扎承台底及侧面钢筋并埋设冷却管,进行第一层砼浇筑。等强后,在砼顶面预埋滑道,安装下球铰定位骨架。滑道及下球铰预留区域模板采用 5mm 厚钢板卷制,并按规范预留接茬钢筋。预埋件采用 1cm 厚钢板,尺寸 20×20cm,焊接 2 根 Φ 12 钢筋,钢筋加工成 U 型,端部打弯钩。锚筋埋入砼中长度 15cm。允许平面定位偏差 10mm,高程偏差 2mm。滑道及球铰定位支架共需预埋件埋件 41 块。

(2) 安装下球铰。定位骨架安装:利用预埋件分别安装滑道骨架、下球铰骨架,骨架顶面的相对高差 \leq 5mm。骨架

中心和球铰重合,与理论中心偏差 \leq 1mm;经多次进行复查无误后,骨架与埋件焊接牢固,方可进入下道工序。

下球铰定位安装:吊装下球铰使其放在骨架上,采用“十字线对中法”和“坐标控制法”分别对其水平位置和轴线位置进行对中、调平。先使用水平仪进行粗调平后,再利用千斤顶及骨架自身的细牙螺栓配合 Trimble DiNi03 电子水准仪、徕卡 TZ12 高精度全站仪将球铰精确调整到位后临时固定。静置一段时间后,对其位置再次复核,确认无误后,完成下球铰最后固定工作,完成下球铰定位安装。

(3) 浇筑二次混凝土。安装预留槽两侧钢筋,进行二次混凝土浇筑,必须控制预留槽高度,浇筑中需注意对骨架位置的复核。

(4) 安装滑道钢板。滑道安装:在钢撑脚的下方设有环形滑道,滑道板是由 24 mm 厚钢板经机械加工后镀铬抛光处理而成,表面粗糙度 6.3 级,顶面局部平面度 0.5mm。环道运至现场后分节段拼装。吊车吊装滑道板至滑道定位骨架上,再利用调整螺栓精调其高程及平面位置并固定。转体时保证撑脚可在滑道内滑动,以保持转体结构平稳。要求整个滑道面在同一水平面上,其相对高差 \leq 2mm。

(5) 浇筑预留槽混凝土。在滑道及下球铰的定位精度及牢固性均满足要求后,浇筑混凝土。下球铰采用 C50 无收缩砼,其配合比需经 28d 强度验证。由于下球铰处钢筋较密,且浇筑困难,砼流动性必须良好。

砼从球铰的一边向另外一边流动,利用球铰球面的振捣孔进行振捣,待混凝土溢出孔后封堵振捣孔。混凝土浇筑完毕及时清理下球铰处污染物并封闭保护,待砼强度达到 50% 后进行上球铰安装。同时,将牵引反力座与千斤顶反力座一并浇筑完成。

(6) 承台基坑体系转换。下承台施工完成,拆除模板,清理基底,用素土分层回填夯实 3.4m 高至低于下承台 30cm 处,再浇筑 30cm 厚 C30 混凝土,使得混凝土表面与下承台顶面平齐,等强养护后,即完成了主墩承台基坑体系转换。ML19# 主墩承台基坑深度由 5.5m 转换为 1.8m 深,MR21# 主墩承台基坑深度由 6.1m 转换为 2.4m 深。承台基坑体系转换完成后,继续转盘及上承台施工。

3.3.2 上承台施工

(1) 安装上球铰。采用工业吸尘器配合无尘抹布对上下球铰球面进行清理,作业人员带鞋套按照按编号顺序由内至

外依次在下球铰凹球面滑板凹槽内安装聚四氟乙烯滑板,再次清洁球铰表面,然后用将拌均匀的黄油四氟粉填满聚四氟乙烯滑板之间的间隙,使黄油面与四氟滑板面相平。在中心销轴套管中放入黄油四氟粉,将中心销轴放到套管中,调整好垂直度与周边间隙;将上球铰吊装到位,套进中心销轴内。微调上球铰位置,使之精确就位。球铰安装完毕后,上下球铰之间缝隙采用塑料纸包裹严密,避免杂质进入。

球铰安装精度要求:①安装顶口必须水平,顶面任意2点误差 $\leq 1\text{mm}$;②球铰转动中心必须位于设计位置,顺桥向误差 $\pm 1\text{mm}$,横桥向误差 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

(2) 安装撑脚及临时砂筒。上转盘共设有8组撑脚,撑脚内灌注微膨胀混凝土;撑脚在工厂加工制作,为双圆柱形,下设厚钢板走板。运进现场后与上承台转盘部分一起浇筑完成;安装撑脚时预留撑脚与下滑道的间隙为20mm。间隙太小,可导致卸架后撑脚与滑道钢板抵死,造成转体困难;间隙过大,转体时无法形成三点稳定支撑,转体过程不安全。为确保上部结构施工时转盘、球铰结构部不发生移动,用钢楔将型钢混凝土撑脚与环道之间塞死。

在每组永久撑脚间设置2个临时砂筒(单个上转盘下需要砂筒16个),转体前与撑脚共同作用,抵抗不平衡力矩,保证结构稳定;当转体结构梁部支撑解除后,临时砂筒充当体系转换的装置,方便拆除撑脚与滑道间的支撑。DN680 \times 14砂筒内填石英砂(砂使用前进行充分的烘干;砂筒安装前采用千斤顶根据梁体重量进行预压,减少砂箱沉降量),砂筒与永久撑脚同步安装。

(3) 牵引索的安装和保护。牵引索的主要作用是为转体

桥提供牵引力,由预埋在上转盘内的12根 $\Phi 15.24\text{mm}$ 钢绞线承担,按设计要求锚固端采用P锚,锚固长度3m,出口处设置导向板;钢绞线采用双排设置,中心与牵引座中心对中,2条牵引索高度一致,有各自的索道,互不干扰。预留的长度要充足并考虑4m的工作长度。牵引索安装完到转体使用时间较长,外侧采用塑料纸进行包裹,避免锈蚀。

(4) 上转盘模板安装。上转盘为厚0.5m,直径10.5m圆形结构。底模板支撑系统采用钢管脚手架+下层12 \times 15cm方木+上层10 \times 10cm方木(间距 $\leq 25\text{cm}$)+12mm厚竹胶板底模。绑扎钢筋,安装牵引索及预埋件,浇筑砼。

(5) 上承台施工。上承台为11.5m \times 11.5m \times 2.0m的矩形结构,结构中心与转体中心重合,安装钢筋、预应力及预埋件,在预应力束直线段每50cm、曲线段每30cm设置定位钢筋一道,定位后管道偏差 $\leq 5\text{mm}$ 。模板采用定型钢模,安装完成后浇筑砼。拆模后,立即在上下承台间应设置型钢锚固结构,防止在后续上部结构施工过程中,不平衡重量差引起的上下球铰的水平向错位。

4 结语

球铰的安装精度是转体桥成功的关键一步,因此,必须要高度重视。

参考文献

- [1] 控余常俊,周勇军,刘建明,张翔,贺厚.客运专线上跨既有繁忙干线铁路转体法施工监技术[J].铁道标准设计,2010(05)68-71.
- [2] 郭恒.北盘江大桥12000t转体球铰的研制与应用[J].材料开发与应用,2001(5).