

上跨城市轨道交通运营线(2×56)m转体T构桥的设计与施工技术分析

敖付勇¹ 李爱家²

1. 重庆市铁路(集团)有限公司; 2. 中国水利水电第五工程局有限公司

[摘要]本文介绍了(2×56)m转体T构桥转体系统的设计情况,并通过施工工艺及工况分析,确定出在转动过程中撑脚与下转盘可能发生接触受力的主要影响因素;并通过设计联络,驻厂监造、验收,转体施工、安装技术,称重、试转、正式转体技术及监控测量上制定相应的技术措施,确保转体过程中T构桥的微倾斜在可控范围内,转体顺利实现无接触转动到位。

[关键词]T构桥;转体系统设计;球铰;转体施工;监测

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.2173

一、项目概况

重庆轨道交通27号线西起璧山站,止于重庆东站,在正线第一个高架区间(璧~虎区间)与轨道交通运营1号线存在线路空间交叉关系,根据线路走向及高程条件,选用上跨通过,为充分减少上跨桥在施工阶段对轨道交通1号线的安全风险,最终采用T构桥转体跨越,并结合现场泄水渠、机械厂等既有建筑的场地限制,(2×56)mT构桥转体前采用挂篮悬浇施工。

主桥结构形式为(2×56)m预应力砼T形刚构桥,单线箱梁截面为单箱单室,全桥采用左右线分修设计,转体施工示意如图1所示。



图1 转体施工示意图

上部结构为预应力砼单箱单室箱梁。箱梁顶宽6.3m,底宽4.3m,翼缘板长(1.25+0.75)m,0号块梁高5.6m,跨中梁高2.6m,转体施工长度为112m。

二、转体系统设计

本桥采用桥墩下转体施工,用承台作为转体施工的转

盘,施工时将承台分为上、中、下3层,其中上承台和桥墩、上部结构一起转动,下承台与群桩基础作为整个施工过程中和运营过程中的桥梁基础,保持足够的刚性,中间层为厚度0.8m的后浇段,待转体完成后浇筑。上下承台均采用C50混凝土,中间后浇段采用C50补偿收缩凝土。

上承台(即上转盘)为圆形,直径为8m,厚2.2m,在距上承台圆心3.0m处一周共设计12个撑脚,拟在转体过程中上部结构发生倾斜时提供安全储备,如图2、3所示。

在正常转动过程中,上部结构、桥墩及上转盘的所有重量均由转动中心的球铰承担,撑脚与下转盘并无接触。当上部结构与转体过程中发生倾斜时,撑脚会与设置在下转盘的滑道发生接触并受力,以防止上部结构的过度倾斜。由于在撑脚受力后,上承台(上转盘)将会受到来自撑脚的剪切和弯曲的共同作用,加上上承台尺寸较大,在撑脚受到压力时的受力状态并不明确,具有一定的随机性,可能出现计算外的实体受力破坏类型,因此确保无接触转体到位是转体T构桥施工的关键,也是确保施工安全最有效的手段。

三、无接触转动分析及其相应的施工、监测控制技术

1、撑脚与下转盘滑道发生接触的分析及相应技术措施

根据转体施工工况的分析,撑脚与下转盘滑道可能发生接触有以下七个方面的原因,其分析及主要技术措施如表1所示。

2、桥梁转体装置设计联络、驻厂监造及验收

(1) 设计联络

施工单位将转体系统构造图提供给拟定有资质的生产厂家,厂家根据设计技术参数要求进行转体装置的深化设计,厂家再将深化设计图提交施工单位、原设计单位、施工监

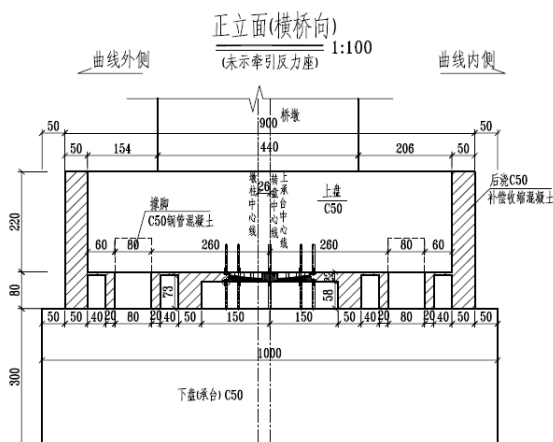


图2 转体系统正立面图

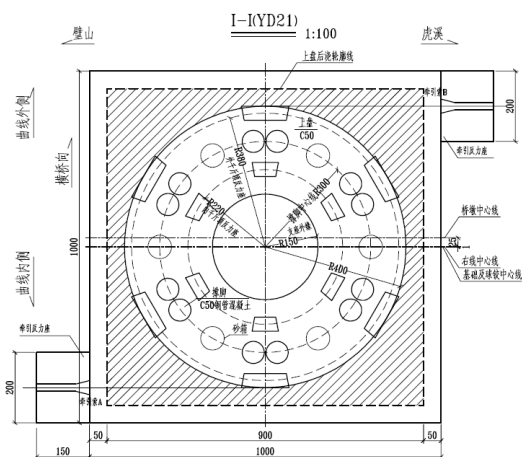


图3 转体系统剖面图

表 1 撑脚与下转盘滑道发生接触的分析及相应技术措施表

序号	发生接触的情况分析	主要技术措施
1	桥梁转体装置变形、破坏	严格原材料进厂验收、制作工艺、出厂检验及型式检验
2	对称悬臂端重量不平衡	严格控制悬臂浇筑模板安装及混凝土浇筑质量
3	节段重量不平衡	
4	下盘及支座垫石砼成型质量差，发生破坏、变形	严格控制下盘及支座垫石砼振捣及抹面质量
5	球铰安装中心线偏位，不能达到墩柱、转盘、上承台三线重合，发生牵引晃动	严格控制球铰安装精度
6	未落实转体前称重、试转	严格落实转体前称重、试转程序，并采取配重措施
7	未制定合理的监测技术	采取合理的布点及自动化监测手段，下盘及支座垫石砼成型质量差，发生破坏、变形

理、业主审核，审核通过后排产。

(2) 驻厂监造及验收

施工监理单位、施工单位分别安排一名人员驻厂，严格按照《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352)、《优质碳素结构钢》(GB/T 699)、《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》(GB/T 985.1)、《工程机械 焊接件通用技术条件》(JB/T 5943)等规范进行驻厂监造，主要包括：原材料进厂验收、出厂验收及型式验收。

- 1) 原材料进厂检验项目全部合格后方可使用。
- 2) 出厂检验中成品检验项目全部合格，则该批次产品为合格，方可出厂。
- 3) 型式检验对象为原材料进厂检验和出厂部件检验合格者，且在本评定周期内生产的产品。型式检验项目全部合格，则该次检验为合格。

3、转体桥施工、安装技术

3.1 悬臂浇筑施工技术

本项目采用全封闭菱形挂篮悬臂现浇施工T构梁节段，挂篮及附属设备重不大于设计要求的480KN并通过验算合格后方可使用，挂篮同步对称移动，位置差不得大于30cm，移动速度不宜大于10cm/min；节段模板必须定位准确，并具有足够的强度、刚度和稳定性，确保能承受施工过程中可能的各荷载工况产生的作用，防治涨、爆模的情况出现，影响节段重心发生变化；采用混凝土泵送入仓工艺，控制梁段混凝土浇筑不平衡重不超过10t。

3.2 下盘及支座垫石施工技术

支座垫石采用定型铝合金钢模板，并将模板顶面设置为支座垫石顶面高程；下盘及支座垫石均严格控制振捣插点间距为200mm，以“插入式振捣棒”振捣时间以20~30s为基础，并配合观察表面泛浆、气泡进行双控，确保下盘及支座垫石浇筑质量；浇筑完成后，及时采用铝合金方钢刮出表面

多余浮浆，并在混凝土初凝阶段采用木抹子、铁抹子进行两次收面处理，确保该部位顶部表面高程及平整度。

3.3 转体支座安装技术

转体支座安装时铺垫20~30mm厚无收缩高强度灌浆料，安装后支座顶面高差不得大于1mm。

由于转体支座为圆形，为确保支座准确定位，采用放样轴心点，并绘制转体支座外一次外圆弧控制线，并采用5点法再次校核，二次校核放样点是否在外圆弧控制线上，安装结束后采用钢直尺最终验收，如图4所示。

支座采用锚固组建与上承台及下承台连接，为确保支座准确就位安装，减少对下承台顶面受力钢筋的干扰，设置预留锚栓孔，预留孔的尺寸直径为锚固组建直径加70~100mm，深度为锚固组件长度加70~100mm，预留孔中心线及对角线位置偏差不得大于10mm，如图5所示。

4、称重、试转及正式转体技术

对于本桥平转法施工，保证转体体系的中心基本落在转动支承系统的中心是转体过程得以顺利实施的关键，然而，实际上转动体系的重心与转动支承系统的重心会因桥梁结构中心两侧的混凝土浇筑量不一致形成偏离。

为此，该项目考虑在试转前，进行不平衡称重试验，测试转动T构的偏心距、不平衡力矩、上下球铰间的摩阻力矩及摩擦系数，实现桥梁转体的配重，达到安全施工、平稳无接触转过的目的。

(1) 测点布置及施力设备

拟于上盘承台施工顶力，在距转体中心线3.5m处设置三台千斤顶，分别对转体梁进行顶放，在每台千斤顶顶上设置压力传感器，用以测试反力值，同时在下转盘顶四周布置4个位移传感器，用以测试球铰的微小转动，如图6、7所示。

(2) 试验步骤

1) 转体体系平衡状态判定

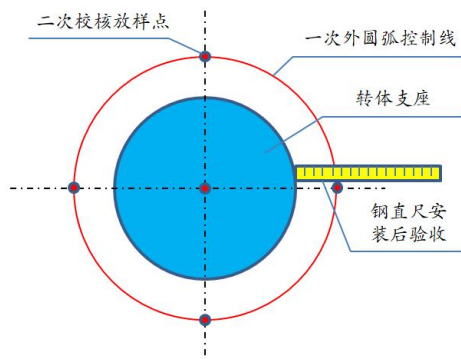


图 4 测量放样控制示意图

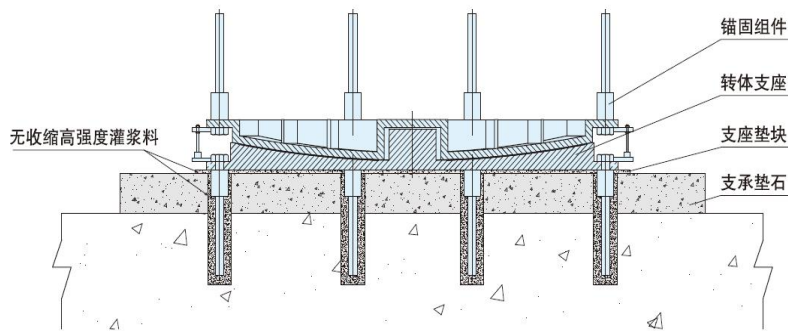


图 5 转体支座安装示意图

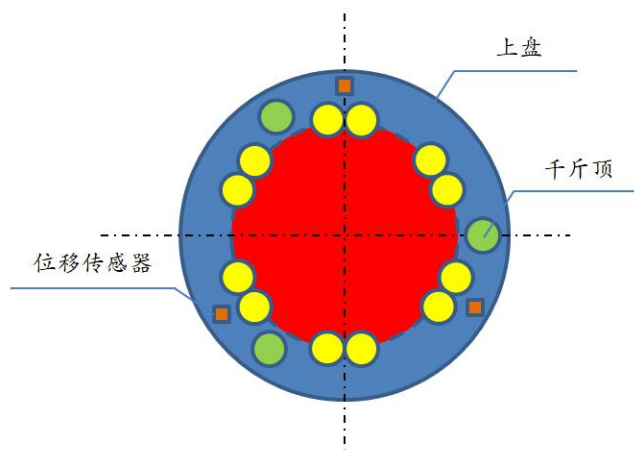


图6 测点布置



图7 位移传感器及千斤顶

逐步解除临时固结措施过程中，在撑脚处布置位移传感器，测试步骤：

①两幅转体施工完成转体前，布置传感器，读取初读数。

②清理撑脚及滑道，逐步解除支座处的临时支撑沙箱，进行连续测量，并观察撑脚是否随沙箱拆除向任何一侧下沉，判断转体体系的平衡状态。

2) 称重步骤

①调整已就位千斤顶，使所有顶升千斤处于设定的初始顶压状态，记录压力传感器的反力值。

②千斤顶逐步加力，记录位移传感器的微小位移，直到位移出现突变；

③绘制出P-Δ曲线；

④重复4次上述顶升试验；

⑤确定不平衡力矩、摩阻系数、偏心距；

⑥确定配重重量、位置及新偏心距。

3) 试转及正式转体

掌握当天当地的气象信息，转体施工前进行试转体，检查平转牵引系统的性能、整体平衡状态、测定摩擦因素、最大启动动力，为正式平转做准备。

各项工作全部就绪，气象条件符合要求，自动连续转体千斤顶、泵站、分控制台、人员到位后，启动动力系统设备，并使其在“自动”状态下运行。

①桥面中心轴线到位前2m内，监测点工作人员开始给控制台倒数报告检测数据，每10cm报告一次；在30cm内，每1cm

报告一次；在5cm内必须每1mm报告一次，使转体达到设计要求。

②转动角速度不宜大于0.02rad/min，转动最后阶段采用点动，确保T构桥精确就位。

③由于转体施工是单向动作，如过转将无法逆向调整，应设置限位系统防止过转。

5、转体监测控制技术

施工过程中及时对承台、墩身（顶）、T构桥进行倾斜、应力、几何形态挠度观测点进行观测，观测点布置如图8、9所示。

四、结束语

通过对T构转体桥在转动过程中可能出现撑脚与下转盘滑道发生接触的分析，并通过施工及监测技术措施将转体过程始终保持在无接触受力状态，确保施工阶段安全性。本桥的设计、施工、监测技术能对类似T构桥起到一定的参考作用。

参考文献

[1] 鲁翼. 四川路桥华东建设有限责任公司. 大吨位异型T构桥转体施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2014, (11). 129~130.

[2] 谢晓慧. 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 铁路大跨度转体施工T构桥设计研究[J]. 科技创新导报, 2016, (4). 23~25.

[3] 宁继康. 2×116m大跨度T构转体施工技术[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2011, (1). 1-6.

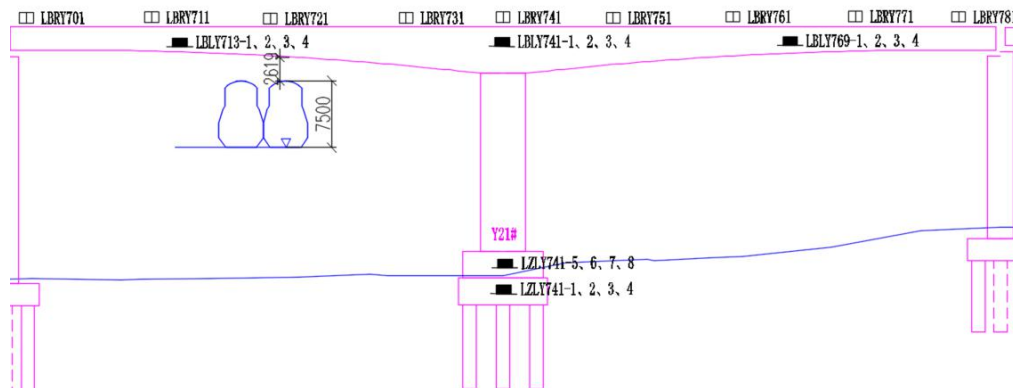


图8 观测点纵断面布置图(右线)

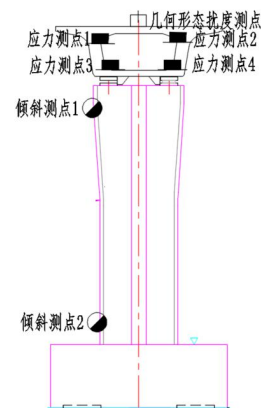


图9 观测点横断面布置图