

现浇混凝土单拱桥的施工控制要点

石军, 刘英, 苟圣, 周健

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川成都 610213)

摘要:在市政交通工程建设中桥梁占有很重要的比例,其施工过程中的质量控制非常重要。从材料的选择到施工过程的质量控制,再到后期成品的保护和养护等,任何一个环节出现问题都会引起质量事故或质量缺陷。为尽量避免出现类似情况,笔者以锦江生态带现浇混凝土单拱桥施工为例,从基础稳定、桥台抗滑移、拱圈线性等控制重难点问题出发,阐述了对单拱混凝土桥梁施工控制要点进行的分析与研究,提出了具体的措施并予以应用,取得了较好的效果。

关键词:桥台;拱圈;锦江生态带;现浇混凝土单拱桥

中图分类号:U443;U445;U448

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)05-0057-04

Construction Control Points of Cast-in-place Concrete Single-arch Bridge

SHI Jun, LIU Ying, GOU Sheng, ZHOU Jian

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213)

Abstract: Bridges occupy a very important proportion in the construction of municipal transportation projects, and quality control in the bridge construction process is very important. From the selection of materials to the quality control in the construction process, to the protection and maintenance of finished products, any problems in any link will cause quality accidents or defects. In order to avoid similar situation as much as possible, based on the construction experience of cast-in-place concrete single-arch bridge in Jinjiang Ecological Zone, The author expounds the control points of single-arch concrete bridge construction from the aspects of foundation stability, bridge abutment resistance, arch circle linearity, carries out analysis and research on key points, proposes and applies specific measures, and achieves good results.

Key words: Bridge abutment; Arch ring; Jinjiang ecological zone; Cast-in-place concrete; Single-arch bridge

1 概述

桥梁的结构形式往往是在综合考虑了工程的地理位置、地质条件以及建造成本等因素后最终选定的。混凝土拱桥作为一种常见的桥梁类型而被选用,其结构形式独特,具有优良的承载性能和美观的外观效果。在其施工过程中,必需严格控制桥梁建设中每个环节的质量以确保桥梁的安全可靠。

笔者以由水电七局承建的锦江生态带现浇混凝土单拱桥的施工管理为例进行了总结,旨在强调现浇混凝土单拱桥的施工控制要点。该桥梁为单跨下承式拱桥,跨度为 13.12 m,宽度为 52 m,拱桥圆弧半径为 5.05 m。对于一次成拱的单拱桥,在其施工过程中存在基础稳定、桥台抗滑移、

拱圈线性等控制难点。项目部通过对施工材料、技术措施、外观细节控制、配套设施等过程控制进行研究后制定出切实可行的施工质量控制措施并予以实施,达到了施工质量和工期控制要求^[1]。

2 施工材料、施工技术、外观质量及配套设施的质量控制

2.1 施工材料的质量控制

(1)水泥。在现浇混凝土结构中,水泥的选用至关重要,不同类型的水泥其特性具有较大的区别。在桥梁工程建设中,必须优先选用质量稳定、水化热较低和凝结时间较长的普通硅酸盐水泥,同时,应将水泥中的含碱量控制在 0.6% 以下。

(2)骨料。骨料要达到 II 类技术要求,粗骨料应选用粒径为 5~25 mm、连续级配的花岗岩碎石,应将含泥量严格控制在 19% 以内,堆积密度

收稿日期:2023-05-30

控制在 $1\ 420\sim 1\ 480\text{ kg/m}^3$ 之间;应将细骨料的细度模数控制在 $2.5\sim 2.8$ 之间,从而使粗细骨料之间具有良好的级配以保证混凝土不发生离析现象,且必须将细骨料的含泥量控制在 2% 以内。

(3)外加剂。所选用的外加剂与水泥、矿物掺合料之间应具有良好的相容性。在现浇混凝土桥梁施工中大体积混凝土为常见,因此,施工中必须考虑在混凝土中掺入HL-6BN型聚羧酸高性能减水剂,将混凝土的初凝时间调整到 7 h 左右,从而可以有效避免施工冷缝的产生;亦可以通过掺加其他活性材料的办法降低水泥用量,从而达到降低混凝土水化热的目的;另外,通过将混凝土终凝时间延长的方式,可以将水泥水化速率减慢,进而有效错开其放热高峰以实现混凝土内部温度的有效控制。

(4)粉煤灰。现浇混凝土桥梁作为市政工程其对清水混凝土饰面效果要求较高,且因所用混凝土属于高强度混凝土,故应选择I级粉煤灰进行掺和,利用其良好的活性取代部分水泥,在保证混凝土富余强度的前提下降低水泥用量,从而达到降低混凝土水化热的目的。

(5)混凝土配合比。按照普通混凝土配合比设计规程,在保证强度及和易性要求的前提下,通过加大掺合料掺量及骨料用量的办法以尽可能地降低水泥用量。在施工条件允许的情况下,通过降低用水量的方式可以减少水泥用量,从而达到降低混凝土水化热的目的,同时应控制该工程预应力混凝土结构中的最大氯离子含量不超 0.06% 。

在混凝土中掺用缓凝型专用外加剂并加大其掺量,通过试配混凝土,在施工环境条件下以将其凝结时间控制在 $9\sim 10\text{ h}$ 对应的外掺量为宜。

掺用冰水用以降低水化热。通过混凝土试配得知:冰水温度为 $8\text{ }^\circ\text{C}$ 时,混凝土出仓温度约为 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 左右。

通过试配,将混凝土到达现场的塌落度定为 $140\text{ mm}\pm 20\text{ mm}$,据此可以在确保混凝土满足施工要求的同时进一步降低水灰比。

2.2 施工技术控制要点

(1)桥梁基础的施工。拱桥建设对其基础的施工要求较高,基础的稳定性是保证桥梁使用寿命的关键因素,一旦基础出现水平滑移将会对整

个桥梁产生致命的破坏。因此,在设计阶段,必须对整个基础的地质条件做加密型的勘测,必须依靠完整的地勘资料以尽量避开软基和断裂持力基础,若确因特殊原因无法避开时则需采用特定的施工工艺进行处理。

施工过程中,首先应根据设计图纸由测量人员放出开挖边线、清除边线内的农作物、表层腐殖土及部分树木等,清表采用挖掘机并由人工辅助,清表深度约为 30 cm 。根据现场实际情况,采取合适的导流施工和降排水施工方式在基坑内四周的坡脚设置排水沟,通过排水沟将水流由上游向下游汇入导流明沟、经沉淀后排入河道。当基坑排水沟高程低于导流明沟时,在基坑排水沟尽头设置集水坑使用水泵进行抽排。

开挖时,遵循“纵向分段,竖向分层”的原则从沟渠下游向上游开挖。土方采用 $1.6\text{ m}^3/1.2\text{ m}^3$ 液压反铲分层开挖,将分层厚度控制在 3 m 以内,局部位置辅以人工撬挖。岩石的开挖采用破碎机破碎,液压反铲集料、挖除,岩石开挖的分层厚度约为 50 cm 。

若受地形条件限制而无法顺利施工时,可以利用已开挖的土石料填筑工作平台,待其开挖完成后再予以挖除。基坑底部预留 30 cm 厚的保护层由人工开挖。对于石方,由人工利用风镐进行破碎,以免超挖。

基坑底部由人工开挖完成后,必须由测量人员复核建基面高程、检查基底平整度,试验室进行承载力试验以确保各项指标满足设计要求。必须严格核查开挖成型后的地质情况,尤其是要关注在未至开挖高程过程中的岩基是否存在水平和斜状断裂层,一旦出现,应立即组织专家进行现场勘查、制定处理意见;对于出现的坑式或线型软基,则需根据其面积和深度制定出专项处置方案并与符合设计要求的地基进行整体连接,从而使整个基础形成完整受力;若出现单向或多向的台阶状基础,其分层以不低于设计强度的混凝土进行处理至设计基底。

当基础位置存在淤泥、杂填土等软弱土层时,必须清除所有不良土体,换填砂卵石。砂卵石按照 30 cm 一层分层回填, 26 t 振动碾碾压 8 遍以上;换填完成后需检测其承载力、压实度合格后方

可进行结构物的施工。

清基过程中,一定要做到干净彻底,尤其是在混凝土浇筑前,对仓面的处理不彻底将会造成现浇混凝土与原状基岩不能形成整体受力,将会造成严重的质量事故^[2]。

(2)桥台施工。桥台做为桥梁的主承结构起到应力释放和利用水平推力抵抗竖向压力的作用,因此,对桥台施工的质量控制非常重要。对其结构位置、结构尺寸的控制、预埋件的提前埋设和承台顶的凿毛等工艺进行控制都需要严格。施工前,一定要做好工艺流程控制,做到技术控制引领现场施工,避免因现场施工质量控制不严导致的桥台出现裂缝、滑移或强度不足等病害。需要注意的是:施工过程中,对台身的排水孔施工一定要重点控制,避免因排水不畅导致台背的土压力增大对桥台增加额外的推力,从而导致桥台的整体倾覆。不论是重力式或锚定式桥台都需要在施工过程中严格控制施工质量,一旦出现滑移倾斜等问题,对整个桥的使用将是致命的^[3]。

(3)拱圈施工。拱圈做为桥梁工程的主要荷载结构承担着来自桥面的压力,亦需承担来自外部带来的弯曲变形力。通常,设计时除考虑建造成本和外形美观等因素外,都会对拱圈进行单独的考虑。施工前应制定专项满堂支架方案并在其搭设前需对其地基进行硬化。搭设过程中,一定要对支架立柱下设不少于 50 mm 厚的垫块以确保支架对地面受力均衡。对于支架的间距、行距、步距、线型等必须严格控制,水平和竖向的剪刀撑按设计要求布置,扫地杆及封顶杆的预留自由端应满足支架搭设相关的规范要求,否则易产生受力不均而造成严重的质量事故。对于斜撑及连墙件必须根据现场实际情况进行控制。铺设底模前,应对整体支架进行验收并形成验收资料。铺设底模时,必须考虑挠性变形和荷载变形,因此,应进行预压并充分考虑变形值带来的施工偏差。

底模应尽量采用成品钢模,若因批量过小、考虑成本因素使用木模时,必须严格控制模板的厚度,既要考虑其支撑强度,又要考虑圆弧的外观质量,尤其是对搭接处的圆弧线型和拼接缝要注意其搭接间隙不能过大,否则极易出现质量缺陷。外模安装时,必须预留排气孔和进料孔,提前制作

好封孔板。对外模的圆弧模板进行加固时,应尽量采用标准的圆弧桁架,亦可用国标的钢管制作,非不得已才能采用 $\Phi 22$ mm 以上的螺纹钢筋用于加固外模,以避免在混凝土浇筑过程中出现变形^[4]。

拱圈施工的难点在于混凝土浇筑,薄壁混凝土的施工质量为主要关键点;混凝土送料的坍塌度和振捣密实度都是管控的难点,其送料高度采用在每 2 m 高度(高度过高极易出现空洞和离析现象)预留 300 mm \times 300 mm 送料口(低位和侧位应设挡料板),宽度可按每 4 m 设置一孔,多排送料孔应采用梅花型布置以确保送料均匀。关于振捣的控制,应尽量在送料前先将软轴振捣器放置于底部再送料,边送料边慢慢提升软轴振捣器以确保振捣密实。每一个送料孔完成送料后必须及时进行封堵和加固,严禁出现加固不实的情况。若拱圈宽度过宽、不能一次成型浇筑时,应采用先两侧、后中间的方法进行分序施工。拱圈浇筑完成后,应严格控制外模的拆除时间,过早易出现不必要的质量缺陷,过晚则易出现拆模难度加大和养护困难的问题。对于拱圈的质量控制,养护是关键,严禁出现因养护不到位导致的裂缝。

(4)台背施工。台背的施工需要注意按照施工规范和图纸要求形成台阶后再分层施工。整体填料的选择必须符合设计要求,尤其是要控制靠近台身处的填料粒径和压实度。对于靠近台身处,绝不能使用重型设备夯击,以避免对台身造成损坏。对台背后的透水性材料需要对材料质量及料级配进行严格控制以避免因排水不畅而造成台背处的土压力增大。排水孔的通畅和倾斜角度往往是容易忽略的问题,必需重点关注。

桥台搭板在台背处的施工往往因其工序靠后且其在结构以外,极易出现质量控制松懈的情况,而且由于工期、气候、作业面小等原因,路堤施工过程中极易出现压实度不足而导致的后期沉降,后期行车过程中出现跳车的现象亦比比皆是,因此,需要对搭板施工前的路堤部分施工予以高度重视,若其不能经过一个降雨期的自然沉降,也需人为对回填区域进行水夯,以保证承载搭板受力的 80 cm 以内的回填土密实并满足设计要求。

2.3 外观质量控制要点

桥梁工程通常划分为单位工程,尤其是在例行质量评定中需要对其外观进行专项打分,因此,需要对其外观质量进行重点控制。模板的选择应特别严格,能使用铝模和钢模的应尽量使用铝模和钢模;对于使用木模的特殊部位需要控制其拼接质量,尤其对孔洞缝隙等部位一定要进行封堵,尽量不要出现错台、挂帘、水印等质量缺陷。对于混凝土浇筑前的仓号验收,一定要对线型进行重点检查,做到横平竖直;对于二次周转的模板一定要清理到位并刷涂拆模剂。对于外露面的模板加固一定要谨慎,绝对避免出现跑模移位甚至爆模事故,一旦出现类似问题,其后期处理难度大,费用高且效果差。在混凝土浇筑过程中,一定要注意大体积和薄壁混凝土的振捣到位,避免出现空洞、蜂窝、麻面等质量问题。对于浇筑完成的成品保护也须时刻注意,避免出现所浇筑的成品因拆模过早或拆模后对成品保护不到位而导致其边角出现损坏,损坏处理后的效果达不到直接浇筑的效果,并且还存在着色差,费时、费力、效果差,最终影响桥梁整体质量外观^[5]。

为保证新浇筑的混凝土有适宜的硬化条件,防止其早期因干缩而产生收缩裂缝,应在混凝土浇筑完毕及早洒水养护。混凝土二次收面处理后若可以淋水,应淋至混凝土表面湿润后再用塑料薄膜或薄毛毯覆盖养护,确保将混凝土表面严密覆盖,绝不能让混凝土裸露在空气中。这样施作的目的有以下几点:

(1)可以有效减少混凝土的水分散失,让硬化后的混凝土实现自然养护;

(2)可以有效实现对混凝土的保温。在混凝土浇筑时间周期跨度大的条件下,由于昼夜温差较大,大体积混凝土的温控处理应考虑如何做好硬化后对其实体的保温措施,控制其内部温度不大于 75°C ,内表温差不大于 25°C ,从而使混凝土内外温差得到有效控制,避免温差裂缝的出现;

(3)混凝土养护的时间不得少于14 d。

2.4 配套设施的质量控制要点

由于桥梁施工的后期存在工种多、工序杂等问题,若施工组织不合理极易出现窝工和质量问题。对于附属工序的施工,在工程前期主体结构

施工时就要考虑预埋件的提前制作和施工,以及工程后期工序的合理安排、多工种的交替施工及成品保护等,应做到提前谋划,精心组织以确保桥梁施工的整体质量达到预期效果。

懈怠或不负责任的质量控制行为最终会导致所建桥梁外观差且影响其正常使用,既对施工单位的声誉造成不良影响,又增加了后期维修的施工成本,严重者更会带来安全事故。因此,在桥梁施工过程中,必须保持高度的责任心,严格按照施工图纸及规范进行施工,严格管控细节,最终保证工程的顺利完成。

3 结 语

锦江生态带现浇混凝土单拱桥的施工质量控制通过材料的选择与对比分析,对主体结构的施工质量进行预控。通过对质量通病进行预判断,制定出切实有效的施工技术措施并予以应用,解决了质量易发问题。以细部施工质量管控为手段,提高了拱桥的外观质量效果。通过质量控制手段,较好地控制了现浇混凝土单拱桥的施工质量,并保证了在多工种、多工序施工情况下的快速施工。锦江生态带现浇混凝土单拱桥施工取得的成功经验可为同类工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 庞少剑. 建筑混凝土裂缝的生成原因及预防举措[J]. 中国住宅设施, 2019, 18(11): 112-114.
- [2] 周邵宜. 钢筋混凝土拱桥拱圈支架施工实践及质控要求[J]. 中国城市经济, 2011, 14(1): 225-226.
- [3] 张艳静, 成厚松, 包杰. 阻滑板的原理及对拱桥桥台桩基抗震性能的影响[J]. 交通世界, 2023, 30(3): 259-261.
- [4] 张汉南, 何容顺. 钢筋混凝土拱桥的施工[J]. 房地产导刊, 2015, 16(23): 227.
- [5] 城市桥梁工程施工与质量验收规范, CJJ2-2008[S].

作者简介:

石 军(1972-),男,四川双流人,工程师,从事水利水电、市政与建筑工程施工技术与管理工

刘 英(1974-),女,四川仁寿人,工程系列专业技术带头人,正高级工程师,从事工程项目施工技术与管理工

苟 圣(1994-),男,四川阆中人,项目工程部副主任,助理工程师,从事市政工程施工技术与质量管理工作;

周 健(1993-),男,湖北黄冈人,助理工程师,学士,从事市场营销与投标文件编制工作。

(责任编辑:李燕辉)