

挂篮施工中的细节问题进行分析、管控、优化及创新

张锡坤

(中交四公局第一工程有限公司 北京 100020)

摘要: 本文根据挂篮施工的特点及以往施工经验, 对挂篮施工中的细节问题进行分析、管控、优化及创新。

关键词: 桥梁、挂篮施工、反力架、细节、优化、创新

在大跨径的桥梁悬臂浇筑法施工中挂篮得到广泛应用, 挂篮施工工艺在现今的桥梁建设中已经很成熟, 使用成熟的施工工艺就要求现场施工人员在细节的把控上更严格, 细节管控是决定工程生产的安全和质量。

本文结合舍塔高架桥刚构的挂篮施工及以往施工经验, 对挂篮施工中的细节问题进行分析、管控、优化及创新。

1. 概况

K47+653.5 舍塔高架桥位于古丈县古阳镇舍塔村, 跨越 S229 省道及古阳河, 桥梁全长 631.46m。全桥共 5 联: $(65+110+65) + 2 \times 40+3 \times 30+ (44+80+44) + 40\text{m}$; 上部结构采用预应力混凝土装配 T 梁+连续刚构, 桥墩采用柱式墩和薄壁空心墩, 桥台为 U 型台、扩大基础。

主跨径 80m 和 110m 连续刚构箱梁为三向预应力混凝土结构, 全幅桥采用分离式单箱单室截面, 箱梁顶板宽 12m, 底板宽 6m, 箱梁悬臂长 3m, 上部箱梁采用双悬臂挂篮逐块对称现浇施工。主跨 110m 的连续刚构主墩顶 0 号块梁长 19m, 其中两边各外伸 4.75m。主跨 80m 的连续刚构主墩顶 0 号、1 号、1' 号梁段共长 10m, 其中两边各外伸 2m (1 号、1' 号梁段)。

2. 挂篮介绍

2.1 挂篮的种类

挂篮是悬臂施工中的主要设备, 按结构形式可分为桁架式挂篮 (包括平弦无平衡重式、菱形、弓弦式等)、斜拉式 (包括三角形斜拉式和预应力斜拉式)、型钢式及混合式等。其中以三角形及菱形等型钢桁架式挂篮因其结构简单、受力合理及一次移动到等优势受到广泛欢迎。

2.2 挂篮施工特点

所谓挂篮施工, 是指浇筑较大跨径的悬臂梁桥时, 采用挂篮方法, 就地分段悬臂作业。它不需要架设支架和不使用大型吊机。挂篮施工较其他方法, 具有结构轻、拼制简单方便、无压重等优点。挂篮施工的主要特点: ①能承受梁段自重及施工荷载; ②刚度大, 变形小; ③结构轻巧, 便于前移; ④适应范围大, 底模架便于升降, 适应不同的梁高。

3. 施工优化

3.1 反力架千斤顶预压法在刚构施工中的应用

以最具有代表性的舍塔高架桥主墩 2 号双肢薄壁墩为例, 墩高 82.5m, 前后薄壁墩间距 5.9m, 施工场地狭小, 地形条件差, 箱梁 0#块采用托架施工, 利用钢桁架做反力架, 采用单片试压的方法。首先在薄壁墩施工中利用爬模工艺控制好垂直度, 控制准墩顶标高, 精确预埋 pvc 管位置及墩顶预埋 $\Phi 32$ 精扎螺纹钢。由于设计路线纵坡为 4%, 故将前后薄壁墩的预埋 pvc 管位置设在同一水平面, 确保预压时安全稳定, 利用调节块调节底模标高。由于高空作业, 为确保施工安全, 往往在托架预压前已将分配梁安装, 提供操作平台, 而我们采用托架单片预压的方法, 千斤顶如果作用在分配梁上, 就达不到单片预压的效果, 造成整体预压, 无法消除托架安装时的非弹性变形和测得弹性变形数据, 为立模提供准确的数据。

舍塔高架桥主墩 9 号墩是空心墩墩双肢薄壁墩, 墩高 65m, 墩顶 0#、1#、1' 块为一次整体浇筑, 梁长 10m, 无法提供挂篮安装的空间, 在保证安全的前提下, 将两边挂篮进行拼接成整体, 从而满足挂篮安装空间。

在以往刚构施工中, 0#块及挂篮往往采用堆载预压, 即利用水箱、沙袋或预制块等堆载到布设点, 这需要大量的水、沙袋或预制块, 而且空间有限。在满足设计的基础上, 摒弃以往的堆载预压,

利用反预压的方法, 可以快而有效的达到预压效果, 比如上述 2 号墩 0#块托架的预压。对于挂篮预压我们在 0#块腹板合模前, 在每处腹板端头预埋两块钢板, 待纵向预应力张拉压浆后, 焊接三角形钢桁架, 调节底篮与桁架间间距, 能满足千斤顶安装稳定。提示: 每个桁架设置不少于两台千斤顶, 对称布设。在底篮的纵梁上设置 140 以上的双拼工字钢作为分配梁, 以减小应力集中对底篮纵梁的变形影响, 同时预压前不要铺设底模, 以免造成底模局部变形, 影响混凝土浇筑后外观质量。

根据上述施工工艺采用反力架千斤顶预压法, 总结反力架千斤顶预压法与水箱、沙袋或预制块加载预压法相比, 主要优点有以下几方面:

①加载过程简单, 过程明确, 千斤顶加载等效荷载比较贴近实际。加载数值大小可以从液压油表上读取, 加载卸载过程容易受控制。

②预压速度快, 可有效节约工期。分级加载从开始到卸载结束全过程消耗时间 1—2d, 而水箱、沙袋或预制块加载预压法从开始到卸载结束要消耗 7d 左右的时间。因消耗时间短, 可以反复加载, 多次读数, 确保了预压数据的准确性, 而水箱加载预压法或者沙袋加载预压法由于水或者沙子的流失, 造成预压数据的准确性差。

③受施工环境的影响小, 施工成本低, 可以节约成本。反力架千斤顶预压法只需 4 台 100t (或两台 500t) 的千斤顶和 136 的工字钢焊接成反力架, 本身千斤顶在后期梁段预应力张拉时重复使用, 136 工字钢可以在后期现浇段的施工中做底模分配梁或者做现浇段的钢管架横斜撑使用, 而水箱、沙袋或预制块加载预压法需要的人工费、机械费或沙子的损耗费及混凝土浪费高于反力架千斤顶预压法, 重复使用效果差。

④采用水箱、沙袋或预制块加载预压法不便于布设观测点, 即使有布设点以相对较少, 不利于反应整体托架或挂篮的弹性变形情况, 也不利于测量观测, 而利用反力架千斤顶预压法, 可以布设多个测点, 对哪个数据有疑问还可以反复加压、测量。

缺点: 为了达到对 0 号块托架及挂篮的整体预压效果, 防止产生局部受力的现象, 要求在 0 号块托架及挂篮的底模上布设数量足够强度及刚度大的工字钢作为分配梁。如果分配梁数量太少, 或者强度刚度不足, 容易产生千斤顶附近的观测点变形值偏大。

总结: 在刚构施工中, 采用反力架千斤顶预压技术, 施工简便、快捷, 安全系数高, 解决了在施工条件困难, 场地狭小等不利因素下采用堆载预压法无法实现的难题。

3.2 边中跨合拢方法

3.2.1 边中跨合拢采用挂篮前移, 利用挂篮的方式合拢施工。边跨合拢时只需移动边跨处挂篮, 中跨处挂篮不动, 而中跨合拢时可以拆除边跨处挂篮, 只需中跨一侧挂篮前移。

3.2.2 在悬臂端各加水箱压重前, 要检测合拢梁段两侧的梁顶标高, 确认合拢标高是否符合要求, 同时还可利用梁段两端的压重调整一定范围内的高差。

3.2.3 架立合拢段模板、绑扎钢筋, 安装内外刚性连接, 并在设计要求的温度下浇筑混凝土前锁定刚性连接。张拉预应力束作为临时合拢束并锚固。

3.2.4 对已安装刚性连接的合拢段进行测量观测, 检查内外刚性连接是否出现异常, 如无变化, 选择低温时段浇筑合拢段混凝土, 并且控制在全天气温最低时混凝土达到终凝, 确保无强度或低强度的混凝土在温度变化时不会开裂。浇筑砼时按相应浇筑重量放出水箱中的水, 使合拢段在不变荷载下完成砼的浇筑, 并进行跟踪检测,

使标高变化控制在设计以内。

3.2.5 合拢段混凝土养生待强,当混凝土达到设计强度 90%后再解除外刚性支撑,对称张拉预应力钢束并锚固灌浆,张拉顺序为先将束后短束。

3.2.6 拆除合拢段挂篮,张拉剩余的横向、竖向预应力钢束(筋)。

3.3 底板混凝土浇筑完后,用板式振动器托平。在底板混凝土的表面靠近两侧腹板倒角处,各压上一块 1m 的压板,以防在浇筑腹板混凝土时,混凝土翻入底板。

3.4 在翼缘板使用定型钢模做底模的前提下,如何精确快速的立模,为后续施工节约时间。首先确定底模的偏位及标高,其次调整腹板的垂直度和高度,最后在测量翼缘板的位置及标高。

4. 细节管控

4.1 高墩挂篮施工,对塔吊、泵管(2道)、电梯(大于 40 米)或人字型爬梯等的场地布置,为保证翼缘板不开窗,在塔吊及电梯基础时,要保证电梯升降箱和塔吊标准节避开翼缘板。

4.2 项目安排两家或多家锚具厂家提供不同型号锚具多件套时,一定要分开存放,尤其工作夹片,对小配件材料的数量要点清。现场对队伍负责人及作业班组做好交底,材料码放整齐,下垫上盖防锈蚀。

4.3 在选定挂篮时,行走轨道宽度要小于腹板上双排竖向预应力中心间距,否则保证安全的前提下,将行走轨道垫高 20~40cm,以免轨道与竖向预应力钢绞线冲突。

4.4 电焊机的搭铁线不允许搭在挂篮设备上。挂篮上所有用精扎螺纹钢的都采用双螺帽,同时套波纹管绝缘,精扎螺纹钢必须保证竖直受力,行走轨道与中支点的接触面上焊接钢板或涂黄油,减小挂篮前移时的摩擦阻力。

4.5 所有预应力管道定位必须精准,与锚垫板接触的混凝土振捣密实。纵向预应力在张拉前在钢绞线上做好标记,检查是否滑丝,否则要放张重新张拉。

4.6 竖向预应力及横向预应力在 n-3 块纵向预应力张拉完成后张拉,时间间隔长,工作夹片在竖向和横向预应力张拉时安装,否则锈蚀会造成张拉时滑丝或夹片弹飞。

4.7 千斤顶和油表或者智能张拉设备检测时间不能超过半年,限位板的深槽度必须达到 7mm,耗损严重的必须更换,以免预应力损失过多。

4.8 混凝土浇筑顺序:为避免在浇筑箱梁混凝土时挂篮下挠引起新旧砼间产生裂缝,应从梁段前端向后分层浇筑。浇筑完腹板顶端剩余部分混凝土后,再浇筑箱梁顶板、翼缘板混凝土。

4.9 润泵润管作用:清水泵送完,计算润泵砂浆方量,保证砂浆与水接触的 2m 全部打出,沿纵向低端垫高,易出砂浆,砂浆润泵可以对泵管对接处起到密封防止漏气,清水洗泵,这样减少堵管几率。

5. 细节的创新

5.1 挂篮施工中挂篮是整体前移,最常见的底篮的后横梁移动利用在主梁上设置一根中横梁,在翼缘板横向每端设置一根竖向吊带(精扎螺纹钢),上下连接,跟随主梁整体移动。对于整体式桥梁施工,一般相差两个块段拼装挂篮设备,因为左右幅的横梁位置冲突,不能同步安装挂篮,会导致前期工人窝工,工期延长。

5.2 针对挂篮后锚系统的改进

对于腹板的竖向预应力使用低松弛钢绞线的,其中一种是将竖向预应力一次张拉完成后利用转换器链接精扎螺纹钢作为挂篮的后锚系统,这对竖向钢绞线的锚固端加工要求极高,一次张拉必须达到设计要求,才能利用竖向预应力作为后锚系统,但在这个过程中可能对锚杯的丝扣造成破坏,影响二次张拉的效果。另外一种是在腹板或者腹板两侧预埋外露不少于 20cm 的精扎螺纹钢,通过连接器连接所需要的精扎螺纹钢作为后锚系统,虽然安全性高,但在经济方面考虑精扎螺纹钢的浪费比较大。

5.3 竖向张拉槽的升级

最常用的竖向张拉槽为四棱体型(上口大,下口小),混凝土浇筑后过早拆除张拉槽,容易造成槽口棱角的混凝土破坏,锚垫板倾斜,会增大竖向预应力损失及堵塞波纹管,压浆不密实等状况。

张拉槽拆除过晚,会浪费过多人工。特此设计杯型张拉槽,待混凝土达到强度后,很容易拆除,同时避免上述中的不利影响。

5.4 现浇段支架形式的创新,即利用挂篮做现浇段

5.4.1 舍塔高架桥 110m 刚构的边跨现浇段长度 9m,现浇段下方是施工便道,净空高度 34m,为保证通行必须设置门洞。以往施工中采用采用 $\phi 50\text{mm}$ 钢管或碗口支架架设,地基处理面积大,管架间距密集(60cm~90cm),不利于通行,同时整体稳定下差。对此项目采用钢管支架($\phi 508\text{mm}$)焊接,横纵向用 20a 槽钢连接,并在横纵向设置剪刀撑,间距不大于 10 米,同时与舍塔 3#墩墩身预埋件固定,钢管顶部在设置横纵工字钢,即保证便道的正常通行,又增加支架的整体稳定性,确保安全施工。经过预压后再铺设底模,安装侧模,绑扎钢筋,安装内模,浇筑混凝土及养生。

5.4.2 舍塔高架桥的 80m 刚构的现浇段长度只有 3m,合拢段也只有 2m,将挂篮整体前移顶到盖梁上,并将挂篮主梁延长至盖梁顶,竖向用双拼工字钢支撑,使整个挂篮筒便成扁担体系,经验算具有较强稳定性,稳定性满足施工需求,同时对现浇段合拢不易产生错台,安全快捷。

6. 合拢段的配重原理,作用及注意事项

6.1 配重的原理

为了减少合拢浇筑混凝土时,对合拢段本身及整个桥梁结构受力的扰动,应在合拢前预先施加配重,随着合拢段浇筑逐步卸载配重来保持整个体系浇筑前后的稳定。

6.2 配重的作用

一是保持合拢段混凝土浇筑过程中合拢段两侧的标高稳定,保持浇筑中结构体系的受力稳定。二是调整合拢段两侧标高。

6.3 配重的方法

一是等弯矩配重法,即悬臂端所受力对墩顶的弯矩等于配重对墩顶的弯矩,优点是容易计算,加载位置明确,缺点是对合拢口两端有引起扰动。二是等位移配重法,即在合拢口两端悬臂在浇筑混凝土时不发生相对位移,也是不发生扰动,优点是加载位置明确,合拢口处不发生扰动。

6.4 注意事项

合拢段绑扎钢筋前,端面凿毛到粗骨料。在浇筑混凝土前,内外支撑选择在当天温度较低时焊接后通过张拉纵向预应力施加部分预应力。利用测量监控合拢口处固定点的标高,调节配重水箱放水速度,以免合拢口下挠幅度大,新老混凝土结合面抗剪能力降低,影响结构安全。

7. 二次张拉原理及作用

7.1 二次张拉原理

刚构施工中设置竖向预应力筋主要是与纵向预应力一起抵抗箱梁的主拉应力,与纵向、横向一起形成三向预应力体系,防止腹板斜裂纹的出现。竖向预应力容易出现应力损失过大,压浆不通、压浆不饱满等问题,第一次是锚杯受力,第二次是支撑螺母受力。目的:可以通过锚杯与支撑螺母的相对位置检查是否二次张拉,二次张拉可以保证锚杯与支撑螺母间有足够的丝扣数量,及刚度受力。竖向张拉槽二次张拉前必须清理干净,否则二次张拉后因杂物进入支撑螺母下,预应力损失。

7.2 二次张拉作用

因为竖向预应力钢绞线相对较短,工作夹片及钢绞线回缩会造成预应力损失过多,弥补预应力损失,增强腹板的抗剪能力。

8 要注意施工中细节管控及操作技巧

9. 结束语

作为悬臂浇筑法施工中一种通用的施工方法,该方案不需大型吊机和架设支架,具有拼装简单、结构轻便、前移和装拆方便、较强的可重复利用性及受力后变形小等优点,在永吉高速建设工程中得到了广泛地应用,得到业主、监理单位的一致认可。本文着重结合舍塔高架桥刚构的挂篮施工中的细节问题进行了分析、管控、优化及创新,希望这些总结能在今后挂篮施工遇到类似问题提供经验。

参考文献:

1. 林海瑛,黄金珠.浅谈园林工程施工中的细节问题及处理对策[J].科技创新与应用,2013,(18):135.