

大跨度连续刚构桥合拢段施工要点分析

胡文平

(中铁十五局集团第四工程有限公司, 河南 新郑 451100)

【摘要】随着我国现代科学技术的不断发展和进步, 我国的桥梁技术也得到了飞速的发展, 其中连续刚构桥属于一个非常重要的建造形式和内容, 其中融合了T型钢构以及连续梁的优点, 存在明确的受力现象, 和现阶段的大跨度桥梁发展相吻合。在这个过程当中, 第一我们需要对大跨径预应力的连续刚构桥自身的优越性进行全面的分析和研究, 基于悬臂施工的角度来对其连续刚构桥的施工技术进行分析和论述。在实际案例的基础上对其连续刚构桥的合拢段施工重点进行了分析和研究, 实现了重点的控制和分析, 对我国桥梁施工技术的发展起到了一定的推动和参考意义。

【关键词】连续刚构桥; 合拢段; 施工; 要点; 分析

引言:

对于连续型钢结构的体系而言, 需要不断地进行设计的改进和优化, 以此来推动施工技术的不断进步, 打造出山区高速公路跨越深V地形的首选施工手段和桥型之一, 其中在连续刚构桥的体系施工建造的过程当中, 合拢段的施工属于最为关键和重要的一个部分, 同时也是桥梁建成之后最容易出现病害的部分。在部分的刚构桥梁实际的运行过程当中, 受到了外界因素的干扰, 比如高温等, 因此需要最大限度地降低温度对桥梁合拢段所造成的影响和威胁, 可以借助于工期调整的方式将合拢段的施工选择在核实的时间阶段范围内, 此种方式所产生的工程成本会较大且对工程进度所造成的影响也相对较大。

一、大跨径预应力连续刚构桥

在大跨径预应力连续刚构桥的施工过程当中, 可以基于结构体系的角度来进行分析, 连续桥梁当中, 包含了预应力连续刚构桥, 但是连续桥梁属于一种较为古老的桥梁形式, 在结构的刚度方面较好且产生的伸缩缝也相对较小, 在养护方面也较为简单。在早期的施工过程当中由于施工技术和手段的限制, 在20世纪60年代以前建造的连续桥梁跨径都在100m的范围内。但是现阶段出现了悬浇以及悬拼施工的方式, 从而出现了T型钢构桥梁, 在20世纪的60年代当中, 连续桥梁的体系和T型钢构得到了有效的融合, 连续钢构的桥梁也得到了不断的发展和成熟稳定。其中连续刚构桥内部融合了T型钢架以及连续梁的优点。T型钢架内部的后墩变薄从而产生了一个柔性墩, 其中主梁部分主要包含了连续梁, 墩梁部位为固结梁。在现阶段, 我国的连续钢构体系当中, 建筑的桥梁的主跨部分主要包含了100m到250m的范围内。在现阶段的高强混凝土、钢材以及大吨位张拉锚固体系的不断发展和壮大应用的过程当中, 其预应力的连续刚构桥的实际应用也在不断的支撑, 实现了大跨度以及高墩

能力的完善和强大, 在省料、省工以及省时方面都可以得到较为良好的优化。

二、大跨径连续刚构桥合拢关键技术应用

对于连续刚构桥而言, 对于合拢段而言, 在整体的连续刚构桥施工的过程当中占据了重要的内容, 属于一个非常重要的环节, 对整体的桥梁后续的施工以及设计部分的合理程度都可以起到非常重要的关联关系, 因此需要进行合拢段的施工科学合理性。

首先, 合拢段的施工可以利用悬吊法的方式进行施工, 借助于挂篮模板的方式来浇筑边跨和中跨部分的合拢段混凝土部分, 实际的施工过程当中需要注意外界因素所造成的影响, 第一, 将临时托架搭设在合拢段内, 用于进行两端底板和托架部分的固定; 第二, 在合拢段的混凝土浇筑过程当中需要选择合理的时间浇筑施工; 第三, 在混凝土的强度满足一定的强度要求之后, 就可以去除固结的设备设施, 按照一定的顺序来进行张拉边跨操作施工, 基于试验的基础上进行膨胀剂掺加量的确定。

其次, 体系之间的相互转换设计当中规定了, 边跨合拢段的混凝土强度需要和规定设计的数值相吻合之后才可以开展张拉边跨的合拢束施工, 以此来构成一个单悬臂的体系。利用此种方式进行中跨合拢段的混凝土展开施工浇筑之后, 才可进行张拉预应力束的施工, 拆除模板之后就可以结束体系之间的转换, 以此来建筑成为一个四跨连续梁, 其中具体的施工要求需要根据表1来进行施工建设。

再次, 进行模板的安装和钢筋的绑扎, 可以借助于挂篮模板来作为合拢段外侧的模板, 也可以当成底部的模板, 区别于普通梁段的底模而言, 两个部分的加固方式存在一定的一致性。与此同时, 内模部分可以利用钢模或者木模的方式进行应用, 区别于普通的悬臂施工, 对于合拢段内存在的钢筋绑扎施工也存在一致性。在中跨何孔端的施工过程当中, 进行两侧

表 1 合拢段施工要求

边跨	中跨
第一, 将临时支架搭设在合拢段内, 用于进行两端底板和支架部分的固定; 第二, 在合拢段的混凝土浇筑过程当中需要选择合理的时间浇筑施工; 第三, 在混凝土的强度满足一定的强度要求之后, 就可以去除固结的设备设施, 按照一定的顺序来进行张拉边跨操作施工。	第一, 在合拢段内的两侧进行安装吊架; 第二, 需要按照 900kN、1000kN 来进行主梁的顶推操作, 还需要焊接劲性骨架; 第三, 将 300kN 配重设置在两悬臂端内; 第四, 进行合拢段的混凝土浇筑过程当中需要选择较低的合拢温度, 且逐级地去除配重; 第五, 混凝土达到一定强度之后即可对张拉中跨底板进行施工, 且可以去除吊架。

的两端锚固外侧模板和底模的部分内容, 需要将模板安装作业之后的中跨范围内存在的跨栏部分。在进行桥墩部分的顶侧托架上浇筑边跨桥梁段施工的过程当中, 存在多个方面的限制因素, 此时的边跨合拢部分的桥梁部分属于一个相对紧致状态下, 因此边跨合拢段的模板施工操作可以借助于挂篮施工的模式来展开, 以此来进行施工受力荷载部分的承载。

最后, 合拢段需要进行临时的锁定, 在张拉的施工操作之前需要最大限度地避免由于温度以及混凝土收缩等多个方面的因素产生的损坏现象, 比如可以借助于箱体内部可以采取槽钢劲性骨架增加的方式来进行内部架设, 对合拢段内主要是增加了劲性骨架, 在周围施工环节产生变化的过程当中就会造成劲性骨架的影响和威胁, 以此来确保此部分可以在一个相对自由伸缩的状态下来确保受力部分的抵抗可以实现自由伸缩的抵抗, 在合拢段内方式压应力的产生。

三、实例应用

(一) 项目概况

在本文当中以黄草乌江特大桥挂篮悬浇梁段为主要的研究对象, 桥跨布置为: 左线 25x40m 预应力砼连续 T 梁 + (115+220+115m) 预应力砼连续刚构箱梁 + 6x40m 预应力砼连续 T 梁; 右线 25x40m 预应力砼连续 T 梁 + (115+220+115m) 预应力砼连续刚构箱梁 + 6x40m 预应力砼连续 T 梁。起止桩号: 左线 ZK144+586~ZK146+278, 右线 K144+591~K146+293; 全桥左右线均为 1702m, 桥梁上部结构拟采用连续刚构箱梁 + 预应力砼 T 梁。

主桥上部结构为 115+220+115m 变截面预应力混凝土连续刚构, 采用单箱单室直腹板截面。其主桥上部结构布置及构造如下:

1. 箱梁宽: 顶板 12.25m, 底板 6.5m;
2. 梁高: 根部 13.9m, 跨中 4.6m;
3. 梁底变化曲线: 1.8 次抛物线;
4. 箱内顶板厚度: 标准段 30cm, 根部加厚到 60cm;
5. 腹板厚度: 200cm、120cm、65cm;
6. 底板厚度: 从 1 号~27 号截面按 150~35cm 的 1.8 次抛物线变化。

箱梁 0# 块为搭设托架现浇形成墩梁固结, 1#~27# 节段为挂篮悬臂浇筑, 设计边跨现浇段为支架现浇, 合拢段为吊架现浇。箱梁 0# 块长 14m,

顶板 12.25m, 底板 6.5m, 高度 13.9m, 总方量为 840.2m³; 单侧悬臂浇筑段共长 102m, 分段情况为 10×3m+9×4m+8×4.5m; 边跨和中跨合拢段长 2m; 边跨现浇段长 3.76m。

根据现场实际情况, 黄草乌江大桥悬臂节段施工过程中需要的机械设备、材料等进行整体布置, 做到现场整洁有序。每个主墩各设置 1 台 XGT6515-10 型塔吊, 满足现场吊装情况, 左幅塔吊距离翼缘板 1m, 右幅塔吊距离翼缘板 2m, 左右幅塔吊高差为 9m, 防止施工时出现碰撞; 每个主墩各设置 1 台电梯, 电梯距离翼缘板 20cm, 用于施工人员上下。已在墩柱上设置泵管, 栈桥上部放置 HBT80C-8018D 型拖泵道由钢管及槽钢构成, 上部布设两层 5cm 厚度的木板, 直径 100mm 的钢管直接焊接在栈桥上, 同时在钢管上焊接 2 层纵向 [10, 并在槽钢上满铺 5cm 的模板。该通道布设满足《公路水运工程施工安全标准化指南》要求。在 0 号块浇筑完成后, 在左右幅桥面设置通道, 通道采用贝雷片搭设而成, 满足人员通行。

(二) 施工工艺技术

1. 挂篮设计参数。挂篮设计原则需满足: 结构简单, 重量轻, 刚度大, 安装、拆卸方便, 安全可靠, 灌注混凝土过程中变形小等特点。项目部采用菱形挂篮, 单支挂篮自重 79.7t, 为最大梁段 1# 块混凝土自重的 0.27 倍。挂篮由主桁系统、底篮系统、行走及锚固系统、模板及调整系统和附属结构 (操作平台、爬梯、栏杆等) 组成。2. 主桁架是挂篮的主要受力结构, 由 2 榀菱形主桁架、横向联结系组成。2 榀主桁架中心间距分别为 6.1m, 中心高 4 米, 每榀桁架前后节点间距均为 5.8m, 总长 10.8m。桁架主杆件采用矩形管焊接结构, 节点通过箱体采用销轴联接。横向联结系设于两榀主桁架的竖杆上, 其作用是保证主桁架的横向稳定, 并在行走状态悬吊底模平台后横梁。

(三) 合拢段施工

主桥箱梁左右幅合拢段分两个边跨合拢段和一个中跨合拢段。边跨合拢段长 2m, 梁高 4.665m, 中跨合拢段长 2m, 梁高 4.6m。合拢段施工是连续刚构施工的重要环节, 是控制全桥受力状况和线形的关键工序, 技术含量大, 质量要求高, 因此, 对合拢顺序、合拢温度、合拢段混凝土质量等工艺必须严格控制。

合拢段施工顺序为: 先进行边跨同步合拢, 再进行中跨合拢。

（四）施工布置

箱梁合拢段施工是整个箱梁施工重点部位，合拢段混凝土在一日温度最低 15~20℃时段（宜为温差变化较小的时间段）在尽可能短的时间内（2~3 小时内）浇筑完成，并及时进行覆盖养生，在砼达到设计要求强度弹性模量后及时张拉预应力，减少或避免合拢段混凝土产生温度、收缩等破坏性裂缝。按设计要求，全桥箱梁合拢顺序为：

1. 安装边跨合拢劲性骨架。
2. 立模、绑扎钢筋，同步浇筑两边跨合拢段，并等量拆除平衡重。
3. 先边跨合拢待混凝土强度达到设计强度的 95%，弹性模量达到 90%，张拉边跨合拢段顶板、底板钢束至设计吨位，并压浆。
4. 张拉两边跨 27#-29# 梁段、边跨合拢段、现浇直线段的横隔板预应力钢束和竖向预应力及桥面板横向预应力，并压浆。拆除边跨现浇段所有支架，拆除临时墩和临时垫块，然后再进行中跨合拢。
5. 安装中跨合拢吊架，同时在悬臂两端压重平衡，压重重量约为 40t。
6. 安装中跨合拢段劲性骨架。
7. 立模，绑扎钢筋，浇筑中跨合拢段，并等重拆除平衡重。
8. 两端对称双向张拉中跨顶板、底板预应力钢束到设计吨位，并压浆。
9. 张拉跨中 27#-29# 梁段，中跨合拢段的竖向预应力及桥面横向预应力。

本工程用挂篮的模板系统作为合拢段的施工模板，挂篮外模和底模不用改动，可直接利用于合拢段的施工，挂篮内侧模拆除，用竹胶板拼装内侧模板和中隔板模板。

合拢段浇筑选择在水温最低的夜间浇筑，混凝土采用微膨胀混凝土，防止早期收缩、已完成结构砼的收缩、徐变及新浇砼的水化热影响、劲性骨架安装质量及浇筑混凝土时配重相应拆除控制直接影响结构体系的应力变化及结构变形，施工荷载对尚未达到强度的合拢段砼的质量影响等，因此，合拢段的构造措施及施工控制，使合拢段及两侧梁体保持线形协调，在施工过程中能传递内力，确保施工质量，因此，合拢段是结构中的重要环节。

（五）施工工艺流程

合拢前先调整中线位置和高程，合拢口临时锁定，并按设计要求在两端悬臂用水箱法预加压力，在混凝土浇筑过程中逐步撤除。临时锁定设置由四根钢接杆组成的临时劲性支撑，分别位于箱梁顶底板靠近腹板处，钢接杆按图纸预先拼焊好后，在箱梁两端对应预埋件上就位焊接，形成顶部抗拉的近似刚性接头。利用挂篮模板作为施工模板，绑扎合拢段钢筋及对接预应力管道。

（六）临时锁定

合拢段因混凝土浇筑后，气温的变化会引起梁体的伸缩变形，同时梁体左右日照温度不同还会引起梁的扭曲变形，需对合拢段进行顶推及临时锁定保持合拢段无相对变形。合拢段临时锁定要反抗温度应力、T 构两端不平衡弯矩等多种外力，保证悬臂 T 构施工安全和合拢段不出现裂纹。

合拢段端部两侧顶板、底板两侧下倒角共预埋 8 个预埋件，预埋件由 L200*150*16 角钢与钢板焊接组合。支撑型钢用双 I50C 型工字钢焊接而成，在混凝土浇筑前几天凌晨最低温度时，将支撑型钢焊于两侧梁内预埋的钢板上，起到支顶作用并起部分抗拉作用，焊接时要求同一根钢骨架一端焊完后再焊接另一端。

（七）合拢段配重施工

1. 准备配重设施：配重设施采用钢筋，以便随时监控配重重量。

2. 施加及解除配重。合拢段施工前，对合拢段两侧梁体的中心轴线，及标高进行测量，合拢段两侧梁段中心轴线偏差不大于 10mm，高差不大于 10mm，当不满足上述要求时，对标高偏差大的悬臂梁端或直线段进行压重调整。

3. 边跨合拢段，同时在过渡墩 T 构靠中跨侧悬臂端部施加合拢吊架的配重 41t（吊架重量一半），在过渡墩 T 构悬臂两端施加配重 33.02t（合拢段浇筑重量一半）。安装合拢劲性骨架，浇筑边跨合拢段混凝土，同步卸载悬臂两端的配重（已浇筑混凝土重量一半），待浇筑完成时，配重卸载完成，待边跨合拢段混凝土龄期和强度达到设计要求后，张拉边跨合拢束，完成边跨合拢。拆除边跨合拢段吊架，同步卸载过渡墩 T 构靠中跨侧悬臂两端配重。

结束语：

综上所述，对于我国现阶段的交通运输行业而言，大跨度的桥梁建设数量以及范围也越来越广，在大江以及大河当中都得到了应用。大跨度的预应力连续刚构桥在生活当中的应用，可以最大限度地满足其桥梁自身的受力需求的同时还可以确保桥梁车辆的自身行车舒适程度以及安全性能。基于此，需要根据工程的实际情况来全面地掌握连续刚构桥的自身施工优点，借助于科学合理的施工方式和手段来确保桥梁的合拢段可以顺序科学施工完成，在这个过程当中还需要进行挠度的科学化控制，以此来进行施工技术水平的不断有效提升，对于桥梁工程建设的行业发展可以具备一定的推动和促进意义。

参考文献：

- [1] 程飞，高小宝. 高温条件下连续刚构桥合拢施工技术 [J]. 云南水力发电，2022，38(05):56-59.
- [2] 王磊. 连续刚构桥合拢施工顶推力研究 [J]. 工程机械与维修，2022(02):223-225.