

Quality control of prestressed construction of long-span continuous rigid frame bridge

Zhaoxin MU

Abstract

Compared with ordinary concrete, prestressed concrete has the advantages of high crack resistance, high rigidity, light weight, increased durability of components, reduced cost, and expanded prefabrication. In recent years, with the continuous improvement and development of the prestressed concrete structure design theory and construction technology and equipment of the long-span continuous rigid frame bridge and the continuous improvement of the performance of high-strength materials, the prestressed concrete has been further applied and popularized. This paper focuses on the analysis of prestressed construction of long-span continuous rigid frame bridges. Combined with the characteristics of ultra-long prestressed rigid bundles of continuous rigid frame bridges, the super-long prestressing is introduced from prestressed materials, prestressed tensioning equipment, tensioning process and grouting. Beam tensioning, grouting and construction quality control measures for the same type of bridge construction reference.

Keywords

long-span continuous rigid frame; ultra-long prestress; tension; grouting; quality control

大跨度连续刚构桥梁预应力施工质量控制

穆赵新

中铁四局集团第五工程有限公司, 江西 九江 332000

[摘要] 预应力混凝土与普通混凝土相比, 具有抗裂性高、刚度大、自重轻、增加构件的耐久胜、降低造价、扩大预制装配化程度等优点。近年来, 随着大跨度连续刚构桥梁预应力混凝土结构设计理论和施工工艺与设备的不断完善和发展、高强度材料性能的不断改进, 预应力混凝土得到了进一步的应用和推广。本文着重分析大跨度连续刚构桥梁预应力施工, 结合连续刚构桥超长预应力刚束特点, 从预应力材料, 预应力张拉设备, 张拉过程及注浆方面介绍其超长预应力束张拉、压浆及施工质量控制措施, 供同类型桥梁施工参考。

[关键词] 大跨度连续刚构; 超长预应力; 张拉; 压浆; 质量控制

[DOI] 10.18686/gcjsfz.v1i4.1374

引言:

大跨径连续刚构桥是现今我国一种主要的桥梁建设结构, 这种桥梁无论是在施工的难度, 还是在相关的技术要求方面都会比其他的桥梁建设的难度要高。其在实际建设过程中, 却受预应力张拉质量不够以及管道压浆密实度不高等问题的影响, 降低了工程建设使用的安全稳定性。针对这一问题, 相关建设人员应在明确技术应用问题具体情况的前提下, 找出与之对应的控制措施, 从而满足工程建设对预应力结构的效果要求。这是实现地区现代化经济建设可持续性目标的关键, 研究人员应将其重视起来, 以缓解道路工程网络运行使用的压力。

1 工程概况

松柏山水库特大桥左右幅主桥均采用 100+180+100m 变截面预应力混凝土连续刚构桥, 墩顶梁高 12m, 跨中梁高 4.2m, 采用挂篮悬浇施工。

箱梁采用单箱双室截面, 主桥采用纵、横、竖向三向预应力体系。其中纵向预应力分为腹板束、顶板束、中跨底板束、边跨底板束、合拢束和预备束六大类, 均采用两端张拉, 张拉控制应力为 0.74fpk。横向预应力采用 3Φs15.2 钢绞线, 沿桥轴线 50cm 间距交叉布置, 张拉控制应力 562.4kN。竖向预应力在 0#-14#节段采用 3Φs15.2 钢绞线, 15#之后均采用 JL32 精轧螺纹钢, 钢绞线的张拉控制应力为 0.74fpk, 精

轧螺纹钢张拉控制应力为 568kN。横竖向预应力均采用单端张拉。

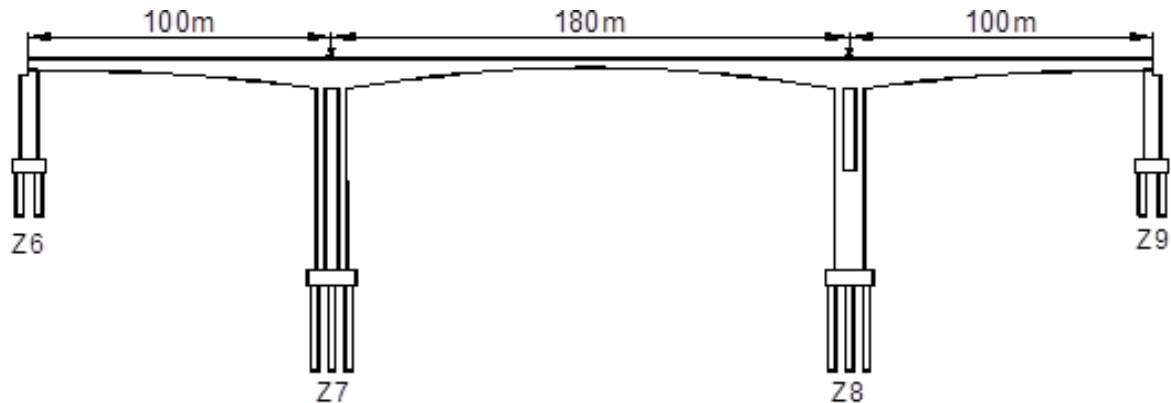


图 1 松柏山大桥平面布置图 (单位: m)

2 工程特点

2.1 该桥上部结构 25 号块纵向预应力束 T25 规格为 21 Φ s15.2, 为最长, 预应力束长达 178.3m, 22 号块纵向预应力束 F22-1 规格为 21 Φ s15.2, 预应力束长达 155.3m (含竖曲线)。需解决纵向超长预应力钢束的穿束、张拉、压浆质量等关键性技术问题。

2.2 真空辅助压浆工艺和传统的压浆工艺相比, 有其独特的优越性, 在长束方面更为突出, 但可供借鉴的经验不多, 必须加强施工控制。

2.3 该桥预应力束布置复杂。预应力施工质量将决定工程的总体质量, 对桥梁结构的安全性、耐久性至关重要。

3 施工准备

3.1 核算理论伸长量

核算理论伸长量, 尤其是弯曲束需进行分段计算, 确保理论伸长量的正确是张拉时进行应力和伸长量“双控”的基础。

3.2 材料准备

预应力材料包括钢绞线、精轧螺纹钢、锚具、夹具、连接器、波纹管等, 在进场时应仔细检查尺寸, 是否符合设计要求, 是否能够配套使用。试验室对进场材料进行试验检测, 材料性能满足要求方可使用。

3.3 仪器准备

张拉压浆设备应提前做好标定工作, 在使用过程中按期 (不超过 6 个月) 按使用频率 (不超过 200 次) 进行标定。千斤顶和油表应标定一致, 且配套使用。技术人员和操作人员要提前熟悉智能设备的使用方法。

4 管道安装

4.1 管道精确定位

波纹管按照设计位置进行布置是张拉“双控”能够实现的重要因素。节段端部波纹管定位应采用定位胎架, 安装时平直段应采取拉线调直, 弯曲段需控制好起弯点和终弯点位置, 以保证管道的曲线要素满足设计要求。

4.2 锚固端安装

“三同心”是预应力张拉的基本原则之一, 它是指管道与锚垫板同心, 锚具与锚垫板同心, 千斤顶与锚具同心。

4.3 排水、排气孔设置

为保证压浆质量, 应在管道安装时, 在管道的最低点设

置排水孔, 在管道的最高点设置排气孔。管孔宜带阀门, 方便压浆时关闭和打开, 管孔与周围钢筋进行绑扎固定, 防止扰动脱落。锚垫板的进、出浆口应设置朝上。

5 预应力钢束张拉

5.1 预应力钢束的穿束

5.1.1 穿束牵引力计算

T25 一束 21 Φ s15.2 钢束重 7455.6Kg, 钢束与混凝土桥面摩擦系数取 0.17, 摩阻力为 1.39KN, 考虑管道不顺直等因素, 增加摩擦阻力系数 1.2, 穿束摩阻力即为 1.67KN, 因此牵引设备采用现场已有的 2.5t 卷扬机, 进行人工辅助穿束。

5.1.2 钢束下料

预应力筋的下料长度应通过计算确定, 计算时应考虑结构的孔道长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。T25 钢束总下料长度为 180.3m, 采用砂轮锯切割, 下料时注意对钢束保护, 以免钢束受伤报废。

5.1.3 钢绞线梳编

连续梁纵向预应力同束钢绞线根数多达 21 根, 在穿束的过程中极容易相互缠绕、打搅, 产生不均匀的摩阻力, 造成锚下应力不均匀度宜超出规定要求 10%。应采用整体穿束, 穿束时进行梳编。

5.1.4 穿束

采用卷扬机辅助人工穿束。用一根钢绞线从穿束端孔道人工穿入, 直至合龙段端口, 将卷扬机钢丝绳固定在钢绞线上, 再将钢绞线抽回, 边抽边放卷扬机钢丝绳, 直至绳头从边跨直线段管道口引出。将待穿钢束端头用穿束靴帽固定牢固, 帽顶与卷扬机钢丝绳连接好, 然后启动卷扬机, 慢慢将钢束拉入孔道, 直至钢束从中跨合龙段端口拉出, 停止卷扬机, 完成穿束。

5.1.5 锚具安装

进行锚具安装时, 保证工作锚、限位板、千斤顶和工具锚四心同线, 不得出现空隙、夹角。

5.2 预应力钢束的张拉

5.2.1 钢束伸长量计算

《公路桥梁施工技术规范》(JTJ 041-2000)中关于预应力筋伸长值 ΔL 的计算按照以下公式:

$$\Delta L = \frac{P_p \times L}{A_p \times E_p}$$

ΔL —各分段预应力筋的理论伸长值 (mm);

P_p —各分段预应力筋的平均张拉力 (N);

L —预应力筋的分段长度 (mm);

A_p —预应力筋的截面面积 (mm²);

E_p —预应力筋的弹性模量 (Mpa);

$$\Delta L = \frac{P \times L}{A_p \times E_p}$$

P —预应力筋张拉端的张拉力, 将钢绞线分段计算后, 为每分段的起点张拉力, 即为前段的终点张拉力 (N);

θ —从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和, 分段后为每分段中每段曲线段的切线夹角 (rad);

x —从张拉端至计算截面的孔道长度, 分段后为每个分段长度或为公式中 L 值;

k —孔道每束局部偏差对摩擦的影响系数 (1/m), 管道内全长均应考虑该影响 (0.0015);

μ —预应力筋与孔道壁之间的摩擦系数, 只在管道弯曲部分考虑该系数的影响。(0.17)

取最长预应力束长 178.3m 具有代表性, 即为 T25。查有关数据 $L=178.3\text{cm}$, $A_p=140\text{mm}^2$, $E_p=1.95 \times 10^5 \text{MPa}$, 钢束张拉控制应力为 $P=0.74F_{pk}$

T25 预应力筋的理论伸长值 ΔL 为 114.8cm

5.2.2 预应力张拉

待梁段的混凝土强度达到设计值的 95%且龄期不小于 7d 方可张拉预应力, 施加预应力必须采用张拉吨位和钢束伸长量双控, 以张拉力为主, 伸长值进行校核。当预应力钢束张拉吨位达到设计吨位时, 实际伸长值与理论伸长值之差应控制在 $\pm 6\%$ 以内, 否则应暂停张拉, 待查明原因, 并采取施加调整后, 方可继续张拉。

T25 为 21 Φ s15.2, 一束钢绞线的截面积为 140cm², 钢束张拉锚下的控制应力为 1376.4Mpa, 一束钢绞线的控制拉力为 1376.4 $\times$ 140=1927t, 21 束钢绞线的张拉吨位为 1927 $\times$ 21=4046.7t, 所以采用两个 500t 的液压千斤顶两端对称张拉满足要求, 钢绞线理论伸长量为 114.8cm, 由于千斤顶工作长度为 20cm, 所以张拉过程中需要倒顶二次才能满足伸长量要求。张拉应力控制为 0 $\rightarrow$ 10% σ_{con} $\rightarrow$ 20% σ_{con} $\rightarrow$ 50% σ_{con} $\rightarrow$ 倒顶 $\rightarrow$ 50% σ_{con} $\rightarrow$ 100% σ_{con} (持荷 2min 锚固)。

5.3 真空辅助压浆

5.3.1 工艺选择

压浆工艺主要有传统压力灌浆法和真空辅助压浆, 而传统压浆的弊端就在于管道内空气难以排尽, 浆液里气泡多,

容易产生离析, 干硬收缩, 泌水等通病, 这就直接造成了压浆饱满度差。真空辅助压浆很大程度上提高了压浆质量。真空辅助压浆工艺是在传统压浆的基础上将金属波纹管改进成塑料波纹管, 将孔道系统密封; 一端用抽真空机将孔道内 80% 以上的空气抽出, 管道真空度宜稳定在 -0.06~0.1MPa 范围内, 同时压浆端压入水灰比为 0.29~0.35 的水泥浆。当水泥浆从真空端流出且稠度与压浆端基本相同, 再经过特定的排浆、保压以保证孔道内水泥浆体饱满。

5.3.2 压浆

张拉施工完成后, 必须采用不带水汽的高压风把孔道吹干, 同时清洁孔道, 然后抽真空、压浆。当真空度达到并维持在负压 0.06MPa 左右时, 启动压浆泵, 开始压浆。压浆过程应连续, 直至水泥浆从出浆端接往负压容器的透明喉管压出时止, 排浆直到流出合格的水泥浆时, 并关闭压浆泵。马上打开排气孔, 启动压浆泵, 观察排气孔处的出浆情况, 当出浆流畅、稳定且稠度与盛浆桶浆体基本一致时, 关闭排气孔, 以 0.5~0.8Mpa 的压力继续压浆 2-3min, 最后关掉压浆泵, 关闭阀门, 压浆完成。

必须确保管道真空, 管道中无积水, 浆体中无空气。浆体由水泥、水、专用添加剂和阻锈剂组成, 其应达到下列指标: ①水灰比为 0.29-0.35, 一般控制在 0.3 左右; ②水泥浆在拌和 3 小时后的泌水率应小于 2%, 泌水应在 24h 内被浆体完全吸收, 流速宜在 13-18s; ③水泥浆搅拌及压浆时浆体温度应小于 35℃; ④缓凝时间: 其初凝时间应>3h, 终凝时间应<17h; ⑤膨胀率: 浆体的自由膨胀率应<5%; ⑥密度: 不小于 2g/cm³; ⑦28d 龄期抗压强度: 不小于 50MPa。

完成压浆后 48h, 打开管道上预留观测孔, 看孔道内浆体是否饱满密实。经过对多条孔道观测, 可以看出孔道内浆体是否饱满密实, 达到规范要求。

6 检测

预应力施工的检测项目主要是锚下有效预应力和压浆饱满度。锚下有效应力值偏差不得大于 $\pm 5\%$, 同束预应力不均匀度不得大于 10%。

T25 纵向预应力张拉控制应力为 192.7kN, 有效应力为 176kN, 合格范围为 167.2~184.8kN。通过对以上各工序控制要点的盯控及检测结果的校核, 预应力施工各项指标均控制在合理范围内。同时采用真空辅助智能压浆, 各道工序均按规范操作, 灌浆密实度较好。7 结束语

松柏山水库特大桥主桥纵向超长预应力在施工准备、管道安装、预应力钢束张拉、真空辅助压浆、检测等工序上采取的措施, 成功解决了超长预应力钢束张拉质量难以保证、及普通压浆工艺压浆质量不饱满、不密实的问题, 为今后类似工程提供参考。

参考文献:

- [1]《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041-2000) 北京 人民交通出版社
- [2] 周水兴《路桥施工计算手册》北京 人民交通出版社
- [3] 松柏山水库特大桥主桥设计施工图, 2015.4

稿件信息:

收稿日期: 2019 年 8 月 8 日; 录用日期: 2019 年 8 月 20 日; 发布日期: 2019 年 8 月 28 日

文章引文: 穆赵新. 大跨度连续刚构桥梁预应力施工质量控制 [J]. 工程技术与发展.2019,1(4).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i4>.

知网检索的两种方式

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择:[ISSN], 输入期刊 例如:ISSN: 2661-3506/2661-3492, 即可查询

2. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询 投稿请点击:

<http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: xueshu@usp-pl.com