

悬臂现浇连续梁预应力施工质量控制

李想¹, 贾玉林²

(1.中交第一航务工程局有限公司; 2.中交一航局第三工程有限公司)

摘要: 悬臂现浇连续梁预应力施工质量不仅影响桥梁承载能力, 还影响桥梁的耐久性, 对大跨径连续梁桥更是影响显著, 因此施工过程中采取适当措施以提高施工质量。文章从预应力管道定位和接头处理方法、预应力筋张拉、管道压浆 3 个方面进行论述, 通过采取有效措施防止混凝土浇筑过程中管道位移, 有效避免了接头处漏浆问题, 提高了预应力筋张拉质量和压浆饱满度, 取得了良好效果, 可为类似工程提供借鉴。

关键词: 悬臂现浇连续梁; 预先埋入接长管; 预应力管道安装; 预应力筋张拉; 预应力管道压浆

0 引言

预应力是指为了改善结构或构件在使用条件下的工作性能和提高其强度而预先施加的永久性内应力^[1]。预应力混凝土悬臂现浇连续梁是铁路、公路工程中常见的大跨度桥梁结构, 根据需求不同, 设计主跨从几十米到几百米不等, 可用于跨越道路、铁路、河流、山谷、地下管线等地理形势。大跨度连续梁桥需要足够的承载能力及耐久性, 而影响其承载能力和耐久性的主要因素是梁体预应力体系的建立。连续梁预应力体系的建立从 0 号块开始, 逐段施作至全梁。施工时, 为保证大跨度连续梁的承载力和耐久性, 有必要进行预应力施工的质量控制。

1 预应力管道安装

1.1 预应力管道接长

连续梁节段施工时, 需要对上一节段安装的预应力管道进行接长, 使同一管道连续贯通, 后续预应力筋穿束、张拉、管道压浆均在管道内完成。预应力管道安装位置准确、接头处密封不漏浆、浇筑混凝土时管道不变形是后续预应力施工的基本保障。

1) 常见问题

预应力管道在施工标准节段时需接长, 接长用的管道材质与普通预应力管道相同, 但直径比普通管道略大, 接长管道可以顺螺纹拧入普通管道不脱落。管道接长时在端模处伸出模板 15~20 cm, 端模拆除后拧入接长管 30~40 cm, 再将后续管道对中拧入接长管完成管道接长。这种做法简单易行, 但端模通常是整块拆除, 管道极易卡住从而

破坏波纹管, 造成后续管道接长困难。

2) 解决方法

为消除管道伸出模板可能导致的缺陷, 管道安装时在接长端少装 15~20 cm, 用 30~40 cm 接长管对半拧入正常管道补充空缺位置, 下一节段管道安装时, 直接把正常管道拧入先前预埋的接长管内 15~20 cm 即可, 每段循环完成管道接长, 可有效避免管道伸出模板受损后无法接长的问题。预应力管道接长实际安装图见图 1。



图 1 预应力管道接长安装

1.2 预应力管道定位

连续梁预应力管道分纵向、竖向、横向, 其中纵向预应力管道又分顶板、腹板、底板。施工过程中, 预应力管道安装定位精度要求较高, JTG/T 3650—2020《公路桥涵施工技术规范》^[2]要求: 长度方向坐标允许偏差为 ± 30 mm, 高度方向坐标允许偏差为 ± 10 mm。预应力管道准确地定位安装是保证预应力满足设计要求的基本前提。

1) 常见问题

大部分设计图纸中预应力管道的弯曲段未标示出每隔 0.5 m 的具体位置。预应力管道定位时,为图便利直接把管道从起弯点到张拉点沿直线布置定位,并未按设计图纸要求进行曲线定位。

2) 解决方法

按设计图纸详细绘制预应力管道每隔 0.5 m 定位图纸,对安装人员进行交底,并按交底所示准确定位预应力管道。预应力管道每隔 0.5 m 定位示意图见图 2。

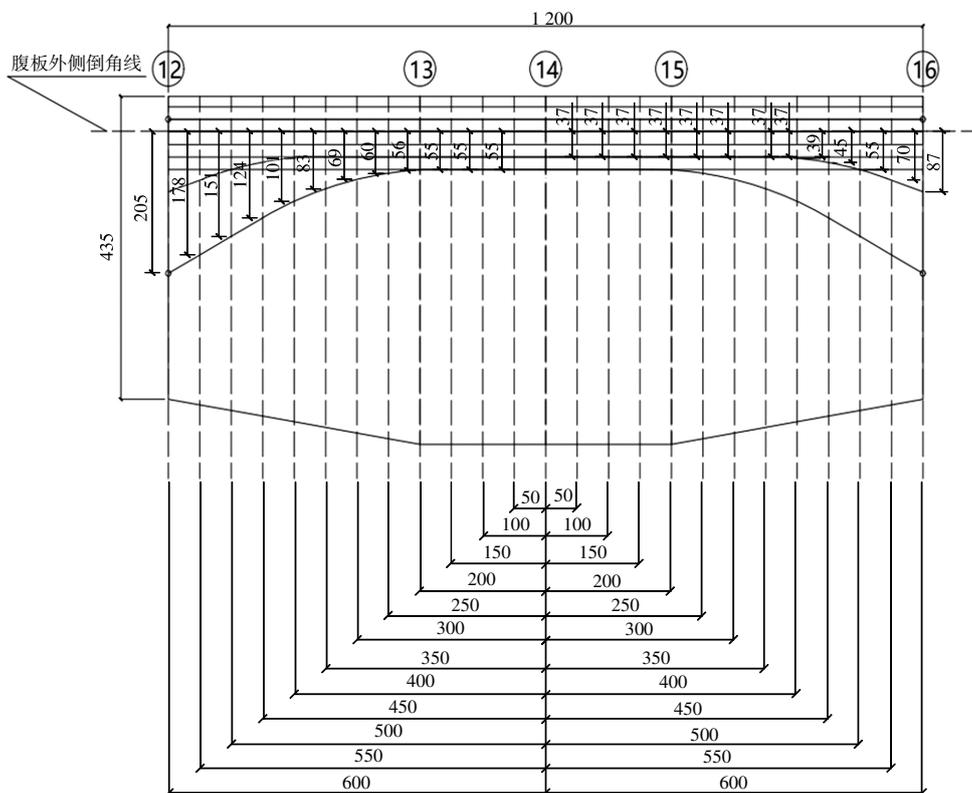


图 2 预应力管道每隔 0.5 m 定位示意图(cm)

纵向预应力管道准确定位后,浇筑混凝土前需穿入直径略小的塑料管做内衬管,以免管道变形或漏浆造成管道堵塞。塑料衬管应具有一定的径向刚度,可沿预应力管道弯曲变形,长度大于浇筑节段纵向管道 0.6 m 左右,安装时一端伸入已浇筑梁体管道 0.3 m,另一端露出待浇筑梁段纵向预应力管道 0.3 m,当浇筑混凝土至管道位置时,适当活动衬管,保证一旦存在漏浆情况下预应力管道不被堵塞。待混凝土终凝时将其完全拔出并清洗以备下一节段重复使用。

保证管道与锚下喇叭管接头的密封性,采用海绵或棉纱将锚下喇叭管的压浆孔填充以防漏浆堵塞,检查验收时如发现波纹管开裂或烧伤采用胶带密封。

安装内模前对底板、腹板波纹管的定位坐标、密封性等进行全面的检查验收,确保预应力孔道

安装符合设计要求。

下一梁段施工前,已浇筑梁段混凝土端面凿毛后,仔细检查接头管,如有碰瘪或孔洞,应在接长前将管冲圆或修补好。

2 预应力筋张拉

悬臂节段混凝土预应力筋张拉分纵向、横向和竖向。张拉时,混凝土强度应满足设计要求,当设计无要求时,混凝土龄期应不低于 7 d,强度应不低于设计强度的 90%^[3]。

2.1 张拉设备标定

张拉使用的空心千斤顶、油泵、压力表,使用前均需进行配套标定,且应定期在国家授权的法定计量技术机构标定。

千斤顶额定张拉力宜为张拉力的 1.5 倍,且不得小于 1.2 倍,校正系数不得大于 1.05;油压表应选用防震型,表显最大读数宜为张拉力读数

的1.5~2.0倍,精度不得低于0.4级。

2.2 张拉控制要求

张拉实施应力、应变、时间“三控”,即张拉时以油压表读数为主,以钢绞线伸长值作校核,实测伸长量与计算伸长量之差应在±6%以内,张拉至设计应力时持荷5 min。

张拉时,预应力筋断丝或滑脱数量不得超过预应力筋总数的0.5%,且不得位于结构同一侧,每束内断丝不得超过1根。

预应力筋张拉由技术管理人员全程旁站并做好记录。

2.2.1 张拉油表读数交底

张拉作业前,由技术管理人员根据张拉控制应力、千斤顶、油压表校正回归方程计算初拉力、张拉控制力,相应的压力表读数、张拉伸长值,并明确张拉顺序和程序,经技术负责人复核后对作业班组交底。

2.2.2 预应力束张拉

纵向预应力筋张拉顺序为先腹板束,后顶板束,然后底板束,左右对称进行,最大不平衡束不超过1束,施加预应力时应保持两端伸长值基本一致。纵向预应力筋应两端同步且对称张拉,横向束和竖向束应两侧交替对称张拉^[4]。

2.2.3 伸长值测量计算

1) 以钢绞线在预应力管道内的长度计算理论伸长量 ΔL 为基准时:

当采用“行程法”测量伸长量:

$$L_{\text{实}} = [(L_{100\%} - L_{\text{初始}}) + (L_{\text{二级}} - L_{\text{初始}})] - \Delta L_{\text{工作长度}} - \Delta L_{\text{工具锚}} - \Delta L_{\text{工作锚}}$$

当采用“直接法”测量伸长量:

$$L_{\text{实}} = [(L_{100\%} - L_{\text{初始}}) + (L_{\text{二级}} - L_{\text{初始}})] - \Delta L_{\text{工作长度}} - \Delta L_{\text{工作锚}}$$

2) 以钢绞线在预应力管道内的长度与工作长度之和计算理论伸长量 ΔL 为基准时:

当采用“行程法”测量伸长量:

$$L_{\text{实}} = [(L_{100\%} - L_{\text{初始}}) + (L_{\text{二级}} - L_{\text{初始}})] - \Delta L_{\text{工具锚}} - \Delta L_{\text{工作锚}}$$

当采用“直接法”测量伸长量:

$$L_{\text{实}} = [(L_{100\%} - L_{\text{初始}}) + (L_{\text{二级}} - L_{\text{初始}})] - \Delta L_{\text{工作锚}}$$

式中: $L_{\text{实}}$ 为钢绞线实际伸长量,mm; $L_{\text{二级}}$ 为张拉应力为二级张拉力时,梁段两端千斤顶活塞行程之和,mm; $L_{100\%}$ 为张拉应力为100% σ_0 时,梁段两端千斤顶活塞行程之和,mm; $L_{\text{初始}}$ 为张拉应

力为初张应力,梁段两端千斤顶活塞行程之和,mm; $\Delta L_{\text{工作长度}}$ 为梁段两端千斤顶内钢绞线的无阻伸长量,mm,取理论计算值; $\Delta L_{\text{工作锚}}$ 为梁段两端锚具压缩及钢绞线回缩量,mm,取工艺试验实测值; $\Delta L_{\text{工具锚}}$ 为梁段两端锚具压缩及钢绞线回缩量,mm,取实测值。

初始应力及第2级应力值的选择应随钢束变长而适当增加,可取设计应力值的10%~25%;工具夹片回缩量及钢绞线回缩量应经现场多次实测后取值。

2.2.4 竖向、横向预应力筋张拉

腹板竖向预应力筋采用单端张拉。张拉时左右对称,0号块自中横隔梁段中心向两端对称张拉,其他节段宜从已施工段顺序进行。为减少竖向预应力损失,竖向预应力筋采用两次张拉方式,即在第1次张拉完成1 d后进行第2次张拉,弥补由设备损伤、锚垫板间隙消除等原因造成的预应力损失。张拉时可采用扭力扳手,使螺母在设定的扭力下锚固,确保竖向预应力筋的有效预应力值。

横向预应力筋多为钢绞线,一次张拉到位。应在梁体两侧交替单端张拉,宜从已施工端顺序进行,每一悬臂端梁段的最后一束横向预应力筋,应在下一梁段横向预应力筋张拉时进行张拉,防止由于梁段接缝两侧横向压缩不同引起开裂。

2.2.5 钢绞线切除

预应力筋张拉达到控制应力稳定后方可切除多余钢绞线,应用砂轮切割机切除,切断处距锚具外端预留不小于30 mm。钢绞线切除后采用高等级干硬性水泥砂浆对锚具与钢绞线间夹缝空隙处封堵,为后续管道压浆做好准备。

3 预应力管道压浆

3.1 注意事项

1) 预应力束张拉后需进行管道压浆,管道压浆材料应在浆体硬化后有较高的强度和弹性模量,达到强度时既包裹预应力筋,又接触孔道壁,将预应力筋和孔道壁黏结起来,使预应力在梁体内有效传递、持久作用,从而提高结构的抗裂性和承载能力。

2) 管道压浆应在预应力筋终张拉完毕后48 h内完成,并按先纵向、再竖向、后横向的顺序施工。纵向管道压浆顺序自下而上,竖向管道应从最低点开始压浆。

3) 浆液搅拌均匀后须对浆体各项指标进行检测。从浆体拌制到压入梁体的时间不应超过 40 min。浆体拌制均匀后,应经孔格不大于 $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 的筛网过滤后方可压入孔道,避免未搅拌均匀的水泥块进入管道造成堵塞。

3.2 施工步骤

预应力筋张拉结束后,及时切除多余钢绞线,使用高强度水泥浆封闭锚具孔隙,覆盖层厚度不小于 15 cm,待水泥浆具有一定强度后进行压浆作业。

清理全部锚垫板上的压浆孔,使压浆孔至出浆孔间管道畅通;确定管道压浆端和出浆端(沿梁体纵坡方向由较低端开始注浆、较高端出浆,有利于管道内空气排出);安装阀门和接头,出浆端设置引出管至弃浆桶。由专人指挥严格按浆液配合比搅拌水泥浆并由试验人员对浆液流动度进行检查。连接压浆管与进浆端阀门,同时打开进浆端与出浆端阀门,启动压浆泵压浆。

注浆时先关闭三通管,连续注浆至出浆端出浆后,观察出浆端引出管排至弃浆桶的浆液,待其浓度与压入端的浆液浓度相同且无气泡排出时,关闭出浆端阀门。打开三通管继续间歇注浆,直至三通管出浓浆且无空气排出后关闭三通管。观察压浆泵压力表,待压力达到 $0.5\sim 0.7\text{ MPa}$ 时,关闭压浆泵保压;如有压力下降时,启动压浆泵补压;持压 $3\sim 5\text{ min}$ 无压力下降时,关闭压浆泵,关闭压浆端阀门。不拆除压浆端阀门及出浆端阀门,使其保持关闭状态,拆除外接压浆管,完成本束管道压浆。

依步骤完成全部管道压浆,压浆结束后彻底冲洗压浆设备及工具。浆体初凝(约 4 h,具体时间根据气温由试验确定)后拆卸全部阀门并清洗。

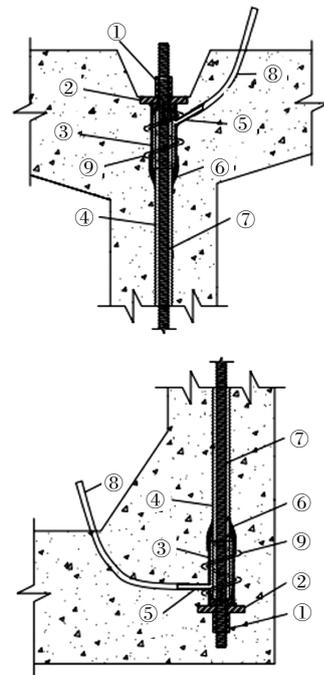
3.3 操作要点

采用普通搅拌机拌合浆液时,首先在搅拌机中加入实际拌和水用量的 $80\%\sim 90\%$,开动搅拌机,均匀加入全部压浆材料,搅拌 2 min 至浆液均匀后再加入剩余 $10\%\sim 20\%$ 的拌和水,继续搅拌 2 min 至浆液均匀。浆体压入梁体孔道前,应先开启压浆泵,使浆体从压浆嘴排出少许,以排除压浆管中的空气、水和稀浆。

管道压浆应连续不间断进行,出浆端最初排出的浆液因管道内积水等原因多为稀浆,其浓度、凝固后的强度均不能满足要求,须将其完全排出

管道。稀浆排出时应在出浆端设置引出管,使稀浆排至弃浆桶集中处理,不得随意排放污染环境。同一管道压浆应连续一次完成,因故中断不能连续施工超过 20 min 时,须用清水将孔内水泥浆全部冲洗干净后重新压浆。压浆时先压下面孔道后压上面孔道,冲洗孔道时如有串孔现象,应两孔同时压浆。

竖向管道压浆应由下端管道压入,上端管道排出,压入速度不宜太快,待顶部出浆管口流出浓浆且无气泡排出时,弯折堵死上部管口,压力在到 $0.5\sim 0.7\text{ MPa}$ 时,稳压 $3\sim 5\text{ min}$ 后关闭压浆泵,弯折堵死下部管口,完成本束管道压浆。竖向预应力筋采用精轧螺纹钢时应加工注浆管座进行竖向注浆,见图 3。



①—JLM 锚具; ②—JLM 锚垫板; ③—注浆管座; ④—薄壁镀锌金属波纹管; ⑤—注浆小钢管; ⑥—密封缠绕胶带; ⑦—精轧螺纹钢; ⑧—PE 钢丝骨架接气排浆管; ⑨—限位板

图 3 竖向预应力管道注浆示意图

4 应用效果

文中所述预应力管道安装、张拉及压浆相关控制措施及操作要点,在莞番高速公路桥头—沙田段第 9 合同段东深供水渠跨线桥施工中得到充分应用。施工期间,所有管道均未出现漏浆堵管问题,预应力筋张拉力值及伸长量皆满足设计要求,浆体均未出现空洞,且饱满度满足规范要求,预应力施工顺利推进,施工质量取得了良好的效果。

5 结语

预应力施工是悬臂现浇连续梁施工中至关重要的环节和施工质量的保证,需要各个工序规范操作方可实现。文中所述措施通过实际应用,有效解决了预应力管道接头破损、漏浆、张拉精度等问题,进一步保证了施工质量,对悬臂现浇连续梁施工质量的控制具有积极作用,可为同类型

工程施工提供借鉴。

参考文献:

- [1] 耿志国. 桥梁后张法预应力施工质量控制措施[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2009(3):170.
- [2] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] CJJ/T 281—2018,桥梁悬臂浇筑施工技术标准[S].
- [4] TZ 324—2010,铁路预应力混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工技术指南[S].

(上接第 31 页)

5 结语

盾构穿越在建车辆段结构前,应根据施工特点及风险,优化设计方案,降低风险,避免相互影响。盾构在咽喉区结构下方掘进期间,由于覆土浅,地层密封能力弱,容易出现漏气现象,可以通过加气系统保持土仓压力稳定,减少地层扰动,避免坍塌。盾构在穿地连墙前,提前做好姿态调整,采用小贯入度,避免盾构姿态超限。隧道与所下穿结构底板较近时,盾构掘进容易引发土体沉降,管片容易上浮,可控制盾构姿态低于设计轴线弥补上浮量,同时在盾尾后 2 环—3 环处注入稀释后的水玻璃加速同步浆液凝固。盾构

穿越地连墙时,可选用楔形滚刀,其破岩能力较强。但穿越地连墙期间,容易造成地连墙外侧土体沉降,可采用钻注一体机对易发生沉降区域进行预注浆加固。

参考文献:

- [1] 葛照国,师文明,吴烁. 盾构下穿地下连续墙中玻璃纤维筋施工技术[J]. 山西建筑, 2018, 44(2):163-165.
- [2] 邵明月. 复合地层盾构机刀盘刀具优化设计及工程应用[D]. 北京:北京化工大学, 2018.
- [3] 张厚美. 盾构隧道盘形滚刀损坏的原因分析与对策[J]. 现代隧道技术, 2010(6):40-45.
- [4] 刘学红,邹爱忠. 盾构硬质合金分析与应用[J]. 超硬材料工程, 2016, 28(2):24-26.