

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.05.040

钢混组合梁体外索安装施工技术

张方龙, 刘安金
(柳州欧维姆工程有限公司, 广西 柳州 545006)

摘 要: 随着我国桥梁建设工程的高速发展,体外索在桥梁结构中的运用逐渐增多,施工工艺也不断提升。结合柳州市凤凰岭大桥工程实例,系统介绍钢混组合梁梁体外索预埋、下料、穿索、张拉的施工工艺,总结施工关键技术,为同类型桥梁施工提供了技术支持。
关键词: 钢混组合梁;体外索;穿索;张拉
中图分类号: TU74 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)05-0154-03

0 引 言

随着斜拉索的发展和广泛运用,为解决体外预应力防腐问题,大量相关技术也应运而生^[1],从而促进了体外预应力桥梁的发展。目前国内体外索已成功应用在许多工程中,产生了良好的经济效益和社会效益。

1 工程概况

1.1 主桥

柳州凤凰岭大桥位于柳州市柳北区,是规划中横跨柳江,东西向连接柳州市柳北区与河东新区、柳东新区的主要快速通道(见图 1)。工程桥位位于鹧鸪江大桥与河东大桥之间的中段区域,柳江西岸的部分位于柳北区,柳江东岸的部分位于河东新区^[2]。主桥施工跨径布置 90+4×130+90=700 m 的等高连续钢混组合梁,桥面全宽 46.6~48.6 m,梁中心线高 6.5 m。箱梁为双箱双室钢梁,桥面板为分块预制普通钢筋混凝土体系,湿接缝现浇。

1.2 体外索

体外索全桥设计为 6 跨左右的分幅布置,从 PM5 到 PM11,每跨单幅体外索布置 10 束,其中外侧 8 束为曲线段结构,中间 2 束为顶板直线段结构,全桥体外索设计数量 120 束,曲线结构体外索最长 168.193 m,直线结构体外索最短为 73.5 m。每束体外索在横桥向上间距为 0.4 m,直线段体外索直接锚固于 2 个锚固梁的顶板位置,中间无转向器,曲线段



图 1 主桥效果图

体外索跨越 4 个锚固梁,锚固于顶板位置,通过 2 个顶板转向器和底板转向器实现从顶板转到底板再转到顶板结构布置,全桥体外索钢绞线重量约 600 t。

体外预应力采用 OVMXG15—31 单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线(见图 2),由索体、锚具、转向器、附属装置等组成,索体钢绞线标准强度为 1 860 MPa,直径为 15.24 mm,面积为 139.00 mm²,弹性模量为 1.95×10⁵ MPa。采用两端张拉,张拉控制应力为 1 200 MPa,见图 2。

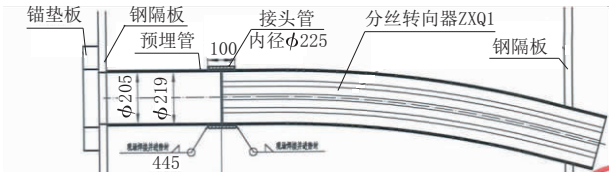


图 2 体外索构造图(单位:mm)

钢箱梁纵向体外预应力索采用专用锚具,要求能够方便有效地进行体外索的单根安装^[3]、单根张拉、单根检查及单根更换,同时锚具要具备整束调整索力的功能,性能应满足国际后张预应力协会 FIP《后张预应力体系的验收和应用建议》以及国家标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370—2015)中的规定^[4]。锚固块和定位块处采用预埋无缝钢管成孔,应符合《结构用无缝钢管》(GB/T 8162—2018)的规

收稿日期: 2022-5-09
作者简介: 张方龙(1988—),男,本科,工程师,从事预应力相关产品施工技术服务工作。

定^[3]。体外预应力索转向处采用分丝管式转向器,能实现单根钢绞线的穿束及张拉。

2 施工工艺

2.1 工艺流程

体外索预埋安装(预埋件和转向器)→体外索下料→体外索穿束安装→体外索张拉→锚头或预埋管防腐→保护罩安装。

2.2 体外索预埋件和转向器安装

体外预应力预埋件包括锚垫板、螺旋钢筋、预埋导向管、转向器等。预埋件的安装位置按设计要求确定,安装误差应在设计允许范围内,安装与固定牢固可靠,此工艺过程是保证体外索束形及体系防护质量的关键性工艺环节。

2.2.1 转向器的预埋

(1)将转向器安装到设计的钢梁隔板预埋管位置,如图3所示,注意转向器类型和弧度方向,以免装错^[5];

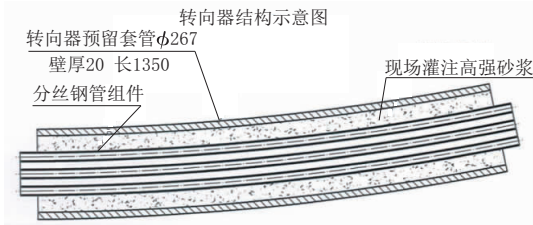


图3 转向器预埋示意图(单位:mm)

(2)按设计给出的参数调整转向器的安装位置,测量转向器的定位坐标,符合设计要求后加以固定^[5];

(3)按上述操作步骤安装完所有的转向器;

(4)清理转向器与预埋管之间的杂物,清洁处理完毕后,制作适宜的橡胶密封条,并用橡胶条把转向器与预埋管之间的两端空隙塞满^[6],在橡胶条的空隙间安装透明塑料胶管,然后进行高强砂浆灌注;

(5)高强砂浆灌注前用塑料袋包裹转向器端面,避免浆体渗入,并建议再次确认转向器的定位和固定情况。

2.2.2 锚具预埋件的安装

(1)将锚垫板、螺旋筋和预埋管装配成整体,并在锚垫板和预埋管连接处焊接固定,焊接处应密封且不能漏水;

(2)用葫芦将锚垫板和预埋管吊到设计指定位置,经测量确定后,焊一定位钢筋托架将锚垫板和预埋管托住,并加固以免其晃动错位;

(3)松掉葫芦将锚垫板和预埋管放松,测量锚垫板和预埋管的定位坐标,如误差太大,则立即进行调

整,直到符合设计要求;

(4)在后面的绑扎钢筋工作中,注意保护锚垫板和预埋管,并适当进行加固;

(5)在钢筋绑扎完成后、浇注混凝土前建议再次确认锚垫板和预埋管的定位情况。

2.3 体外索下料

考虑到本项目的施工工况,穿索施工时无场地提前下料,因此钢绞线用卷扬机牵引穿索时在穿索过程中直接单根穿束单根断料,利用在穿索机前面安装一个计米器,来控制钢绞线的下料长度。

按下列公式计算出无应力状态下自由长度,校核无误后供下料人员执行。

下料长度计算公式为:

$$L = L_0 + 2L_1 + 2A_1 + L_3^{[7]}$$

式中: L_0 为两端锚垫板锚点之间的中心弧线长度(一般由设计院提供); A_1 为张拉锚具长度; L_1 为张拉时工作长度; L_3 为施工误差的影响长度。

2.4 体外索直线段穿索

由于本项目工期紧张,故改变传统施工工艺,钢箱梁顶推作业与体外索穿索施工同时进行,且在体外索穿索施工中超暂无桥面板,根据现场的施工条件及体外索长度和布置情况,针对直线段和曲线段两种类型的体外索采用不同的穿索工艺。

(1)孔道清理

考虑到转向器在生产、运输及安装过程中有碰伤及碰坏的可能,须先用无粘结钢绞线逐孔清理干净,确保每个孔道都能顺利通过^[8]。

(2)直线段穿索施工

体外索直线段设计在顶板位置,最短长度是75m,最长90m,采用卷扬机直接牵引的工艺进行施工,具体操作流程如下:

a. 将1t快速卷扬机布置在体外索尾部锚具距离5m位置,卷扬机钢丝绳穿过尾部锚具钢绞线安装孔位牵引至前端锚具处;

b. 操作人员选取待牵引的钢绞线,将卷扬机钢丝绳与钢绞线连接,启动卷扬机牵引,直至钢绞线到达尾部锚具位置并穿过锚具预留足够张拉工作长度时停止牵引;

c. 钢绞线进行断料、剥皮和墩头处理,并且解除卷扬机钢丝绳与前端钢绞线的连接,钢丝绳从下一根钢绞线安装的锚具孔位人工牵引返回前端,做好下一根钢绞线牵引准备;

d. 前端钢绞线穿出前端锚具,与尾部锚具的孔

位一致,完成钢绞线的临时锚固及打紧夹片(由于桥面板未安装,湿接缝未浇筑,体外索只能安装临时锚固,不能张拉),钢绞线的临时锚固通过两端 1t 手拉葫芦带紧;

e. 重复上述钢绞线的牵引工作直至整束体外索钢绞线安装完成。

(3) 曲线段穿索施工

体外索曲线段设计在顶板位置锚固,通过顶板 2 个转向器和底板 2 个转向器形成倒梯形的结构,最短长度是 120 m,最长 174 m,若采用卷扬机直接牵引的施工工艺,则功效比较低,因此本项目结合现场的条件,在底板中间位置增加了 1 台 0.5 t 的电动葫芦,将体外索单根钢绞线分 2 段进行牵引,前端和后端两套牵引系统互不干扰,具体操作流程如下:

a. 将 1t 快速卷扬机布置在体外索尾部锚具距离 5 m 位置,0.5 t 电动葫芦布置在体外索中间位置;

b. 操作人员将卷扬机钢丝绳穿过尾部锚具和转向器钢绞线安装孔位牵引至 0.5 t 电动葫芦处;0.5 t 电动葫芦钢丝绳通过转向器牵引至前端锚具处;

c. 操作人员选取待牵引的钢绞线,将 0.5 t 电动葫芦钢丝绳与钢绞线连接,启动 0.5 t 电动葫芦牵引,直至钢绞线到达 0.5 t 电动葫芦处时停止牵引;

d. 操作人员解除 0.5 t 电动葫芦与前端钢绞线的连接,然后与卷扬机钢绞线连接,启动卷扬机牵引,直至钢绞线到达尾部锚具位置并穿过锚具预留足够张拉工作长度时停止牵引,此时 0.5 t 电动葫芦钢丝绳从下一根钢绞线安装的转向器孔位人工牵引返回前端锚具处,做好下一根钢绞线牵引准备;

e. 钢绞线进行断料、剥皮和墩头处理,并且解除卷扬机钢丝绳与前端钢绞线的连接,钢丝绳从下一根钢绞线安装的锚具孔位人工牵引返回 0.5 t 电动葫芦处,做好下一根钢绞线牵引准备;

f. 前端钢绞线穿出前端锚具,与尾部锚具的孔位一致,完成钢绞线的临时锚固及打紧夹片(由于桥面板未安装,湿接缝未浇筑,体外索只能安装临时锚固,不能张拉),钢绞线的临时锚固通过两端 1t 手拉葫芦带紧;

g. 重复上述钢绞线的牵引工作直至整束体外索钢绞线安装完成。

由于钢绞线无法张拉,在钢梁横隔板之间受到自重的影响下会产生比较大的垂度,对穿索和锚具对孔施工不利,因此本项目改变了穿索的施工顺序,将常规从上排到下排的穿索顺序改成从下排往上排

穿索,有效地避免了已安装完成的钢绞线自重下垂度对未安装钢绞线的影响,避免了钢绞线打绞和错孔的问题。

2.5 体外索张拉

全桥混凝土桥面板安装及湿接缝浇筑完成之后才能进行体外索的张拉施工,直线段采用单端张拉工艺,曲线段采用两端张拉工艺,每个节段张拉时左右幅同时对称张拉,从两侧往中间进行张拉,每束索是 31 根钢绞线,张拉顺序是从最上面一排往最下面一排进行张拉,从外侧索向内侧索进行张拉。

体外索采用小吨位千斤顶 YDSC240Q 顶进行单根张拉,张拉控制应力为 0—初应力—100% δ_{con} 。因体外索非弹性变形较长,在单根预紧时一个行程不能张拉到位,需多次张拉。为防止反复张拉损伤工作夹片,单根预紧时采用“悬浮”张拉,如图 4 所示。

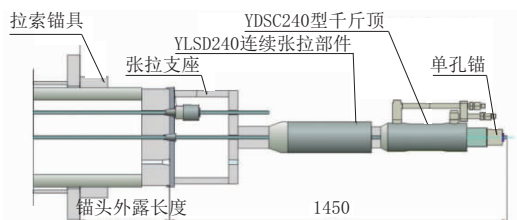


图 4 体外索张拉示意图(单位:mm)

2.6 施工注意事项及技术要求

(1)考虑到转向器安装误差会造成张拉时无粘结钢绞线 PE 破损,穿束时应在顶板转向器中^[5]每个分丝孔内穿入与该转向器等长的 PE 套管(剥除钢绞线工作长度时剖开的 PE 护套管),且要保证 PE 套管内壁有一定量的油脂,此措施通过在转向器部位增加润滑层,减小无粘结筋与转向器导向管间的摩擦系数,使钢绞线 PE 护套在转向器中滑移,从而避免张拉时无粘结钢绞线 PE 损伤或撕裂。

(2)钢绞线穿索过程打绞的控制措施,首先是从穿索工艺上进行控制,做好穿索人员的技术交底工作,规定了每束 31 孔钢绞线的穿索顺序,从下往上进行穿索,从外侧往内侧进行穿索,穿索施工过程中严格按照这个顺序执行。

3 结 语

凤凰岭大桥设计采用大跨度钢混组合梁体外索结构形式,针对本桥的施工特点,改变了传统体外索穿索施工时的牵引工艺和穿索顺序,并且经过项目的实际工程实例进行验证,施工的安全性、质量及工效均满足施工控制要求,为以后类似的桥梁工程施工提供技术支持。

(下转第 172 页)



图 13 泥浆分离器布置之实景

播原理,主动地在降低噪声源和阻断传播途径等方面对噪声进行控制。通过采取各项降噪措施能够有效地降低噪声污染对施工场地周围居民的生活影响。

参考文献:

- [1] 胡凯莉.半封闭型声屏障的特性研究[D].哈尔滨工业大学,2017.
- [2] 党广彬,柴庆刚,李秩然,孔令茵.不同结构形式声屏障降噪效果分析[J].山东交通科技,2021,46(4):91-95.



图 14 泥浆防护棚之实景

- [3] 谢冬安.工程机械整机降噪技术研究[J].今日自动化,2019,6(4):220-221.
- [4] 于杰,王俊杰,张鹏.水泥混凝土路面降噪处理措施[J].北方交通,2012,34(4):22-25.
- [5] 周志峰,樊士贡,蔡忆昔,罗福强.阻尼材料对发动机薄壁件降噪效果分析[J].内燃机学报,2022,40(1):89-95.
- [6] 岳文龙,于继胜.双螺杆空压机的降噪措施[J].军民两用技术与产品,2008,20(1):42-43.
- [7] 赵升吨,雪永刚,刘艳辉,高红娟,史维祥.移动式空压机噪声控制[J].噪声与振动控制,1996,15(2):26-30.

(上接第 156 页)

参考文献:

- [1] 曾晓青.体外 CFRP 预应力钢筋混凝土连续梁抗弯性能分析[D].南京:东南大学,2011.
- [2] 吴霄,马磊,蒋彦征,等.柳州市凤凰岭大桥主桥设计与施工[J].上海公路,2021(3):63-66,97.
- [3] 叶明月.波形钢腹板 PC 组合箱梁桥的受力性能分析[D].西安:长安大学,2019.
- [4] 金平,顾宏勤,王昀,等.填充型环氧涂层钢绞线单根穿索工艺:中国, CN201810333580.4[P].2018-09-28.

- [5] 王快.钢箱梁体外预应力施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2012(13):56-68.
- [6] 马泽军.体外预应力在天津城市高架桥中的研究与应用[D].天津:河北工业大学,2007.
- [7] 夜国光.矮塔斜拉索安装施工技术研究[J].百科论坛电子杂志,2019(5):27.
- [8] 吴震,韩伟.浅析体外预应力在连续梁桥中的应用[J].科技创新导报,2019,16(3):35-36.