

厦门环岛路海军码头~演武路段预应力施工

谭毅勇 唐建荣 时向荣

(柳州欧维姆机械股份有限公司 545005)

摘要:本文主要介绍了厦门环岛路(海军码头~演武路段)箱梁纵横竖向预应力的施工工艺,并针对具体施工的各个阶段中采取了一系列措施深入加强各个施工环节的控制,取得了良好的效果。

关键词:预应力 波纹管 泌水性 伸长量

1. 工程概况

厦门环岛路(海军码头~演武路段)位于厦门岛的西南沿海,与海内外闻名的鼓浪屿风景区隔海相望,是厦门市城市规划的一个重要组成部分。本段道路北接鹭江道,向南沿民族路至上海海上救助打捞局厦门公司处下海,顺海岸线至演武路立交,南与已完工的演武至白城段连接,本段共分为A、B、C三个标段。该工程由中交公路规划设计院设计,由中港三航六公司总包承建,我们负责A标段预应力专项工程的施工,工期为12个月。该工程的建成将大大缓解厦门市岛内交通。

2. 结构形式

道路等级:城市I级主干线;设计行车速度为60公里/小时。设计荷载:汽车-超20级,挂车-120,城-A荷载。海水波浪力对单个桥墩水平力为78.1kN左右。主线桥的左幅桥全长1314m,右幅桥全长1278m。共为14联,分为三个工作面平行施工。箱梁纵向按全预应力结构设计;波浪力荷载组合作用下的箱梁纵向和施加预应力的横梁按预应力混凝土A类构件设计;其他部位均按普通钢筋混凝土结构设计,控制裂缝宽度不大于0.1mm。

主线桥以联为单位,采用预应力混凝土连续刚构体系,为后张法有粘结预应力结构。混凝土级别为C50。主线桥桥面宽13.5m~23m,并设2%的单面横坡,箱梁采用等高度变截面流线型单箱三室结构(如图1)和单箱四室结构(如图2)。梁高1.6m,顶、底板厚度30cm,钢绞线束为15-7;腹板宽度50cm,钢绞线束为15-16;墩顶设一道

横梁,钢绞线束为15-5;为抵抗强大的海水波浪力,在各个墩中柱与梁体间设计施加竖向预应力,钢绞线束为15-6。

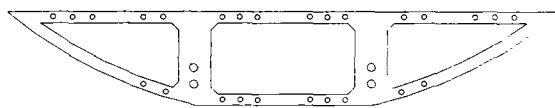


图1 单箱三室结构

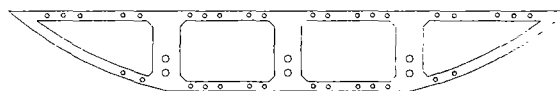
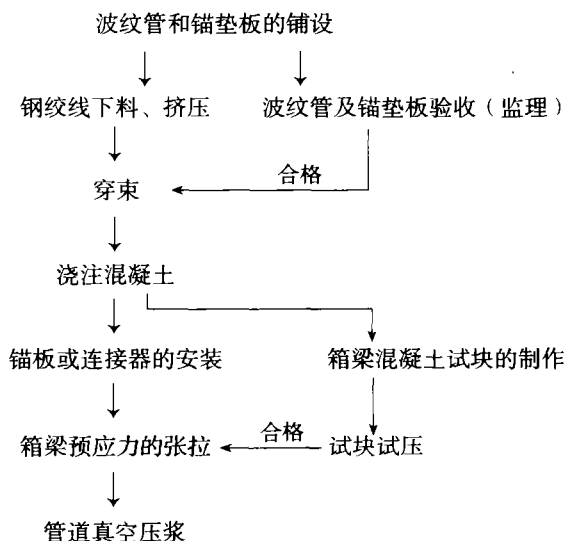


图2 单箱四室结构

3. 预应力施工

3.1 箱梁预应力施工

箱梁的纵、横向预应力施工为主线桥的关键工序之一。施工一般以两跨为单位,部分以一跨和三跨为单位,具体根据跨度的大小和施工的需要而定。箱梁预应力施工流程为:



3.1.1 预埋件的埋设与安装

预埋件包括波纹管和锚垫板。按设计图纸的波纹管曲线坐标在钢筋骨架上焊上波纹管架立筋,间距为1m。等波纹管穿好后再焊上定位钢筋,使波纹管不偏离设计位置。锚垫板由设计图纸给出的位置直接焊在箱梁钢筋骨架上,并保证锚垫板与波纹管同轴。主线桥预应力钢绞线束采用一端锚固,一端张拉,非张拉端采用PT锚或连接器,这样浇注混凝土后出现问题很难处理,所以在本工程中预埋件的埋设安装是很关键的工序之一。施工时应格外注意及时检查锚具质量,确保锚具、连接器的安装精度。由于箱梁纵向、横向预应力为有曲率的力筋,只能用半刚性钢管道。工程设计采用镀锌金属波纹管,腹板波纹管为 $\phi 90\text{mm}$,顶、底板波纹管为 $\phi 70\text{mm}$,横梁为 $\phi 50\text{mm}$ 。波纹管连接处采用比原波纹管直径大1mm的接头管(波纹管)旋扭拼接, $\phi 90\text{mm}$ 接头管长度取300mm, $\phi 70\text{mm}$ 取250mm, $\phi 50\text{mm}$ 取200mm,接头管两端再用黄胶带密封。实践证明这种做法效果很不错,拼接处在整个施工过程中都没有出现过漏浆现象。波纹管末端的切断,须用锯或砂轮切割机,而不宜用焊割,而且所有毛刺应清除干净。不然在穿入钢绞线束时末端会被卡住,当加大拉力或推力时会把管道弄坏。浇注混凝土后立即用空压机通风,防止波纹管意外漏浆而引起孔道堵塞。

3.1.2 钢绞线下料及穿束

为了防止钢绞线穿束前严重锈蚀,下料场地应先清理干净,铺上方木,避免钢绞线与尘土和污水的接触,减少钢绞线锈蚀发生的可能性。下料的钢绞线要下垫上盖,并且下料后尽快穿束。本工程为一端锚固一端张拉,为连续箱梁施工,预应力筋采用整束先穿法。由于钢绞线都有40m左右的长度,腹板为16根钢绞线一束,采取一端拉一端推的方法穿束;顶底板为7根钢绞线一束,横梁为5根钢绞线一束,直接从一端推动即可穿束。腹板钢绞线编束时要用铁丝捆绑成束,引出铁线头以便牵引之用,再用医用胶布和黄胶

布把钢束头包扎好,避免穿束时钢束刮坏波纹管,造成漏浆堵管。波纹管铺设定位后开始穿束,穿束时注意把约束圈或PT锚板(每联的开始段)先穿入。

3.1.3 预应力钢绞线束张拉

箱梁混凝土强度等级为C50,预应力施加应待箱梁混凝土强度达到40MPa以上进行,要求采用张拉吨位和伸长量双控。设计张拉控制应力为 $0.72R^b_y=1440\text{MPa}$ 。所以腹板15-16钢束张拉控制应力为 $f=1440 \times 140 \times 16 \times 10^{-3}=3225.6\text{kN}$;顶底板15-7钢束控制应力为1411.2kN;横梁15-5钢束控制应力为1008kN;纵向预应力钢束张拉顺序以箱梁中心线往两边对称同步进行,纵向预应力钢束先张拉腹板,后张拉顶、底板束。预应力筋张拉伸长量的量测是建立在初应力之后进行的。钢束初始张拉力取为设计张拉吨位的10%,从初始张拉力开始量计伸长量。

张拉程序: $0 \rightarrow 10\%f$ (开始计算伸长量) $\rightarrow 100\%f$ (持荷三分钟) \rightarrow 锚固

实测的张拉伸长量可由下式计算得出:

$$\Delta L = \Delta l_1 + \Delta l_2 - a - b \dots\dots\dots(1)$$

Δl_1 : 从初拉力到设计张拉力之间的实测伸长量。

Δl_2 : 初拉力以下的推算伸长量。

a: 千斤顶长度内的张拉伸长量。

b: 夹片锚具内缩值(5mm)。

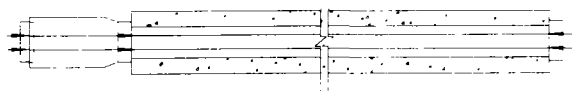


图3 张拉安装简图

初应力以下推算的伸长值可根据弹性范围内张拉力与伸长值成正比关系计算得出,则(1)公式变为:

$$\Delta L = \frac{\Delta l_1}{0.9} - a - b \dots\dots\dots(2)$$

将实测张拉伸长量与理论张拉伸长量比较,保证误差范围在-6%至+6%之内。如果伸长量超

出允许范围,应停止张拉,查明原因。在张拉过程中,同一断面断丝率不得大于1%,更不容许整根钢绞线拉断。

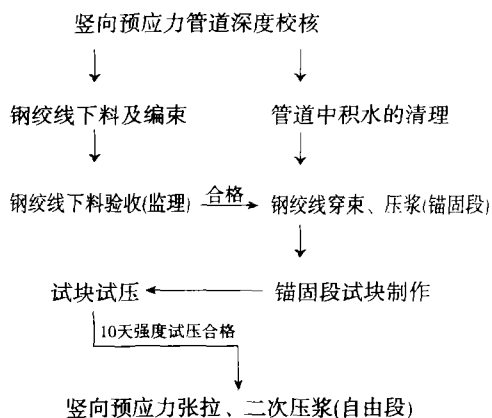
3.1.4 纵横向预应力管道灌浆

灌浆工艺是后张有粘结预应力施工程序中最重要工艺之一,它关系到预应力筋在工作状态下的安全性和耐久性。由于该桥为低桥位的海湾桥,纵横梁管道灌浆采用真空灌浆工艺。预应力钢束张拉后,要在48小时内尽快压浆。真空灌浆能使孔道内的真空度达到80%以上,它能消除气泡的产生,提高浆体密实度,有效地保证灌浆质量,减少工程隐患。水泥浆的技术要求:水灰比为0.26~0.35之间,流动度为30~50秒,泌水性为小于水泥浆初始体积的2%,初凝时间为6小时,浆体7天龄期强度大于40P_a。为了减少水泥浆的泌水和收缩,掺入1.2%水泥用量的减水剂和11%的微膨胀剂。

施工工艺:真空灌浆设备安装好后,启动真空泵。当真空度达到-0.1P_a时,启动灌浆泵,打开灌浆阀开始灌浆。在灌浆过程中真空压力将会下降(约0.03P_a),在透明的喉管中观察水泥浆从出浆孔出来后,关掉真空泵,打开出浆阀,继续压浆至所溢出的水泥浆流畅,没有不规则的摆动时,关掉出浆阀,管道压浆加压至0.5~0.7Pa停止灌浆,进行下一管道灌浆的准备。

3.2 竖向预应力施工

竖向预应力施工在箱梁纵、横向预应力完成后进行。竖向预应力的作用在于抵抗海水波浪力,竖向预应力施工程序按下图所示:



竖向预应力管道深度的量测是为了钢绞线下料和一次压浆水泥浆用量计算之用。下料长度=伸入导向帽长度(20mm)+锚固段长度+自由段长度L₀+张拉预留长度+下料误差。编束(如图4):除了把锚固段骨架和张拉端的锚板夹片全部安装完后,还要把第一次压浆管预先套上。

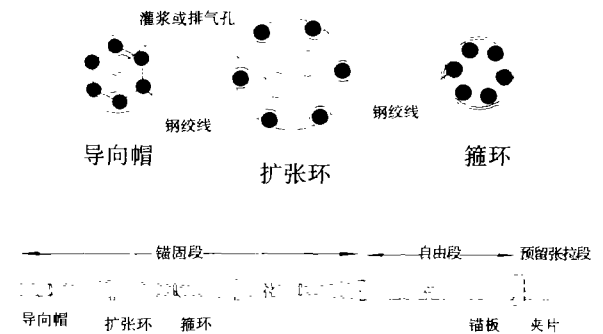


图4 竖向预应力筋简图

竖向预应力施工中锚固段压浆是很关键的一个工序,压浆质量不好或压浆深度不够直接影响到后面的竖向预应力张拉的可靠性。竖向预应力压浆采用压力灌浆工艺。钢束穿好后,进行第一次压浆(锚固段)。水泥浆拌浆过程中一定要控制好水灰比,它是获得好的压浆效果的最好保证。锚固段水泥用量经过计算得出,因各个孔道的实际深度不同,各个孔道的水泥用量也就不一样,在施工中技术员作详细认真的记录,严格控制好水泥浆量。

竖向预应力穿束后在其本身自重的作用下,不存在钢绞线打绞的问题,张拉采用YDC240Q千斤顶单根张拉。控制应力为 $0.6R^b_y = 0.6 \times 2000 = 1200\text{MPa}$,单根张拉力 $P = 1200 \times 140 \times 10^{-3} = 168\text{kN}$,整束张拉力为 $168 \times 6 = 1008\text{kN}$ 。施加预应力顺序为:0→10%f(开始计算伸长量)→100%f(持荷三分钟)→锚固。

在整个施工过程中,有两束钢绞线中各一根钢绞线由于张拉操作不当而发生内缩到孔道里(张拉预留长度短了,千斤顶只能夹住钢绞线一点,而张拉时又不做两次张拉,张拉到将近设计力时发生了内缩。应该先用千斤顶把钢绞线拉出

(下转第32页)

应把 $\tau_{杆}$ 映射成 $\tau_{孔}$ 。

6.4 对于压力型锚索,无论是引用文献[5]、[6] (Mindlin位移解)的结果,还是引用Kelvin位移解的结果,此时杆体是水泥芯柱, r 是孔径,得出的是孔壁剪应力 $\tau_{孔}$ 分布规律。

6.5 基于1~4的分析,压力型锚索担心的控制应力有2个,其一是承载圆盘附近水泥芯柱压坏;其二是孔壁发生剪移破坏。本文提出把水泥芯柱换成钢梁,使担心的控制应力减少一个,只剩下孔壁剪应力。

6.6 采用钢梁代替水泥芯柱,根据文献[1]~[8]得出:

孔壁处 τ_{max} 可降低2.67倍。

6.7 根据文献[1]~[8]得出:

在同样条件下,孔壁为岩石 ($E=60 \times 103\text{Mpa}$, $\mu=0.25$)时,孔壁处 $\tau_{max}^{岩}$ 是孔壁为土体 ($E=10\text{Mpa}$, $\mu=0.4$)时孔壁处 $\tau_{max}^{土}$ 的30~80倍,即 $\tau_{max}^{岩} = (30\sim 80) \tau_{max}^{土}$ 。这使我们认识到:在土体中设计压缩型锚索时,孔壁剪应力 τ 可按均匀分布取值。这点与软土中磨擦桩设计是一样的。

例如:孔径为165mm、孔深6m的预应力锚梁,当孔壁许用剪应力为0.5N/mm时,允许的预

应力为1500kN。

6.8 文中最后分析了变温在锚索中引起的应力,认为温度应力是不可忽视的。

参考文献

- 1、R.D.Mindlin, Force at a Point in the Interior of a semi-Infinite Solid, Physics, 1936, 7:196.
- 2、H.G.Poulos, Settlement of Pile Foundations. In Numerical Methods in Geotechnical Engineering 1977:326.
- 3、彭宣茂、傅作新等, 岩基中的垂直锚杆分析, 岩土工程学报13(5): 54。
- 4、傅作新、梅明荣等, 大型船闸闸墙锚杆的分析与设计《岩土工程学报》1999年1期。
- 5、尤春安, 全长粘结式锚杆的受力分析[1], 岩石力学与工程学报2000.19(3)。
- 6、曹国金等, 一种确定拉力型锚杆支护长度的方法, 岩石力学与工程学报2003.22(7)。
- 7、TH.汉纳著、胡定等译, 锚固技术在岩土工程中的应用[M], 北京: 中国建筑出版社, 1986。
- 8、高永涛、吴顺川等, 预应力锚杆锚固段应力分布规律及应用[J], 北京科技大学学报, 2002, 24(4)。
- 9、邹爱清等, 单孔复合型锚杆锚固体应力分布特征研究, 岩石力学与工程学报23(2) 247~251
- 10、张禾文, 汪稔, 岩土锚固理论研究现状[J], 岩土力学2002.23(5)。
- 11、程良奎、胡建林, 土层锚杆的几个力学问题, 岩土工程中的锚固技术[C], 北京, 人民交通出版社, 1996。

(上接第26页)

一些,等钢绞线外露长度满足张拉时,再把钢绞线拉到100% f_t 。处理方法:为了满足整束钢绞线施加力达到设计要求,考虑到每根钢绞线的控制应力只有 $0.6R_y^b$,后备足,所以采取超张拉的办法来满足要求。也就是原来6根钢绞线所受的力现在由5根钢绞线来承受。这样每根钢绞线受力为 $f = \frac{1008}{5} = 201.6\text{kN}$ 这时的控制应力为 $\frac{201.6 \times 10^3}{140 \times 2000} = 0.72R_y^b$ 未超出规范要求。锚固段设计时为5m,而实际量测一个则为6.1m,另一为5.9m,经过验算完全满足要求。实践证明此方法可行。

张拉完成后,可进行二次压浆。锚板上有

两个孔,将其中一个做为压浆孔,另一个作为排气孔。压浆前将二次压浆管插入孔道,直达一次压浆面。在压浆过程中边压浆边往上提压浆管,以减少压浆泵负荷,但要保证压浆管在浆体内。压浆进行到排气孔冒出浓浆为止。

4. 结语

厦门环岛路(海军码头~演武路段)A标段预应力施工虽然为普通预应力施工,但具体施工中采取了一系列措施来深入加强了各个施工环节的控制,对各个工序严格把关,保证了工程质量,减少工程隐患。工程于2003年6月30日竣工,工程质量优良,其中预应力分项工程被评为优秀。