

探讨预埋管偏小时锚头穿过的解决方法

王晓山 石伟 邹全 覃巍巍

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:福建南平跨江大桥是一座悬索-斜拉协作体系的新型桥型,它具有施工技术含量高、施工工序复杂的特点。在面临短期内必须完成上部结构施工的强压力下,又出了主缆锚碇预埋管口径偏小,主缆锚头无法穿过这一个棘手的难题。针对当前所存在的困难,介绍了打磨预埋管内径、研制一种特种扩孔设备、通过牵引张拉特制试件及更换主缆锚头几种解决方法,并通过具体的实施情况加以互比较,得出一种既经济又方便的速效方法,为今后处理类似情况提供参考。

关键词:预埋管 穿索 方法

1 概述

南平跨江大桥项目位于福建省南平市市区,闽江上游两溪九峰段三江汇流口附近,起点位于滨江路—鼓楼街交叉口,终点位于九峰路山麓。主桥长449米。本桥为自锚式独塔悬索-斜拉协作体系桥,主缆为空间双索面,由工厂预制的高强镀锌平行钢丝索股(PPWS)组成,主缆钢丝的直径为 $\phi 5.3\text{mm}$,每根主缆由19股127根钢丝索股组成;斜拉索采用双层HDPE防护的低应力防腐拉索,由121根直径为7mm的平行钢丝组成;吊索采用高强镀锌钢丝平行集束为索体,索体为91根 $\phi 5.1\text{mm}$ 的镀锌高强钢丝。

主缆梁端锚碇处的预埋管尺寸为 $\phi 219\text{mm} \times 8\text{mm}$,其预埋管的理论内径为203mm,长度约4m。主缆锚杯的外径为 $\phi 200\text{mm}$,长度500mm。根据标准《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》(GBT 17395-2008),其预埋管的壁度的误差约为 $\pm 15\%$ (即1.2mm),可见锚杯与管内径的间隙非常小。由于施工灌注混凝土对预埋管造成的压力及预埋管自重产生的弯曲,最终造成主缆的锚头无法穿过。在主缆挂索前曾制作了一件与主缆锚杯外形大小一样的管套进行穿索试验,结果以失败告终。

该桥的悬索主缆为空间双索面,其主缆在体系前后需经过由平面向空间的转换过程。针对该类型桥梁的施工的特点,预先将梁制作组装好,

并由支撑架预先支撑着,待体系转换后再将支撑架拆除。由于当地每年4-5月份将出现洪涝灾害,梁下面的支撑架面临被洪水冲走的危险(之前已出现过支撑架被洪水冲走的案例),其后果是不言而喻的。因此施工工期非常紧,要求1个半月的时间内完成这项工作。由于该桥梁的结构型式较为新颖,是继常州龙城桥后的第二座大中型桥梁。但由于该桥的主缆索股数量多,无论是工期,还是施工技术、监控的要求及所面临的困难,相比常州龙城桥来说,难度都要大。因此,即使安装工作一切顺利,在1个半月的时间内完成体系转换也是捉襟见肘。因此,主缆锚头无法正常穿过,是一个非常棘手的问题。

2 提出解决方案

根据当前的实际情况,必须找到一种迅速、有效的解决办法。需充分考虑以下因素:

- (1) 实施方案不能产生较大的外力而破坏了原锚碇处混凝土结构。
- (2) 实施方案不能造成主缆锚杯螺牙的破坏,以免影响主缆的锚固质量。
- (3) 该实施方案必须迅速有效。
- (4) 实施方案必须考虑到过程中可弥补性、可操作性,避免因实施方案不成功而产生更大的困难。
- (5) 实施方案需考虑成本因素,尽可能的降低成本。

开始我们只是采用了简单的打磨方法,但经过工人的三天打磨,其结果是没有一根管可以完全穿过,最多可以伸入1m左右的深度。经过反复研讨,最终决定按如下方案进行:

(1) 临时研制一扩孔设备来扩孔,但该方案也只能尝试着去做,能否成功还是未知。

(2) 与方案1同步进行,首先通过打磨来加大预埋管入口的孔径。加工两件外形尺寸不同的试件,一件外径是200mm,另一件外径比200mm稍小,具体大小根据能通过预埋管最大直径的钢管来确定。每件的长度为300-500mm。试件外形带有刀口形的台阶,经淬火热处理。按直径从小到大的顺序依次穿拉过预埋管,从而达到扩孔的目的。在拉伸力上要严格控制,不能蛮干。如不能进则要退出来,进行打磨处理后,再进行穿拉。

(3) 经过前三个案仍无法通过的预埋管,就重新制作锚头。该步重点在于时间上的控制,一旦发现前面的方案失败必须紧跟着实施。

3 细化和分析比较各个方案,择取最优方案,确保问题得以顺利解决

(1) 采用打磨的方案。通过几天来的打磨,证明了通过打磨预埋管内径,能够使锚头穿过,但这一方案的效率是极低的,根本无法满足工期的需要。

(2) 研制一个扩孔设备来扩孔。该设备由普通车床改造,在刀头部连接一个万向轴刀头加工件,在圆周上均布嵌上几付合金刀片,共分为两层,前端的圆周直径稍小,后端的圆周直径为 $\phi 203$ mm(见图1);刀头根据预埋管偏角能自动调整刀头角度,以随着扩孔的深入,适应预埋管偏角的变化。如果可行的话,算上加班的时间,一天可以完成2-3根预埋管,从时间来推算需要约半个月时间,算是一个速效的办法。由于这个设备是首次研制出来的,没有太多的时间去调试,加上工地的环境复杂,每根预埋管的

安装角度不一致,给实际操作带来很大的难度。由于工期紧,又没有太多其它办法,也只能去尝试着操作。

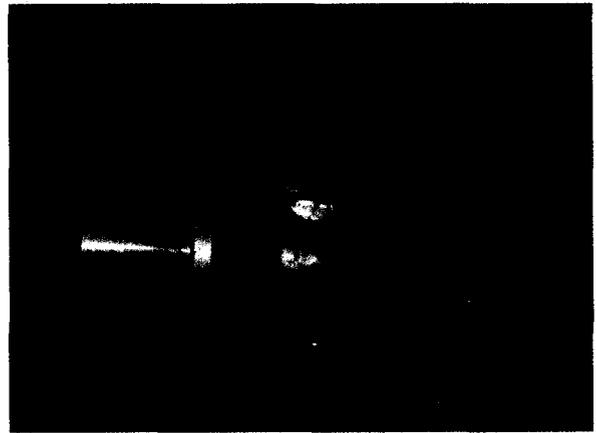


图1 万向轴刀头加工件

(3) 加工一个试件,通过千斤顶的张拉来切削掉阻碍部份。采用该方案的主要原因有两点:一是通过该方法可有效切削因预埋管变形而产生的阻碍部份;二是如果与锚杯同一直径的能通过,那么牵引张拉锚杯时,锚杯的外螺牙不至于破坏。该方案相比前一种方案的效率更高,但由于预埋管的具体变形点不清楚,因此采用该方法其内部的受力复杂,要注意避免拉力过大而造成锚碇处混凝土结构的破坏,因此对拉力要严格控制。

由于切削力与材料、切削量、进给量、切削速度等有关,因此我们这里采用保守的方法估算出其切削力,供施工参考。

$$F_c = 9.81 \times C_{F_c} \times a_f^{x_{F_c}} \times f^{y_{F_c}} \times V_c^{n_{F_c}} \times K_{F_c}$$

a_f —背吃刀量,这里取2mm;

f —进给量,一个直径为 $\phi 203$ 的圆,当切削深度为2mm时,其最大宽度为40mm;

V_c —切削速度,按切槽或切断来考虑,该计算不需要考虑该值;

K_{F_c} —修正系数,按1倍系数考虑;

通过查表 $C_{F_c} = 367$, $x_{F_c} = 0.72$, $y_{F_c} = 0.8$, $n_{F_c} = 0$

计算得出 $F_c = 113655N$

径向切削力 $F_p = 9.81 \times C_{F_p} \times a \times F_x F_p \times f \times y F_p \times V_{cn} F_p \times K F_p$

通过查表 $C_{F_p} = 142$, $x F_p = 0.73$, $y F_p = 0.67$, $n F_c = 0$

计算得出 $F_p = 27404N$

由于切削处的接触面积较大,因此径向切削力对预埋管及混凝土的破坏较小,根据作用力与反作用力的原理,可能出现危险的地方应该是试件两端与预埋管接触的地方。由于该试件是运动状态,即产生摩擦力,按摩擦系数0.2考虑,其两者的合力(一端受力)为13973N,该力作用于预埋管的接触应力约为110MPa,因此对预埋管及混凝土不造成破坏,考虑到其它不稳定的因素的存在,即按最大张拉力 $113655 + 27404 \times 0.2 = 119136N$ 是安全的。

确定试件的结构型式。试件因具有刀具的效果,因此在试件的外圆上车有数个刀口结构,其前角取10度,后角取6度(如图2)。材料采用40Cr,经淬火硬度约45HRC。当试件张拉后卡在预埋管内时,必须能够通过后端牵引张拉将其取出来,因此在设计时还需考虑试件后端带有牵引装置。

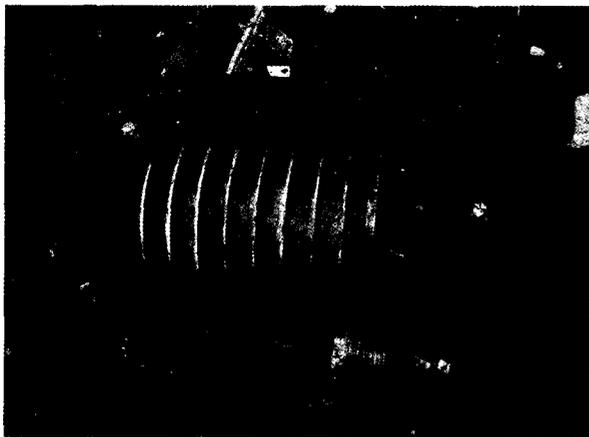


图2 带切削功能的试件

(4) 更换锚头的方案。该方案也是最终执行方案,无论从成本上,还是时间上都不是理想选择,但从可行性来说是最有把握的。更换锚头又有两个细化方案选择:其一,由于主缆锚头采用

的是热铸锚,可以将锚头内的锌铜合金熔化掉,待主缆索股穿过后再在现场制作锚头、顶压实验。其二,将原锚头截掉,由于主缆长度变短了,可以在锚碇处增加一根短索或钢拉杆连接。

采用熔融锚头的方案,在理论上是可行的,但实际上存在对钢丝性能的影响及锚头再灌注技术性能指标的影响,最终的成败还是个未知数,而且现场灌注的工艺可靠性还有待验证。因此,根据设计图纸锚碇空间参数提出了增加张拉杆的方案(见下图3)。

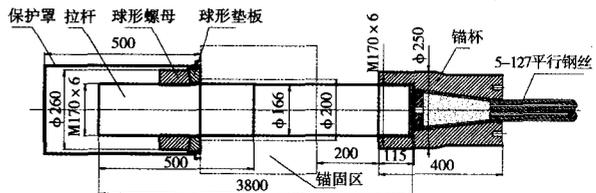


图3 锚头更换方案

4 各方案的实施效果

①打磨的方案由于效率太低,只是作为辅助方案,以保证其它方案顺利实施。

②在散索鞍后坑内,测量并调整好偏角位置后,将改装过的车床安装定位于预埋管前端面。接通电源,开始扩孔。因车床前端的刀头在切削管内壁时候,摩擦阻力过大,而无法根据预埋管的偏位自动调整自身偏角。导致钻刀损坏,方案失败。

③加工一个类似主缆锚杯的实心钢试件;试件尺寸为:长550mm、外径 $\phi 199.8mm$ 。将钢构件放置于上锚面,穿引单根钢绞线,在下锚面利用240Q千斤顶,由上锚面至下锚面硬性张拉钢构件。依次牵引穿过上下游1#-19#预埋管,其张拉力控制如表1。

对于未通过的预埋管采取局部打磨处理,直到在控制的张拉力大小的情况下能够穿过试件,另外再加工一个实心钢试件,尺寸为:长550mm、外径 $\phi 200.5mm$ 。对已经通过的预埋管利用240Q千斤顶,单根钢绞线,重复前面的步骤依次穿过每根预埋管,其基本张拉力均在70kN左右。

表1 试件张拉情况表

上游		下游	
序 张拉力号 (kN)	穿管情况	序 张拉力号 (kN)	穿管情况
1# 90	通过	1# 80	通过
2#	距上锚面57cm位置约有2cm的突起,待处理	2# 85	通过
3# 98	通过	3# 90	通过
4# 89	通过	4# 90	通过
5#	距上锚面70cm位置约有2cm的突起,待处理	5# 95	通过
6# 92	通过	6# 88	通过
7# 95	通过	7# 85	通过
8# 90	通过	8# 89	通过
9# 93	通过	9# 88	通过
10# 95	通过	10# 86	通过
11# 98	通过	11# 85	通过
12# 95	通过	12# 87	通过
13# 99	通过	13#	距上锚面97cm位置,预埋管存在折角,待处理
14# 88	通过	14# 90	通过
15# 86	通过	15# 88	通过
16# 95	通过	16# 87	通过
17# 87	通过	17# 89	通过
18# 79	通过	18# 85	通过
19# 70	通过	19# 87	通过

经过以上操作后,为保护锚头能顺利穿过而破坏螺牙,需要进一步的验证,因此加工一个空心钢构件,尺寸为:长550mm、外径 ϕ 200.8mm。利用人力进行牵引号,对1#-19#预埋管由下至上依次试穿。最终结果是只需依靠3个人的力量就能顺利通过。因此确信该方案是成功,同时省去了最后一个更换锚头的方案,节省了大量的时间和成本。

5 结论

对预埋管偏小这一难题提出了多种解决方案,并通过在南平桥的实际应用了解到,采用不同直径的试件牵引张拉能有效解决预埋管偏小而造成锚头无法穿过的问题。该方案既降低了成本又缩短了施工时间,是一个可行的方案。但在实际操作中要严格控制牵引张拉力,避免在实际操作中破坏了原有锚碇的结构。本次施工为今后碰到类似的问题提供了宝贵经验。

参考文献

- [1] 邓文英等. 金属工艺学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999
- [2] 李洪等. 机加工工艺手册[M]. 北京: 北京出版社, 1999
- [3] JT/T 395-1999. 悬索桥预制主缆丝股技术条件[S].

(上接第36页)

表4 桥墩底部弯矩对比

墩编号	项目	地震波			地震波		
		a	b	c	a	b	c
		顺桥向			横桥向		
12号墩	非隔震	543778	531711	502995	339544	377620	384075
	隔震	51369.1	49179	51234.8	49442.5	55694.7	48538
	弯矩隔震率	0.91	0.91	0.90	0.86	0.85	0.87
13号墩	非隔震	120440	114771	112447	119203	132967	171541
	隔震	79206.6	75306.3	82839	91136.8	106739	91620.8
	弯矩隔震率	0.34	0.34	0.26	0.24	0.2	0.47
14号墩	非隔震	108202	102983	97777.8	219884	219084	248036
	隔震	80357.1	78211.2	77899	99913.5	113943	102234
	弯矩隔震率	0.26	0.24	0.20	0.55	0.48	0.59
15号墩	非隔震	90241.9	91762.9	76418.3	272228	260554	280568
	隔震	80832	84388	73161.7	109210	120980	98286.8
	弯矩隔震率	0.11	0.08	0.04	0.6	0.54	0.65

其中减隔震率定义:

$$\text{减隔震率} = \frac{\text{非减隔震结果} - \text{减隔震结果}}{\text{非减隔震结果}} \times 100\%$$

7 结论

(1) 在E2地震作用下,采用传统抗震方式时,固定盆式支座由于变形能力不够,已经发生剪切破坏,与此同时桥墩底部内力分布极度不合

理,12号墩墩底内力偏大,与其他墩形成强烈的对比,这种状态严重影响桥梁的安全运行,甚至由于个别墩的破坏而导致桥梁倒塌。

(2) 在E2地震作用下,采用传统抗震方式时顺桥向和横桥向在桥墩底部都将产生巨大的弯矩,而使用了铅芯橡胶支座的隔震结构延长了桥梁的自震周期,同时大幅地减小了桥墩的剪力和弯矩,其中桥墩底部的剪力最大减少了90%,弯矩最大减少91%,取得了很好的隔震效果,保证了结构的安全。

参考文献

- [1] Yuan, Y., Aoki, T. and Yamamoto, Y. Experiment Study of the Dynamic Behavior of high-damping-rubber bearing isolator[C] //the First International conference on Advances in Experimental Structural Engineering. Nagoya, Japan 2005:505-511.
- [2] Nakashima, M., Kato, H. and Takaoka, E. Development of Real-time Pseudo Dynamic Testing[J]. Earthquake Engineering and Structural Dynamic, 1992, 21: 79-92.
- [3] 朱文正, 刘建新. 铅芯橡胶支座对桥梁抗震性能的影响[J]. 长安大学学报(自然科学版). 2004年1月. 第24卷第1期
- [4] 重庆交通科研设计院. 公路桥梁抗震设计细则[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008