

拉萨市纳金大桥锚索索鞍抗滑抗摩阻 试验过程分析与总结

彭正勇 吴云 赵成升 李响

(中交一公局第二工程有限公司 江苏苏州 215101)

摘要:针对拉萨纳金大桥斜拉索锚索索鞍抗滑抗摩阻试验方法和试验过程,提出环氧握裹式抗滑锚固装置加载试验原理,按照抗滑试验方案要求,对环氧握裹式抗滑锚固装置进行测试,检验矮塔斜拉桥拉索桥塔锚固构造的静载抗滑移力学性能,对试验结果进行总结和分析,从设计和施工方面对斜拉索锚索索鞍抗滑抗摩阻性能提出建议。

关键词:纳金大桥 索鞍 抗滑抗摩阻 试验 分析 总结

1 工程背景

拉萨市纳金大桥主桥为跨径(70+117+117+70)m的三塔矮塔斜拉桥。桥宽34m。按城市主干道I级进行设计,设计速度采用60km/h;设计汽车荷载标准采用公路I级。

主桥横向单塔,布置在中分带,索塔顺桥向采用变截面,塔形由两道圆弧相切形成,横桥向为2.5m等宽截面。主塔从桥面以上塔高为17.7m,桥面以上受力部位塔高为15.7m,为跨径的1/7.5。索塔采用C50混凝土实心断面,顺桥向宽度为3.243m~5.500m;横桥向宽度为2.5m,顺桥向为半径1.25m圆弧倒面。拉索在塔上采用扇形布置,每个索塔共锚固7对拉索,拉索与塔柱中心交点间距按1m的等距布置。边中跨的索对称于主塔布置。塔上拉索采用鞍座形式通过,每根索对应1个鞍座,位于塔两侧拉索出口处设置锚固装置,克服运营阶段索的不平衡拉力。

斜拉索采用OVM250AT-43、OVM250AT-37两种型号,分别由43、37根7 ϕ 5的钢绞线组成。OVM250AT-43拉索由锚固段+过渡段+自由段+抗滑锚固段+塔柱内索鞍段构成。鞍座采用分丝管,索鞍分散、均匀传递荷载作用。索体采用 ϕ s15.2环氧树脂涂层预应力钢绞线,具有多层防护结构。斜拉索从塔上鞍座中连续穿过,两端锚固在梁体内,所有索鞍半径均为2.5m,施工时,

在梁内对称一次性张拉到位。

目前国内的矮塔斜拉桥索塔上一般采用索鞍贯通。由于结构原因,在施工和运营时索塔两侧拉索不可避免地产生受力不平衡,因此对索鞍段两侧的拉索限制滑移,即必须有抗滑锚固装置。抗滑锚固装置有机械抗滑和环氧握裹式抗滑。机械式抗滑,必须夹持钢绞线,虽然夹持力比较小,但对施工要求高,如果施工中夹持力控制不好,就会影响拉索的疲劳性能,且结构复杂,成本较高。环氧握裹式抗滑锚固装置,采用高强环氧砂浆握裹钢绞线,拉索的各根钢绞线在抗滑锚固装置内是均匀分散的,各根钢绞线的表面均与环氧砂浆接触,各根钢绞线受到的握裹力均匀,使拉索的抗疲劳性能得到极大的改善,且施工操作方便、成本较低。本桥采用环氧握裹式抗滑锚固装置,拉索抗滑移试验是纳金大桥桥塔索鞍节段模型试验的一个重要内容。

2 试验过程简述

2.1 试验要解决的问题

按照抗滑试验方案要求,对环氧握裹式抗滑锚固装置进行测试,检验矮塔斜拉桥拉索桥塔锚固构造的静载抗滑移力学性能,具体包括:

(1) 锚固装置的抗滑力测试,即锚固装置内的环氧砂浆对拉索的握裹力的大小是否满足100t抗滑力(设计抗滑力为30t,3.3倍安全系数);

(2) 检测锚固装置在拉索单侧施加拉力作用下的滑移情况, 是否满足理论的设计要求。

2.2 试验装置基本参数

试验装置基本参数的确定根据以下3个原则进行:

(1) 西藏纳金大桥斜拉索采用钢绞线型拉索, 规格为15-37和15-43, 试验采用15-43规格的拉索;

(2) 试验主要是检测锚固装置的抗滑移性能, 在足尺模型的塔上按照实桥进行安装锚固;

(3) 试验必须承受试验所需要最大荷载的3倍以上。

根据以上原则, 综合考虑各方面因素, 最终确定试验装置的具体的结构参数。

试验材料、主要设备: (1) 锚固装置2套;

(2) 桥塔索鞍节段模型混凝土台座1个; (3) 撑脚2个; (4) YCW900A千斤顶2台; (5) 百分表2个; (6) 油泵2台; (7) 环氧砂浆, 其他专用工具。

2.3 锚固装置制作

整个试验关键构件之一是锚固装置, 抗滑锚固装置按实际工程设计制作。

由于该试验装置锚固抗滑移力要求达到100t (设计抗滑移力30t的3倍多), 因此试验装置所提供的反力至少是张拉力的2倍以上, 必须保证试验装置具有足够的强度和刚度。试验用的撑脚的承载力超过650t。

2.4 试验方案

(1) 将试验所需的设备以及工具安装调试完毕 (详见图1所示);

(2) 采用2套千斤顶及油泵两侧同时张拉同一根斜拉索, 张拉力均为设计载荷593t, 将锚具锚固;

(3) 在鞍座两侧的抗滑锚固筒上灌注环氧砂浆, 环氧砂浆养护期为7d~10d, 保证达到标准强度;

(4) 分别安装百分表在两端锚固装置尾端, 待测量钢绞线在锚固装置区域内的位移情况;

(5) 先加载A端, A端千斤顶张拉到设计吨位 (593t), B端保持, 不平衡力由10t、30t、40t、60t、70t、100t逐级加载, 并用百分表监测两侧钢绞线位移, 并记录每级百分表的数据。千斤顶卸载到设计吨位 (593t), 观察百分表是否复位;

(6) B端千斤顶张拉, 张拉方法同上, 由10t、30t、40t、60t、70t、100t逐级加载, 并记录每级百分表的数据。千斤顶卸载到设计吨位 (593t), 观察百分表是否复位。

3 试验过程及测试结果

3.1 拉索张拉到设计力

将油泵调试准备好后, 2台千斤顶及油泵在试验台座两侧同时张拉同一根斜拉索, 张拉力达到设计载荷593t, 调整螺母位置, 放张后将锚具自动锚固。

3.2 锚固区域环氧砂浆灌注

环氧砂浆的灌注是整个试验最重要的一个环节。环氧砂浆各个组份严格按配比进行搅拌, 搅拌要均匀, 然后及时灌注到锚固装置内, 保证环氧砂浆在锚固装置内的完好流动性和密实性。灌

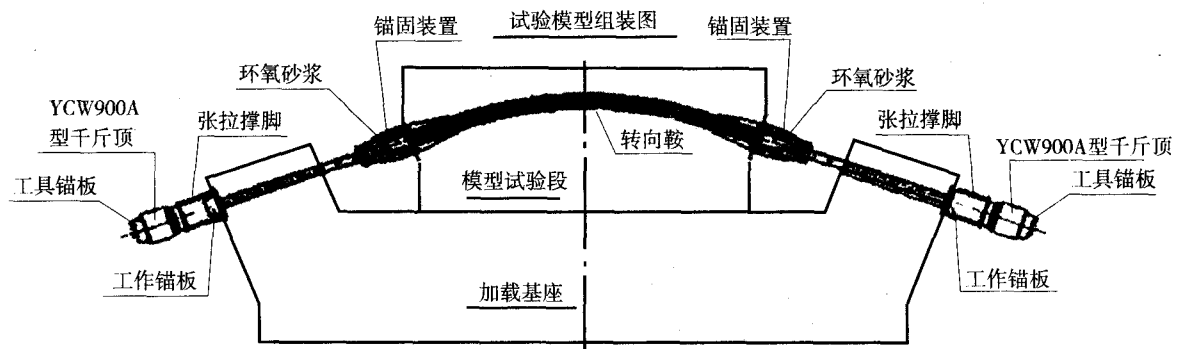


图1 试验装置布置图

注好的环氧砂浆必须有7d~10d的凝固养护期。7d抗压强度 $\geq 70\text{MPa}$ ，实际7d抗压强度达到70MPa~75MPa。

3.3 百分表安装

为了测试钢绞线与锚固装置之间的相对轴向位移，在两端锚固装置出口自由段钢绞线处，特制一夹具夹持钢绞线，将百分表固定在锚固筒上，百分表的指针顶在夹具上，一边各安装1个百分表，共2个百分表。

3.4 锚固装置加载情况

为得到较可靠的试验结果，确定试验按3次进行加载，如表1、表2所列。

表1 A端模拟施加抗滑力时两端钢绞线位移量 (单位: mm)

A端逐级加载	第一次		第二次		第三次	
	A端 读数	B端 读数	A端 读数	B端 读数	A端 读数	B端 读数
593t	0	0	0	0	0	0
593+10t	0.011	0	0.010	0	0.008	0
593+30t	0.030	0	0.027	0	0.028	0
593+40t	0.045	0	0.040	0	0.042	0
593+60t	0.065	0	0.060	0	0.063	0
593+70t	0.078	0	0.075	0	0.072	0
593+100t	0.110	0	0.100	0	0.095	0
卸载设计力 593t	0.012	0	0.010	0	0.008	0

表2 B端模拟施加抗滑力时两端钢绞线位移量 (单位: mm)

A端逐级加载	第一次		第二次		第三次	
	A端 读数	B端 读数	A端 读数	B端 读数	A端 读数	B端 读数
593t	0	0	0	0	0	0
593+10t	0	0.007	0	0.006	0	0.005
593+30t	0	0.030	0	0.028	0	0.025
593+40t	0	0.040	0	0.038	0	0.035
593+60t	0	0.065	0	0.060	0	0.062
593+70t	0	0.072	0	0.070	0	0.068
593+100t	0	0.100	0	0.098	0	0.095
卸载设计力 593t	0	0.010	0	0.007	0	0.005

4 总结及分析

(1) 拉萨纳金大桥桥塔鞍座在单根斜拉索最大加载值为设计荷载593t时，对每级荷载下各点应变进行分析比较，荷载增量与应变变

化基本呈线性关系，表明结构在设计荷载下各点处于线弹性工作范围；在1.2倍的设计荷载下，鞍座主塔混凝土表面没有出现裂纹，塔受力是安全可靠的。

(2) 摩阻试验中索鞍摩阻力值为33.5t，为施工监控单位在施工过程中控制斜拉索两侧的不平衡力提供了依据。

(3) 抗滑试验结果表明，在A、B两端分别逐级加载不平衡力时，钢绞线产生的位移呈较为均匀的线性发展趋势，且位移量非常小。卸载到设计张力593t时，百分表回零较好，未出现抗滑力失效的现象。充分说明锚固装置内环氧砂浆对钢绞线的握裹作用是优异的，锚固装置完全能达到抗滑移力100t，(设计抗滑力为30t)的要求。

(4) 在实桥状态下，当桥塔的一侧拉索不平衡力作用相当于抗滑力的3倍时，仍可保持其对钢绞线的握裹作用，由此可见该锚固筒装置完全能满足设计抗滑能力的安全系数的要求。试验过程反映了锚固装置的抗滑移要求，均能够满足设计抗滑移能力100t的要求，未出现抗滑移失效的现象。

5 有关建议

(1) 虽然鞍索抗滑抗摩阻试验满足设计要求，但此结果在很大程度上反映模型试验本身特点，现场实桥施工时仍然要引起高度重视；如要严格控制转向鞍的加工精度，并保证施工中转向鞍的精确定位；在鞍座以内部分钢绞线要保证PE管完好，且PE管外严禁油污污染；在进入主梁施工时，一定要保证两侧对称同步施工，尤其要控制施工临时荷载，不可随意堆放等。

(2) 实桥钢绞线比模型钢绞线要长得多，当钢绞线穿索困难时，严禁在其上面涂抹黄油等可能降低拉索与分丝管摩阻的润滑物。抗滑锚内钢绞线在剥去PE管后，一定要将表面油污清洗干净。

(3) 值得指出：环氧树脂涂层是一种物理防护，化学稳定性极强，具有很强的防腐能力。

但它的防护效果取决于涂层的连续性,一旦涂层破损,它的防护体系即失效,因而其涂层加工及索鞍部分锚固部分施工必须确保其完整性。

(4) 建议进行小规模机械式抗滑锚固装置试验,以验证环氧握裹式抗滑装置的可靠性。

(5) 对于预应力混凝土部分斜拉桥运营阶段鞍座区抗滑能力,目前我国还没有规范要求,鞍座模型试验的不平衡力是在静力荷载作用下进行的。而在成桥运营阶段动荷载、风力或者拉萨地区特殊地震荷载作用下,鞍座抗滑能力有待进一步研究。

参考文献

- [1] JTG D62-2004. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[s].
- [2] JTJ041-2000. 公路桥涵施工技术规范[s].
- [3] JTG/TD65-01-2007. 公路斜拉桥设计细则[s].
- [4] JTG/TB02-01-2008. 公路桥梁抗震设计细则[s].
- [5] 谢理洲,金平. 斜拉桥环氧填充型钢绞线索体系. 研究[R]. 2007.
- [6] 部分斜拉桥主塔鞍座节段模型试验研究[J]. 广州大学学报, 2005, 4(5).
- [7] 拉萨市纳金大桥锚索区节段足尺模型和塔顶索鞍抗滑试验研究报告[R]. 同济大学, 2010, 11

简讯

南京四桥缆载吊机顺利完成试吊和首段梁荡移施工

南京长江第四大桥位于南京市栖霞山附近,是南京市规划建设“二环”线路中的过江通道,主桥采用双塔三跨悬索桥方案,跨径为576.2+1418+481.8m,大桥桥面宽度为33.00m(不含吊索区及风嘴)。大桥主梁吊装和主缆紧缆分别采用欧维姆公司研制的LZDJ400T液压步履式缆载吊机和JLJ800紧缆机。其中缆载吊机单台400T的额定起重量,是所见文献中最大起重量的缆载吊机。该缆载吊机主要采用两点创新技术:一是行走机构与主桁架之间、主桁架与提升千斤顶吊笼之间采用双铰接,以适应大角度(最大角度 20°)的荡移施工,荡移过程中主桁架始终水平,保证桁架上设备和结构的安全;二是钢绞线采用液压动力收放钢绞线,以方便大长度提升钢绞线的安装和施工过程中的收线,防止钢绞线打绞并窝缸,下放吊具过程可高速度带载下放,节省封航道时间。

2010年8月28日缆载吊机和紧缆机的设计图纸通过专家评审,2011年3月完成厂内制作和初步调试。其中缆载吊机2011年6月完成第三方型式试验,2011年9月紧缆机完成全桥的主缆紧缆

作业,紧缆作业只用了不到十天时间。

2011年10月27日,南京长江第四大桥建设指挥部在驻地组织召开了“南京长江第四大桥缆载吊机使用安全专家审查会”,与会专家对缆载吊机的技术和安全给予了充分肯定,会议同意近期试吊和施工。2011年10月31日,缆载吊机行走至第三个索夹位置,进行现场超载试吊试验,最大起重量为360吨(最大梁段重的1.25倍),试验荷载采用水泥标准配重块,试验过程采用分级加载方式进行,对缆载吊机桁架的跨中挠度进行测量。10月31日上午顺利完成缆载吊机的试吊试验,最大挠度与理论值比较吻合,约30cm。南京四桥靠近桥塔位置的G和H梁段,采用荡移施工,荡移的最大角度为10度,最大梁段重量200T。2011年11月2日和3日,分别两次对H梁段进行荡移,荡移角度分别为10度和8度,首段梁顺利安装到位。

缆载吊机的成功试吊和首段梁的荡移施工完成,标志着该项目取得了阶段性胜利,为全桥主梁吊装的完成,打下了良好的基础。

(梁涛)