

新型智能监测系统施工的东飞户桥

吕 枫译

[提要]东飞户桥为三跨预应力混凝土斜拉桥,中间跨长140米,边跨长70米,三室箱型桁梁宽28米。桥的斜拉钢索被锚固在单塔柱面的中间。该桥施工的一个特点是,使用“新型智能监测系统”监测斜拉钢索的拉力和桁梁的偏移度。同时还有一个自动测量偏移的系统,通过一种特殊的电子激光束接收器自动准确地测量出桁梁的偏移,这种激光束是从一种特设电平中发射出来的。使用该系统不仅可以节省宝贵的人力和时间,还可提高质量和控制安全的等级,保证桥梁施工中的高精度。

目前正在日本旭川施工的东飞户桥是预应力混凝土斜拉桥(图1)。旭川自然环境优美,美丽的大雪山作为背景相衬,再加上河流上诸多的桥,使这里的景色更加骄傲多姿。东飞户桥是旭川机场通往城市的一条必由之路,也是进入城市的入口处。东飞户桥是日本第一座单塔柱、三跨连续式桁梁的预应力混凝土斜拉桥,该桥于1991年10月竣工。本文介绍了东飞户桥在施工中所采用的最新技术。

桥的概述

该桥是一座对称三跨预应力混凝土斜拉桥。中间跨140米,边跨70米,塔柱高40米,桥面板宽共28米,二车道,中线两侧为人行道。(见图2全视图)。

等截面的混凝土桁梁为现场浇筑而成,三室箱,深2.365米(是一个常数)。桁梁沿着桥墩可纵向移动。混凝土的设计强度为 $400\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。桥面和底板均采用直径为32毫米的预应力钢筋。

桥塔为单柱,通过桥台上的孔将桥塔与桥墩牢牢地固定在一起。混凝土的设计强度是 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 。桁梁徐变造成的伸长与缩短,以及混凝土干后的收缩,气温的变化等对桥墩没有直接的影响。然而,地震引起的桁梁的惯性力却通过两个桥墩处的限制器直接传送到桥墩。由于桥塔截面小,所以有必要缩小由于徐变和收缩引起的挠曲力矩。因此,每一边跨处的桁梁都设有重锤。

斜拉钢索置于单面的中间,形成竖琴式结构,预应力混凝土费氏张拉系统H的斜拉钢索在施工现场配装。钢索直径为15.2毫米,60股,它的粗细取决于钢索在桥梁中的位置。斜拉钢索的抗拉强度为1623tf。钢索外面有一层聚乙烯管护层,里面注有水泥砂浆。

施工简况

桥梁施工过程见图3。该桥于1987年12月开工,桁梁使用平衡悬臂法进行架设。即使带有新的机械装置的新式悬臂,它比老式标准的悬臂要优越。桥塔架设所使用的桥接系统

是高度机械化的自身升降式脚手架。施工所在地气候恶劣,一年有三个月为冰雪天气,最低气温为零下 40 度。因此在铺设和养护混凝土期间的温度要严格控制。施工工期见图 4。

桁梁的安装

首先,桥塔的三个部件架设完后,开始用台架架设桥台,接着用桥式起重机架设桁梁,架设方法为现场浇铸悬臂架设法。然后按顺序架设 4 米长的标准件和 3 米长的斜拉钢索及其相应的锚固件。悬臂架设时,将桥台临时与桥墩固定在一起。

架桥中使用的桥式起重机的内模板,必须能够沿着主框架前后移动(图 5)。当钢索件架完后,内模板往前移,待下一个部件架完后,内模板返回原位。因此,没有必要组装内模板。

五年来,旭川地区的气象统计数字表明,12 月至 3 月中的每天平均气温为 4 度以下,为了在这种气候严峻的情况下,仍能得到所要求的施工质量,就要对混凝土运输,浇铸混凝土,养护混凝土有一个统筹综合的安排。当露天气温在零下 15 度以下时,就要推迟铺设混凝土的日期。浇铸混凝土后的三天,其养护气温要保持在 10 度以上,三天后,气温要保持在零度以上。混凝土养护气温要根据温度应力分析来决定。

桥式起重机不用后,桁梁在空气中,自然迅速地冷却,随即产生温度应力。当桥式起重机的温度和空气中的温度之间的温差大于 15 度时,就不得挪动桥式起重机,以防产生应力。

桥塔的架设

当桥台架设完后,就用桥式起重系统架设桥塔。桥式起重系统是一种已开发成型的自身升降式脚手架,它用于架设预应力斜拉钢索桥的桥塔,施工起来安全,高效。这种系统已用于三座桥的施工中,其中也包括这座桥。它的机械装置极为特殊,即使是斜拉钢索架设完后,它还可以上下升降。因此,它不仅可用于架设桥塔脚柱,还可用于架设并拉伸斜拉钢索。这种桥式系统的结构见图 6。

桥塔的架设同桁梁的架设一样,也要小心谨慎,要考虑到桥式系统升举起来架设桥塔部件后,桥塔会自然冷却,然后产生温度应力。同样,浇铸混凝土过程中的温度应力也要进行分析,最后确定混凝土的养护温度和钢筋布置。

斜拉钢索的架设

日本直到目前,凡是现场配装的一根多股斜拉钢索都要经过一根根地拉伸。然而,当股数增加时,这种方法就显得效率低了。为此,斜拉钢索的拉伸便采用一种新研究出来的有效办法,即用一个大中心孔的千斤顶一次集中拉伸多股钢索。钢索的护套管采用聚乙烯套层。首先,聚乙烯套管由一个塔式吊从桥面上被吊起,经过钢管,若干股钢索从桥面水平方向上被推向桥台的锚固墩,再用聚乙烯护套管将其推回到桥面处的锚墩上。至此整个钢索拉伸过程即完成。这样,最低限度地减少了钢索的垂度。随后用推式机械将多股钢索塞进摆放在露天的聚乙烯护套管中。再用桥塔上钢索锚墩的大中心孔千斤顶(能力 800tf)集中拉伸这些临时用楔子固定的钢索,直到达到它的设计强度为止。然后再将这些经过拉伸的钢索放松到原位。最后,再次拉伸钢索。这种架设斜拉钢索的方法平稳可靠。

确保施工精度

确保施工精度,是指保证桥梁施工的质量精度,首先要保证钢索的拉力和桁梁的几何形状。

钢索的拉伸和架设的每一个过程都要良好地控制其拉力。为此,我们可使用智能监测系统监视因时间而变化的拉力和垂度。拉力装置设有压力计,钢索锚墩处设有许多负荷部件,用这些装置测量钢索拉力。

自动测量垂度的系统良好地控制了桁梁的几何形状。该系统有一个电平激光发射器和具有许多电子元件的激光接收器。

自动测量垂度系统

自动测量垂度系统的图解说明见图7。旋转式发射器每秒发送十次激光束。激光接收器中一毫米的纤维元件探测发射器发送出来的激光束。激光束长度是通过激光束矩心的计算而得出。激光束的探测长度为60厘米。该系统的工作过程通过计算机进行自动化观察和控制。

激光接收器有一种将数据平均化的功能。它将所接收到的数据每隔0.1秒就进行一次均化,接收器再将均化的数据平均值反馈到计算机,计算机便给出传送的命令。激光接收器的测量精度为0.5毫米,测量误差产生的主要原因是与旋转激光发射器或外部因素的校正精度有关,但激光接收器的测量精度除外。

1989年该系统进行了可行性研究,常规测量情况下的测试结果是,最大偏差 ± 2 毫米,10个数据的平均偏差小于 ± 0.25 毫米。该精度与一秒钟的测量精度相一致。

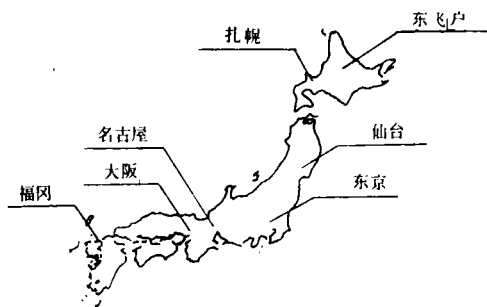


图1 东飞户桥的所在地

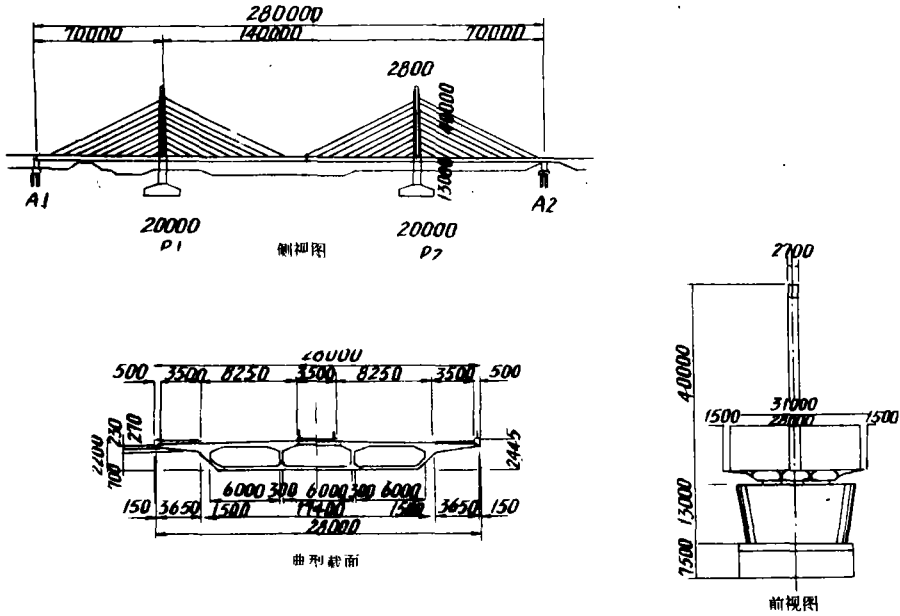


图 2 全视图

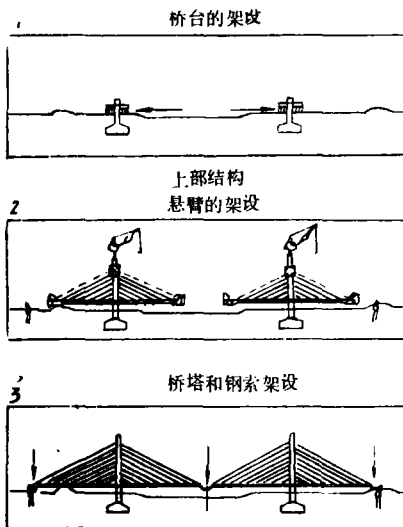


图 3 施工过程

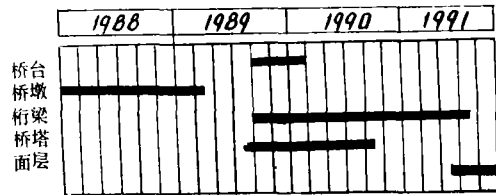


图 4 施工周期计划

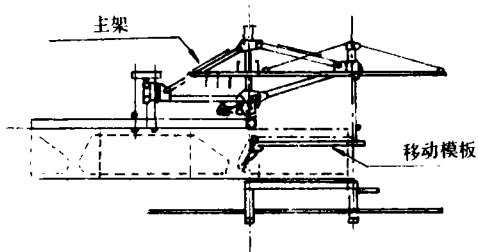


图 5 移动模板式的桥式起重机

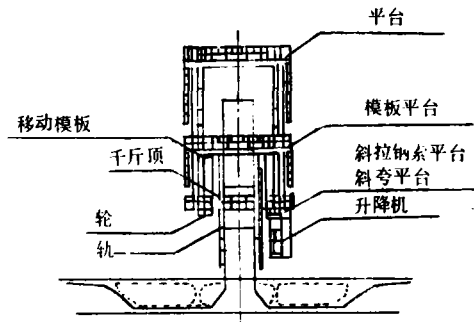


图 6 单柱桥塔桥式安装系统

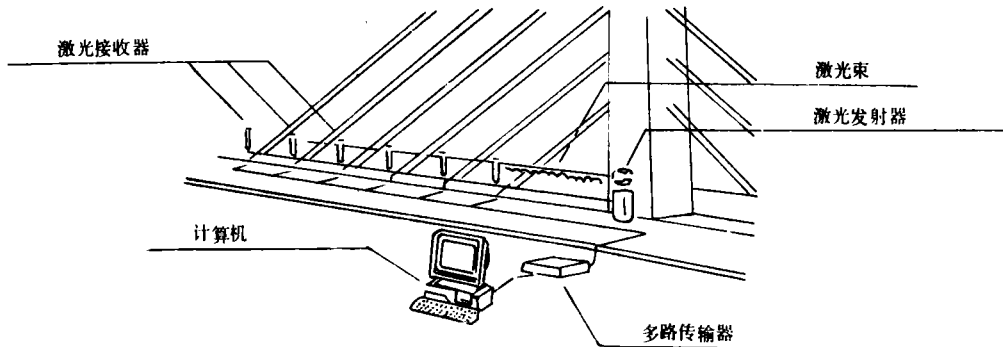


图 7 自动测量偏移系统

(译自 1991 年国际现代预应力混凝土应用学术会论文,原作者为日工程师 Seiya Sasaki 等。)