

基于概率统计学的中空钢绞线索力测量方法

赵泽文 李东平 王波

(柳州欧维姆结构检测技术有限公司 广西柳州 545036)

摘要:由于中空钢绞线索外层HDPE护套与索股之间存在空隙,所以一般的索力测量方法未能很好地解决中空钢绞线的索力测量问题。通过张拉单根钢绞线的方法可以直接测得单根索力,但工作量较大,现根据概率统计学原理,将置信度设定为一个合理值,计算出样本容量的范围,只需抽取样本容量所需的钢绞线索力即可准确地获得整束索的索力。

关键词:桥梁 中空钢绞线 索力测量 概率 张拉

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2017.04.007

引言

现阶段应用较多的索力检测方法主要有:

(1) 压力传感器法。该方法需要在新建桥梁时,把传感器预置在桥梁相应检测位置。(2) 磁通量法。该方法所用的电磁传感器可以在制索期间预先放置,也可以在成桥后期进行现场安装,属于长期监测方法。(3) 振动频率法。该方法的原理是基于简单的弦振动理论,利用振动频率与索力之间的关系间接测量索体的索力,也是目前最为常见的索力测试方法。(4) 千斤顶张拉法。该方法利用千斤顶张拉原有索体,直接测定张拉索体的索力^[1]。对于处在运营期间的拉索类桥梁的定期索力检测,一般只能采用后2种方法。

柳州静兰大桥为六塔矮塔斜拉桥。斜拉索由喷涂环氧钢绞线、单根钢绞线PE管、哈弗管外套、锚具、锚头防腐油脂、锚头环氧砂浆等组成。待拉索安装完成后,全桥统一安装哈弗管外套。这种中空钢绞线索的外套管内径比钢绞线束的直径要大很多,即钢绞线束与外层HDPE套管之间存在很大空隙。在桥梁运营期的索力测试过程中,如果采用振动频率法测定索力,振动传感器只能安装在斜拉索外层HDPE护套的外表面,因此实际测试得到的振动仅能代表HDPE护套的振动,是否能够代表内部钢绞线束的振动仍值得商榷,且缺乏理论与试验研究数据的支持^[2]。静兰大桥的索力测量采用千斤顶张拉法,张拉时有2种方法:一种为整体张拉;另一种是通过单根

张拉来计算整体索力。其中:整体张拉需要大吨位的张拉设备,对于施工现场的空间要求比较高,并且由于对应的千斤顶自重较大,搬运及安装都比较困难;而单根张拉时可根据索力大小采用小型千斤顶甚至是手动油泵带动单束千斤顶,这样大大减少了现场的工作难度,增加了检测工作的效率。对于单根张拉测量整束索索力的方法也有2种:一种是对所有单根钢绞线进行张拉测量,利用测量的单根索力和,得到整体索力值;另一种是张拉其中的几根,抽取样本,利用概率统计学的原理,推算整体索力值。在实际的桥梁索力检测中,采用随机张拉一定样本数量的单根钢绞线来推算整体索力,有比较强的实用性和经济性。

1 样本容量的计算

根据以往的索力监测数据及检测工作经验,可认为单根钢绞线的索力值在一束索内是符合正态分布的。为了准确地检量整束索的索力,设定置信度为0.95,最大允许误差取5%,由于索体经过实际运营作用,索力的离散性可能有所提高,设估算样本方差为5%。此次检测属于有限总体的不重复抽样,所以样本容量为:

$$n = \frac{NZ_{\sigma/2}^2 \sigma^2}{(N-1) \Delta^2 + Z_{\sigma/2}^2 \sigma^2}$$

式中: $Z_{\sigma/2}$ 为正态分布条件下与置信度相联系的系数,置信度取95%时, $Z_{\sigma/2} = 1.96$; σ 为标准差估计值; Δ 为总体均值与样本均值的绝对误差;

转自《市政技术》2016年第1期

N 为个体总量，OVM250体索的单根钢绞线数量一般在12~127根。

通过计算可得，样本容量 $n=3\sim 4$ 根，即对于OVM250体系索，抽样测量的样本容量为4根。

样本容量的计算中，原先设定的估算样本方差为5%，但是由于实际工程中单根钢绞线索力的离散性，当4根钢绞线的均方差值相差超过5%时，需要继续选取第5根钢绞线进行张拉；若5根钢绞线的均方差值相差不超过5%时，取平均值作为该拉索单根钢绞线张拉力的平均值；若还不符合要求，则继续选取钢绞线进行张拉，直至得到符合要求的平均值。

如上所述，为了使抽样样本方差达到设定的5%，需要不断地更正抽样样本数量。为避免抽样样本数量一直增加，现利用百分比变量计算样本容量，置信度取0.95，最大允许误差取5%，样本比例取0.5，重新计算抽样样本容量：

$$n/N=P(1-P)/(\Delta^2/Z_{\alpha/2}^2+P(1-P))=0.278。$$

通过计算可知，当离散变异性达到最大的0.5，抽样比例达到总量的30%时，通过抽样的单根钢绞线索力平均值计算总体索力的置信度可达到95%，满足工程要求。

2 索力测量实施方法

(1) 拆除索体的防水罩，清理钢绞线上的防腐油脂。

(2) 采用预应力穿心前卡式千斤顶对钢绞线进行张拉，千斤顶与锚具（锚板）之间预先装上穿心式压力传感器用以测量张拉力，压力传感器外接读数仪表。需要注意的是，在千斤顶后面必须配合使用单索锚，防止索体在张拉过程中松脱。

(3) 当张拉工作开始后，时刻查看钢绞线对应夹片的工作状态，当夹片松动时（通常伴随响声）立刻停止加压，静置3min，待仪表数值趋于稳定后进行读数。由于张拉位移量相对于索体长度足够小，可认为拉伸对索力产生的影响可以忽略不计。

(4) 每处锚头选取4根钢绞线分别进行1次张拉和1次读数。当4根钢绞线读数均方差值相差

不超过5%时，取平均值作为该索体单根钢绞线张拉力的测量值；当4根钢绞线读数均方差值相差超过5%时，继续选取第5根钢绞线进行张拉；若5根钢绞线的均方差值相差不超过5%时，取平均值作为该拉索单根钢绞线张拉力的平均值；若还不符合要求，则继续选取钢绞线进行张拉，直至得到符合要求的平均值，但当抽样钢绞线数量超过了总量的30%时，则认定其平均值符合要求。

(5) 最后，由张拉力的平均值乘以每根索体包含的钢绞线数量，即可计算出索体的索力值。

(6) 重新对张拉过的夹片按照原施工要求进行压紧处理，恢复锚头内原有的防腐油脂，并重新安装锚头的防护罩。

3 静兰大桥索力测量

在静兰大桥的索力测量过程中，为验证随机张拉一定样本数量的单根钢绞线来推算整体索力的科学性，选取了5束索体进行试验，先按照抽样张拉法计算整束索力，再将剩余钢绞线逐根张拉、一起求和，进行索力计算，比较2种方法所得的索力值。

试验所选取的5束索分别为3号塔下游1、2、3、4、5号索，设计单根索力为137.7kN，张拉所用的千斤顶为OVM单束穿心顶，传感器为OVMSC150A，精度达到0.1N，抽样法测量结果见表1。

表1 抽样法索力测量数据

索号	钢绞线索力/kN				均方差 /kN	平均值 /kN
	第1根	第2根	第3根	第4根		
1	138.1	138.6	137.2	139.1	0.81	138.25
2	132.4	133.5	127.6	136.6	3.73	132.53
3	139.4	138.4	135.4	139.5	1.92	138.18
4	122.5	126.7	131.1	133.2	4.76	128.38
5	133.5	134.5	137.2	137.7	2.04	135.73

由表1可知，前4根钢绞线的索力均方差值都小于平均值的0.05，所以可以直接利用平均值求取索力。

经过第1轮抽样张拉后，对全束索内的钢绞线进行张拉再求和，得到整束索的索力值。2种方法所得的索力值结果对比见表2。

表2 索力测量数据比较

索号	抽样法所测整束索力/kN	全测法所测整束索力/kN	相差比值/%
1	5115.25	5117.9	-0.05
2	4903.43	5002.3	-1.98
3	5112.48	5107.5	0.10
4	4749.88	4886.3	-2.79
5	5021.83	5163.5	-2.74

根据表2的对比结果可知,利用抽样法能够比较准确地计算整束索的索力值。

4 总结

(1) 对于中空钢绞线索的索力测量,只需抽取样本容量所需的钢绞线索力,就可较为准确

(上接第29页)

(7) 张拉完成后,采取单根抽拔或钢绞线做标记测量伸长量两种方式进行复核。单根抽拔就是在张拉完成后对整束索的一部分钢绞线进行抽样抽拔检验,对钢绞线进行复拉,其夹片松动时的力就是这根钢绞线的锚固力。此方法可以准确的检测出每根钢绞线的受力是否均匀。

(8) 当钢绞线处于无应力状态下在两侧锚固点外50mm处做标记,张拉完成后根据标记的所在位置就可以判断出钢绞线的伸长量情况,从而来推断出钢绞线的受力是否均匀。此方法依靠伸长量来准确的判断受力均匀性,对标记的要求精度高,实际厂家下料中每跟钢绞线长度会有一些的误差,做标记亦是如此,较难达到以伸长量来准确的判断出每根张拉力是否均匀。所以仅可作为一种校核手段。

4 对现有的分丝管鞍座的改进

现有出厂的分丝管鞍座分丝管的数量与钢绞线的数量是一致的。在实际施工中,难免在运输、安装、浇注混凝土施工过程中,造成个别分丝管变形或堵塞,使后续的钢绞线穿孔困难,往往在处理事故过程中费时费力,甚至最后由于钢绞线不能穿孔而造成质量事故。因此有必要采取措施,防止由于分丝管变形或堵塞造成质量事故。

比较简单的做法是在原有的分丝管中增加备用管道,在施工过程中如有分丝管变形或堵塞,即可启用备用管道,避免事故的发生。也可以考虑今后桥梁加固所需增加的备用管道数。另外,由于钢绞线采用夹片锚,在调索时只能进不能

地得到整束索的索力值,为该类型索体的索力测量提供了可靠的方法。

(2) 通过概率计算得出的样本容量,最少为4根,最多为钢绞线总数的30%,可以得到置信度为95%的索力测量统计结果。

(3) 该测量方法对于测量人员及施工单位有较高的要求,必须合理施工,保证不破坏原有的防腐、防松设施,并且在测量完成后对其进行有效恢复。

参考文献

- [1] 马恩林. 概率论与数理统计: 理工类[M]. 北京: 人民教育出版社, 2006: 152-213.
- [2] 陈云鹏. 基于频率法的平行钢绞线斜拉索索力测试研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2013.

退,如果索力偏大需放松时,可增加钢绞线提高安全度。

备用管道的设置一般可取分丝管数量的5%,每个分丝管鞍座至少放一个备用管道,或考虑今后桥梁加固所需增加的备用管道数。位置可放在分丝管所排列的正六边形的空缺位置上。如分丝管已排列成正六边形□备用管道放在正六边形与外切圆的空缺位置上。正六边形的索数 N 可按式(8)或式(9)计算。

$$N = 1 + \sum (n-1) \times 6 \quad (8)$$

$$N = 1 + 3 \times n \times (n-1) \quad (9)$$

式中: n 为正六边形的层数(六边形最外一条边上的钢丝数); Σ 范围为1~ n 。

为防止实际施工中,在运输、安装、浇注混凝土施工过程中,分丝管变形或堵塞,也可采用在分丝管外再加一个钢套管作保护套。

5 结语

南昌市朝阳大桥工程,通航主跨斜拉索在塔内分丝管鞍座锚固,采用超张负摩阻锁紧抗滑键的施工工艺,优化了安装方法,使拉索的索力相同、抗滑键与塔柱密贴且具备足够的压力储备,提高了拉索的安全度,抗滑键锁紧力更加可靠,现场施工方便,取得良好的效果,将分丝管鞍座锚固的施工工艺又推进了一步。

“以抗滑键作为锁定装置的钢绞线拉索的张拉施工方法”已获得发明专利(专利号:201410363165.5),对现有的分丝管鞍座的改进也已获得实用新型专利。