

不同预应力下锚头振动特性的测试分析

田北平¹, 吴佳晔¹, 季文洪², 沈卓洋³

(1. 四川理工学院建筑工程学院, 四川 自贡 643000; 2. 上海建筑科学研究院, 上海 200032

3. 四川升拓检测技术有限责任公司, 成都 610000)

摘要: 预应力锚杆张力的测试一直是工程界关注的一个重点课题, 测试方法较多, 其精度受多种因素的影响, 文章试图运用无损检测方法探讨锚索的长度, 瞬间激励的大小与锚杆不同预应力的影响关系, 对相应的工程具有一定的参考价值。

关键词: 预应力; 测试对象; 打击力度; 计算频率

中图分类号: TU 413

文献标识码: A

引言

从理论上讲采用激振器或人工激振等, 测试锚杆的横向固有振动特性 (主要是分析振动阶数的自振频率), 根据结构的自由振动微分方程可方便地测出其张力状况, 本研究利用无损检测方法对锚杆采用自动激振装置和直径分别为 6 10 和 17 的激振锤进行激励得到计算频率 (主要是卓越频率、重心频率以及基础频率), 利用弦振动理论并结合锚杆张力与系统弹簧系数的关系来分析测试预应力锚杆张力, 研究表明其方法是有效的可行的。其概念如下图 1、图 2 所示, 系统的振动频率可参考式 (1), 锚杆张力与系统弹簧系数之间的关系参考式 (2)。

系统的响应固有频率 f :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \tag{1}$$

其中 K 是振动系统的刚性 (弹簧系数), M 是振动系统的质量。

$$K = k_0 + \kappa \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)^m \tag{2}$$

其中 K 是振动系统的综合弹簧系数; k_0 无张力时的弹簧系数; κ 为压缩指数 (无量纲); N 为锚杆张力; m 为指数 (无量纲)。

但是利用其测试分析得到的计算频率 (主要是卓

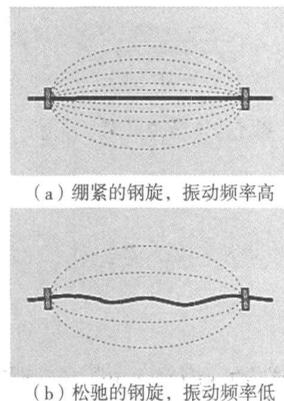


图 1 弦振动理论

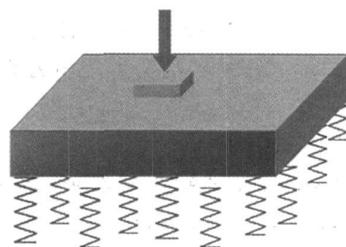


图 2 锚杆张力与系统弹簧系数的关系图

越频率、重心频率以及基础频率)来推定张力的大小。发现在实验室或工程实践中测试精度并不十分理想, 其原因在于预应力锚杆工程属于隐蔽工程, 受锚固介质、

传感器固定位置、预应力索或锚杆露出长度、测试对象和不同预应力等多因素的影响, 振动特性变得相当复杂, 本文试图探讨在不同预应力下锚头的振动特性进而得到在瞬间激励下系统计算频率与作用系统的张力之间的关系。

1 不同预应力下锚头的振动特性

由于预应力锚杆工程属于隐蔽工程, 所以对锚头的振动特性的研究显得至关重要, 为了方便试验, 按照图 3 所示标注并进行试验。

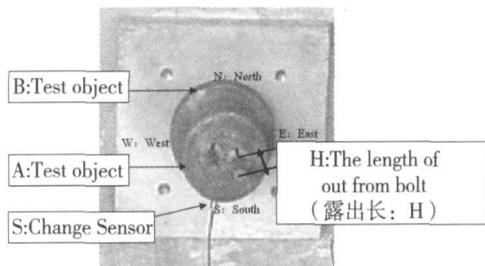


图 3 测试对象 (实物标注)

把传感器固定安装在不同测试对象的东、西、南和北 4 个方位, 研究传感器在不同方位下, 在不同的打击力度下以及锚索不露出的情况下, 锚杆在不同拉力 (拉力在 10MPa 以下) 作用下, 经特制激励装置瞬间激励, 对系统响应的影响。

1.1 锚索没有露出的试验及测试数据分析

分别在对象 A 和对象 B 进行测试, 把传感器分东、西、南和北四个方向, 采用磁铁安装固定, 而激励装置在其相对的方向激励并采集数据。

数据的分析, 主要采用在开发软件的频谱分析功能的基础上, 结合不同算法以计算频率体现。

测试结果分析见表 1 和图 4

表 1 锚索没有露出 (H=0) 不同方向测试的数据解析结果

测试对象 / 传感器方位	North		South		West		East	
	A-N	B-N	A-S	B-S	A-W	B-W	A-E	B-E
0MPa	0.513	0.517	0.513	0.521	0.830	0.834	0.718	0.845
2MPa	0.732	0.744	0.743	0.733	0.940	0.940	0.926	1.005
4MPa	0.979	1.002	1.152	1.002	1.137	1.18	1.214	1.180
6MPa	1.152	1.113	1.152	1.158	1.328	1.327	1.477	1.329
8MPa	1.321	1.281	1.362	1.366	1.375	1.392	1.398	1.394
10MPa	1.419	1.419	1.419	1.393	1.426	1.435	1.541	1.436

注: “A-N”等是以“测试对象-传感器方位”来表示的, 数值为计算频率, 单位为 KHz。

如图 4 所示, 总体上讲, 计算频率伴随拉力的增强而增加。(I) 系列趋势线优于 (II) 系列趋势线, 也说明了传感器在南、北方向是有利的, 这也符合压电式传感

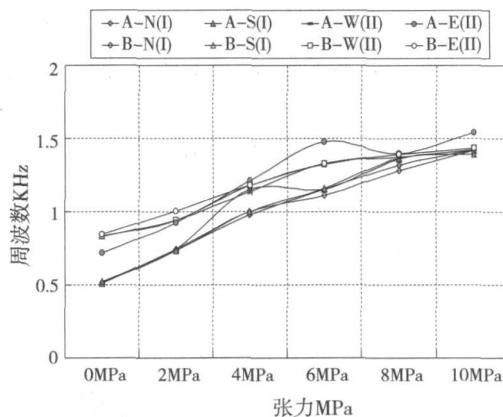


图 4 锚索没有露出 (H=0) 不同方向测试的数据分析图

器结构特性, 在该方向传感器以及引出电缆不起负效应作用, 有利发挥传感器的压电效应。

在低拉力情况下, 同样的拉力, 测试对象 B 的计算频率普遍高于测试对象 A 的计算频率; 也说明了在拉力不大的情况下, 若对测试对象 B 进行测试, 容易诱导出高频。

1.2 不同打击力度的试验及测试数据分析

主要把传感器安装在不同方位下, 提高激励打击力度的倍数 (主要是采用了 2 倍和 3 倍) 并激励下, 研究不同方位和打击力度对响应的影响。

表 2 和表 3 是在原来的力度上, 分别提高 2 倍和 3 倍打击力度的结果。

表 2 2 倍打击力度对测试结果影响的统计表 (测试结果为计算频率)

Sensor Setting	North		South		West		East	
打击力	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B
0MPa	0.358	0.437	0.382	0.571	0.320	0.887	0.310	0.888
2MPa	0.467	0.540	0.475	0.458	0.760	0.761	0.767	0.763
4MPa	1.006	1.005	1.002	1.000	1.243	1.242	1.246	1.243
6MPa	1.006	1.166	1.258	1.166	1.523	1.526	1.526	1.319
8MPa	1.403	1.394	1.399	1.393	1.640	1.405	1.647	1.405
10MPa	1.514	1.518	1.607	1.517	1.752	1.455	1.607	1.770

表 3 3 倍打击力度对测试结果影响的统计表 (测试结果为计算频率)

Sensor Setting	North		South		West		East	
打击力	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B	H0-A	H0-B
0MPa	0.391	0.603	0.565	0.544	0.354	0.963	0.364	1.039
2MPa	0.466	0.461	0.465	0.918	0.771	0.897	0.967	0.957
4MPa	0.927	0.921	0.929	1.176	1.134	1.132	1.137	1.135
6MPa	1.214	1.178	1.212	1.271	1.321	1.353	1.412	1.409
8MPa	1.411	1.389	1.381	1.341	1.407	1.653	1.408	1.409
10MPa	1.492	1.344	1.490	1.517	1.736	1.740	1.737	1.478

从图 5可知,打击力度的影响主要在低拉力(4MPa)范围内,力度越大越容易激励高频信号;而在高拉力作用下,力度越大趋势向更好的方向发展,并且传感器的固定方向对测试结果的影响不大。

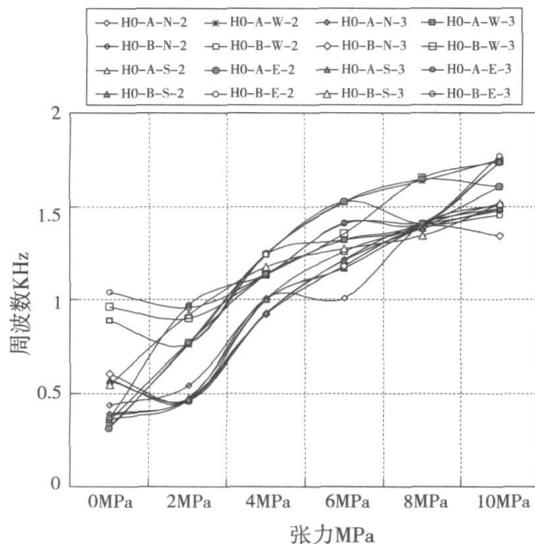


图 5 不同打击力度对测试结果影响的分析图

2 结束语

综上所述,可得到以下有意义的结论:

(1)作用于系统的响应频率(计算频率)随系统拉力增加而增大。

(2)传感器安装固定位置,最好在测试对象的上下(南北)方向,符合传感器的压电效应原理;为了操作性更强,建议传感器安装在测试对象的下部,激励在对侧的上部。

(3)测试对象最好选择在安装有夹片的锚具上,不仅利于测试数据的稳定,还有利于传感器的安装和激励装置的发振。

(4)打击力度对系统响应的影响也主要存在于低拉力范围内,力度越大越容易激励高频信号,计算频率偏高。但是伴随拉力的增加,这种影响减弱。值得说明的是系统的响应需要有一定能量的行为来激励,只有充分的激励,系统的响应才是不变的、稳定的。因此,要求有一定冲击力度的打击能量来激励。

参考文献:

- [1] 建设省土木研究所砂防部地すべり研究室: 湛水地すべり地におけるアンカー工の設計に関する調査[R]. 土木研究所資料第 3244号.
- [2] Stephen C Tadolini Evaluation of ultrasonic measurement systems for bolt load determinations[R]. [s.l]: Int BU of Mines DGH PA29264 1990, 1-9
- [3] 赵光宙, 舒勤. 信号分析与处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [4] 徐攸在, 刘兴满. 桩的动测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.

Numerical Simulation and Test Analysis of the Anchorage Vibration Characteristic Under Different Prestressed

TIAN Beiping¹, WU Jiayue¹, JI Wen-hong², SHEN Zhuo-yang³

(1 School of Architecture Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

2 Shanghai Research Institute of Building Sciences Co Ltd, Shanghai 200032, China

3 Sichuan Central Inspection Technology Co Ltd, Chengdu 610000, China)

Abstract Prestressed anchor tension testing has always been an important topic in the engineering field. There are many testing methods and its accuracy is affected by many kinds of factors. This paper attempts to use the non-destructive testing method to explore the influence relationship between the length of anchor cable, the size of instant incentive and anchor different prestressed. The above result has certain reference value to the related projects.

Key words prestressed; test object; crackdown; calculation frequency