

新的锚固体抗拔力测试系统及应用

韩尚宇^{1,2}, 祝磊^{1,2}, 洪宝宁^{1,2}, 魏浩^{1,2}

(1.河海大学 岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室, 南京 210098; 2.河海大学 岩土工程科学研究所, 南京 210098)

摘 要: 针对我国锚固体抗拔力现场检测方法中的不足, 借助压力传感器、位移传感器、数据采集盒等电子元件, 建立了一个新的抗拔力测试系统。该测试系统首先利用数据采集盒将传感器传递过来的反映压力和变形的电流信号转换为数字信号, 再由相关程序对数据进行降噪处理并绘制测试曲线。系统实现了测试过程中数据的自动采集和成图, 有助于测试人员及时了解锚固体的受力状况, 避免了锚固体张拉破坏。以惠莞高速公路 ZK26+231~ZK26+520 压力分散型锚索抗拔力检测情况为例, 验证了该系统的实用性和可靠性。

关 键 词: 锚固体; 抗拔力; 测试系统; 测试曲线; 控制指标

中图分类号: TH 871.7

文献标识码: A

New anti-pullout test system of bolt-grouting body and its application

HAN Shang-yu^{1,2}, ZHU Lei^{1,2}, HONG Bao-ning^{1,2}, WEI Hao^{1,2}

(1. Key Laboratory for Geomechanics and Embankment Engineering Education Ministry, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Research Institute of Geotechnical Engineering, Hohai University, Nanjing 21098, China)

Abstract: In view of deficiencies of the locale bolt-grouting body pullout force test method, by using pressure sensors, displacement sensors, data collection boxes and other electronic components, a new test system is set up. The test system uses data collection box to transform the current signal reflecting the pressure and deformation collected by sensors into digital signal firstly. Then, with corresponding procedures, the data can be dropped chirp and protract test curve at the same time. The test systems implement the data collection and map automatically in the test process, which can help testing persons to predict later situation of the bolt-grouting body, avoiding its tension damage. Taking the distributed stress anchor cable testing condition in Hui-Guan Expressway ZK26+231~ZK26+520 for example to certificate the utility and reliability of the system.

Key words: bolt-grouting body; pullout force; test system; test curve; control indices

1 引 言

锚固体是把欲加固岩体与稳定岩体连结在一起的受力构件, 借助锚固体对边坡进行加固是当前边坡工程中的重要支护手段之一。抗拔力作为锚固体施工质量好坏的重要评价指标, 其测试结果的准确性直接影响到对边坡工程的安全性评价的可靠度。不可否认, 经过多年的工程实践^[1,2], 该测试技术得到了很大程度的完善和发展, 但仍存在一些不足, 主要反映在如下几方面: 受现场情况和机械测振动影响, 测试仪表读数波动范围较大; 测试数据由技术人员现场读取, 其准确性受人为因素影响较大; 变形、载荷由不同技术人员读取, 难以及时分析锚固体情况; 安全储备检测过程中易造成锚固体张拉

破坏等。

为提高测试系统精度和测试结果的可靠性, 避免张拉过程中锚固体破坏, 本文利用压力传感器、位移传感器、数据采集盒等电子元件, 建立了一个新的抗拔力测试系统, 该系统实现了检测过程中数据的自动采取和成图, 大大提高了测试过程的科学性。作为该测试系统的实用性验证, 对惠莞高速公路 ZK26+231~ZK26+520 压力分散型锚索现场检测情况进行分析。

2 测试系统设计

2.1 设备选择

测试设备对系统性能影响很大。选择时应根据实际情况, 综合考虑如下问题: 仪器的极限误差满

足规范要求;各测试原件能协调工作;测试系统的稳定性满足要求等。通过对比分析,本系统技术指标如表1所示。

表1 测试系统主要元件及技术指标
Table 1 Main components of test system

仪器名称	型号	性能参数	用途
压阻式压力传感器	QY-100	量程: 0~60 MPa 精度: $\pm 0.25\%$ FS	接收变形信号
直滑式塑料电位器	WDL-100	量程: 0~106 mm 精度: 0.01 mm	测试压力
数据采集器	TWJ-1	/	信号转换
电动油泵	ZB4-500	额定压力: 49 MPa	提供测试压力
液压千斤顶	QSF140/200	量程: 100 T	液压力变为拉拔力

2.2 设备标定

测试数据准确性如何,能否反映实际情况,是评价测试结论可信性的关键。根据实际测试要求,本系统进行了如下几方面标定:

(1) 位移传感器、压力传感器的量程和准确度标定;

(2) 压力传感器读数与穿心千斤顶吨位之间的对应关系标定;

(3) 试验油压机下的压强读数与压力传感器读数对应关系标定。

2.3 仪器组装

待注浆体黏结强度及锚墩混凝土的抗压强度应满足规范^[3]要求后,将各测试元件进行现场组装。

2.3.1 位移传感器安装

为准确测得锚固体张拉过程中的伸长量,安装时应确保位移传感器的伸长端与测试锚固体协调变形。安装示意图如图1所示。



图1 位移传感器安装示意图

Fig.1 Installation of displacement sensor

2.3.2 压力传感器安装

为及时了解锚固体的受力情况,将压力传感器一端与电动油泵的加压测力孔连接,另一端通过数据采集盒与电脑连接,如图2所示。



图2 压力传感器安装示意图

Fig.2 Installation of pressure sensors

2.3.3 数据处理装置

数据处理装置是将测试原件测得的电流信号转换数字信号的装置。为确保测试过程中数据的准确性和时效性,该处理装置应具备足够的灵敏度、去噪、抗干扰能力。连接方式和数据采集界面如图3,图4所示。



图3 数据采集盒连接

Fig.3 Data collection boxes connector

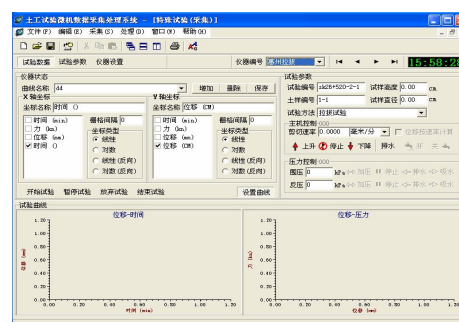


图4 电脑采集界面

Fig.4 Computer interface acquisition

2.4 测试过程分析

(1) 做好试验准备,调节测试系统的性能至最佳状态;

(2) 按2.3介绍,对测试仪器的进行现场组装;

(3) 按照规范要求施加张拉载荷,采集相关数据;

(4) 根据计算成果和张拉曲线判断施加下一级张拉载荷的大小和时间;

(5) 根据变形情况和预应力损失情况确定锁定荷载大小;

(6) 待现场拉拔试验完成后, 根据检测标准对数据资料进行分析, 判断锚固体施工质量。

3 检测标准分析

3.1 测试曲线分析

全长黏结型锚杆主要由全长黏结的锚固体、垫板和紧固件组成, 当地层变形时, 锚固体依靠自身强度发挥抗拉和抗剪作用, 是一种被动型支护。预应力锚索通过钻孔及注浆体将钢绞线固定于稳定岩层中, 借助对钢绞线施加的预应力及其自身强度, 达到使被加固体稳定和限制其变形的目的。根据前人研究成果^[4-9], 检测过程中锚固体应处于弹性状态, 典型抗拔力测试曲线如图 5 所示。图中, A 点对应达到设计荷载 N_0 时的弹性伸长量 S_1 ; B 点对应达到设计荷载 $1.5N_0$ 时的弹性伸长量 S_3 , D 点对应锚固体破坏时的伸长量 S_2 , DE 段出现时锚固体破坏。实践证明, 对全黏结锚杆 OA 段与 AB 段斜率近似相等; 而对预应力锚索 OA 段斜率应大于 AB 段斜率。

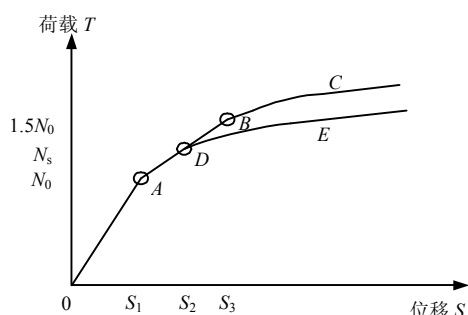


图 5 典型测试曲线
Fig.5 Typical test curve

3.2 评定方法

根据前人研究成果^[10-12]和现场测试情况, 锚固体施工质量应从设计承载力、黏结情况、安全储备 3 方面进行评价, 具体评定方法如下:

(1) 设计承载力

当拉拔力小于设计承载力时, 其伸长量主要来源于锚头外自由段伸长、测试体系中的空隙、预应力松弛等, 其值一般小于理论弹性变形量的 20%。测试过程中, 可将 A 点对应的拉拔力作为评价设计承载力或预应力的依据^[13]。

(2) 黏结情况

在伸长量满足要求的前提下, 若时间-变形曲线显示锚索变形稳定时间较短 (一般小于 10 min),

则黏结力满足; 若在某级荷载下其位移持续增长, 则锚索的锚固体的黏结力可能不足, 应延长测试时间至变形速率满足规范要求, 再根据伸长量判断。

(3) 安全储备检测

当拉拔力大于设计荷载后, 应放缓加载速率, D 点出现后其变形速率将明显加大, 说明锚固体已临近其极限承载力 N_s , 为避免张拉过程中锚固体破坏, 应立刻停止试验。将此时拉拔力 N_s 与 $1.5N_0$ 进行比较, 若 $N_s \geq 1.5N_0$, 则安全储备满足要求, 反之, 安全储备不足。

4 实例分析

4.1 工程概况

惠莞高速公路 ZK26+231~ZK26+520 路堑高边坡, 典型地层和支护情况如下:

含角砾亚黏土: 黄、黄褐色, 稍湿, 硬塑状, 为花岗斑岩残积土, 揭露厚度 8.4~10.9 m。

全风化花岗斑岩: 灰黄、褐黄色, 岩石风化剧烈, 风化带钻遇厚度为 2.2~3.8 m。

强风化花岗斑岩: 灰黄、浅灰黄色, 杂肉红、灰白色, 岩石风化强烈, 半岩半土, 岩块手可折断, 强度低。钻遇厚度为 11.0~13.1 m。

弱风化花岗斑岩: 浅灰色, 杂肉红色, 花岗斑晶结构, 块状构造, 主要成分为钾长石、石英、岩质坚硬, 节理较为发育。

采用 4 根 $\phi 15.24$ mm 压力分散性锚索加固, 无黏结钢绞线的标准抗拉强度为 1 860 MPa, 设计荷载 400 kN, 锁定荷载 440 kN; 各单元锚索长度分别为 20 m、18 m、16 m 锚固端嵌入弱风化花岗斑岩中, 锚固段长 7 m, 分 2 个相同的锚固单元, 两承载板间距 3 m。坡面格子梁采用方形布置, 尺寸 0.5×0.5 m, 间距 3×4.25 m, TBS 植草防护。

4.2 检测结果分析

本次测试历时 68 min, 现场采集张拉过程线如图 6, 图 7。

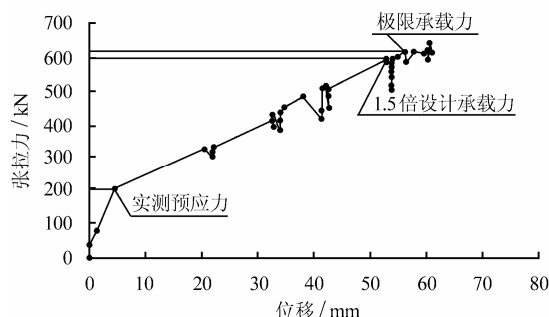


图 6 位移-拉力关系曲线
Fig.6 Displacement and rally curve

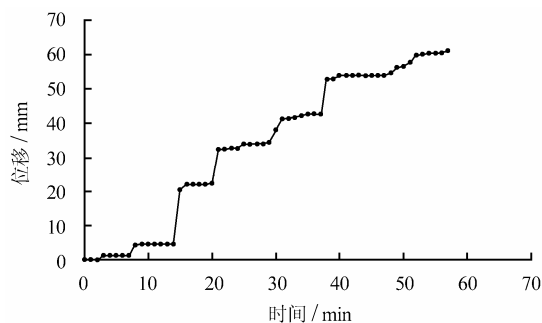


图7 时间-位移关系曲线

Fig.7 Time and displacement curve

通过对曲线分析可得如下结论:

(1) 当拉拔力达到 200 kN 时, 拉力-位移关系曲线出现第一个拐点, 此后伸长速率明显增大, 说明此时锚头已被拉动, 由分析知锚固体的预应力值为 200 kN;

(2) 当荷载增加到实际预应力水平时的伸长量仅为 6.54 mm, 主要来源于锚具外端自由段锚索的弹性伸长和锚墩混凝土挤压变形; 当荷载持续增加 1.5 倍设计荷载时的变形增量为 55.46 mm, 小于理论弹性延伸增量 73.25 mm, 说明预应力施加后钢绞线的弹性模量略有增加, 且由位移-时间关系曲线可知该索张拉后的稳定时间很短, 由此可以确定该锚索锚固段的黏结力满足设计要求;

(3) 由于张拉至设计荷载的 1.5 倍前, 曲线未出现明显拐点, 说明本次检测锚索的安全储备满足规范要求;

(4) 当张拉力达到 1.55 倍设计荷载时曲线斜率明显变小, 说明锚固体即将达到极限状态, 应停止加载以防锚固体破坏, 锚固体的极限承载力为 620 kN。

5 结 论

(1) 抗拔力测试曲线具有明显的阶段性, 通过分析位移-拉力、位移-时间等测试曲线, 对锚固体的预应力状态、黏结情况、安全储备等控制指标进行评价是合理的;

(2) 该测试系统可在很大程度上降低测试过程中人为因素和机械振动影响, 提高测试过程的科学性和测试结果的准确性;

(3) 张拉过程中数据的自动采集和成图, 有助于测试人员及时了解锚固体的受力状况, 防止锚固体张拉破坏;

(4) 从实例分析可知, 该测试系统的性能稳定、测试结果准确, 具有很好的实用价值和推广价值。

参 考 文 献

- [1] 程良奎, 范景伦. 岩土锚固[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003: 26—32.
- [2] 顾金才. 预应力锚索加固机理与设计计算方法研究报告[R]. 洛阳: 总参 4 所, 1998.
- [3] 中国工程建设标准化协会. 岩土锚索技术规程[S]. 中国计划出版社, CECS 22. 2005.
- [4] 贺若兰, 张平, 李宁, 等. 拉拔工况下全长黏结锚杆工作机理[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2006, 37(12): 401—407.
- [5] 尤春安. 全长黏结式锚杆的受力分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(3): 339—341.
- [6] 孙学毅. 压力分散型和拉力分散性锚索若干问题讨论[J]. 预应力技术, 2006, 3(56): 20—21.
- [7] 张发明, 赵维炳, 刘宁, 等. 预应力锚索锚固荷载的变化规律及预测模型[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(1): 39—43.
- [8] 曹兴松, 周德培. 压力分散型锚索锚固段设计方法[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(27): 1 033—1 039.
- [9] 陈超. 压力型锚杆现场试验及剪应力分布计算[硕士学位论文 D]. 重庆: 重庆大学, 2003.
- [10] 薛亚东, 黄宏伟. 锚索锚固力影响因素的试验分析研究[J]. 岩土力学, 2007, 27(9): 1 523—1 526.
- [11] 何思明, 张小刚, 王成华. 预应力锚索的非线性分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(9): 1 535—1 541.
- [12] 何思明, 王成华, 吴文华. 基于损伤理论的预应力锚索荷载-变形特性分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(5): 786—792.
- [13] 吴玉财, 张国柄, 李芬. 预应力锚索拉拔力检测技术研究[J]. 交通科技, 2006, 5(218): 36—37.