

锚杆无损检测规程的对比研究

吴佳晔¹, 高峰²

(1. 四川理工学院建筑工程学院, 四川 自贡 643000; 2. 山西大同大学煤炭工程学院, 山西 大同 037003)

摘要:2009年至2010年,住房和城乡建设部和国家能源局分别对锚杆的无损检测颁布了相应的规程,详细规定了对锚杆的长度和灌浆密实度的无损检测设备和方法。尽管这两个规范的基本框架完全相同,但细微之处仍存在不少区别,同时也有不够完善之处。文章主要就这两个规范的异同以及问题点进行了研究和探讨,并希望能够起到抛砖引玉的作用。

关键词:锚杆长度;灌浆密实度;无损检测;规范

中图分类号:TU375

文献标识码:B

引言

在边坡、隧道、基坑等岩土、地下工程中,锚杆是最常用的支护方式之一。为了达到理想的支护效果和耐久性,保证锚杆长度和灌浆密实度无疑是非常重要的。

然而,锚杆支护属于隐蔽工程,一旦施工,特别是灌浆后,其施工质量(长度、灌浆密实度等)很难被验证。因此,偷工减料行为在锚杆支护工程中非常普遍,从而造成严重的隐患,极大地威胁到工程以及人民的生命安全。

随着电子技术以及检测技术的进步,在基桩完整性小应变检测技术(PIT)的基础上,国内外的一些厂商和研究机构(如重庆交科院、四川升拓检测、中科智创、武汉长盛等)开发了针对锚杆的无损检测技术和设备。

在此基础上,国家能源局于2009年07月22发布了电力行业标准《水利水电工程锚杆无损检测规程》(DL/T5424-2009)^[1](以下简称“水电规程”),住房和城乡建设部于2009年11月9日发布了建设行业标准《锚杆锚固质量无损检测技术规程》(JGJ/T182-2009)^[2](以下简称“住建规程”)。

这两个规程详细地规定了测试原理、设备的硬件、软件要求,以及测试规程、验收标准。它们的颁布,极大地促进了锚杆无损检测技术的发展和运用,有着非常重要和积极的意义。

另一方面,虽然这两个规程的基本框架可以说是完全相同,但它们之间也存在着一定的区别。同时,也不可避免地存在一些不够完善,值得商榷之处,以及在实际的测试过程中也会产生各种各样的疑问点。本文即针对这些问题做一探讨,以期起到抛砖引玉的作用。

1 测试内容及原理

目前,对于锚杆,采用冲击弹性波(在规范中被称为声波)。关于冲击弹性波和声波的定义请参见文献[3]的检测方法最为普遍。

(1) 基于冲击弹性波反射特性;

(2) 基于冲击弹性波衰减特性。

一般来说,基于反射特性的检测方法可以检测锚杆长度和整个长度范围内的灌浆缺陷,测试范围大。而基于衰减特性的方法则只能测试锚头附近,或者短锚杆的灌浆缺陷。

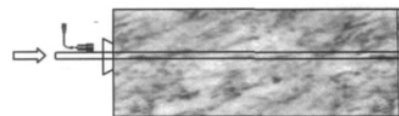


图1 锚杆无损检测示意图

两个规范均采用如上的测试原理,在长度 L 测试时

$$L = \frac{1}{2} C_m \times \Delta t_e$$

收稿日期:2011-11-30

作者简介:吴佳晔(1970-),男,四川自贡人,教授,博士,主要从事防灾减灾及无损检测方面的研究。(E-mail) wujy@scentralit.com

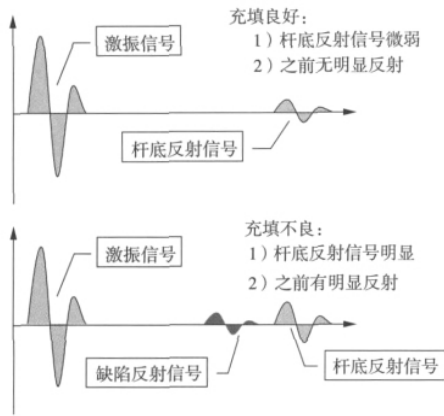


图2 基于反射特性的原理

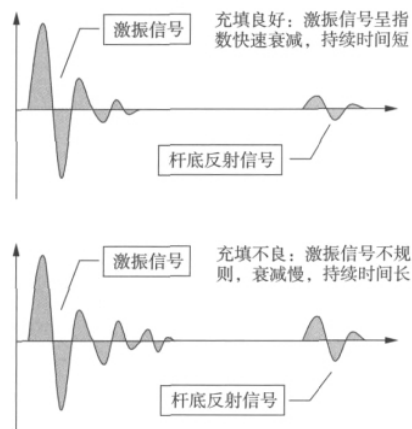


图3 基于能量衰减特性的原理

其中, C_m : 同类锚杆的波速平均值;

Δt_e : 杆底反射波旅行时间。当锚杆较短, 杆底反射信号的起始点不易分辨时, 可以采用频谱分析的方法。即:

$$L = \frac{1}{2\Delta f} C_m$$

其中, Δf 为幅频曲线上杆底相邻谐振峰之间的频差(图4)。

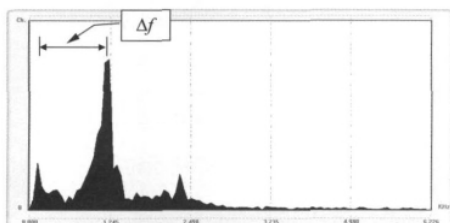


图4 Δf 的说明

而在灌浆密实度测试方面, 两个规程中的测试方法可分为以下3种:

(1) 波形特征对比法: 即根据激励波形的衰减、时域反射特性、频域(幅频)反射特征来将灌浆密实度分

为4类 A、B、C、D(住建) 或 I、II、III、IV(水电);

(2) 有效长度法: 通过识别缺陷起点和终点的位置, 进而计算缺陷的长度和灌浆密实度;

(3) 反射波能量法: 根据杆底反射波的能量占总能量的比例来估算灌浆密实度。

2 规程对比

尽管这两个规范从颁布时间、要求内容等方面都非常接近乃至完全一样, 但在仪器要求、现场测试以及分析判断等方面均有一定的差别。

2.1 测试设备方面

主要在采样频率和激励器方面有一定的区别。

表1 检测设备主要要求比较

项目	住建规程	水电规程
信号放大、采集等要求	应具有滤波频率可调功能, A/D 不应低于16位, 采样间隔应小于25 μ s	应: 模拟放大的频率带宽不宜窄于10Hz ~ 50KHz, A/D 不应低于16位, 采样间隔不大于2 μ s
激励器	宜: 选用超磁激励器	宜: 选用超磁激励器或冲击激励器

(1) 采样间隔

在“住建规程”中, 采样间隔要求小于25 μ s, 而在“水电规程”中则要求不大于2 μ s。考虑到激励产生的声波(弹性波)在锚杆中的传播速度(4000m/s以上), 25 μ s的采样间隔中弹性波可以传播100mm以上, 显然太长。同时, “住建规程”在“制定说明”的4.2.2中也指出, “一般的钢筋锚杆, 激励频率和固有频率均较高(10Hz ~ 100KHz)”。而在采样时, 采样率应是对象频率的5倍以上, 即应达到500KHz。因此, “住建规程”中关于采样率的要求25 μ s, 即40KHz显然过低, 明显不合理, 而“水电规程”的要求更加合理;

(2) 激励方式

在“住建规程”中, 要求激励器“宜选用超磁激励器”。而在“水电规程”中, “宜选用超磁激励器或冲击激励器”。根据我们的实践经验以及其他学者的研究成果, 采用超磁激励器并无明显的优越性^[4]。因此, “水电规程”更为科学。

2.2 长度测试方面

主要区别在于波速 C_m 的取值。

表2 波速 C_m 取值的比较

项目	住建规程	水电规程
在无模型类似工程参考时	当锚杆密实度小于30%时, 取杆体波速 C_b 平均值; 此外则取杆系波速 C_r 的平均值。	当锚杆密实度小于30%时, 取杆体波速 C_b ; 密实度在30 ~ 75%时, 取杆体与杆系波速的平均值; 此外则取杆系波速 C_r 。

由于杆体波速 C_b (一般在5.1km/s ~ 5.2km/s) 和

杆系波速 C_r (一般在 $3.8\text{km/s} \sim 5.3\text{km/s}$) 在数值上有较大的差异,采用“住建规范”时其取值跳跃太大,因此“水电规范”的取值更为平滑一些。

3 规程中主要存在的问题

除此以外,在实际测试中还会遇到许多问题,主要有:

(1) 反射信号的提取

对于较长、灌浆密实度较高的锚杆,杆底的反射信号较为微弱,对其的合理识别是判定锚杆长度的前提;

(2) 锚杆波速 C_m 的合理确定

由于 C_m 是一个具有较大变化范围 ($3800\text{m/s} \sim 5200\text{m/s}$) 的数值,其对锚杆长度测试的影响很大;

(3) 灌浆密实度检测

其中的有效长度法中,缺陷的起始位置可以利用时域信号识别或与锚杆长度类似的频差的方法确定,但缺陷的终点位置却很难确定,规程中也没有明确的表述。而波形特征对比法则受个人因素的影响大。

4 结论

本文针对目前颁布的两个关于岩体锚杆无损检测

的两个规范,从设备要求和分析方法两个方面进行了比较和研究,发现“水电规程”在数个方面考虑得更加周详。同时,本文还对在实际测试中遇到的一些问题做了简要的概括,以期能够对广大相关工作者起到一定的借鉴和参考作用,并希望能够在将来规范修订时能够有助于进一步完善。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国电力行业标准: 水利水电工程锚杆无损检测规程(DL/T5424-2009) [S]. 中华人民共和国国家能源局, 2009.
- [2] 中华人民共和国行业标准: 锚杆锚固质量无损检测技术规程(JGJ/T182-2009) [S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2009.
- [3] 吴佳晔, 安雪晖, 田北平. 混凝土无损检测技术的现状和进展[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2009, 22(4): 4-7.
- [4] 赵守阳, 谭恺炎. 锚杆无损检测技术探讨[J]. 湖北水力发电, 2008, 74(1): 33-36.

Compressive Research of NDT Procedures for Rock Bolt

WU Jiaye¹, GAO Feng^{2,1}

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

2. Coalschool of Shanxi Datong University, Datong 037003, China)

Abstract: From 2009 to 2010, the MOHURD and the National Energy Administration issued non-destructive testing procedures for rock bolt respectively, details the non-destructive testing equipment and methods for length of the bolt and the grout density. Although the basic framework of these two specifications are identical, there are still many nuances of difference and shortcomings. This paper focuses on the similarities and differences between these two specifications, and hope to start a discussion about the main problem point.

Key words: length of rock bolt; grout density; NDT; specification