

中空锚杆无损检测方法的研究及应用

李国斌

(辽宁建筑职业学院, 辽宁 辽阳 111000)

摘要:在隧道工程、地下工程、边坡等支护工程中,锚索、锚杆得到大量应用。锚杆在实际应用中,砂浆锚杆和中空锚杆占很大比例,中空锚杆与砂浆锚杆相比,中空锚杆具有较好的锚固性能,但在长度不足的情况下,抗拉强度反而不及砂浆锚杆,因此准确测试中空锚杆的长度,能够避免潜在隐患。目前,能对中空锚杆长度进行有效检测的手段很少。在基于冲击弹性波的声波反射法测试砂浆锚杆方法的基础上,结合模拟试验,对不同长度的中空锚杆进行试验研究,并将该方法应用在实际的工程中,通过实际应用,该方法能够有效的对中空锚杆长度进行测试,在一定程度上能够反映中空锚杆的锚固质量。

关键词:声波反射法;中空锚杆;冲击弹性波

中图分类号:TU132

文献标志码:A

引言

在隧道工程、地下工程、边坡等支护工程中,锚索、锚杆得到大量应用。锚杆在实际应用中,砂浆锚杆和中空锚杆占很大比例,显而易见其质量保证非常重要。但由于岩体地下水等影响,不可避免出现各种劣化老化现象。另一方面,由于锚杆支护工程属于隐蔽工程,施工质量出现问题,如灌浆不饱满、长度不足时,会严重影响边坡、隧道等工程的稳定性,从而造成重大经济损失和人员伤亡^[1]。

在具体的支护工程中,根据不同的岩层结构,需要用到中空锚杆和砂浆锚杆。由于在对中空锚杆注浆时,可以从其尾部注浆,浆液从锚杆底部冒出渗入围岩裂隙,增加锚杆和围岩的粘结力,同时加固围岩。基于此,中空锚杆在隧道工程中大量应用。

目前针对锚杆长度检测的手段主要是基于弹性波的声波反射法^[2-5]。其基本测试方案为在锚杆顶部进行瞬态冲击,激励产生弹性波,并在杆体中传播,通过安装在端头的传感器接收其反射信号,通过对反射波信号进

行时域、频域分析,获得锚杆有效长度及锚固质量等工作参数^[6-7]。而中空锚杆的有效截面积比砂浆锚杆小,同时杆体与灌浆料的接触面积(当灌浆密实的情况,中空锚杆杆体内外均与砂浆接触)比砂浆锚杆大,导致激振产生的弹性波在杆体中传播时有很大的衰减,导致到达杆体底部的反射信号异常微弱,而对杆底的反射信号的提取准确度是直接影响锚杆长度测试精度的重要因素。因此需要在现有砂浆锚杆质量测试的激振、受信方式上进行改进,使其准确的测试砂浆锚杆质量。

为此,本文通过模拟测试不同长度的中空锚杆,同时将相关结果应用到中空锚杆的现场测试中,为准确测试中空锚杆的长度提供参考。

1 测试基本原理

锚杆长度的无损检测方法的基本理论依据为一维杆件的弹性应力波反射理论。在锚杆顶部激发弹性应力波,当弹性应力波传播到锚杆底部时由于锚杆和锚杆底部的岩体存在波阻抗差异,将产生反射波回到锚杆顶部。从而根据反射波的走时和锚杆中的应力波传播速

收稿日期:2016-3-28

基金项目:辽宁省教育厅项目(L2015245)

作者简介:李国斌(1971-),男,辽宁海城人,副教授,硕士,主要从事建筑节能技术方面的研究,(E-mail)lgb71@163.com

度就可以采用时域或频域分析方法确定锚杆长度^[8-10]。

$$L = \frac{C_m \cdot \Delta t_e}{2} \quad (1)$$

式中: C_m 为同类锚杆的波速平均值, Δt_e 为杆底反射波走时时间。

由锚杆检测基本原理,锚杆长度测试的关键在于锚杆(杆系)波速确定和时域确定。波速与锚杆材质及其所处环境状态相关,可以通过模拟实验或现场标定得到,而时域的影响因素则更为复杂,本文将通过检测实例对影响时域选取的因素进行分析研究^[11-14]。

2 模拟试验

2.1 试验设计

为了试验基于冲击弹性波的声波反射法测试隧道中空锚杆的可靠性,在试验室通过外套 PVC 管并灌入砂浆的方式模拟长度为 0.5 m、1.0 m、2.0 m、2.5 m、3.5 m 外径为 25 mm 的中空锚杆。并将端面打磨平整。场景参考图 1。



图 1 中空锚杆模拟试验

2.2 试验结果分析

为了准确分析锚杆长度,通过获知其中一根锚杆确切长度,确定波速。经过分析,波速为 4.0 km/s。因此利用该波速对其余中空锚杆进行分析,中空锚杆长度见表 1。对应分析结果图如图 2~图 6 所示。

表 1 结果一览表

编号	测试结果/m	实际长度/m	偏差/%
1	0.504	0.5	0.80
2	0.975	1.0	-2.50
3	1.974	2.0	-1.30
4	2.517	2.5	0.68
5	3.499	3.5	-0.03

经过模拟试验,测试波形的底部反射信号明显,结合已知长度中空锚杆的标定波速,再对其余中空锚杆进行分析,测试结果偏差在 $\pm 5\%$ 范围内,偏差较小,达到工程应用目的,同时为了进一步验证测试效果,在施工现场对中空锚杆进行现场测试。

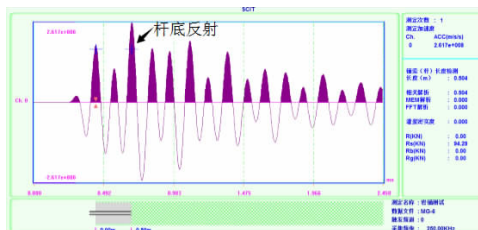


图 2 中空锚杆分析结果(0.5 m)

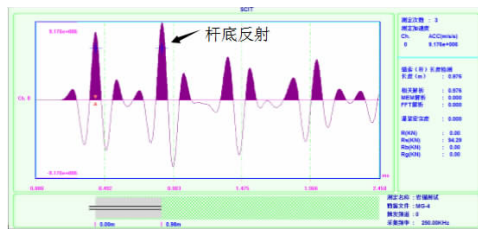


图 3 中空锚杆分析结果(1.0 m)

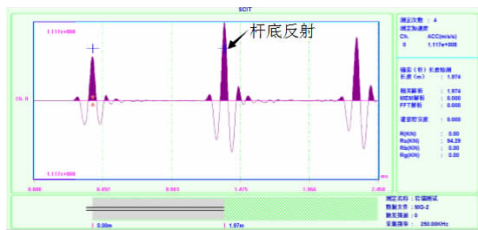


图 4 中空锚杆分析结果(2.0 m)

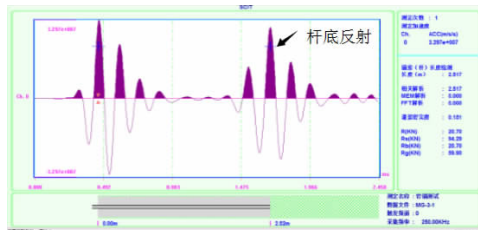


图 5 中空锚杆分析结果(2.5 m)

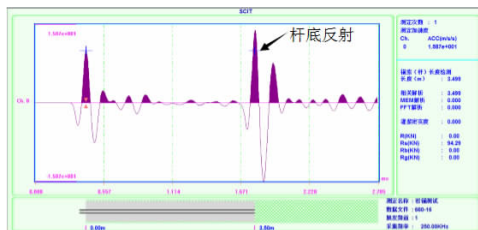


图 6 中空锚杆分析结果(3.5 m)

3 现场试验

3.1 工程概述

工程位于浙江温岭某隧道工程,该隧道支护采用中空锚杆支护。设计长度为 3.5 m。

现场随机对 5 根锚杆采用声波反射法进行测试。

测试前,需将锚杆断面打磨平整,为了采集到较好的反射信号,激振和受信环状距离不大于圆周的 1/4。

3.2 测试结果

对测试数据分析时,分析波速采用灌浆密实情况下的波速(即 4.0 km/s)。分析结果见表 2,对应分析波速如图 7~图 11 所示。

表 2 实测分析结果

编号	测试结果/m	设计长度/m	与设计相比/%
1	3.233	3.500	-7.63
2	0.569	3.500	-83.74
3	0.594	3.500	-83.03
4	0.695	3.500	-80.14
5	3.252	3.500	-7.09

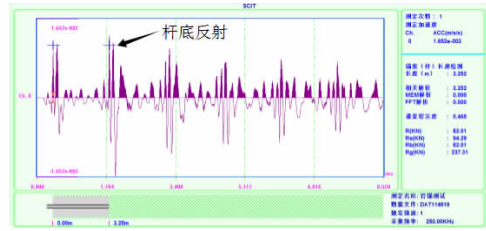


图 11 5#中空锚杆分析结果

3.3 试验结果分析

在现场利用声波反射法对中空锚杆长度进行测试,出现了测试结果与设计长度相差较大,表明在隧道工程的支护工程中,中空锚杆的施工质量较差。另一方面,声波波速对中空锚杆长度测试有直接关系,一般情况下,灌浆指数越高,声波信号逸散到浆料中信号多,声波波速较慢,当灌浆指数越低时,大部分声波信号沿着中空锚杆传播,声波波速较快^[15-17]。因此,为了准确测试中空锚杆的长度,需要对不同灌浆指数的中空锚杆波速进行分析研究,建立灌浆指数和声波波速之间的关系。

4 结束语

在隧道支护工程中,由于中空锚杆的固有优势,使用越来越广泛,但施工质量有待提高,因此,急需有效的检测手段对其施工质量进行监督。

声波反射法作为一种既有无损检测手段应用在中空锚杆的检测中,需要在激振方式、信号分析等方面进行研究。本文结合中空锚杆本身特点,对不同长度中空锚杆进行模拟试验,试验结果与实际吻合度高,达到了工程的精度要求。同时,为了验证测试方法是否适合现场检测需要,利用模拟试验的结果(密实情况下的波速)对工程进行现场检测,在一定程度上反映了工程的实际情况。但由于支护工程锚杆的灌浆密实度的未知性,实际的中空锚杆长度应大于测试的结果,经过现场试验,灌浆密实和未灌浆的杆体波速位于 4.0 km/s~5.0 km/s,因此,为了更准确的测试中空锚杆的长度,需要进行灌浆密实情况与声波波速关系的深入研究。

通过模拟和现场测试,利用声波反射法对中空锚杆进行测试,可以为隐蔽工程的中空锚杆质量监理控制工作快速提供第一手质量检测资料,辅助监理工作的顺利进行,也为施工单位寻找工程质量问题的原因和采取改进措施提供依据。

参考文献:

[1] 沈培荣,沈高峰.中空锚杆检测依据探讨[J].工程质

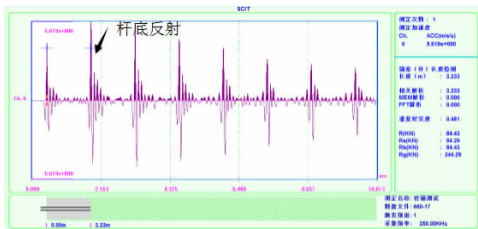


图 7 1#中空锚杆分析结果

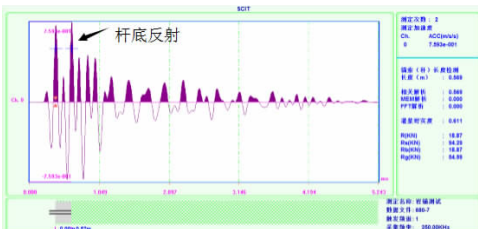


图 8 2#中空锚杆分析结果

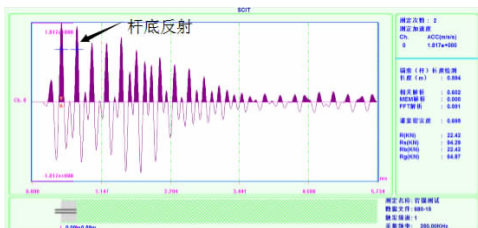


图 9 3#中空锚杆分析结果

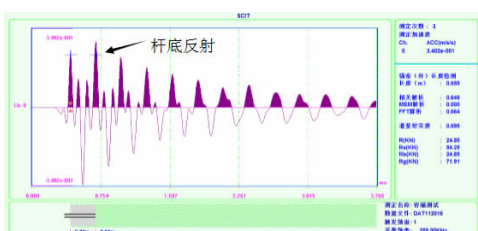


图 10 4#中空锚杆分析结果

- 量,2012,30(6):62-66.
- [2] JGJT 182-2009,锚杆锚固质量无损检测技术规程[S].
- [3] DLT 5424-2009,水电水利工程锚杆无损检测规程[S].
- [4] 李义,张昌锁,王成.锚杆锚固质量无损检测几个关键问题的研究[J].岩石力学与工程学报,2014(1):18-19.
- [5] 钟宏伟,胡祥云,熊永红,等.锚杆锚固质量声波检测技术的现状分析[J].工程地球物理学报,2005(1):44-45.
- [6] 张小波,吴银成,孙志飞,等.一种矿用锚杆(索)长度无损检测方法[J].工矿自动化,2015(1):76-79.
- [7] 孙冰,郭闪闪,曾晟,等.锚杆锚固质量检测技术研究现状[J].金属矿山,2014(12):8-12.
- [8] 张胜利,张昌锁,王银涛.锚杆锚固质量无损检测方法分析[J].煤矿安全,2014(5):212-215.
- [9] 訾建峰,杨森.锚杆长度无损检测的影响因素分析[J].四川理工学院学报:自然科学版,2015,28(2):71-75.
- [10] 郭世明,高才坤.弹性应力波法锚杆质量检测初探[J].西部探矿工程,1999,16(1):46-49.
- [11] 杨湖,王成.弹性波在锚杆锚固体中传播规律的研究[J].测试技术学报,2003,17(2):145-149.
- [12] 张昌锁,李义,赵阳升,等.锚杆锚固质量无损检测中的激发波研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(6):124-125.
- [13] 陈廷华,姜韦华.隧道工程无损检测技术理论与方法研究[J].工程质量,2007(5):32-33.
- [14] 高栓会,王志勇,何永波.锚杆无损检测技术及其在工程中的应用[J].重庆工学院学报:自然科学版,2007(3):28-29.
- [15] 李海,张驰,柴子贺.高速铁路工程质量无损检测技术及应用[J].铁道建筑技术,2015(10):44-46.
- [16] 王海金,胡红.锚杆无损检测技术在白鹤滩水电站工程施工中的应用[J].水利水电技术,2015(9):55-56.
- [17] 沈建中,李宗津,张之勇.土木工程中的无损检测技术及其应用[J].无损检测,2014(6):58-59.

Research and Application on the NDT Method of Hollow Anchor Rod

LI Guobin

(Liaoning Jianzhu Vocational University, Liaoyang 111000, China)

Abstract: Compared with mortar anchor rod, hollow anchor rod has good anchorage performance. But in the absence of sufficient length, the tensile strength of hollow anchor rod is less than it of mortar anchor rod. So an accurate length test of the hollow anchor rod can avoid potential pitfalls. Currently, the means for effective detecting the length of the hollow bolt are very little. Based on the existing mortar anchor rod test method (acoustic reflection method), through simulation experiment, the hollow anchor rod experiment for different lengths are studied. Based on the research results, the method is used in practical engineering applications. Through the practical application, this method can effectively test hollow anchor rod length, and reflect the anchorage quality of the hollow anchor rod to a certain extent.

Key words: acoustic reflection method; hollow anchor rod; the impact of elastic waves