

桥梁预应力孔道压浆质量检测现状及 新技术研究

杨春东

(承德市公路工程质量安全监督处, 河北 承德 067000)

摘要: 分析现有预应力孔道质量检测方法的优缺点及使用范围, 结合弹性波全长法检测技术, 提出全长法压浆质量普查、超声波缺陷专项检查相结合的检测方法, 并经过缺陷处置, 形成了完整的孔道检测及处理方法体系, 弥补了孔道检测方面的不足。

关键词: 孔道; 压浆检测; 超声波; 梁体结构

中图分类号: U446

文献标识码: B

文章编号: 1002-4786(2012)16-0157-04

Grouting Quality Test Status and New Technology of Bridge Prestressed Channel

YANG Chun-dong

(Highway Engineering Quality Safety Supervision Department of Chengde City, Chengde 067000, China)

Abstract: The paper analyzes the characteristics and use range of existing grouting quality testing methods, proposes a detection method combining with full-length method for grouting quality investigation with ultrasonic wave method for special test of defect based on elastic wave full-length technology. Through defect disposal, a complete system of channel detection and treatment is formed, which remedies the lack of channel detection.

Key words: channel; grouting test; ultrasonic wave; beam structure

经过一年的观察, 可以确认: L—1型固坡防水试剂在网挂喷浆坡面的防水、抗渗、憎水效果非常明显, 在历次的降雨中, 雨水降落到喷涂了L—1型固坡防水试剂稀释溶液的区域时, 不能润湿该挂网喷浆坡面的表面, 更不能渗入到该表面内, 远处看时喷涂了L—1型固坡防水试剂稀释溶液的区域还保持干燥时的颜色, 未喷涂L—1型固坡防水试剂稀释溶液的区域成湿暗色, 并且有大量的雨水渗入。由工作经验我们可以知道吸水的挂网喷浆表面, 容易风化, 易被侵蚀(特别是酸雨), 表面破碎和损坏快, 不吸水的表面不易风化, 由此可见L—1型固坡防水试剂是一种很好的边坡防水、抗渗、抗风化、抗酸雨的新型材料。

3 结语

由于L—1型固坡防水试剂在正式投产后的稀

释溶液价格在1500元/t~2500元/t之间, 因此在公路边坡的防护中, 无论是挂网喷浆防护的坡面, 还是锚索杆件防护的坡面等水泥砂浆或者混凝土表面, 进行防水、防风化、抗酸雨处理, 每平方米的成本材料费用相当低, 因此值得推广。

参考文献

- [1] 陈谦应, 蒋树屏, 柴贺军. 山区公路路基稳定理论与实践[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [2] 谷寅, 秦玥, 孙小光. 水泥混凝土路面现状和发展措施[J]. 黑龙江科技, 2001, 102(8): 17-18.
- [3] 王少君, 马晓丽, 吴超凡. 水泥混凝土路面病害发展过程[J]. 公路, 2008, (7): 97-99.
- [4] 刘松玉. 公路地基处理[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.

收稿日期: 2012-05-16

0 引言

我国从20世纪50年代开始对预应力混凝土桥梁进行研究和试验，并于1956年建成了第一座跨径为20m的后张法预应力混凝土简支梁桥。随后，预应力混凝土结构得到了广泛的应用。孔道压浆是有粘结后张法预应力混凝土结构施工的关键工序之一，质量的好坏直接影响到混凝土结构的安全性与耐久性。广东海印大桥由于斜拉索锈蚀而断裂，四川宜宾金沙江拱桥因吊杆锈蚀造成部分桥面垮塌，这一系列事故引起了交通界人士的注意。2001年交通部将后张法预应力孔道压浆不密实问题列为了公路桥梁建设中十大质量通病之一^[1-3]。

现场监理旁站监督具有很大的主观性，一些已经存在的检测方法也有其不足之处。本文从现有的检测方法入手，分析其优缺点，并着重研究了刚出现的全长法孔道检测技术，最后提出了全长法与超声透射法联合检测技术，以期为我国桥梁施工质量提供安全保障。

1 桥梁预应力孔道压浆检测现状

预应力孔道压浆质量检测技术经历了从破损检测到无损检测的发展过程。钻芯法作为传统的破损检测方法，虽然效果直观、准确，但费用高、效率低，易对钢绞线造成损伤；而无损检测技术对检测结构体无损害，需要的人力、物力少，可以大大的提高检测效率。现阶段主要有探地雷达法、超声波透射法、冲击回波法(IE法)等^[4-7]。

1.1 探地雷达法

利用高频电磁波，以宽频带短脉冲的形式由结构体表面通过天线传入下部，并且遇到边界或异质体后被反射回表面，最终另一天线将其接受。其中钢绞线属于金属质地，与混凝土的诱电性相差很大，对电磁波有强烈的反射效果，而混凝土对电磁波有一定的屏蔽作用。图1所示为孔道压浆检测雷达采集图。

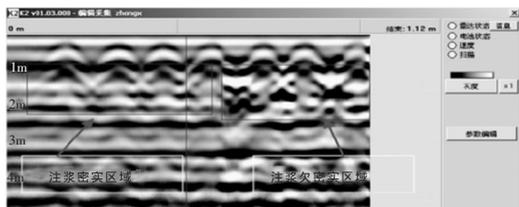


图1 孔道压浆检测雷达采集图

结合图1，预应力孔道压浆较差时，钢绞线的反射比其他密实区偏强，缺陷最明显的识别特征即

为波形的不连续性。该方法可以直观地观察到注浆孔道内的密实情况。但金属波纹管对电磁波具有强烈的屏蔽作用，为了更好地解释检测结果，通常该法只用于塑料孔道的密实度检测。

1.2 超声波透射法

该方法要求有两个相对平整的工作面，将发射探头与接收探头分别置于混凝土梁的两侧，且探头位置须对应好，两者之间的连线水平，通过所测试孔道的轴心。根据接收信号的波速、能量衰减变化来判别该点处是否存在缺陷。如与其他孔道轴线测点比较，该点处波速变小，波幅减小，则可能存在压浆质量问题。检测时声波在内部传播情况如图2所示。

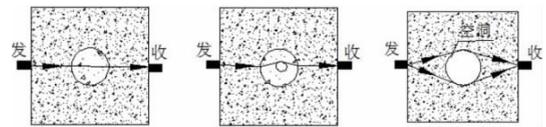


图2 超声波在注浆波纹管中的传播方式

超声波检测的优点在于测试时工件中不存在检测盲区，相对于其他无损检测方法检测结果更准确，但检测要求较高，除了要求较高的两侧工作面，还必须提前标出波纹管在梁体中的走向，两个探头必须相互对正，不适宜用于大范围或箱梁中间部位的检测。

1.3 冲击回波法(IE法)

在预应力孔道位置混凝土表面上施加一个瞬时机械冲击激发的低频应力波(波长通常为10cm~90cm)，该范围内的应力波可以穿透波纹管薄壁，传播到其内部，遇到两种声阻抗率不同的介质时，再被缺陷表面或构件底面发射回来。存在缺陷时，一方面会出现较为明显的反射信号，另一方面，反射的波速也会有所降低。图3所示为冲击回波法检测结构物厚度与缺陷示意图。

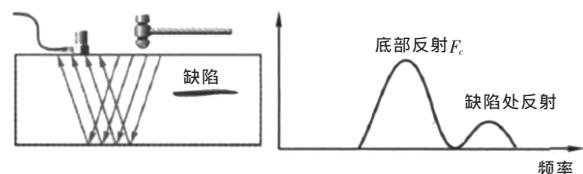


图3 冲击回波法检测结构物厚度与缺陷示意图

该方法检测时仅需一个测试面，测试相对简洁、快速。通常采用快速傅里叶变换(FFT)的方法对缺陷进行分析，但该方法对微小缺陷的分辨率往往差强人意。随着信号采集及波形变换技术的快速发展，近几年许多学者专注于这方面的研究与开发，该方法被称为“最有发展前途的现场检测方法之一”。

2 孔道压浆质量全长法检测技术

为了对预应力孔道全断面进行检测,全面评估孔道注浆质量,武汉长盛检测公司研究开发出了JL-BPAC(A)桥梁预应力管道压浆质量检测仪,为快速、便捷、准确地检测孔道压浆质量提供了可能。

2.1 检测基本原理

低频声波具有穿透性好、传播距离远的特点。按照该仪器预先设定的参数自动敲击孔道锚具端头,产生低频应力波,由另一头的接收端接收激发信号,该方法称为全长法。不论是频率、声幅,都难以用所属特性反映缺陷情况。实际检测中,压浆质量由钢绞线的弹性波速度、混凝土波速值、浆体波速值所构建的函数关系模型评定,即

$$D=f(\alpha, C_b, C_m, C_t) \times 100\% \quad (1)$$

式中, D 为孔道压浆密实度计算值; $f(\alpha, C_b, C_m, C_t)$ 为孔道压浆传导函数; C_b 为相同材质和规格的钢绞线波速均值(m/s); C_m 为梁体混凝土波速值(m/s); C_t 为预应力孔道浆体波速值(m/s); α 是压浆浆体与钢绞线弹性刚度系数。根据上述函数关系模型,分别以现场钢绞线长度及孔道透射波传播速度为采集计算样本,确定孔道压浆结构体传导函数内各个变量值。

2.2 波速评价指标分析

在获取的声速参数中,声波在钢绞线中的波速应大于其在混凝土梁体及预应力孔道浆体中的速度。根据弹性波理论,声波在上述三种介质中的传播速度应该为: $C_b > C_t > C_m$ 。当混凝土梁强度设计为C50时,混凝土中的波速约为4 300m/s,预应力孔道压浆越饱满,其值越接近于 C_m 值。三种波速与注浆质量的关系可以用图4表示。

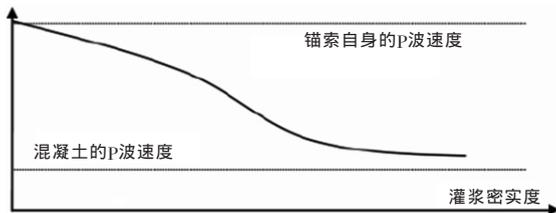


图4 全长法三种波速与注浆质量关系示意图

2.3 检测等级划分

通过对预应力孔道进行大量检测分析,并根据实际情况,参照相关规范,按照饱满度值 D 的不同,将检测质量分为四个等级: 级, 级, 级, 级。

当饱满度值大于90%时,等级为 级,此时孔

道内注浆饱满,水泥浆凝结良好,预应力钢绞线受到较好的保护。饱满度介于80%~90%时,等级为 级,孔道内注浆饱满,水泥浆部分强度较低或有松散现象,但不影响预应力钢绞线的正常工作。饱满度介于60%~80%时,属于 级,此时可能存在空洞缺陷或大范围的气泡状、条状疏散区域,注浆质量比较次,可能影响预应力结构体的正常使用。饱满度低于60%时,注浆质量差,存在大范围的空洞缺陷,属于 级,或由于施工人员疏忽忘记注浆,或注浆过程中孔道堵塞,浆体不能很好地充斥到整个空间。

该检测方法虽然可以对孔道进行准确评价,但也有缺点,其难以对孔道缺陷进行定位,无法对缺陷补救方法形成最终指导。

3 孔道无损检测流程的建立

不论是探地雷达法、超声波透射法、冲击回波法(IE法),还是全长法检测技术,单个仪器的使用都不能对孔道检测形成全方位的检测体系。故通过分析现阶段各种检测方法的特点,综合各种方法的优点,构建预应力孔道无损检测体系,对孔道注浆质量进行合理评价。

3.1 孔道普查技术

该普查检测技术采用预应力孔道全长法检测技术,主要对孔道进行大范围的检测,检测孔道内部各个部位的注浆密实度情况,判断所属级别。该技术检测快速,需要的人力、物力较少,完全可以满足检测需求。

3.2 缺陷定位方法

若通过普查技术检测到存在质量等级较低的孔道,可以利用超声波透射法对特定孔道进行缺陷定位,判断缺陷类型。该定位方法有两种:一种是沿波纹管走向,在可能出现缺陷位置,按照一定的距离(通常设定为5cm)布设测点,按照一个方向进行检测;另一种是在可能出现缺陷的位置处,从上至下穿过孔道轴心画一条竖线,孔道轴线上设一测点,向上或向下增设混凝土测点,并按照同一个方向进行超声透射法检测。两种方法均依赖于平时检测数据库和经验方法的累积,通过测点声学参数值的变化来判定缺陷范围。

3.3 缺陷处置技术

对缺陷进行识别和定位,当存在的空洞缺陷范围较大,需要采取补救措施时,可以通过补浆的方

法进行处置。首先利用超声定位设备划定出缺陷范围，在缺陷梁端分别打眼，一端作为进浆口，另外一端作为出浆口，压浆工艺同孔道正常压浆相同，当出浆口冒出浓浆时即可停止注浆。

通过对上述检测方法的分析总结，现将预应力孔道注浆质量检测评价体系总结如下，见表1。

表1 预应力孔道注浆检测评价体系

饱满度值	等级划分	孔道内缺陷特征	处理措施
>90%		注浆饱满，浆体凝结良好	不处理
80%~90%		水泥浆部分强度较低，或部分区域存在松散现象	不处理
60%~80%		存在空洞缺陷或大范围气泡状、条状疏散区域	采用超声透射法复测孔道，识别病害特征，根据缺陷类别采取相关措施
<60%		存在空洞缺陷	缺陷定位，补浆

4 工程应用

4.1 预应力孔道压浆质量检测普查

2011年5月，该检测体系应用于承德某高速公路预制梁厂孔道压浆质量检测。应用全长法无损检测技术对各标段孔道进行了普查检测，通过对各孔道饱满度分析，发现某箱梁第8孔压浆饱满度值为63.2%，值偏低，属于第 等级。

4.2 进行缺陷判别与定位

利用超声透射法定位技术，在孔道两侧端头或弯角比较大的地方进行超声检测，每个测点的间距大约为10cm。注浆端检测数据比较平稳，基本判定注浆端孔道无缺陷；出浆口数据比注浆端偏小。当检测到第8个测点时，数值明显比测点7偏高，并且数据的增量较大，疑似为空洞缺陷，同时可以认为缺陷的界限位于测点7与测点8之间。在测点7与测点8之间加密测点，继续进行超声检测，通过数值的变化最后认为缺陷分界处位于测点7靠里6cm处，缺陷长度大约为70cm左右。初步分析为注浆时孔道内部堵塞，造成通浆不畅，形成空洞。

4.3 缺陷处理方法

在测点1处与测点7处打孔，将位置偏低的测点7作为进浆口，测点位置较高的测点1作为出浆口，进行补浆处理。当出浆口冒出浓浆时停止注浆，持荷，撤出注浆设备后将两孔迅速堵塞，防止浆体流出。至此，孔道检测与缺陷处理结束，有效地防止了病害的发生，保证了预应力孔道的注浆质量。

图5为缺陷打孔处理及二次补浆示意图。



图5 缺陷打孔处理及二次补浆示意图

5 孔道压浆质量检测发展方向

为了监督促进施工质量，提升管理水平，今后孔道压浆检测技术的发展方向主要为：a)每个桥梁工程预应力孔道众多，全数量、全断面检测是最为理想的检测方法，提高检测效率、实现压浆质量的准确评价是必然要求；b)无损检测技术实现内部压浆质量可视化，直观评价内部缺陷，实现缺陷处理技术指导，是压浆质量检测的又一要求；c)桥梁预应力孔道检测是一个长期的过程，从现阶段开始应逐步累积相关数据库。

6 结论

本文分析了现有预应力孔道压浆质量检测方法的特点，建立了全长法检测与超声波透射法联合检测技术，并经过工程实践得到有力证明。通过孔道普查检测、缺陷定位与缺陷处置措施，形成了一整套孔道检测评价体系，有力地监督了孔道注浆施工质量，保证了桥梁使用寿命。

参考文献

- [1] 周永厚, 高峰. 混凝土无损检测技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1996.
- [2] 王智丰. 预应力管道压浆质量评估试验及应用研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2009.
- [3] 徐向峰. 孔道压浆性能试验及施工质量的研究[D]. 南京: 东南大学, 2005.
- [4] JTG TF50—2011, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [5] 贾志绚, 陈永会, 赵星, 等. 基于弹性波法的高速公路护栏立柱埋深检测方法研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(11): 127-131.
- [6] CECS 21:2000, 超声法检测混凝土缺陷技术规范[S].
- [7] 辛公锋, 王兆星, 刘家海, 等. 箱梁预应力孔道压浆密实性检测技术研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(9): 114-117.

作者简介: 杨春东(1968—), 男, 北京密云人, 高级工程师, 本科, 长期从事道路安全监测工作。

收稿日期: 2012-04-26