

无损检测技术在道路桥梁工程中的应用

唐国强

山东省舜泰工程检测鉴定集团有限公司, 山东 济南 250000

[摘要] 本篇文章分析了无损检测技术在道路桥梁工程中的应用, 介绍了该技术的应用价值和具体的技术应用并指出无损检测技术在道路桥梁工程中的应用。钢结构桥梁检测内容在役钢结构桥梁检测, 在建钢结构桥梁检测, 介绍混凝土无损检测技术的主要方法, 非破损检测方法, 回弹法, 超声法, 半破损检测方法, 综合法, 超声法, 冲击回波法, 雷达法, 红外成像法, 射线成像法, 混凝土缺陷无损检测方法, 本篇文章研究不仅能够实现对于道路桥梁的质量检测和安全检查, 还可以有效地实现对于道路桥梁工程建设的整体安全性能把握。通过对该无损检测技术应用的研究, 为以后的道路桥梁工程检测提供借鉴和理论支持。

[关键词] 混凝土; 无损检测; 强度; 缺陷

DOI: 10.33142/ec.v5i4.5827

中图分类号: U446

文献标识码: A

Application of Nondestructive Testing Technology in Road and Bridge Engineering

TANG Guoqiang

Shandong Shuntai Engineering Testing and Identification Group Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: This paper analyzes the application of nondestructive testing technology in road and bridge engineering, introduces the application value and specific technical application of this technology, and points out the application of nondestructive testing technology in road and bridge engineering. The inspection contents of steel structure bridges include the inspection of steel structure bridges in service and the inspection of steel structure bridges under construction. The main methods of concrete nondestructive testing technology are introduced, including non-destructive testing method, rebound method, ultrasonic method, semi destructive testing method, comprehensive method, ultrasonic method, impact echo method, radar method, infrared imaging method, ray imaging method and concrete defect nondestructive testing method. This paper can not only realize the quality inspection and safety inspection of roads and bridges, but also effectively grasp the overall safety performance of road and bridge engineering construction. Through the research on the application of this nondestructive testing technology, it provides reference and theoretical support for the future road and bridge engineering testing.

Keywords: concrete; non destructive testing; strength; defect

几十年来, 国内外一直在研究和应用在混凝土结构材料中计入各种工业的残留物, 这些矿物质的混合材料可以从很大程度上加强和提高水泥原料的结构和性能, 提高后期处理的强度、提高混凝土的强力。然而, 不同矿物化合物在混凝土中的作用因物质而异, 不同种类的混合材料与基于复合材料原则的“重叠效应”结合在一起, 在合理的范围内, 并按照总混合物的固定数量, 将两种或两种以上的工业废渣材料与诸如高效水合物等添加剂结合起来。可以有效的提高混凝土在工作中的性能, 加强持久力。但是这种不同矿物掺合料的组合效应对结构混凝土的长期性能和耐久性的影响如何, 仍需要在工程实践中不断得到验证。本文所介绍的检测项目各种桥梁无损检测方法的基本原理及其适用范围。

混凝土作为适应性建筑材料的质量, 在现代建筑工程中, 低成本和广泛使用的水泥结构的建造对建筑工程的质量产生了重大影响, 而在建筑过程中, 通常出现的质量问题是水泥保护层厚度不够、局部出现漏洞、裂缝、低密度

地区、蜂巢、漏筋和钢筋布置不均等, 导致这样问题出现的因素还有很多, 其中包括施工中的违规行为、长期施工期间的养护延误和混凝土表面出现片状或粉状脱落等影响。一般的混凝土质量检测方法, 如射钉法、钻芯取样法、超声回弹综合法、超声脉冲法、等等。

1 钢结构桥梁现行检测方法

1.1 钢结构桥梁检测内容

桥梁检查的内容因不同结构桥梁而异, 桥梁钢结构检验如下:

检查桥梁钢构件的涂层是否完好, 有无起皮、剥落、生锈等现象, 特别注意灰尘积聚处的锈迹。浸渍和致密。在严重腐蚀零件的情况下, 必须测量结构元件或钢板的实际剩余厚度, 并考虑元件小型化的影响。第二, 检查钢梁是否有穿孔、裂纹、严重弯曲、严重损坏、扭曲、材料层、外壳开口等缺陷。应特别注意在元件与凹槽的接合处或元件接合处的重新张紧或张紧, 由于元件损坏或由于失效而导致应力集中的面积减小。无论是屋面翼缘、横梁纵角、

主梁纵缝、一根铆钉、焊缝端部及相邻母材、U型边、隔板疲劳出现裂缝。第三,检查较大的周边焊缝(即同一截面的顶板、条板、底板和条板的周边焊缝),更换钢箱梁和U型梁的焊缝。第四,检查铆钉头是否生锈,铆钉是否松动。如果螺栓非常坚固,请检查是否有泄漏、松动或变形,检查角度是否变化,并检查是否因腐蚀或其他原因导致摩擦减少。

1.2 在役钢结构桥梁检测

由于钢桥在操作过程中存在误差,常用的方法有超声探伤、外观检查、油漆渗透检查和磁粉检查等。目视检查是第一次目视检查,通过例行和定期检查来确定钢结构中的漆膜是否出现裂纹、裂缝或锈线,这些通常是裂纹缺陷的迹象。出现这些现象时,先用砂纸擦去油漆和沙子,然后用十倍放大镜观察分析。但是,有时裂纹的方向通常与应力的主方向垂直,因此应使用彩色毛细管检查、磁粉检查等进行进一步检查。测试油漆渗透的方法是一种高渗透性的油漆溶液,以渗透到肉眼难以看到的长度小于0.1毫米的裂缝。检测磁粉的方法是,当钢被磁化时,如果在表面或附近有裂纹,部分磁通量进入裂纹间隙和表面空气,使铁粉分散。裂纹的位置由裂纹的磁通量分布指示,磁粉的检查对表面裂纹非常敏感。

1.3 在建钢结构桥梁检测

在钢桥制造过程中,制造商必须按照产品质量控制程序严格控制焊接缺陷或裂纹,可采用超声波探伤、X射线探伤等常规无损检测方法。桥梁钢结构的检测除了100%的常规超声波检测外,还需要30%的X射线检测。一般情况下,焊缝的始端和末端都必须去除砂膜,而且裂纹后的焊缝连续性也需要X光现场检查,如果对其中一个焊缝重复进行X光检查,直到所有焊缝、渗透支缝和其他接头均已检查。可以使用常规的超声波探伤,但常规的超声波探伤难以确定不可穿透的分支接缝的根部缺陷的大小,因此一般不适合检测不可渗透的接缝和需要部分穿透的接缝。焊接重要部件。必须由有经验的人员进行适当的测试。此外,X射线检查的灵敏度和对缺陷性质的评价达到常规超声现场检查的程度正在提高,但传统的超声检查不能准确地描述缺陷。

2 混凝土无损检测技术的主要方法介绍

2.1 非破损检测方法

非破坏性桥梁试验方法在不改变水泥的内部结构或功能特性的情况下,直接测量混凝土结构或结构中某些适当的物理数量。并通过这些物理测量,推定水泥具有结构特性,非破坏性测试主要包括检测材料或部件的宏观缺陷,对组件进行形态学测量,以及评估化学品构成、组织结构和机械特性的变化。包括了回弹法、探地雷达法、红外线、垂直反射法等。

2.2 回弹法

回弹法是用回弹设备测量一般混凝土结构或部件的抗压能力的方法,基本工作原理是利用一根带有弹簧的敲

击棒撞击混凝土表面,探测敲击棒的回程距离(如下图),使用回弹值(弹簧距离与弹簧初始长度之比)作为一个种耐力指标,在经过已经搭建好的回归方程或是校对曲线计算出混凝土构建的抗压力值。以下是检测工作的原理图:

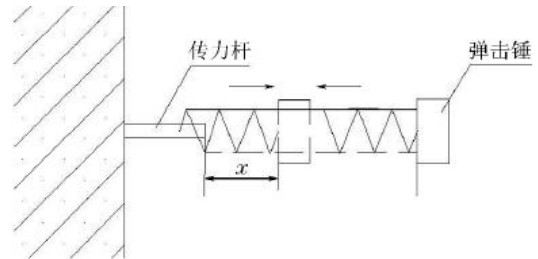


图1 混凝土回弹法示意

该方法操作起来比较简单,并且具有较好的便捷性、效应性、可靠性。所以在混凝土测试领域得到普遍的使用。然而,能够给该方法测试数据可靠性带来影响的因素有很多,比如设备的检定状态、现场操作方式、仪器性能标准、构件型号、检测区域、测点布置、计算方法等。所以,为了提高测试的准确性,还必须改进对这些影响因素的分析,然而,应当指出,在某些情况下,试验区 and 测试点的位置以及计算方法都需要改进。目前,我们对该方法的研究结果在很大程度上仅适用于普通混凝土,而且在测量地点结构或成分时,折射精度仅代表混凝土表面的质量。

2.3 超声法

超声波的传播速度与混凝土的弹性和强度密切相关。超声法是一种通过测量距离内超声波传播的平均声速来推断混凝土强度的方法,其结果如下图所示。对水泥机械特性的检查和评估通常是通过建造与水泥在超声波试验速度下承受压力有关的统计力曲线进行的。

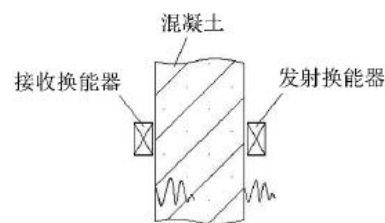


图2 混凝土超声法检测示意

超声波速度对测量混凝土中的超声波速度的影响大于对试验区温度和湿度、带、骨料、使用寿命、水泥石灰比值、灌溉方向和内部缺陷的影响。所以,超声波速度是其组成的一个广泛指标,需要确定正曲线的技术条件必须尽可能接近水泥材料组的物理测试环境。基于混凝土材料组成材料上去知道影响超声波测量速度的根本原因,在实际检测的过程中彻底消除这个因素。目前超声法中常用的仪器有:美国通用电气USM-33、奥林巴斯OMNSCAN-MX2、CTS9006PLUS等。

2.4 半破损检测方法

半破损试验是在一个结构上直接进行的部分破坏试验,或是对一个核心样品进行穿透试验,随后按照试验得到的结果与结构混凝土的标准强度之间的关系进行转换,以此当做基础,能够大概计算出结构混凝土强度标准值的假定值或特性强度值,其半破损检测方法包括拔出法、钻芯法、折断法等。

使用特定的钻机和人工制造金刚石空心钻头,从混凝土结构中提取样品,对样进行检测,知道混凝土结构的强度以及内部存在的问题,这种方式具有较强的直观性、可靠性、代表性等其他好处,但缺点在于会损坏到部门的构建,并且需要较高的成本费用。

这种方式就是先预测和确定当锚固件从混凝土中拔出的最大拔出力,在按照先前确定的位移强度与混凝土强度的关系推定混凝土强度。在1930年代,这一方法可分为一种默认拔出法(典型的LOK实验法)和后装拔出法(典型的CAOP法),1985年在我国开始研究这一方法,自最初采用这些工具以来,研究取得了成功。随后将这一方法应用在工程质量检测方面。

2.5 综合法

混凝土强度是一个由若干要素组成的指标,单凭一个指标无法充分反映这一点。此外,由于混凝土的结构是一个多要数的综合指标,它与弹性、塑形、材料结构及试验条件有关,可以采取一种综合办法,两种或两种以上的方法进行联合测试分析,以获得多种物理参数,并将混凝土强度与这些物理参数联系起来,从不同角度综合评价混凝土强度的方法。当前有超声回弹综合法、超声波钻探芯合法和声速减慢系数综合法等,与单一物理质量的测量方法相比,它可以发挥一定程度减小误差的作用,进而可以提升检测数据的准确性和可靠性,目前最成功的组合是超声回弹综合法。当使用超声法进行测量强度的时候,尽管超声速率与用超声波测量的混凝土的板结、同质性和内部缺陷密切相关;耐受性只能反映混凝土表面的质量,而不能反映混合土壤结构的内部缺陷。所以,如果将超声波和回波结合起来,就可以更全面地衡量混凝土的质量,过去几年时间里,超声波芯综合法、回弹钻芯综合法都不断的发展。通过破损法检测混凝土的强度可以更加的便利、节省成本简单,由于很多因素都能够给混凝土强度带来影响,因此,断定混凝土的强度应该存在一些分散性,影响到了测试结果的精准性。使用钻芯法比较直接,但是试验成本较高,还需要花费较多的时间和精力,还会磨损部分固件。所以,将这两种方法结合起来,在混凝土结构中提取少量的样品,将测试结果与非破坏性方法进行比较和修改,能够从很大程度上提升非破损检测和速度检测的效率。

3 混凝土缺陷无损检测方法

非破坏性的混凝土内部缺陷探测方法包括红外线成

像法、冲击回波法、超声波、雷达法等。这些方法的目的是通过测量冲击波,以及发热射线等其他物质的动态来确定混凝土内部缺陷的程度、位置。这些技术方法目前正在迅速发展,并在实际工程测试中广泛使用,例如在水泥结构中检测缺陷,如内裂缝、开口洞等。先确定钢筋的位置、氧化状态和直径、表面分离、冷冻层的深度和混凝土的耐久性。

3.1 超声法

目前,超声波法被更多地用于检测内部结构缺陷,这种方式就是使用了以波形来显示数据的超声波检测器,去测量混凝土结构内超声波的声学参数,如传播速度、信号带、频率等。然后按照其与混凝土内部结构的关系来测量混凝土的缺陷。目前,超声波主要用于探测混凝土裂缝的深度、混凝土复合表面的质量、低密度地区和空洞、损坏的表面,混凝土引线和钢管混凝土中的缺陷。

3.2 冲击回波法

冲击响应法是1980年代中期开发的声学探测技术,其基础是物体内部结构与弹性波的相互作用所产生的共振,以及用于计算混凝土结构厚度地面裂缝的位置和深度的共振频率。通过一个钢球撞击混凝土表面,以产生内部阻力脉冲,在结构内扩散过程出现故障或中断时,产生内部阻力脉冲波,脉冲波在内部传播的时候如果出现异常或是终端,因为不同介质的声阻抗不同,也会产生多个多重反射波,导致结构的表明上出现较小的位移反应力;测试系统接收反应力且能够快速傅里叶变换机也可以得到频谱图,对该图进行分析,能够知道对应元件缺陷的信息。下图是仪器检测的工作原理(A信号幅值、t传播时间、f频率)。

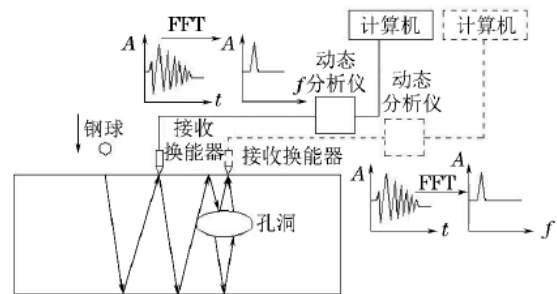


图3 冲击回波法示意图

冲击回波法是用来探索和检测各种类型土木建筑结构的厚度以及其中存在的缺陷,特别是在单维结构中。这一方法已广泛用于国外的工程测量。例如,对多孔混凝土结构、路面平整地板、裂缝的深度、预应力张拉管道中灌溉泥浆的间隙区,甚至被用来检测耐火砖墙体还有钢筋腐蚀造成的扩张。

3.3 雷达法

地质雷达技术是一种高精度、连续性、非破坏性、

低成本高、图像直观的探测方法，它被用作通过微波传送信息的一种方法，以查明材料、结构和产品的性质和缺陷。检测的工作原理，电磁波从天线传到混凝土，在传导过程中，在混凝土绝缘常量以外的材料（例如水泥、孔洞、钢筋）的范围内得到反映，天线会接收到反射波，并按照电磁波和反射波的发射与混凝土微波传播速度之间的时间差来确定。该抛射物离地面不远，因此能够探测到在混凝土内钢筋的位置、缺陷等。雷达探地检测系统工作原理如下：

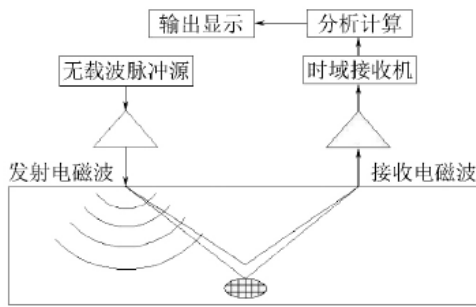


图4 探地雷达检测系统机构

目前，地质雷达在很多城市的管道线路检测方面普遍适用，用来检查横向和纵向结构（墙壁、隧道、地质）的完整性，探测和确定钢筋、管道位置和方向，探测孔、裂缝等缺陷。例如，探测公共道路上的沥青厚度，探测埋在结构中的金属或非金属，探测隧道内衬厚度等。3.4 红外成像法

红外成像技术是使用红外自动调温器探测该物体辐射各部分的红外能量，并根据该物体表面温度范围的分布情况获得热成像。这一方法已经成为非破坏性探测技术的一个重要分支，它是一种技术的一部分。其不同温度范围和广域的快速和遥感探测功能在很大程度上补充了现有的损害探测技术，近十年来，使用红外线图像进行无损探测的技术已得到发展，其优点包括：无接触性、高效率、速度快和远程遥控，以及与量化自动化视觉测试和缺陷有关的紧迫问题，这一技术已被广泛用于对金属、合金、塑料、陶瓷和其他复合材料进行非破坏性测试，但是，它仍然处于对民用工程的质量和运作进行评估的初期阶段，例如拆除建筑物的试验、粘贴砖的涂层、大面积的安全检查、玻璃墙的热绝缘试验、检查屋面渗漏现象、混凝土结构火灾检测等。目前常用的红外热成像系统大部分都是通用设备，并非专为土木工程质量检测而设计。检测时，由于建材温差较小，故通常要求仪器具有较高的温度分辨率。



图5 为红外成像检测系统结构示意图

3.5 射线成像法

X光成像法所依据的原则是，穿过钢筋或洞的混凝土强度可能与穿过水泥的混凝土强度不同，而且在阴性的黑暗中也可能不同。因此，可以根据黑暗程度和阴性的差异来判断混凝土的质量，在X光探测到的空心混凝土试验中，空混凝土等效物的底片比非空部分的底片要黑，还是由于含空气的空心部分吸收射线的能力低于无空部分，而且通过空心部分的射线强度高于空部分的射线强度，而另一方面，与空心部分相对应的X光片获得更多的X光粒子，从而产生更黑的空心图像，图6提供了X光探测到的混凝土洞的例子。

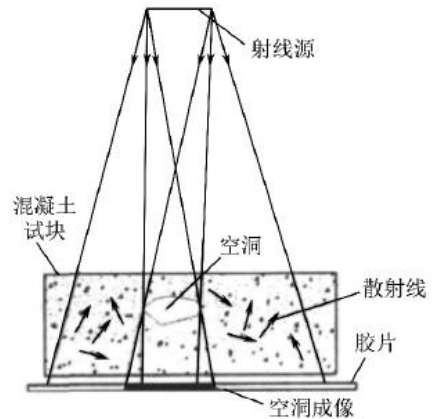


图6 射线成像法系统结构示意图

通过X射线成像法进行无损探测的技术已发展了近十年，具有视觉可靠性等优势，也存在着放射性能量限制和高成本等紧迫问题。

4 结论

无损检测技术是一门综合性比较强的技术，需要从多个方面来对其进行考虑。在道路桥梁工程中利用无损检测技术实现对于工程质量的监督和建设是重要的。为了保障道路桥梁工程的安全和质量，必须在投入使用前对已经完成工程本身各方面的检测，这样才能确保道路行驶的安全性。无损检测技术的使用有效解决该问题的基础上也为以后道路桥梁工程检测提供了借鉴和帮助，更好促进道路桥梁工程的建设。

[参考文献]

- [1]马亮. 弹性波CT技术在桥梁混凝土结构无损检测中的应用[J]. 工程建设与设计, 2019(5): 113-115.
- [2]邹文刚, 敖文飞. 公路水泥混凝土结构强度检测中无损技术的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(1): 40-41.
- [3]楚少义, 宋伟建, 刘凯, 谭春. 快速无损综合法在混凝土衬砌质量检测中的应用[J]. 山西建筑, 2019, 45(1): 206-208.
- [4]侯娜, 李万德, 崔凯华, 杨立新. 应用于混凝土内部无损检测的超声相控阵系统研制[J]. 北方交通, 2018(12): 6-8.

- [5]方菲. 希尔伯特—黄变换及其在混凝土无损检测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2018, 15(6): 733-741.
- [6]曾臻, 刘阳国, 张萌, 徐伟杰. 混凝土中钢筋锈蚀的无损检测技术[J]. 中国科技信息, 2018(23): 39-41.
- [7]王超, 逯平平, 鄂宇辉, 王鑫. 声波无损检测技术在钢管混凝土检测中的应用[J]. 北方交通, 2018(11): 8-12.
- [8]金志刚. 无损法检测混凝土缺陷相关技术的研究[J]. 工程技术研究, 2018(12): 29-30.
- [9]王荣鲁, 吕小彬, 李萌. 水工结构混凝土质量检测冲击弹性波技术的研发和应用[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2018, 16(5): 472-478.
- [10]耿明慧. 装配式混凝土结构接头无损检测方法分析[J]. 居舍, 2018(29): 33-34.
- [11]薄文斐, 曹永成. 混凝土开裂与损伤破坏的无损检测方法应用研究[J]. 现代物业(中旬刊), 2018(10): 208-209.
- [12]鲁博. 无损检测技术在工程检测中的应用[J]. 工程建设与设计, 2018(18): 30-31.
- [13]周荣学. 公路施工中混凝土的强度试验研究[J]. 低碳世界, 2018(9): 245-246.
- [14]王维明. 混凝土无损检测方法发展及应用[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(17): 1-2.

作者简介: 唐国强(1995. 7-)男, 枣庄科技职业学院, 建筑技术, 山东省舜泰工程检测鉴定集团公司, 检测员。