

建筑工程结构混凝土检测方法的选择与分析

王晓堂

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘要:结构混凝土是混凝土工程中的重要表现形式。结构混凝土因受各项物理力学、耐久性等要求,在其质量评定过程中难以采用最直接的钻芯法进行质量评价,急需找到最佳的质量评价方法。笔者阐述了几种无损检测技术在结构混凝土质量评价中的适用情况,以便在不同的结构尺寸、钢筋分布、结构工况等情况下能够快速、准确地选择所适用的无损检测方法。

关键词:建筑工程;结构混凝土;检测方法;选择;无损检测技术

中图分类号:TV7;TV43;TV544

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)01-0057-04

Selection and Analysis of Testing Methods for Structural Concrete in Construction Engineering

WANG Xiaotang

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: Structural concrete is an important form of expression in concrete engineering. Due to the requirements of various physical mechanics and durability, it is difficult to use the most direct core drilling method for quality evaluation in the quality assessment process. Therefore, it is urgent to find the best quality evaluation method. This paper mainly introduces the application of different non-destructive testing (NDT) technologies in structural concrete to achieve the rapid and accurate selection of NDT methods under different structural sizes, reinforcement distribution, structural conditions and so on.

Keywords: Construction engineering; Structural concrete; Detection; Method; Selection; Non-destructive testing (NDT) technologies

1 概述

结构混凝土又称混凝土结构,是以混凝土为主体,与钢筋、预应力钢绞线、钢管等一种或多种材料共同形成的一个结构物,其各自发挥着自身材料具有的优点,形成一个集多种材料优点于一身的结合体。结构混凝土虽然能够发挥各自材料具有的优点,但各种材料毕竟存在自身的特点和性能,在结构混凝土形成过程中难免会出现一些质量缺陷或问题。对于这些质量缺陷或问题,如何通过检测技术去发现,就需要从事检测技术的专业人员进行专业检测 and 数据分析,从而为工程建设处置方案的制定提出宝贵的意见。

由我公司承建的成都市 XX 教育培训基地项目规划总建筑面积为 240 822.82 m²,一期总建筑面积为 96 723.62 m²,地上面积为 75 174.35 m²,地下面积为 21 549.27 m²,共规划有教育科研楼、培训及会议中心、学员公寓、试验实训检测楼、学

生公寓、活动中心和看台、学员公寓、教育科研楼和会议中心,整体设置 1 层地下室,埋深约 6.1 m,作为机动车库、设备用房及人防工程使用。

在工程主体即将完工时,项目部受业主管理部门要求对该项目已完成的结构混凝土进行了一次全面排查,按照结构混凝土的特点选择了合适的检测方法,开展了结构混凝土的质量检测工作。

2 常用的结构混凝土无损检测方法和原理

2.1 采用回弹法检测结构混凝土的抗压强度

回弹法是利用回弹仪测量混凝土表面被弹击后的反弹程度来间接评估结构混凝土抗压强度的一种方法。其原理是根据混凝土表面的反弹程度推算出混凝土的抗压强度。采用回弹仪在混凝土表面施加标准冲击力,并用一个弹性指针或传感器测量混凝土的反弹程度,根据其反弹程度与混凝土强度的经验关系推算出混凝土的抗压强度。

2.2 采用超声波法检测结构混凝土的抗压强度

超声波法是利用超声波的传播特性来评估混

收稿日期:2023-11-08

混凝土结构强度的一种方法。其原理是通过将超声波传入混凝土中,根据超声波在混凝土内部的传播速度和衰减情况推断混凝土的强度。混凝土强度与超声波的传播速度和衰减情况之间存在一定的经验关系,通过测量超声波的传播时间和衰减程度可以推算出混凝土的抗压强度。

2.3 采用超声波法测定结构混凝土的内部缺陷

超声波法通过向混凝土结构发送超声波信号并接收反射回来的信号用以评估混凝土内部的缺陷情况。其原理是利用超声波在不同介质中传播速度不同的特性。超声波在混凝土中的传播速度会受到混凝土密实度、裂缝、空洞等缺陷的影响,当超声波遇到某种缺陷时,一部分能量会被反射回来,通过测量反射信号的传播时间、幅度和频率等参数,可以确定混凝土内部的缺陷位置和性质。进行裂缝深度测试时,其换能器探头应与混凝土表面接触良好^[1]。

2.4 采用地质雷达法测定结构混凝土的内部缺陷

地质雷达法利用电磁波在地下传播的特性,通过发送和接收电磁波信号用以检测混凝土结构内部的缺陷。其原理是利用电磁波在不同介质中传播速度和衰减情况的差异。当电磁波遇到混凝土内部缺陷时,一部分能量会被反射回来或被吸收,通过测量反射信号和传播路径的特征,分析信号的时间、幅度和频率等参数,即可获取混凝土结构内部的信息,进而确定出混凝土内部缺陷的位置和形态。

2.5 采用电磁感应法检测结构混凝土内的钢筋

电磁感应法系利用电磁场与金属导体(钢筋)之间的相互作用用以检测钢筋混凝土结构中的钢筋是否存在。其原理是当电磁场施加在混凝土结构上时,如果其存在钢筋,钢筋将会引起电磁场的扰动,进而产生感应电流。通过测量这些感应电流的大小或变化,即可以推断出钢筋的数量、直径、位置等信息。

2.6 采用电化学法检测结构混凝土内钢筋的锈蚀情况

电化学法是利用电化学原理测量钢筋的锈蚀情况和钢筋保护层的厚度。因为混凝土中钢筋的锈蚀是一个电化学过程,而电化学测量是反映其本质过程的有力手段^[2]。其原理是在混凝土表面

插入电极,通过测量电极电位或电流变化用以评估钢筋锈蚀的状态;钢筋锈蚀时会引起电化学反应而产生特定的电流和电位变化,技术人员可以通过变化的电流和电位推算出钢筋目前的锈蚀状况,以便对被检测结构物进行维护与保养。

3 无损检测方法的选择与分析

3.1 结构混凝土的抗压强度

混凝土抗压强度是指在混凝土单位面积上所能承受的最大压力。通常是在混凝土施工过程中通过抽取标准立方体试件的方式进行混凝土抗压强度测试。而结构混凝土成型后难以通过采用普通混凝土的抽样方式进行抗压强度试验。如果必须采取现场取样的方法则可能会导致结构混凝土的完整性、受力状态、耐久性等方面受到影响。针对这种情况,无损检测方法的出现就能够很好地解决这个问题。

结构混凝土的抗压强度可以通过回弹法和超声波法进行测试。目前最常用的方法是回弹法,其具有的所采用的设备体积小、检测方法简单、成本较低、适用范围广等特点深受行业青睐。但随着回弹法的普及与推广使用,在一些结构混凝土检测中存在争议,业界普遍认为:回弹法检测的主要是混凝土结构的表层抗压强度,其系根据混凝土表层(1~3 mm)的质量对混凝土的整体质量进行评估^[3],其不能够代表结构内部的混凝土抗压强度值;同时,在混凝土类型、检测位置的选择、结构面是否被处理等方面也存在争议,导致采用回弹法检测结构混凝土的抗压强度不被认可的情况愈发突出。

采用超声波法能够较好地穿过整个结构物检测结构混凝土的抗压强度,其检测结果能够代表整个结构物的抗压强度,适用范围较广、被认可度较高。超声波发射后在混凝土结构或材料内部传播后被换能器接收,可以通过专业设备或软件分析所采集到的超声波信号的振幅、频率、波形以及声时等推断混凝土结构的抗压强度及内部缺陷;但其存在设备操作复杂、检测过程影响因素多、专业性强等因素在实际应用中没有获得普及应用;只有在一些严要求或具有较大争议的情况下才会选择采用超声波法进行结构混凝土抗压强度的检测。

项目部技术人员通过分析现场结构混凝土的

实际施工情况,结合结构混凝土浇筑成型时间较短以及对两种方法的理论及应用进行对比后,该项目最终决定采用回弹法测试结构混凝土的抗压强度并进行质量评定,在有争议时采用超声波法进行补测评定。

3.2 混凝土内部缺陷

混凝土内部缺陷的种类较多,如裂缝、夹渣、空洞、不密实等,而在混凝土浇筑完成后最容易形成的缺陷是裂缝。由于裂缝的深度、宽度不同,所采取的检测方法也不尽相同。鉴于夹渣、空洞、不密实直接影响到混凝土结构的耐久性和安全性,故在其质量检测过程中也需要重点关注。

超声波法适用于毫米级的裂缝检测。超声波在穿透混凝土结构裂缝过程中由于反射时间的不同可以分析出裂缝的深度,同时配合一些简单的宽度测量工具,如裂缝卡尺、塞尺、放大镜等可以直接测量出毫米级的裂缝在结构混凝土中的分布情况,其检测结果直观,可以生成图像或剖面图,便于分析和评估;由于超声波的衰减速度较快,其测量深度一般在 100 cm 以内。鉴于检测结果受混凝土密实度、含水量等因素的影响其可能会导致测量结果出现波动,因此需要采用专用的超声波设备和专业技术人员进行操作和数据解读,然后具体判断缺陷的分布、数量和缺陷的类型,因此其在小构件混凝土裂缝检测中的应用较为广泛。

地质雷达法适用于厘米级的裂缝检测。地质雷达发射的高频电磁波能够有效穿透较厚的混凝土结构,通过电磁波在不同介质中的反射判断裂缝所处的位置及宽度,同时,电磁波在检测混凝土结构质量过程中,通过不同介质中反射的电磁波波形推断出混凝土结构中的空洞、夹渣、不密实等情况,经过专业分析软件进行分析即可达到一次检测得到多种检测成果的作用;采用地质雷达法检测混凝土结构的速度快、效率高,探测深度可以达到 2 m 以上,是目前对混凝土结构质量较为常用的无损检测手段。由于受地质雷达设备成本高、检测专业性强、金属构件对电磁波信号的屏蔽影响等因素,其在一些较小的工程及混凝土结构中金属构件较为密集的地方很难得到应用。

鉴于该项目地下室底板混凝土厚度达到 0.8 m 以上,项目部最终决定采用地质雷达进行底板

缺陷检测;而对于其他厚度较小的板、墙、柱、梁等结构则采用超声波法进行缺陷检测。

3.3 结构混凝土钢筋的布局

对于结构混凝土,目前采用最多的形式是钢筋混凝土结构。钢筋在该结构中主要承受拉应力,混凝土承受压应力,通过钢筋混凝土共同发挥其各自的长处形成良好的钢筋混凝土结构。因此,钢筋混凝土结构中的钢筋分布就显得尤为重要。在工程施工过程中,由于不良承包单位对钢筋混凝土结构中的钢筋采取间距加大、少用钢筋等方式降低了结构质量,若要验证这些钢筋混凝土结构中的钢筋分布情况、降低检测过程对结构的影响,一般采用无损检测方法。

采用电磁感应法检测结构混凝土中钢筋的分布情况是目前最常用的方法。通过钢筋会对电磁波产生屏蔽作用的特性,可以快速、大范围地检测钢筋数量,提供钢筋分布的图像或剖面图,能够直接、清晰地了解钢筋的混凝土保护层厚度。采用电磁感应法检测钢筋混凝土结构中的钢筋,由于电磁波的功率小,穿透力有限,其检测深度一般小于 50 cm,故其难以对较深的结构进行钢筋分布质量检测,且因受混凝土密实度、钢筋直径和间距、混凝土含水量等因素的影响,可能会引起一定的误差。电磁感应法用于检测钢筋数量仅为一种估测方法,其不同于精确测量方法(如钻孔取芯)。该方法适用于快速的初步评估和结构健康监测,而对于精确计算钢筋数量的需要,可能需要结合其他精确测量方法进行验证。在实际应用中,应当根据具体情况和需求综合多种方法进行钢筋数量的评估。

地质雷达法也是检测结构混凝土中钢筋分布情况的方法之一。由于钢筋会对电磁波产生低阻屏蔽作用^[4],在其应用过程中能够定位混凝土结构中的钢筋并获取其深度、直径、排列方式等信息,帮助技术人员进行结构安全评估和维护;鉴于地质雷达产生的高频率电磁波穿透结构混凝土的能力较强,适用于对深度 50 cm 以上的钢筋分布情况进行检测,随着检测深度的增加,钢筋间距、直径的大小也直接影响到探测效果。另外,钢筋混凝土可能存在多层钢筋结构,当电磁波穿透两层及以上钢筋网结构时,容易在钢筋网间引起电

磁波多次反射,这种反射有可能在界面与钢筋网中产生^[5],对钢筋的数量及分布更加难以判别。

鉴于该项目结构混凝土的钢筋保护层厚度均在 100 mm 以内,因此最终决定采用电磁感应法进行钢筋布局及混凝土保护层厚度的检测;对于有争议的地方,辅以局部或小面积破损进行验证检测。

3.4 结构混凝土钢筋的锈蚀情况

结构混凝土由于长期受气候、工作环境等因素影响,其内部的钢筋可能产生锈蚀情况,需要对钢筋的锈蚀情况进行充分评估,以供对整体结构的使用年限进行分析。

电化学法是检测结构混凝土中钢筋锈蚀状况的重要方法之一,具有现场检测速度快、灵敏度高、可在原位连续跟踪测量、经济环保等优点,可以在不损坏混凝土结构的前提下进行检测,其测试精度相对较高,能够检测到较浅的锈蚀,结合工况状态能够定量评估钢筋的腐蚀程度和混凝土保护层的厚度。但其受环境温度、湿度、盐度等因素的影响可能会引起一定的误差,对于较深层的锈蚀和保护层厚度其检测能力有限,检测过程相对复杂,需要由掌握专业技术的人员进行操作和数据解读。

鉴于该项目结构混凝土的施工时间不足 1 a,考虑实际工况,暂不需要开展钢筋锈蚀情况检测。

4 结 语

综上所述,用于结构混凝土无损检测的方法较多,但其适用范围不同,因此在明确检测需求后应及时匹配检测方法。选择检测方法的原则:综合考虑检测设备、检测成本、对检测人员

的要求、检测效率等因素,以使用低廉的成本快速、准确地检测出结果。当检测结果不明确或不清晰时,可以采用多种方法检测后进行结果比对并经专业分析后确定检测结果。若该结果还不够准确或存有争议,应采用破损检测的方法进行验证,以确定哪种无损检测方法的结果更接近于真实情况,以便后续采用该方法开展相应的质量检测工作。

该项目从事检测的技术人员按照上述要求选择的无损检测方法开展了结构混凝土的质量检测工作,经过为期一周的检测,顺利完成了该项目的结构混凝土质量检测,经对混凝土结构的抗压强度、内部缺陷、钢筋分布检测数据进行分析后认为:本次无损检测方法的选择适宜,过程检测效率高,其检测数据与设计值相比,能够满足设计要求。

参考文献:

[1] 校永志,余元宝,李娜,等. 超声法检测混凝土垂直裂缝缺陷深度应用研究[J]. 山东工业技术,2018,37(3):107-108.

[2] 马文彬,张敬东,张风杰,等. 混凝土中钢筋锈蚀检测的电化学方法[J]. 建材技术与应用, 2007,28(4):4-6.

[3] 樊伟东,祁彬. 混凝土无损检测技术发展及工程应用探析[J]. 中国设备工程, 2020,36(17):14-15.

[4] 刘昕玥. 浅谈混凝土无损检测技术的发展与应用[J]. 建筑工程技术与设计,2015,3(14):2040.

[5] 利奕年,孙佳,徐迎. 地质雷达在钢筋混凝土结构无损检测中的技术难点与应用方法研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022,14(4):1-4.

作者简介:

王晓堂(1986-),女,甘肃渭源人,副高级工程师,从事水利水电、房屋建筑、市政工程试验检测技术与管理工

(编辑:李燕辉)

(上接第 56 页)

土表面的温度计受季节性环境温度影响其应变起伏较大并形成一定的规律:冬季应力温度值较小,夏季所测温度值较大,变幅在 25 ℃ 以内。

参考文献:

[1] 水工混凝土试验规程,DL/T 5150-2017[S].

[2] 水工混凝土施工规范,DL/T 5144-2015[S].

[3] 混凝土坝安全监测技术规范,DL/T 5178-2016[S].

[4] 孙建会,王万顺. 重庆江口水电站拱坝施工期混凝土应力应变监测成果分析[J]. 水利水电技术,2005,36(3):47-50.

[5] 迟福海,腾敏. 勐野江水电站蓄水期混凝土面板变形分析

[J]. 水利科技与经济,2015,21(10):95,98.

作者简介:

邱向荣(1992-),男,甘肃武威人,工程师,从事水利水电工程试验检测与安全监测工作;

李斌斌(1989-),男,甘肃天水人,工程师,从事水利水电工程试验检测与安全监测工作;

张世娟(1994-),女,甘肃武威人,助理工程师,从事水利水电工程试验检测与安全监测工作;

张睿栋(1992-),男,甘肃天水人,工程师,从事水利水电工程试验检测与安全监测工作。

(编辑:李燕辉)