混凝土无损检测常用方法综述

Common Methods Review of Non-Destructive Testing of Concrete

方 瑾 (安徽职业技术学院,安徽 合肥 230011)

摘 要:混凝土是土木工程中最重要的材料之一,其质量的优劣直接关系到结构的安全。直接在结构上检测混凝土工程质量的现场检测技术,已经成为控制混凝土工程质量、处理混凝土质量事故的重要手段。文章介绍了几种混凝土无损检测技术方法的工作原理及各自的特点和适用范围。在实际工程中,宜使用两种或两种以上方法进行检测,以互相验证,提高检测结果的可靠性。希望新的科学技术不断的运用到混凝土工程无损检测技术中来,促进建筑工程质量的全面提高。

关键词:混凝土强度;缺陷;钢筋位置;无损检测技术

中图分类号:TU502　　文献标识码:A　　文章编号:1007-7359(2011)06-0175-03

0 引 述

混凝土无损检测(包括局部破损)技术,很多来自某些基础学科或其它技术领域,但各项移植的测试技术都必须使之适应于混凝土的结构特点,从而逐渐形成混凝土特有的测试技术体系。在不破坏混凝土结构的前提下,利用混凝土无损检测技术进行检测,获得人们最需要的混凝土物理量信息并将信息数字化、图像化处理,发现工程中可能出现的各种缺陷,减少工程损失,解决工程中出现的问题。实践证明,混凝土无损检测技术具有强大的生命力。

1 无损检测技术的发展

1948 年,瑞士科学家施密特(E. Schmidt)研制成回弹仪;1949 年莱斯利(Leslie)等人用超声脉冲成功检测混凝土;20 世纪 60 年代费格瓦洛(I. Facaoaru)提出用声速、回弹综合法估算混凝土强度;80 年代中期,美国的 Mary Sansalone 等用机械波反射法进行混凝土无损检测;90 年代以来,随着科学技术的快速发展,涌现出一批新的测试方法,如微波吸收、雷达扫描、红外线谱、脉冲回波等方法。

我国从 20 世纪 50 年代开始引进瑞士、英国、波兰等国的超声波仪器和回弹仪,并结合工程应用开展了一定的研究工作;60 年代初我国研制成功多种型号的超声波仪器,随后广泛进行了混凝土无损检测技术的研究和应用;80 年代混凝土无损检测技术在我国得到快速发展,并取得了一定的研究成果,除了超声、回弹等无损检测方法外,还进行了钻芯法、后装拔出法的研究;90 年代以来,雷达技术、红外成像技术、冲击回波技术等进入实用阶段,同时超声波检测仪器也由模拟式发展为数字式,可将测试数据传入计算机进行各种数据处理,以进一步提高检测的可靠性。目前,我国混凝土无损检测技术和设备日趋成熟,如康克瑞公司的数字式非金属超声仪已销往加拿大。

进入 21 世纪,随着新的《回弹法测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/23-2022)的实施和行业标准《回弹法检测高强混凝土强度技术规程》的制定,泵送混凝土和高强混凝土强度的现场测试精度将达到进一步的提高。

收稿日期:2011-08-30
作者简介:方瑾(1963-),女,安徽合肥人,高校实验师。

2 混凝土无损检测方法

无损检测技术可对钢筋混凝土结构实体的混凝土强度、缺陷(密实度、裂缝、新老混凝土接合面、疏松层等)、钢筋位置(直径可估测)三项参数进行检测,真实反映结构实体的质量状况。实际工作中根据不同的参数分别选用与其相适应的无损检测方法,同一参数也有多种无损检测方法可供选择。无损检测方法的选取主要考虑以下四个方面的因素:其一,无损检测方法与检测参数的对应性;其二,无损检测方法与检测条件的适应性;其三,有检测规范及检测方法使用的普遍性、成熟性、易操作性;其四,所选用的检测方法的局限性及与其它检测方法的互补性。以下从混凝土强度、缺陷、钢筋位置等三个方面对无损检测方法进行探讨。

2.1 混凝土强度无损检测方法

混凝土强度的无损检测方法有:回弹法、超声法、超声回弹综合法、钻芯法(局部破损)、拔出法等。

2.1.1 回弹法

回弹法是用一弹簧驱动的重锤,通过弹击杆(传力杆),弹击混凝土表面,并测出重锤被反弹回来的距离,以回弹值(反弹距离与弹击锤冲击长度之比)作为与强度相关的指标,来推定混凝土强度的一种方法。它不会对混凝土结构或构件的力学性质和承载能力产生不利影响,是我国应用最广泛的无损检测方法之一。回弹值的大小表示被测混凝土表面的硬度,根据混凝土表层硬度与混凝土抗压强度之间的相关关系,估算出混凝土的抗压强度。回弹法只能测得混凝土表层 10mm～15mm 厚度范围内的质量状况,要求内部混凝土与表层混凝土基本相同,这便限制了回弹法的应用。由于回弹法操作简便,价格低廉,适用于施工现场对混凝土的强度进行随机的、大批量的检测,在工程上还是得到了广泛应用。目前随着科技的进步,不同型号的数显回弹仪相继面世,使操作更加简便。与传统的回弹仪相比其特点有:①一台主机可配多个机械头,确保检测工作顺利进行;②全中文大屏幕液晶显示,操作简单;③数字直方图双重显示回弹值,更直观;④与 PC 机连接,可自动生成报告。

2.1.2 超声波法

超声波法是根据超声脉冲在混凝土中传播的速度与混凝土的强度间存在相关性,通过测定超声脉冲在混凝土中的传播速度,推断混凝土强度的一种检测方法。其检测原理是超声仪

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用一发射换能器重复发射脉冲波,让超声波在所检测的混凝土中传播,然后由接受换能器接收。被接收到的超声波经转换后,声学参数即显示在超声仪的示波器上,读取声时值并测量测距即可算出超声传播速度。超声波在混凝土中的传播速度与混凝土的弹性性质密切相关,而混凝土的弹性性质又可以反映其强度大小,从而可以在混凝土超声波传播速度与其强度之间建立起一种相关关系,这种关系通常为非线性关系,可用测强曲线来表示。对于一定配合比的混凝土,强度愈高速度越大,反之愈小。混凝土超声法采用单一声速参数推定混凝土强度。当有关影响因素控制不严时,精度不如多因素的综合法,但在某些无法测量回弹值及其他参数的结构或构件(如基桩、钢管混凝土等)中,超声法仍有其特殊的适应性。

2.1.3 超声 - 回弹综合法

采用单一的超声法或回弹法检测,不同仪器对各种因素影响的反映敏感程度不同,会使测试结果误差较大。超声 - 回弹综合法是指采用超声仪和回弹仪,在结构混凝土同一测区分别测量声时值和回弹值,测量测距并计算声速,然后利用已建立起来的测强公式推算该测区混凝土强度的一种方法。影响回弹值的主要因素有水泥品种、养护方式、湿度、碳化深度和龄期,但对骨料品种、粒径、混凝土成型工艺等因素不敏感;超声波在混凝土中的传播速度可以反映混凝土内部的强度变化,它可以较为精确地测的水灰比和混凝土密实度对混凝土强度影响的关系,这种测试方法对骨料的种类、级配和环境湿度等因素的影响明显,而对水泥品种和用量、混凝土硬化条件、龄期等因素的反映不敏感。采用超声 - 回弹综合法,通过实验建立超声波波速—回弹值—混凝土强度之间的相关关系,建立综合法测强公式或绘制出标准等强曲线,即可算出混凝土的抗压强度值。由于超声回弹综合法不考虑碳化的影响,当碳化对回弹值的影响较敏感时,综合法的测试精确度也会受到影响。与单一回弹或超声法相比,综合法具有的优点:①减少龄期和含水率的影响;②弥补相互的不足;③提高测试精度。实践表明该法是一种较为成熟、可靠的混凝土强度检测方法。

2.1.4 钻芯法

钻芯法是利用专用钻机,从结构混凝土中钻取芯样,然后进行抗压试验,以芯样强度评定结构混凝土强度或观察混凝土内部质量的方法,是一种简便、直观、检测精度较高的局部破损的检测方法。它可用于检测混凝土的强度、裂缝、接缝、分层处的质量状况、离析、孔洞等缺陷。该方法直观、准确、可靠,是其他无损检测方法不可取代的一种检测方法。钻芯法检测混凝土费用较高,费时较长,由于钻取芯样要对结构或构件造成局部破坏,所以不宜在同一结构中大面积使用。可与其它无损检测方法如回弹法或超声法与钻芯法结合使用,以减少钻芯数量,另一方面钻芯法的检测结果又可验证其它无损检测方法如超声法的检测结果,以提高其检测的可靠性。

2.1.5 拔出法

拔出法是 20 世纪 70 年代由美国研究开发出来的一种方法。拔出法用于检测混凝土的强度,它通过测定被埋入混凝土表层锚件在拔出时的抗拔力,根据抗拔力与混凝土强度的关系来推定混凝土强度的一种半破损(局部破损)检测方法。它比钻芯法破损小且费用较低,但其离散性较大,可靠性要低于钻芯法。拔出法可分为预埋拔出法及后装拔出法 2 种,预埋拔出法是指预先将锚固件埋入混凝土内的拔出法,后装拔出法是指在已硬化的混凝土上钻孔,然后在其上安装锚固件的拔出法。前者主要适用于成批、连续生产的混凝土结构构件的强度检测,国外常用此法监控混凝土的浇筑质量;后者可用于新、旧混凝土各种构件的强度检测。拔出法和回弹法一样一般不宜直接用于遭受冻害、化学腐蚀、火灾等损伤混凝土的检测。

2.2 混凝土缺陷无损检测方法

混凝土缺陷的无损检测方法有:超声法、冲击回波法、红外成像法。

2.2.1 超声波法

超声波法既可用于检测混凝土强度,也可用于检测混凝土缺陷。混凝土内部常见的缺陷有:蜂窝状或松散状的不密实区、空洞、杂物或受意外损伤而形成的酥松区裂缝等。超声波法检测混凝土缺陷是根据超声波在混凝土中传播的速度、振幅、相位及主频的变化来判断混凝土内部的缺陷情况。当超声波遇到以上缺陷时,其速度、振幅等常会发生一定程度的异常变化,分析这种异常变化可推知混凝土内部的缺陷状况,其试验结果能够反映被测结构物的质量。超声波法检测混凝土常用的频率为 20kHz～250kHz,由于混凝土本身是一种非匀质复合材料,其内部超声波传播速度受许多因素影响,如钢筋的配置、骨料的粒径、配合比、龄期、养护条件及混凝土的强度等级等,这些影响因素也影响超声法对缺陷的准确性,对超声判定的异常部位如采用钻心验证可提高其准确性。

2.2.2 冲击回波法

冲击回波法是用一钢珠冲击结构混凝土的表面,在混凝土表面会产生纵波、横波、表面波(在冲击回波测试中主要依靠纵波),从而在混凝土内产生应力波,当应力波遇到声阻抗有差异的界面(混凝土内部缺陷或混凝土底面)会产生反射波,接收这种反射波并进行快速傅里叶变换(FFT)可得到频谱图,频谱图上突出的峰值就是应力波在混凝土内部缺陷或混凝土底面的反射形成的,根据其峰值频率可计算出混凝土缺陷的位置或混凝土的厚度。由于该法采用单面测试,特别适合于只有一个测试面如路面、护坡、底板、跑道等混凝土的检测。

2.2.3 红外成像法

自然界中任何高于绝对零度(- 273℃)的物体都是红外线的辐射源,它们都向外界不断地辐射出红外线。红外线是介于可见光与微波之间的电磁波,其波长为 0.76μm~1000μm,频率为 4×10^{14}~3×10^{11}Hz。混凝土红外线无损检测是通过测量混凝土的热量及热流来判断其质量的一种方法。当混凝土内部存在某种缺陷时,将改变混凝土的热传导,使混凝土表面的温度场分布产生异常,用红外成像仪测出表示这种异常的热像图,由热像图中异常的特征可判断出混凝土缺陷的类型及位置特征等。这种方法属非接触无损检测方法,可对检测物进行上下、左右的连续扫测,且白天、黑夜均可进行,可检测的温度为 - 50℃~2000℃,分辨率可达 0.1℃~0.02℃,是一种检测精度较高、使用较方便的无损检测方法,并具有快速、直观、适合大面积扫测的特点,可用于检测混凝土遭受冻害或火灾等损伤的程度以及建筑物墙体的剥离、渗漏等。

2.3 混凝土钢筋位置无损检测方法

目前,混凝土结构中钢筋的探测可由两种方法测定,即电磁法、雷达法。

2.2.1 电磁法

电磁法钢筋探测仪通常由探头、主机和连接线组成。探头

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

接受主机命令,产生电磁场,探头与混凝土表面持续接触并进行扫描,当混凝土中的钢筋和其它金属物体位于该磁场时,磁力线会变形,钢筋和其它金属所产生的干扰导致电磁场强度的分布改变,被探头探测到并接收输送回主机,主机以模拟方式或数字方式对金属物的位置进行显示。较为先进的电磁法钢筋探测仪设备大都具有影像扫描和快速扫描探测功能。影像扫描用于详细准确探测某个区域内所有浅层钢筋的位置、保护层厚度和钢筋直径情况,探测深度可达 180mm。由于混凝土构件中常有多根甚至多排钢筋,在探测磁场范围内各钢筋信号时均有信号被探头接收,导致各钢筋之间的信号相互干扰,进而影响电磁法的探测精度,根据对各探测仪性能的了解及局部剔凿验证可提高电磁法探测精度。

2.2.2 雷达法

雷达法是近年迅速发展起来的一种无损检测技术。雷达法探测的依据不是材料的密度,而是电磁特性。雷达法主要是根据混凝土内部介质之间电磁性质的差异来工作的,差异越大,反射波信号越强。雷达法利用高频电磁波(主要为数十至数百乃至数千兆赫),从混凝土表面向内部发射,当遇到电磁性质不同的缺陷或钢筋时,将产生反射电磁波,接收被测物体反射的电磁波可得到一波形图,通过对雷达成像图的解释和处理,可以准确确定混凝土结构及构件中钢筋的位置、保护层的厚度以及孔洞、酥松层、裂缝等缺陷位置。它的优点是探测效率高,对探测场地和目标无破坏性,有较高的分辨率和抗干扰性。雷达法和电磁法一样,其控制精度受钢筋相互间的干扰,保护层越厚,间距越小,影响越大。

3 结束语

混凝土无损检测技术的优点是在不破坏构件或构筑物的同时能对内部空洞、开裂、钢筋位置等进行连续及重复检测,较真实地反映混凝土的质量与强度,简便快捷。实际工程检测中,宜使用两种或两种以上方法进行检测,这样可使判断更为准确,且可以互相验证,提高检测的可靠性。随着我国工程界对新技术、新材料的应用,对检测技术也提出了更高的要求。利用计算机、互联网技术将与新一代检测仪器和检测技术紧密结合,建立更加全面的数据库,能进行快速的、大量信息的处理。进一步开拓新的检测内容,如混凝土耐久性预测、已建混凝土结构的损伤程度检测等,对混凝土进行更全面的评价,使无损检测技术的检测结果更加可靠、检测水平不断提高。在计算机、互联网等先进 IT 技术的渗透下,使无损检测实现自动化在线测试,无线数据传输技术也将使通过无损检测技术进行建筑状态远程实时监控变成可能。混凝土结构工程质量检测向数字化、图像化方向、常规化发展已成为必然趋势。

参考文献

[1] Popovics,John S.Nondestructive evaluation: past, present, and future[J]. Journal of materials in civilengineering,2003,15(3):211- 211.

[2] JGJ/T23- 2011,回弹法检测混凝土抗压强度技术规程 [S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

[3] CECS 21:2000,超声法检测混凝土缺陷技术规程 [S].北京:中国标准出版社,2000.

[4] CECS 02:2005,超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程 [S].北京:中国标准出版社,2005.

[5] 赵永辉,吴健生 . 钢筋混凝土地层透视雷达无损检测技术 [J]. 工程勘察,2002(1).

[6] 刘军,赵晓华 . 钢筋混凝土板的雷达波无损检测 [J]. 汕头大学学报,2003(4).

[7] 吴新璇 . 混凝土无损检测技术手册 [M]. 北京:人民交通出版社,2003.

[8] CECS 03:2007,钻芯法检测混凝土强度技术规程 [S].北京:中国建筑工业出版社,2007.

[9] CECS 69:94,后装拔出法检测混凝土强度技术规程 [S].北京:中国计划出版社,1995.

[10] 左来生,杨虹.论无损检测技术在混凝土结构工程质量检测中的运用[J].天水师范学院学报,2005(5).

(上接第 49 页)

图 9　纵横交错

色涂料宽窄交错,形成像海浪一样的起起伏伏的节奏;而两侧的通过浅、深灰色涂料纵向交错(如图 8 所示),形成海浪一起一伏的自然韵律,同时建筑外观在总体上纵横交错的波浪(如图 9 所示),恰恰就像名耀人在竞争残酷的商海中把握商机,抢占莆田、福建的桥头堡和守望塔,在日益激烈的家具行业竞争中占领高地。

4 结　语

随着国家对住宅产业的控制政策的出台,使得住宅地产业会更加激烈,进而家具产业和商业地产业的发展竞争定会愈加激烈,如何在家具产业园的规划设计上融入地域文化,使产业园融入当地人的生活,进而给企业带来效益,使投资收益最大化,本文就名耀家具产业园的规划设计与当地文化即海洋文化的融合做了一个探讨,以期为更多的设计师提供一个设计思路。

参考文献

[1] 曲金良. 海洋文化概论[M].青岛:中国海洋大学出版社,1999.

[2] 于志刚,丁玉柱.海洋文化[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2009.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net