

混凝土抗压强度检测技术

董 玉

(上海同济检测技术有限公司, 上海 200092)

摘要: 近年来, 上海地区混凝土原材料的组成成分发生了很大变化, 混凝土强度检测技术得到了很大的提高, 新型检测技术也在不断发展, 现有规范中的混凝土测强曲线有待修正及补充。采用上海地区常用的混凝土原材料, 配制强度等级为 C20~C60 的混凝土试块, 进行 R 值回弹法、Q 值回弹法、剪压法和钻芯法等混凝土测强试验, 采用数据回归的方法得到各方法的混凝土测强曲线, 利用相对标准误差和评价相对误差等指标分析各测强曲线的回归效果, 为现有规范的修订提供参考及建议。

关键词: R 值回弹法; Q 值回弹法; 剪压法; 钻芯法; 测强曲线

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2019)02-0012-04

Detection Technology of Concrete Compression Strength

DONG Yu

(Shanghai Tongji Testing Technology Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In recent years, great changes have taken place in the raw materials for concrete in Shanghai. Detection technology of concrete compression has been greatly improved and new detection technology has been continuously developed. Thus it is necessary to amend and supplement the concrete strength curve of existing standards. Using the typical raw materials of local area, the experimental work was performed on the detecting concrete compressive strength by *R*-value rebound method, *Q*-value rebound method, shear-pressure method and drilled core method. The strength curve of the above-mentioned methods and drilled core method were given by using the method of data regression. Compared with relative standard error and average relative error, the strength curve had the best effect and the highest accuracy. The strength curve was used to provide reference and suggestions for existing standards.

Key words: *R*-value rebound method; *Q*-value rebound method; shear-pressure method; drilled core method; strength curve

混凝土作为建筑结构中应用最广泛的材料之一, 其强度是影响建筑结构质量的重要因素。目前, 评定混凝土强度的传统方法是测定标准试块的立方体抗压强度^[1]。但在实际施工中, 由于标准试块的成型、养护条件和受力状态不可能与结构实体混凝土的完全一致, 标养强度反映的是材料强度而非结构实体强度^[2], 当出现对施工质量有怀疑、质量事故

鉴定以及既有建筑改造加固等情况时, 都需要使用无损检测技术对实体混凝土强度进行检测。因此, 混凝土的无损检测技术得到了广泛应用^[3]。

目前, 上海市混凝土实体强度检测中常用的无损检测方法有 *R* 值回弹法和钻芯法, 对于回弹法和钻芯法, 上海已制定地方标准 DG/TJ08—2020—2007《结构混凝土抗压强度检测技术规程》。但近十多年来, 上海地区混凝土的组成成分(如水泥、骨料、粉煤灰、外加剂等)都发生了很大变化, 现有规范的专用测强曲线有待修正。另外, 与十年前相比, 钻芯法芯样的加工设备、工艺以及加工准确度都有所提高, 芯样磨平修正系数和硫磺补平修正系数有待进

收稿日期: 2018-07-30

作者简介: 董 玉(1981—), 男, 工程师, 主要从事建设工程质量检测工作

通信作者: 董 玉, dongyang_2001dd@163.com

一步验证。此外,除现有地方标准中提到的检测方法外,近年来又出现了如剪压法、Q 值回弹法等新型检测方法。剪压法是通过一种特制的挤压千斤顶对混凝土构件的边缘施加压力,使构件边缘发生局部剪压破坏,再根据其局部承压情况来推定构件混凝土强度的方法。剪压法较 R 值回弹法的检测精度高,较钻芯法操作简单^[4]。Q 值回弹法是一种通过测量弹击速度来推定混凝土强度的方法,与 R 值回弹法相比,其具有不受弹击角度及重力影响、测量准确度高和可重复性高以及测强范围大的优点^[5]。以上两种方法操作简单,检测效率高,检测结果直观,是理想的混凝土强度检测的新方法,具有很高的经济效益和社会效益。

综上所述,为了提高结构混凝土检测的准确性和科学性,有必要对现有非破损检测混凝土强度的方法进行进一步的研究,完善 DG/TJ08—2020—2007 中的结构混凝土现场检测方法,并补充新的检测方法。

1 试验概况

笔者采用 R 值回弹法,Q 值回弹法,剪压法和钻芯法对混凝土试块进行测强试验。

1.1 试验试件

R 值回弹法,Q 值回弹法和剪压法测强试验的混凝土试块强度包含 C20,C25,C30,C35,C40,C50,

C60 等 7 个强度等级,龄期为 14,28,60,90,120,150,180,360 d 等 8 个龄期,同一强度等级同一龄期制作 18 块规格(长×宽×高)为 150 mm×150 mm×150 mm 的立方体试块,共 1 008 块。同一强度等级同一龄期的试块中,9 块试块采用 R 值回弹法和 Q 值回弹法进行检测,回弹检测完毕后的试块进行抗压强度试验;其余 9 块试块进行剪压试验,剪压试验完毕后的试块进行抗压强度试验。

钻芯法测强试验的混凝土试块强度包含 C20,C30,C40,C50,C60 等 5 个强度等级,龄期为 60,150,360 d,同一强度等级同一龄期制作 15 块规格(长×宽×高)为 150 mm×150 mm×150 mm 的立方体试块,共 225 块。同一强度等级同一龄期的试块中,12 块试块进行钻芯法测强试验,试验分组情况如表 1 所示,另外 3 块试块进行抗压强度试验。

表 1 钻芯法测强试验分组情况

项目	端面处理方法			
	磨平处理	硫磺补平处理	磨平处理	硫磺补平处理
芯样直径/mm	100	70	100	70
芯样数量	3	3	3	3

1.2 混凝土配合比

试验参考普通混凝土配合比设计规程,设计 C20,C25,C30,C35,C40,C50,C60 等 7 个强度等级的混凝土配合比,设计参数如表 2 所示。

表 2 混凝土配合比设计参数

强度等级	材料用量($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)							水胶比
	水	水泥	矿粉	粉煤灰	砂	石子	外加剂	
C20	172	151	60	60	845	1 050	2.57	0.63
C25	172	180	60	60	840	1 035	3.10	0.57
C30	173	210	70	70	809	1 025	3.68	0.49
C35	165	223	80	70	794	1 035	4.10	0.44
C40	162	258	90	70	766	1 030	4.81	0.39
C50	160	300	100	80	723	1 030	4.32	0.33
C60	155	370	80	100	700	1 000	6.32	0.28

2 混凝土测强曲线

2.1 R 值回弹法测强曲线

DG/TJ08—2020—2007 规程中 R 值回弹法测强曲线考虑了碳化深度对换算的影响。一方面,现今混凝土的组成成分与十年前有了很大的区别,大量的泵送混凝土中掺有一定数量的掺合料,如粉煤灰和矿渣粉等;粉煤灰和矿渣粉的表观密度及堆积密度均小于普通水泥的,故在大流动性的泵送混凝土中,部分粉

尘在振捣工程中产生离析而富集于混凝土表面上,使混凝土表面的掺合料含量高于内部的,导致混凝土表面和内部在组成物质上存在较大的差异。另一方面,采用了酸性脱模剂从而使与模板接触的混凝土表面产生失碱的中性化现象,并不是真正意义上的回弹检测中的碳化事实。这种假性碳化现象,对混凝土表面硬度提高没有多少作用,当然也并不能提高回弹值,但由此计算的回弹强度推定值却因该假性碳化深度的引入而出现较大程度的减小^[6]。此外,工程实体混

凝土碳化检测时发现,同一构件不同部位的碳化值也不尽相当,检测时存在离散性和误差较大、测量难度高等特点,很难准确测出碳化深度^[7]。因此,建议 R 值回弹法检测强度的回归方程不考虑碳化影响,可用如下的一元线性方程表示

$$f_{cu,i}^c = 2.00R_i - 36.12 \quad (1)$$

式中: $f_{cu,i}^c$ 为第 i 个测区的混凝土强度换算值,精确至 0.1 MPa; R_i 为第 i 个测区的回弹平均值,精确至 0.1。

回弹值 R 与混凝土抗压强度的关系曲线如图 1 所示,从回归结果可以看出,两者具有较好的相关性,相关系数为 0.91。该线性回归方程的平均相对误差为 8.1%,小于 14.0%;相对标准差为 10.8%,小于 17.0%,不考虑碳化影响的线性方程满足 JGJT 23—2011《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》中建立的地方测强曲线要求。

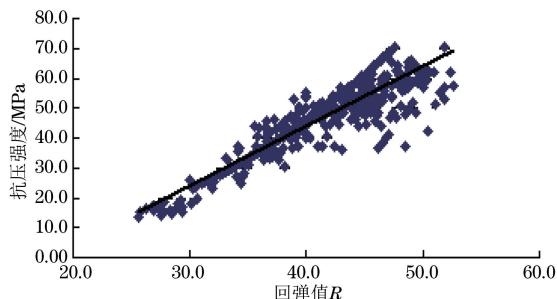


图 1 回弹值 R 与混凝土抗压强度的关系曲线

2.2 Q 值回弹法测强曲线

Q 值回弹法检测强度回归方程同样可不考虑碳化影响,其一元线性方程如式(2)所示

$$f_{cu,i}^c = 1.60Q_i - 35.78 \quad (2)$$

式中: Q_i 为第 i 个测区的回弹平均值,精确至 0.1。

回弹 Q 值与混凝土抗压强度的关系曲线如图 2 所示,从回归结果可以看出,两者具有较好的相关性,相关系数为 0.93。该线性回归方程的平均相对误差为 9.9%,小于 14.0%;相对标准差为 12.1%,小于 17.0%,不考虑碳化影响的线性方程满足标准 JGJT 23—2011 中建立的地方测强曲线要求。

2.3 剪压法测强曲线

剪压法检测强度回归方程用一元线性方程表示,如式(3)所示。

$$f_{cu,i}^c = 1.25N_i + 5.04 \quad (3)$$

式中: N_i 为第 i 个混凝土试块的剪压力计算值,精确至 0.1 kN。

剪压力与混凝土抗压强度的关系曲线如图 3 所示,从回归结果可以看出,两者具有较好的相关性,

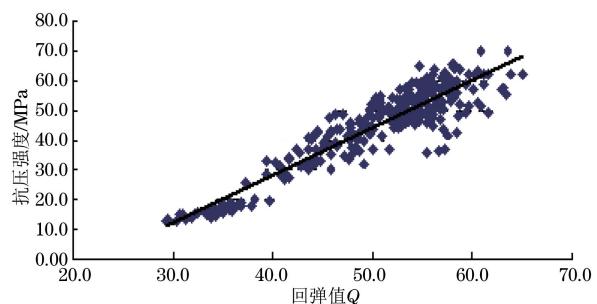


图 2 回弹值 Q 与混凝土抗压强度的关系曲线

相关系数为 0.91。该线性回归方程的平均相对误差为 10%,小于 14.0%;相对标准差为 12.1%,小于 17.0%,满足混凝土无损检测地方标准中规定的技
术要求。

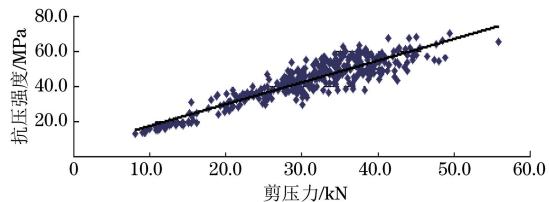


图 3 剪压力与混凝土抗压强度的关系曲线

2.4 钻芯法修正系数验证

根据 CECS03:2007《钻芯法检测混凝土强度技术规程》和 DG/TJ08—2020—2007 规程的规定,高径比为 1 的直径为 100 mm 和 70 mm 的芯样,其磨平法修正系数为 1.00,补平法修正系数为 1.05。JGJ/T 384—2016《钻芯法检测混凝土强度技术规程》规定,高径比为 1 的直径为 100 mm 和 70 mm 的芯样修正系数为 1.00。近年来由于切割、磨平等加工设备的换代,上海市建设工程检测行业芯样加工整体水平有所提高,因此有必要对修正系数进行验证。

混凝土芯样与混凝土同条件试块(150 mm × 150 mm × 150 mm)之间的强度换算回归方程用以下方程表示。

(1) 磨平法

$$f_{cor}^c = 0.94 \frac{F_c}{A} + 1.11 \quad (4)$$

式中: f_{cor}^c 为混凝土芯样抗压强度换算值,精确至 0.1 MPa; F_c 为混凝土芯样测得的最大压力(N); A 为混凝土芯样的抗压面积。

(2) 硫磺补平法

$$f_{cor}^c = 1.01 \frac{F_c}{A} + 1.32 \quad (5)$$

钻芯强度与试块强度的关系曲线如图 4,5 所示,从试验结果可看出,直径为 100 mm 的芯样与 70 mm 芯样的试块强度值较为接近,可统一进行

统计,补平法与磨平法两种芯样加工方式对芯样强度的修正趋势也较为一致。采用线性回归,磨平法修正系数范围为0.95~0.99,补平法修正系数为1.03~1.08。

采用磨平法和补平法加工的芯样与混凝土抗压强度均具有较好的相关性,相关系数分别为0.945和0.949。磨平法和补平法加工芯样的线性回归方程的平均相对误差分别为9.1%和8.2%,均小于14.0%;相对标准差分别为11.1%和10.1%,均小于17.0%,满足混凝土无损检测地方标准制定的技术要求。

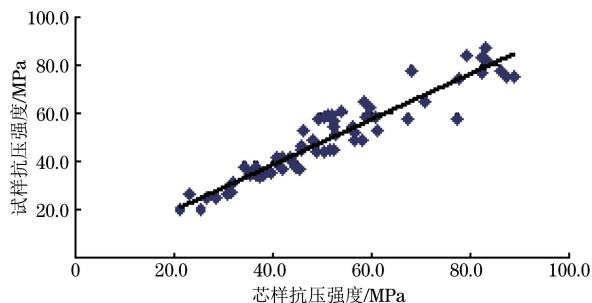


图4 钻芯强度与试样强度的关系曲线(磨平法)

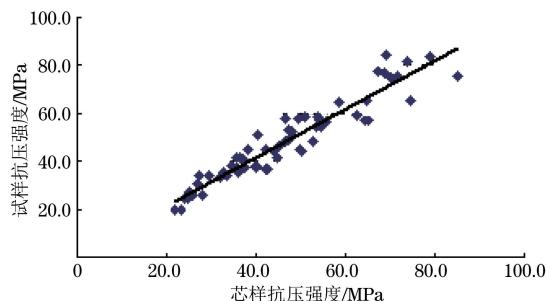


图5 钻芯强度与试样强度的关系曲线(补平法)

3 结论

针对上海地区混凝土R值回弹法、Q值回弹

(上接第11页)

由于接收的超声非稳态信号在时间上还有频率变化,其他时频分析方法,如分数阶短时傅里叶变换、连续小波变换、小波模极大值和Hilbert变换瞬时频率等,都可以从时间上分辨出频率畸变点,以畸变点作为信号点判别依据,有待进一步研究。

法、剪压法和钻芯法等混凝土测强曲线进行了试验研究,并得到了对应测强曲线的公式。试验结果表明,所提出的测强曲线公式能够较好地表示结构中的实体混凝土强度。

(1) 对于DG/TJ08—2020—2007规范中R值回弹法测强曲线,建议根据文章研究成果进行调整。考虑到假性碳化的存在,真正的碳酸钙碳化层厚度按目前的技术手段无法进行检测,中性化现象对工程实体回弹检测的影响又很大,建议采用文章提出的不考虑碳化深度的公式。

(2) 建议DG/TJ08—2020—2007规范中增加Q值回弹检测法与Q值回弹测强专用曲线公式。

(3) 建议DG/TJ08—2020—2007规范中增加剪压法与剪压法测强专用曲线公式。

(4) 对于DG/TJ08—2020—2007规范中的钻芯法测强曲线,建议根据文章研究成果进行调整。

参考文献:

- [1] GB/T 50081—2002 普通混凝土力学性能试验方法标准[S].
- [2] 徐有邻,程志军.混凝土结构的实体检验[J].工程质量,2003,21(10):51-55.
- [3] 王立军.混凝土强度无损检测试验及人工智能系统模型研究[D].天津:天津大学,2008.
- [4] 林仁德.福建省剪压法检测混凝土抗压强度换算曲线的编制研究[J].福建建筑,2013(1):45-46.
- [5] 崔珑,丁一旭,李凤明,等.Q值混凝土回弹仪回弹法检测初步研究[J].施工技术,2016(45):288-291.
- [6] 童寿兴.混凝土假性碳化引起回弹强度的误判[J].无损检测,2016,38(8):406-408.
- [7] 廉慧珍.质疑“回弹法检测混凝土抗压强度”[J].混凝土,2007(9):1-3.

参考文献:

- [1] 夏鸿博,王少刚,翟伟国,等.金属爆炸焊接技术研究进展[J].热加工工艺,2013,42(5):203-206.
- [2] 杨扬.参数化时频分析理论、方法及其在工程信号分析中的应用[D].上海:上海交通大学,2013.
- [3] 葛哲学,陈仲生.Matlab时频分析技术及其应用[M].北京:人民邮电出版社,2006.