

建设工程质量检测人员岗位培训教材

JIANZHU ZHUTI JIEGOU GONGCHENG
JIANCE



建筑主体结构工程 检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

中国住房和城乡建设部标准定额研究所 主编

建筑主体结构工程 检测

中国计划出版社 2014 年 12 月

ISBN 978-7-5113-5800-0

建设工程质量检测人员岗位培训教材

建筑主体结构工程检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑主体结构工程检测/江苏省建设工程质量监督总站编, —北京: 中国建筑工业出版社, 2009
(建设工程质量检测人员岗位培训教材)
ISBN 978-7-112-11157-2

I. 建… II. 江… III. 结构工程—质量检测—技术培训—教材 IV. TU712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第124667号

本书是《建设工程质量检测人员岗位培训教材》之一, 内容包括: 主体结构工程检测, 钢结构工程检测, 粘钢、钢纤维、碳纤维加固检测, 木结构、基坑监测等。

本书既是建设工程质量检测人员的培训教材, 也是建设、监理单位的工程质量检测见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员学习用书。

责任编辑: 郦锁林

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 赵 颖 刘 钰

建设工程质量检测人员岗位培训教材

建筑主体结构工程检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

南京碧峰印务有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 18 $\frac{3}{4}$ 字数: 540 千字

2010 年 4 月第一版 2010 年 11 月第二次印刷

印数: 3001—6000 册 定价: 47.00 元

ISBN 978-7-112-11157-2

(18403)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《建设工程质量检测人员岗位培训教材》

编写单位

主编单位:江苏省建设工程质量监督总站

参编单位:江苏省建筑工程质量检测中心有限公司

东南大学

南京市建筑安装工程质量检测中心

南京工业大学

江苏方建工程质量鉴定检测有限公司

昆山市建设工程质量检测中心

扬州市建伟建设工程检测中心有限公司

南通市建筑工程质量检测中心

常州市建筑科学研究院有限公司

南京市市政公用工程质量检测中心站

镇江市建科工程质量检测中心

吴江市交通局

解放军理工大学

无锡市市政工程质量检测中心

南京科杰建设工程质量检测有限公司

徐州市建设工程检测中心

苏州市中信节能与环境检测研究发展中心有限公司

江苏祥瑞工程检测有限公司

苏州市建设工程质量检测中心有限公司

连云港市建设工程质量检测中心有限公司

江苏科永和检测中心

南京华建工业设备安装检测调试有限公司

《建设工程质量检测人员岗位培训教材》

编写委员会

主任:张大春

副主任:蔡杰 金孝权 顾颖

委员:周明华 庄明耿 唐国才 牟晓芳 陆伟东
谭跃虎 王源 韩晓健 吴小翔 唐祖萍
季玲龙 杨晓虹 方平 韩勤 周冬林
丁素兰 褚炎 梅菁 蒋其刚 胡建安
陈波 朱晓旻 徐莅春 黄跃平 邵扣霞
邱草熙 张亚挺 沈东明 黄锡明 陆震宇
石平府 陆建民 张永乐 唐德高 季鹏
许斌 陈新杰 孙正华 汤东婴 王瑞
胥明 秦鸿根 杨会峰 金元 史春乐
王小军 王鹏飞 张蓓 詹谦 钱培舒
王伦 李伟 徐向荣 张慧 李天艳
姜美琴 陈福霞 钱奕技 陈新虎 杨新成
许鸣 周剑峰 程尧 赵雪磊 吴尧
李书恒 吴成启 杜立春 朱坚 董国强
刘咏梅 唐笋舫 龚延风 李正美 卜青青
李勇智

《建设工程质量检测人员岗位培训教材》

审定委员会

主任:刘伟庆

委员:缪雪荣 毕佳 伊立 赵永利 姜永基
殷成波 田新 陈春 缪汉良 刘亚文
徐宏 张培新 樊军 罗韧 董军
陈新民 郑廷银 韩爱民

前 言

随着我国建设工程领域内各项法律、法规的不断完善与工程质量意识的普遍提高,作为其中一个不可或缺的组成部分,建设工程质量检测受到了全社会日益广泛的关注。建设工程质量检测的首要任务,是为工程材料及工程实体提供科学、准确、公正的检测报告,检测报告的重要性体现在它是工程竣工验收的重要依据,也是工程质量可追溯性的重要依据,宏观上讲,检测报告的科学性、公正性、准确性关乎国计民生,容不得丝毫轻忽。

《建设工程质量检测管理办法》(建设部第141号令)、《江苏省建设工程质量检测管理实施细则》、江苏省地方标准《建设工程质量检测规程》(DGJ 32/J21-2009)等的相继颁布实施,为规范建设工程质量检测行为提供了法律依据;对工程质量检测人员的技术素质提出了明确要求。在此基础上,江苏省建设工程质量监督总站组织编写了本套教材。

本套教材较全面系统地阐述了建设工程所使用的各种原材料、半成品、构配件及工程实体的检测要求、注意事项等。教材的编写以上述规范性文件为基本框架,依据相应的检测标准、规范、规程及相关的施工质量验收规范等,结合检测行业的特点,力求使读者通过本教材的学习,提高对工程质量检测特殊性的认识,掌握工程质量检测的基本理论、基本知识和基本方法。

本套教材以实用为原则,它既是工程质量检测人员的培训教材,也是建设、监理单位的工程质量见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员的工具书。本套教材共分九册,分别是《检测基础知识》、《建筑材料检测》、《建筑地基与基础检测》、《建筑主体结构工程检测》、《市政基础设施检测》、《建筑节能与环境检测》、《建筑安装工程与建筑智能检测》、《建设工程质量检测人员岗位培训考核大纲》、《建设工程质量检测人员岗位培训教材习题集》。

本套教材在编写过程中广泛征求了检测机构、科研院所和高等院校等方面有关专家的意见,经多次研讨和反复修改,最后审查定稿。

所有标准、规范、规程及相关法律、法规都有被修订的可能,使用本套教材时应关注所引用标准、规范、规程等的发布、变更,应使用现行有效版本。

本套教材的编写尽管参阅、学习了许多文献和有关资料,但错漏之处在所难免,敬请谅解。为不断完善本套教材,请读者随时将意见和建议反馈至江苏省建设工程质量监督总站(南京市鼓楼区草场门大街88号,邮编210036),以供今后修订时参考。

目 录

第一章 主体结构工程检测	1
第一节 混凝土结构及构件实体的非破损检测	1
第二节 后置埋件	34
第三节 混凝土构件结构性能	48
第四节 砌体结构	62
第五节 沉降观测	76
第二章 钢结构工程检测	92
第一节 钢结构工程用钢材	92
第二节 钢结构节点连接及高强螺栓	96
第三节 钢结构焊缝质量	113
第四节 钢结构防腐防火涂装	132
第五节 钢结构与钢网架变形检测	148
第三章 粘钢、钢纤维、碳纤维加固检测	158
第一节 碳纤维布力学性能检测	158
第二节 粘钢、碳纤维粘结力现场检测	163
第三节 钢纤维	166
第四章 木结构检测	172
第一节 木材物理性能检测	172
第二节 木材力学性能检测	182
第三节 梁弯曲试验方法	192
第四节 木结构连接节点性能检测	195
第五节 木结构屋架承载力试验	205
第六节 木基结构板材检测	210
第五章 基坑监测	217
第一节 概述	217
第二节 基坑工程基本知识	219
第三节 监测方案的编制	230
第四节 位移监测	237
第五节 内力监测	263
第六节 地下水位监测	274
第七节 数据处理与信息反馈	276
第八节 工程实例	285
参考文献	294

第一章 主体结构工程检测

第一节 混凝土结构及构件实体的非破损检测

混凝土结构及构件实体检测主要包括现场结构混凝土强度检测、混凝土缺陷检测和构件钢筋检测以及钢筋保护层检测。

混凝土的强度是指混凝土受力达到破坏极限时的应力值,现场结构混凝土强度检测通常采用的是非破损或微破损检测方法,就是要在不破坏结构或构件的情况下,取得破坏应力值,因此只能寻找一个或几个与混凝土强度具有相关性的物理量作为混凝土强度的推算依据。本章介绍了混凝土强度检测中常用的回弹法、钻芯法、超声法和超声回弹法等非破损方法。

混凝土是一种复合材料,施工时受原材料、配合比、拌合、浇捣等多种因素影响,而产生表面和内部缺陷;还有为了改变使用功能、需要改扩建和抗震加固的工程,或因为使用已久,受力及腐蚀性破坏所造成的损伤缺陷是现场检测的主要内容,这类缺陷包括蜂窝、孔洞、裂缝、不密实区、腐蚀破坏层及其他损伤部位等。有缺陷的结构往往对承载力和结构的耐久性造成影响,现场混凝土缺陷主要采用非破损的超声波检测方法进行。

混凝土结构及构件中的钢筋检测主要是对钢筋的公称直径、间距和保护层厚度进行检测,通常采用的是非破损并结合微破损验证的检测方法。

一、回弹法检测结构混凝土强度

1. 检测原理

回弹法是利用混凝土表面硬度与强度之间的相关关系来推定混凝土强度的一种方法,即 $f_{cu} = f(R \cdot 1)$ 。其基本原理是: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,即回弹值(反弹距离与弹簧初始长度之比)作为与强度相关的指标,同时考虑混凝土表面碳化后硬度变化的影响,来推定混凝土强度的一种方法。由于测量在混凝土表面进行,所以应属于表面硬度法的一种。

图 1-1 为回弹法的原理示意图。当重锤被拉到冲击前的起始状态时,若重锤的质量等于 1,则这时重锤所具有的势能 e 为:

$$e = \frac{1}{2} E_s l^2 \quad (1-1)$$

式中 E_s ——拉力弹簧的刚度系数;

l ——拉力弹簧起始拉伸长度。

混凝土受冲击后产生瞬时弹性变形,其恢复力使重锤弹回,当重锤被弹回到 x 位置时所具有的势能 e_x 为:

$$e_x = \frac{1}{2} E_s x^2 \quad (1-2)$$

式中 x ——重锤反弹位置或重锤弹回时弹簧的拉伸长度。

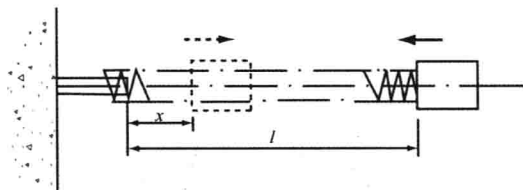


图 1-1 回弹法原理示意

所以重锤在弹击过程中,所消耗的能量 Δe 为:

$$\Delta e = e - e_x \quad (1-3)$$

将式(1-1)、式(1-2)代入式(1-3)得到:

$$\Delta e = \frac{E_s l^2}{2} - \frac{E_s x^2}{2} = e \left[1 - \left(\frac{x}{l} \right)^2 \right] \quad (1-4)$$

$$\text{令} \quad R = \frac{x}{l} \quad (1-5)$$

在回弹仪中, l 为定值,所以 R 与 x 成正比,称为回弹值。将 R 代入式(1-4)得

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta e}{e}} = \sqrt{\frac{e_x}{e}} \quad (1-6)$$

从式(1-6)式可知,回弹值 R 等于重锤冲击混凝土表面后剩余的势能与原有势能之比的平方根。简而言之,回弹值 R 是重锤冲击过程中能量损失的反映。能量损失包括以下 3 方面:

- (1) 混凝土受冲击后产生塑性变形所吸收的能量;
- (2) 混凝土受冲击后产生振动所消耗的能量;
- (3) 回弹仪各机构之间的摩擦所消耗的能量。

在具体的试验中,上述(2)、(3)两项应尽可能使其固定于某一统一的条件,例如,试体应有足够的厚度,或对较薄的试体予以加固,以减少振动,回弹仪应进行统一的计量率定,使冲击能量与仪器内摩擦损耗尽量保持统一等。因此,能量损失主要是由第(1)项引起。

根据以上分析可以认为,回弹值通过重锤在弹击混凝土前后的能量变化,既反映了混凝土的弹性性能,也反映了混凝土的塑性性能。若联系式(1-1)来思考,回弹值 R 反映了该式中的 E_s 和 l 两项,当然与强度 f_{cu}^c 有着必然联系,但由于影响因素较多, R 与 E_s 、 l 的理论关系尚难推导。因此,目前均采用试验归纳法,建立混凝土强度 f_{cu}^c 与回弹值 R 及主要影响因素(例如碳化深度 L)之间的二元回归公式。这些回归的公式可采用各种不同的函数方程形式,根据大量试验数据进行回归拟合,将其相关系数较大者作为实用经验公式。目前常见的形式主要有以下几种:

$$\text{直线方程} \quad f_{cu}^c = A + BR \quad (1-7)$$

$$\text{幂函数方程} \quad f_{cu}^c = AR^B \quad (1-8)$$

$$\text{抛物线方程} \quad f_{cu}^c = A + BR + CR^2 \quad (1-9)$$

$$\text{二元方程} \quad f_{cu}^c = AR^B \cdot 10^{cL} \quad (1-10)$$

式中 f_{cu}^c ——混凝土测区的推算强度;

R ——测区平均回弹值;

L ——测区平均碳化深度值;

A 、 B 、 C ——常数项,视原材料条件等因素不同而不同。

2. 检测依据

《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23-2001)。

3. 仪器设备及检测环境

(1) 测定回弹值的仪器,宜采用示值系统为指针直读式的混凝土回弹仪。

(2)回弹仪必须具有制造厂的产品合格证及检定单位的检定合格证,并应在回弹仪的明显位置具有下列标志:名称、型号、制造厂名(或商标)、出厂编号、出厂日期和中国计量器具制造许可证标志 CMC 及许可证证号等。

(3)水平弹击时,弹击锤脱钩的瞬间,回弹仪的标准能量应为:小型,0.735J;中型,2.207J;大型,29.40J。普通混凝土一般使用中型回弹仪进行检测。

(4)弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间,弹击拉簧应处于自由状态,此时弹击锤起跳点应为指针指示刻度尺上“0”处。

(5)在洛氏硬度 HRC 为 60 ± 2 的钢砧上,回弹仪的率定值应为 80 ± 2 。

(6)回弹仪使用时的环境温度应为 $-4 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

(7)回弹仪具有下列情况之一时应送检定单位检定:

- 1)新回弹仪启用前;
- 2)超过检定有效期限(有效期为半年);
- 3)累计弹击次数超过 6000 次;
- 4)经常规保养后钢砧率定值不合格;
- 5)遭受严重撞击或其他损害。

(8)回弹仪具有下列情况之一时,应进行常规保养:

- 1)弹击超过 2000 次;
- 2)对检测值有怀疑时;
- 3)在钢砧上的率定值不合格。

保养后应按要求进行率定试验。

(9)回弹仪使用完毕后应使弹击杆伸出机壳,清除弹击杆、杆前端球面以及刻度尺表面和外壳上的污垢、尘土。回弹仪不用时,应将弹击杆压入仪器内,经弹击后方可按下按钮锁住机芯,将回弹仪装入仪器箱,平放在干燥阴凉处。

4. 强度检测取样部位和取样要求

(1)结构或构件混凝土强度检测宜具有下列资料:

- 1)工程名称及设计、施工、监理(或监督)和建设单位名称;
- 2)结构或构件名称、外形尺寸、数量及混凝土强度等级;
- 3)水泥品种、强度等级、安定性、厂名;砂、石种类、粒径;外加剂或掺合料品种、掺量;混凝土配合比等;
- 4)施工时材料计量情况,模板、浇筑、养护情况及成型日期等;
- 5)必要的设计图纸和施工记录;
- 6)检测原因。

(2)结构或构件取样数量应符合下列规定:

- 1)单个检测:适用于单个结构或构件的检测;
- 2)批量检测:适用于在相同的生产工艺条件下,混凝土强度等级相同,原材料、配合比、成型工艺、养护条件基本一致且龄期相近的同类结构或构件。按批进行检测的构件,抽检数量不得少于同批构件总数的 30% 且构件数量不得少于 10 件。抽检构件时,应随机抽取并使所选构件具有代表性。

(3)每一结构或构件的测区应符合下列规定:

- 1)每一结构或构件测区数不应少于 10 个,对某一方向尺寸小于 4.5m 且另一方向尺寸小于 0.3m 的构件,其测区数量可适当减少,但不应少于 5 个;
- 2)相邻两测区的间距应控制在 2m 以内,测区离构件端部或施工缝边缘的距离不宜大于 0.5m,且不宜小于 0.2m;

3)测区应选在使回弹仪处于水平方向来检测混凝土浇筑侧面。当不能满足这一要求时,可使回弹仪处于非水平方向检测混凝土浇筑侧面、表面或底面;

4)测区宜选在构件的两个对称可测面上,也可选在一个可测面上,且应均匀分布。在构件的重要部位及薄弱部位必须布置测区,并应避免预埋件;

5)测区的面积不宜大于 0.04m^2 ;

6)检测面应为混凝土表面,并应清洁、平整,不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝、麻面,必要时可用砂轮清除疏松层和杂物,且不应有残留的粉末或碎屑;

7)对弹击时产生颤动的薄壁、小型构件应进行固定。

(4)结构或构件的测区应标有清晰的编号,必要时应在记录纸上描述测区布置示意图和外观质量情况。

(5)当检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时,可采用同条件试件或钻取混凝土芯样进行修正,试件或钻取芯样数量不应少于6个。钻取芯样时每个部位应钻取一个芯样,计算时,测区混凝土强度换算值应乘以修正系数。

5. 检测操作步骤

(1)回弹值测量

1)检测时,回弹仪的轴线应始终垂直于结构或构件的混凝土检测面,缓慢施压,准确读数,快速复位。

2)测点宜在测区范围内均匀分布,相邻两测点的净距不宜小于 20mm ;测点距外露钢筋、预埋件的距离不宜小于 30mm 。测点不应在气孔或外露石子上,同一测点只应弹击一次。每一测区应记取16个回弹值,每一测点的回弹值读数估读至1。

(2)碳化深度值测量

1)碳化深度值测量,可采用适当的工具如铁锤和尖头铁凿在测区表面形成直径约 15mm 的孔洞,其深度应大于混凝土的碳化深度。应除净孔洞中的粉末和碎屑,并不得用水擦洗,再采用浓度为1%的酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁的边缘处,当已碳化与未碳化界线清楚时,再用深度测量工具(如用碳化尺测量已碳化与未碳化混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离),测量不应少于3次,取其平均值作为该测区的碳化深度值。每次读数精确至 0.5mm 。

2)碳化深度值测量应在有代表性的位置上测量,测点数不应少于构件测区数的30%,取其平均值为该构件每测区的碳化深度值。当各测点间的碳化深度值相差大于 2.0mm 时,应在每一回弹测区测量碳化深度值。

6. 数据处理与结果判定

(1)回弹值计算

1)计算测区平均回弹值,应从该测区的16个回弹值中剔除3个最大值和3个最小值,余下的10个回弹值应按下式计算:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (1-11)$$

式中 R_m ——测区平均回弹值,精确至0.1;

R_i ——第 i 个测点的回弹值。

2)非水平方向检测混凝土浇筑侧面时,应按下式修正:

$$R_m = R_{m\alpha} + R_{\alpha\alpha} \quad (1-12)$$

式中 $R_{m\alpha}$ ——非水平状态检测时测区的平均回弹值,精确至0.1;

$R_{\alpha\alpha}$ ——非水平状态检测时回弹值修正值,可按表1-1采用。

3) 水平方向检测混凝土浇筑顶面或底面时,应按下式修正:

$$R_m = R_m^i + R_a^i \quad (1-13)$$

$$R_m = R_m^b + R_a^b \quad (1-14)$$

式中 R_m^i, R_m^b ——水平方向检测混凝土浇筑表面、底面时,测区的平均回弹值,精确至 0.1;

R_a^i, R_a^b ——混凝土浇筑表面、底面回弹值的修正值,应按表 1-2 采用。

4) 当检测时回弹仪为非水平方向且测试面为非混凝土的浇筑侧面时,应先按表 1-1 对回弹值进行角度修正,再按表 1-2 对修正后的值进行浇筑面修正。

5) 符合下列条件的混凝土应采用《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2001 附录 A 进行测区混凝土强度换算:

①普通混凝土采用的材料、拌合用水符合现行国家有关标准;

②不掺外加剂或仅掺非引气型外加剂;

③采用普通成型工艺;

④采用符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 规定的钢模、木模及其他材料制作的模板;

⑤自然养护或蒸汽养护出池后经自然养护 7d 以上,且混凝土表层为干燥状态;

⑥龄期为 14~1000d;

⑦抗压强度为 10~60MPa。

6) 当有下列情况之一时,测区混凝土强度值不得按《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2001 附录 A 换算:

①粗骨料最大粒径大于 60mm;

②特种成型工艺制作的混凝土;

③检测部位曲率半径小于 250mm;

④潮湿或浸水混凝土。

7) 当构件混凝土抗压强度大于 60MPa 时,可采用标准能量大于 2.207J 的混凝土回弹仪,并应另行制定检测方法 & 专用测强曲线进行检测。

非水平状态检测时的回弹值修正值

表 1-1

R_{ma}	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-30°	-45°	-60°	-90°
20	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
21	-5.9	-4.9	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
22	-5.8	-4.8	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+3.9
23	-5.7	-4.7	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+3.9
24	-5.6	-4.6	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
26	-5.4	-4.4	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
27	-5.3	-4.3	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
28	-5.2	-4.2	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
29	-5.1	-4.1	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5

续表

R_{ma}	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-30°	-45°	-60°	-90°
31	-4.9	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
32	-4.8	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
33	-4.7	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
34	-4.6	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
36	-4.4	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
37	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
38	-4.2	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
39	-4.1	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
41	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
42	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
43	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
44	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
46	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
47	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
48	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
49	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5

注:1. R_{ma} 小于 20 或大于 50 时,均分别按 20 或 50 查表;
2. 表中未列入的相应于 R_{ma} 的修正值 R_{ma} ,可用内插法求得,精确至 0.1。

8) 混凝土强度的计算

①结构或构件第 i 个测区混凝土强度换算值,可将所求得平均回弹值(R_m)及平均碳化深度值(d_m)查表 1-3 得出。

②泵送混凝土制作的 结构或构件的混凝土强度的检测应符合下列规定:

- a. 当碳化深度值不大于 2.0mm 时,每一测区混凝土强度换算值应按表 1-4 修正。
- b. 当碳化深度值大于 2.0mm 时,可进行钻芯修正。

不同浇筑面的回弹值修正值 表 1-2

R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_a^b)	R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_a^b)
20	+2.5	-3.0	36	+0.9	-1.4
21	+2.4	-2.9	37	+0.8	-1.3
22	+2.3	-2.8	38	+0.7	-1.2
23	+2.2	-2.7	39	+0.6	-1.1
24	+2.1	-2.6	40	+0.5	-1.0

续表

R_m^l 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^l)	底面修正值 (R_a^b)	R_m^l 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^l)	底面修正值 (R_a^b)
25	+2.0	-2.5	41	+0.4	-0.9
26	+1.9	-2.4	42	+0.3	-0.8
27	+1.8	-2.3	43	+0.2	-0.7
28	+1.7	-2.2	44	+0.1	-0.6
29	+1.6	-2.1	45	0	-0.5
30	+1.5	-2.0	46	0	-0.4
31	+1.4	-1.9	47	0	-0.3
32	+1.3	-1.8	48	0	-0.2
33	+1.2	-1.7	49	0	-0.1
34	+1.1	-1.6	50	0	0
35	+1.0	-1.5			

注:1. R_m^l 或 R_m^b 小于 20 或大于 50 时,均分别按 20 或 50 查表;表中未列入的相应于 R_m^l 或 R_m^b 的 R_a^l 和 R_a^b 值,可用内插法求得,精确至 0.1。

2. 表中有关混凝土浇筑表面的修正系数,是指一般原浆抹面的修正值。
3. 表中有关混凝土浇筑底面的修正系数,是指构件底面与侧面采用同一类模板在正常浇筑情况下的修正值。

(2)混凝土强度换算值的平均值

结构或构件的测区混凝土强度平均值可根据各测区的混凝土强度换算值计算。当测区数为 10 个及以上时,应计算强度标准差。平均值及标准差应按下式计算:

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \tag{1-15}$$

$$s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \tag{1-16}$$

式中 $m_{f_{cu}^c}$ ——结构或构件测区混凝土强度换算值的平均值(MPa),精确至 0.1MPa;
 n ——对于单个检测的构件,取一个构件的测区数;对批量检测的构件,取被抽检构件测区数之和;
 $s_{f_{cu}^c}$ ——结构或构件测区混凝土强度换算值的标准差(MPa),精确至 0.01MPa。

如构件采取钻芯法进行修正时,测区混凝土强度换算值应乘以修正系数。

修正系数应按下式计算:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c / f_{cu,i}^c \tag{1-17}$$

或

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cor,i} / f_{cu,i}^c \tag{1-18}$$

式中 η ——修正系数,精确到 0.01;
 $f_{cu,i}$ ——第 i 个混凝土立方体试件(边长为 150mm)的抗压强度值,精确到 0.1MPa;
 $f_{cor,i}$ ——第 i 个混凝土芯样试件的抗压强度值,精确到 0.1MPa;
 $f_{cu,i}^c$ ——对应于第 i 个试件或芯样部位回弹值和碳化深度值的混凝土强度换算值。

(3) 结构或构件的混凝土强度推定值($f_{cu,e}$)

1) 当该结构或构件测区数少于 10 个时:

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^c \tag{1-19}$$

式中 $f_{cu,min}^c$ ——构件中最小的测区混凝土强度换算值。

2) 当该结构或构件的测区强度值中出现小于 10.0 MPa 时:

$$f_{cu,e} < 10.0 \text{MPa} \tag{1-20}$$

3) 当该结构或构件测区数不少于 10 个或按批量检测时,应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{fcu} - 1.645s_{fcu} \tag{1-21}$$

注: 结构或构件的混凝土强度推定值是指相应于强度换算值总体分布中,保证率不低于 95% 的结构或构件中的混凝土抗压强度值。

测区混凝土强度换算表 表 1-3

平均 回弹 值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
20.0	10.3	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.2	10.5	10.3	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.4	10.7	10.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.6	11.0	10.8	10.4	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.8	11.2	11.0	10.6	10.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.0	11.4	11.2	10.8	10.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—
21.2	11.6	11.4	11.0	10.7	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—
21.4	11.8	11.6	11.2	10.9	10.4	10.0	—	—	—	—	—	—	—
21.6	12.0	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—	—
21.8	12.3	12.1	11.7	11.3	10.8	10.5	10.1	—	—	—	—	—	—
22.0	12.5	12.2	11.9	11.5	11.0	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—
22.2	12.7	12.4	12.1	11.7	11.2	10.8	10.4	10.0	—	—	—	—	—
22.4	13.0	12.7	12.4	12.0	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	—	—	—	—
22.6	13.2	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	10.8	10.4	10.2	—	—	—	—
22.8	13.4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	—	—	—	—
23.0	13.7	13.4	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	—	—	—
23.2	13.9	13.6	13.2	12.8	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	—	—
23.4	14.1	13.8	13.4	13.0	12.4	12.0	11.6	11.2	10.9	10.4	10.2	—	—
23.6	14.4	14.1	13.7	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	10.4	10.1	—
23.8	14.6	14.3	13.9	13.4	12.8	12.4	12.0	11.5	11.2	10.8	10.5	10.2	—
24.0	14.9	14.6	14.2	13.7	13.1	12.7	12.2	11.8	11.5	11.0	10.7	10.4	10.1
24.2	15.1	14.8	14.3	13.9	13.3	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3
24.4	15.4	15.1	14.6	14.2	13.6	13.1	12.6	12.2	11.9	11.4	11.1	10.8	10.4
24.6	15.6	15.3	14.8	14.4	13.7	13.3	12.8	12.3	12.0	11.5	11.2	10.9	10.6
24.8	15.9	15.6	15.1	14.6	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7
25.0	16.2	15.9	15.4	14.9	14.3	13.8	13.3	12.8	12.5	12.0	11.7	11.3	10.9
25.2	16.4	16.1	15.6	15.1	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.8	11.5	11.0

续表

平均 回弹 值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
25.4	16.7	16.4	15.9	15.4	14.7	14.2	13.7	13.2	12.9	12.4	12.0	11.7	11.2
25.6	16.9	16.6	16.1	15.7	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.2	11.8	11.3
25.8	17.2	16.9	16.3	15.8	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.4	12.0	11.5
26.0	17.5	17.2	16.6	16.1	15.4	14.9	14.4	13.8	13.5	13.0	12.6	12.2	11.6
26.2	17.8	17.4	16.9	16.4	15.7	15.1	14.6	14.0	13.7	13.2	12.8	12.4	11.8
26.4	18.0	17.6	17.1	16.6	15.8	15.3	14.8	14.2	13.9	13.3	13.0	12.6	12.0
26.6	18.3	17.9	17.4	16.8	16.1	15.6	15.0	14.4	14.1	13.5	13.2	12.8	12.1
26.8	18.6	18.2	17.7	17.1	16.4	15.8	15.3	14.6	14.3	13.8	13.4	12.9	12.3
27.0	18.9	18.5	18.0	17.4	16.6	16.1	15.5	14.8	14.6	14.0	13.6	13.1	12.4
27.2	19.1	18.7	18.1	17.6	16.8	16.2	15.7	15.0	14.7	14.1	13.8	13.3	12.6
27.4	19.4	19.0	18.4	17.8	17.0	16.4	15.9	15.2	14.9	14.3	14.0	13.4	12.7
27.6	19.7	19.3	18.7	18.0	17.2	16.6	16.1	15.4	15.1	14.5	14.1	13.6	12.9
27.8	20.0	19.6	19.0	18.2	17.4	16.8	16.3	15.6	15.3	14.7	14.2	13.7	13.0
28.0	20.3	19.7	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	15.8	15.4	14.8	14.4	13.9	13.2
28.2	20.6	20.0	19.5	18.6	17.8	17.2	16.7	16.0	15.6	15.0	14.6	14.0	13.3
28.4	20.9	20.3	19.7	18.8	18.0	17.4	16.9	16.2	15.8	15.2	14.8	14.2	13.5
28.6	21.2	20.6	20.0	19.1	18.2	17.6	17.1	16.4	16.0	15.4	15.0	14.3	13.6
28.8	21.5	20.9	20.2	19.4	18.5	17.8	17.3	16.6	16.2	15.6	15.2	14.5	13.8
29.0	21.8	21.1	20.5	19.6	18.7	18.1	17.5	16.8	16.4	15.8	15.4	14.6	13.9
29.2	22.1	21.4	20.8	19.9	19.0	18.3	17.7	17.0	16.6	16.0	15.6	14.8	14.1
29.4	22.4	21.7	21.1	20.2	19.3	18.6	17.9	17.2	16.8	16.2	15.8	15.0	14.2
29.6	22.7	22.0	21.3	20.4	19.5	18.8	18.2	17.5	17.0	16.4	16.0	15.1	14.4
29.8	23.0	22.3	21.6	20.7	19.8	19.1	18.4	17.7	17.2	16.6	16.2	15.3	14.5
30.0	23.3	22.6	21.9	21.0	20.0	19.3	18.6	17.9	17.4	16.8	16.4	15.4	14.7
30.2	23.6	22.9	22.2	21.2	20.3	19.6	18.9	18.2	17.6	17.0	16.6	15.6	14.9
30.4	23.9	23.2	22.5	21.5	20.6	19.8	19.1	18.4	17.8	17.2	16.8	15.8	15.1
30.6	24.3	23.6	22.8	21.9	20.9	20.2	19.4	18.7	18.0	17.5	17.0	16.0	15.2
30.8	24.6	23.9	23.1	22.1	21.2	20.4	19.7	18.9	18.2	17.7	17.2	16.2	15.4
31.0	24.9	24.2	23.4	22.4	21.4	20.7	19.9	19.2	18.4	17.9	17.4	16.4	15.5
31.2	25.2	24.4	23.7	22.7	21.7	20.9	20.2	19.4	18.6	18.1	17.6	16.6	15.7
31.4	25.6	24.8	24.1	23.0	22.0	21.2	20.5	19.7	18.9	18.4	17.8	16.9	15.8
31.6	25.9	25.1	24.3	23.3	22.3	21.5	20.7	19.9	19.2	18.6	18.0	17.1	16.0
31.8	26.2	25.4	24.6	23.6	22.5	21.7	21.0	20.2	19.4	18.9	18.2	17.3	16.2
32.0	26.5	25.7	24.9	23.9	22.8	22.0	21.2	20.4	19.6	19.1	18.4	17.5	16.4
32.2	26.9	26.1	25.3	24.2	23.1	22.3	21.5	20.7	19.9	19.4	18.6	17.7	16.6