

福建省工程建设地方标准

回弹法检测高强混凝土抗压强度 技术规程

Technical Specification for Inspection of High Strength
Concrete Compressive Strength by Rebounded Method

2008 年 福州

前 言

本规程是根据省建设厅闽建科[2007]30号文的要求，由省建筑科学研究院主编而成。编制组在编制过程中，进行了广泛调查和试验研究，根据我省高强混凝土的科研、生产与施工现状，通过大量的试验，并参考了国内有关技术标准，编制了本规程。

本规程规定了回弹法检测技术的适用范围，检测仪器的性能要求和校验、保养要求，回弹法测试技术及其强度推定值的计算等。

欢迎对本征求意见稿提出意见和建议，请来电或来函告知，联系方式如下：

联系人：张文耀、夏坚、陈松、叶健

联系地址：

福州市杨桥中路162号福建省建筑科学研究院

邮编：350025

电话：0591-83714006，83716038

传真：0591-83799249，83721511

目 次

1 总则	
2 术语、符号	
2.1 术语	
2.2 符号	
3 回弹仪	
3.1 技术要求	
3.2 校验、率定及操作	
3.3 保养	
4 检测技术	
4.1 一般规定	
4.2 回弹值测量与计算	
5 测强曲线	
6 混凝土强度的计算	
附录 A 福建省回弹法检测高强混凝土抗压强度测区混凝土强度换算表	
附录 B 格拉布斯检验临界值表	
本规程用词说明	
条文说明	

1 总 则

1.0.1 为统一运用标称能量为 5.5J 的高强回弹仪检测结构实体的高强混凝土抗压强度的技术, 保证检测精度, 提高检测结果的可靠性, 制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工程结构中强度范围为 60MPa~90MPa 的高强混凝土结构构件的检测, 不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土结构构件的检测。

1.0.3 正常情况下, 高强混凝土强度的验收评定应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)及《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107) 执行。当对结构构件或结构实体的高强混凝土强度有检测要求时, 可按本规程进行检测。检测结果可作为处理混凝土质量问题的一个主要依据。

1.0.4 使用 5.5J 回弹仪进行检测及推定混凝土强度时, 除应遵守本规程处, 尚应符合国家现行有关标准的规定。现场作业时, 应遵守现行安全技术和劳动保护的有关规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 高强混凝土 high-strength concrete

本规程中所指的高强混凝土是掺加活性微粉掺合料, 按高强混凝土配合比配制的设计强度等级不低于 C60 的混凝土。

2.1.2 结构 construction

房屋建筑结构是由混凝土梁、板、柱、墙等组成的能承受竖向、水平作用所产生各种效应的组合体。

2.1.3 构件 member

按照检测要求确定的各层轴线与轴线间的梁、板、柱、墙等混凝土结构单元或按照同一成型工艺制作的一个预制混凝土结构单体。

2.1.4 测区 test area

检测结构或构件混凝土抗压强度时的一个检测单元。

2.1.5 测点 test point

在测区内进行检测的点。

2.1.6 测区混凝土强度换算值 conversion value of concrete compressive strength of test area

由测区的平均回弹值通过测强曲线计算得到的该检测单元的现龄期混凝土抗压强度值。

2.1.7 混凝土强度推定值 evaluated value of concrete compressive strength

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。

2.2 符号

R_i ——第 i 个测点的回弹值。

R_m ——测区或试件的平均回弹值。

$f_{cu,h,i}^c$ ——测区混凝土强度换算值。

$m_{f_{cu,h}^c}$ ——测区混凝土强度换算值的平均值。

$f_{cu,h,min}^c$ ——构件中最小的测区混凝土强度换算值。

$s_{f_{cu,h}^c}$ ——构件测区混凝土强度换算值的标准差。

$\delta_{f_{cu,h}^c}$ ——构件测区混凝土强度换算值的变异系数。

$f_{cu,h,e}$ ——构件混凝土强度推定值。

η ——测区混凝土强度换算值的修正系数平均值。

3 回弹仪

3.1 技术要求

3.1.1 测定回弹值的仪器，必须采用标称能量为 5.5J 的回弹仪，其弹击锤冲击长度为 100mm，弹击杆前端球面半径为 18mm。回弹仪必须具有制造厂的合格证及检定或校准证书，并应在回弹仪的明显位置上具有下列标志：名称、型号、制造厂名（或商标）、出厂编号、出厂日期等。

3.1.2 回弹仪必须符合下列标准状态的要求：

- 1 水平弹击时，弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标准能量应为 5.5J；
- 2 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相应于指针指标刻度尺上“0”处；
- 3 在洛氏硬度 HRC 为 60 ± 2 的钢砧上，回弹仪的率定值应为 83 ± 2 。

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

3.2 校验、率定及操作

3.2.1 回弹仪具有下列情况之一时应进行校准：

- 1 新回弹仪启用前；
- 2 超过校准有效期限（有效期为一年）；
- 3 累计弹击次数超过 5000 次；
- 4 经常规保养后钢砧率定值不合格；
- 5 更换主要零件后；
- 6 尾盖调零螺丝松动或调整后；
- 7 遭受严重撞击或其他损害。

3.2.2 回弹仪在工程检测前后，应在钢砧上作率定试验，钢砧应稳固地平放在刚度大的物体上，回弹仪率定试验宜在干燥，室温为 $(5 \sim 35)^\circ\text{C}$ 的条件下进行。系定时，取连续向下弹击三次稳定回弹平均值，且弹击杆分 4 个方向旋转，每次旋转 90° 。每旋转一次的率定平均值应为 83 ± 2 。

3.2.3 检测时，回弹仪的轴线应始终垂直于构件的混凝土检测面，缓慢施压，准确读数，快速复位。

3.3 保养

3.3.1 回弹仪使用完毕后应及时进行维护，清除回弹仪外壳及弹击杆的污垢、尘土。然后将弹击杆压入机壳内，经弹击后锁住机芯，装入仪器箱，平放在干燥阴凉处。

3.3.2 回弹仪具有下列情况之一时必须进行常规保养：

- 1 累计弹击次数超过 2000 次；
- 2 对检测值有怀疑时；
- 3 在钢砧上的率定值不合格。

3.3.3 回弹仪保养应按下列步骤进行：

- 1 使弹击锤脱钩后取出机芯，然后卸下弹击杆，取出杆内缓冲压簧、弹击锤、弹击拉簧和拉簧座；

- 2 清洗机芯各零部件，重点清洗中心导杆、弹击锤和弹击杆的内孔和冲击面。清洗后应在中心导杆上薄薄涂抹钟表油，其他零部件均不得抹油；
- 3 清理机壳内壁，卸下刻度尺，并应检查指针，其摩擦力应为（0.5~0.7）N；
- 4 不得转动尾盖上已定位紧固的调零螺丝；
- 5 不得自制或更换零部件；
- 6 保养后应按本规程第 3.2.2 条的要求进行率定试验。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 凡使用回弹仪进行工程检测的人员，应通过主管部门认可的专业培训，并持有相应的资格证书。

4.1.2 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、监督和建设单位名称；
- 2 构件名称、外形尺寸、数量及混凝土设计强度等级；
- 3 水泥品种、强度等级、安定性试验、厂名；砂、石种类、粒径；外加剂及掺合料品种、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。

4.1.3 构件混凝土强度可采用单个检测或批量检测两种方式。

4.1.4 当按批量检测时，符合下列条件构件才可作为同批构件：

- 1 混凝土强度等级相同；
- 2 混凝土原材料、配合比、成型工艺、养护条件及龄期基本相同；
- 3 构件种类相同。

4.1.5 按批检测的构件，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。

4.1.6 测区的数量及布置应符合下列规定：

- 1 每一构件的测区数不应少于 10 个；当某一方向尺寸小于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时，其测区数量可适当减少，但不得少于 5 个；
- 2 相邻两测区的间距控制在 2m 以内，测区离构件端部或施工缝的距离不宜大于 0.5m，且不宜小于 0.2m，测区的面积不宜大于 0.09m²；
- 3 测区必须选在使回弹仪处于水平方向检测混凝土浇筑侧面。测区可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，且应避免预埋件；
- 4 检测面应为混凝土原浆面，并应清洁、平整，不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝、麻面，必要时可清除疏松层和杂物，且不应有残留的粉末或碎屑；
- 5 对弹击时产生颤动的薄壁、小型构件应进行固定；
- 6 构件的测区应有编号，必要时应描绘测区布置示意图及外观质量情况。

4.2 回弹值测量与计算

4.2.1 回弹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。

4.2.2 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 个回弹值应按下列公式计算：

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10}$$

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。

5 测强曲线

5.0.1 本规程附录 A 的测强曲线适用于符合下列条件的高强混凝土强度的检测：

- 1 混凝土采用的材料，应符合现行国家有关标准；
- 2 掺加泵送剂或高效减水剂及超细掺合料、一级粉煤灰；
- 3 采用普通成型工艺；
- 4 自然养护且混凝土表层为干燥状态；
- 5 龄期为(14~600)d。

5.0.2 当检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时，测区混凝土强度值不得直接按本规程附录 A 换算，但可制定专用测强曲线或通过钻芯法、同条件养护试件进行修正，同条件养护试件或钻取芯样数量不应少于 6 个。

1 修正系数应按下列公式计算：

$$\eta_i = f_{cu,i} / f_{cu,h,i}^c \quad (5.0.3-1)$$

或

$$\eta_i = f_{cor,i} / f_{cu,h,i}^c \quad (5.0.3-2)$$

式中 η_i —第 i 个试块或芯样的修正系数，精确到 0.01；

$f_{cu,i}$ ——第 i 个同条件养护混凝土立方体试件（边长为 100mm）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；

$f_{cu,h,i}^c$ ——对应于第 i 个试件或芯样部位回弹值的混凝土强度换算值，可按本规程附录 A

采用或通过测强曲线计算得到。

2 取 η_i 的平均值 η 作为修正系数平均值，每个测区的混凝土强度换算值均必须乘以该系数平均值。

3 必要时，可依据《数据的统计处理和解释 正态样本异常值的判断和处理》(GB 4883-85)的要求对上述计算的 η_i 中的异常值进行检验、舍弃。通常采用格拉布斯准则进行检验，检验方法为：将修正系数 η_i 按照从小到大的顺序进行排列 η_1 、 η_2 、 η_3 、……、 η_{n-1} 、 η_n ，按下式计算修正系数的平均值、标准差：

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i \quad (5.0.3-3)$$

$$s_{\eta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2}{n-1}} \quad (5.0.3-4)$$

式中： $\bar{\eta}$ ——修正系数平均值；

n ——试件数。

然后计算统计量：

$$G_n = (\eta_n - \bar{\eta}) / s_{\eta} \quad (5.0.3-5)$$

$$G'_n = (\eta_1 - \bar{\eta}) / s_{\eta} \quad (5.0.3-6)$$

取检出水平 α 为 5%，剔除水平 α' 为 1%，按照双侧检验，检出水平对应临界值为 $G_{0.975}$ ，剔除水平对应临界值为 $G_{0.995}$ 。

若 $G_n > G'_n$ ，且 $G_n > G_{0.975}$ ，则判断 η_n 为异常值，否则判断没有异常值；

若 $G_n > G'_n$ ，且 $G_n > G_{0.995}$ ，则判断 η_n 为高度异常值，可考虑剔除；

若 $G'_n > G_n$ ，且 $G'_n > G_{0.975}$ ，则判断 η_1 为异常值，否则判断没有异常值；

若 $G'_n > G_n$ ，且 $G'_n > G_{0.995}$ ，则判断 η_1 为高度异常值，可考虑剔除。

式中： G_n 、 G'_n ——格拉布斯检验统计量；

η_n ——修正系数最大值；

η_1 ——修正系数最小值；

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$ ——格拉布斯检验临界值，按照修正试件或芯样数量由附录 B 查表得到。

若检出异常值，应分析异常值出现的原因，判断其是否舍弃，对于舍弃的数据，宜在其附近补充钻取芯样，然后采用相同的检出水平、剔除水平，按照上述方法对剩余的修正系数继续进行检验，直至不能检出异常值位置。剔除异常值后，应保持修正试件或芯样数量不少于 6 个，如不足 6 个，应补充抽取修正试件或芯样。异常数据剔除后，按照上述步骤进行修正系数平均值的计算，并对混凝土测区强度换算值进行修正。

5.0.3 专用测强曲线的强度误差值应符合下列规定：

- 1 平均相对误差不应大于 $\pm 8.0\%$ ；
- 2 相对标准差 (e_r) 不应大于 10.0% 。

6 混凝土强度的计算

6.0.1 构件第 i 个测区混凝土强度换算值，可按本规程第 4.2.2 条所求的平均回弹值 (R_m) 依据附录 A 的规定查表或按下式计算得出：

$$f_{cu,h,i}^c = 2.4121 \times R_{m,i}^{0.9023} \quad (6.0.1)$$

6.0.2 采用本规程的换算曲线进行计算时，当测区混凝土强度换算值小于 60.0MPa 时，可按下表表示：

$$f_{cu,h,i}^c < 60.0 \text{ MPa} \quad (6.0.2-1)$$

采用本规程的换算曲线进行计算时，当测区混凝土强度换算值大于 90.0MPa 时，可按下表表示：

$$f_{cu,h,i}^c > 90.0 \text{ MPa} \quad (6.0.2-2)$$

6.0.3 当测区混凝土强度换算值中出现超出所用测强曲线的适用强度范围的情况时，不进行结构或构件的测区混凝土强度平均值的计算。当各测区混凝土强度换算值均未超出所用测强曲线的适用强度范围时，应计算结构或构件的测区混凝土强度平均值，当测区数不少于 10 时，应计算强度

标准差，当按批量检测时，还应计算变异系数。平均值、标准差及变异系数应按下列公式计算：

$$m_{f_{cu,h}^c} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,h,i}^c}{n} \quad (6.0.3-1)$$

$$s_{f_{cu,h}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,h,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu,h}^c})^2}{n-1}} \quad (6.0.3-2)$$

$$\delta_{f_{cu,h}^c} = \frac{s_{f_{cu,h}^c}}{m_{f_{cu,h}^c}} \quad (6.0.3-3)$$

式中： $m_{f_{cu,h}^c}$ ——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；

$s_{f_{cu,h}^c}$ ——构件测区混凝土强度换算值的标准差(MPa)，精确至 0.01MPa；

$\delta_{f_{cu,h}^c}$ ——构件测区混凝土强度换算值的变异系数，精确至 0.01。

6.0.4 构件的混凝土强度推定值($f_{cu,h,e}$)应按下列公式确定：

1 单个构件和按批量检测时，均应按下列公式计算：

$$f_{cu,h,e} = m_{f_{cu,h}^c} - 1.645s_{f_{cu,h}^c} \quad (6.0.4-1)$$

2 当该构件的测区强度值中出现小于 60.0MPa 时：

$$f_{cu,h,e} < 60.0 \text{ MPa} \quad (6.0.4-2)$$

3 当该构件测区中强度值中出现大于 90.0MPa 时：

$$f_{cu,h,e} = f_{cu,h,\min}^c \quad (6.0.4-3)$$

式中 $f_{cu,h,\min}^c$ ——构件中最小的测区混凝土强度换算值。

6.0.5 对按批量检测的构件，当该批构件混凝土强度换算值的变异系数 $\delta_{f_{cu,h}^c} > 0.10$ 时，则该批构件应全部按单个构件检测。

附录 A 福建省回弹法检测高强混凝土抗压强度 测区混凝土强度换算表

表 A 测区混凝土强度换算表

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$	平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$
35.2	60.0	38.5	65.0
35.3	60.1	38.6	65.2
35.4	60.3	38.7	65.3
35.5	60.4	38.8	65.5
35.6	60.6	38.9	65.6
35.7	60.7	39.0	65.8
35.8	60.9	39.1	65.9
35.9	61.0	39.2	66.1
36.0	61.2	39.3	66.2
36.1	61.3	39.4	66.4
36.2	61.5	39.5	66.5
36.3	61.6	39.6	66.7
36.4	61.8	39.7	66.8
36.5	62.0	39.8	67.0
36.6	62.1	39.9	67.1
36.7	62.3	40.0	67.3
36.8	62.4	40.1	67.4
36.9	62.6	40.2	67.6
37.0	62.7	40.3	67.7
37.1	62.9	40.4	67.9
37.2	63.0	40.5	68.0
37.3	63.2	40.6	68.2
37.4	63.3	40.7	68.3
37.5	63.5	40.8	68.5
37.6	63.6	40.9	68.7
37.7	63.8	41.0	68.8
37.8	63.9	41.1	69.0
37.9	64.1	41.2	69.1
38.0	64.2	41.3	69.3
38.1	64.4	41.4	69.4
38.2	64.5	41.5	69.6
38.3	64.7	41.6	69.7
38.4	64.9	41.7	69.9

续表 A-1

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$	平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$
41.8	70.0	45.3	75.3
41.9	70.2	45.4	75.4
42.0	70.3	45.5	75.6
42.1	70.5	45.6	75.7
42.2	70.6	45.7	75.9
42.3	70.8	45.8	76.0
42.4	70.9	45.9	76.2
42.5	71.1	46.0	76.3
42.6	71.2	46.1	76.5
42.7	71.4	46.2	76.6
42.8	71.5	46.3	76.8
42.9	71.7	46.4	76.9
43.0	71.8	46.5	77.1
43.1	72.0	46.6	77.2
43.2	72.1	46.7	77.4
43.3	72.3	46.8	77.5
43.4	72.4	46.9	77.7
43.5	72.6	47.0	77.8
43.6	72.7	47.1	78.0
43.7	72.9	47.2	78.1
43.8	73.0	47.3	78.3
43.9	73.2	47.4	78.4
44.0	73.3	47.5	78.6
44.1	73.5	47.6	78.7
44.2	73.6	47.7	78.9
44.3	73.8	47.8	79.0
44.4	73.9	47.9	79.2
44.5	74.1	48.0	79.3
44.6	74.2	48.1	79.5
44.7	74.4	48.2	79.6
44.8	74.5	48.3	79.8
44.9	74.7	48.4	79.9
45.0	74.8	48.5	80.1
45.1	75.0	48.6	80.2
45.2	75.1	48.7	80.4

续表 A-2

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$	平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算 值 (MPa) $f_{cu,h,i}^c$
48.8	80.5	52.1	85.4
48.9	80.7	52.2	85.6
49.0	80.8	52.3	85.7
49.1	81.0	52.4	85.9
49.2	81.1	52.5	86.0
49.3	81.3	52.6	86.1
49.4	81.4	52.7	86.3
49.5	81.6	52.8	86.4
49.6	81.7	52.9	86.6
49.7	81.8	53.0	86.7
49.8	82.0	53.1	86.9
49.9	82.1	53.2	87.0
50.0	82.3	53.3	87.2
50.1	82.4	53.4	87.3
50.2	82.6	53.5	87.5
50.3	82.7	53.6	87.6
50.4	82.9	53.7	87.8
50.5	83.0	53.8	87.9
50.6	83.2	53.9	88.1
50.7	83.3	54.0	88.2
50.8	83.5	54.1	88.4
50.9	83.6	54.2	88.5
51.0	83.8	54.3	88.7
51.1	83.9	54.4	88.8
51.2	84.1	54.5	88.9
51.3	84.2	54.6	89.1
51.4	84.4	54.7	89.2
51.5	84.5	54.8	89.4
51.6	84.7	54.9	89.5
51.7	84.8	55.0	89.7
51.8	85.0	55.1	89.8
51.9	85.1	55.2	90.0
52.0	85.3	/	/

注：以上换算曲线系根据公式： $f_{cu,h,i}^c = 2.4121 \times R_{m,i}^{0.9025}$ 计算得出。

附录 B 格拉布斯检验临界值表

表 B 格拉布斯检验临界值表

试样 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	试样 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	试样 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$
6	1.887	1.973	38	3.014	3.356	70	3.257	3.622
7	2.020	2.139	39	3.025	3.369	71	3.262	3.627
8	2.126	2.274	40	3.036	3.381	72	3.267	3.633
9	2.215	2.387	41	3.046	3.393	73	3.272	3.638
10	2.290	2.482	42	3.057	3.404	74	3.278	3.643
11	2.355	2.564	43	3.067	3.415	75	3.282	3.648
12	2.412	2.636	44	3.075	3.425	76	3.287	3.654
13	2.462	2.699	45	3.085	3.435	77	3.291	3.658
14	2.507	2.755	46	3.094	3.445	78	3.297	3.663
15	2.549	2.806	47	3.103	3.455	79	3.301	3.669
16	2.585	2.852	48	3.111	3.464	80	3.305	3.673
17	2.620	2.894	49	3.120	3.474	81	3.309	3.677
18	2.651	2.932	50	3.128	3.483	82	3.315	3.682
19	2.681	2.968	51	3.136	3.491	83	3.319	3.687
20	2.709	3.001	52	3.143	3.500	84	3.323	3.691
21	2.733	3.031	53	3.151	3.507	85	3.327	3.695
22	2.758	3.060	54	3.158	3.516	86	3.331	3.699
23	2.781	3.087	55	3.166	3.524	87	3.335	3.704
24	2.802	3.112	56	3.172	3.531	88	3.339	3.708
25	2.822	3.135	57	3.180	3.539	89	3.343	3.712
26	2.841	3.157	58	3.186	3.546	90	3.347	3.716
27	2.859	3.178	59	3.193	3.553	91	3.350	3.720
28	2.876	3.199	60	3.199	3.506	92	3.355	3.725
29	2.893	3.218	61	3.205	3.566	93	3.358	3.728
30	2.908	3.236	62	3.212	3.573	94	3.362	3.723
31	2.924	3.253	63	3.218	3.579	95	3.365	3.736
32	2.938	3.270	64	3.224	3.586	96	3.369	3.739
33	2.952	3.286	65	3.230	3.592	97	3.372	3.744
34	2.965	3.301	66	3.235	3.598	98	3.377	3.747
35	2.979	3.316	67	3.241	3.605	99	3.380	3.750
36	2.991	3.330	68	3.246	3.610	100	3.383	3.754
37	3.003	3.343	69	3.525	3.617	/	/	/

本规程用词说明

1 为便于在执行规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……规定（或要求）”。

福建省工程建设地方标准

回弹法检测高强混凝土抗压强度技术规程

条文说明

1 总则

1.0.1 国家行业标准《回弹法检测普通混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23-2001)适用于标准能量为 2.207J 的回弹仪检测构件强度为(10~60)MPa 区段的混凝土的检测,随着科学技术的进步,高层建筑的迅速兴起,高强混凝土的应用日益增多,而标准能量为 2.207J 的中型回弹仪不适用于 60.1MPa 以上高强混凝土的检测。自 1996 起,由陕西省建筑科学研究院、山东乐陵回弹仪厂等单位通过大量的实验,终于研制成功既适合现场使用又能满足测强曲线精度要求的大能量(5.5J)的 ZC1 型高强混凝土回弹仪。该仪器推出后,先后有陕西省、上海市等地区的科研单位进行了试验,制定了测强曲线,并编制了高强混凝土强度回弹法检测的地方标准,本规程在参照兄弟省市的科研成果的基础上,通过大量试验,编制了福建省地区曲线,从而较好地解决了使用大能量回弹仪检测现场高强混凝土的问题。

由于回弹仪的标准状态是直接影响检测结果准确与否的关键,同时现场构件检测时尚有许多具体检测内容例如测区数量、布置、构件强度推定等需要规定统一的方法,因此为保证检测精度有必要制定本规程。

本规程所针对的“高强混凝土”系根据中华人民共和国行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55-2000),该标准条文说明第 2.1.8 条指出“在 CEB-FIP 模式规范中明确定义高强混凝土为具有特征强度高于 50MPa 的混凝土”。这个定义用的标准试件为 $\Phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的圆柱体,如果换算成以边长 150mm 的立方体试件为基准,它相当于特征强度高于 60MPa 的混凝土,本规程将设计强度等级不低于 C60 的混凝土定义为高强混凝土。考虑到高强回弹仪的适用范围及其与普通中型回弹仪检测范围的衔接,本规程适用于抗压强度为 60MPa~90MPa 的高强混凝土。

1.0.2 由于回弹法是通过回弹仪检测混凝土表面硬度从而推算出混凝土强度的方法,因此不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土构件的检测。当混凝土表面遭受了严重的火灾、冻伤、化学腐蚀或内部有缺陷时,不能直接采用回弹法检测。

1.0.3 在正常情况下,混凝土强度的检验与评定应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)及《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107)执行。不允许因为有了本规程而不按上述《规范》、《标准》制作规定数量的试件供常规检验之用。但是,当出现标准养护试件或同条件养护试件数量不足或未按规定制作试件时;当所制作的标准试件或同条件养护试件与所成型的构件在材料用量、配合比、水灰比等方面有较大差异,已不能代表构件的混凝土质量时;当标准试件或同条件养护试件的试压结果,不符合现行标准、规范规定的对构件的强度合格要求,并且对该结果持有怀疑时。总之,当对结构中构件混凝土实际强度有检测要求时,可按本规程进行检测,检测结果可作为处理混凝土质量的一个主要依据。

1.0.4 凡本规程涉及的其它有关方面,例如钻芯取样,高空、深坑作业时的安全技术和劳动保护等,均应遵守相应的标准、规范或规程。

3 回弹仪

3.1 技术要求

3.1.1 已有大量文献资料表明，大能量回弹仪的研制是解决检测高强混凝土的前提。当前国内已研制成功的大能量回弹仪主要有：陕西省建筑科学研究院、山东乐陵回弹仪厂研制的 ZC1 型回弹仪、中国建筑科学研究院研制的 GHT 450 型回弹仪、天津建筑仪器有限公司研制的 HT-1000 型回弹仪，其外观、内部结构等均与中型回弹仪一致，主要性能参数对比如下表：

表 1 几种主要高强砼回弹仪参数对比

仪器型号	ZC1	GHT450	HT1000
标准能量(J)	5.5	4.5	9.8
弹击拉簧冲击长度(mm)	100	100	140

在仪器的选择上，既要考虑其能量能满足检测精度的要求，又要考虑现场适用。若能量太小则不能反映高强混凝土的差别，若能量太大则现场操作困难失去了回弹仪体积小、重量轻、方便灵活的特点。同时，为了便于检测技术的推广，还要考虑仪器在市场上的供应情况。根据上述原则，最终确定采用山东乐陵回弹仪厂生产的 ZC1 型高强砼回弹仪。

3.1.2 回弹仪必须为标准状态方可使用，可参照《混凝土回弹仪检定规程》JJG817-93 的要求进行校准，其技术要求如下：

1 水平弹击时，弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标准能量 E ，即弹击拉簧恢复原始状态所作的功为：

$$E = \frac{1}{2}KL^2 = \frac{1}{2} \times 1100 \times 0.1^2 = 5.5J$$

式中， K ——弹击拉簧的刚度（N/m）

L ——弹击拉簧工作时拉伸长度（m）

2 弹击锤与弹击杆碰撞瞬间，弹击拉簧应处于自由状态，此时弹击锤起跳点应相应于刻度尺的“0”处。要满足这两个要求，必须使弹击拉簧的工作长度为 0.086m。弹击拉簧的冲击长度为 0.10 m。此时，弹击锤应相应于刻度尺上的“100”处脱钩，也即在“0”处起跳。

3 检验回弹仪的率定值是否符合 83 ± 2 的作用是：检验回弹仪的标准能量是否为 5.5J；回弹仪的测试性能是否稳定；机芯的滑动部分是否有污垢等。当钢砧率定值达不到 83 ± 2 范围内时，不允许旋转尾盖调零螺丝人为地使其达到 83 ± 2 。

3.1.3 环境温度异常时，对回弹仪的性能有影响，故规定了其使用时的环境温度。

3.2 校验、率定及操作

3.2.1 为保证每台新回弹仪均为标准状态，因此新回弹仪在使用前必须校验。

回弹仪校验的有效期为一年或累计弹击 5000 次为限，这样规定比较符合目前使用回弹仪的情况。其中 5000 次的规定，是参照国内试验资料而定的，一般如不超过这一界限，正常质量的弹击拉簧不会产生显著的塑性变形而影响其工作性能。如果回弹仪使用较频繁，尽管未超过一年有效期，但若累计弹击超过 5000 次，必须校准回弹仪。

3.2.2 本条规定回弹仪作率定时试验条件。

3.2.3 检测时应注意回弹仪的轴线要始终垂直于混凝土检测面，并且缓慢施压不能冲击，否则回弹值读数不准确。

3.3 保 养

3.3.1 回弹仪每次使用完毕后,应及时清除表面污垢。不用时,应将弹击杆压入仪器内,必须经弹击后方可按下按钮锁住机芯,如果示经弹击而锁住机芯,将使弹击拉簧在不工作时仍处于受拉状态,极易因疲劳而损坏。存放时回弹仪应平放在干燥阴凉处。如存放地点潮湿将会使仪器锈蚀。

3.3.2 本条主要规定了回弹仪常规保养的要求。

3.3.3 进行常规保养时,必须先使弹击锤脱钩后再取出机芯,否则会使弹击杆突然伸出造成伤害。取机芯时要将指针轴向上轻轻抽出,以免造成指针片折断。此外各零部件清洗完后,不能在指针轴上抹油。否则,使用中由于指针轴的污垢,将使指针摩擦力变化,直接影响了检测结果。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 本规程规定的方法,若不进行统一培训,则会对同一构件混凝土强度的推定结果存在着因人而异的混乱现象,因此本条规定凡从事本项检测的人员均应培训并持有相应的资格证书,且培训、宣贯应通过主管部门认可。

4.1.2 本条列举的1~5项资料,是为了对被检测的构件有全面、系统的了解。此处了解水泥安定性合格与否的目的在于,如水泥安定性不合格则不能检测,如不能确切了解水泥安定性与否,宜在检测报告上说明,以避免后期因水泥安定性不合格而导致混凝土强度降低甚至丧失造成事故责任不清的情况。另外,了解混凝土成型日期的目的在于推算检测时构件混凝土的龄期。

4.1.3 由于回弹法测试具有快速、简便的特点,能在短期内进行较多数量的检测,以取得代表性较高的总体混凝土强度质量,故规定了单个及批量检测的两种方式。

4.1.4 本规程规定检测时只能水平方向检测混凝土浇筑侧面。当侧面处于非水平方向或浇筑表面、底面的状况时不能直接检测。因为非水平方向或浇筑表面、底面的修正值不同于行业标准(JGJ/T23-2001)的规定,且未作系统试验,因此在布置测区时应注意测试面必须使回弹仪处在水平方向检测混凝土浇筑侧面。

检测构件布置测区时,相邻两测区的间距及测区离构件端部或施工缝的距离应遵守本条规定。测区布置时,要选在构件两个对称的可测面上,但不强调一个测区要在构件的两相对检测面上布置基本对称的检测面。可以一个测区布置在构件的一个检测面上。

检测时必须为混凝土原浆面,已经粉刷的需清除,注意不可误将砂浆粉刷层当作混凝土原浆面进行检测。如果养护不当混凝土表面会产生疏松层,尤其在气候干燥地区更注意,应将疏松层清除后方可检测,否则会造成误判。

对于薄壁小型构件,如果约束力不够回弹时产生颤动,会造成回弹能量损失,使检测结果偏低。因此必须加以可靠支撑使之有足够的约束力方可检测。

在记录纸上描述测区在构件上的位置和外观质量(例如有无裂缝),目的是备推定和分析处理结构或构件混凝土强度时参考。

4.2 回弹值测量与计算

4.2.1 本条规定每一测区记取16点回弹值,它不包含弹击隐藏在薄薄一层水泥浆下的气孔或石子上的数值,这两种数值与该测区的正常回弹值偏差很大,很好判断。同一测点只允许弹击一次,若重复弹击则后者回弹值高于前者,这是因为经弹击后该局部位置较密实,再弹击时吸收的能量较小从而使回弹值偏高,必须予以禁止。

4.2.2 本条规定的测区平均回弹值计算方法同行业标准(JGJ/T23-2001)。据陕西省建筑科学研究院等单位的相关试验研究成果,对每测区直接弹击10点、弹击16点舍弃头尾3个最大、最小值以及弹击14点舍弃头尾2个最大最小值的测试方法进行对比,弹击16点舍弃3头尾个最大、最小值后取余下10点平均值的检测数据离散系数较小。

5 测强曲线

5.0.1 测强曲线是通过在有代表性地区制作的边长为 150mm 或 100mm 的立方体试件按统一规定方法进行养护和置放，分别在不同龄期用标准状态的回弹仪进行试验后，统计计算而得出的。该公式经验证符合测强曲线的误差要求。100mm 立方体试件的抗压强度折算成边长为 150mm 标准试件的抗压强度的折算系统按照中国工程建设标准化协会标准《高强混凝土结构技术规程》CECS104:99 中的有关规定取用。

本次试件主要由下述地区及单位提供：

福州地区：福州国泰混凝土有限公司，福建省建工混凝土有限公司，大地管桩、建华管桩；

泉州地区：泉州市建邦混凝土有限公司；

南平地区：南平联强混凝土有限公司；

漳州地区：坚实管桩混凝土有限公司。

试验研究表明，高强混凝土碳化深度对其高强回弹值影响较小，故本测强公式为一元方程，换算曲线如表 5.0.1 所示。

表 2 测强曲线

测强曲线	相关系数	平均相对误差 (%)	相对标准差 (%)
$f_{cu,h,i}^c = 2.4121 \times R_{m,i}^{0.9025}$	0.91	±8.52	10.45

该测强公式属经验公式，适用范围均应在试验时所包含的内容以内（如原材料、外加剂、掺合料、龄期、强度等等），不得外推。因此本条对该公式的适用范围作了具体规定，超出范围的可以采用制作专用测强公式，钻芯或同条件养护试件等方法，不能擅自延长或扩大使用范围，否则无法保证检测精度。

5.0.2 当检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时，例如龄期、湿度、成型工艺的差异；有的地区在混凝土表面涂养护剂，以致造成混凝土内外差异等等，可以采用同条件养护试件或钻取混凝土芯样进行修正，试件数量应不少于 6 个。因为芯样强度离散性较大，如数量太少则代表性不足，但由于钻芯工作量大，且对构件有损伤，不宜在构件上钻取过多数量以致影响其结构安全性，因此规定数量不少于 6 个。需要指出的是，此处不可将较长芯样沿长度方向截取为几个芯样来计算修正系数。芯样的钻取、加工、计算可参照《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03:2007) 执行。

在回弹法检测中，有时候会出现混凝土表层与内部质量差异严重或者内部存在缺陷致使回弹法检测结果不能反映混凝土强度状况，同时芯样在钻取、加工以及抗压强度检验过程中也会带来偏差，个别同条件养护试件可能不具备代表性，导致钻芯法或同条件养护试件检测结果与回弹法检测结果差异较大，因此在对回弹法检测结果进行修正时，如有必要，可参照国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本异常值的判断和处理》(GB 4883-85)的有关规定进行检验和舍弃，舍弃数据时应应对异常值进行分析，判断造成芯样或同条件养护试块和回弹法检测结果误差较大的原因，有可能的情况下，在钻芯部位附近另行钻取芯样进行修正。同时应保证剔除异常数据后用于修正的同条件养护试件或芯样数量不少于 6 个。

5.0.3 本条明确指出了专用测强曲线的误差值。

6 混凝土强度的计算

6.0.1 构件的每一测区的混凝土强度换算值由每一测区的平均回弹值按测强曲线查表或者计算。

6.0.2 当回弹平均值偏低或者偏高时，无法在换算曲线上查到测区强度换算值，如果采用换算公式进行计算，则会出现超出换算曲线强度适用范围的情况，对此情况必须加以限制以免出现强度换算值超出曲线强度适用范围的情况。

6.0.3 计算测区强度换算值的平均值和标准差，是对构件强度分布进行数理统计的方法，通过强度平均值、标准差以及变异系数可以了解构件不同部位混凝土强度的波动情况，并为强度推定值的计算做好准备。当测区混凝土强度换算值出现 6.0.2 规定的超出测区取消适用强度范围的情况时，则有部分测区强度换算值无明确数值，此时无法进行强度平均值、标准差的计算；当测区数少于 10 个时，由于强度推定值不需要标准差，因此可不必计算强度标准差，如果要了解强度波动状况，也可计算标准差。

6.0.4 当单个构件测区不少于 10 个及按批量检测时，其强度保证率为 95%。一般情况下，构件由于制作、养护等方面原因，其强度值要低于同条件养护试件强度值。本规程定义强度推定值为构件本身的强度值，而实际应用时，多数错误的将该值直接与标准养护 150mm 立方体试件强度对比，造成回弹法检测的强度值偏低的印象。这里除了前述原因外，尚有不同保证率的差异。因此工程建设单位、施工单位、设计单位、监督、监理单位应注意这一差别，在处理混凝土质量问题时予以考虑。

6.0.5 当测区间的强度波动过大时，说明已有某些偶然因素起作用，例如构件不是同一强度等级，龄期差异较大等，不属于同一母体，因此不能按进行推定。

考虑到混凝土强度的波动性与其强度平均值有关，随着混凝土强度平均值的增大，其标准差相应增大，因此引入变异系数指标，综合考虑国家标准《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107-87)附录三“混凝土生产质量水平”附表 3.1 中的规定：当生产质量水平差，混凝土强度等级不低于 C20，集中搅拌混凝土的施工现场条件下的混凝土的强度标准差 $>5.5\text{MPa}$ ；以及《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)4.1.3~4.1.4 条文说明中对混凝土立方体强度变异系数的统计结果，对于 C60~C80 的混凝土，其变异系数不大于 0.10，因此规定对于本规程检测的高强混凝土，其变异系数超过 0.10 则不能按批进行检测。