

山东省工程建设标准



DB37/T 5171—2020

J 15416—2020

拉应力法检测混凝土抗压强度 技术规程

Technical specification for testing concrete
compressive strength by tensile stress method

2020 - 10 - 15 发布

2020 - 12 - 01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

拉应力法检测混凝土抗压强度 技术规程

Technical specification for testing concrete
compressive strength by tensile stress method

DB37/T 5171—2020

住房和城乡建设部备案号：J 15416—2020

主编单位：山东省建筑科学研究院有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期：2020年12月1日

中国建材工业出版社

2020 北 京

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2018 年第一批山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2018〕9 号）的要求，规程编制组进行了广泛、深入的调查研究，认真总结实践经验，参考国家相关标准，借鉴国内外先进技术，结合山东省实际情况，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：总则；术语和符号；检测设备；检测技术；测强曲线；检测数据分析处理；混凝土强度推定以及有关附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送山东省建筑科学研究院有限公司（地址：山东省济南市天桥区无影山路 29 号，邮编：250031，传真：0531-85595277，e-mail：jiegoufengyuan@163.com）。

本 规 程 主 编 单 位：山东省建筑科学研究院有限公司

本 规 程 参 编 单 位：济南市工程质量与安全生产监督站

山东华森混凝土有限公司

三东筑工（德州）有限公司

齐河县建筑工程质量监督站

山东省舜泰工程检测鉴定集团有限公司

青岛理工大学

济南朗睿检测技术有限公司

山东省建筑工程质量检验检测中心有限公司

本规程主要起草人员：崔士起 孙建东 孔旭文 万立华
谢慧东 崔 珑 韩爱强 丁一旭
刘 涛 万小梅 马秀超 吕玉香
崔志坤 孙 兵 胡新生 王 磊
耿瑞彬 刘松石
本规程主要审查人员：赵考重 蒋世林 张 毅 徐新生
宋亦工 石玉仁 孙 波 董先锐
杨宏飞

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 检测设备	4
3.1 技术要求	4
3.2 校准和保养	5
4 检测技术	6
4.1 检测准备	6
4.2 钻制试件	8
4.3 数据采集与计算	8
4.4 钻芯修正	9
5 测强曲线	10
6 检测数据分析处理	11
7 混凝土强度推定	13
附录 A 专用测强曲线的制定方法	15
附录 B 混凝土测点强度换算表	17
附录 C 异常数据判断与处理	20
C.1 异常数据判断	20
C.2 异常数据处理	21
附录 D 检验批样本容量与推定区间上、下限系数	22
附录 E 格拉布斯检验临界值表	24
本规程用词说明	26
引用标准名录	27
附：条文说明	29

1 总 则

1.0.1 为规范山东省拉应力法检测结构混凝土抗压强度技术，保证检测精度，统一技术要求，方便技术推广，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省行政区域内的结构中混凝土强度现场检测，检测混凝土强度范围（10.0 ~ 80.0）MPa，不适用于纤维混凝土或轻骨料混凝土的强度检测。

1.0.3 山东省拉应力法检测结构混凝土抗压强度技术，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 拉应力法 tensile stress method

在已硬化的混凝土结构实体上，钻制直径 44mm、深度 44mm 的抗拉试件，采用专用拉力检测仪，将抗拉试件在原位拉断，测试试件受拉破坏的极限拉应力，根据极限拉应力来推定混凝土强度的方法。

2.1.2 测点 testing point

检测混凝土强度时，按本规程要求取得检测数据的检测点。

2.1.3 检测批 inspection lot

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种类构件构成的检测对象。

2.1.4 按批抽样检测 batch sampling inspection

从检测批中抽取样本，通过对样本的测试确定该检测批质量的检测方法。

2.1.5 随机抽样 random sampling

从检测批中抽取样本单位，每个样本单位被抽取的可能性都相等的抽样方式。

2.1.6 测点强度换算值 conversion strength of testing point

由测点的拉应力值通过测强曲线计算得到的检测时对应龄期混凝土抗压强度值。

2.1.7 强度推定值 estimated strength

相当于强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的强度值。

2.2 符 号

A_i ——第 i 个测点拉力试件受拉破坏截面面积；

- $D_1、D_2$ ——第 i 个测点混凝土拉力试件断裂处互为垂直的两个方向直径；
 $D_{m,i}$ ——第 i 个测点拉力试件断裂处平均直径；
 e_r ——回归方程式的强度相对标准差；
 f_c ——回归方程混凝土抗压强度值；
 $f_{cu,e}^c$ ——构件或检测批混凝土强度推定值；
 $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点的混凝土强度换算值；
 $f_{cu,l}^c$ ——检测批混凝土强度标准值的推定区间下限值；
 $f_{cu,min}^c$ ——结构或构件中测区混凝土抗压强度换算值中的最小值；
 $f_{cu,u}^c$ ——检测批混凝土强度标准值的推定区间上限值；
 $f_{m,i}$ ——由第 i 个试块抗压试验得出的混凝土立方体抗压强度值；
 $G_n、G'_n$ ——格拉布斯检验统计量；
 $G_{0.975}、G_{0.995}$ ——格拉布斯检验临界值；
 $k_{0.05,l}$ ——0.05 分位数推定区间下限值系数；
 $k_{0.05,u}$ ——0.05 分位数推定区间上限值系数；
 $m_{f_{cu}}^c$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的平均值；
 $s_{f_{cu}}^c$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的标准差；
 T_i ——第 i 个测点的极限拉力；
 δ ——构件或检测批混凝土强度换算值的变异系数；
 δ_r ——回归方程式的强度平均相对误差；
 σ_i ——第 i 个测点的混凝土极限拉应力；
 σ_m ——试件的拉应力计算值。

3 检测设备

3.1 技术要求

3.1.1 拉应力法检测装置应由钻芯机、金刚石薄壁空心钻头、专用测力系统等组成。

3.1.2 钻芯机应具有足够的刚度、操作灵活、固定和移动方便。

3.1.3 钻芯机应有漏电保护装置、水冷却装置、底盘固定装置，宜有控制垂直度及深度的装置。

3.1.4 金刚石薄壁空心钻头内径应为 43.6mm ~ 44.0mm，钻制深度应为 44mm ~ 48mm。

3.1.5 拉应力法试验装置见图 3.1.5。

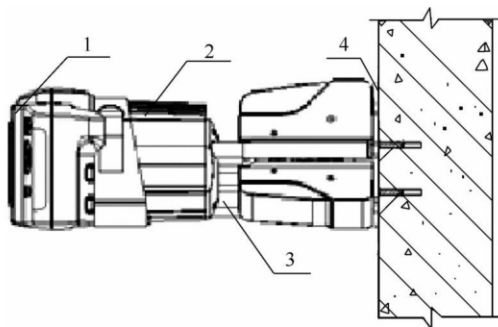


图 3.1.5 拉应力法试验装置

1—主机及显示面板；2—减速机外壳；

3—反力支撑杆；4—三爪夹头

3.1.6 三爪夹头应具有对试件自动调节径向夹紧力的功能。

3.1.7 专用测力系统应由传感器和具有实时显示、超载显示及峰值保持功能的仪表组成，仪器分辨率或最小示值宜为 1N，示值相对误差应不大于 $\pm 1.0\%$ 。

3.1.8 仪器使用时的环境温度应为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。

3.1.9 在检测中仪器显示屏幕出现超载信号，应立即停止加载、关闭电源。

3.2 校准和保养

3.2.1 专用测力系统应定期校准，有效期为一年，当专用测力系统有下列情况之一时，应由法定计量检定机构进行校准：

- 1** 新仪器启用前；
- 2** 超过校准有效期；
- 3** 检测结果明显异常或数显异常；
- 4** 累计使用达到 6000 次；
- 5** 遭受严重撞击或其他损害。

3.2.2 拉应力法检测装置使用完毕，应关闭电源、清洁干净，放置在阴凉干燥处。

4 检测技术

4.1 检测准备

4.1.1 采用拉应力法检测混凝土强度，宜具有下列资料：

- 1 工程名称及建设单位、设计单位、施工单位和监理单位名称；
- 2 被检测结构或构件名称、外形尺寸及数量，混凝土设计强度等级及施工图纸；
- 3 水泥品种、出厂日期及强度、安定性检验报告，粗骨料最大粒径以及混凝土配合比情况等；
- 4 施工时材料计量情况、混凝土浇筑和养护情况及成型日期；
- 5 结构或构件的试块混凝土强度试压资料以及相关的施工技术资料；
- 6 存在的质量问题及检测原因。

4.1.2 检测前，应检查钻芯机、测力系统的工作状态正常，钻头规格尺寸满足要求。

4.1.3 混凝土强度检测可采用以下两种方式进行：

1 单个构件检测：适用于单个柱、梁、墙、基础等构件检测，当检测批构件总数少于5个时，按单个构件检测，其检测结论不得扩大到未检测的构件或范围；

2 按批抽样检测：适用于同一检测批混凝土强度的检测。

4.1.4 大型结构按施工顺序可划分为若干个检测区域，每个检测区域作为一个独立构件，根据检测区域数量及检测需要，选择检测方式。

4.1.5 按批抽样检测时，应进行随机抽样，且抽测构件最小数量应符合表4.1.5的规定。

表 4.1.5 按批抽样检测最小抽样数量

检验批的 容量	检测类别和样本最小容量			检验批的 容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
5 ~ 8	2	2	3	91 ~ 150	8	20	32
9 ~ 15	2	3	5	151 ~ 280	13	32	50
16 ~ 25	3	5	8	281 ~ 500	20	50	80
26 ~ 50	5	8	13	501 ~ 1200	32	80	125
51 ~ 90	5	13	20	—	—	—	—

- 注：1 检测类别 A 适用于一般项目施工质量检测，可用于既有结构的一般项目检测；
- 2 检测类别 B 适用于主控项目施工质量检测，可用于既有结构的重要项目检测；
- 3 检测类别 C 适用于结构工程施工的质量检测或复检，可用于存在问题较多既有结构的检测。

4.1.6 当混凝土表层与内部的质量有明显差异时，应将表层混凝土清除干净后进行检测，并在报告中说明检测面非原混凝土浇筑面、原混凝土浇筑面清除厚度等信息。

4.1.7 构件的测点应符合下列要求：

1 当单个构件检测时，测点间距不应大于 2m，每一构件至少均匀布置 5 个测点，当最大拉力或最小拉力与中间值之差大于中间值的 20% 时（包括两者均大于中间值的 20%），应在最小拉力测点附近再加测 2 个测点；

2 按批抽样检测时，应根据构件类型和受力特征布置测点，每个抽测构件测点数不应少于 1 个，检测批测点总数不应少于 10 个；

3 测点应优先布置在构件混凝土成型的侧面，混凝土成型的侧面确实无法布置测点时，可在混凝土成型的表面布置测点；

4 检测面应清洁、平整，不应有装饰层、接缝、施工缝，并应避开蜂窝、麻面部位，必要时应用机械打磨，使测点部位混凝土不平整度在 100mm 长度内不大于 0.2mm；

5 在混凝土浇筑表面检测时，应清除混凝土表层浮浆；

6 测点宜布置在结构构件受力较小的部位，且对混凝土强度具有代表性的部位，相邻两测点的间距不应小于 300mm，测点距构件边缘不应小于 100mm；

7 选择测点前要先进行混凝土内钢筋、预埋件和管线位置测定，并将钢筋、预埋件和管线位置清晰标识出来，测点要避免这些位置，保证破坏面无外露钢筋及预埋件，混凝土内钢筋保护层厚度大于 55mm 时，可不考虑钢筋位置。

4.2 钻制试件

4.2.1 钻芯机宜采用人造金刚石薄壁钻头，钻头胎体不得有裂缝、缺边、倾斜及喇叭口变形。

4.2.2 钻芯机应安放平稳、固定牢固。

4.2.3 钻制时冷却水流量宜为 3L/min ~ 5L/min。

4.2.4 钻制时应控制进钻的速度并均匀施力。

4.2.5 在钻制工作完毕后，应及时冲洗混凝土试件表面及圆形槽内泥浆，检测结束应将钻芯机擦拭干净。

4.2.6 在结构或构件上钻制拉应力检测试件后，留下的孔洞应及时采用高一个等级的细石混凝土进行修补。

4.2.7 钻芯操作应遵守相关安全生产和劳动保护的规定。

4.3 数据采集与计算

4.3.1 安装检测仪，调整测力仪的轴线垂直于混凝土检测面，调整三爪夹头套住拉应力混凝土试件，测力仪调零。

4.3.2 检测时均匀施力，加载速度 130N/s ~ 260N/s，直至试件断裂，读取并记录最大拉力值 T_i ，读数精确至 1N。

4.3.3 取出试件，用游标卡尺测量并记录试件断裂处相互垂直的直径尺寸 D_1 、 D_2 ，读数精确至 0.1mm。

4.3.4 混凝土极限拉应力应按下列公式计算：

$$D_{m,i} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (4.3.4-1)$$

$$A_i = \frac{\pi \times D_{m,i}^2}{4} \quad (4.3.4-2)$$

$$\sigma_i = \frac{T_i}{A_i} \quad (4.3.4-3)$$

式中: D_1 、 D_2 ——混凝土拉力试件断裂处直径 (mm);

$D_{m,i}$ ——第 i 个测点拉力试件断裂处平均直径, 精确至 0.1mm;

A_i ——第 i 个测点拉力试件受拉破坏截面面积, 精确至 0.1mm²;

T_i ——第 i 个测点混凝土试件受拉破坏极限拉力 (N);

σ_i ——第 i 个测点混凝土极限拉应力, 精确至 0.01MPa。

4.4 钻芯修正

4.4.1 当对拉应力法检测结果有怀疑时, 宜进行钻芯修正。

4.4.2 钻取芯样部位、加工技术要求及修正量计算等均应符合现行山东省地方标准《钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程》DB37/T 2368 的规定。

5 测强曲线

5.0.1 本标准适用于符合下列条件的混凝土抗压强度的检测：

1 符合普通混凝土用材料且粗骨料为碎石，粗骨料最大粒径不大于 40mm，干密度为 $2000\text{kg/m}^3 \sim 2800\text{kg/m}^3$ 的普通混凝土；

2 抗压强度为 10MPa ~ 80MPa；

3 采用普通成型工艺；

4 自然养护或蒸气养护出池后经自然养护 7d 以上。

5.0.2 当混凝土有下列情况之一时，不得按本规程所给测强曲线计算测点混凝土抗压强度换算值，但可按本规程附录 A 的规定制定专用测强曲线或通过试验进行修正：

1 粗集料最大粒径大于 40mm；

2 特种成型工艺制作；

3 长期处于高温、潮湿或浸水环境。

5.0.3 测点混凝土强度换算值应按下列公式计算：

$$f_{\text{cu},i}^t = 17.48 \sigma_i^{1.08} \quad (5.0.3)$$

式中： $f_{\text{cu},i}^t$ ——第 i 个测点的混凝土强度换算值，精确至 0.1MPa；

σ_i ——第 i 个测点的混凝土极限拉应力（MPa）。

6 检测数据分析处理

6.0.1 当测点数大于等于 10 个时，构件或检测批混凝土强度换算值的平均值、标准差及变异系数应分别按下列公式计算：

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \quad (6.0.1-1)$$

$$s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n (m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (6.0.1-2)$$

$$\delta = \frac{s_{f_{cu}^c}}{m_{f_{cu}^c}} \quad (6.0.1-3)$$

式中： $m_{f_{cu}^c}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的平均值，精确至 0.1MPa；

n ——单个构件检测，取一个构件的测点数；按批抽样检测的构件，取被抽取构件测点数之和；

$s_{f_{cu}^c}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的标准差，精确至 0.01MPa；

δ ——构件或检测批混凝土强度换算值的变异系数，精确至 0.01。

6.0.2 按批抽样检测，或单个构件检测测点数大于等于 10 个时，应进行异常数据的判断和处理，异常数据的判断和处理应符合《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 的规定，详见本规程附录 C。

6.0.3 按批抽样检测时，该批构件混凝土强度变异系数应满足表 6.0.3 的要求。

表 6.0.3 检测批混凝土强度的变异系数限值

检测批混凝土强度的 平均值 (MPa)	≤ 25	> 25 , 且 ≤ 45	> 45 , 且 ≤ 60	> 60 , 且 ≤ 80
变异系数	≤ 0.22	≤ 0.18	≤ 0.16	≤ 0.13

6.0.4 当不能满足上述要求时,可在分析原因的基础上采取下列措施,并在检测报告中注明:

- 1 重新划分检测批;
- 2 增加测点的数量。

6.0.5 若采取上述措施仍不能满足要求,或无条件采取上述措施时,可按本规程第 7.0.1 条的规定提供单个构件的检测结果。

7 混凝土强度推定

7.0.1 单个构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c$ ，应按下列规定取值：

1 构件所有拉力值中的最大值、最小值与中间值之差均不大于中间值的 20% 时，取最小值对应混凝土强度换算值作为该构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c$ ；

2 按本规程第 4.1.7 条第 1 款加测时，加测的 2 个拉力值和最小拉力值一起取平均值，取此平均值对应混凝土强度换算值作为该构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c$ 。

7.0.2 按批抽样检测，检测批混凝土强度推定值应按下列公式计算：

$$f_{cu,e}^c = m_{f_{cu}}^c - 1.645s_{f_{cu}}^c \quad (7.0.2)$$

式中： $f_{cu,e}^c$ ——构件或检测批混凝土强度推定值，精确至 0.1MPa。

7.0.3 检测批的混凝土强度推定区间的置信度宜为 0.90，并使错判概率和漏判概率均为 0.05。检测批混凝土具有 95% 保证率特征值的推定区间上限值和下限值可按下列公式计算：

$$f_{cu,u}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,u}s_{f_{cu}}^c \quad (7.0.3-1)$$

$$f_{cu,l}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,l}s_{f_{cu}}^c \quad (7.0.3-2)$$

式中： $f_{cu,u}^c$ ——检测批混凝土具有 95% 保证率特征值的推定区间上限值，精确至 0.1MPa；

$f_{cu,l}^c$ ——检测批混凝土具有 95% 保证率特征值的推定区间下限值，精确至 0.1MPa；

$k_{0.05,u}$ ——0.05 分位数推定区间上限值系数，按检测批测点数量由本规程附录 D 查得；

$k_{0.05,l}$ ——0.05 分位数推定区间下限值系数，按检测批测点数量由本规程附录 D 查得。

7.0.4 将同一检测批中各构件测点混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ 与 $f_{cu,e}^c$ 对比,若 $f_{cu,e}^c - f_{cu,i}^c > 5.0\text{MPa}$,则应将这些构件作为异常构件。

7.0.5 对于强度换算值明显低于 $f_{cu,e}^c$ 的异常构件,应结合施工资料,考虑这些构件在结构中的分布,将这些构件附近、同批施工的构件重新组成检测批,不能重新组成检测批的,应对异常构件按单个构件进行评定,并在报告中说明。

附录 A 专用测强曲线的制定方法

A.0.1 制定专用测强曲线的单位，需具有见证取样和主体结构检测的资质。

A.0.2 采用检测仪器应符合本规程第 3 章的各项要求。

A.0.3 制定专用测强曲线的混凝土试块应与需检测结构或构件在原材料（含品种、规格）、成型工艺与养护方法等方面条件相同，混凝土用水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求，混凝土用砂、石应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的要求，混凝土搅拌用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的要求。

A.0.4 试件和标准试块的制作养护：

1 按施工常用配合比设计大于等于 6 个强度等级混凝土，每一强度等级每一龄期制作 6 组混凝土，每组由 3 个边长 150mm 立方体试块和一个至少可布置 18 个测点的拉应力试件组成；

2 每组拉应力试件和相应的试块应采用同盘混凝土，同一龄期试件和试块宜在同一天内成型完毕；

3 在成型后的第二天，将试块移至与被测结构或构件相同的硬化条件下养护，试块拆模日期与结构或构件的拆模日期相同。

A.0.5 拉应力试验按下列规定进行：

1 拉应力试验测点应布置在试件的浇筑侧面；

2 在每一试件上进行 6 个浇筑侧面的拉应力试验（侧面不方便时，也可在表面试验），计算拉应力值，取 6 个测点拉应力平均值为该试件的拉应力计算值 σ_m ，精确至 0.01MPa；

3 同条件制作的 3 个 150mm 立方体试块，应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB 50081 的规定，进

行立方体试块抗压强度试验，得到试块的立方体抗压强度值 f_m ，精确至0.1MPa。

A.0.6 专用测强曲线的计算应符合下列规定：

1 专用测强曲线的回归方程式，应按每一试块求得的拉应力计算值和对应的抗压强度值，采用最小二乘法原理计算。

2 推荐采用的回归方程式如下：

$$f_c = A \sigma_m^B \quad (\text{A.0.6-1})$$

式中： f_c ——回归方程混凝土抗压强度值；

A 、 B ——回归系数；

σ_m ——试件的拉应力计算值。

3 回归方程的平均相对误差 δ_r 及相对标准差 e_r ，可按下列公式计算：

$$\delta_r = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{c,i}}{f_{m,i}} - 1 \right| \times 100\% \quad (\text{A.0.6-2})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{c,i}}{f_{m,i}} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (\text{A.0.6-3})$$

式中： δ_r ——回归方程式的强度平均相对误差，精确至0.1%；

e_r ——回归方程式的强度相对标准差，精确至0.1%；

$f_{m,i}$ ——由第 i 个试块抗压试验得出的混凝土抗压强度值，精确至0.1MPa；

$f_{c,i}$ ——对应于第 i 个试块的拉应力值按（A.0.6-1）式计算的强度换算值，精确至0.1MPa；

n ——制定回归方程式的试块数。

A.0.7 专用测强曲线应符合下列规定：

1 平均相对误差 $\delta_r \leq 10.0\%$ ；

2 相对标准差 $e_r \leq 11.0\%$ 。

附录 B 混凝土测点强度换算表

表 B 混凝土测点强度换算表

拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)
0.58	9.7	1.00	17.5	1.42	25.5
0.60	10.1	1.02	17.9	1.44	25.9
0.62	10.4	1.04	18.2	1.46	26.3
0.64	10.8	1.06	18.6	1.48	26.7
0.66	11.2	1.08	19.0	1.50	27.1
0.68	11.5	1.10	19.4	1.52	27.5
0.70	11.9	1.12	19.8	1.54	27.9
0.72	12.3	1.14	20.1	1.56	28.2
0.74	12.6	1.16	20.5	1.58	28.6
0.76	13.0	1.18	20.9	1.60	29.0
0.78	13.4	1.20	21.3	1.62	29.4
0.80	13.7	1.22	21.7	1.64	29.8
0.82	14.1	1.24	22.0	1.66	30.2
0.84	14.5	1.26	22.4	1.68	30.6
0.86	14.9	1.28	22.8	1.70	31.0
0.88	15.2	1.30	23.2	1.72	31.4
0.90	15.6	1.32	23.6	1.74	31.8
0.92	16.0	1.34	24.0	1.76	32.2
0.94	16.4	1.36	24.4	1.78	32.6
0.96	16.7	1.38	24.7	1.80	33.0
0.98	17.1	1.40	25.1	1.82	33.4

续表 B

拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)
1.84	33.7	2.36	44.1	2.88	54.7
1.86	34.1	2.38	44.5	2.90	55.1
1.88	34.5	2.40	45.0	2.92	55.5
1.90	34.9	2.42	45.4	2.94	56.0
1.92	35.3	2.44	45.8	2.96	56.4
1.94	35.7	2.46	46.2	2.98	56.8
1.96	36.1	2.48	46.6	3.00	57.2
1.98	36.5	2.50	47.0	3.02	57.6
2.00	36.9	2.52	47.4	3.04	58.0
2.02	37.3	2.54	47.8	3.06	58.4
2.04	37.7	2.56	48.2	3.08	58.8
2.06	38.1	2.58	48.6	3.10	59.2
2.08	38.5	2.60	49.0	3.12	59.7
2.10	38.9	2.62	49.4	3.14	60.1
2.12	39.3	2.64	49.8	3.16	60.5
2.14	39.7	2.66	50.2	3.18	60.9
2.16	40.1	2.68	50.6	3.20	61.3
2.18	40.5	2.70	51.0	3.22	61.7
2.20	40.9	2.72	51.4	3.24	62.1
2.22	41.3	2.74	51.9	3.26	62.6
2.24	41.7	2.76	52.3	3.28	63.0
2.26	42.1	2.78	52.7	3.30	63.4
2.28	42.5	2.80	53.1	3.32	63.8
2.30	42.9	2.82	53.5	3.34	64.2
2.32	43.3	2.84	53.9	3.36	64.6
2.34	43.7	2.86	54.3	3.38	65.0

续表 B

拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拉应力 (MPa)	混凝土强度 换算值 (MPa)
3.40	65.5	3.66	70.9	3.92	76.3
3.42	65.9	3.68	71.3	3.94	76.7
3.44	66.3	3.70	71.7	3.96	77.2
3.46	66.7	3.72	72.1	3.98	77.6
3.48	67.1	3.74	72.5	4.00	78.0
3.50	67.5	3.76	73.0	4.02	78.4
3.52	67.9	3.78	73.4	4.04	78.8
3.54	68.4	3.80	73.8	4.06	79.3
3.56	68.8	3.82	74.2	4.08	79.7
3.58	69.2	3.84	74.6	4.10	80.1
3.60	69.6	3.86	75.1	—	—
3.62	70.0	3.88	75.5	—	—
3.64	70.5	3.90	75.9	—	—

附录 C 异常数据判断与处理

C.1 异常数据判断

C.1.1 依据现行国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883，可采用格拉布斯准则进行异常值判断，将测点混凝土强度换算值按从小到大顺序排列 $f_{cu,1}$ 、 $f_{cu,2}$ 、……、 $f_{cu,n}$ ，格拉布斯检验统计量按下列公式计算：

$$G_n = \frac{f_{cu,n} - m_{f_{cu}}}{s_{f_{cu}}} \quad (\text{C. 1. 1-1})$$

$$G'_n = \frac{m_{f_{cu}} - f_{cu,1}}{s_{f_{cu}}} \quad (\text{C. 1. 1-2})$$

式中： G_n 、 G'_n ——格拉布斯检验统计量；

$f_{cu,1}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的最小值；

$f_{cu,n}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的最大值；

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$ ——格拉布斯检验临界值，按检测批测点数量由本规程附录 E 查得。

C.1.2 取检出水平 α 为 5%、剔除水平 α^* 为 1%，按双侧情形检验，检出水平 α 对应临界值为 $G_{0.975}$ ，剔除水平 α^* 对应临界值为 $G_{0.995}$ 。

C.1.3 若 $G_n > G'_n$ ，且 $G_n > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{cu,n}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

C.1.4 对检出的离群值 $f_{cu,n}$ ，若 $G_n > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{cu,n}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{cu,n}$ 为歧离值。

C.1.5 若 $G'_n > G_n$ ，且 $G'_n > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{cu,1}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

C.1.6 对检出的离群值 $f_{cu,1}$ ，若 $G'_n > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{cu,1}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{cu,1}$ 为歧离值。

C.2 异常数据处理

C.2.1 若检出了一个离群值，应用相同的检出水平和相同的规则继续检验，直到不能检出离群值为止。对除去已检出离群值后余下的数值，应按本规程第6.0.1条重新计算强度换算值的平均值、标准差和变异系数。检出的离群值总数不宜超过样本量的5%，若检出的离群值总数超过了这个上限，对此样本应做慎重的研究和处理。

C.2.2 检出歧离值后，不得随意舍去歧离值，应尽可能寻找其技术或物理上的原因，若在技术或物理上找到了原因，则应剔除或修正；若未找到技术或物理上的原因，则不得剔除或进行修正。

C.2.3 为保证结构安全，建议按下列方法处理：

- 1 高端歧离值可从样本中直接剔除；
- 2 低端歧离值在有充分理由说明其异常原因时，可以剔除；
- 3 当无充分理由说明其异常原因时，在低端歧离值邻近位置重新取样复测，根据复测结果，判断是否剔除；
- 4 保留歧离值，补充检测，增加样本数后重新检验异常值；
- 5 保留歧离值，重新划分检测批后重新检测；
- 6 歧离值剔除应由主检签字认可，并应记录剔除的理由和必要的说明。

附录 D 检验批样本容量与推定区间 上、下限系数

表 D 检验批样本容量与推定区间上、下限系数

样本 容量 n	0.05 分位值		样本 容量 n	0.05 分位值	
	$k_{0.05,u}$ (0.05)	$k_{0.05,l}$ (0.05)		$k_{0.05,u}$ (0.05)	$k_{0.05,l}$ (0.05)
5	0.818	4.203	24	1.210	2.309
6	0.875	3.708	25	1.217	2.292
7	0.920	3.399	26	1.225	2.275
8	0.958	3.187	27	1.231	2.260
9	0.990	3.031	28	1.238	2.246
10	1.017	2.911	29	1.244	2.232
11	1.041	2.815	30	1.250	2.220
12	1.062	2.736	31	1.255	2.208
13	1.081	2.671	32	1.261	2.197
14	1.098	2.614	33	1.266	2.186
15	1.114	2.566	34	1.271	2.176
16	1.128	2.524	35	1.276	2.167
17	1.141	2.486	36	1.280	2.158
18	1.153	2.453	37	1.284	2.149
19	1.164	2.423	38	1.289	2.141
20	1.175	2.396	39	1.293	2.133
21	1.184	2.371	40	1.297	2.125
22	1.193	2.349	41	1.300	2.118
23	1.202	2.328	42	1.304	2.111

续表 D

样本 容量 n	0.05 分位值		样本 容量 n	0.05 分位值	
	$k_{0.05,u}$ (0.05)	$k_{0.05,l}$ (0.05)		$k_{0.05,u}$ (0.05)	$k_{0.05,l}$ (0.05)
43	1.308	2.105	100	1.414	1.927
44	1.311	2.098	110	1.424	1.912
45	1.314	2.092	120	1.433	1.899
46	1.317	2.086	130	1.441	1.888
47	1.321	2.081	140	1.448	1.879
48	1.324	2.075	150	1.454	1.870
49	1.327	2.070	160	1.459	1.862
50	1.329	2.065	170	1.465	1.855
60	1.354	2.022	180	1.469	1.849
70	1.374	1.990	190	1.474	1.843
80	1.390	1.964	200	1.478	1.837
90	1.403	1.944			

附录 E 格拉布斯检验临界值表

表 E 格拉布斯检验临界值表

测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$
5	1.715	1.764	26	2.841	3.157	47	3.103	3.455
6	1.887	1.973	27	2.859	3.178	48	3.111	3.464
7	2.020	2.139	28	2.876	3.199	49	3.120	3.474
8	2.126	2.274	29	2.893	3.218	50	3.128	3.483
9	2.215	2.387	30	2.908	3.236	51	3.136	3.491
10	2.290	2.482	31	2.924	3.253	52	3.143	3.500
11	2.355	2.564	32	2.938	3.270	53	3.151	3.507
12	2.412	2.636	33	2.952	3.286	54	3.158	3.516
13	2.462	2.699	34	2.965	3.301	55	3.166	3.524
14	2.507	2.755	35	2.979	3.316	56	3.172	3.531
15	2.549	2.806	36	2.991	3.330	57	3.180	3.539
16	2.585	2.852	37	3.003	3.343	58	3.186	3.546
17	2.620	2.894	38	3.014	3.356	59	3.193	3.553
18	2.651	2.932	39	3.025	3.369	60	3.199	3.560
19	2.681	2.968	40	3.036	3.381	61	3.205	3.566
20	2.709	3.001	41	3.046	3.393	62	3.212	3.573
21	2.733	3.031	42	3.057	3.404	63	3.218	3.579
22	2.758	3.060	43	3.067	3.415	64	3.224	3.586
23	2.781	3.087	44	3.075	3.425	65	3.230	3.592
24	2.802	3.112	45	3.085	3.435	66	3.235	3.598
25	2.822	3.135	46	3.094	3.445	67	3.241	3.605

续表 E

测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测区 数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$
68	3.246	3.610	79	3.301	3.669	90	3.347	3.716
69	3.252	3.617	80	3.305	3.673	91	3.350	3.720
70	3.257	3.622	81	3.309	3.677	92	3.355	3.725
71	3.262	3.627	82	3.315	3.682	93	3.358	3.728
72	3.267	3.633	83	3.319	3.687	94	3.362	3.732
73	3.272	3.638	84	3.323	3.691	95	3.365	3.736
74	3.278	3.643	85	3.327	3.695	96	3.369	3.739
75	3.282	3.648	86	3.331	3.699	97	3.372	3.744
76	3.287	3.654	87	3.335	3.704	98	3.377	3.747
77	3.291	3.658	88	3.339	3.708	99	3.380	3.750
78	3.297	3.663	89	3.343	3.712	100	3.383	3.754

注：当测区数量大于 100 时，可按测区数量为 100 取值。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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用词：

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用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 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“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 2 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 3 《计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划》 GB/T 2828.1
- 4 《钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程》 DB37/T 2368
- 5 《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》 GB/T 4883
- 6 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 7 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 8 《正态分布完全样本可靠度置信下限》 GB/T 4885

山东省工程建设标准

拉应力法检测混凝土抗压强度
技术规程

DB37/T 5171—2020

条 文 说 明

编制说明

《拉应力法检测混凝土抗压强度技术规程》DB37/T 5171—2020 经山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局 2020 年 10 月 15 日以第 21 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设和实践经验，同时参考国内相关技术标准，各参加单位进行了验证研究，为本规程编制提供了极有价值的资料。

为了便于广大设计、施工、检测、加固等单位有关人员在使用标准时正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	32
3	检测设备	33
3.1	技术要求	33
3.2	校准和保养	33
4	检测技术	34
4.1	检测准备	34
4.2	钻制试件	36
4.3	数据采集与计算	36
4.4	钻芯修正	36
5	测强曲线	38
6	检测数据分析处理	39
7	混凝土强度推定	40

1 总 则

1.0.1 统一山东地区使用拉应力法检测混凝土抗压强度的方法，推广使用山东地区拉应力法检测混凝土强度地区曲线，保证检测精度，提高山东地区建筑工程质量检测技术水平，是制定本规程的目的。

1.0.2 正常情况下，新建工程混凝土强度的检测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》GB 50204 和《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 执行，采用标准试块的抗压强度来检验评定混凝土的强度质量。但是，当对结构或构件混凝土强度产生怀疑或试块与结构中混凝土质量明显不一致时，或者需要推定结构实体中混凝土强度时，可按本规程进行检测，推定混凝土强度，检测结果可作为处理混凝土质量问题的一个主要依据。

本规程依据山东地区拉应力法检测混凝土强度曲线编制，仅适用于山东地区范围内的工业与民用建筑和一般构筑物的普通混凝土抗压强度的检测。本规程中引进了抽样检验和概率统计的概念，推定的混凝土强度具有 95% 的保证率，可作为处理混凝土质量问题的一个依据。

1.0.3 现场检测人员应注意高空安全劳动保护，有关劳保用品应根据现场检测条件，参照有关国家安全条例来决定。

3 检测设备

3.1 技术要求

3.1.1 拉应力法可采用混凝土钻孔机或取芯机，操作时要注意，保证钻孔方向垂直于混凝土检测面。

3.1.2 钻孔机带水带电作业，一定要选择正规电气生产厂家合格产品，测力系统的计量仪表属于计量仪器，应按要求定期校准。

3.1.3 ~ 3.1.9 规定了拉应力法检测装置基本要求。

3.2 校准和保养

3.2.1 测力系统准确可靠是检测结果准确可靠的基础，测力系统应按要求定期校准，校准合格方可使用。

3.2.2 测力系统是一台集测力、记录、计数于一体的电子仪器，当受到意外影响或不按规程操作，如发生高处坠落或超载使用，将影响仪器的性能，一旦出现突然停机、异响、操作失控，应立即关闭电源后返厂检修。

测力系统使用完毕，内部电路还处于工作状态，应关闭电源，防止误启动进入工作状态。工作时产生的灰尘易渗入机体内部，影响电气系统正常工作或使驱动总成的润滑状况降低，因此，应将仪器擦拭干净，最后将仪器装入箱内，存放在阴凉干燥处。

4 检测技术

4.1 检测准备

4.1.1 现场工程检测之前，应进行必要的资料准备，尽可能地全面了解有关原始记录和资料，为正确选择检测方案、测强曲线和推定混凝土强度提供可靠信息。

4.1.2 去现场检测前应检查仪器设备，保证工作安全顺利进行，保证仪器准确可靠。

4.1.3 规定了结构或构件混凝土强度检测的两种方式。明确了单个构件检测与按批抽样检测的适用范围。单个构件检测结果只能代表单个构件的混凝土强度，不能以单个构件检测结果代表其他构件的混凝土强度。

4.1.4 某些大型结构如烟囱、水塔等虽是单个结构，但按单个构件确定测区数量显然不合适，此时，可将大型结构按施工顺序划分为若干个检测区域，每个检测区域作为一个独立构件，根据检测区域数量，可选择单个构件检测，也可选择按批抽样检测。

4.1.5 依据现行国家标准《计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划》GB/T 2828.1中表1，并且使用一般检验的Ⅱ水平，规定按批抽样检测随机抽测构件最小数量，检测过程中，以构件总数作为检测批的容量，随机抽测构件最小数量应满足表4.1.5中的要求；也可在大型构件上布置若干个检测区域，以检测区域总数作为检测批的容量，随机抽测构件最小数量应满足表4.1.5中的要求。

对于施工资料完善，混凝土立方体试块检测结果合格，或混凝土立方体试块检测结果缺失的情况下，可以按照正常检验执行。

对于施工资料不完善，或混凝土立方体试块检测结果不合

格,或者已经发现混凝土质量问题的情况下,应按加严检验执行。

对于施工资料完善,混凝土立方体试块检测结果合格,已获得资料证明混凝土强度符合质量要求的情况下,可按放宽检验执行。

按照此原则,工程结构混凝土强度检测抽测构件最小数量,正常检验对应检测类别 B,加严检验对应检测类别 C,放宽检验对应检测类别 A。

4.1.6 拉应力法实质是根据混凝土拉应力推定结构混凝土强度,如果表层混凝土与内部质量有明显差异,而表层混凝土易于清除时,应将表层混凝土清除干净后进行检测,如果表层混凝土与内部质量有明显差异,而表层混凝土不易清除时,拉应力法不适用。

4.1.7 构件测点布置要注意以下要求:

1 拉应力法检测给构件测点部位造成局部损伤,单个构件考虑测点均匀分布且要有代表性,在一个构件上先布置 5 个测点,然后根据 5 个测点拉力的离散程度决定是否增加测点,如离散较大,则加测 2 个测点。这种复式布点可减少一些测点数量,且检测结果更可靠。

2 按批抽样检测考虑构件类型和受力特征确定测点位置和数量,对面积较大构件可增加测点。

3 试验证明,不同检测面检测的结果有所差异,一般是混凝土成型顶面拉应力略小,山东地区测强曲线是建立在混凝土试件成型侧面基础上的,因此规定优先检测混凝土成型的侧面。

4 表层浮浆较厚或检测面不平整,会使检测结果偏低,所以,在混凝土表面检测时,应清除浮浆,并将检测面打磨平整。

5 本条规定应选择结构构件受力较小部位是指测点选择在柱的中部、距梁柱节点至梁跨中的 $1/3$ 处,同时规定测点间距和测点距构件边缘距离。

6 拉应力法钻芯前要先进行探测准备,钻头切断钢筋、预

埋件或管线对结构不利，同时断面钢筋、预埋件或管线对检测影响较大，所以，要在钻芯前确定钢筋、预埋件和管线位置并避开；若钢筋保护层厚度大于 55mm，因钻芯深度为 44mm ~ 48mm，混凝土深处钢筋不再影响拉应力，所以，可不再考虑钢筋位置。

7 测点应避开接缝、施工缝、蜂窝、麻面部位，使检测结果更有代表性、更准确。检测过程中，发现结构混凝土存在严重的蜂窝、麻面现象，可能影响结构安全时，检测人员有义务提出混凝土缺陷检测建议，或直接向监督部门反映。

4.2 钻制试件

4.2.1 钻芯机性能直接影响钻芯质量。

4.2.2 ~ 4.2.4 钻芯机安装稳固、进钻平稳能减少钻机对试件扰动，同时，保证试件侧面整齐、受力均匀。

4.2.5 钻制后圆形槽内泥浆若不及时清除，会使测力仪安装困难，泥浆变硬后再清除可能对试件造成扰动。

4.2.6 检测后孔洞及时修补，保证结构安全。

4.2.7 安全生产，时刻不忘。

4.3 数据采集与计算

4.3.1 保证混凝土试件垂直向上受拉。

4.3.2 施加拉力的速度大小对极限拉力有影响，为了避免这一影响，本条规定了施加拉力的速度范围。

4.3.3 规定了测量直径的方法。

4.3.4 混凝土极限拉应力计算方法。

4.4 钻芯修正

4.4.1 拉应力法与钻芯法综合使用既避免了大量钻取芯样有损混凝土结构，又提高了拉应力法检测的精度，充分发挥了各自的特长。

4.4.2 山东省地方标准《钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程》DB37/T 2368 对钻芯法检测混凝土强度有详细规定，使用钻芯法进行修正也必须严格执行此规程有关要求。

5 测强曲线

5.0.1 本条规定了测强曲线的使用范围：

1 山东地区建筑工程中采用的混凝土粗骨料一般为最大粒径小于或等于 40mm 的碎石，很少使用大于 40mm 的粗骨料，制定曲线时采用的粗骨料为最大粒径小于或等于 40mm 的碎石，因此规定碎石最大粒径不超过 40mm。

2 由于制定曲线时，10MPa 以下的混凝土试样较少，本曲线不适用于 10MPa 以下的混凝土强度检测；在现有技术条件下，规定可检测混凝土最高强度为 80MPa。

3 混凝土的普通成型工艺是指一般普通机械搅拌振动成型或泵送施工成型，不包括离心法、真空法、压浆法及喷射法等特殊工艺。

4 拉应力法检测混凝土强度受龄期的影响比较小，但混凝土表面要有足够支撑力。

5.0.2 当现场结构或构件混凝土状况与本规程测强曲线的适用条件不一致时，不能直接用本规程测强曲线来推定其混凝土强度，若一定要使用拉应力法检测，则必须另外制定相同条件的基准曲线，才能满足检测精度的要求，否则误差太大。

5.0.3 本规程定义的拉应力法是以试验为基础，在大量试验的基础上，总结分析出混凝土拉应力与混凝土抗压强度之间的关系，得到混凝土强度换算曲线。进行工程检测时，通过测得混凝土结构或构件的拉应力力值，就可推出混凝土的抗压强度值。编制组经过试验研究，取得大量数据，利用这些数据，通过多种曲线回归方式进行分析对比，确定山东地区拉应力法测强曲线，见下式：

$$f_{cu,i}^l = 17.4792 \sigma_i^{1.0789} \quad (1)$$

其中， $r=0.911$ ， $s=4.95\text{MPa}$ ， $\delta_r=10.95\%$ ， $e_r=12.82\%$ 。

6 检测数据分析处理

6.0.1 本条规定了构件混凝土的强度平均值、标准差及变异系数计算方法。检测报告中，除给出强度推定值外，对于测区数大于等于 10 个的构件要给出测区强度平均值、标准差、变异系数和最小测区强度值，使委托方既能了解构件的强度推定值又能考虑其测区强度平均值、最小测区强度值和质量匀质性的，对设计人员事后处理构件混凝土质量问题很有用处。

6.0.2 异常数据的存在会降低检测精度，甚至导致错误结论。异常数据的判断和处理应符合现行国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 的规定。

6.0.3 对按批抽样检测的变异系数进行限制，当变异系数过大时，说明已有某些偶然因素在起作用，这些测区不能认为是属于同一母体，不能按批进行推定。本规程变异系数限值的取值，是依据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 条文说明附录 C 确定，此标准采用 2008—2010 年全国商品混凝土参数的统计结果。考虑混凝土拉应力离散性比标准试块抗压强度离散性大，对数值进行了调整。

6.0.4、6.0.5 对检测批混凝土强度变异系数超出界限后可采取的相应措施做出规定。

7 混凝土强度推定

7.0.1 当单个构件 5 个拉力中最大或最小拉力值与中间值之差小于中间值的 20% 时, 说明构件混凝土强度的均匀性较好, 且检测误差较小, 不必加测, 为提高保证率, 将最小拉力值作为该构件拉应力计算值。

当单个构件 5 个拉力中最大或最小拉力值与中间值之差大于中间值的 20% 时, 说明混凝土强度均匀性较差或检测误差较大, 为证实最小拉力的真实性, 消除试验误差, 故在最小拉力值测点附近加测 2 个测点, 此拉力计算值的取值方法仍然是本着提高保证率的原则确定的。

对于单个构件检测, 因结构破坏一般从强度最低处开始, 故以最小值作为构件强度推定值。

7.0.2、7.0.3 由于抽样检测必然存在的抽样不确定性, 所以给出的推定值必然与检测批混凝土强度值的真值存在偏差, 因此, 检验批的混凝土强度推定值应属于由置信度决定的一个推定区间。

根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的相关规定, 错判概率小于 0.05, 漏判概率小于 0.05, 此推定区间的置信度应为 0.90, 保证率应为 0.95。推定区间的上限值和下限值按下列公式计算:

上限值:

$$f_{cu,e1} = m_{fcu}^c - k_1 s_{fcu}^c \quad (2)$$

下限值:

$$f_{cu,e2} = m_{fcu}^c - k_2 s_{fcu}^c \quad (3)$$

式中: $f_{cu,e1}$ ——检验批混凝土抗压强度推定区间的上限值;

$f_{cu,e2}$ ——检验批混凝土抗压强度推定区间的下限值;

k_1 、 k_2 ——推定区间的上限值系数和下限值系数，其取值可根据推定区间的置信度和保证率，由现行国家标准《正态分布完全样本可靠度置信下限》GB/T 4885 查得。

如果我们按照数理统计的概念，仅给出被测混凝土强度真值所处的推定区间，将无法进行结构混凝土强度合格评定，如结构混凝土强度设计强度等级为 C20，检测后得出推定区间为 [18.5, 22.0]，此时，就很难评定混凝土强度是否合格。

参考国内相关标准，规定检测批具有 95% 保证率的推定值 $f_{cu,e}^c$ 的计算方法，即混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c = m_{f_{cu}^c} - 1.645 s_{f_{cu}^c}$ ，这是构件本身的强度值。

7.0.4 有时同一检测批构件总数达到 200 多个，随机抽测构件数量 30 多个，会出现个别构件测区强度换算值的平均值明显小于同批强度推定值的现象， $f_{cu,e}^c - f_{cu,min}^c > 5.0$ 说明此构件比强度推定值低一个强度等级，编制组认为，结构的破坏总是从最薄弱的地方开始，作为一个结构整体，部分薄弱部位破坏后，其承担的荷载会重新分配到其他构件上，进而引起整体结构的破坏，所以，要求强度明显低于 $f_{cu,e}^c$ 的作为异常构件处理。

7.0.5 强度明显低于 $f_{cu,e}^c$ 的异常构件正是结构混凝土强度的最薄弱部位，如果只是把这些数据简单剔除，就是给工程留下隐患，所以，要求对这部分混凝土及同时施工的混凝土重新进行检测。



统一书号：155160 · 2269
定 价： 50.00 元