



T/CECS 801-2021

中国工程建设标准化协会标准

回弹法检测水泥基灌浆材料 抗压强度技术规程

Technical specification for inspecting of cementitious
grout compressive strength by rebound method

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

回弹法检测水泥基灌浆材料
抗压强度技术规程

Technical specification for inspecting of cementitious
grout compressive strength by rebound method

T/CECS 801-2021

主编单位：陕西省建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 2 1 年 6 月 1 日

中国计划出版社

2021 北 京

中国工程建设标准化协会标准
回弹法检测水泥基灌浆材料
抗压强度技术规程

T/CECS 801-2021



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 1.25 印张 30 千字

2021 年 5 月第 1 版 2021 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1530 册



统一书号:155182·0812

定价:18.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中国工程建设标准化协会公告

第 768 号

关于发布《回弹法检测水泥基灌浆材料 抗压强度技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕031 号)的要求,由陕西省建筑科学研究院有限公司等单位编制的《回弹法检测水泥基灌浆材料抗压强度技术规程》,经协会砌体结构专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 801-2021,自 2021 年 6 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇二一年一月十二日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕031 号)的要求,规程编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分 6 章和 4 个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、回弹仪、检测、灌浆料强度的推定等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会砌体结构专业委员会归口管理,由陕西省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议,请寄送至解释单位(地址:西安市环城西路 272 号,邮政编码:710082)。

主 编 单 位: 陕西省建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位: 西安建筑科技大学

重庆市建筑科学研究院有限公司

深圳大学

辽宁省建设科学研究院有限责任公司

辽宁省预拌砂浆行业协会

重庆中机中联检测技术有限公司

陕西恒基建筑特种技术有限公司

汉阴县天元工业废渣科技开发有限公司

陕西交科新材料有限公司

中德新亚建筑材料有限公司

重庆迪翔建材有限公司

乐陵市回弹仪厂

舟山市博远科技开发有限公司

主要起草人：董军锋 王耀南 南 峰 雷 波 张京街
张兴伟 崔宏志 金恒刚 徐春一 董振平
王 鑫 马建勋 廖新雪 赵国红 侯朝辉
李 伟 王学振 李俊峰 王 帅 周岳年
康 勇 沈 垚 马瑞杰 金志扬

主要审查人：梁建国 由世岐 陈大川 刘 斌 王俊川
刘 明 蔡晓东

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(4)
4	回弹仪	(5)
4.1	一般规定	(5)
4.2	检定及校准	(5)
4.3	保养	(6)
5	检 测	(7)
5.1	一般规定	(7)
5.2	回弹值测量	(8)
5.3	回弹值计算	(8)
6	灌浆料强度的推定	(9)
附录 A	测区灌浆料强度换算	(11)
附录 B	测强曲线的验证方法	(13)
附录 C	专用灌浆料测强曲线的制定方法	(14)
附录 D	回弹法检测灌浆料抗压强度报告	(16)
本规程用词说明		(17)
引用标准名录		(18)
附:条文说明		(19)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirements	(4)
4	Rebound hammer	(5)
4.1	General requirements	(5)
4.2	Verification and calibration	(5)
4.3	Maintenance	(6)
5	Testing	(7)
5.1	General requirements	(7)
5.2	Measurement of rebound value	(8)
5.3	Calculation of rebound value	(8)
6	Estimation of compressive strength for cementitious grout	(9)
Appendix A	Conversion of compressive strength of cementitious grout for test area	(11)
Appendix B	Verification method of strength curve of cementitious grout	(13)
Appendix C	Formulating method of special testing strength curve	(14)
Appendix D	Testreport of cementitious grout compressive strength by rebound method	(16)
	Explanation of wording in this specification	(17)
	List of quoted standards	(18)
	Addition; Explanation of provisions	(19)

1 总 则

1.0.1 为检测工程结构中的水泥基灌浆材料抗压强度,保证检测结果的可靠性,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用第Ⅳ类水泥基灌浆材料浇筑的结构实体抗压强度的检测,不适用于表层与内部有明显差异或内部存在缺陷的灌浆料强度检测。

1.0.3 采用回弹法检测水泥基灌浆材料抗压强度除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 回弹法 rebound method

根据回弹值推定材料强度的方法。

2.1.2 水泥基灌浆材料 cementitious grout

由水泥、骨料、外加剂和矿物掺合料等原材料在专业化工厂按比例计量混合而成,在使用地点按规定比例加水或配套组分拌和,用于螺栓锚固、结构加固、预应力孔道等灌浆的材料。其中,第Ⅳ类水泥基灌浆材料最大骨料粒径要求大于 4.75mm 且小于或等于 25mm。简称灌浆料。

2.1.3 测区 test area

检测构件灌浆料强度时的一个检测单元。

2.1.4 测点 test point

测区内的一个回弹检测点。

2.1.5 测区灌浆料强度换算值 conversion value of cementitious grout strength of test area

由测区的平均回弹值通过测强曲线或测区强度换算表得到的测区现龄期灌浆料强度值。

2.1.6 灌浆料强度推定值 estimation value of strength for cementitious grout

相应于强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的构件中的灌浆料强度值。

2.2 符 号

e_r ——相对标准差;

- $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测区灌浆料强度换算值；
 $f_{cu,e}$ ——构件灌浆料强度推定值；
 $f_{cu,min}^c$ ——构件中测区灌浆料强度换算值的最小值；
 $f_{cu,i}$ ——第 i 个灌浆料立方体试块的抗压强度；
 $m_{f_{cu}}^c$ ——构件测区灌浆料强度换算值的平均值；
 R_m ——测区平均回弹值；
 R_i ——测区第 i 个测点的回弹值；
 $s_{f_{cu}}^c$ ——构件测区灌浆料强度换算值的标准差；
 δ ——平均相对误差。

3 基本规定

3.0.1 本规程适用于在混凝土结构及砌体结构加固改造工程中，采用强度等级为 C25～C80 的第Ⅳ类灌浆料浇筑的结构实体抗压强度的检测。

3.0.2 灌浆料应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

3.0.3 回弹仪应符合现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138 的有关规定，并按现行行业标准《回弹仪》JJG 817 的有关规定进行检定。

3.0.4 使用回弹仪的检测人员应通过专业培训。

3.0.5 当灌浆料实体构件符合下列条件时，可按本规程附录 A 的规定进行强度换算：

- 1 采用灌浆料成型工艺；
- 2 采用符合国家标准规定的模板；
- 3 符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 规定的第Ⅳ类水泥基灌浆材料；
- 4 构件表层为干燥状态；
- 5 自然养护；
- 6 龄期为 1d～180d；
- 7 设计强度为 25.0MPa～80.0MPa。

3.0.6 在采用本规程测强曲线前，应按本规程附录 B 的规定进行验证。

3.0.7 当有专用测强曲线时，应优先采用，灌浆料抗压强度换算值宜按专用测强曲线计算或查表得出。专用测强曲线应按本规程附录 C 的规定制定。

4 回 弹 仪

4.1 一 般 规 定

4.1.1 回弹仪应在明显位置上标注名称、型号、制造商、出厂编号等,回弹仪应具有产品合格证及计量检定证书。

4.1.2 回弹仪除应符合现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138 的有关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 回弹仪的标称能量应为 2.207J;
- 2 回弹仪的弹击锤脱钩时,指针滑块示值刻线应对应于刻度尺满刻度处,且示值误差不应大于 $\pm 0.4\text{mm}$;
- 3 在洛氏硬度 HRC 为 60 ± 2 的钢砧上,回弹仪的率定值应为 80 ± 2 ;
- 4 数字式回弹仪应带有指针直读示值系统,指针滑块刻线回弹值与数显回弹值的示值误差不应大于 ± 1 。

4.1.3 回弹仪使用时的工作温度应为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,相对湿度小于 90%。

4.2 检 定 及 校 准

4.2.1 回弹仪检定周期为半年,当回弹仪具有下列情况之一时,应由法定计量检定机构按现行行业标准《回弹仪》JJG 817 进行检定或校准后方可使用:

- 1 新回弹仪启用前;
- 2 超过检定有效期限;
- 3 数字式回弹仪数显回弹值与指针直读示值误差大于 ± 1 ;
- 4 经保养后,在钢砧上的率定值不合格;
- 5 遭受严重撞击或其他损害。

4.2.2 有下列情况之一时,回弹仪应在钢砧上进行率定试验:

- 1 回弹仪当天使用前;
- 2 测试过程中回弹值异常时。

4.2.3 回弹仪的率定试验应符合下列规定:

- 1 钢砧表面应干燥、清洁,并稳固地平放在刚度大的物体上;
- 2 率定试验应分四个方向进行,且每个方向弹击前,弹击杆应旋转 90° ,每个方向的回弹平均值均应为 80 ± 2 ;
- 3 回弹值应取连续向下弹击三次的稳定回弹结果的平均值。

4.3 保 养

4.3.1 当回弹仪存在下列情况之一时,应进行保养:

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

4.3.2 回弹仪的保养应按下列步骤进行:

- 1 先将弹击锤脱钩,取出机芯。
- 2 清洁中心导杆、弹击锤和弹击杆的内孔及冲击面。清理后,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 保养时,不得旋转尾盖上已定位紧固的调零螺丝,不得自制或更换零部件。
- 4 保养后应进行率定。

5 检 测

5.1 一 般 规 定

5.1.1 采用回弹法检测灌浆料强度前,宜收集下列有关资料:

- 1 工程名称、工程地址、建设单位、设计单位、施工单位、监理单位;
- 2 设计图纸;
- 3 构件名称及灌浆料类型;
- 4 灌浆料配合比、用量、浇筑日期、养护情况等;
- 5 检测原因。

5.1.2 对同批构件灌浆料强度按批抽样检测时,构件应随机抽取,抽检数量不宜少于同批构件总数的 30% 且不宜少于 10 个。当检验批中受检构件数量大于 30 个时,构件抽样数量可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 进行适当调整。

5.1.3 单个构件的检测应符合下列规定:

1 构件测区数不宜少于 10 个。当构件某一方向尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时,每个构件的测区数量可适当减少,但不应少于 5 个。

2 测区尺寸宜为 200mm×200mm。相邻两测区的间距不应大于 2m,测区离构件边缘的距离不宜小于 0.1m。

3 测区应选在使回弹仪处于水平方向的灌浆料浇筑侧面。

4 测区宜布置在构件的两个对称可测面上,当不能布置在对称的可测面上时,也可布置在同一可测面上,且应均匀分布。在构件的重要部位及薄弱部位应布置测区,并应避开预埋件。

5 测区表面应为灌浆料原浆面,并应清洁、平整,不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝等缺陷。表面不平处可用砂轮轻度

打磨,并擦净残留粉尘。

6 对弹击时产生颤动的薄壁、小型构件,检测前应采取固定措施。

5.2 回弹值测量

5.2.1 在构件上回弹测量时,回弹仪的轴线应始终垂直于灌浆料成型侧面,并应缓慢施压、准确读数、快速复位。

5.2.2 每一测区应读取 16 个回弹值,每一测点的回弹值读数应精确至 1。测点宜在测区范围内均匀分布,相邻两测点的净距离不宜小于 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,同一测点应只弹击一次。

5.3 回弹值计算

5.3.1 计算测区平均回弹值时,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,按下式计算其余的 10 个回弹值的平均值:

$$R_m = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i \quad (5.3.1)$$

式中: R_m ——测区平均回弹值,精确至 0.1MPa;

R_i ——第 i 个测点的回弹值,精确至 1MPa。

5.3.2 采用数显回弹仪测试可直接读取测区平均回弹值。

6 灌浆料强度的推定

6.0.1 构件中第 i 个测区的平均回弹值 (R_m), 可按本规程第 5.3.1 条的规定求得, 灌浆料抗压强度换算值可按本规程附录 A 查表或计算得出。

6.0.2 构件的测区灌浆料强度平均值应根据各测区的灌浆料抗压强度换算值计算。当测区数为 10 个及以上时, 还应计算强度标准差, 其平均值及标准差应按下列公式计算:

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (6.0.2-1)$$

$$s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c - m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (6.0.2-2)$$

式中: $m_{f_{cu}^c}$ —— 构件测区灌浆料强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{cu,i}^c$ —— 第 i 个测区灌浆料强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

n —— 对于单个检测的构件, 取该构件的测区数; 对批量检测的构件, 取所有被抽检构件测区数之和;

$s_{f_{cu}^c}$ —— 构件测区灌浆料强度换算值的标准差 (MPa), 精确至 0.01MPa。

6.0.3 构件的现龄期灌浆料强度推定值 ($f_{cu,e}$) 应符合下列规定:

1 当构件测区数少于 10 个时, 应按下列公式计算:

$$f_{cu,e} = f_{cu,\min}^c \quad (6.0.3-1)$$

式中: $f_{cu,e}$ —— 构件灌浆料强度推定值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{cu,\min}^c$ —— 构件中测区灌浆料强度换算值的最小值 (MPa), 精

确至 0.1MPa。

- 2 当构件测区数不少于 10 个时,应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - 1.645s_{f_{cu}^c} \quad (6.0.3-2)$$

- 3 当批量检测时,应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - ks_{f_{cu}^c} \quad (6.0.3-3)$$

式中: k ——推定系数,宜取 1.645;当需要推定强度区间时,可按国家现行有关标准的规定取值。

注:构件的灌浆料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%的构件中灌浆料强度值。

6.0.4 对按批量检测的构件,当该批构件灌浆料强度标准差出现下列情况之一时,则该批构件应全部按单个构件检测:

1 当该批构件灌浆料强度平均值($m_{f_{cu}^c}$)不大于 50.0MPa 且标准差($s_{f_{cu}^c}$)大于 5.50MPa 时;

2 当该批构件灌浆料强度平均值($m_{f_{cu}^c}$)大于 50.0MPa 且标准差($s_{f_{cu}^c}$)大于 6.50MPa 时。

6.0.5 回弹法检测灌浆料抗压强度报告可按本规程附录 D 的格式编写。

附录 A 测区灌浆料强度换算

A.0.1 灌浆料抗压强度换算值可按表 A.0.1 查表得出。

表 A.0.1 测区灌浆料强度换算表

R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$
27.2	25.3	32.8	36.3	38.4	49.3	44.0	64.2
27.4	25.6	33.0	36.7	38.6	49.8	44.2	64.8
27.6	26.0	33.2	37.2	38.8	50.3	44.4	65.3
27.8	26.3	33.4	37.6	39.0	50.8	44.6	65.9
28.0	26.7	33.6	38.0	39.2	51.3	44.8	66.5
28.2	27.1	33.8	38.5	39.4	51.8	45.0	67.1
28.4	27.5	34.0	38.9	39.6	52.3	45.2	67.6
28.6	27.8	34.2	39.4	39.8	52.8	45.4	68.2
28.8	28.2	34.4	39.8	40.0	53.4	45.6	68.8
29.0	28.6	34.6	40.3	40.2	53.9	45.8	69.4
29.2	29.0	34.8	40.7	40.4	54.4	46.0	70.0
29.4	29.4	35.0	41.2	40.6	54.9	46.2	70.6
29.6	29.8	35.2	41.6	40.8	55.4	46.4	71.2
29.8	30.1	35.4	42.1	41.0	56.0	46.6	71.8
30.0	30.5	35.6	42.6	41.2	56.5	46.8	72.4
30.2	30.9	35.8	43.0	41.4	57.0	47.0	73.0
30.4	31.3	36.0	43.5	41.6	57.6	47.2	73.6
30.6	31.7	36.2	44.0	41.8	58.1	47.4	74.2
30.8	32.1	36.4	44.4	42.0	58.7	47.6	74.8
31.0	32.5	36.6	44.9	42.2	59.2	47.8	75.4
31.2	33.0	36.8	45.4	42.4	59.7	48.0	76.0

续表 A. 0. 1

R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$	R_m	$f_{cu,i}^c$
31.4	33.4	37.0	45.9	42.6	60.3	48.2	76.6
31.6	33.8	37.2	46.4	42.8	60.8	48.4	77.2
31.8	34.2	37.4	46.8	43.0	61.4	48.6	77.9
32.0	34.6	37.6	47.3	43.2	62.0	48.8	78.5
32.2	35.0	37.8	47.8	43.4	62.5	49.0	79.1
32.4	35.5	38.0	48.3	43.6	63.1	49.2	79.7
32.6	35.9	38.2	48.8	43.8	63.6	—	—

注:1 表中 R_m 为测区平均回弹值, $f_{cu,i}^c$ 为测区灌浆料强度换算值;

2 表内未列数值可用内插法求得,精度至 0.1MPa。

A. 0. 2 灌浆料抗压强度换算值也可依据下式计算得出。

$$f_{cu,i}^c = 0.041628 R_m^{1.939894} \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中: R_m ——测区平均回弹值,精确至 0.1MPa;

$f_{cu,i}^c$ ——测区灌浆料强度换算值,精确至 0.1MPa。

附录 B 测强曲线的验证方法

B.0.1 在采用本规程测强曲线前应进行验证。

B.0.2 灌浆料应符合本规程第 3.0.2 条的规定,回弹仪应符合本规程第 4.1 节的规定。

B.0.3 测强曲线可按下列步骤进行验证:

1 根据各品牌灌浆料的特点和配合比,制作 C30~C60 至少 5 个强度等级、边长为 150mm 灌浆料立方体标准试件,每组 6 块,并自然养护。

2 按 1d、3d、7d、14d、28d(龄期可根据需要适当内插),进行欲验证测强曲线对应的回弹测试和试件抗压试验。

3 根据每个试件测得的测区平均回弹值(R_m),可按本规程附录 A 查表或计算得出试件的换算强度。

4 根据实测试件抗压强度和换算强度,按附录第 C.0.5 条计算强度平均相对误差(δ)和强度相对标准差(e_r)。

5 当 δ 小于或等于 15% 且 e_r 小于或等于 18% 时,可使用本规程测强曲线。

附录 C 专用灌浆料测强曲线的制定方法

C.0.1 采用灌浆料应符合本规程第 3.0.2 条的规定,并按厂家配合比制作强度等级为 C25~C80、边长 150mm 的立方体标准试件。回弹仪应符合本规程第 4.1 节的规定。

C.0.2 制定专用测强曲线的试块应与欲测构件在原材料(含品种、规格)、成型工艺、养护方法等方面条件相同。

C.0.3 试块的制作、养护应符合下列规定:

1 因每个品牌灌浆料属同一配合比,故制作不同强度等级的试块需从 1d、3d、7d、28d、60d 等龄期的试块强度试验中摸索其强度增长规律,根据实际情况确定各个强度等级的对应龄期;

2 不同龄期对应的每一强度等级制作不少于 6 个边长为 150mm 立方体试块;

3 试件拆模后应按“品”字形堆放在不受日晒雨淋处自然养护;

4 试块最长龄期不小于 60d,且不大于 180d。

C.0.4 试块的测试应按下列步骤进行:

1 擦净试块表面,以浇筑侧面的两个相对面置于压力机的上下承压板之间,加压 60kN~100kN;

2 在试块保持压力下,采用符合本规程第 4.1.2 条规定的标准状态的回弹仪和本规程第 5.2.1 条规定的操作方法,在试块的两个侧面上分别弹击 8 个点;

3 从每一试块的 16 个回弹值中分别剔除 3 个最大值和 3 个最小值,以余下的 10 个回弹值的平均值(计算精确至 0.1)作为该试块的平均回弹值 R_m ;

4 按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》

GB/T 50081 的有关规定,将试块连续均匀加荷直至破坏,计算试块的抗压强度值 f_{cu} (MPa),精确至 0.1MPa。

C.0.5 专用灌浆料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,应按每一试件测得的 R_m 和 $f_{cu,i}$,采用最小二乘法原理计算。

2 回归方程宜采用以下函数关系式:

$$f_{cu}^c = aR_m^b \quad (C.0.5-1)$$

3 用下式计算回归方程式的强度平均相对误差 δ 和强度相对标准差 e_r :

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100 \quad (C.0.5-2)$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right)^2} \times 100 \quad (C.0.5-3)$$

式中: δ ——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;

$f_{cu,i}$ ——由第 i 个试块抗压试验得出的灌浆料抗压强度值 (MPa),精确至 0.1MPa;

$f_{cu,i}^c$ ——由同一试块的平均回弹值 R_m 按回归方程式算出的灌浆料的强度换算值(MPa),精确至 0.1MPa;

n ——制定回归方程式的试件数。

C.0.6 专用测强曲线的强度误差应符合下列规定:

1 平均相对误差(δ)不应大于 $\pm 12.0\%$ 。

2 相对标准差(e_r)不应大于 14.0% 。

附录 D 回弹法检测灌浆料抗压强度报告

表 D 回弹法检测灌浆料抗压强度报告

第 页 共 页

工程名称				灌浆料品牌			
委托单位				灌浆料类别		第Ⅳ类水泥基灌浆材料	
设计单位				检测依据			
施工单位				检测日期			
监理单位				报告日期			
编号	构件名称 及轴线部位	强度设计等级	龄期 (d)	灌浆料抗压强度换算值 (MPa)			现龄期灌浆料 强度推定值 (MPa)
				平均值	标准差	最小值	
说明	1. 检测依据： 2. 检测环境温度： 3. 回弹仪编号检定证号： 4. 有需要说明的其他问题：						

批准：

审核：

主检：

单位公章

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”;

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

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

《回弹仪》GB/T 9138

《回弹仪》JJG 817

中国工程建设标准化协会标准

回弹法检测水泥基灌浆材料
抗压强度技术规程

T/CECS 801-2021

条文说明

目 次

1 总 则	(23)
3 基本规定	(24)
4 回弹仪	(27)
4.1 一般规定	(27)
4.2 检定及校准	(27)
4.3 保养	(27)
5 检 测	(28)
5.1 一般规定	(28)
5.2 回弹值测量	(28)
5.3 回弹值计算	(29)
6 灌浆料强度的推定	(30)
附录 C 专用灌浆料测强曲线的制定方法	(31)

1 总 则

1.0.1 回弹法检测混凝土抗压强度在我国已使用了几十年,应用非常广泛,但针对水泥基灌浆材料实体构件的抗压强度检测,目前没有统一的回弹测强曲线,为了保证检测的准确性和可靠性,制定本规程。

1.0.2 水泥基灌浆材料是由水泥、骨料、外加剂和矿物掺合料等原材料,经工业化生产的具有合理级配,加水拌和均匀后具有可灌注的流动性、微膨胀、高的早期和后期强度、不泌水等性能的干混料。随着国民经济的发展,各行各业对水泥基灌浆材料的应用越来越广泛,需求量越来越大。第Ⅳ类水泥基灌浆材料目前已广泛应用于混凝土结构和砌体结构改造加固工程等,大量替代了传统的细石混凝土,提高了施工效率,且发展势头强劲,受到了社会各界的好评。

本规程适用灌浆料为符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 规定的第Ⅳ类水泥基灌浆材料,规范规定该材料抗压强度试验采用立方体试块抗压强度来评定,由于该材料特点明显不同于普通混凝土,故不宜采用普通混凝土的测强曲线进行原位回弹检测。因此,有必要针对灌浆料实体构件抗压强度建立一条回弹测强曲线。

3 基本规定

3.0.1 本条说明了本规程的适用范围。

3.0.2 根据现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448,水泥基灌浆材料主要性能指标包括最大骨料粒径、流动度、竖向膨胀率和抗压强度,详见表 1。

表 1 水泥基灌浆材料主要性能指标

类别		I 类	Ⅱ 类	Ⅲ 类	Ⅳ 类
最大骨料粒径(mm)		≤4.75			>4.75 且 ≤25
截锥流动度 (mm)	初始值	—	≥340	≥290	≥650 *
	30min	—	≥310	≥260	≥550 *
流锥流动度 (s)	初始值	≤35	—	—	—
	30min	≤50	—	—	—
竖向膨胀率 (%)	3h	0.1~3.5			
	24h 与 3h 的 膨胀值之差	0.02~0.50			
抗压强度 (MPa)	1d	≥15	≥20		
	3d	≥30	≥40		
	28d	≥50	≥60		
氯离子含量(%)		<0.1			
泌水率(%)		0			

注: * 表示坍落扩展度数值。

对于适用本规程的第 IV 类水泥基灌浆材料,要求最大骨料粒径大于 4.75mm 且小于或等于 25mm,抗压强度 1d 时大于或等于 20MPa,3d 时大于或等于 40MPa,28d 时大于或等于 60MPa。试验结果表明:这几项指标中,抗压强度值是影响本规程强度曲线的关键因素。因此,适用本规程的前提应采用符合要求的灌浆料。由于实际工程中个别灌浆料产品包装标识常常不注明类别,故表

中给出其他三类是为了强调材料差异,以防错误套用本规程。

需要强调的是,现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 提到,当此材料用于结构修补加固时,依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204,第Ⅳ类水泥基灌浆材料抗压强度标准试件应以 150mm 立方体作为抗压强度标准试件。但现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 规定,此类水泥基灌浆材料抗压强度应采用尺寸 100mm×100mm×100mm 的立方体试件,且按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行试验,边长为 100mm 立方体试件与边长为 150mm 立方体标准试件的强度关系,应按现行行业标准《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281 规定的抗压强度折算系数执行。而现行行业标准《水泥基灌浆材料》JC/T 986-2018 规定,抗压强度试件尺寸为 150mm×150mm×150mm 的立方体。因此,为确保检测结果的可靠性,本规程所有试验均采用边长为 150mm 立方体的标准试件。

另外,国家现行标准《水泥基灌浆材料应用技术规程》GB/T 50448 及《水泥基灌浆材料》JC/T 986 均规定前Ⅲ类水泥基灌浆材料(最大骨料粒径要求不大于 4.75mm)抗压强度标准试件应采用尺寸为 40mm×40mm×160mm 的棱柱体,显然与第Ⅳ类不同,因此本规程不适用于前Ⅲ类水泥基灌浆材料。

3.0.5 具体说明了本规程给出的全国灌浆料测强曲线适用范围。由于灌浆料流动性特点,根据现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448,灌浆料成型工艺为“将拌合均匀的灌浆材料灌入模板中并适当敲击模板”。

结合灌浆料早期强度增长的特点,建立测强曲线时,采用了最短龄期为 1d 的试验数据。测强曲线在短龄期的适用,有利于采用本规程为控制短龄期灌浆料质量提供了技术依据。本规程试验结果表明,各地采用此类灌浆料品牌[分别采用黑龙江、辽宁、北京、

山东、安徽、湖南、浙江、福建、广东、云南、重庆、陕西 12 个省(直辖市)共 15 个品牌]180d 强度普遍达到 C80,个别甚至达到 C90。龄期在 180d 后强度增长不明显。

本次参加实验各单位共取得灌浆料实验数据 4088 组(试件龄期范围 1d~241d,强度范围 10.4MPa~98.1MPa),按照最小二乘法的原理,通过回归而得到的最优函数为幂函数,曲线方程为:

$$f_{cu,i}^c = 0.041628 R_m^{1.939894} \quad (1)$$

其强度误差值:平均相对误差(δ)为 $\pm 12.9\%$;相对标准差(e_r)为 16.2% ;相关系数(r)为 0.9247。

通过多个曲线相关性分析比较,最后确定该幂函数曲线方程作为灌浆料的测强曲线方程。另外,通过误差分析,确定该曲线方程强度适用范围为 25.0MPa~80.0MPa,适用龄期为 1d~180d。

3.0.6 为了掌握本规程测强曲线对于各品牌灌浆料的检测精度情况,应对其进行验证。本规程采用的测强曲线,强度误差值符合下列规定:

平均相对误差(δ)不应大于 $\pm 15.0\%$,相对标准差(e_r)不应大于 18.0% 。

由于正规厂家生产的灌浆料原材料和配合比基本一致,建议厂家为自己品牌进行验证,以方便客户使用。另外,考虑到验证周期的合理性并便于操作,故制作试块强度等级为 C25~C60,确保覆盖强度最低的要求,所需时间 28d 即可。

3.0.7 实践证明,专用测强曲线精度高于本规程测强曲线。所以本条鼓励优先采用专用测强曲线。

专用测强曲线的强度误差值均应小于本规程测强曲线,根据试验结果,专用曲线强度误差应符合下列规定:

平均相对误差(δ)不应大于 $\pm 12.0\%$,相对标准差(e_r)不应大于 14.0% 。

实际上灌浆料专用测强曲线即正规厂家生产的灌浆料品牌测强曲线,因此厂家制定专用测强曲线最为合适。

4 回 弹 仪

4.1 一 般 规 定

4.1.1 回弹仪为计量器具,在使用之前,应当由法定计量检定机构进行检定,使检测精度得到保证。

4.1.2 回弹仪的质量及测试性能直接影响强度推定结果的准确性。只有采用质量统一、性能一致的回弹仪,才能保证测试结果的可靠性。规程编制组经过大量试验,对比标称能量 2.207J 的中型回弹仪和标称能量 5.500J 的重型回弹仪对灌浆料强度曲线的适用性,综合识别精度、方便可靠、经济适用等因素,最终选定标称能量为 2.207J 的中型回弹仪。

4.1.3 根据现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138 确定的可确保回弹仪正常使用的工作环境。

4.2 检 定 及 校 准

4.2.1 检定回弹仪的单位应由主管部门授权,并按照国家计量检定规程《回弹仪》JJG 817 进行。

4.2.2 本条给出了回弹仪的率定要求,确保在使用过程中及时发现和纠正回弹仪的非标准状态。

4.2.3 本条给出了回弹仪的率定方法。

4.3 保 养

4.3.1 本条规定了回弹仪常规保养的要求。

4.3.2 本条给出了回弹仪常规保养的步骤。

5 检 测

5.1 一 般 规 定

5.1.1 本条中资料是对结构或构件检测灌浆料强度所需要的资料。

5.1.2 对于灌浆料原材料、配合比、养护条件基本一致且龄期相近的一批同类构件的检测可采用批量检测。抽取试样应遵守“随机”的原则,并宜由相关单位会同检测单位共同商定抽样的范围、数量和方法。因回弹法测试具有快速、简便的特点,故规定了当检验批构件数量较少时的抽检比例和最少数量的规定。同时规定,当检验批构件数量过多时,抽检构件数量可按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 进行适当调整。

5.1.3 第1款~第4款规定了测区布置的要求。其中,考虑到高强灌浆料多用于墙、柱、梁等承重构件,所以绝大多数检测面为浇筑侧面,本规程的测强曲线就是在灌浆料成型侧面建立的。因此,测试时回弹仪的轴线方向应与结构或构件的浇筑侧面相垂直。

检测面应为灌浆料原浆面,并应清洁、平整以确保检测的可靠性。

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时方可检测。

当采用第Ⅳ类水泥基灌浆料用于混凝土构件或砌体构件加大截面加固时,增加厚度不宜小于60mm,若原截面与灌浆料连接密实可靠,也适用本规程。

5.2 回弹值测量

5.2.1 检测时应保持回弹仪的轴线应始终垂直于灌浆料成型侧

面,并缓慢施压不能冲击,否则回弹值读数不准确。

5.2.2 本条规定每一测区记取 16 点回弹值,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。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,易造成误差。

5.3 回弹值计算

5.3.1 本条规定的测区平均回弹值计算方法和建立测强曲线时的取舍方法一致,不会引进新的误差。

6 灌浆料强度的推定

6.0.1 本条给出了灌浆料抗压强度换算值的查表或计算方法。

6.0.2 本条给出了测区灌浆料强度平均值及标准差的计算方法。该标准差公式采用数理统计中的标准差计算公式,不再沿用现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 中标准差计算公式。

6.0.3 当测区数量不少于 10 个时,为了保证构件的灌浆料强度满足 95%的保证率,采用数理统计的公式计算强度推定值;当构件测区数少于 10 个时,因样本太少,取最小值作为强度推定值。此外,当构件中出现测区强度无法查出(如小于 25.0MPa 或大于 80.0MPa)时,因无法计算平均值及标准差,也只能以最小值或最大值作为该强度推定值。推定区间可按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 进行计算。

6.0.4 对按批量检测的构件,如该批构件的质量不均匀,测区强度标准差大于规定的范围,则该批构件应全部按单个构件进行强度推定。本条中抗压强度平均值及相应标准差的限值,沿用了现行行业标准《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294 和现行协会标准《超声回弹综合法检测混凝土抗压强度技术规程》T/CECS 02 中的规定。

6.0.5 检测报告是工程测试的最后结果,是处理质量问题的依据,要求检测报告的信息尽量齐全,按统一格式出具。

附录 C 专用灌浆料测强曲线的制定方法

C.0.1 鉴于各厂家灌浆料最高强度不尽相同,试块制作的最高强度灵活掌握,但根据现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448,不应低于 C60。

C.0.4 当试块抗压强度预估为 C25 时,加压 60kN。当试块抗压强度预估为 C80 时,加压 100kN。当预估为其他强度等级时,加压值采用内插法计算。

需本标准可按如下地址索取：

地址：北京百万庄建设部 中国工程建设标准化协会

邮政编码：**100835** 电话：**(010) 88375610**

不得私自翻印。

统一书号:155182·0812

定价:18.00 元