

中国工程建设协会标准

摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆抗压
强度技术规程

Technical specification for testing compressive
strength of brick and mortar by pendulum bob
knocking-in resistance method

T/CECS 552 - 2018

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司
中建土木(北京)工程检测鉴定中心
批准单位：中国工程建设标准化协会
施行日期：2 0 1 9 年 5 月 1 日

中国建筑工业出版社

2018 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 385 号

关于发布《摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆 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 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕014 号)的要求,由中国建筑科学研究院有限公司、中建土木(北京)工程检测鉴定中心等单位编制的《摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆抗压强度技术规程》,经本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 552-2018,自 2019 年 5 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
2018 年 12 月 4 日

中国工程建设协会标准 摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆抗压 强度技术规程

Technical specification for testing compressive
strength of brick and mortar by pendulum bob
knocking-in resistance method

T/CECS 552-2018

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 1 $\frac{3}{8}$ 字数: 34 千字

2019 年 4 月第一版 2019 年 4 月第一次印刷

印数: 1—1000 册

定价: 32.00 元

统一书号: 15112·33371

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕014 号)要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,并在广泛征求意见的基础上,编制了本规程。

本规程共分 5 章和 4 个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、检测仪器、检测技术、砖与砌筑砂浆抗压强度计算及推定。

本规程的某些内容涉及摆锤敲击法检测材料强度的装置(ZL 2017 2 0118021.2)及材料强度检测方法(ZL 2017 1 0070127.4)等专利。涉及专利的具体技术问题,使用者可直接与本规程的主编单位协商处理。本规程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,由中国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,请寄送中国建筑科学研究院有限公司(地址:北京市北三环东路 30 号;邮编 100013)。

主 编 单 位: 中国建筑科学研究院有限公司

中建土木(北京)工程检测鉴定中心

参 编 单 位: 安徽省建筑科学研究设计院

诸暨市宏泰建设工程检测所

广西壮族自治区建筑工程质量检测中心

贵州中建建筑科研设计院

湖南湖大土木建筑工程检测有限公司

山东鲁勘工程检测鉴定有限公司

新疆巴州建设工程质量检测中心

北京海创高科科技有限公司

北京科电瑞德科技有限公司

主要起草人: 袁海军 梁 杰 蔡晓东 郦 挺 金宝城

项炳泉 李 梅 张 晓 田 涌 罗 刚

夏宗义 谢安国 邹忠刚 孙亮强 孟晓娟

罗 平 邓 军 蒙朝楼 张 涛 徐雅东

周永长 陈 召 郭 勇 刘顺超 方力强

主要审查人: 高小旺 郁银泉 吴 体 由世岐 雷 波

李 翀 郭小华

目 次

1 总则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(2)
3 检测仪器	(4)
3.1 仪器及性能	(4)
3.2 核查与校准	(6)
4 检测技术	(7)
4.1 一般规定	(7)
4.2 摆锤敲入法检测	(8)
5 砖与砌筑砂浆抗压强度计算及推定	(10)
附录 A 砖抗压强度摆锤敲入检测记录表	(14)
附录 B 砌筑砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表	(15)
附录 C 砖与砌筑砂浆地区或专用测强曲线制定方法	(16)
附录 D 检测报告	(19)
本规程用词说明	(20)
引用标准名录	(21)
附：条文说明	(23)

Contents

1 General Provisions	(1)
2 Terms and Symbols	(2)
2.1 Terms	(2)
2.2 Symbols	(2)
3 Testing Instruments	(4)
3.1 Instruments and Performance	(4)
3.2 Verification and Calibration	(6)
4 Testing Technology	(7)
4.1 General Requirements	(7)
4.2 Testing by Pendulum Bob Knocking-in Resistance	(8)
5 Calculation and Inference of Compressive Strength for Masonry Brick and Mortar	(10)
Appendix A Testing Record Table for Compressive Strength of Brick	(14)
Appendix B Testing Record Table for Compressive Strength of Masonry Mortar	(15)
Appendix C Method of Formulating for Special Curve of Testing Strength for Masonry Brick and Mortar	(16)
Appendix D Testing Report	(19)
Explanation of Wording in This Specification	(20)
List of Quoted Standards	(21)
Addition; Explanation of Provisions	(23)

1 总 则

1.0.1 为了规范使用摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆抗压强度技术，保证现场检测数据准确、评价正确，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于烧结普通砖砌体工程中砖与砌筑砂浆抗压强度的现场检测，不适用于遭受高温、冻害、化学侵蚀、火灾等表面损伤的砖与砌筑砂浆的现场检测。

1.0.3 摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆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 摆锤敲入法检测 test by pendulum bob knocking-in resistance method

摆锤敲入仪锤头自由下摆将测钉敲入砌体工程的砖或砂浆中,依据测钉的敲入深度来推定砖或砂浆抗压强度的检测方法。

2.1.2 构件 member

组成房屋整体结构的基本墙单元,以一层高、一自然间的一轴线为一个构件。

2.1.3 检验批 inspection lot

材料强度等级、生产工艺、原材料、成型工艺、养护条件等相同,由一定数量构件构成的检测对象。

2.1.4 测区 test area

检测砖或砂浆强度时,在构件上随机布置的一个检测区域。

2.1.5 测点 test point

在测区内按检测方法要求布置的若干个检测点。

2.1.6 测孔 pin hole

摆锤敲入法检测后,在砖或砂浆上所留下的孔。

2.1.7 砖或砂浆抗压强度换算值 conversion value of brick or mortar compressive strength

依据测钉敲入砖或砂浆的深度,通过测强曲线计算得到的砖或砂浆抗压强度值。

2.2 符 号

$d_{1,i}$ ——砖第 i 个测点的敲入深度值;

$m_{1,j}$ ——第 j 个构件中砖的敲入深度平均值;

$d_{2,i}$ ——砂浆第 i 个测点的敲入深度值;

$m_{2,j}$ ——第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值;

$f_{1,j}$ ——第 j 个构件中砖的抗压强度换算值;

$m_{f_1^c}$ ——同批构件砖抗压强度换算值的平均值;

$s_{f_1^c}$ ——同批构件砖抗压强度换算值的标准差;

$\delta_{f_1^c}$ ——同批构件砖抗压强度换算值的变异系数;

$f_{1,e}^c$ ——砖抗压强度推定值;

f_{1k} ——同一检测批的砖抗压强度标准值;

$f_{2,j}^c$ ——第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值;

$m_{f_2^c}$ ——同批构件砂浆抗压强度换算值的平均值;

$s_{f_2^c}$ ——同批构件砂浆抗压强度换算值的标准差;

$\delta_{f_2^c}$ ——同批构件砂浆抗压强度换算值的变异系数;

$f_{2,e}^c$ ——砂浆抗压强度推定值;

$f_{2,\min}^c$ ——同批构件中砂浆抗压强度换算值的最小值。

3 检测仪器

3.1 仪器及性能

3.1.1 摆锤敲入法检测仪器应包括摆锤敲入仪和深度测量表。

3.1.2 摆锤敲入仪（图 3.1.2）应包括锤头、摆杆、悬臂、竖板、测钉、测钉座、调节螺栓、水准泡、激发杆、把手等组件。

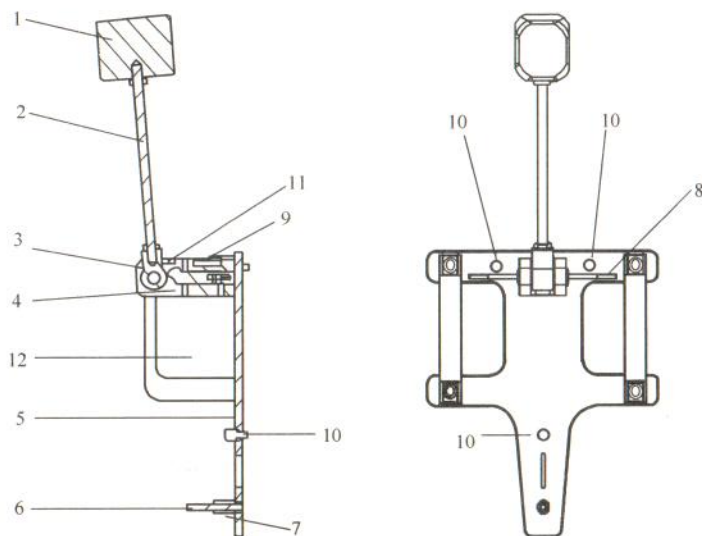


图 3.1.2 摆锤敲入仪构造示意

1—锤头；2—摆杆；3—轴承；4—悬臂；5—竖板；6—测钉；

7—测钉座；8—激发杆；9—水准泡；10—调节螺栓；

11—限位销；12—把手

3.1.3 摆锤敲入仪和深度测量表应具有产品合格证及经校准后符合测试要求的校准证书。

3.1.4 摆锤敲入仪应符合下列规定：

- 1 锤头质量应为 $(2 \pm 0.02)\text{kg}$ ；
- 2 摆杆直径应为 $(10 \pm 0.1)\text{mm}$ ；
- 3 轴承中心到锤头中心的距离应为 $(223 \pm 2)\text{mm}$ ；
- 4 摆动角度应为 $(175 \pm 1)^\circ$ ；

5 当将摆锤敲入仪水平向固定于支架上时，锤头自由摆动的最大速度不应小于 1.94m/s 。

3.1.5 深度测量表（图 3.1.5）的最大量程不应小于 16.00mm ，测量表的分度值不应大于 0.02mm 。

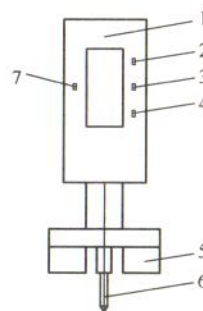


图 3.1.5 深度测量表示意

1—深度测量表；2—保持键；3—清零键；4—开关；

5—扁头；6—尖测针；7—测量单位选择键

3.1.6 测钉宜采用工具钢，其洛氏硬度 HRC 宜为 $45 \sim 50$ ，并应符合下列规定：

- 1 测钉细端应为平头，角部有呈 R_1 的弧度；细端长度应为 16.00mm ，直径应为 $(4.00 \pm 0.06)\text{mm}$ ；
- 2 测钉过渡段长度应为 4.00mm ；
- 3 测钉粗端长度应为 40.00mm ，直径应为 $(6.00 \pm 0.06)\text{mm}$ 。

3.1.7 深度测量表使用的环境温度应为 $-4^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 。

3.2 核查与校准

3.2.1 使用摆锤敲入仪前应对其进行核查,并应符合下列规定:

1 摆锤敲入仪水平固定于支架上时,锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间不应少于 2min;

2 摆锤敲入仪轴承到锤头中心的距离应为 (223 ± 2) mm;

3 测钉应无弯曲且细端的直径应为 (4.00 ± 0.06) mm。

3.2.2 摆锤敲入仪应由校准机构进行校准,校准周期宜为 3 年。

3.2.3 当出现下列情况之一时,应对摆锤敲入仪进行校准:

1 新仪器启用前;

2 达到校准周期;

3 更换主要零件或对仪器进行过调整;

4 检测数据异常;

5 摆锤敲入仪水平固定于支架上,锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间少于 2min 时。

3.2.4 摆锤敲入仪的校准应符合本规程第 3.1.4 条第 5 款的规定。

3.2.5 深度测量表应经计量部门检定合格。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 用摆锤敲入法检测的烧结普通砖应符合下列规定:

1 外观质量合格的完整砖;

2 表面应干燥、清洁、平整;

3 抗压强度应在 $5.0\text{MPa} \sim 30.0\text{MPa}$ 。

4.1.2 用摆锤敲入法检测的砌筑砂浆应符合下列规定:

1 自然养护;

2 龄期不应少于 28d;

3 表面应干燥、清洁、平整,且不应有粉刷层、勾缝砂浆等;

4 水平灰缝内的砂浆应饱满,其厚度不应小于 8mm,且不应凸于砖以外;

5 抗压强度应在 $0.4\text{MPa} \sim 16.0\text{MPa}$ 。

4.1.3 检测砌体工程砖与砂浆抗压强度时,委托单位宜提供下列资料:

1 建设单位、设计单位、施工单位名称;

2 工程名称、结构类型及工程图纸;

3 砂浆品种、砖强度等级、砂浆强度等级;

4 施工日期、施工及养护情况;

5 检测原因。

4.1.4 砌体工程中砖与砌筑砂浆抗压强度的检测,可按单个构件或按检验批抽样进行检测。按检验批抽样检测时,一个检验批的抽样数不应少于 6 个构件。当一个检验批不足 6 个构件时,应对每个构件进行检测。

4.1.5 构件上测区、测点的布置应符合下列规定:

1 应避开门窗洞口及预埋件等布置测区,测区不宜小于 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。

2 检测砖抗压强度时,每一构件上应选择 5 块条面向外的砖,在每块砖面上应均匀布置 3 个测点,共布置 15 个测点。所选择的砖与构件边缘的距离不宜小于 250mm,测点与砖边缘的距离不宜小于 20mm。

3 检测砂浆抗压强度时,每一构件上应选不少于 6 条的水平灰缝,每条灰缝布置的测点不宜多于 2 个,共布置 12 个测点。测点与构件边缘的距离不宜小于 250mm,同一条灰缝上两相邻测点间的距离不宜小于 100mm。

4.2 摆锤敲入法检测

4.2.1 摆锤敲入法检测应按下列程序操作:

1 将锤头提至顶部,测钉插入竖板上的测钉座中,测钉细端朝被测构件,测钉座对准砖或水平灰缝。

2 将摆锤敲入仪的竖板紧贴在构件上,使竖板处于铅直位置;当构件本身不完全铅直时,可调整摆锤敲入仪上的调节螺栓,使水准泡居中,以保证竖板处于铅直位置。

3 紧压摆锤敲入仪的把手,确认水准泡居中后,拇指压激发杆,使锤头自由下摆,将测钉敲入砖或砂浆中。

4.2.2 当测孔处的砖或灰缝砂浆有开裂、缺损时,应重新选定测点进行补测。

4.2.3 测钉敲入深度的测量应按下列程序操作:

1 开启深度测量表,将其置于钢制平整量块上,直至扁头端面 and 量块表面重合,使深度测量表的读数为零(图 4.2.3)。

2 将测钉从砖或砂浆中拔出,如测孔内落入异物,应用橡皮吹风机将测孔中的粉尘吹干净。

3 将深度测量表的尖测针对准测孔,使深度测量表扁头紧

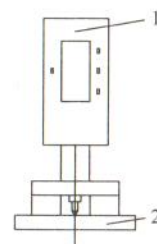


图 4.2.3 深度测量表示意

1—深度测量表;2—钢制平整量块

贴砖或砂浆,并保持测量表垂直于被测砌体砖或砂浆的表面,从测量表中读取显示值 d_i 并记录,精确至 0.02mm。摆锤敲入法检测砖与砂浆抗压强度的记录格式可分别采用本规程附录 A 和附录 B 的记录表。

5 砖与砌筑砂浆抗压强度计算及推定

5.0.1 第 j 个构件中砖的敲入深度平均值应按下式计算:

$$m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^n d_{1,i} \quad (5.0.1)$$

式中: $m_{1,j}$ ——第 j 个构件中砖的敲入深度平均值 (mm), 精确至 0.02mm;

$d_{1,i}$ ——砖第 i 个测点的敲入深度值 (mm), 精确至 0.02mm。

5.0.2 计算第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值时, 应先剔除 12 个测量值中的 1 个最大值和 1 个最小值, 其余的 10 个砂浆敲入深度的平均值应按下式计算:

$$m_{2,j} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n d_{2,i} \quad (5.0.2)$$

式中: $m_{2,j}$ ——第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值 (mm), 精确至 0.02mm;

$d_{2,i}$ ——砂浆第 i 个测点的敲入深度值 (mm), 精确至 0.02mm。

5.0.3 第 j 个构件中砖的抗压强度换算值应符合下列规定:

1 $f_{1,j}$ 应按下式计算:

$$f_{1,j} = 32.0 / m_{1,j} \quad (5.0.3)$$

式中: $f_{1,j}$ ——第 j 个构件中砖的抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

2 当按式 (5.0.3) 计算所得砖的抗压强度换算值大于 30.0MPa 时, 取 30.0MPa。

5.0.4 第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值应符合下列规定:

1 $f_{2,j}$ 应按下式计算:

$$f_{2,j} = 330.5 m_{2,j}^{-2.48} \quad (5.0.4)$$

式中: $f_{2,j}$ ——第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

2 当按式 (5.0.4) 计算所得砂浆的抗压强度换算值大于 16.0MPa 时, 取 16.0MPa。

5.0.5 当需要制定某地区的测强曲线或某工程项目的专用测强曲线时, 其测强曲线的制定应符合本规程附录 C 的规定。

5.0.6 按批抽检时, 同批构件的平均值、标准差和变异系数应按下列公式进行计算:

$$m_{f^c} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_j^c \quad (5.0.6-1)$$

$$s_{f^c} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_j^c - m_{f^c})^2}{n-1}} \quad (5.0.6-2)$$

$$\delta_{f^c} = s_{f^c} / m_{f^c} \quad (5.0.6-3)$$

式中: m_{f^c} ——同批构件砖或砂浆抗压强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

f_j^c ——第 j 个构件的砖或砂浆抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

s_{f^c} ——同批构件砖或砂浆抗压强度换算值的标准差 (MPa), 精确至 0.01MPa;

δ_{f^c} ——同批构件砖或砂浆抗压强度换算值的变异系数, 精确至 0.01。

5.0.7 砖抗压强度的推定应符合下列规定:

1 当按单个构件检测时, 砖抗压强度推定值应按下式计算:

$$f_{1,e} = f_{1,j} \quad (5.0.7-1)$$

式中: $f_{1,e}$ ——砖抗压强度推定值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{1,j}$ ——第 j 个构件的砖抗压强度换算值 (MPa), 精确

至 0.1MPa。

2 当按批抽检时, 检验批的砖抗压强度等级推定应符合下列规定:

- 1) 当变异系数 $\delta_{f_1} \leq 0.21$ 时, 应按表 5.0.7 规定的同批构件砖抗压强度的平均值 m_{f_1} 和抗压强度标准值 f_{1k} 推定检测批的砖抗压强度等级。检测批的砖抗压强度标准值应按下式计算:

$$f_{1k} = m_{f_1} - 1.9s_{f_1} \quad (5.0.7-2)$$

式中: f_{1k} ——同一检测批的砖抗压强度标准值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

- 2) 当变异系数 $\delta_{f_1} > 0.21$ 时, 应按表 5.0.7 规定的同批构件砖抗压强度的平均值 m_{f_1} 和该批构件抗压强度中的最小值 $f_{1j,\min}$ 推定检测批的砖抗压强度等级。

表 5.0.7 烧结普通砖抗压强度等级的推定

抗压强度 推定等级	抗压强度的 平均值 $m_{f_1} \geq$ (MPa)	变异系数 $\delta_{f_1} \leq 0.21$	变异系数 $\delta_{f_1} > 0.21$
		抗压强度的标准值 $f_{1k} \geq$ (MPa)	抗压强度中的最小值 $f_{1j,\min} \geq$ (MPa)
MU25	25.0	18.0	22.0
MU20	20.0	14.0	16.0
MU15	15.0	10.0	12.0
MU10	10.0	6.5	7.5
MU7.5	7.5	5.0	5.5

5.0.8 砌体砂浆抗压强度的推定应符合下列规定:

1 当按单个构件检测时, 该构件的砌体砂浆抗压强度推定值应按下列下式计算:

$$f_{2,e} = 0.91f_{2,j} \quad (5.0.8-1)$$

式中: $f_{2,e}$ ——砂浆抗压强度推定值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,j}$ ——第 j 个构件的砂浆抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

2 当按批抽检时, 砌体砂浆抗压强度的推定值应取下列公式中的较小值:

$$f_{2,e} = 0.91m_{f_2} \quad (5.0.8-2)$$

$$f_{2,e} = 1.18f_{2,\min} \quad (5.0.8-3)$$

式中: m_{f_2} ——同批构件砂浆抗压强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,\min}$ ——同批构件中砂浆抗压强度换算值的最小值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

5.0.9 对于按批抽检的砌体, 当该批构件砌体砂浆抗压强度换算值变异系数大于等于 0.30 时, 应按单个构件检测。

5.0.10 摆锤敲击法检测砖与砌体砂浆抗压强度报告可按本规程附录 D 的格式编写。

附录 A 砖抗压强度摆锤敲入检测记录表

表 A 砖抗压强度摆锤敲入检测记录表

共 页第 页

工程名称:			
检测仪器型号及编号:		构件表面状况:	
砖设计强度等级:		施工日期:	
环境温度:		检测依据:	
构件位置	砖编号	敲入深度 $d_{1,i}$ (mm)	
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
第 j 个构件中砖的敲入深度平均值 $m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{1,i} =$			
第 j 个构件中砖的抗压强度换算值 $f_{1,i}^c = 32.0/m_{1,i} =$			
构件位置	砖编号	敲入深度 $d_{1,i}$ (mm)	
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
备注			
第 j 个构件中砖的敲入深度平均值 $m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{1,i} =$			
第 j 个构件中砖的抗压强度换算值 $f_{1,j} = 32.0/m_{1,j} =$			

检测: 记录: 校核: 检测日期:

附录 B 砌筑砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表

表 B 砌筑砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表

共 页第 页

工程名称:			
检测仪器型号及编号:		构件表面状况:	
砂浆品种与设计强度等级:		施工日期:	
环境温度:		检测依据:	
序号	敲入深度 $d_{2,i}$ (mm)	序号	敲入深度 $d_{2,i}$ (mm)
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	
备注	计算砂浆的敲入深度平均值时, 去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值		
第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值 $m_{2,j} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_{2,i} =$			
第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值 $f_{2,j}^c = 330.5 m_{2,j}^{-2.48} =$			

检测: 记录: 校核: 检测日期:

附录 C 砖与砌筑砂浆地区或 专用测强曲线制定方法

C.0.1 制定地区或专用测强曲线的试件应与检测砌体在原材料、成型工艺与养护方法等方面的条件相同。

C.0.2 宜选取 MU7.5、MU10、MU15、MU20、MU25 等 5 个强度等级的烧结普通砖，制作成砖抗压强度试样。

C.0.3 砂浆试块的制作和养护应符合下列规定：

1 按常用配合比设计，可选取 M0.4、M2.5、M5、M7.5、M10、M15 等 6 个强度等级，也可按实际需要选取强度等级，但实测抗压强度宜为 0.4MPa~16.0MPa；

2 每一强度等级应制作不少于 36 个尺寸为 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的立方体试块，并应用同盘砂浆制作，砂浆试块底模应采用烧结普通砖；

3 试块拆模后，应摊开进行室内自然养护，并应保证各个试块的养护条件相同。

C.0.4 墙体试件的制作应符合下列规定：

1 在室内砌筑由三面墙组合成 U 形的试件，墙体高度为 1.5m，每面墙的长度不宜小于 1.5m；

2 三面墙由 3 个强度等级的砖、砂浆砌筑而成；

3 墙体试件在室内自然养护。

C.0.5 对砖进行试验时，应符合下列规定：

1 完成各龄期的砂浆试验后，按本规程第 4 章的要求，对各强度等级的砖进行摆锤敲入检测；

2 每个等级选 5 块砖，每块砖检测 3 个测点，将 3 个敲入深度平均值作为代表值 m_1 (mm)，精确至 0.02mm；

3 按现行国家标准《砌墙砖试验方法》GB/T 2542 的要求对各强度等级的砖进行抗压强度试验。

C.0.6 对砌筑砂浆进行试验时，应符合下列规定：

1 按龄期 28d、42d、56d、84d、112d、168d 分别进行砂浆试块的抗压强度和墙体试件水平灰缝的砂浆摆锤敲入试验。

2 按本规程第 4 章的要求，对每个强度等级墙体试件水平灰缝的砂浆进行摆锤敲入检测，检测 12 个测点，去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值，将 10 个敲入深度平均值作为代表值 m_2 (mm)，精确至 0.02mm。

3 取同龄期同强度等级且同盘制作的 6 个同条件养护砂浆试件，进行抗压强度试验。砂浆试块抗压强度试验可按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 规定的试验方法进行，砂浆立方体抗压强度应按式 (C.0.6) 计算，并应取 6 块试件的抗压强度平均值为代表值 f_2 (MPa)，精确至 0.1MPa。

$$f_{m,cu} = \frac{N_u}{A} \quad (C.0.6)$$

式中： $f_{m,cu}$ ——砂浆立方体试件抗压强度 (MPa)，精确至 0.1MPa；

N_u ——试件破坏荷载 (N)；

A ——试件承压面积 (mm²)。

C.0.7 专用测强曲线的计算应符合下列规定：

1 专用测强曲线回归方程的计算：

1) 对于砖应按每块砖的抗压强度 f_1 和对应砖的敲入深度平均值 m_1 数据，采用最小二乘法进行计算。

2) 对于砂浆应按每一组试件的代表值 f_2 和对应砂浆的敲入深度平均值 m_2 数据，采用最小二乘法进行计算。

2 回归方程式宜采用下式计算：

$$f^c = \alpha \times m_1^3 \quad (C.0.7)$$

式中: α 、 β ——测强曲线回归系数;

m_d ——敲入深度平均值 (mm);

f^c ——砖或砂浆抗压强度换算值 (MPa)。

C.0.8 测强曲线的平均相对误差不应大于 18%, 相对标准差不应大于 20%。平均相对误差和相对标准差按下式计算:

$$m_\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{f^c}{f_j} - 1 \right| \times 100 \quad (\text{C.0.8-1})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \left(\frac{f^c}{f_j} - 1 \right)^2} \times 100 \quad (\text{C.0.8-2})$$

式中: m_δ ——砖抗压强度换算值相对于砖实测强度值的平均相对误差 (%), 或砂浆抗压强度换算值相对于立方体砂浆试件抗压强度平均值的平均相对误差 (%), 精确至 0.1;

e_r ——砖抗压强度换算值相对于砖实测强度值的平均相对标准差 (%), 或砂浆抗压强度换算值相对于立方体砂浆试件抗压强度平均值的平均相对标准差 (%), 精确至 0.1;

f_j ——第 j 块砖的抗压强度值或第 j 组立方体砂浆试件抗压强度平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

f^c ——砖或砂浆抗压强度换算值 (MPa);

n ——用于建立测强曲线的砖的数量或立方体砂浆试件组数。

附录 D 检测报告

D.0.1 检测报告宜包括下列内容:

- 1 委托单位、设计单位及施工单位名称;
- 2 建筑工程概况, 包括工程名称、结构类型、规模、施工日期、现状及结构平面图;
- 3 检测原因;
- 4 检测项目、检测方法、检测数量及检测依据;
- 5 砖抗压强度推定值, 砌筑砂浆抗压强度推定值, 汇总结果、检测结论;
- 6 出具报告的单位名称, 主检、审核及批准人员签字;
- 7 检测及出具报告的日期。

D.0.2 对于无法用文字表述清楚的内容, 应附简图。

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

《砌墙砖试验方法》GB/T 2542

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

中国工程建设协会标准

摆锤敲入法检测砖与砌筑砂浆抗压
强度技术规程

T/CECS 552 - 2018

条文说明

目 次

1 总则	(26)
3 检测仪器	(27)
3.1 仪器及性能	(27)
3.2 核查与校准	(28)
4 检测技术	(30)
4.1 一般规定	(30)
4.2 摆锤敲入法检测	(31)
5 砖与砌筑砂浆抗压强度计算及推定	(32)
附录 C 砖与砌筑砂浆地区或专用测强曲线制定方法	(34)

1 总 则

1.0.1 砌体中砌筑砖与砂浆的抗压强度是新建工程质量事故和既有建筑物鉴定的重要数据基础,科学准确地检测砌体中砌筑砖与砂浆的抗压强度至关重要。至今应用较多的原位无损检测方法各有优缺点,有的操作简单,但受人为影响因素大,检测精度难以保证;有的检测结果准确,但操作较烦琐。特别是对于砂浆强度较低的墙体检测存在着检测方法不足的问题。摆锤敲入法是一种根据摆锤将测钉敲入砌体工程中砖或砂浆的深度确定砖或砂浆抗压强度的原位无损检测方法,操作简单、检测快捷、检测结果精度较高,受人为影响因素小,适用于低强度砂浆检测,具有比较广阔的应用前景。

1.0.2 摆锤敲入法检测砌体工程中砖或砂浆的抗压强度,是通过测钉敲入砌体工程中砖或砂浆的表面深度进行检测的新方法。当砖或砂浆的表面遭受冻害、环境侵蚀、火灾等损伤时,敲入的深度将会受到影响,从而不再适用已建立的砖或砂浆测强曲线。因此,摆锤敲入法检测技术不适用于表面有损伤的砖或砂浆抗压强度检测。

1.0.3 正常情况下,建筑用砖或砂浆强度的检验和评定应按国家现行标准执行,不允许用本规程取代制作试件的规定。但是,当建筑用砖或砂浆的抗压强度不符合相关标准的要求或对其有怀疑,以及对既有建筑进行检测鉴定时,可按本规程进行检测,并作为建筑用砖或砂浆抗压强度检测的依据。

3 检测仪器

3.1 仪器及性能

3.1.1、3.1.2 摆锤敲入仪是通过锤头敲入构件的深度推定构件材料强度的一种新型检测仪器。摆锤敲入仪主要由锤头、摆杆、悬臂、竖板、测钉、测钉座、调节螺栓、水准泡、激发杆等组成。深度测量表是用数显式百分表改制而成,精度高且可靠耐用。为了准确地测定敲入的深度,摆锤敲入仪测钉敲入部分的直径为4mm,深度测量表测针的直径为3.5mm。

3.1.3 摆锤敲入仪在使用前,应由校准机构对其进行校准,校准结果应符合本规程的技术要求。摆锤敲入仪为计量仪器,应在其明显位置标注名称、型号、制造厂名、生产日期及出厂编号。

3.1.4 摆锤敲入仪的敲入能量是通过锤头自由下摆的摆动获得的。锤头的重量、摆杆的长度、轴承到锤头中心的距离等性能指标决定了敲入能量的大小。通过试验确定敲入能量为8.80J是较为合适的,如果能量较小,其相应敲入深度小,不同强度的材料,敲入深度不易被拉开;如果能量过大,同时考虑到检测人员安全操作的需要,不能加长摆杆的长度,只能增加锤头的重量,从而引起摆锤敲入时离心力的增加,这样就难以满足检测时一个人对摆锤敲入仪操控的需要。

摆锤敲入仪的摆动角度为 175° ,是考虑在不借助外力的作用下摆锤便可自由下摆,从而确保摆锤敲入仪具有固定的敲入能量。摆锤敲入仪经长时间的使用,阻尼有可能会增大,测量自由摆动速度的目的是保证其敲击时能量不变。

3.1.6 工具钢具有硬度高,且其韧性、耐磨性和耐热性均较好,是制作测钉的理想材料。测钉的形状和几何尺寸是通过试验确定

的。测钉的细端为敲入端，当细端为平头时，一方面，测钉不易磨损，另一方面，对于不同强度的材料，敲入的深度变化量更为明显；过渡段与粗端的设计主要是为了增强测钉的刚度，提高测钉的重复使用次数。当测钉的几何尺寸和公差不能满足本规程要求时，将影响检测结果的精度。

3.1.7 环境温度异常时，对摆锤敲入仪和深度测量表的性能会产生影响，故规定了其使用环境温度应为 $-4^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 核查与校准

3.2.1 为便于检测单位对有效期内的摆锤敲入仪进行自校，可制作摆锤敲入仪自校用的支架。支架由1块尺寸为 $400\text{mm}\times 240\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的钢板和2根高350mm、宽200mm、直径不小于14mm的U形钢筋焊接而成，2根U形钢筋间距为200mm。自校时，将摆锤敲入仪放在支架上，固定摆锤敲入仪和激发杆，将锤头提至最高处，使锤头自由下摆，摆锤自由摆动一个周期为一次，当摆锤自由摆动的时间少于2min时，应对仪器维修、调试，并重新进行校准。

3.2.2 仪器的校准是为了保证仪器的检测状态满足摆锤敲入仪的技术要求。只有统一仪器的性能，才能适用本规程所建立的测强曲线，保证检测结果的可靠性，在同一水平上进行比较。由于仪器在使用中，轴承转动时的摩擦力会随着仪器的使用次数、油的黏度变化而发生变化，因此本规程规定需定期校准。

3.2.3 当更换或调整仪器的主要零件时，轴承到锤头中心的距离、摆动角度等技术指标会发生变化，因此，在更换主要零件或对仪器进行调整时应进行校准。

将摆锤敲入仪水平置于支架上，测试其自由摆动的持续时间是为了验证摆锤自由下摆时的阻尼。经理论计算和实际测试，摆锤敲入仪自由摆动的周期约为1s，自由摆动的持续时间不少于2min，即自由摆动的次数不少于120次。

摆锤敲入仪其重量是恒定的，不像回弹仪、贯入仪依靠弹簧压缩来提供能量，而弹簧随着使用次数的增多，其刚度会降低。当摆锤敲入仪锤头缺损或锈蚀严重，有可能导致质量发生改变，超出其允许偏差范围时，应更换摆锤敲入仪。

3.2.4 摆锤敲击时的能量大小与速度直接相关，计量部门可用振动台检定装置，对摆锤的速度进行测试。如果竖向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，由于水平向撞击作用，其测试结果波动较大；而水平向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，无水平向撞击作用，其测试结果波动较小。

3.2.5 深度测量表的准确性对检测结果的影响较大，使用前应经法定部门检定合格。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 砖受潮或被雨淋湿后表面硬度降低,当对其进行敲入法检测时,敲入深度会变大,因此被检测砖表面应为自然干燥状态。砖的表面是否清洁、平整,对敲入深度的检测与测量影响也较大,故要求被检测砖的表面应清洁、平整。当砖的表面不平时,应用砂轮或其他工具将被检测砖表面打磨至平整,再用毛刷刷去粉尘。

在《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 5.3.2 条中规定,砖砌体的水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度一般为 10mm,但不应小于 8mm,也不应大于 12mm,故本规程要求灰缝厚度不应小于 8mm。

4.1.2 自然养护时,如环境温度较低,可以采用等效龄期。对于冬期施工的砌体,也可参照其他标准采用等效龄期。

砂浆受潮或被雨淋湿后表面硬度降低,当对其进行敲入法检测时,敲入深度会变大,因此被检测砂浆表面应为自然干燥状态。砌体灰缝被检测处是否清洁、平整,对敲入深度的检测与测量影响也较大,故要求被检测砂浆的表面应清洁、平整。当砂浆凸于砌块以外时,凸于砌块外的砂浆与砌体灰缝内的砂浆约束条件不同,影响敲入深度的检测。当砂浆表面不平或砂浆凸于砌块以外时,应用砂轮或其他工具将被检测砂浆表面打磨至平整,再用毛刷刷去粉尘。

4.1.3 砂浆品种是指水泥砂浆和混合砂浆。

4.1.4 本条规定敲入法检测时构件的划分原则和取样原则。对于在建或新建工程,按检验批抽样检测时,可取龄期相同或相近

的同楼层、同品种、同强度等级的砂浆为一批。按检验批抽样检测时,抽样构件数参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315-2011 的规定不应小于 6 个构件。当被检测工程情况复杂时,宜适当增加构件数量。

4.1.5 参照现行国家标准《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 的有关规定,综合考虑砌体工程质量需要、检测成本及对构件的损伤等因素影响,本规程规定每一测区砖检测 15 个测点、砂浆检测 12 个测点。在检测砖抗压强度时,为使有尽可能多的砖参与强度的评定,也可考虑选 15 块,每块砖上测 1 个点来保证一测区共有 15 个测点。

考虑到砌筑砂浆的强度普遍不高,摆锤敲入法检测后测点周围的砂浆会受到影响,故规定每条灰缝布置不多于 2 个测点,同一条灰缝上两相邻测点间的距离不应小于 100mm。

4.2 摆锤敲入法检测

4.2.3 敲入试验后,如测孔内有粉尘等异物,可用橡皮吹风机将测孔内的粉尘吹干净,否则将导致敲入深度测量结果偏浅。

5 砖与砌筑砂浆抗压强度计算及推定

5.0.3、5.0.4 本规程所建立的测强曲线,是在大量试验数据的基础上,通过对试验结果进行回归分析建立的,试验数据取自北京、安徽、浙江、湖南、广西、山东、贵州、新疆等省市,摆锤敲入法检测砖与砂浆抗压强度测强曲线见表 1。

表 1 摆锤敲入法检测砖与砂浆抗压强度测强曲线

类别	测强曲线	相关系数	平均相对误差
砖	$f_{1,j}^c = 32.0/m_{1,j}$	0.898	17.6%
砂浆	$f_{2,j}^c = 330.5 m_{2,j}^{2.48}$	0.847	18.0%

砖抗压强度测强曲线的建立是采用将同一强度等级的砖分成两组,一组进行抗压强度试验,另一组进行摆锤敲入法试验。本规程所建立的砖抗压强度测强曲线适用于敲入深度为 1.07mm~6.40mm 的砖抗压强度换算,当敲入深度超出上述范围时,该测强曲线不再适用。

砂浆抗压强度测强曲线的建立是采用同盘砂浆分别制作以烧结普通砖为底模的立方体试件和砌筑墙体,同条件养护后,对立方体试件进行抗压强度试验,对墙体砌筑砂浆进行摆锤敲入法试验。砂浆包括砌筑用水泥砂浆和混合砂浆,通过对试验数据的分析,水泥砂浆和混合砂浆抗压强度测强曲线的差别不显著,而且在对一些既有老旧房屋进行检测时,由于相关资料的缺失,无法知道砂浆的品种,因此,本规程所建立的砂浆抗压强度测强曲线不再区分水泥砂浆还是混合砂浆。本规程所建立的砂浆抗压强度测强曲线适用于敲入深度为 3.39mm~15.00mm 的砂浆抗压强度换算,当敲入深度超出上述范围时,该测强曲线不再适用。

5.0.7 计算砖抗压强度标准值公式中的系数 1.9 是根据《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292-2015 附录 L 抽检数量为 6 个时确定的。推定砖的强度等级参照现行国家标准《烧结普通砖》GB/T 5101 的有关规定。

5.0.8 按批抽样时的砂浆抗压强度推定是参考《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 4.0.12 条推导得出的,采用本规程公式 (5.0.8-1)、(5.0.8-2) 和 (5.0.8-3)。在《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 4.0.12 条的注 1 中规定,同一验收批砂浆只有 1 组或 2 组试件时,每组试件抗压强度平均值应大于或等于设计强度等级值的 1.10 倍。本规程对单个构件的砌体砂浆抗压强度推定值的公式 (5.0.8-1) 便是由此推导得到的。

由于《砌体工程施工质量验收规范》进行过多次修订,在不同的版本中,对砌体砂浆抗压强度的验收要求并不相同。对于 2012 年 5 月 1 日以前建的砌体工程,砌体砂浆抗压强度推定值可参考《砌体工程施工质量验收规范》GB 50203-2002 进行强度推定。

砌体砂浆抗压强度推定值因龄期、养护条件等与标准试件不同,两者的结果并不完全相同,故称为“推定值”。

5.0.9 按照《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98-2010 第 5.1.1 条的规定,变异系数超过 0.3 时,已属较差施工水平,可以认为它们已不属于同一母体,不能构成同批砂浆,故应按单个构件检测。

砌体砂浆抗压强度推定值相当于被测构件在该龄期下的同条件养护试件所对应的砂浆强度等级。

附录 C 砖与砌筑砂浆地区或专用 测强曲线制定方法

C.0.1 当制定地区或专用测强曲线的试件,在原材料、成型工艺与养护方法等方面与被检测的工程相同时,测强曲线的针对性强,检测结果的重复性好,检测精度高。

C.0.2 在建立砖专用测强曲线时,选取的 MU7.5、MU10、MU15、MU20、MU25 烧结普通砖要求是最低要求。在条件允许时,应尽量选择不同的烧结普通砖,如页岩砖、煤矸石砖、粉煤灰砖等进行更多的试验,这有利于提高所建立测强曲线的可靠性和适用性。

C.0.3 本条是建立砂浆专用测强曲线的最低要求。在条件允许时,应尽量进行更多的试验,有利于提高所建立测强曲线的可靠性和适用性。

制作砂浆试块时,采用 $70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$ 的无底试模,将无底试模放在预先铺有吸水性较好的纸的烧结普通砖上(砖的吸水率不小于 10%,含水率不大于 20%),试模内壁事先涂刷薄层机油或脱模剂。

砂浆试块体积较小,容易失水,也很容易被环境所影响。在进行自然养护时,为了保证各个试块的养护条件相同,应将试块平摊在地面上进行自然养护,各个试块之间应保持足够的距离,最好在 200mm 以上,在养护早期,每隔 2h 应该将试块翻一下,使各个试块面轮流与地面接触,随着龄期的增加,可以逐步延长试块翻转的时间间隔。制作试块时,宜每 2 组试块拌制一次砂浆,同时振捣成型。

C.0.4 为了更真实地模拟现场情况,砌筑墙体,对墙体灰缝内

的砖和砂浆进行摆锤敲入法检测。墙体的砌筑采用 3 个强度等级的砖、砂浆砌筑。砌筑用的砖同制作砖抗压强度试样的砖为同一批、同一强度等级;砌筑用的砂浆与砂浆试块为同盘砂浆。墙体试件与砂浆试块同条件养护。

C.0.5 在墙体试件上每个强度等级选取 10 块砖,每块砖上检测 3 个测点,取 3 个测点的敲入深度平均值为代表值。对各个强度等级的试样的按现行国家标准《砌墙砖试验方法》GB/T 2542 的要求对砖进行抗压强度试验,每一块砖的抗压强度值为代表值。

C.0.6 在不同龄期,对墙体试件中每个强度等级的砂浆分别进行摆锤敲入法检测,每个强度等级检测 12 个测点,去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值,取 10 个敲入深度平均值为代表值。砌筑砂浆摆锤敲入法检测完成后立即取 6 个同龄期、同强度等级、同条件养护的砂浆试块进行抗压强度试验,并应取 6 块试件的抗压强度平均值为代表值。