

Discussion on the Nondestructive Testing Technology of Commercial Mortar in Shanghai, China

Yanglin Yang

Shanghai Gongda Construction Engineering Testing Co., Ltd., Shanghai, 200444, China

Abstract

The compressive strength of commercial masonry mortar in Shanghai mainly includes penetration method and rebound method. These two detection methods propose a correlation between the penetration value m_d or the rebound value R_m and the strength of commercial mortar. This paper uses the concrete ultrasonic rebound synthesis method $f-v-R$ detection technology, combining the penetration method and the 1stOpt data fitting software simulation analysis 1stOpt strength measurement curve, it can better describe the penetration value $f-m_d-R_m$, the rebound value m_d and compressive strength value R_m , compared with the traditional $f-m_d$ or $f-R_m$ strength measurement curve detection method is single, this new model may be closer to the actual strength of commercial mortar in the actual detection.

Keywords

non-destructive testing; commercial mortar; strength measurement curve; regression curve

中国上海地区商品砂浆无损检测技术探讨

杨阳霖

上海功大建设工程检测有限公司, 中国·上海 200444

摘要

上海市现场检测商品砌筑砂浆抗压强度主要有贯入法及回弹法。这两种检测方法提出了贯入值 m_d 或回弹值 R_m 与商品砂浆强度之间的相关关系。论文借鉴混凝土超声回弹综合法 $f-v-R$ 检测技术,提出了将贯入法和回弹法结合起来,利用1stOpt数据拟合软件模拟分析 $f-m_d-R_m$ 测强曲线,它能够较好地描述商品砂浆的贯入值 m_d 、回弹值 R_m 和抗压强度值之间的关系,与传统的 $f-m_d$ 或 $f-R_m$ 测强曲线检测方法单一、数据误差较大相比,这种新模型的提出,在实际的检测中可能更加接近商品砂浆的实际强度。

关键词

无损检测; 商品砂浆; 测强曲线; 回归曲线

1 引言

商品砂浆的无损检测技术是指在不影响结构构件受力性能或其他使用功能的前提下,利用物理方法对其表面或内部的状态进行检查和测试,推定砂浆的抗压强度等一系列性能的检测方法。贯入法和回弹法是检测砂浆强度最常用的两种方法^[1],迟培云提出了粉煤灰砖砌体中砂浆回弹测强曲线的应用研究^[2];刘想研究了混凝土实心砖和非承重混凝土空心砖测强曲线^[3];程伟对回弹法现场检测砌筑砂浆与贯入法现场检测砌筑砂浆进行了对比^[4];那么是否可以像混凝土超声回弹综合法一样将贯入法及回弹法的检测数据进行拟合得到一种新的测强曲线。

2 贯入回弹综合法测强曲线

2.1 测强曲线的设想

在混凝土现场强度检测技术中,超声回弹综合法的检测结果无疑是几种检测技术中更接近混凝土实际抗压强度,将其声速值、回弹值和抗压强度值之间的关系,通过建立 $f-v-R$ 测强曲线,能够得到更为接近实际结果的数据。

同理,相较于传统的贯入法 $f-m_d$ 或回弹法 $f-R_m$ 检测,论文假设贯入深度 m_d 、回弹强度 R_m 和抗压强度值 f 之间存在函数关系:

$$f = am_d^b R_m^c$$

2.2 检测对象

某14层员工宿舍楼填充墙砌体材料为蒸压混凝土加气砌块,采用强度等级M7.5的干混普通砌筑砂浆。按单个构件检测^[5]对50个构件(房间)的砌筑砂浆强度进行贯入法及回弹法检测。在50个构件砌筑时,使用与构件灰缝同盘

【作者简介】杨阳霖(1988-),男,中国福建人,本科,工程师,从事建筑主体结构检测研究。

的砂浆制作钢底同条件试块，同条件试块拆模后与检测构件同条件养护。养护结束后对同条件立方体试块进行抗压强度检测^[6]。

2.3 检测结果

2.3.1 贯入法检测

贯入法检测是采集构件的贯入深度值，通过专用测强曲线^[5]推算砌筑砂浆的抗压强度值。

单个蒸压混凝土加气砌块构件的砂浆贯入检测数值中，剔除 16 个贯入深度值中的 3 个较大值和 3 个较小值，余下的 10 个贯入深度值按下式取平均值 m_d ：

$$m_d = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_i$$

单个构件贯入强度推定值 f_1' 等于其换算值 f_1 ，其中 $f_1 = \alpha \times m_d^\beta$ ， $\alpha=135.5$ ， $\beta=-2.035$ 。

2.3.2 回弹法检测

回弹法检测是采集构件表面反馈回来的弹回值及构件的碳化深度值，通过专用测强曲线^[5]推算砌筑砂浆的抗压强度值。

单个蒸压混凝土加气砌块构件的砂浆回弹检测数值中，计算第 i 个测区的平均回弹值时，从该测区的 12 个回弹值中的最大值和最小值剔除，余下的 10 个回弹值按下式取平均值 $R_{m,i}$ ：

$$R_{m,i} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} R_{i,j}$$

单个构件回弹强度推定值 f_2' 等于其最小测区换算值 $f_{2,min}$ ，其中 $f_{2,min} = \alpha \times R_{min}^\beta$ ， $\alpha=2.698 \times 10^{-4}$ ， $\beta=3.267$ 。

2.3.3 结果汇总

自然养护龄期到达 28d 时进行贯入法及回弹法检测，同时将对应的同条件试块进行

抗压强度试验，汇总得到的贯入深度平均值 m_d 、最小测区回弹平均值 R_{min} 及同条件抗压强度如表 1 所示。

表 1 贯入深度平均值 m_d 、最小测区回弹平均值 R_{min} 及同条件抗压强度汇总表

构件编号	m_d mm	R_{min} MPa	f MPa	构件编号	m_d mm	R_{min} MPa	f MPa
201	2.92	28.8	16.7	803	3.03	28.4	15.3
202	3.03	28.7	15.2	805	2.72	28.6	17.9
203	2.92	29.1	16.5	807	3.02	29.7	15.8
204	2.98	28.2	15.1	904	2.86	29.7	15.2
305	3.03	27.9	14.3	905	2.69	29.1	18.5
306	2.83	29.6	17.6	909	3.18	27.0	14.7
307	2.85	29.3	16.3	910	2.98	27.3	14.6
308	2.89	29.8	15.8	1003	3.05	29.3	14.4
402	2.78	30.5	17.8	1004	2.74	30.6	18.1
403	2.83	29.1	17.3	1007	3.08	27.5	15.1
404	3.18	27.7	14.9	1008	2.86	27.6	17.4
405	2.81	28.8	17.7	1105	2.79	27.8	16.2
504	2.64	30.2	18.1	1106	2.81	29.4	15.6
505	2.95	27.5	15.9	1107	2.83	27.3	17.6
507	3.05	27.3	16.6	1109	3.16	27.8	15.1
508	3.03	28.4	14.9	1206	2.80	29.4	18.1
605	2.81	29.7	17.5	1207	2.72	28.9	18.1
606	2.88	28.0	16.2	1208	2.91	29.3	16.9
609	3.10	29.3	14.3	1209	2.88	28.2	17.4
610	3.10	28.6	14.8	1302	2.79	29.7	16.4
705	2.97	29.7	16.7	1304	3.03	28.9	14.6
706	2.73	27.3	18.2	1305	2.89	28.8	16.2
709	3.09	30.0	13.5	1308	2.77	29.0	17.8
710	2.78	27.4	17.1	1309	2.86	28.6	17.9
802	2.94	27.7	15.2	1310	3.07	28.8	15.2

3 测强曲线拟合

3.1 数据拟合软件——1stOpt (First Optimization)

1stOpt 是一款强大的数据拟合软件，支持各种类型的数据输入，包括实验数据、模拟数据等，并能够进行数据的预处理和后处理。通过其独特的全局优化算法，能够轻松地进行复杂的数据分析和模型优化。用户可以根据现有数据通过数学方法找到一条与之相吻合的曲线或函数，同时，拟合结果以图形化的方式展示，使用户能够更直观地理解数据和模型。

3.2 输入算法编程

定义函数 $y = ax_1^b x_2^c$ ， y 代表同条件抗压强度 f ， x_1 代表贯入深度平均值 m_d ， x_2 代表最小测区回弹平均值 R_{min} ， a 、 b 、 c 为通过 1stOpt 拟合软件求出的三个常数参数。输入算法编程见图 1。

3.3 输入检测数据

依次输入 50 个构件的抗压强度 f ，贯入深度平均值 m_d ，最小测区回弹平均值 R_{min} 。输入检测数据见图 2。

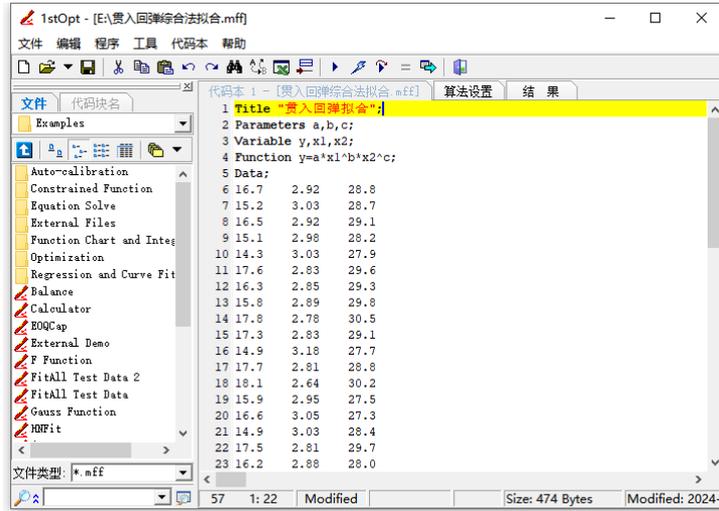


图 1 输入算法编程

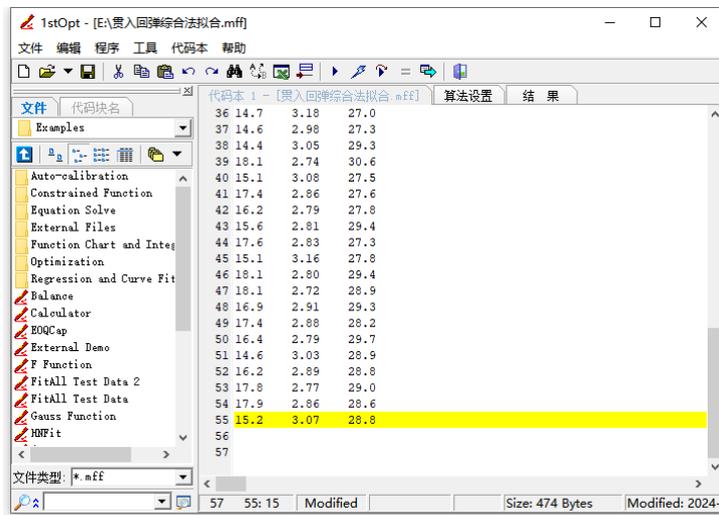


图 2 输入检测数据

3.4 选择算法

算法选择麦夸特法优化算法，这种算法的广泛度和精度都比较高，特别在非线性回归和曲线拟合方面，优势比较突出。

收敛判断指标选择 1.00E-10，最大迭代数 1000，这些都是控制其精度，使其拟合度提高。

选择算法见图 3。

3.5 结果输出

贯入回弹拟合

参数 最佳估算

a 160.793203440573

b -1.53127913814125

c -0.195659825578901

执行计算结果见图 4。

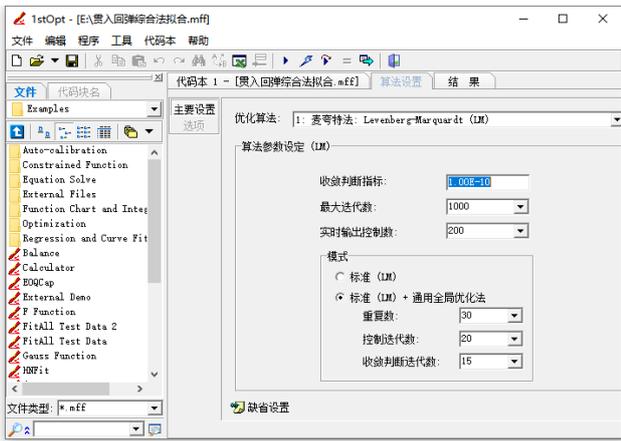


图 3 选择算法

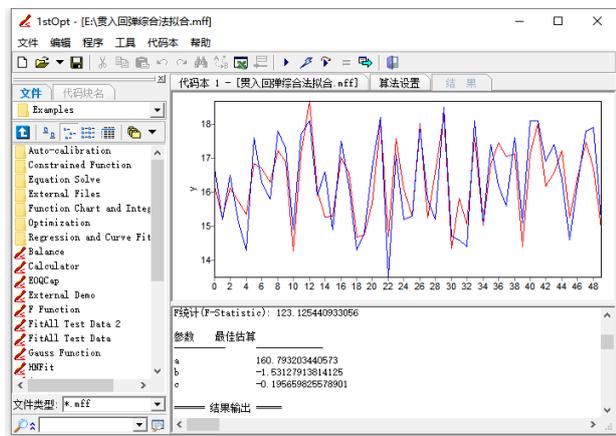


图 4 执行计算结果

4 误差计算

参考贯入法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%^[7]。回弹法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%^[3]。

平均相对误差和相对标准差应按下列公式计算：

平均相对误差公式：

$$m_r = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cu,i}^0}{f_{cu,i}^c} - 1 \right| \times 100\%$$

相对标准差公式：

$$e_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^0}{f_{cu,i}^c} - 1 \right)^2}{n-1}} \times 100\%$$

计算得到该测强曲线的平均相对误差 $m_r=3.7\%$ ，相对标准差 $e_r=4.5\%$ 。这条曲线拟合可用，模型出来的三个参数

值代入原模型：

$$f = am_d^b R_m^c$$

论文建立的砂浆贯入回弹综合法模型为：

$$f = 160.7932 \times m_d^{-1.5313} \times R_m^{-0.1957}$$

5 结语

中国还没建立贯入回弹综合法的相关规程及测强曲线，但应用两种检测方法由表至内多侧面综合反应砂浆抗压强度，正因为是多侧面反应砂浆强度指标，故有较好的相关性。论文提出的计算模型对具有检测条件的砂浆构件均可参考采用，不过论文的分析结论只是针对上海地区一栋十四层砖混楼房砌缝砂浆强度 M7.5 的干粉砌筑砂浆，砌块为蒸压混凝土加气砌块的实测数据得到，按单个构件进行检测且样本量较少，标号单一。对于不同强度、不同砌体条件的砂浆检验批测强情况，需要进行有关强度方面的修正。同时还需要扩大检测样本数量。

由于各种无损检测方法大多是间接推定强度，不确定的影响因素甚多，所以检测具体对象时，应结合现场实际情况，或者采用两种或两种以上的方法来检测，充分考虑所选择检测方法的精度，才有可能保证检测数据的可信度。除论文所述无损检测方法外，还有推出法、筒压法、砂浆片剪切法、点荷法、砂浆片局压法、择压法、钻芯法等^[8]。随着中国工程建设质量管理的加强，砂浆无损检测技术的作用日益明显，从而也促进了该项技术的迅猛发展。可以说随着无损检测技术的成本降低、有效性提高、可操作性更强，则无损检测技术必将跨入一个崭新的发展阶段。

参考文献

- [1] 董月亮,张海明,谭志催.贯入法与回弹法检测砌筑砂浆抗压强度在实际工程中的对比性研究[C]//第四届全国工程结构安全检测鉴定与加固修复研讨会论文集,2015:4.
- [2] 迟培云,迟衡.回弹法检测预拌砂浆抗压强度的应用研究[J].低温建筑技术,2017,39(8).
- [3] 刘想.混凝土实心砖和非承重混凝土空心砖测强曲线研究[J].四川水泥,2023(10).
- [4] 程伟.谈贯入法检测砌筑砂浆抗压强度[J].山西建筑,2019,45(2).
- [5] DG/TJ 08-2021—2007 商品砌筑砂浆检测技术规程[S].
- [6] JGJ 70—2009 建筑砂浆基本性能试验方法[S].
- [7] JGJ/T 136—2017 贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程[S].
- [8] 刘兴远,王彬炜,刘洋,等.砌筑砂浆抗压强度实体检测探讨[J].重庆建筑,2019,18(7):37-40.