

文章编号:1005-0523(2000)01-0021-04

Excel 在混凝土无损检测中的应用

李立玲

(华东交通大学 成人教育学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 阐述混凝土无损检测的回归分析方法, 介绍用 Excel 绘制散点图进行回归分析计算的方法, 该方法可以大大减少回归计算的工作量¹⁹。

关键词: Excel; 混凝土; 非破损检测; 回归分析

中图分类号: TU528.1

文献标识码: A

0 引言

混凝土是当今建筑工程中最主要的结构材料之一¹⁹。由于混凝土通常在工地进行配料、搅拌、成型、养护, 每一个环节稍有不慎都将影响质量, 危及整个结构的安全¹⁹。因此, 加强混凝土的质量监测与控制成为当今建筑工程技术中的重要课题¹⁹。混凝土非破损检测就是在不影响结构或构件受力性能或其它使用功能的前提下, 直接在结构或构件上通过测定某些适当的物理量, 并通过这些物理量与混凝土的相关性, 进而推定混凝土强度、均匀性、连续性、耐久性等一系列性能的检测方法¹⁹。无损检测方法必须建立在混凝土的某项性能与适当物理量之间相互关系的基础上¹⁹。以混凝土强度为例, 为了寻找某物理量与混凝土强度的相关关系, 往往采用两种方法, 一种是归纳法, 就是在大量试验的基础上, 用回归分析的方法确定某物理量与强度之间的经验关系¹⁹。另一种是演绎法, 它是根据混凝土强度与某些物理量之间的理论关系进行逻辑推演, 从理论上确定其间的相互关系, 然后再作适当的试验验证¹⁹。演绎法所得的结果是以基础科学的基本原理为理论依据, 因而具有较好的适用性¹⁹。但要进行这种推演必须建立在理论指导的基础上, 由于以往对强度与物理量的关系研究较少, 目前使用较多的还是归纳法, 即以回归分析的方法, 取得物理量与混凝土某些性能的相互关系¹⁹。

1 回归分析方法

回归分析是一种处理自变量与因变量之间关系的分析方法⁽¹³⁾。用超声和回弹法检测混凝土强度时, 已知声速 V 和回弹值 R 与混凝土抗压强度 f 之间存在某种联系, 声速 V 和回弹值 R 与混凝土抗压强度 f 随着原材料、养护方法和龄期等的变化, 都有可能变化, 这些变化值统称为变量, 通常以声速 V 和回弹值 R 为自变量, 混凝土抗压强度 f 为因变量⁽¹³⁾。从大量的实测数据中发现这种不确定的量具有某种规律性, 这种规律的联系称为相关关系⁽¹³⁾。回归分析就是对具有

收稿日期:1999-08-01; 修订日期:1999-06-08

中国知网 <https://www.cnki.net>

作者简介:李立玲(1963-), 女, 福建上杭人, 华东交通大学讲师¹⁹。

相关关系的现象,选择一个合适的数学模式进行拟合,用来近似地表达变量间平均变化关系的方法⁽¹³⁾一元回归是指一个因变量只与一个自变量有依从关系⁽¹³⁾如有 30 个混凝土试块进行了回弹 R_i 和抗压 f_i 试验,试验数据见表 1

表 1 混凝土回弹和强度试验数据

回弹值 R_i	27.1	27.5	30.3	31.0	35.7	35.4	38.9	37.6	26.9	25.0	28.0	31.0	32.2	37.8	36.6
实测值 f_i	12.2	11.6	16.9	17.5	20.5	32.1	31.0	32.9	12.0	10.8	14.4	18.0	22.8	27.9	32.9
回弹值 R_i	36.6	24.2	31.0	30.4	33.3	37.2	38.4	37.6	22.9	30.5	30.4	29.7	36.7	37.8	36.0
实测值 f_i	30.8	10.8	15.2	16.3	22.4	31.7	27.0	32.5	10.6	12.9	14.6	18.6	25.4	23.2	28.3

将数据制作散点图(可参见图 1)

根据散点图的分布趋势,用数学模式来表示它们之间的关系,如用一条直线表示

$$f_{cu,i}^e = a + bR_i \tag{1}$$

式中: $f_{cu,i}^e$ 为预测值; a 为回归常数项; b 为回归系数; R_i 为自变量(回弹值)⁽¹³⁾

当 a 、 b 确定后,则对每个给定的自变量 R_i ,由方程(1)就可算出对应的预测值 $f_{cu,i}^e$,但实际检测结果对每一个 R_i ,就有两个强度值,即实测值 $f_{cu,i}$ 和预测值 $f_{cu,i}^e$,它们之间的误差为

$$e_i = f_{cu,i} - f_{cu,i}^e (i = 1, 2, 3 \cdots n)$$

现在就要确定 a 、 b 值,使预测值 $f_{cu,i}^e$ 与实测值 $f_{cu,i}$ 误差最小⁽¹³⁾通常是应用最小二乘法使总误差的平方和为最小⁽¹³⁾设 Q 代表误差平方总和,则

$$Q = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - a - bR_i)^2 \tag{13}$$

要使 Q 为最小,只需对上式分别求 a 、 b 的偏导数,并令其等于零,即可求得 a 、 b ⁽¹³⁾

$$a = m_f - bm_R, \quad b = \sum_{i=1}^n (R_i - m_R)(f_i - m_f) / \left[\sum_{i=1}^n (R_i - m_R)^2 \right]$$

其中: m_f 为强度实测值的平均值; m_R 为回弹值的平均值⁽¹³⁾

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (R_i - m_R)^2 = \sum_{i=1}^n R_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n R_i \right]^2 / n;$$

$$L_{yy} = \sum_{i=1}^n (f_i - m_f)^2 = \sum_{i=1}^n f_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n f_i \right]^2 / n;$$

$$L_{xy} = \sum_{i=1}^n (R_i - m_R)(f_i - m_f) = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot f_i) - \left[\sum_{i=1}^n R_i \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n f_i \right] / n \tag{13}$$

则 $b = L_{xy} / L_{xx}$ ⁽¹³⁾

现在一般采用列表计算(见表 2),根据表 2 的结果分别计算 L_{xx} 、 L_{yy} 、 L_{xy} 最后再求出 a 、 b 值⁽¹³⁾计算工作量非常大,若采用非线性回归⁽¹³⁾还得将非线性问题通过变量变换,转化为线性回归模型来解,计算过程就更复杂了⁽¹³⁾

表 2 混凝土回弹和强度回归计算表

序号	回弹值 R_i	实测值 f_i	R_i^2	f_i^2	$R_i f_i$	预测值 f_i^c	$ f_i/f_i^c - 1 $	$ f_i/f_i^c - 1 ^2$
1	27.10	12.20	734.041	148.84	330.62	12.89	0.053 4	0.002 8
2	27.50	11.60	756.25	134.56	319.00	13.50	0.140 9	0.019 9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	36.00	28.30	1 296.00	800.89	1 018.80	26.58	0.064 8	0.004 2
求和	973.7	633.8	32 247.3	15 218.1	21 562		4.099 6	1.011 1

2 Excel 计算实例

Excel 是微软公司推出的基于 Windows 操作系统的电子表格软件,它是 Office 套件中的一个组成软件,具有强大的数据计算、分析统计功能,同时有形象、生动的图表显示,比较适于混凝土非破损检测的数据回归计算¹⁹。

2.1 回归分析

2.1.1 检测数据输入

启动 Excel 打开一个空的工作簿¹⁹,在单元格中输入序号、回弹值、实测值等检测数据¹⁹。

2.1.2 插入图表,绘制散点图

在工作表中选定要回归的两组数据,如回弹值和强度实测值,然后依次点击插入→图表→选取散点图→下一步→下一步→输入图表标题等选项→选取图表存放位置→完成。

2.1.3 回归方程

绘出散点图之后,可在图中直接添加趋势线,亦即回归曲线¹⁹。回归曲线的类型可根据需要选择,有线性、幂函数式、抛物线式、对数式、指数式等多种回归类型¹⁹。具体操作步骤如下:

在图表所在工作表中,点击图表→添加趋势线→选定回归分析类型→点击选项→点击显示公式→确定¹⁹。结果很快便可得出回归方程¹⁹。

图表公式得出后,对散点图的背景及字体大小如不满意,可通过格式定义来满足需求¹⁹。

2.2 回归效果检验

对回归方程所揭示的规律性强不强,以强度平均相对误差 δ 和强度相对标准差 e_r 表示

$$\delta = \pm (1/n) \sum |f_{cu,i}/f_{cu,i}^c - 1| \times 100; e_r = (1/(n-1)) \sum_{i=1}^n (f_{cu,i}/f_{cu,i}^c - 1)^2 \times 100 \quad (13)$$

先要根据求出的回归方程式,代入每一个自变量 R_i ,算出每一个预测值 $f_{cu,i}^c$ 再计算相对平均误差和相对标准差⁽¹³⁾。同样用 Excel 可方便地算出,操作步骤如下⁽¹³⁾。

2.2.1 回归公式输入

实测数据工作表中,第一行空单元格(如 D1)中输入列头名称“预测值 $f_{cu,i}^c$ ”,在第二行相应单元格(如 D2)中输入所求得的回归方程式,如 $Y = 0.0041X^{2.4413}$,按 Excel 的函数格式写为 $=0.0041 * \text{POWER}(B2, 2.4413)$,公式以等号开始,由单元格、运算符、函数和常数等组成(详细用法参考 Excel 的指导书),回车后 D2 单元格即自动填入 $0.0041 * \text{POWER}(B2, 2.4413)$ 的计算结果^{12,91}。同样,在 D3 单元格输入 $0.0041 * \text{power} * B3, 2.4413)$,这可通过鼠标拖动填充完成¹⁹。点击 D2 单元格后,在单元格右下角有一个很小的方块,称为填充柄,用鼠标选中填充

柄时,鼠标指针变为“+”形状,此时开始拖动鼠标沿 D3、D4...Dn 复制公式,复制的公式随自变量 B3、B4...Bn 的变化而变化,分别自动为 $= 0.0041 * POWER(B3, 2.4413)$ 、 $= 0.0041 * POWER(B4, 2.4413)$ 、... $= 0.0041 * POWER(Bn, 2.4413)$,单元格中显示的是这些公式的计算结果¹⁹。

在 E 列、F 列单元格分别输入或复制“ $|f_1/f_{1^c}-1|$ ”和“ $|f_1/f_{1^c}-1|^2$ ”也是类似的操作¹⁹。

2.2.2 回归误差计算

在某一单元格如 B35 中输入“强度平均相对误差 $\delta =$ ”,在另一单元格如 D35 中输入平均相对误差的计算公式“ $= AVERAGE(E2:E31) * 100$ ”,回车后在 D35 单元格中显示计算结果“11.32”即为平均相对误差;同样在 B36 单元格中输入“强度相对标准差 $e_r =$ ”,在 D36 单元格中输入强度相对标准差的计算公式“ $= SQRT(SUM(F2:F31)/29) * 100$ ”,回车后在 D36 单元格中显示结果“14.02”,即为强度相对标准差¹⁹。

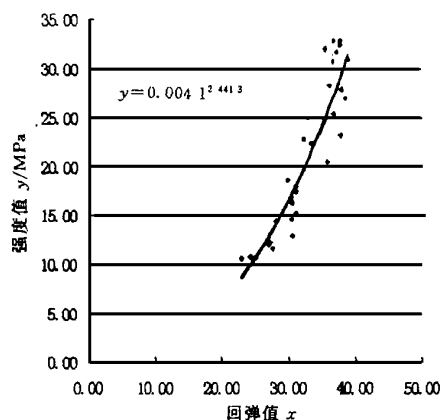


图 1 Excel 得出的幂回归方程式及趋势线

3 结束语

用 Excel 进行混凝土无损检测的回归计算,可以极大地简化回归计算的工作量,尤其是数据量大时,更见其计算效率,对几对数据或成百上千对数据计算时间都差不多,对通用测强曲线或地区测强曲线的回归尤有意义;各过程中的计算数据可直观地打印出来,并且只要原始数据和回归方程式没有输错,计算过程不易出错,本人在实践中确实体会到它的方便、快捷和准确¹⁹。当然要得心应手地应用 Excel 进行回归计算,还需更多地摸索 Excel 的强大功能¹⁹。

[参 考 文 献]

[1] 国家建筑工程质量监督检验中心编·混凝土无损检测技术[M]·北京:中国建材工业出版社¹⁹。

Application of Excel in Concrete examination

LI Li-ling

(Adult Education College, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The regression analysis method of Concrete examination is set up. It is introduced that drawing curve graph by Excel. It can greatly reduce amount of regression examination.

中国知网 <https://www.cnki.net>
Keyword: Excel; concrete; examination; regression analysis