

回归分析在高速公路预应力筋张拉过程中的应用

杨青山

(秦皇岛保神交通建设监理有限公司)

摘 要:对丹拉高速公路采用回归分析法求出千斤顶的作用力和油缸的油压的经验公式。为高等级公路预应力筋的张拉施工控制提供了经验。

关键词:高速公路; 回归分析; 经验公式; 施工控制

中图分类号:U442

文献标识码:C

文章编号:1008-3383(2011)09-0199-01

回归分析在公路工程应用十分广泛,在实验数据的一般处理、经验公式的求得、因素分析、产品质量控制等许多方面,回归分析往往是一种非常有用的工具。

变量按性质可分为三种。第一种,两个变量均为非随机变量,如欧姆定律: $I = V/R$, 变量之间有某种确定的关系; 第二种,一个变量是非随机变量,另一个变量,是随机变量,如千斤顶的张拉力和油缸的油压之间的关系; 水灰比与混凝土抗压强度关系; 第三种,两个变量均为随机变量,如混凝土快速强度与标准强度之间的关系。严格地说,有关第一种情况,不是数理统计问题,是数学分析中的函数问题; 有关第二、三种情况是数理统计学的问题。一般把处理第二种的问题叫做回归分析,把处理第三种的问题叫做相关分析。为了简化,这里把第二、三种的问题统称为回归分析。

1 回归方程的求法

一元线性回归是经常遇到的配直线的问题,即两个变量千斤顶的作用力 T 和油缸的油压 P 的关系是线性关系,通过试验得到数据,找到二者之间的经验公式。

根据丹拉高速公路某大桥由试验得到 11 组千斤顶的作用力 t (kN) 和油缸的油压 P (MPa) 的数据见表 1。求千斤顶的作用力和油缸的油压的关系。考虑活塞和油缸之间的摩擦力后,它们的关系可以表示为

$$T = AP + B \quad (1)$$

(1) 式称为 T 对 P 的回归方程,式中 B 为常数项, A 为回归系数。如果凭经验直接画线,将会因人而异,人为误差较大。

被估计值 T 可以近似地用某种数学模型来描述其变化规律,这就是回归法。

回归法即是曲线拟合法。它是根据 n 组试验数据来建立其数学关系的一种方法。一般是先假定一个数学模型,然后求出其中的待定系数,最后通过相关分析来检验其拟合的程度。

最常用的回归法是最小二乘法,它的目标函数是试验数据残差的平方和。当残差的平方和为最小时(最小二乘)便可求出待定系数。可利用千斤顶标定结果测得的作用力和油压 (t_1, p_1) 、 (t_2, p_2) 、 \dots 、 (t_n, p_n) 对(2)进行线性回归,利用最小二乘原理求式(2)的回归值

$$T^* = A^* \times P + B^* \quad (2)$$

式中:

$$\begin{aligned} A^* &= L_{pt} / L_{pp} \\ B^* &= T^- - A^* \times P^- \end{aligned} \quad (3)$$

$$P^- = 1/n \sum_{i=1}^n P_i$$

$$T^- = 1/n \sum_{i=1}^n T_i$$

$$L_{pp} = \sum_{i=1}^n P_i^2 - 1/n (\sum_{i=1}^n P_i)^2$$

$$L_{pt} = \sum_{i=1}^n P_i T_i - 1/n (\sum_{i=1}^n P_i) (\sum_{i=1}^n T_i)$$

$$L_{tt} = \sum_{i=1}^n T_i^2 - 1/n (\sum_{i=1}^n T_i)^2$$

P^- 、 T^- 为平均值; L_{pp} 、 L_{tt} 为方差; L_{pt} 为协方差。

为了校核其计算结果的正确性,我们采用 Excel 工作表列表,并编制公式计算 A^* 、 B^* 值。

$$A = 5.389\ 545 \quad B = -2.600$$

$$\text{则 } T = 5.389\ 545 \times P - 2.600$$

上式为 YCN-25 千斤顶标定后得到的校正方程,式中 P 的单位为 MPa, T 的单位为 kN。利用上式可以通过油压 P 对张拉力 T 进行控制。

2 相关系数及其检验

任何两个变量 P 和 T 的一组试验数据,都可以按上述方法配出一条直线。但是,只有当 P 和 T 存在线性相关时,所配直线才有意义。相关系数就是描述回归直线性相关的密切程度的指标,用 r 表示。为了计算相关系数 r ,还应通过 Excel 工作表列表计算出 L_{tt} 值。

$$r = L_{pt} / \sqrt{(L_{pp} * L_{tt})} \quad (1)$$

r 值在 $-1 < r < 1$ 之间, r 的绝对值越接近 1,说明 P 和 T 的线性相关越密切; 接近于 0,说明没有线性关系,这时 P 和 T 可能不相关,也可能是非线性相关。只有当 $|r|$ 值大于相关系数检验表中的值数时,才能考虑用直线来描述 P 和 T 之间的关系。

本例 $r = 0.999\ 7$

3 适用范围

线性回归虽然简单,但在公路工程管理应用十分普遍,一个曲线在取值范围很小时,可近似地看作直线。因此有很多问题,只要取值适当,都可以用线性回归。需注意的是,回归线一般只适用于原来的试验检测数据范围内,不能随意把范围扩大。

4 结 语

该方法在多条高速公路上得到了广泛的应用,均取得了成功,作为经验应推广,为今后高等级公路预应力筋的张拉施工控制提供了依据。为提高公路工程质量奠定了基础。

参考文献:

- [1] 王异,周兆桐.混凝土手册[M].吉林科学技术出版社,1985.
- [2] 朱新实,刘效尧.预应力技术及材料设备[M].人民交通出版社,2005.
- [3] 徐岳.预应力混凝土连续桥梁设计[M].人民交通出版社,2005.
- [4] 邵旭东.桥梁工程[M].武汉理工大学出版社,2002.

收稿日期:2011-05-16