

# 后压浆钻孔灌注桩基桩内力试验新技术

韩 亮

(欧美大地仪器设备有限公司, 北京 100062)

**摘要:** 经过后压浆工艺处理的大直径钻孔灌注桩的应用越来越多, 桩身内力在荷载作用下的实际发挥状况也越来越受到设计人员的重视。相比于传统钢筋计法桩身内力测试方法, 滑动测微计法基桩内力试验新技术具有明显优势。本文结合实际工程重点介绍了滑动测微计法在后压浆钻孔灌注桩基桩内力试验中的应用效果, 得到了关于后压浆桩抗压和抗拔荷载下桩侧摩阻力和桩端阻力发挥的初步结论, 从中看出后压浆桩设计中的保守性。

**关键词:** 基桩内力试验; 滑动测微计; 后压浆; 桩侧摩阻力; 桩端阻力; 抗压和抗拔荷载

## 1、引言

随着铁路、桥梁及超高层建筑的大规模兴建, 大直径钻孔灌注桩的应用越来越多。为了提高桩基承载能力和降低桩基沉降量, 普遍采用了后压浆施工工艺, 即对大直径钻孔灌注桩桩侧和桩端分别进行后注浆, 以提高桩侧摩阻力和桩端阻力。经过后压浆处理的基桩桩侧摩阻力和桩端阻力到底如何发挥, 需要进行基桩内力试验。目前, 内力试验普遍采用钢弦式钢筋计或混凝土应变计等传统测试方法。传统方法必须满足两个假设前提: 一是变形协调, 即钢筋计上应力与桩身钢筋上应力相等且钢筋计上应变与混凝土应变协调; 二是桩身弹性模量为恒量。但实际上, 中科院武汉力学所李光煜教授数值模拟计算了三种尺寸钢筋计的受力机理<sup>[1]</sup>, 发现实测轴力相对于钢筋轴力的增长率为 21.1~27.8%, 钢筋计实测应变相对于混凝土应变的增长率为 18.2~30.6%, 即轴向应力分布和轴向应变不协调, 即不符合假设条件。混凝土应变计也是如此。桩身弹性模量随着荷载的不同会发生较大变化的, 这一点也与假设条件不符。传统方法只是在土层交界面处的桩身中预埋钢筋计, 属于点法测量, 温度影响和零点漂移不可避免, 且测点有限不能反映某段桩身应力应变的变化。此外, 由于施工等原因造成钢筋计成活率很低。基于以上讨论, 传统方法对后注浆钻孔灌注桩基桩内力试验很难获得满意的效果。

## 2、基桩内力试验新技术

采用滑动测微计法可以克服上述不足, 其基本原理如图 1 所示, 在桩身中埋设套管和特制测环 (球-锥定位原理), 荷载作用下用一个探头连续地测定标距为 1m 测段的平均应变值。这样就得到了不同荷载下整个桩长范围内的应变变化。根据测量结果, 不仅可提供摩阻力、端阻力等静力试桩所需的全部参数, 还可全面地评估混凝土质量, 计算桩身平均弹性模量及任何部位的弹性模量, 弹性模量随应变量级的变化规律, 指出桩身混凝土的缺陷及其准确位置。滑动测微计属于线法测量。

这一新方法与传统方法相比具有以下优点:

a. 精度和分辨率高达  $1\mu\epsilon$ , 任何部位微小变形都反映在测值中, 可评估构件质量, 计算弹性模量。传统方法测点有限, 两点之间的变形只能推断, 而且测点处的应变由于探头介入而产生局部应力畸变, 其测量值将偏离真实值。

b. 只需埋设套管和测环, 用一个探头测量, 简单可靠, 不易

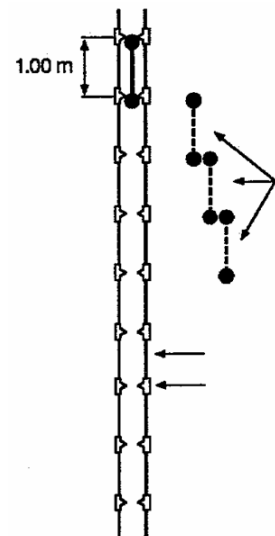


图 1 滑动测微计基本原理

损坏，而且探头可随时在钢筋标定筒内进行标定，可有效地修正零点飘移，且具有温度自补偿功能，适用于长期观测。传统方法传感器易于损坏，零点飘移无法避免，不能修正。

### 3、工程应用

某工程采用后压浆大直径钻孔灌注桩，桩型分为两种，一种为抗压桩，桩径 $\Phi 1000\text{mm}$ ，桩长 $68\text{m}$ ；另一种为抗拔桩，桩径 $\Phi 800\text{mm}$ ，桩长 $45\text{m}$ 。抗压桩采用桩端和桩侧后压浆工艺，抗拔桩采用桩侧后压浆工艺。抗压桩桩端持力层为粉砂层，试验最大荷载 $22000\text{kN}$ ；抗拔桩试验最大荷载 $6100\text{kN}$ 。静载试验采用锚桩反力方式，慢速维持荷载法加压。按照设计要求，通过试验桩的桩身内力试验测定桩侧抗压和抗拔摩阻力及桩端阻力，作为确定工程桩不同桩长的单桩承载力依据。本次内力试验采用滑动测微计法，分别对2根抗压桩和1根抗拔桩进行了测试。

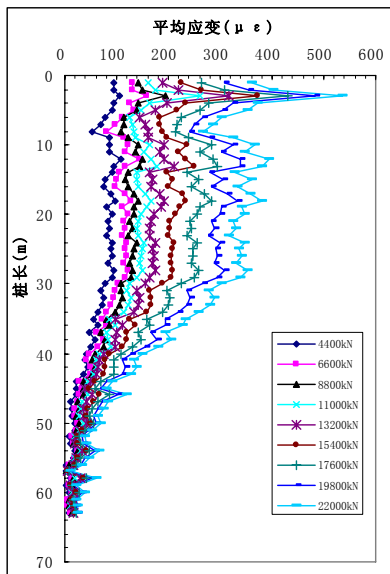


图2 抗压桩实测应变曲线

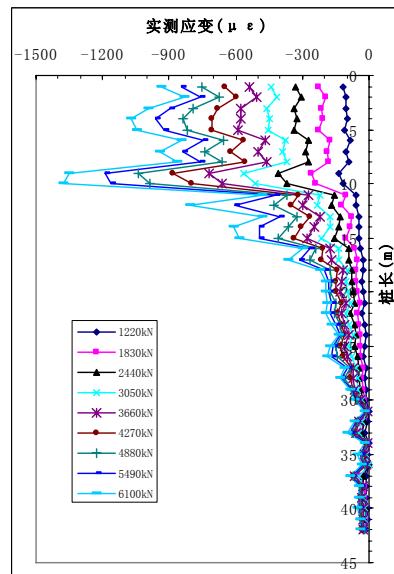


图3 抗拔桩实测应变曲线

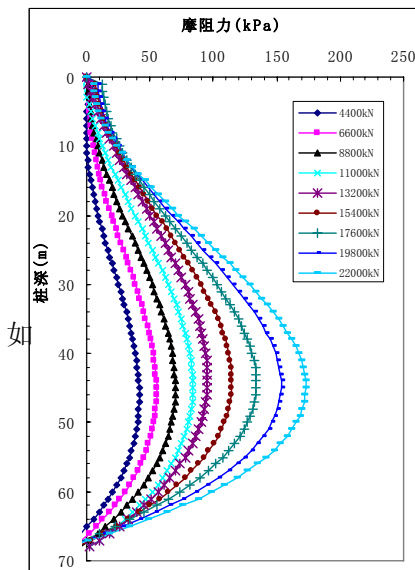


图4 计算的摩阻力曲线

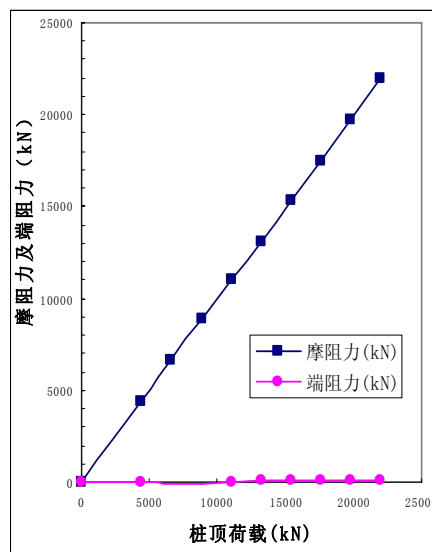


图5 桩顶荷载与摩阻力和端阻力关系曲线

图2和图3分别为抗压桩和抗拔桩实测应变曲线，这是分析桩身质量，计算弹性模量、

轴向力、摩阻力、端阻力的基础。图 4 为计算的摩阻力曲线,从图中可看出,当荷载为 22000kN 时,端阻力基本为零,桩顶荷载全部由摩阻力承担,相当于纯摩擦桩。单位摩阻力随荷载的增大不断增大,最大单位摩阻力部位随荷载的增大而下移,表明各地层的摩阻力自上而下逐渐发挥,当荷载为 22000kN 时,稳定在 45m,约 3/4 桩长处的粉砂层。图 5 为桩顶荷载与摩阻力和端阻力关系曲线,从中可以看出总摩阻力尚未达到极限状态。

从这个工程可见,后压浆钻孔灌注桩抗拔与抗压桩荷载传递机理略有差别,抗拔桩最大单位摩阻力点处于桩身上部,而抗压桩最大单位摩阻力点处于桩身下部,抗拔单位摩阻力值也较低。同时可以看出,在没有科学的基桩内力试验方法情况下,桩基设计明显偏于保守。本例中抗压和抗拔桩均无端阻力,桩顶荷载全部由侧摩阻力承担,总摩阻力尚未达到极限,还有很大的调整空间,如缩短桩长或桩径,这样可节省工程造价。

#### 4、结论

滑动测微计法是一种十分有效的桩身内力试验技术。它通过直接实测 1m 间距内桩身混凝土的平均应变,在此基础上计算出变化的弹性模量曲线,进而计算桩身轴力、侧摩阻力和端阻力,因此它能客观地反应出桩身内力的实际发挥状况。同时,滑动测微计法也满足《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003/J 256-2003)规定,在条文说明中提到滑动测微计方法<sup>[2]</sup>。科学准确地积累后压浆钻孔灌注桩基桩内力试验数据,可以更加清楚地认识后压浆钻孔灌注桩侧摩阻力和桩端阻力的作用规律;同时也必将对进一步提高后压浆钻孔灌注桩优化设计大有帮助。

#### 参考文献:

- [1]李光煜. 岩土工程应变监测中的线法原理及便携式系列仪器[J]. 岩土力学与工程学报, 2001, 1
- [2]陈凡主编. 建筑基桩检测技术规范(JGJ 106-2003/J 256-2003) [M]. 中华人民共和国行业标准, 2003
- [3]陈凡主编. 基桩质量检测技术[M]. 中国建筑工业出版社, 2003