

文章编号:1673-9469(2009)01-0043-03

## 排桩支护内力试验研究

王春波,袁洪升

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**通过对邯郸某深基坑桩锚式支护结构桩身内力的计算与现场实测,研究分析了深基坑开挖过程中桩身钢筋应力及弯矩的分布和变化规律。在开挖过程中,桩身内力随开挖深度的增大而增加。桩身钢筋应力与基坑的暴露时间、桩体位移及预应力锚杆的施加等因素有关。在桩身内力实测结果和理论计算结果对比分析的基础上,得出在桩锚支护设计中使用弹性法比经典法更加合理,从而为桩锚支护结构设计提供了依据。

**关键词:**桩锚支护;钢筋应力;弯矩

中图分类号: TU472

文献标识码: A

## Research on the internal force of pile pier retaining structure

WANG Chun-bo, YUAN Hong-sheng

(School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

**Abstract:** Based on filed measured date and calculated result about the internal force of the anchor piles retaining structure in Handan, the reinforcement stresses and moments of the piles along with the excavation of the deep pit are studied in this paper. Internal force of the pile body increase with the depth of foundation ditch during the excavation. The reinforcement stresses is heavily associated with the exposure time, the pile body displacement and applying of the pre-stress anchorage. The elastic method is more scientific than classic method on the base of analysis between actual result and theoretical result of the pile's stress so as to provide structure of pile and anchorage with foundation.

**Key words:** anchor piles retaining; reinforcement stresses; moment

桩锚支护结构在基坑支护中得到了广泛的应用,获得了显著的经济效益,但是其中也有许多失败的例子。在基坑开挖和使用过程中支护桩的桩身内力是不断变化的,受多重因素的影响<sup>[1,6]</sup>。理论计算与实际有一定的出入<sup>[2]</sup>。现场试验能够测得支护桩在不同工况下的钢筋应力,进而计算出桩身内力。本文进行现场试验,得出桩身内力及其在基坑开挖过程中的变化规律,并与理论计算值进行对比分析,得出支护结构的受力特性和变化规律。

### 1 试验基坑的基本情况与试验方案

#### 1.1 基本情况

该工程为地上24层,地下1层的框架剪力墙结构,北侧邻邯山区实验小学教学楼(4层砖混结构,位于基坑外侧5m处),东侧为邯山区政府2层房屋,西侧和南侧紧临邯山街和陵园路。实际基坑开挖深度为4.75m。北侧选用钢筋混凝土灌注桩+锚杆支护方案,其余三侧选用土钉支护方案。灌注桩桩径600mm,桩距1.2m,桩长11m,离地面2.5m处设置一道12m锚杆。基坑开挖过程如下:工况1,基坑开挖至3.1m;工况2,在距地面2.5m处加锚杆并且施加预应力;工况3,继续向下开挖至4.75m标高。

### 1.2 测试方案

本试验选取基坑北侧的第 35 号和 37 号支护桩进行钢筋应力的测试,试验桩长 11m,在每个支护桩体的主受力钢筋上均匀布置 22 个应变片,分别位于支护桩体的内侧(N)和外侧(W),应用 YJ-25 静态电阻应变仪,读出在基坑开挖过程中钢筋上应变片的电阻变化值,通过对相同构件的拉伸试验得出电阻变化值与应力之间的函数关系,从而确定钢筋的应力。为保证测试结果准确可靠,在测试过程中增加温度补偿片来减小温度对测试结果的影响<sup>[3]</sup>。

## 2 桩身内力实测结果分析

### 2.1 桩身钢筋应力测试结果分析

本文选取 35 号桩的实测数据进行分析,钢筋应力在悬臂和施加锚杆后沿桩身的分布见图 1。

图 1(悬臂)表示悬臂支护阶段钢筋应力的变化情况,从图中可以得出:随着基坑开挖深度的增加(5月 28 日完成第一工况的开挖,6月 7 日开始预应力锚杆的施工)W 侧和 N 侧的钢筋应力都在增大,但桩顶和桩底的钢筋应力变化速率小于桩体中部的钢筋应力变化速率。在各测试阶段钢筋

应力的最大值均出现在开挖面附近,而且钢筋应力最大值并不是出现在开挖结束时的测试阶段而是出现在第一工况开挖结束后和预应力锚杆施工前的测试阶段,分析 6月 2日和 6月 7日的测试结果可以看出,随着基坑开挖面暴露时间的增加,在支护桩中间部位的钢筋应力显著增大,从 4MPa 增加到 9MPa。结合桩顶冠梁位移测试结果,发现在这两个测试段内冠梁位移也显著增大。由此我们可以看出,在桩锚支护结构施工过程中,如果第一工况开挖结束后和预应力锚杆施工之间间隔时间太长,桩体的内力会迅速增加,所以合理安排预应力锚杆的施工时间,减小悬臂阶段支护桩的暴露时间可以有效地减小桩身钢筋应力,避免事故发生。

图 1(桩锚)表示施加预应力锚杆后钢筋应力变化情况。从图中可以得出施加预应力锚杆后,其拉力相当于为支护桩提供了弹性支点,桩身钢筋应力的峰值对应的标高随开挖深度的增加而降低,而且桩身应力相对悬臂阶段减小(6月 10日和 6月 14日),应力峰值仍出现在开挖面附近。随着基坑的进一步开挖,预应力锚杆的作用更加突出,表现为在锚杆标高附近,W 侧钢筋应力由受拉变为局部受压,N 侧钢筋压应力值相对减小,钢筋应力峰值又开始逐渐增大(6月 18日和 6月 30日)。

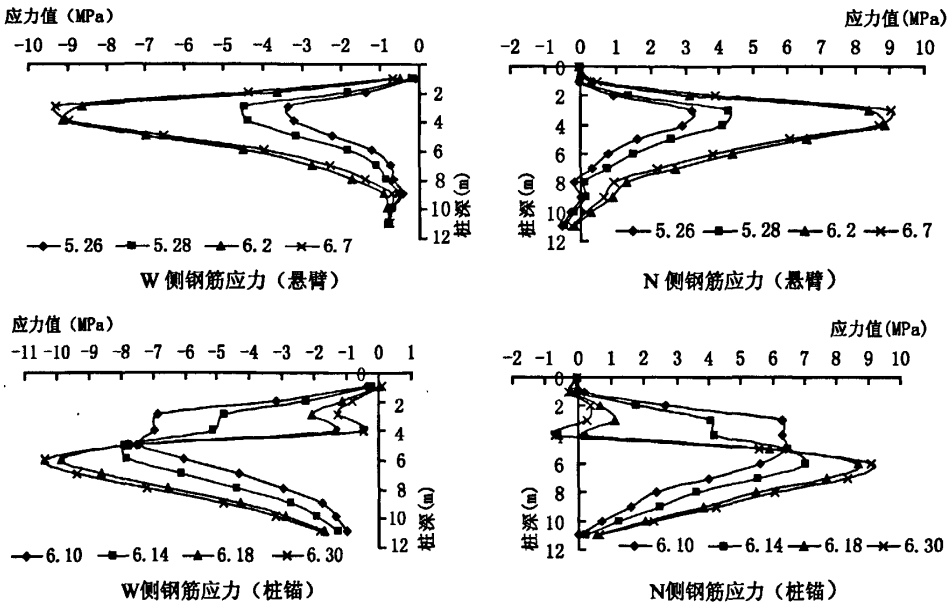


图1 钢筋应力分布图

Fig.1 Distribution of the reinforcement stresses

在支护桩顶部由于受到冠梁的约束,锚杆拉力对桩顶钢筋应力影响不大,而桩底端距锚杆所在标高较远,锚杆的张拉锁定对桩底端的钢筋应力也影响不大。

## 2.2 桩身弯矩测试结果分析

根据材料力学关于梁的弯曲变形与应力分析理论,桩身任一横截面处所受到的弯矩可按下式计算:

$$M = \frac{EI\Delta\varepsilon}{b_0} \quad (1)$$

应用上述计算方法<sup>[4]</sup>,可以得到不同测试时间桩身弯矩沿桩身的分布曲线,将试验结果与理论计算结果进行对比分析,如图2所示:

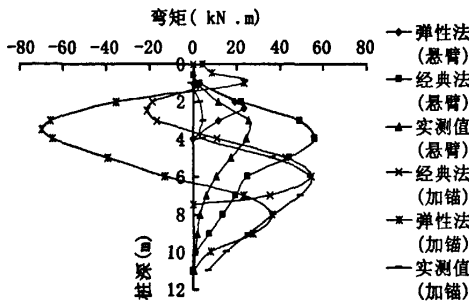


图2 实测与计算弯矩对比

Fig. 2 Ratio between the testing moment and the calculated moment

由图2可以看出:与实测弯矩相比,在悬臂阶段,实测弯矩最大值与经典法比较接近,在曲线形式上和弹性法更接近,在施加了预应力锚杆支护阶段,在开挖面以上,不论是经典法还是弹性法的计算结果都与实测值有一定的差异,表现为在锚杆和开挖面之间,理论分析桩身的弯矩出现反弯点和负弯矩,而实测弯矩并未出现反弯点,只是弯矩开始减小。在开挖面以下,实测弯矩峰值与弹性法理论计算结果相近,大于经典法的计算结果。

## 3 结论

1)弹性支点法与经典法由于计算模型不同,计算结果差别较大。在悬臂阶段,经典法与实测结果较为接近;在桩锚支护阶段,两种方法的计算结果都与实测值有一定的差异。

2)桩锚支护阶段实测值与两种理论计算的结果有一定的差异,主要是在施工过程中桩身位移比较小,在桩体主动侧,实际桩侧的土压力大于计算所取的主动土压力;在被动侧,实际桩侧土压力小于计算所取的被动土压力;并且锚杆和桩体之间结合不紧密,预应力损失等原因导致锚杆拉力没有充分发挥出来,从而没有出现负弯矩。

3)支护桩的抗弯强度远远未发挥出来。将测试桩钢筋等效为周边均匀配筋,根据现行《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89),可以得出桩身最大抵抗弯矩约为130kN·M,而实测桩身最大弯矩仅为59kN·M,为最大抵抗弯矩的45%左右,说明目前支护桩设计方法存在明显不足,通过对两种理论计算方法的对比分析,结合实测数据,在桩锚支护设计中使用弹性法比使用经典法更加合理。

## 参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 吴文,徐松林,周劲松,等. 深基坑桩锚支护结构受力和变形特性研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(3):399-402.
- [3] 李永盛,夏才初. 地下建筑测试理论与检测技术[M].上海:同济大学出版社,1993.
- [4] 王建军. 基坑支护现场试验研究与数值分析[D].北京:中国建筑科学研究院,2006.
- [5] JGJ94-94. 建筑桩基技术规范[S].
- [6] 吴雄志,王志军,葛云海. 水泥土桩单桩承载力影响因素的探讨[J]. 河北建筑科技学院学报, 2004, 21(1):39-41.
- [7] 安景波,崔永高,马金荣. 桩基内力测试数据的光顺样条处理算法[J]. 黑龙江科技学院学报, 2008, 18(6):460-462.

(责任编辑 闫纯有)