

文章编号: 1005-0523(2004)05-0100-03

# 火电厂嵌岩桩静载试验荷载的确定

卢思杨

(江西省电力设计院 江西 南昌 330006)

**摘要:**采用现行规范规定的对桩身承载力和地基土对桩的支承阻力两项的计算,确定嵌岩桩竖向抗压静载试验的试验荷载.通过对电厂嵌岩桩的竖向抗压静载试验结果系统的分析,提出了为了能更合理充分利用地基的支承阻力,而在理论计算的基础上提高试验荷载的几点建议,可供工程设计应用参考.

**关键词:**嵌岩桩;竖向抗压;试验荷载

**中图分类号:**U491

**文献标识码:**A

## 1 静载试验的必要性

《建筑桩基技术规范》(JBJ94-94,简称桩基规范,下同)规定,一级建筑桩基应采用现场静载荷试验确定单桩竖向抗压承载能力,并结合静力触探,标准贯入等原位测试方法综合确定.

《火力发电厂土建结构设计技术规定》(DL-5022-93,简称火力土规,下同)规定主厂房(包括汽轮发电机基础,锅炉构架基础)、主控楼、大于100m的烟囱、跨度大于30m的干燥棚等建筑物地基基础安全等级为一级.

采用竖向抗压静载荷试验确定工程桩的竖向抗压承载能力,是火电厂建筑桩基设计中最常用的方法,它符合规范的规定,使工程安全可靠,而且能找出合理的桩身尺寸,埋深(桩长)和承载力之间的关系,使工程经济合理.

## 2 单桩竖向抗压静载试验荷载

工程试桩的目的是为了确定单桩竖向(抗压)极限承载力.如何确定其试验荷载,是关系到试桩

成败的关键.我们在工程试桩实例中,嵌岩桩就经常会发生有试验荷载估计偏小的情况,在这种情况下,根据小的试验荷载会选择偏小的反力架,会造成试桩在弹性阶段中,其加载装置已达到预定的出力,进入不了极限阶段,试桩结果确定的不是极限承载力而是弹性阶段的承载力,所得到的P-S曲线是不完整的,不能直接得到单桩极限承载力.因此合理地预测单桩极限承载力,对保证试桩结果正确、可靠具有重要意义的.

单桩竖向挤抗压极限承载力,是桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前或出现不适于继续承载力的变形所对应的最大荷载.它取决于地基土对桩的支承阻力和桩身的材料强度,作为试桩应是寻找上述两者中的可能先进入极限状态一种来确定加载装置的能力,其中任意一项达到破坏即被认为满足了规范要求.笔者根据规范总结出确定嵌岩桩竖向抗压静载试验荷载的计算方法.

### 1) 按桩身承载力确定试验荷载

桩身承载力取决于桩截面尺寸和材料强度等级,在不考虑荷载偏心,不计钢筋强度、不考虑施工工艺对桩身质量的影响时,其承载力 $N_{cu,k}$ 按下式计算:

收稿日期:2004-06-27

作者简介:卢思杨(1972-),男,江西高安人,工程师.

中国知网 <https://www.cnki.net>

$$N_{cu,k} = f_{cu,k} \cdot A \quad (1)$$

式中  $F_{cu,k}$  ——混凝土立方体抗压强度标准值,其值等于  $f_{ck}/0.67$ ;

$f_{ck}$  ——混凝土轴心抗压强度标准值;

$A$  ——桩身截面面积。

此处混凝土用立方体抗压强度标准值是桩身破坏的需要和寻求满足破坏荷载的加载装置的需要。

## 2) 地基土对桩的支承阻力

对基土对桩的支承阻力取决于土的物理力学指标、嵌岩段的岩饱和单轴抗压强度(对于粘土质岩取天然湿度单轴抗压强度),桩基规范第 5.2.11 条给出了计算嵌岩桩承载力公式:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{rk} + Q_{pk} \quad (2)$$

$$Q_{sk} = \mu \sum_{i=1}^n \zeta_{si} Q_{sk} L_i \quad (3)$$

$$Q_{rk} = \mu \zeta_{fr} f_{rc} r \quad (4)$$

$$Q_{pk} = \mu \zeta_{pf} f_{rc} A_p \quad (5)$$

式中各符号的取值和含义见桩基规范条文,式中岩饱和单轴抗压强度  $f_{rc}$  因其试验方法(无围压)与岩石实际工作状况(有围压)相差较大而其结果相差甚远,但作为比较将其引用。

式 2 提供了计算单桩试验荷载的方法,桩基规范还规定加载装置能提供的反力  $N$  应不小于预估最大试验荷载的 1.2~1.5 倍,

即:

$$N = 1.2 \sim 1.5 [N_{cu,k} \cdot Q_{uk}]_{\max} \quad (6)$$

由于  $f_{rc}$  取值与实际工况出入较大和嵌岩段侧阻过低经验系数 ( $\zeta_s, \zeta_p$ ), 在计算阶段  $Q_{uk}$  往往小于  $N_{cu,k}$ , 而大量的试验证明嵌岩桩一般是桩身强度先进入极限状态。因此,对试桩成果进行科学的分析,也是十分必要的。笔者总结了一些分析原则:

### 试桩成果分析

桩基试验完成后,工程桩承载力设计值就应已经确定,但桩基规范规定单桩竖向抗压承载力应根据试桩位置、实际地质条件、施工情况等综合确定,附录 C 提供了具体的操作方法,此外尚应与桩身承载能力比较取两者中最小值,即:

$$R = [R_z, R_s]_{\min} \quad (7)$$

式中  $R_z$  ——综合确定的试桩竖向抗压承载力设计值;

$R_s$  ——试桩桩身轴心受压承载力设计值;

$R_s = 0.9 f_{cu,k} A / \gamma_0$ ;

0.9 ——成桩工艺系数(5.5.2);

$f_{cu,k}$  ——混凝土轴心抗压强度设计值;

$A$  ——桩截面面积;

$\gamma_0$  ——结构重要性系数。

尽管加载装置的加载大小是以桩身承载能力确定的,但经综合确定的竖向抗压承载力  $R_z$  可能是由桩身承载力确定,也可能是由地基土的支承阻力确定。

当  $R_z$  由桩身承载力确定时,有  $R_z > R_s$  和  $R_z \leq R_s$  两种情况,当  $R_z > R_s$  时,证明试桩施工质量符合要求,但有些因素是试桩期间反映不出来的如结构的重要性系数、成桩工艺系数等,而这些因素只能体现在计算过程中,故其工程桩承载力设计值应是  $R = R_s$ , 当  $R_z \leq R_s$  时,证明试桩的施工质量较差,如混凝土强度等级低于设计要求或桩身有夹渣、混凝土离析等,而这些是可以在工程桩施工期间加强管理予以排除的,此时也可取  $R = R_s$ ;

当  $R_z$  由地基土的支承阻力确定时,有  $R_z \leq R_s$  和  $R_z > R_s$  两种情况,当  $R_z \leq R_s$  时,证明地基土先进入承载力极限状态,此时应取  $R = R_z$ , 若想提高单桩承载力则应分析基载荷曲线和阻力图形(当埋设有应力、应变测量元件时),可采取加大桩身直径增加侧阻或扩底增加端阻或两者兼施,工程中常采用后者以达到少花钱多出力的目的。当  $R_z > R_s$  时,此时桩身强度较先进入承载力极限状态,大多数嵌岩桩属此类状态,应取  $R = R_s$ 。若想充分发挥地基土的作用,从而提高单桩承载力则可采取提高混凝土强度等级( $L/d < 30$ )或加大桩身直径( $L/d \geq 30$ )或两者兼施。

## 3 工程实测

兴宁电厂新建主厂房地质条件及试桩布置见图 1, 经比较后采用人工挖孔灌注桩作为上部结构的基础,桩底进入中等风化粉砂岩 2.0 m, 桩身  $\Phi 1.0$  m, C20 混凝土, 含钢率 0.2%, 采用锚桩、横梁反力架法对 4 根试桩(集中布置于一处)作竖向抗压静载试验, 试验前确定最大的试验荷载和试验后确定工程桩竖向抗压承载力设计值。

根据式 1, 桩身承载力为

$$N_{cu,k} = 15\,700 \text{ kN} (f_{cu,k} < k = 20 \text{ MPa})$$

根据式 2, 地基土的支承阻力为

$$Q_{uk} = 4\,460 \text{ kN} (f_{rc} = 2.32 \text{ MPa})$$

根据式 2-6, 加载装置应提供的反力为

$$N = 1.2 \sim 1.5 [15\,700, 4\,460]_{\max}$$

=18 840~23 550 kN

根据经验取  $N=20\ 000$  kN,即要求锚桩、反力架能提供的反力为 20 000 kN.

图 2 示 SZ1~SZ4 的荷载  $Q$  与位移  $S$  的关系曲线:

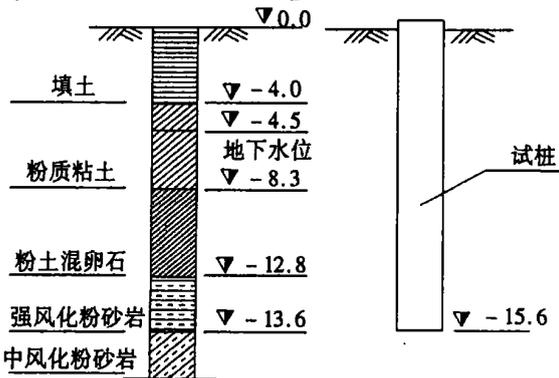


图 1

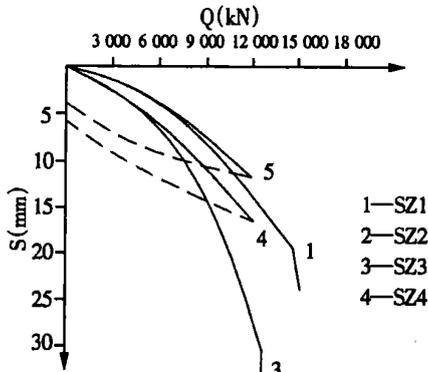


图 2

各试桩试验情况:

当 SZ<sub>1</sub> 加载至 15 000 kN 时,桩顶突然下沉,桩体倾斜,桩身破坏,累计最大位移 18.09mm;

当 SZ<sub>2</sub> 加载至 12 000kN 时,锚桩 MZ<sub>3</sub>、MZ<sub>6</sub>(试桩成组布置)上拔量较大,桩周土体出现裂纹,因 MZ<sub>3</sub>、MZ<sub>6</sub> 是重复一次利用的锚桩,如继续加载,恐怕影响后续试桩的试验而终止加载,累计最大位移 12.37 mm,残余位移 3.83 mm.

当 SZ<sub>3</sub> 加载至 13 000 kN 时,桩顶突然下沉,桩身破坏,累计最大位移 30 mm;

当 SZ<sub>4</sub> 加载至 12 000 kN 时,锚桩 MZ<sub>8</sub>(重复 1 次使用)MZ<sub>5</sub>(重复 3 次使用)上拔量较大,桩周土体裂纹,如继续加载恐怕影响后续试桩的试验而终止加载,累计最大位移 16.39 mm,残余位移 5.80 mm.

根据桩基规范附录 C,试桩竖向极限承载力标准值  $Q_{uk}=12\ 500$  kN.

根据桩基规范式 5.2.2-2,  $\gamma_0 R_z=7\ 810$  kN.

根据式 2-7,  $\gamma_0 R_s=7\ 068$  kN

工程桩轴心受压极限承载力设计值由桩身承载力确定为:

二级建筑物,  $R=7\ 068$  kN ( $\gamma_0=1.0$ )

一级建筑物,  $R=6\ 420$  kN ( $\gamma_0=1.1$ )

一级柱下单桩,  $R=5\ 890$  kN ( $\gamma_0=1.2$ )

## 4 体会和建议

1) 南方丘陵地域中基岩覆盖层一般在 10m 以上,当混凝土为 C20 时,试桩荷载可以桩身强度确定,因为根据土的物理力学指标与承载力参数确定的荷载不足以使试桩进入极限状态而不能满足规范要求,造成不应该的浪费.这特别适用于对单桩承载力要求不是特别高的情况.

2) 对单桩承载力要求特别高的,建议试桩中适当提高混凝土强度等级,以寻求最大的地基反力,诸多试验证明,当试桩置于稳定基岩中一定深度时,率先进入竖向抗压承载力极限承载力状态的是试桩桩体而非地基土(岩石),混凝土强度等级适当提高以后,能全面发挥地基土的支承阻力,找出桩土新的平衡关系,以减少工程桩的投入.

3) 桩基规范第 5.2.11 条中  $f_{rc}$ 、 $\zeta_s$ 、 $\zeta_p$  取值偏低,  $f_{rc}$  从取样到试验都与岩石的实际工作状态相差很大,加上修正系数  $\zeta_s$ 、 $\zeta_p$  和介入,使本与实际出入较大的岩石强度再进行大幅度 ( $\leq 0.1525$ ) 的修正,其计算值与试验结果相差较大.

4) 桩基规范附录 C 第 C.0.1 条“除对于以桩身承载力控制极限承载力的工程桩试验加载至承载力设计值的 1.5~2 倍外,其余试桩均应加载至破坏.”笔者认为用工程桩作试验不能加载至设计值的 2 倍,因桩身极限承载力设计值的 2 倍相当于桩身混凝土立方体抗压强度,如用此值作为试桩荷载,很有可能将其压垮而不能再作工程桩利用,本文实例就能说明这一点,建议采用 1.6~1.7 倍,满足要求即可.

(下转第 109 页)

[7] W G K Fleming. The improvement of pile performance by base grouting[J]. Proc Instn Civ Engrs Civ Engng, 1993, 97(5): 88 ~93

## Construction Technique, Effect and Mechanism of Pressure-grouting for Increasing the Bearing Capacity of Bored-piles

XIONG Wen-liang<sup>1</sup>, LI Hui-ying<sup>1,2</sup>, CHENG Shui-sheng<sup>1</sup>

(1. East China Jiaotong University Logistic Management Office; 2. Jiangxi Jiaotong Technical, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Based on the in-situ pressure-grouting experiments and the full-scale pile quiescently loaded tests of Wudou bridge, the process and effect of jet pressure-grouting are presented in this paper. The mechanism of increasing the performance of bored piles by grouting is also analyzed. And engineering experience of applying the new technique is presented in the paper.

**Key words:** large-diametered bored pile; pressure grouting; bearing capacity

(上接第 102 页)

## The Method of Ensuring Vertical Experimental Load of Loading Test of Embedded Rock Pile in Thermal Power Plant

LU Si-yang

(Jiangxi Electric Power Design Institute, Nanchang 330006, China)

**Abstract:** Based on the demand of present code, using the calculation of bearing capacity of pile shaft and subgrade bearing capacity for pile, vertical experimental load of embedded rock pile is ensured. The experimental result of vertical loading test of embedded rock pile in thermal power plant is analyzed thoroughly here, several advices of increasing experimental load based on theoretic calculate is advanced.

**Key words:** embedded rock pile; vertical bearing capacity; experiment load