

文章编号: 1005-0523(2004)05-0106-04

桩端注浆加固桩基的工艺、效果及机理

熊文亮¹, 李慧英^{1,2}, 陈水生¹

(1. 华东交通大学 基建办; 2. 江西交通职业技术学院 江西 南昌 330013)

摘要: 根据五都大桥等地的钻孔灌注桩桩端注浆的现场试验和桩的静载试验, 介绍了桩端注浆的工艺及桩端注浆的效果, 并对桩端注浆提高灌注桩承载力的机理进行了分析, 对其推广应用作了介绍.

关键词: 大直径灌注桩; 压力灌浆; 承载力

中图分类号: TU473

文献标识码: A

近年来, 大直径灌注桩因其具有承载力高、无挤土、无振动、能贴近已建建筑物施工、适应性强等优点, 在各类建筑工程中的应用越来越广泛, 但由于大直径灌注桩成孔中, 对桩周土扰动降低了桩端、周土体强度, 水的水泡软化作用又进一步加剧其强度降低, 使得灌注桩周摩擦力及端阻力下降, 造成灌注桩承载力偏低, 桩材的性能没有充分利用. 国内外的试验研究和工程实践表明, 对灌注桩进行后压力灌浆加固 (post-grouting), 能够有效地减少上述影响, 提高承载力. 该工艺 1961 年首次在修建马拉开波湖 (Maracaibo) 大桥桩基时得到尝试, 由于此工艺能大幅度地提高桩的承载力, 在全世界逐步得到了广泛的应用^[1]. 我国自 80 年代起, 先后由中国建筑科学研究院地基所、西南交通大学岩土工程研究所等科研单位对此项工艺进行了研究和试验, 均取得了良好的效果. 由于压力灌浆技术能有效的提高钻孔灌注桩的承载力, 其必将成为钻孔 (冲孔、挖孔) 灌注桩不可缺少的配套技术^[2]. 为了该工艺得到进一步推广应用, 本文结合五都大桥钻孔灌注桩桩端注浆的现场试验和桩的静载试验, 在对桩端注浆的工艺、桩端注浆的效果及桩端注浆提高灌注桩承载力的机理进行研究分析的基础上, 作出较详细的论述, 以期得到更好的社会效益和经济效益.

1 桩底压力灌浆加固工艺

压力灌浆是指钻孔桩在成桩、桩身混凝土强度达 50%~70% 后, 通过预埋在桩身的注浆管道, 对钻孔灌注桩桩底 (或桩侧) 进行压力灌浆的后灌浆工艺. 下面根据五都大桥钻孔灌注桩压力灌浆试验, 介绍桩底压力灌浆工艺.

桩底压力灌浆时在桩底预先安放一灌浆腔, 灌浆腔由一块钢板和有弹性的橡胶囊制成 (见图 1), 橡胶囊中可装入 $\varphi 10$ mm 左右的石料. 在桩身钢筋笼的内侧预埋 2 根钢管和灌浆腔相联 (见图 2), 其中一根为注浆管, 另一根为溢浆管, 在注浆管上端安装高压止浆阀, 结构见图 3. 灌浆时待管路中的空气及污水排完后, 在溢浆管上端安装堵头^{[3][4]}.

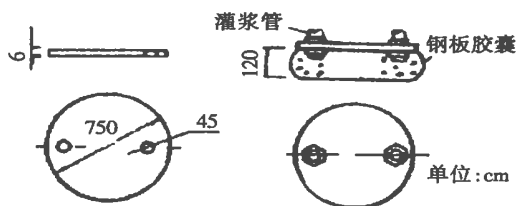


图 1 压力灌浆腔

收稿日期: 2003-11-25

作者简介: 熊文亮 (1971-), 男, 江西丰城人, 工程师.

中国知网 <https://www.cnki.net>

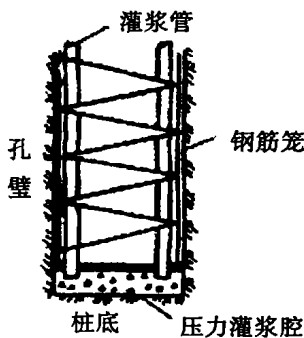


图2 压力灌浆腔的位置

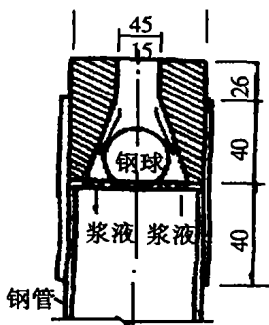


图3 止浆阀(单位:cm)

灌浆前先压清水,待管路畅通及冲击污物后,进行压力灌浆.压力灌浆的浆液可采用水灰比为0.6的净水泥浆或粘土水泥浆(水:水泥:粘土=0.6:1:0.025).高压灌浆的同时,作好灌浆记录及桩顶上抬量的观测.各压浆桩的桩底灌入水泥浆0.3~2.0 m³,稳定压力在3.0 MPa左右,桩顶的上抬量为1.0~2.0 mm.

2 钻孔灌注桩桩底压力灌浆的效果

五都大桥钻孔压浆桩试验工程位于江西省上饶市.该桥的墩台基础为桩基,采用直径 Φ 1.0 m的钻孔灌注桩,桩长22 m,每墩4根桩,每台6根桩,总桩数为296根,累计总长超过6 000 m.现场测试于2002年4月2日开始,历时14天,共进行5组竖向静载试验和1组水平推力试验,对1根试桩进行了桩端灌浆填充(无压力),对2根桩进行了桩端压力灌浆,还对1根桩进行了侧壁低压灌浆.

整个试验包括4根桩(编号为A、B、C、D)的静载试验和对B、D两桩进行压力灌浆工艺试验.

通过试验说明:用压力灌浆法加固桩端,可成倍地提高钻孔桩的承载力.测得A桩极限承载力为6 650 kN, B桩为9 500 kN,两者极限承载力之比为1:1.47,桩长之比为1:0.5,效果多么明显.

压力灌浆的钻孔桩和普通钻孔桩的试验对比结果见表1,注浆桩与未注浆桩的技术经济指标对比分析见表2, P~S 曲线见图4.

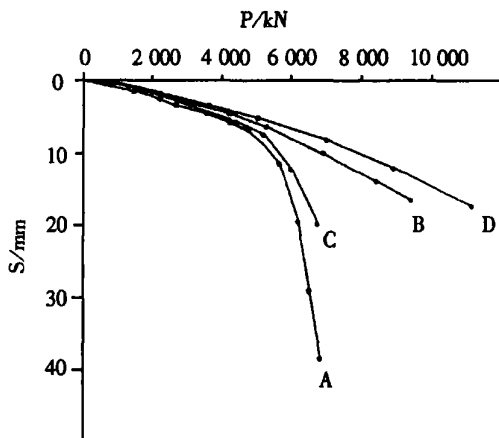


图4 各试桩的P~S曲线

表1 试桩的实测极限承载力

桩号	桩长/m	桩径/m	设计极限承载力/kN	实测极限承载力/kN	试桩类别	灌浆量(m ³)
A	29.4	1.02	7 570	6 650	普通钻孔桩	
B	14.4	1.08	7 570	9 500	桩底压浆桩	1.50
C	24.4	1.08	7 570	6 100	普通钻孔桩	
D	14.0	1.07	7 570	10 450	桩底压浆桩	1.50

表2 注浆桩与未注浆桩的技术经济指标对比分析

技术经济指标	单位	未注浆桩	注浆桩
桩径/桩长	M	1.0/22	1.0/11
桩的总数		296	296
平均单桩费用	元	18 929	11 128
施工总费用	万元	560.298	329.389
单位承载力标准值费用	元/kN	2.500	1.490

3 桩底压力灌浆提高钻孔桩桩基承载力的机理

通过埋设在桩身的钢筋计,可以得到桩侧摩阻力的大小.试验结果表明,桩底压力灌浆对桩侧摩阻力均有所提高.各试桩的单位摩擦力 f_u 与位移S曲线如图5.

一般认为,桩端压力灌浆主要是通过改善桩端土层的性质来提高桩基承载力的.但随着实践经验的积累和理论研究的深入,人们越来越意识到,桩端压力灌浆提高桩基承载力的途径并不是单一的,而是诸多方面共同作用的结果^[5].通常情况下,桩端压力灌浆主要通过下面一些途径来提高桩的承载力:

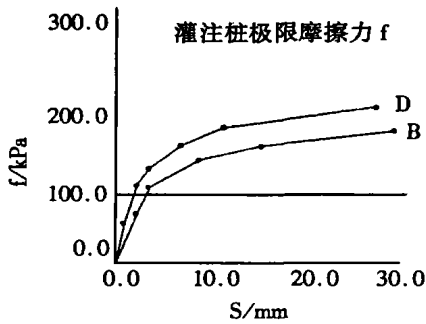
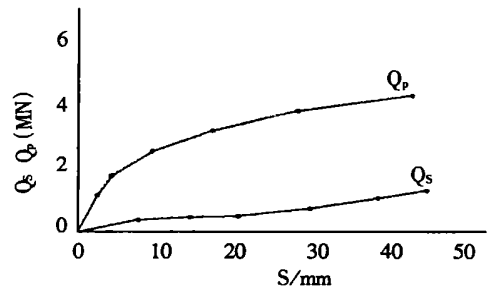


图5 各试桩的摩擦力—位移曲线

图6 B桩的 $Q-s$ 、 $Q-p-s$ 曲线

1) 减少沉渣厚度、加固桩端持力层。不管桩端土性如何,注入桩端的浆液都会对桩端沉渣进行加固,从而使沉渣厚度减少。同时,浆液会沿着桩端持力层的孔隙进行扩散和渗透,使桩端土层强度得到明显提高,进而提高桩端阻力。

2) 改善桩土界面特性。在桩端灌浆过程中,随着灌浆量和灌浆压力的增加,部分浆液沿桩侧薄弱部位上升,使桩土结合紧密,改善了桩土接触面的条件,使桩周土单位面积的侧阻力提高。

3) 增加桩周法向应力。由于桩端压力灌浆形成扩大头,挤压桩端土层使其密实,增加了桩端及周围土层的侧向压力,法向应力的提高引起桩的侧阻力提高。

4) 增强了桩侧阻力的强化效应。根据桩端阻力与桩侧阻力互相作用原理,在桩端土层强度得到提高之后,桩侧土层的阻力可以明显得到提高。根据文献^[6]提供的试验结果,在桩端以上 2.5D 范围内灌浆桩的桩侧阻力可以提高 2.5 倍。

5) 对桩端施加预应力^[7]。桩端压力灌浆时,在压密桩端虚土的同时向上传递反力,桩顶有轻微的向上位移,这相当于在桩端施加了一个预应力,桩侧阻力有所提高。桩端灌浆所形成的扩大头使桩端的虚土挤密,同时使桩身上抬,这样在荷载的作用下,桩端阻力一开始就发挥作用,这是压力灌浆桩与普通钻孔桩的显著区别。试验结果表明,当桩顶位移为 5 mm 时,普通桩的桩端阻力为零,而压力灌浆桩桩端阻力占桩顶荷载的比例为 24.9%。随着桩顶荷载的增加,压力灌浆桩的桩端阻力和桩侧阻力基本上按线性增加(如图 6);在极限荷载的作用下,压力灌浆桩桩端阻力占极限荷载的比例达 45%,而普通钻孔桩桩端阻力占极限荷载的比例仅为 4.8%。可见压力灌浆桩基本克服了普通钻孔桩桩侧摩阻和桩端阻异步发挥,桩端阻滞后于桩侧摩阻的缺点。(其中 Q_s 为摩擦力; Q_p 为总的端阻力)

桩底压力灌浆使得桩侧摩阻和桩端阻同时提高,因而能较大幅度地提高桩的承载力。

4 结论

根据对钻孔桩压力灌浆试验及机理的研究,可以得出如下的结论:桩底压力灌浆不仅能提高桩端阻,使桩端阻一开始即参与承载,桩端阻和桩侧摩阻的发挥趋于同步,而且使桩侧摩阻有所提高;试验同时揭示桩端注浆对桩侧摩阻力提高先于端承载力提高发挥,当 $SZ \leq 4 \sim 10$ mm 时(SZ :桩端邻近土层的桩—土相对位移),桩侧摩阻力提高对单桩承载力提高起主导作用,当 $SZ > 4 \sim 10$ mm 时,桩的端承载力提高对单桩承载力提高起主导作用。灌浆量和灌浆压力与桩极限荷载有直接的关系,灌浆量越大、灌浆压力越高,桩的承载力也提高得越大。

桩底压力灌浆施工工艺简单,在施工中易于实现;由于压力灌浆能较大幅度地提高钻孔桩的承载力,采用此工艺可以减短桩长、减少桩数、降低施工难度、提高经济效益,具有广阔的推广应用前景。

参考文献:

- [1] D A Bruce. enhancing the performance of large diameter piles by grouting (I) [J]. ground engineering, 1986, (5): 9~15
- [2] 西南交通大学岩土所. 郑州铁路局鉴定文件—钻孔桩压力灌浆的工艺及机理研究专题报告[R]. 成都:西南交通大学, 1994.
- [3] 刘金砺. 桩基承载性能及有关设计问题(综合报告)—桩基工程技术[M]. 北京:中国建材工业出版社, 1996
- [4] 张奇, 岳雨甬, 乔金亮. 钻孔灌注桩桩底压浆试验与效益综述[J]. 河南交通—交通科技.
- [5] 傅旭东, 赵善锐. 郑州铁路局鉴定文件之五—灌浆法提高钻孔桩承载力的机理研究[J]. 成都:西南交通大学, 1994
- [6] 傅旭东, 于志强, 赵善锐. 钻孔桩桩底、桩侧后压力灌浆试验[J]. 工业建筑, 2000.

[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-liang¹, LI Hui-ying^{1,2}, CHENG Shui-sheng¹

(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