

超流态混凝土灌注桩工艺特点及承载力计算分析

左秉旭, 林 芳

(黑龙江省桩基础工程公司, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要:超流态混凝土灌注桩施工工艺是黑龙江省比较有代表性的桩基础施工工艺之一, 主要介绍了该工艺承载力的计算分析及适用范围, 并给出了桩侧、桩端承载力提高系数的取值, 以及提高承载力的方法。

关键词:超流态混凝土灌注桩; 桩侧承载力提高系数; 桩端承载力提高系数; 施工工艺

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)05-0047-02

随着我国建设工程的快速发展, 桩基础工程的施工方法越来越多, 针对不同的区域、不同的地质条件, 相应出现了许多具有针对性的施工工艺。在黑龙江地区, 钻孔压浆桩、超流态混凝土灌注桩是具有代表性的 2 种工艺, 应用非常广泛。超流态混凝土灌注桩 2000 年以后在黑龙江地区推广以来, 已进行了几百项的工程施工, 积累了许多宝贵的经验, 这些经验对该工艺的发展与完善起到了很大的促进作用。本文对超流态混凝土灌注桩进行分析, 按黑龙江省地方标准《超流态混凝土灌注桩基础技术规程》(DB 23/T 360-2007) 进行承载力计算, 笔者认为其桩端阻力及桩侧阻力的提高系数等问题值得商榷和探讨。

1 超流态混凝土钻孔灌注桩的工艺性质

该工艺是利用螺旋钻成孔, 当达到设计深度时, 利用混凝土泵将塌落度 22~25 cm 的混凝土通过高压胶管、钻杆, 从钻头底部通孔排出, 在确保钻具埋入混凝土一定深度的前提下(以防止塌孔), 逐步上提钻具, 最后形成桩体, 混凝土的灌注过程基本与水下混凝土灌注桩相同。

2 主要适用范围及特点

2.1 适用范围

该工艺适用于填土、粘性土、淤泥质土、粉土、砂土、砾石(粒径 < 150 mm) 等各种地层, 采用特殊钻头, 也可进入强中风化层。

2.2 主要工艺特点

(1) 适应性强、应用广泛, 不受地下水位的限制, 可用于任何松散地层, 施工效率高。

(2) 施工中不需泥浆护壁, 不用排污, 施工现场整洁; 低震动、不扰民。

(3) 该工艺混凝土强度等级可按设计需要选定, 最高可达 C40, 可适用各种不同强度需要。

3 对现行超流态钻孔灌注桩承载力计算中参数取值

超流态钻孔灌注桩承载力计算公式执行《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94) 第 5.2.8 条中规定, 理论计算公式中单桩竖向承载力标准值由桩周土总侧阻力和端阻力组成, 同时分别将桩周各层侧阻力及桩端阻力乘以相应的提高系数, 计算公式为:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i t_{si} + t_p q_{pk} A_p$$

式中: Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值; q_{pk} ——极限端阻力标准值; q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值; l_i ——第 i 层土厚度; t_{si} ——桩周第 i 层土承载力标准值提高系数; U ——桩身周长; A_p ——桩端面积; t_p ——端阻力标准值提高系数。

从以上公式可以看出, 除了地层条件所给出的侧阻、端阻的计算参数外, 单桩承载力的大小还取决于桩侧阻力和桩端阻力的提高系数。

3.1 q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值

工程设计人员和桩基础施工技术技术人员在进行单桩承载力计算时, 应根据工程地质勘察报告所提供的土的状态参数, 按照《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94) 中所提供的极限侧阻力的数值进行选取超流态钻孔灌注桩在承载力计算时, 桩侧阻力按水下钻孔桩取值, 见表 1。

表 2 为桩侧、桩端承载力提高系数表, 从表 2 中可以看出粘性土中桩侧阻力的提高系数在 1.05 ~

收稿日期: 2008-03-18; 改回日期: 2008-04-14

作者简介: 左秉旭(1957-), 男(汉族), 辽宁人, 黑龙江省桩基础工程公司总经理助理、工程师, 探矿工程专业, 从事施工技术管理工作, 黑龙江省哈尔滨市香坊区香顺街 82 号, zbh7676@163.com。

表 1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sik} /kPa

土的名称	土的状态	水下钻(冲)孔桩
填土		18 ~ 26
淤泥		10 ~ 16
淤泥质土		18 ~ 26
粘性土	$I_L > 1$	20 ~ 34
	$0.75 < I_L \leq 1$	34 ~ 48
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	48 ~ 64
	$0.25 < I_L \leq 0.5$	64 ~ 78
	$0 < I_L \leq 0.25$	78 ~ 88
	$I_L \leq 0$	88 ~ 98
红粘土	$0.7 < a_w \leq 1$	12 ~ 30
	$0.5 < a_w \leq 0.7$	30 ~ 70
粉土	$e > 0.9$	22 ~ 40
	$0.75 \leq e \leq 0.9$	40 ~ 60
	$e < 0.75$	60 ~ 80
粉细砂	稍密	22 ~ 40
	中密	40 ~ 60
	密实	60 ~ 80
中砂	中密	50 ~ 72
	密实	72 ~ 90
粗砂	中密	74 ~ 95
	密实	95 ~ 116
砾砂	中密、密实	116 ~ 135

表 2 桩侧、桩端承载力提高系数

土的名称	t_{si}	t_p
淤泥质土	1.05 ~ 1.1	1.05
粉质粘土	1.05 ~ 1.1	1.05
粉土	1.1 ~ 1.2	1.10
粉砂	1.15 ~ 1.25	1.10
细砂	1.2 ~ 1.3	1.15
中砂	1.3 ~ 1.4	1.30
粗砂	1.4 ~ 1.5	1.40
砾砂、砾石	1.4 ~ 1.5	1.50

1.2 之间,砂土中桩侧阻力提高系数在 1.15 ~ 1.5 之间。笔者认为,就混凝土灌注桩而言,无论是在粘性土中,还是在砂类土中,都不应给予桩侧阻力这么大的提高系数,特别是在粘性土中,因为混凝土在用混凝土泵进行灌注时,是边提钻具边注混凝土,不是封闭体压灌混凝土,所以不会对原有的孔径产生明显的扩径作用,同时混凝土的浆液也不会对桩周粘性土层产生多少渗透作用。而桩侧阻力的提高机理,主要有 2 点:(1)通过挤扩增加桩径;(2)通过对桩周的渗透增加桩与桩周土的结合力(相当于扩大桩径)。因此对于超流态钻孔灌注桩,在粘土层中给予桩侧阻力提高系数是不可取的。由于混凝土浆液在砂土层中有一定的渗透作用,所以在砂土层中应给予一定的桩侧阻力提高系数。但由于在砂层中混凝土浆液向桩周渗透与水泥浆渗透不同,不如水泥浆渗透的范围大,所以桩侧阻力提高系数宜取下

限,以保证建筑物安全使用。一些工程实例也证明了这一点,如大庆的几项超流态工程(桩侧均为粘性土)设计时桩侧阻力提高系数都未取值,而在哈尔滨道里区(桩侧大多为砂类土)基本按下限取桩侧阻力提高系数。

3.2 q_{pk} ——极限端阻力标准值

在超流态混凝土灌注桩承载力计算时,桩端阻力也给予了一定的提高系数,由于超流态钻孔灌注桩承载力的计算取值是按水下钻孔灌注桩的参数为基准,所以其桩端极限阻力的计算时是可以给予提高系数的。因为超流态的成孔是采用螺旋钻成孔,可以认为桩端不存在影响端阻力发挥的虚土。因此应该把水下钻孔灌注桩的桩端阻力参数乘以相应的系数,使其值接近或达到螺旋钻成桩的桩端承载力的取值。

笔者经过工程实践认为超流态钻孔灌注桩的桩端承载力提高系数可以比规程中给定值高一些较为合理。

4 超流态钻孔灌注桩承载力的提高方法及发展方向

4.1 提高超流态桩的承载力

主要有 2 种途径:一是通过泵灌注混凝土实现挤扩桩径;二是通过对桩周土和桩端土层的渗透增加桩侧、桩端的扩径效应。

2 种途径都是通过增加侧阻力及端阻力来提高承载力的。在近几年施工超流态桩时,当钻具钻至设计深度(持力层)时,先由钻杆内腔经钻头上的喷嘴向孔底灌注一定数量的水泥浆,然后再用混凝土泵注入超流态混凝土成桩,可以提高一定的承载力。通过预先向孔底持力层注入一定数量的水泥浆,使桩端土、虚土及部分桩周土经水泥浆填充、渗透、挤密、固结,提高桩端阻力和部分桩侧阻力,从而提高单桩承载力。

4.2 类似超流态的新方法

近几年开发出了一些类似超流态的新方法,如高压喷射扩孔压灌混凝土、机械扩孔灌注混凝土等工艺,均是在钻具钻至设计深度(持力层)时,先由钻杆内腔经钻头上的喷嘴向孔底灌注一定数量的水泥浆,或先利用机械扩孔器扩大桩端孔径,提高桩端阻力和部分桩侧阻力,以达到提高单桩承载力的目的。但这些至今还只是初步使用阶段,具体大面积推广和以及施工方法的完善还需有关技术人员的共同努力。(下转第 51 页)

(7) 水泥浆中减水早强剂和膨胀剂的掺入量均提高 1.0~1.5 倍,并添加 2% 的水玻璃。

采用上述对策施工后,类似地段抗拔锚杆的极限抗拔力均大于 250 kN,达到了设计的要求。

6.2 注浆后浆液易随地下水从孔口溢出,成桩质量差

因拟建场地地下水水位高,注浆后浆液易随地下水溢出孔外,浆液不能完全在桩体周围凝固,成桩质量不易保证,因此,为能连续施工、保证锚杆施工质量,采用下列对策:

(1) 在水泥浆中加入一定比例的细砂,增加泥浆密度;

(2) 在水泥浆中添加 2% 的水玻璃使水泥浆速凝,减少地下水对水泥砂浆的潜蚀;

(3) 将注浆管插至孔底自下而上灌注水泥砂浆,注浆后注浆管不再拔出;

(4) 待孔口有纯水泥浆溢出后停止注浆并用棉絮或布条将孔口封住,阻止浆液随地下水溢出孔外;

(5) 注浆后 1.0~2.0 h 内通过注浆管对桩体进行二次注浆。

采用上述对策施工后,类似地段抗拔锚杆的极限抗拔力均大于 240 kN,达到了设计的要求。

(上接第 48 页)

5 结论和建议

(1) 在超流态混凝土钻孔灌注桩承载力计算时,在粉细砂层中,桩侧阻力提高系数尽量取低值,随着砂层粒径的增大,桩侧阻力提高系数在取值时逐步加大;在粘性土层中,桩侧阻力提高系数尽量不要避免取值不当而造成事故。

(2) 在超流态混凝土钻孔灌注桩承载力计算时,桩端承载力提高系数尽量取高值,随着桩端砂层粒径的增大,桩端承载力提高系数可比该工艺规程中的给定值高一些。

(3) 在单桩承载力计算参数选取时,不宜单纯按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)中的给定值进行选取,应根据工程地质勘察报告所给出的相关数据进行综合考虑。

(4) 要通过大量的工程实践,认真总结经验,给出更适合该工艺的、更合理的计算参数。

(5) 随着新工艺的层出不穷,改良后的超流态

7 施工质量检查

抗拔锚杆施工结束 28 天后进行了抗拔承载力试验,试验方法为分级循环加荷方式,每级加荷 20 kN,试验结果表明,锚杆的施工质量良好,锚杆的极限抗拔力均大于 220 kN,达到了设计的要求。

8 结语

生产实践证明:泥浆护壁成孔与重力式注浆相结合的抗拔锚杆施工工艺在滨海砂层中是可行的,该工艺施工简洁、快速,且成本较低,取得了较好的经济效益和社会效益。

该工艺的成功实施,为同类条件下土层锚杆施工积累了施工经验,使该工艺在滨海潮间带砂层中进行大面积实施成为可能,值得在同类地层中推广应用。

该工程抗拔锚杆的极限抗拔力试验值远低于理论计算值,试验结果表明垂直锚杆、尤其是垂直土层锚杆的施工理论尚不成熟,对垂直土锚杆的抗拔力计算不能简单的套用一般的锚杆理论,应以现场试验为主,为丰富和完善垂直土锚杆理论提供工程实践数据。

工艺(如桩底机械扩孔、高压喷射扩孔压灌混凝土)也开始逐步在桩基础施工中被广泛采用,这些方法对超流态工艺承载力的大幅度提高以及超流态工艺的逐步完善起到了一个很好的示范效果。

(6) 对于超流态工艺,现行资料虽然从机理上能对提高承载力的原因给予分析说明,但目前尚未有定量的分析方法,还不能通过混凝土压灌作用在孔壁、孔底上产生的压力和混凝土对桩周土的渗透作用给出一个准确的承载力计算公式,只能用一个带有经验系数的公式进行承载力计算;要想提供一个具体的承载力计算公式,还需要更多的专家和技术人员进行深入的研究总结。

参考文献:

- [1] DB 23/T 360-2007,超流态混凝土灌注桩基础技术规程[S].
- [2] JGJ 94-94,建筑桩基施工规范[S].
- [3] 王旭,于志强.桩底压密灌浆提高钻孔灌注桩承载力[J].建筑结构,1998,(11):6-8.