

上海钻孔桩桩侧摩阻力的异化效应及分析

周红波^{1,2}, 陈竹昌¹, 姚浩²

(1. 同济大学地下建筑与工程系, 上海 200092; 2. 上海建科建设监理咨询有限公司, 上海 200032)

摘要: 系统分析了上海地区钻孔桩测试资料的摩阻力实测值与规范建议值之比 γ 随土的状态、埋深的变化规律, 并将钻孔桩摩阻力与土性参数之间存在的背离趋势分为负异化效应和正异化效应, 提出异化效应是反映钻孔桩施工技术与工艺水平的度量指标。严重负异化效应出现在深埋状态好的地层表明, 上海原土造浆正循环钻进施工方法在发挥深层好土的固有优势与潜力存在较严重的缺陷, 并从钻孔泥浆作用和泥浆施工工艺进行了具体的分析; 正异化效应出现在上海浅埋淤泥质黏性土层则说明, 上海钻孔桩施工方法的某些特殊工艺具有能够充分发挥这些土层摩阻力性状的特点, 并从灌注混凝土的特殊施工工艺进行了具体的分析。

关键词: 钻孔桩; 桩侧摩阻力; 异化效应; 施工工艺; 黏性土; 砂性土

中图分类号: X705

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2007)02-0174-06

作者简介: 周红波(1972-), 男, 湖北应城人, 博士, 总工程师, 高级工程师, 从事桩基、土动力学、隧道工程及项目管理、风险管理研究等方面的工作。E-mail: zhouhongbo@online.sh.cn。

Abnormal effect of skin friction of bored pile in Shanghai

ZHOU Hong-bo^{1,2}, CHEN Zhu-chang¹, YAO Hao²

(1. Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Jianke Project Management Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Based on the tests of bored piles in Shanghai, the relationship between the ratio γ of measured values of skin friction of bored piles to suggested value recommended in foundation design codes of Shanghai was analyzed and the inconformity of skin friction of bored pile to soil properties was divided into positive and negative abnormal effect, which was taken as the appreciation index of construction technique of bored piles. It was shown by the serious negative abnormal effects emerged in deep embedded soils that there was serious defect in natural slurry of normal rotary boring construction method of Shanghai to develop the inherent and potential advantage of good soils embedded deeply, the reasons for which were analyzed according to the action and technology of boring slurry. The positive abnormal effects emerged in shallow embedded soft clay show that some special technology of construction method of bored piles in Shanghai was advantageous to develop skin friction, the reasons for which were analyzed in accordance with special technology of concreting.

Key words: bored pile; skin friction; abnormal effect; construction technology; cohesive soil; sand

0 前言

人们目前关于桩侧摩阻力与土的状态、埋深之间关系的认识与理解主要是从大量预制打入桩的工程实际经验与试桩测试资料中总结得到的^[1]。因此, 它实质上是打入桩摩阻力与土的状态、埋深之间的关系(简称打入桩摩阻力与土性参数间关系)。预制打入桩是人们最早采用的桩型, 不仅在工程中应用最广泛, 并且被研究得也较透彻。当与此不同的钻孔桩桩型在工程实践中刚开始采用, 由于缺乏相应的基础试验资料, 人们在分析该桩型的设计问题时不得不沿用在打入桩中获得的某些经验关系, 上海地基基础设计规范^[2]规定的钻孔桩与打入桩极限摩阻力标准值 f_{sk} 之比值基本

按照 0.8 来考虑, 并且沿用了上海规范的规定^[2]。事实上, 钻孔桩的桩侧摩阻力的发挥以及荷载传递特性受施工影响较大^[3-5], 而且随着钻孔桩桩型的基础试验资料和工程经验的积累, 人们逐渐发现该桩型的桩摩阻力与土状态、埋深之间关系同打入桩摩阻力与土性参数间关系存在着不同程度的差别。

本文调研了上海地区采用正循环钻孔桩的工程 20 余项, 并对其静载试验结果进行了分析, 尤其是选择了埋设有土层侧壁摩阻力测试仪器的钻孔桩, 根据与打入桩基土层摩阻力分布特性的对比, 讨论了黏性

土、砂性土的钻孔桩摩阻力实测值与规范建议值对比的变化规律以及钻孔桩摩阻力的异化效应,并结合上海市钻孔桩的施工工艺探讨了其产生的原因。

1 黏性土钻孔桩摩阻力同稠度状态、埋深间的关系

在上海地区,地面附近浅层的淤泥质黏性土层(第②、③、④层)属于流塑状态的黏性土,其下埋深较大的黏性土层,即第⑤、⑥、⑧层分别属于软塑状态、硬塑状态、软塑状态的黏性土。不管从稠度状态来判断还是从稠度状态和埋深两方面来判断,⑤、⑥、⑧层的钻孔桩摩阻力应当比②、③、④层要大很多,但是实际情况并非完全如此,上海地区采用正循环钻进施工的钻孔桩试桩所得到的测试资料表明,桩周为黏性土的钻孔桩摩阻力实测值不仅同其稠度状态之间关系的总趋势与设计规范规定有出入,而且同稠度状态、埋深之间关系的总趋势与设计规范规定有更大出入,典型的测试结果如表1所示。通过分析可以看出,流塑状态淤泥质黏性土层(②、③、④层)的钻孔桩摩阻力实测值,既会出现比⑤、⑥、⑧层的实测值要大很多或要大的测试结果,又会出现比⑤、⑥、⑧层的实测值要小很多或要小或与之相近的测试结果^[6]。这些测试结果表明,钻孔桩摩阻力并不随着黏性土稠度状态而表现有规律的变化趋势,或者说钻孔桩摩阻力对黏性土稠度状态的变化是不敏感的。

现从稠度状态和土层埋深两个因素考虑将上海黏性土层归并为3个综合层,即浅部淤泥质黏性土层(包含②、③、④层)、中等埋深的软塑黏性土层(⑤层)以及深埋黏性土层(包括⑥、⑧层),由于第⑤层埋深的变化幅度较大,故另列一层。从这3个综合层的钻孔桩摩阻力实测值与上海规范的建议值之比 γ 的大小及其分布(如图1所示),可以判断该规范根据打入桩摩阻力同黏性土稠度状态、土层埋深之间关系用以类推钻孔桩摩阻力同黏性土稠度状态、土层埋深之间关系是否符合实际。具体分析结果如下:

(1) 对于浅埋淤泥质黏性土层(②、③、④层),其钻孔桩摩阻力实测值与上海规范建议值的比值 γ 以大于1.5为主(γ 在1.52~3.58范围变化),在少数情况下 γ 也会出现接近于1或小于1。上述的 γ 数据表明,对于埋深浅且流塑稠度状态的黏性土,其摩阻力实测值却在大多数情况下比上海规范建议值要大很多。这揭示钻孔桩摩阻力与埋深、稠度状态之间实际关系同上海规范关于钻孔桩摩阻力与埋深、稠度状态之间建议关系实际上呈现完全背离的趋势,也表明上

海规范根据打入桩摩阻力同黏性土稠度状态、土层埋深之间关系来估计钻孔桩摩阻力同黏性土稠度状态、土层埋深之间关系的做法存在着不合理性,并且与上海工程实际有较大的出入。

(2) 对于⑤层土,其摩阻力实测值与建议值的比值 γ 似乎变动范围较大,但分布较均匀(即 γ 小于0.67、0.67~1.5之间和大于1.5这3部分的组成比例大体相当)。这些 γ 数据表明,在埋深和稠度状态介于②、③、④层与⑥、⑧层之间的黏性土层⑤,其摩阻力实测平均值与上海规范提供的摩阻力建议平均值似乎还较接近,但是离散性仍然较大。

(3) 对于埋深大且稠度状态较硬的黏性土层(⑥、⑧层),其摩阻力实测值与建议值的比值 γ 则以小于0.67为主,其余的 γ 出现在0.67~1.0之间。上述的 γ 数据表明,与埋深浅且为流塑稠度状态的黏性土时相反,埋深大且稠度状态较硬的黏土时,摩阻力实测值却在大多数情况下比上海规范建议值要小很多;随着黏性土的稠度状态变硬和埋深增大, γ 随之降低。黏性土的稠度状态变硬和埋深增大却不能诱发钻孔桩摩阻力实测值遵循上海规范关于钻孔桩摩阻力建议值同黏性土的稠度状态与埋深之间关系同步增大,反而会出现 γ 值降低,进一步证明上海规范有关钻孔桩摩阻力建议值同黏性土的稠度状态与埋深之间关系的规定是与上海工程实际有较大出入的。

2 砂性土钻孔桩摩阻力同密实度、埋深之间的关系

在上海地区,属于深埋(埋深大于35 m)、中密-密实砂性土主要是⑦₂粉细砂层,⑨层细、中、粗砂及⑨层以下的砂性土层,大量的打入桩工程实践经验、试桩测试数据表明,当桩端进入砂土层的深度不大(在3~5 m范围内)时,砂性土层的打入桩摩阻力实际值往往要大于上海规范建议值;当桩端进入砂土层的深度很大时往往要略小于上海规范建议值,即这些砂性土的打入桩摩阻力的 γ 值在大于1与略小于1的范围变动,并基本上遵循随着密实度和埋深的增大而增加的总体变化规律。而对于这些砂性土层,目前仅有部分埋置有测量元件的钻孔桩试桩资料,为此,结合桩端进入这些砂土层的深度很大的情况下钻孔桩单桩极限荷载试验所呈现的特殊现象,来判断这些砂性土的钻孔桩摩阻力实测值与上海规范建议值比值 γ 的低限值范围以及出现低限值的相应桩端与桩周地层剖面条件。以下实例可以大体说明该问题。

(1) 实例1

表 1 上海某工程钻孔桩侧摩阻力实测与设计规范规定值对比

Table 1 Comparison of observed skin friction of bored piles with those suggested by design code in a Shanghai project

桩号	桩参数	土层编号	土层名称	实测值 /kPa	规范的建议 值/kPa	实测值与 建议值之 比 γ /%	土层厚度 /m	平均埋深 /m
SZ-2	$\Phi 800$ 桩长 56.2 m	①、② ₁ 、 ② ₂	填土、粉质黏 土、砂质粉土	22.8	15	152.0	7.0	3.5
		② ₃	粉砂	26.1	38	68.7	5.8	9.9
		④	淤泥质黏土	58.2	30	194.0	3.8	14.7
		⑤ ₁	黏土	37.5	35	107.1	4.4	18.8
		⑤ ₂	粉质黏土	51.0	37	137.8	5.2	23.6
		⑥	粉质黏土	53.1	72	73.8	4.4	28.4
		⑦ ₁	砂质粉土	64.1	63	101.7	3.5	32.4
		⑦ ₂	粉砂	58.6	73	80.3	6.5	37.4
		⑧ ₁	黏土	31.1	55	56.5	13.4	47.3
		⑧ ₂	粉质黏土	29.6	60	49.3	2.2	55.1

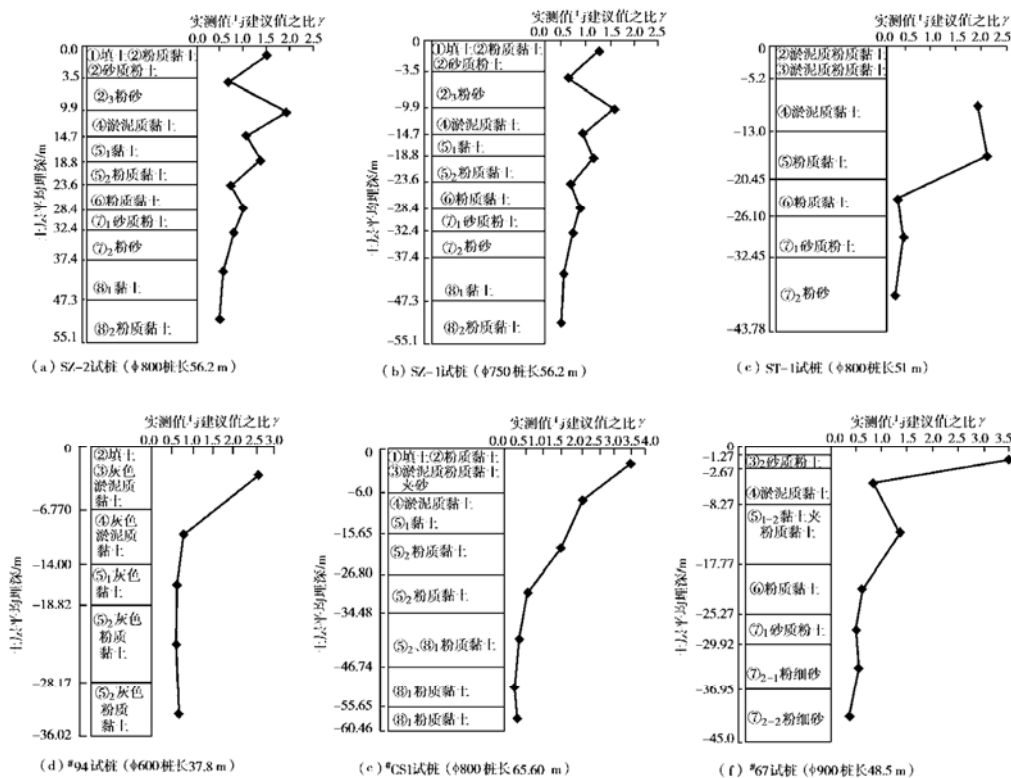


图 1 钻孔桩侧摩阻力比值 γ 随土层状态、埋深的变化曲线

Fig. 1 Variation of the ratio γ of skin friction of bored piles with states and embedded depth of soils

试桩直径 0.8 m，桩长 51 m，桩端进入⑦₂层的深度为 14.35 m，整个桩长范围的侧摩阻力实测值与规范建议值之间的比值分布如图 1 (c) 所示，⑦₂ 层的钻孔桩摩阻力的 γ 值为 0.288。

(2) 实例 2^[7]

试桩直径 2.5 m，桩长约 110 m，采用自平衡试桩法，压载箱上部桩段长度为 74.8 m，压载箱下部桩段长度约 25.2 m。当下部桩段发生 40 mm 以上位移时，所测到的原设计持力层（□₁ 粉细砂层和 □₂ 含砾中粗砂层，两层的埋深分别为 90.7~106.8 m 和 106.8~110.0 m）的摩阻力仅为

地质勘察资料数据的 1/3（即 γ 为 0.33）。

(3) 实例 3^[7]

试桩直径 2.5 m，桩长约 110 m，采用自平衡试桩法，压载箱上部桩段长度为 72.15 m，压载箱下部桩段长度约 25.85 m。当下部桩段发生 40 mm 以上位移时，所测到的原设计持力层（埋深为 85.5~108.5 m）的摩阻力仅为地质勘察资料数据的 1/5（即 γ 为 0.20）。

(4) 实例 4^[8]

某工程桩采用直径 900 的钻孔桩，桩长 48.5 m，桩端进入⑦₂ 厚砂层 16 m 左右，实测该土层的摩阻力仅为地质

勘察报告给定数据的 0.38 (即 γ 为 0.38), 具体结果如图 1 (f) 所示。

(5) 从未设置测元件钻孔桩试桩工程的经验来看, 在上海⑦₂层特别厚且静力触探 p_s 值特别高的区段, 凡是钻孔桩的端部进入⑦₂持力层的深度达到 15~20 m 时, 这时试桩所测到的单桩极限承载力很低, 往往只有原设计预期的单桩极限承载力的 50% 左右 (如图 2 所示)。在这种桩周与桩端地层剖面条件下会出现单桩极限承载力大幅度降低的特殊现象, 实际上也为在相应地层剖面条件下揭示⑦₂粉细砂层摩阻力 γ 值很低这一事实提供了证据。必须指出的是, 在通常的桩周和桩端地层剖面条件下, 钻孔桩试桩得到的单桩极限承载力值往往小于设计预期值, 但是偏低的份额其最大值约为 30% 左右。

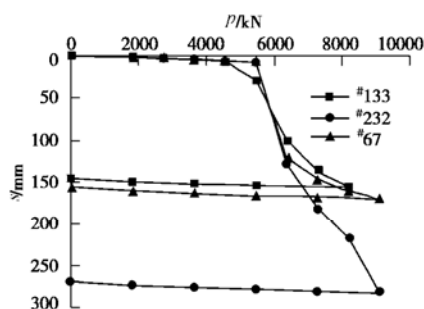


图2 直径 900 mm、桩端进入⑦₂层 16 m 钻孔桩的静载试验曲线 (设计极限承载力 9000 kN)

Fig. 2 Static load test curves of bored piles with diameter 900 mm and penetration 16 m in ⑦₂ layer deep (design ultimate bearing capacity 9000 kN)

对上海地区砂性土钻孔桩摩阻力具体分析如下:

(1) 对于⑦₂、⑨及其下的砂性土层, 当这些砂土层的任一层作为钻孔桩持力层并且桩端进入该砂土层的深度达到 15~20 m 的条件下, 这时该砂土层的钻孔桩摩阻力实测值与上海规范建议值的比值 γ 将出现在低限值附近。从现有的数据来看, 可以将这些砂土层的 γ 低限值大体视为在 0.38~0.20 范围内。

(2) 与上海地区深埋黏性土层 (如⑥、⑧层) 的钻孔桩摩阻力 γ 值相比, 深埋砂性土层的钻孔桩摩阻力 γ 值则更加低。

(3) 不仅对于上海地区深埋黏性土层钻孔桩摩阻力与埋深、稠度状态之间实际关系同上海规范的相应建议关系呈现完全背离的趋势, 而且对于上海地区深埋砂性土层钻孔桩摩阻力与埋深、砂土密实度之间实际关系同上海规范的相应建议关系也呈现完全背离的趋势。

(4) 大量工程经验、试桩测试数据及沉降观测资料已证实, ⑦₂、⑨及其下砂性土层是上海地区所有土层中压缩性能与强度性能均属最优的深埋土层, 但是它们却是上海地区所有土层钻孔桩摩阻力 γ 值中出现最低值的土层,

因而出现一种很矛盾的现象, 即上海地区压缩性能、强度性能最好的土层与钻孔桩摩阻力 γ 值出现最低值的土层却发生在相同土层中, 这一矛盾现象说明上海地区采用原土造浆正循环钻进施工方法不仅不能发挥深埋砂性土层在强度与埋深上的内在优势, 反而造成该砂性土层的钻孔桩摩阻力大幅度折减, 进一步说明该施工方法存在不可克服的固有缺陷。

3 钻孔桩桩侧摩阻力的异化效应

为了进一步说明上海地区的钻孔桩摩阻力与土的状态、埋深之间关系同打入桩摩阻力与土性参数之间关系存在背离或完全背离的趋势, 本文将这种背离趋势称为钻孔桩摩阻力的异化效应, 简称为异化效应。值得注意的是, 所提的钻孔桩摩阻力异化效应既是相对于打入桩摩阻力与土性参数之间关系而言的, 又是针对上海地区正循环钻进施工方法而言的。从前面对比分析结果来看, 异化效应可以分为正异化效应和负异化效应。前者表示在较差土性参数的情况下却得到与其土性参数不匹配且明显偏高的钻孔桩摩阻力, 例如浅埋的淤泥质黏性土层 (②、③、④层), 不管从埋深还是从稠度状态来看都是不利的, 但是却得到与土性参数不匹配的钻孔桩摩阻力 γ 高值 (γ 以大于 1.5 为主)。负异化效应表示在较好土性参数的情况下却得到与其土性参数不匹配且明显偏低的钻孔桩摩阻力, 例如深埋的中密—密实的砂性土层 (⑦₂、⑨及其下砂土层), 不管从埋深还是从砂土密实度来看都是有利的, 但是却得到与土性参数不匹配的钻孔桩摩阻力 γ 低值 (γ 低限值在 0.38~0.2 范围变动)。

异化效应实际上可作为钻孔桩施工技术与工艺水平的度量指标。负异化效应愈严重, 表明钻孔桩施工技术与工艺水平愈低, 因为有的钻孔桩的施工技术与工艺不仅不能主动发挥场地条件在土的种类、状态与埋深等方面的固有优势与潜力, 相反地由于其施工技术与工艺的某些缺陷则导致场地条件的不利因素在起作用, 从而引发严重的负异化效应。其他地区钻孔桩的测试结果也证明此观点^[6]。

4 钻孔桩摩阻力异化效应同施工技术与工艺间的关系

这里从讨论上海《钻孔灌注桩施工规程》有关泥浆和灌注混凝土的规定^[9], 更加具体地探讨施工技术与工艺同钻孔桩摩阻力之间的联系, 进一步说明上海地区钻孔桩试桩测试资料所揭示现象的内在机制。

4.1 规程关于泥浆规定对钻孔桩摩阻力影响的讨论

对于钻孔泥浆的作用, 该规程明确提出钻孔泥浆只需满足短期成孔护壁的要求, 并认为原土造浆完全能满足这一要求。这种钻孔泥浆作用的观点为使用泥浆性能指标不

明的原土造浆创造条件,由于原土造浆具有不确定性和盲目性,实际上形成泥浆性能指标不能控制的局面。泥浆性能指标控制,尤其是同成桩后泥皮厚度与强度有密切关系的泥浆性能指标(如失水率、泥皮厚、静切力、胶体率等)控制对于钻孔桩摩阻力有重要影响。因此,钻孔泥浆作用既要满足钻孔桩成孔护壁的要求,还要根据场地地质条件考虑钻孔桩摩阻力对泥浆性能指标的要求。

上海规程中,有关控制注入孔口和排出孔口的泥浆密度与黏度以及二次清孔等泥浆施工工艺,虽然对于降低泥皮对钻孔桩摩阻力的不利影响有一定作用,但是不能从根本上改变原土造浆具有的盲目性和偶然性,这一点在上海地区长钻孔桩中反映较为明显。上海地区深埋土层的钻孔桩摩阻力 γ 值明显偏低这一事实可以验证上述判断,即当土层的埋深越大和土层的稠度状态越硬(或砂土的密实度越大),上述原土造浆施工工艺对于控制桩-土界面的泥皮厚度与强度以及表面粗糙度的综合效果就越低。事实上,按照上海^[9]规程的上述泥浆施工工艺规定,不管土层状态与密实度的情况、土层埋藏深度的深浅以及桩长的长短如何,就泥浆施工工艺而言基本上采用相同的模式,并无特殊措施似不合理。笔者认为,要扭转上海地区深埋土层的钻孔桩摩阻力明显偏低的状况,要放弃以原土造浆为主的施工方法,用泥浆配制方法制备钻孔泥浆,提高对钻孔泥浆性能指标的控制,以减小在桩-土界面中的泥皮厚度。泥浆性能指标的控制要综合考虑土层的状态(包括密实度)、土层的埋深、桩长、工程地质与水文地质条件等因素,如果桩径很大也应作为重要因素来考虑。在通常情况下,可以将钻孔桩的设计极限摩阻力平均值(指单桩设计极限荷载除以桩侧总表面积,这里忽略桩端阻力)作为控制泥浆性能指标的尺度,该平均值愈大,泥浆性能指标就控制愈严;在此基础上,再考虑桩长和工程地质与水文地质条件进行适当的调整该平均值的大小。只有从控制泥浆性能指标着手,才能改变深埋土层的 γ 值明显偏低的状况。

应当指出,从上海地区的钻孔桩工程实践经验来看,上海规程有关的泥浆施工工艺在一定条件下也有其适用性与合理性,例如钻孔桩的桩长不大且桩周土以流塑和软塑状态黏性土为主的情况下,按照该规程的泥浆施工工艺进行施工,并且注意在成孔施工时形成较为粗糙的钻孔孔壁以及在灌注桩身混凝土时能充分利用该规程有关导管埋入深度和导管接拆的独特规定来加大桩-土界面粗糙度和桩身局部变截面,这时由此综合形成的粗糙桩-土界面和桩身局部截面的凹凸起伏将远大于成桩后的泥皮厚度,进而大幅度降低原土造浆和泥浆施工工艺的不利影响,从而得到比桩周土稠度状态高得多的钻孔桩摩阻力。例如,上海地区浅埋淤泥质黏性土层的钻孔桩摩阻力 γ 值远大于1就是该规程有关的泥浆施工工艺、原土造浆施工同成孔施工、

灌注桩身混凝土特殊做法相结合的产物,这也证明该规程的施工规定若能发挥其优势对于长度不大的钻孔桩有一定的适用性。

4.2 规程关于桩身混凝土灌注规定对钻孔桩摩阻力影响的讨论

上海规程第7.3.2条规定,混凝土灌注的充盈系统不得小于1,也不宜大于1.3,该条款规定为加大钻孔孔壁粗糙度和通过灌注混凝土来改变桩-土界面粗糙度提供条件。而且上海DBJ08-202-92规程第7.3.8条还规定,导管埋深以3~10m为宜,按笔者的理解,将导管埋入混凝土面的深度从2~6m的常规做法提高到3~10m并使用2节导管接拆。笔者认为,诸如外地浅埋软黏土层的钻孔桩摩阻力 γ 值比上海地区浅埋淤泥质黏性土层(②、③、④层)的钻孔桩摩阻力 γ 值要小很多,或者说上海地区浅埋淤泥质黏性土层的钻孔桩摩阻力 γ 值特别大等现象都同提高导管埋入深度并使用2节导管接拆的施工工艺有密切关系。

提高导管埋入深度和使用2节导管接拆的施工工艺可通过灌注混凝土的过程来提高钻孔桩桩身承载力,主要表现在以下两方面:

(1) 控制导管底口在桩身特定的标高范围变动,采用反复提升和下压导管的方法来灌注桩身混凝土,这时易形成钻孔桩桩身局部变截面,这种局部变截面可发挥“次端承”作用,宏观上看它相当于增大了钻孔桩桩身摩阻力。

(2) 可通过混凝土灌注充盈系数沿桩身深度的变化来加大灌注桩的桩-土界面凹凸度(或粗糙度)。增大桩-土界面粗糙度可降低在桩-土界面中泥皮的不利影响,从而提高钻孔桩摩阻力。值得注意的是,桩-土界面的粗糙度同钻孔(或成孔)粗糙度有关,但是灌注混凝土也可主动改变桩-土界面粗糙度。

必须指出的是,上述两种增大钻孔桩摩阻力的措施,仅在上海地区埋深较浅的土层中较易实施。在灌注浅埋土层段的混凝土时,由于灌注深度较小,这时超压力和冲击力较小,再加上上海地区浅埋土层的水文地质条件不复杂(如无承压水),通过灌注混凝土来改善钻孔桩摩阻力的措施在实施时较易控制。但是,在灌注深埋土层段的混凝土时,由于灌注深度较大,这时超压力和冲击力较大,再加上上海地区深埋土层存在易坍土层和承压水,采用上述两种措施风险很大。由于在深埋土层中成孔施工所形成的孔壁较光滑,再加上不能通过灌注混凝土来改变桩-土界面的粗糙度,导致泥皮对深埋土层钻孔桩摩阻力的退化产生显著影响。

5 结 论

(1) 研究了上海地区黏性土钻孔桩摩阻力实测值与规范建议值之间的比值 γ 随埋深和稠度状态的变化规律。

浅埋流塑状黏性土层的 γ 明显大于1,深埋可塑状和硬塑状黏性土层的 γ 明显小于1,这表明黏性土钻孔桩摩阻力同其稠度状态、埋深之间实际关系同黏性土打入桩摩阻力的相应关系存在背离趋势。

(2) 分析指出了上海地区深埋、中密-密实砂性土层(⑦₂层、⑨层及⑨层以下土层)的 γ 值的低限值在0.38~0.2范围内,这揭示深埋砂性土钻孔桩摩阻力同其密实状态、埋深之间实际关系同深埋砂性土打入桩摩阻力的相应关系存在完全背离趋势。

(3) 上海地区钻孔桩摩阻力与土的状态、埋深之间实际关系同基于打入桩摩阻力与土性参数之间关系而类推的钻孔桩摩阻力与土性参数之间关系存在背离或完全背离趋势,文中将这种背离或完全背离称为钻孔桩摩阻力异化效应,它反映了钻孔桩施工技术与工艺对其摩阻力的影响,并且异化效应实际上可作为钻孔桩施工技术与工艺水平的度量指标。负异化效应愈严重,显示钻孔桩施工技术与工艺水平愈低。严重负异化效应的出现说明上海地区原土造浆正循环钻进施工方法在发挥场地土的状态、埋深等固有优势与潜力存在较严重的缺陷;而正异化效应在浅埋淤泥质黏性土层中出现则说明该施工方法的具体工艺具有能够充分发挥这些土层钻孔桩摩阻力性状的特点。

(4) 通过分析指出,上海地区浅埋淤泥质黏土层的正异化效应同上海市规程^[9]使用了2节导管接拆并提高导管埋入混凝土面的深度的施工工艺有密切关系,该工艺在灌注混凝土时可采用反复提升和下压导管的方法来形成桩身局部变截面和加大钻孔桩桩-土界面凹凸度,从而增大钻孔桩摩阻力。但是,通过灌注混凝土来改善钻孔桩摩阻力的措施受水文地质条件、土类和灌注深度等的限制,仅在上海地区浅埋的淤泥质黏性土层中较易实施。

(5) 通过分析指出,上海规程关于钻孔泥浆只需满足短期成孔护壁的要求的不合理性,并指出目前有关控制孔口泥浆、二次清孔等泥浆施工工艺仍然不能从根本上改变原土造浆所形成的泥皮具有厚度大、强度低的缺陷,上海地区深埋好土层钻孔桩摩阻力 γ 值明显偏低这一事实已经验证了上述判断。因此,强调钻孔泥浆配制、提高正循环钻孔方法的泥浆性能指标控制和推荐使用优质泥浆材料等方面反映了当前改善钻孔桩施工技术与工艺的发展趋

势。

参考文献:

- [1] O'NEILL M W. Side resistance in piles and drilled shafts[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001, 127(1): 3 - 16.
- [2] DGJ08-11-1999 地基基础设计规范[S]. 1999. (DGJ08-11-1999 Shanghai foundation design code[S]. 1999. (in Chinese))
- [3] CHANG Ming-fang, ZHU Hong. Construction effect on load transfer along bored pile[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironment Engineering, 2004, 130(4):426 - 437.
- [4] DAN Brown. Effect of construction on axial capacity of drilled foundations in piedmont soils[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironment Engineering, 2002, 128(12):967 - 973.
- [5] 楼晓明, 陈强华, 俞有炜, 等. 钻孔灌注桩承载力异常现象分析[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(5): 547 - 551. (LOU Xiao-ming, CHEN Qiang-hua, YU You-wei, et al. Analysis of abnormal phenomena in ultimate bearing capacity of bored pile[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2001, 23(5): 547 - 551. (in Chinese))
- [6] 周红波. 桩的类型和施工技术与工艺对桩基性状影响研究[D]. 上海: 同济大学, 2004. (ZHOU Hong-bo. Study of effect of pile type and construction technology on pile behaviors[D]. Shanghai: Tongji University, 2004. (in Chinese))
- [7] 黄融, 苏洪雯, 毕桂平. 提高泥浆护壁钻孔灌注桩承载力的探讨——东海大桥超百米长试桩承载力分析[J]. 建筑施工, 2004, 26(2): 93 - 95. (HUANG Rong, SU Hong-wen, BI Gui-ping. Discuss on the improvement of slurry boring bored pile bearing capacity——the analysis of load test bearing capacity of more than 100m length bore pile in Shanghai Donghai bridge[J]. Building Construction, 2004, 26(2): 93 - 95. (in Chinese))
- [8] 周红波. 深厚砂土中钻孔桩基承载力异常分析和处理[J]. 建筑施工, 2005, 27(2): 11 - 14. (ZHOU Hong-bo. Analysis and treatment of abnormal bearing capacity of bored pile in deep and thick sand layer[J]. Building Construction, 2005, 27(2): 11 - 14. (in Chinese))
- [9] DBJ08-202-92 钻孔灌注桩施工规程[S]. 1992. (DBJ08-202-92 Shanghai construction code for bored pile[S]. 1992. (in Chinese))