

预应力管桩涌起的原因及处理

张旭¹, 张胜², 周锡玲³

(1. 广州市番禺区第三建筑工程公司, 广东 广州 511400; 2. 国防科技大学, 湖南 长沙 410073;

3. 中南大学, 湖南 长沙 410075)

[摘要] 结合工程地质条件分析了预应力管桩涌起的力学原理, 并介绍了其处理方案和施工过程中应注意的问题。

[关键词] 预应力管桩; 孔隙水压力; 涌起; 处理

[中图分类号] TU473.13

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2004)09-0048-03

Reasons and Treatments of Bulging of Prestressed Pipe Piles

ZHANG Xu¹, ZHANG Sheng², ZHOU Xi-ling³

(1. Guangzhou Panyu No.3 Construction Engineering Company, Guangzhou, Guangdong 511400, China;

2. National Defense Science and Technology University, Changsha, Hu'nan 410073, China;

3. Zhongnan University, Changsha, Hu'nan 410075, China)

Abstract: According to geologic conditions of this project, author analyze dynamic principles of bulging of prestressed pipe piles, and introduce treatment methods and problems noticed during construction.

Key words: prestressed pipe pile; pore water pressure; bulge; treatment

预应力管桩是一种广泛应用的桩基础, 在饱和软粘土地区施打预应力管桩时, 沉桩过程中容易挤压地下土层, 造成地面隆起, 并使先打入的桩桩顶标高增加, 这一现象称之为桩涌起。桩涌起后, 在桩底部形成空位, 使桩失去端承力, 导致桩的承载力只能依靠桩周摩擦力产生, 从而使桩的整体承载力降低。且随着上部建筑物自重增加, 桩会沉陷。由于各条桩的涌起程度不同, 可能引起建筑物主体结构的不均匀沉降, 严重影响建筑物的安全。本文对工程实例中出现的预应力管桩涌起的原因进行了深入分析, 并提出了有效的处

理方法, 可为同类工程施工提供参考。

1 工程及地质概况

广州番禺区珠江边某住宅小区, 其工程地质自上而下土层分布特征: ①素填土: 疏松, 厚 0.60 ~ 2.70m; ②淤泥: 饱和、流塑, 厚 5.30 ~ 9.90m; ③粉质粘土: 粘性强, 较湿, 可塑 ~ 硬塑, 厚度变化较大, 为 0.30 ~ 11.70m; ④强风化泥岩: 泥质结构, 含粉砂质, 厚度变化

[收稿日期] 2004-03-26

[作者简介] 张旭(1969—), 男, 广州番禺人, 广州市番禺区第三建筑工程公司工程师, 广州市番禺区市桥德兴路 387 号 511400, 电话: 13711315748

(4) 如在施工记录中发现有效桩长为 6 ~ 8m 的桩, 施工至桩端时电流较低, 则应抽取 1 组。

本次共抽检 22 组, 37 根桩, 单桩 9 组, 双桩 11 组。6 个工程桩位点作为静荷载试验样本, 分单桩与双桩 2 组, 试验结果: 双桩的竖向极限承载力标准值为 1556kPa, 单桩的竖向极限承载力标准值为 778kPa。根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94) 第 5.2.2.1 条及附录 C.0.11 条计算, 双桩组的竖向承载力设计值为 912kPa, 单桩竖向承载力设计值为 456kPa。成桩质量均超过了设计要求。

4 结论

通过研究分析, 深层搅拌施工是用搅拌头将水泥浆和软土强制拌和。搅拌次数越多, 拌和越均匀, 水泥

土的强度也越高。但是搅拌次数越多, 施工时间也越长, 工效也越低。采用“三喷六搅”工艺及 20% 的水泥掺量, 地基承载力明显增加, 达到设计要求。“三喷六搅”施工工艺的改进, 不仅较好地解决了喷浆不均的问题, 保证了桩体的均匀性与连续性, 而且通过增加土颗粒与水泥浆液的强制搅拌次数, 保证了水泥土的充分拌和, 提高了复合地基的承载力。随着施工工艺的改进, 深层搅拌桩将会得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] JGJ79-91, 建筑地基处理技术规范[S].
- [2] 郑假余, 熊载波, 孙浩玉. 深层搅拌桩的工艺改进与应用实践[J]. 西部探矿工程, 2003, (2).
- [3] 陈强. 浅谈深层搅拌桩的几个问题[J]. 西部探矿工程, 2003, (6).

大,为1.00~10.10m;勘探至此层终孔。

现拟建2排平行住宅,北排和南排分别建4栋19层和11层框架结构住宅,间距为60m,各栋间距6m,总建筑面积70000m²。其基础均采用 $\phi 500$ mm预应力管桩(以下简称桩),承载力设计值为2300kN。

2 桩涌起原因分析

北排19层建筑的桩基承台大多采用5桩承台,南排11层建筑的承台全部采用2桩承台,承台平均间距均为4m。当施工至沉桩总桩数的30%时,发现沉桩地面隆起严重。北排建筑的桩地面隆起约700mm,但桩未涌起,南排建筑的沉桩地面隆起约300mm,桩也同时涌起约30~50mm。针对这种情况,施工单位暂停桩基施工,并根据现场情况进行了具体分析。

研究表明:当淤泥和粉质粘土含水饱和时,桩进入饱和软粘土层后,由于土层体积被压缩而产生的附加孔隙水压力迅速增大,当孔隙水压力大于上部土层自重产生的压力及上部土层抗剪力之和时,桩周边的土层将受力向上方移动,形成地面隆起。但为何北排地面隆起700mm而桩不涌起,而南排地面隆起300mm且桩也涌起呢?

首先对土层中桩的受力情况进行分析。当桩入土后其受力情况如图1所示。由于土层中明显隆起的主要是上部的饱和度大的土层(以下简称饱和土层),因此上部的饱和土层向上移动对桩产生向上的桩周摩擦力 F_1 ,而下部的饱和度小的土层(以下简称不饱和土层)隆起很小,可以认为是不动土层。故向下的力主要为下部土层对桩产生桩周摩擦力 F_2 及桩自重 G 。只有当 $F_1 > F_2 + G$ 时,桩才涌起。本工程中所用桩均为内径 $d = 300$ mm,外径 $D = 500$ mm,长度 $l = 17 \sim 23$ m,取 $l = 20$ m进行计算。故 $G = \rho g V = \rho g \pi (D^2 - d^2) / 4 l = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times \pi \times (0.5^2 - 0.3^2) / 4 \times 20 \text{ m} = 59.08 \text{ kN}$ 。因此,确定 F_1 和 F_2 的值,是判断桩是否涌起的关键。

下面讨论桩周摩擦力 F_1 和 F_2 的取值情况。本工程地质中由于素填土层厚度小且土质疏松,可不考虑其对桩承载力的影响;桩能进入强风化泥质砂岩2~3m,且以强风化层作持力层。所以只需考虑从淤泥层至强风化层这一段土层对桩承载力的影响。根据桩周摩擦力计算公式: $F = U_p \sum q_{si} l_i$ 。其中: U_p 为桩身周边长度,即 $U_p = \pi D = 3.14 \times 0.5 = 1.57 \text{ m}$; q_{si} 为桩周的摩擦力标准值; l_i 为按土层划分的各段桩长,本工程各土层 q_{si} 和 l_i 取值如表1所示,可以知道桩周摩擦力

F_1 和 F_2 与土层指数 q_{si} 和相应的各土层桩长 l_i 有关。

表1 各土层指数表

指数	淤泥($i=1$)	粉质粘($i=2$)	强风化泥岩($i=3$)
q_{si}/kPa	5~8	20~25	35~45
l_i/m	5.3~9.9	0.3~11.7	2~3

北排建筑地质中,由于只有淤泥层为饱和层,即只有淤泥层对桩产生向上的摩擦力 F_1 ,此时 $F_1 = u_p q_{s1} l_1$, $F_2 = u_p q_{s2} l_2 + u_p q_{s3} (l - l_2)$ 。由于 q_{s1} 较小,约为5~8kPa,即使 q_{s1} 和 l_1 取最大值,即: $q_{s1} = 8$, $l_1 = 9.9 \text{ m}$, $F_{1\max} = u_p q_{s1\max} l_{1\max} = 1.57 \times 8 \times 9.9 = 124.3 \text{ kN}$ 。而下部粉质粘土和强风化泥岩均为不饱和土层,对桩产生向下的摩擦力 F_2 ,由于 q_{s2} 和 l_2 取值较大,其中 q_{s2} 为20~25kPa, q_{s3} 为35~45kPa,当 q_{s2} 和 q_{s3} 取最小值,即: $q_{s2} = 20 \text{ kPa}$, $q_{s3} = 35 \text{ kPa}$, $F_{2\min} = u_p (q_{s2\min} (l - l_{1\max} - l_{3\min}) + q_{s3\min} l_{3\min}) = 1.57 \times (20 \times 8.1 + 35 \times 2) = 364.24 \text{ kN}$ 。所以 $F_1 < F_{1\max} < F_{2\min} + G = 364.24 + 59.08 = 423.32 \text{ kN} \leq F_2 + G$ 。

南排建筑地质中,由于粉质粘土层饱和且较厚,此时 $F_1 = u_p (q_{s1} l_1 + q_{s2} l_2) > 1.57 \times (5 \times 5.3 + 20 \times 11.7) = 408.96 \text{ kN}$, $F_{2\max} = u_p q_{s3\max} l_{3\max} = 1.57 \times 45 \times 3 = 211.95 \text{ kN}$,所以 $F_1 > F_{2\max} + G (= 211.95 + 59.08 = 271.03 \text{ kN}) \geq F_2 + G$ 。

以上分析的是土层在自然状态下的桩周摩擦力,实际由于土层中孔隙水压力增大,桩周的饱和软粘土层会对桩产生紧箍作用,使桩周摩擦力标准值增大,桩的 F_1 也相应增大。

3 处理方案

计算结果表明:桩是否涌起主要取决于饱和土层的厚度及桩周摩擦力标准值的大小。饱和土层越厚,向上隆起的土层就越厚,其对桩周向上的摩擦力 F_1 就越大;相应地下部不饱和土层越薄,其对桩周产生的向下摩擦力 F_2 就越小,桩越容易涌起。防止桩涌起的关键是降低土层中孔隙水压力。因为这可减少上部隆起土层的厚度,同时也减弱饱和土层对桩的紧箍作用,控制桩周摩擦力标准值的增长,从而达到降低 F_1 的目的。

要解决和防止桩涌起现象,就得降低土层中孔隙水压力,可采用以下几个方案进行处理:

(1)各栋采用由中间向南北方向退打的打桩顺序,向南北两边的空地挤土,减小孔隙水压力,减少桩的涌起量。

(2)每栋只安排1台桩机,控制每天的沉桩总数。因为孔隙水压力有个消散过程,这样能控制孔隙水压力增大。

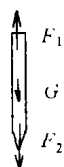


图1 地面隆起时桩的受力示意

(3)采用预钻排水孔的方法 在桩区内钻一些排水孔至饱和粉质粘土层底部,利用排水孔快速排出孔隙水。

(4)采用钻打结合法 即用 1 台既能钻孔取土,又能沉桩的桩机,先对准桩位钻孔取土至粉质粘土层底部,成孔直径稍小于预制桩的换算直径,成孔后不用移机,在钻孔中插入预制桩,然后用同 1 台桩机沉桩。

(5)打桩前采用袋装砂井排水法 砂井施工工艺与套管成孔灌注桩类似,先将套管沉至饱和粉质粘土层底部,再在套管中装入长条形砂袋,然后拔出套管,利用砂井快速排出孔隙水,降低孔隙水压力。

(6)采用复打法 复打法是通过对比已涌起的桩进行第 2 次施打使之复位。与钻打结合法、袋装砂井法等比较,复打法费用低,工期相同,易施工且可靠性高。

在施工过程中,经成本、工期和施工难度等方面的比较,决定采用方案(1)和(2)来减少桩基后期施工桩的涌起量;并结合方案(6),对已产生涌起的桩进行处理,使之复位。结果表明:采用方案(1)、(2)和(6)相结合的施工方法,能取得较好的施工效果和经济效益。而方案(3)不适用于本工程,因为淤泥土质过软,沉桩挤压淤泥会堵塞预钻孔,而预钻孔过大又会引起孔壁坍塌,容易造成桩位偏移;方案(4)和(5)施工难度大且成本高。这是因为由于粉质粘土埋层深,处理费用较高;且很难从地质资料准确判断桩是否会涌起,只能对桩区的所有饱和软粘土进行处理,会造成浪费。

4 施工注意事项

(1)收锤时记录所有桩的桩顶标高,打完全部桩

后,等待数天(以 4~5d 为宜),待孔隙水压力有所消散,地面不再隆起,再将所有桩的桩顶标高重测 1 次,2 次测量的差值为涌起量。

(2)复打时记录每 5 锤的贯入度,参考桩涌起量测量数据,当桩不再下沉,总的沉入量达到涌起量时,则复打达到要求。现场记录显示前 5 锤有明显下沉,15 锤即可收锤。复打时宜低锤轻锤密击,因为原桩已打至持力层,并达到了收锤标准,涌起后桩底有空位。复打的目的就是使桩下沉并充满空位,所以只要落锤的冲击力能使桩下沉即可。注意不能按收锤标准起高锤重新收锤,因为桩尖已至持力层,起高锤容易打破桩身。如打破桩身,则要补打桩,补打桩时又必须测定其对已复打完毕桩的影响程度和范围,并对影响范围内已复打桩进行第 2 次复打。

(3)复打时不能漏桩,未复打的桩与其它桩有沉降差,将可能造成建筑物不均匀沉降。已截桩的要在桩头垫厚纸皮,防止打破桩头;送入地下的桩要挖出桩头复打,复打时要配备 1 台挖掘机,以挖桩头和平整场地。

(4)基坑开挖在打完桩后 15d 天开始(包括复打时间在内),此时孔隙水压力已基本消散。如果过早开挖,当上部土层被挖去,土层自重压力降低,可能隆起并引发桩涌起。且孔隙水压力会将未开挖的土推向已开挖一侧,导致桩偏斜。

参考文献:

- [1] 赵志缙,于晓音.地下与基础工程百问[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 吴湘兴.建筑地基基础[M].广州:华南理工大学出版社,1997.

全国中文建筑科学类核心期刊

上海市优秀科技期刊

2005 年《建筑施工》改版扩容,欢迎订阅

《建筑施工》于 1979 年创刊,上海出版、国内外公开发行人。为了满足广大读者对建筑施工知识的需求,加快信息传递,经国家有关主管部门同意,2005 年起《建筑施工》将由双月刊改为月刊,敬请关注。

《建筑施工》向以实用著称,主要介绍国内外最新建筑施工、设备安装、建筑材料、饰面装潢和工程质量事故防治经验,报道国内重大工程及科学实验之新成果。重点栏目有“地基基础”、“结构施工”、“装饰技术”、“建筑机械”、“工程质量与安全管理”、“建设经济研究”等,可供建设、设计、施工、科研、监理和大专院校等单位及专业人员参考应用。

需要订阅者请至附近邮局办理,本刊邮发代号 4—431。定价:6.00 元。

杂志社地址:上海武夷路 150 号 邮编:200050

E-mail: jzsg@public.sina.net

电话:021-62136404 62125164 传真:021-62136404

精彩、精美、深入、深思

《建设机械技术与管理》(月刊)

邮发代号:国内 42-105 国外 BM4293

定价:10 元/期 全年价:120 元

《建设机械技术与管理》杂志创刊于 1988 年,由建设主管部门主管,长沙建设机械研究院主办。作为工程机械行业的综合性技术刊物和建设系统优秀期刊,杂志为我国工程建设机械行业的发展做出了重要贡献。

自 2003 年改版以来,本刊为中英双语杂志,为国内外提供双向资讯;为国内外行业读者提供全球化的双向资讯和具有专业价值的信息和服务。本刊读者定位于国内外工程建设机械行业的高端用户、制造及营销管理者。杂志内容精彩、版面精美,同时具有很强的实用性。目前杂志的发行量在行业同类媒体中首屈一指。

本刊为大 16 开本,每月 20 日出版,国内外公开发行人,全国各地邮局均可订阅,也可直接汇款到本杂志社订阅。

地址:北京安定门外大街丙 88 号中路大厦 409 室

邮编:100011 E-mail: cmtm@cmtm.com.cn cmtm@163.com

联系电话:010-64263604 64285696 64285925(传真)