预应力管桩上浮的预防及处理

程正义* 东华工程科技股份有限公司 合肥 230024

摘要 介绍挤土桩设计时应注意事项及对基桩上浮的处理。

关键词 桩基 挤土效应 群桩效应 时效 检测

预应力管桩比其他桩型价格低、工期短、有一定的抗腐蚀能力和较高的单桩承载力,常在设计中被采用。对有密集群桩的化工构筑物,如筒仓、造粒塔等,在设计预应力管桩时必须考虑挤土效应。

根据成桩方法和成桩过程的挤土效应,桩可分为非挤土桩、部分挤土桩和挤土桩三类。

挤土效应一方面对地基土有挤密作用,可提高地基承载力;另一方面它可导致灌注桩桩身缩小乃至断裂,造成桩身上浮、移位和地面隆起,影响桩的承载力。此外,对饱和软土的挤土桩,在桩基施工后因孔隙水压力消散、土层再固结沉降产生桩的负摩擦力亦会引起桩承载力的下降和桩基沉降的增大。因此在设计预应力管桩时,应针对不同场地、土层、施工机械等具体情况,认真研究其适宜性,正确确定预应力管桩的桩距和相应施工要求,综合考虑挤土效应,因地制宜地处理施工或改造中发生的问题。

1 预应力管桩

1.1 适用条件

正确选择桩型可以避免及减少挤土效应的有害影响。

(1) 预应力管桩不适合用于岩溶、石灰岩地区;上部有厚淤泥软土、下部桩端直接进入中、微风化层等软硬突变的地基以及有大量孤石、有坚硬隔层的地质。此外,由于纯摩擦桩不利于管桩桩身强度的发挥,亦应慎用预应力管桩。

(2) 对于大多数建筑场地,可考虑选用预应力管桩,但应结合地质勘察报告和施工情况,充分考虑挤土效应的影响,决定是否选用预应力管

桩以及桩基施工要求。

1.2 桩距

按桩基规范,预应力管桩最小桩中心距应不小于 $3.5d$ 。当穿越饱和软土时桩中心距要求最大,穿越非饱和土或开口的部分挤土桩次之;对桩数少于9根、仅1~2排以摩擦为主的桩基,最小桩中心距可适减。按《浙江地基基础设计规范》要求,对非饱和土的最大布桩平面系数应控制在6.5%以内,对饱和土的最大布桩平面系数控制在5%。

正常设计可通过成桩试验来确定单桩承载力,确定桩长、压桩力、最后贯入度控制等打桩参数。通过调查,参考当地有经验的地基施工单位意见来确定布桩桩距和施工参数。如当地无管桩施工实例及施工参数,设计宜先做成桩试验。

2 工程实例

近年来,我们在一些工程的人工地基设计中,采用了预应力管桩。2005年设计的无锡某造粒塔便采用密集群桩的预应力管桩基础,该工程的预应力管桩布桩平面为圆形塔筒并附矩形电梯间;桩型PHC-B500(100)-20a,桩距 $3.5d$,桩长18m,共189根;土质为饱和粘土。考虑对邻近原构筑物的影响,沉桩采用静力压桩。施工初期由于措施不力,一周后发现沉桩有上浮现象,塔基中部最先施工桩上浮量达400mm。在以后的施工过程中又发现少数预应力管桩接头焊接不好,影响桩的竖向承载力。

无锡某造粒塔桩基设计时,我们只考虑通过施工措施减少挤土效应影响,但出现沉桩上浮问题后,我们发现原设计布桩桩距偏小,最小桩中

* 程正义:教授级高级工程师。1969年毕业于清华大学工民建专业。一直从事土建设计及总承包管理工作。曾发表论文10余篇。联系电话:(0551)3626434。

心距按 3.5d 时平面系数已达 6.67%，对饱和粘土偏大。考虑施工措施，最小桩中心距宜增大至 4d，使最大布桩平面系数控制在 5% 左右或采用开口桩尖。

3 施工

3.1 措施

挤土桩挤土效应的影响可通过选择适当的施工措施来减小或消除。

(1) 采取排水及预钻孔取土或应力释放孔以减少挤土量和加速排水固结，这里包含开口桩的选用。

(2) 控制每天沉桩根数、限制沉桩速率。

(3) 合理安排沉桩顺序。

3.2 问题处理

挤土桩的挤土效应使地基土体隆起和位移，已沉桩由于相邻桩沉入土体的挤压作用而上浮和位移。对打入法沉桩上浮的处理：①当持力层为砂性土时，桩上浮超过 100 mm 一般应复打；②当持力层为粘性土时，桩随桩周及桩尖土体一起上浮，随着土体内超静孔隙水压力消散、土体再固结相应下沉，此时一般不要求复打。对静力压桩要慎重考虑是否复压，特别当桩长径比大，桩侧土松软、含水量大时。

以前施工多为房屋条形基础下桩基，其挤土效应并不严重，施工未专门采取措施，仅为减少沉桩对附近原构筑物影响而采取了预防措施。无锡某造粒塔地基土质为饱和粘土，地下水位距地表仅 300mm，桩基设计建议施工采用预钻孔及排水措施。项目施工初期每天进桩 8~14 根，一周后发现地面隆起，沉桩上浮，上浮最大值达到 400mm，造成施工暂停。该场地沉桩过程产生的超静孔隙水压力消散时间长达 20 余天，停工 4 天后现场测量桩身上浮依然显著，最大上浮量变成 480mm。

对沉桩上浮问题的处理，由于桩基施工未完，超静孔隙水压力消散和上浮均未完成，决定对上浮桩暂不处理。后期施工严格按从中心到四周对称、均匀及跳打方式进行，严格控制每天 1~2 根的沉桩速率；同时加强位移监测、做好施工及监测记录。待压桩结束后再对上浮量超出 100mm 的桩复压处理。

预应力管桩沉桩有静力压桩和锤击桩，本工程桩基系静力压桩。沉桩结束后进行了复压，复压压力 250~260t，约为单桩竖向极限承载力标准值的 1.2 倍，复压后原上浮最大者桩回沉最大值为 190mm。据现场监测，大多上浮 200mm 以下桩复压后并无明显下沉。笔者认为，对粘性土持力层的上浮桩不论是静力压桩还是锤击桩，当上浮量小于 150mm 时可不予复压，但对上浮较大桩仍宜复压处理。

4 桩基群桩效应和承载力时间效应

桩基的设计通常按传统桩基理论。当满足一定要求时，考虑桩基群桩效应、承载力的时间效应等有利影响，特别当房屋加层改造或桩基施工问题处理时，设计可按复合桩基理论及减沉桩基理论进行设计。

4.1 群桩效应

桩-承台-地基土之间的相互影响使复合桩基的承载力及沉降都与单桩明显不同。一般来说，群桩效应使粘性土桩侧阻力作用削弱而端阻提高；对粉土和砂土大多复合桩基，其侧阻和端阻均有所提高。综合考虑桩侧、桩端、承台共同影响，常遇的低承台群桩复合桩基的竖向承载力有所提高。当地质条件允许且上部结构整体刚度好且对沉降无特殊要求时，设计应当考虑桩土共同作用下竖向承载力的提高。

4.2 承载力时间效应

现行《建筑桩基技术规范》未对桩基承载力的时间效应做出规定，但对摩擦型桩基以及以摩擦为主的摩擦端承桩，设计可以考虑桩基承载力的时间效应。摩擦型桩基群桩基础的总承载力随时间变化，其中挤土桩承载力的时间效应更大。挤土桩总承载力随时间变化可用下式表达：

$$Q_{ut} = Q_{u0} (1 + \alpha_t)$$

$$\alpha_t = t / (at + b)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \alpha_t = 1/a$$

式中， Q_{ut} 为桩在时间 t 时的承载力； Q_{u0} 为桩的初始承载力 ($t=0$)； a 、 b 为经验系数，与桩径、桩长、土质有关。

桩承载力增长达到稳定时间从几十天到数百天不等，增长量可达 40%~400% 以上。这与实际工程中从打桩到受荷使用的周期相当。笔者认

为,对摩擦端承桩的设计承载力,同样可以考虑时效作用,至少在处理个别桩竖向承载力不足时可予以考虑。

5 接头错位及断桩的处理

(1) 桩基施工常会造成桩的偏位、漏桩、断桩、颈缩等事故,但预应力管桩的成桩质量一般较好。本工程未发现桩端持力层浸水软化影响承载力问题,仅出现少数桩接头焊接不好,在桩上浮时接头错位、断桩。有3根桩接头错位、桩孔进水,经低应变动测判定为Ⅲ类桩。设计处理时考虑单桩承载力取用有富裕,其承台位于第②层粉土 $f_{ak} = 200\text{kPa}$,并且挤土桩间土由于超静孔隙压力逐渐消散,其有效应力逐渐提高,地基土强度应有所增长;考虑这3根桩位居承台平面内部呈分布分散,只占桩总数的1.5%;且当时压桩机已移走,即便补桩也影响已施工桩。综合考虑后,对施工中Ⅲ类桩未采取补桩措施,仅对错位桩的桩孔灌芯处理并对承台加强。

(2) 对预应力管桩浅层断桩可采用接桩。挖至断桩处,用小锤凿去断桩。接桩可采用预应力管桩标准图中桩顶与承台连结构造,但钢筋笼应下移到断桩下至少1m,纵向钢筋适当加大。为避免断桩挖桩过程中对周围桩基的影响,可采用围筒开挖。

对深层断桩的接桩(包括部分错位桩纠偏后接头)要抽干桩内积水,确认桩的倾斜在允许范围内,放入钢筋笼,钢筋笼应伸到断桩下3m,用高等级混凝土灌注。接桩后要进行承载力检

测。当断桩处错位,无法复原时,应重新补桩。对工程事故应分析问题的原因、补桩的可能性和对已施工桩的影响,考虑其它可利用条件以及经济和工期等要求。

6 施工管理

设计与施工是整体,相辅相成,要重视施工监测、记录以及质量检验工作。

沉降、位移监测和记录是挤土桩设计的重要一环。《建筑地基基础设计规范》10.2.8条指出:对挤土桩,当周边环境要求严格、布桩较密时,应对打桩过程中造成的土体隆起和位移、邻桩桩顶标高及桩位、孔隙水压力等进行监测。该规范10.1.4条更明确了对桩顶标高、桩位偏差的施工及检验记录要求。设计图纸上应该明确这些要求。

动态设计、施工监测、位移记录及相关信息及时反馈对减小挤土效应不利影响,尽早发现问题,以便采取相应措施有着重要意义。它是设计和施工决策的依据,以便合理控制沉桩速率,决定是否复压。

造粒塔桩基设计加强质量检验,重点检查成桩质量和承载力。对复压下沉不明显桩作竖向承载力抽检。检验的目的是证实设计判断,排除不可靠因素。工程还进行了成桩质量低应变动测和竖向抗压静载检验。值得一提的是在考虑单桩承载力检测时,可以考虑复压压力的因素。

(收稿日期 2006-05-18)

欢迎订阅《化工设计》

本刊是国家科委、国家新闻出版署批准出版、国内外公开发行的国家级化工设计行业科技期刊,系双月刊。发行范围遍及全国各省市、自治区的化工管理部门、工程公司、设计院、科研院(所)、生产企业、大专院校及信息部门等,主要面向基建设计和科研部门。国际标准刊号:ISSN1007-6247;国内统一刊号:CNS1-1355/TQ。

本刊由中国成达工程公司(原化工部第八设计院)与中国石油和化工勘察设计协会联合主办,编委单位由全国化工、石化、石油天然气、医药和橡胶行业35个大中型工程公司(设计院)组成。

本刊是发布化工行业化工设计标准局部修改条文的指定刊物,也是建设部等发布化工行业标准的刊物。

主要栏目:综述评论、设计技术、技术开发、设计管理、计算机应用、设计体制改革、环境保护、技术经济与市场、技术改造、国外化工、问题讨论、消防安全、标准信息与信息报道等。

本刊为中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国期刊全文数据库收录期刊,曾获全国化工系统工程优秀信息成果二等奖。本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)》、万方数据—数字化期刊群,科技部西南信息中心的中文科技期刊数据库。并参加中国化工信息中心计算机网络与四川省期刊网络而进入国际互联网。

本刊每本定价8元,年定价48元(含邮资费)。订阅方法:老订户由本部随刊物寄订单。新订户可来函、来电索取订单;也可在全国非邮发报刊联合征订服务部的《联订目录》订单上订阅;或直接向编辑部邮汇、银行汇款订阅。

地址:成都市人民南路四段28号《化工设计》编辑部;邮编:610041;电话:(028)85521546;传真:(028)85521668;E-mail: cuiruochuan@chengda.com;开户行:成都市建设银行七支行领事馆分理处;帐号:51001479066050629728;帐户:中国成达工程公司;银行汇款请通知编辑部。