

某工程桩基质量问题的一种处理方法

叶伟斌 杨建林 张建霖

(厦门大学 建筑与土木工程学院 厦门 361005)

摘要: 据统计,国内灌注桩施工中桩身出现质量缺陷的概率达 20%。一旦发生桩基质量事故,应及时进行事故原因分析评判,对事故进行处理,以保证建筑物的正常使用,并尽量减少经济损失。通过对一起桩基事故的分析,说明其处理的方法及其原理,为今后相关处理提供经验借鉴。

关键词: 桩基 注浆 桩土共同作用

A SOLUTION TO QUALITY PROBLEM OF PILE FOUNDATION FOR A PROJECT

Ye Weibin Yang Jianlin Zhang Jianlin

(School of Architecture and Civil Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract: According to the statistic, the probability of quality flaw of pile shaft of domestic filling piles during their construction reaches 20%. Once quality accident of pile base appears, the problem should be analyzed and dealt with in order to assure the utility of building and reduce the economic loss. An accident of the pile foundation is analyzed and treated, by which its treating method and principle are explained.

Keywords: pile soundation grouting soil-pile interaction

人工挖孔灌注桩适用于较浅的基础处理,如地下水位较低、土质承载力较高的黏性土、砂砾、卵石层以及强风化层等。由于它具有单桩承载力高、沉降量小,能承受轴向荷载、水平荷载、上拔荷载,并且施工面开展灵活、设备简单、造价相对较低等优点,在工程中得到较为广泛的应用。但由于建筑工人施工的技术水平参差不齐,所以桩基在施工过程中极易出现质量缺陷。据统计,国内灌注桩施工中桩身出现质量缺陷的概率多达 20%,其中人工挖孔灌注桩占相当的比例。由于桩基成型以后,绝大部分埋在基础的土中,隐蔽性强,出现的缺陷如不能及时发现和整治,很容易给整体工程带来致命的隐患,所以作为工程技术人员,不仅应高度重视桩基质量问题,避免发生桩基工程质量问题,而且一旦发生桩基质量事故,应及时进行事故原因分析评判,对质量事故进行处理,确保建筑物的正常使用,并尽量减少经济损失。本文从某一实际工程的桩基检测结果出发,对该桩基工程质量事故的原因进行分析,提出一种桩土共同作用的处理方法,取得了较好的效果。

1 工程概况及地质条件

某建筑物为 16 层的小高层商住楼,上部结构形式为钢筋混凝土框架剪力墙结构,建筑面积

14 500m²;抗震设防烈度为 7 度,结构抗震等级为三级。场地内地质情况自上而下分别为:1)耕植土,灰色,松散,稍湿,主要是由残积土回填而成,全场均有分布,但厚度较薄,土层结构松散,压实性差,堆填时间短,工程性能差,厚度约为 2.20~5.60m。2)粉质黏土,棕红~土黄色,可塑,湿,含中粗砂,本层全场均有分布,为中等压缩层,强度及承载力一般,厚度约为 1.60~6.80m。3)残积砂质黏性土,灰黄~褐黄色,饱和,系花岗岩强烈风化残留而成,本层全场均有分布,强度较高,但空间分布均匀性较差,厚度约为 0.70~8.80m。4)强风化花岗岩,褐黄色,分为砂土状强风化花岗岩和碎石状强风化花岗岩,厚度约为 0.7~14.30m,总体上自西北向东南其顶部埋深逐渐加大。5)中风化花岗岩,浅黄~浅灰色,其层顶埋深为 14.10~25.20m,总体上自西北向东南其顶部埋深逐渐增大,在水平方向上分布均匀性较差。各土层的设计参数见表 1。根据邻近建筑物情况及场地土层特性,本场地范围较小,上部地层分布较均匀,且地下室几乎覆盖整个场地,故设计时采用人工挖孔灌注桩。设计单柱最大荷载为 13 500kN。楼

第一作者:叶伟斌 男 1982 年出生 硕士研究生

收稿日期:2007-03-13

工业建筑 2007 年第 37 卷增刊 873

区范围内中风化花岗岩顶板埋深西北部较浅,约10m左右,其余各处一般在15~20m,适宜作为桩端持力层。该工程设计桩身采用强度等级为C30的混凝土,桩尖要求进入中风化岩大于0.5m。共有桩基147根,其中桩径为800mm的桩41根,竖向承载力设计值为3201kN;桩径为1000mm的桩65根,竖向承载力设计值为5002kN;桩径为1200mm

的桩35根,竖向承载力设计值为7203kN;桩径为1400mm的桩6根,竖向承载力设计值为9805kN。

该场地除表部有少量软弱土外,其下无饱和软土分布,其余各土层的自身稳定性较好,且场地内无不良地质现象,故场地地基稳定性较好。但场地内各地基岩土层分布均存在一定差异,故该场地属非均匀地基。

表1 各土层设计参数

地层名称	重度 (kN·m ⁻³)	承载力 特征值 f _{ak} / kPa	直剪快剪		渗透 系数 k/ (cm·s ⁻¹)	人工挖孔桩		抗拔承载力设计参数	
			黏聚力 c/ kPa	内摩 擦角 φ		桩侧 q _{sik} / kPa	桩端 q _{pk} / kPa	砂浆 锚杆 s _{ik} / kPa	人工挖 孔桩 q _{sik} /kPa
耕植土	16.5	200	8	10	1.0 × 10 ⁻³	43		20	25
粉质黏土	19.5	250	43	21.1	5.0 ×	50		25	30
残积砂质黏性土	19.2	300	30	25.4	10 ⁻³	55		30	35
砂土状强风化花岗岩		500	50.0		1.3 ×	70		40	50
碎块状强风化花岗岩		800			10 ⁻³	100	4000	50	60
中风化花岗岩		2000				f _{rc} = 30000		600	700

2 事故原因分析

施工结束后根据规范及设计要求,随机抽取3根桩进行静载试验,45根进行低应变动力测试。静载结果两根合格,一根承载力只达到设计要求的58%。动测结果为:I类桩28根,II类桩15根,III类桩3根。III类桩原因主要是桩身混凝土离析和桩底沉渣过厚。为保证建筑物的安全和更准确地了解桩基质量情况,根据质量监督站及业主要求,相关单位一起讨论研究决定,再随机抽取3根进行静载试验,17根桩进行钻孔抽芯检测,其余全部进行动测。静载结果两根合格,一根承载力只达到设计要求的63%。抽芯检测结果有一根桩身混凝土离析,两根底部沉渣过厚(达到25cm)。动测结果为:I类桩58根,II类桩37根,III类桩7根。III类桩原因同样是桩身混凝土离析和桩底沉渣过厚。

综合各方面资料,设计上根据地质条件分析,持力层选择在中风化花岗岩层是经济合理的。按照中风化花岗岩层承载力计算的单桩承载力是正确的。从施工方面考虑桩身离析,桩底沉渣过厚和因桩长不足而未进入设计要求的持力层均会导致沉降量过大,承载力达不到要求。从动测结果来看,147根桩中III类桩10根,占总桩数6.8%远小于静载试验结果33.3%的不合格率,且不合格桩的承载力与设计要求的相差较大,而静载试验过的桩动测结果均为I类桩,这样可初步推断是桩尖未进入设计要求的持力层。

根据全部小应变动力检测结果,反算出的桩长

数据显示,有相当一部分桩长没有达到设计要求。经过全面排查施工记录和现场施工人员的描述,证实由于施工人员对持力层判断错误,部分挖孔深度只达到了强风化花岗岩层。根据上述情况,利用该层承载力计算出的数值与静载试验结果相近。

根据以上分析,本工程桩基质量事故原因主要有以下几点:1)施工人员素质较低,有关技术人员对持力层判断不准确,导致部分桩尖未进入设计要求的中风化花岗岩层,这是质量事故的主要原因。2)桩基施工操作不规范,浇捣混凝土前没有彻底清理孔底沉渣,导致沉渣过厚;浇捣混凝土时,混凝土坍落度及套管提升速度没有严格控制,导致桩身离析这也是事故发生的另一原因。

3 事故处理

桩基础处理的一个原则是桩基础处理后,应确保建筑物的承载能力及沉降满足设计要求。基于上述结果,作为设计方,应结合现场条件,综合考虑安全、经济及工期,决定对不同的事故状况采取以下不同的处理措施。

对于桩身蜂窝离析、桩底沉渣过厚的桩采取高压注浆技术对事故桩进行补救处理。从技术上考虑,通过桩端注浆能改善持力层受力状态和荷载传递性能。通过注浆对桩端土进行渗透、劈裂和挤密胶结作用,使桩端土进行部分置换或在一定范围内形成浆液和土的结石体,理想形状为近似球状固结体,增大了桩端受力面积,从而改善持力层的物理力学性能,恢复和提高了持力层土体强度,使桩端承载力

得到大幅度提高。同时,对桩身及桩端注浆时浆液在压力作用下,浆液通过渗透、劈裂、充填、挤密和胶结作用,对桩周土体进行置换和固结填充,在桩周形成脉状、网状和树根状结石体,有效地提高了桩侧摩阻力。

在对桩身缺陷和桩底沉渣处理后,对于桩长没有达到设计要求,桩端没有达到设计持力层的桩基,提出以下两种处理方案:

1) 补桩方案,改变持力层,降低桩基承载力(按静载最低值和实测桩长所达到的持力层承载力计算值的低者取),不足部分在原桩位旁重新挖孔补桩。

2) 桩土共同作用方案,改变持力层,降低桩基承载力(按静载最低值和实测桩长所达到的持力层承载力计算值的低者取),不足部分采用加大承台,承台下换土回填并夯实,由浅基承担不足部分。将原承台位置挖土至粉质黏土层后,回填与该土层土质相近土壤至原设计标高,反复夯实。加强桩头与承台的构造处理,使桩与承台下的地基土共同工作,桩基承载力的不足部分由承台下的地基土分担。

考虑到补桩将严重影响工程工期,经济损失严重。经过比较论证,桩土共同作用的方案被接受。桩与承台下的地基土能否共同工作,现行的结构设计规范没有这方面的内容。多数学者认为:如果工程措施恰当,能保证在垂直荷载作用下,桩和承台下的地基土有相同的沉降值,则桩与承台下的地基土能够共同工作一起来承担基础传来的荷载。在这方面,国内外都有过成功的先例。采用桩与土共同工作的方案,既能保证建筑物的安全使用,又能按期完成施工任务,并将经济损失减小到最低限度,最后采纳了该方案。

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94 - 94)按静载试验确定单桩极限承载力标准值时,其复合桩基的竖向承载力设计值为:

$$R = R_p + R_c = \sum_{sp} Q_{uk} / \sum_{sp} + \sum_c Q_{ck} / \sum_c \quad (1)$$

其中 $Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum_{sik} l_i + q_{pk} A_p$

$$Q_{ck} = q_{ck} \cdot A_c / n$$

式中, R_p 为复合桩基承载力中桩的承载力部分; R_c 为复合桩基承载力中基底土的承载力部分; Q_{uk} 为单桩竖向极限承载力标准值; Q_{ck} 为相应于任意复合基桩的承台底地基土总极限承载力标准值; q_{ck} 为承台底 $1/2$ 承台宽度深度范围 ($\leq 5m$) 内的地基土极限承载力标准值; A_c 为承台底地基土净面积; \sum_{sp} 为桩侧阻端阻综合群桩效应系数; \sum_c 为基底土阻力群桩效应系数; \sum_{sp} 为桩侧阻端综合抗力分项系数; \sum_c

为基底土阻力分项系数; u 为桩身周长; q_{sik} 为桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值; l_i 为桩穿越第 i 层土的厚度; q_{sk} 为桩极限端阻力标准值; A_p 为桩端面积。

经计算后,桩分担荷载的比例为 $R_p / R = 51.11\%$ 。因此,对应上部荷载扣去桩所分担的部分之后,再乘以放大系数即为承台所需承担的荷载设计值。用该值除以承台下土的承载力即为该承台所需增加的面积。

在荷载作用下桩与地基土体通过变形协调共同承担荷载作用是形成复合桩基的基本条件,也是其本质所在。桩的承载能力极限状态就竖向受荷单桩而言其荷载 - 沉降曲线大体表现为陡降型(图 1 中 A 曲线)和缓变型(图 1 中 B 曲线)两类。 $Q - s$ 曲线是破坏模式与特征的宏观反映。陡降型属破坏特征点明显。超静定结构中的塑性铰的性质:具有一定延性的构件,一旦荷载超过其极限承载力,在荷载不变的情况下变形会急剧增大。陡降型破坏就类似于塑性铰,当荷载达到其极限时沉降就急剧增大,无法再承担任何新的荷载增量。而此时,新的荷载增量由承台下的土体承担,即可阻止桩的下沉。由图中可见缓变型破坏特征点不明显,常常是通过多种分析方法判定其极限承载力。该极限承载力并非真正的最大承载力,因为继续增加荷载,沉降仍能趋于稳定,不过是塑性区开展范围扩大,塑性沉降量增加而已。由此可见,桩在达到极限承载力的两种破坏型式下,桩基均可继续承受 Q_u 或更大的荷载^[3]。

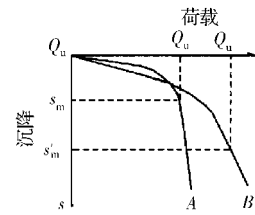


图 1 荷载 - 沉降曲线^[3]

以上是桩土共同作用的原理。当然,这种方法也存在一定的缺陷,应根据不同的情况选择合理的处理方案。桩土共同作用的主要缺陷是:1) 若桩端选用低压缩性土层(如黏性土、粉土、密实性砂性土或砾石等),地基土沉降较大而桩沉降较小,不能充分发挥地基的天然承载力^[4]。2) 实际工程中地基土的应力水平变化大,可能与预先设定不符。所以桩土共同作用设计方法,要求桩端不宜为坚硬的低压缩性土层,而应预留一定的刚性桩体的沉降空间,在地基土体沉降适当加大的情况下,确保桩与土体的变形协调。

本工程对桩端没有达到原设计持力层的桩基, 875

按照其桩端实际持力层计算桩端承载力,加上桩侧摩擦力后与所对应的上部荷载相比,不足之处则由承台下的土承担。利用以上处理方法施工完毕后,对处理后桩基再进行静载检验,其结果全部合格,小应变动力检测桩身质量也全部合格。该工程竣工使用后,在对其跟踪检测的一年中,其沉降、裂缝等各项指标均小于规范规定的范围,表明本方法取得了很好的效果。

5 结 语

桩基作为隐蔽性强的基础工程,如果出现缺陷很容易给整体工程带来致命的隐患,所以无论工程大小都应该从思想上重视起来。通过该工程质量事故的分析处理,对桩基工程质量问题应注意以下几点:

1) 施工单位应严格按照设计要求进行施工,规范施工操作流程,遇到情况立即反馈,以便及时调整。同时监理人员应该尽到现场监督管理的责任,发现问题并监督施工单位及时改正,防患于未然。

2) 一旦事故发生,应对认真分析事故原因,找出问题的根源,并从技术、经济等方面进行比较多种处理方案,确保处理方案产生较好的经济效益和社会

效益。选择最为经济合理的方案进行处理,对于所选择的方案应该清楚其作用原理和优缺点,做到心中有数。事故处理完毕后应认真检测处理结果,并进行跟踪检查和总结。

3) 实践证明,桩与承台下的地基土是能够共同工作的,它能充分发挥天然地基的承载力,可减少桩径、桩长和桩数,具有良好的经济效益。在条件许可的情况下,如果在基础设计时就考虑桩与承台下地基土共同工作,并据此进行设计,可节约一定的投资。

总之,桩基工程质量事故的处理很多,不管采用何种方法,都必须根据事故的原因和现场的具体情况综合分析,采取的处理方法必须考虑技术的可行性和建筑物的安全可靠,将经济损失降到最低。

参考文献

- 1 JGJ 94 - 94 建筑桩基技术规范
- 2 《桩基工程手册》编写委员会. 桩基工程手册. 北京:中国建筑工业出版社,2001
- 3 郑俊杰,彭小荣. 桩土共同作用设计理论研究. 岩土力学,2003,24(2)
- 4 张世民,张忠苗,等. 桩土共同作用桩基的计算及应用. 建筑技术,36(3)

(上接第 786 页)

参考文献

- 1 袁林娟. 重力坝坝基深层抗滑稳定及控制标准研究: [硕士学位论文]. 武汉:武汉大学,2003
- 2 Chen Zuyu, Wang Xiaogan, Chris Harberfield, et al. A Three Dimensional Slope Stability Analysis Method Using Upper Bound Theorem, Part I: Theory and Methods. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2001(38):369 - 378
- 3 王瑞俊. 重力坝深层抗滑稳定性的空间刚体极限平衡分析. 西北水资源与水工程, 1996(4):1 - 5
- 4 陈革强. 刚体极限平衡法浅析. 海河水利, 1999(2):16 - 18
- 5 刘红宇,王尚勇. 重力坝(墙)沿基岩内部复式弱面的抗滑稳定分析. 建筑结构,2000(3):60 - 61,993 - 998
- 6 陈祖煜,陈立宏. 对重力坝设计规范中双斜面抗滑稳定分析公式的讨论意见. 水利发电学报,2002(2):101 - 108
- 7 蔡江碧,王铭,李宇. 重力坝深层抗滑稳定安全系数理论公式的新解法. 水资源与水工程学报,2005(1):49 - 52
- 8 钱保国,吴彰敦. 具有软弱夹层的坝基深层失稳模式的改进. 洪水河,2005(3):42 - 45
- 9 黄东军,聂广明. 重力坝深层抗滑稳定安全评价若干问题的思考. 水力发电学报,2005(2):90 - 94

欢迎订阅全国中文核心期刊
《环境工程》(邮发代号:82 - 64)