

钻孔压浆桩基础质量事故处理实践

欧阳继胜¹, 宋 鸿²

(1. 湖北省鄂西北地质矿产调查所, 湖北 襄阳 441002; 2. 湖北省宜昌地质勘探大队, 湖北 宜昌 443100)

摘要:分析了襄阳市某综合楼钻孔压浆桩基础质量事故的原因,介绍了采用新增 CFG 桩,与原钻孔压浆桩、桩间土形成复合地基的处理方案及其效果。实践表明,处理方案可行有效。

关键词:钻孔压浆桩; CFG 桩; 复合地基; 承载力特征值

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0050-04

Practice of Quality Accident Treatment for High Pressure Bored Pile Foundation/OUYANG Ji-sheng¹, SONG Hong²
(1. Geology and Minerals Survey Bureau of Northwest Hubei Province, Xiangyang Hubei 441002, China; 2. Yichang Geological Survey and Exploration Party of Hubei Province, Yichang Hubei 443100, China)

Abstract: This paper analyzes the causes of quality accident of high pressure bored pile foundation of a comprehensive building in Xiangyang and introduces the treatment scheme, which is the composite foundation of the original borehole grouting pile and soil between piles with new CFG pile. The practice shows that the scheme is feasible and effective.

Key words: high pressure bored pile; CFG pile; composite foundation; bearing capacity characteristic value

1 概述

湖北襄阳市综合楼原设计采用钻孔压浆桩基础,工程桩施工完成后选取 3 根桩进行单桩竖向承载力静载荷试验,单桩竖向承载力严重不满足设计要求。经论证分析决定修改设计,利用原钻孔压浆桩,在钻孔压浆桩桩间及周边新增钻孔压灌桩(CFG 桩)。原钻孔压浆桩、新增 CFG 桩与桩间土,形成复合地基。通过静载荷试验,复合地基承载力满足设计要求,房屋建成投入使用后,变形在规范允许范围之内。一起桩基质量事故得以圆满解决。

钻孔压浆桩是利用长螺旋钻机钻孔至设计深度,在提升钻杆的同时通过设在钻头上的喷嘴向孔内高压灌注制备好的以水泥浆为主剂的浆液,至浆液面达到没有塌孔危险的位置或地下水位以上 0.5~1.0 m 处,起钻后向孔内下入钢筋笼,并放入至少 1 根直通孔底的高压注浆管,然后投放粒径 2~4 cm 的粗骨料(碎石或卵石)至孔口设计标高以上 0.5 m 处;最后通过高压注浆管,在水泥浆终凝之前多次重复地向孔内注入水泥浆,直至孔口冒浆为止,形成桩体^[1]。钻孔压浆桩具有成桩速度快、单桩承载力相对较高、低噪声低污染的特点,得到广大工程技术人员认同和广泛的应用。

水泥粉煤灰碎石桩(Cement Fly-ash Gravel Pile)简称 CFG 桩,是一种新的地基处理方法,它是

由水泥、粉煤灰、碎石、石屑和砂加水拌和形成的高粘结强度桩。CFG 桩多采用长螺旋钻机钻孔至设计深度,边提升钻杆边通过混凝土泵向孔内泵入掺粉煤灰的超流态混凝土形成桩体,CFG 桩与褥垫层、桩间土形成 CFG 桩复合地基,共同工作^[2]。作桩基础应用时,再通过特制设备下入钢筋笼,又称钻孔压灌桩。

襄阳主城区座落于汉江一、二、三级阶地之上。上部土层为第四系冲积形成的粉质粘土、粉土,厚 8~10 m,局部分布透镜状的淤泥及淤泥质土;下部为冲、洪积形成的粉砂、圆砾、砾卵石层,最厚可达 30~50 m^[3]。从工程地质条件上分析,钻孔压浆桩、CFG 桩适合在本地地基基础应用。

2 工程概况及场地工程地质条件

拟建综合楼位于襄阳市主城区,该楼长 65 m,宽 19 m,层高 11 层,另设 1 层地下室,框架剪力墙结构,柱网尺寸 6400 mm × 8000 mm、7000 mm × 9000 mm。场地地貌单元属汉江中游一级阶地,北距汉江约 300 m,南距襄南构造剥蚀低山约 300 m。

根据场区岩土工程勘察报告,场区地层结构及物理力学性质见表 1。场区水文地质条件简单,上层滞水分布于①层杂填土和②层粉质粘土中,水位埋深 2.2~2.4 m;承压水赋存于④粉细砂层及其下

收稿日期:2013-05-22

作者简介:欧阳继胜(1971-),男(汉族),湖北利川人,湖北省鄂西北地质矿产调查所高级工程师、注册岩土工程师、一级建造师,岩土工程专业,从事岩土工程勘察、施工和管理工作,湖北省襄阳市人民西路 160 号,706660852@qq.com。

圆砾层中,水位较低,埋深 8.3 ~ 8.5 m。场区地下水 pH 值为 7.4,侵蚀性 CO₂ < 0.50 g/L,地下水对混凝土具微腐蚀性。

表 1 土层名称及力学性质特征表

土层编号	土层名称	厚度 /m	状态	液性指数 I _L	塑性指数 I _p /%	比贯入阻力 P _s /MPa	标贯 N/击	动探 N _{63.5} /击	承载力特征值 f _{ak} /kPa	压缩模量 E _s /MPa	分布状况
①	杂填土	0.8 ~ 1.2	松散						70	3.0	全场分布
②	粉质粘土	4.6 ~ 6.2	软~可塑	0.42	13	0.60	5		90	4.0	全场分布
③	粉质粘土	3.8 ~ 6.6	可塑	0.38	13	0.80	5		120	6.5	全场分布
④	粉细砂	1.8 ~ 4.8	松散			1.50	10		140	9.0	全场分布
⑤	圆砾夹砾砂	1.8 ~ 3.2	中密					14	300	16.0	全场分布
⑥	圆砾	0.0 ~ 2.2	稍密					9	220	12.0	场地西南角缺失
⑦	圆砾	3.2 ~ 4.8	中密					16	350	18.0	全场分布
⑧	硅质灰岩	未揭穿	弱风化			f _{rk} = 44.2 MPa			3000	E _o = 60.0	全场分布

3 钻孔压浆桩基础设计及施工检测

拟建综合楼设计采用钻孔压浆桩基础。设计桩径 600 mm, C30 混凝土, 桩端进入⑦层圆砾层 ≥ 1.5 m, 单桩竖向承载力特征值 R_a = 1800 kN, 混凝土保护层厚度 50 mm, 桩顶标高(自然地面下) - 3.50 m, 桩底标高约 - 22.50 m, 钢筋笼长 12 m, 主筋 12Ø12, 加劲筋 Ø14@2000, 下部螺旋筋 Ø8@250, 上部加密区螺旋筋 Ø8@100。共设计 164 根钻孔压浆桩, 有 2 桩、4 桩、5 桩、6 桩、15 桩、25 桩等 6 种承台型式。设计要求先试桩, 然后根据试桩结果再对工程桩设计进行调整。

由于钻孔压浆桩在本地区已广泛成功应用, 尤其是桩基施工单位在一墙之隔的场地成功完成一钻孔压浆桩基础施工工程, 在建综合楼钻孔压浆桩基础施工时未进行试桩, 就直接凭经验进行工程桩的施工。采用 GLZ-26 型长螺旋钻孔机钻进成孔, 粗骨料选用当地汉江产出的砾石。施工时除有 2 桩严重垮孔外, 其他桩施工较为顺利。

所有工程桩施工完成 3 周后随机选取了 4 桩, 开挖桩头制作桩帽, 养护 28 天后进行单桩竖向承载力静荷载试验, 预定最大加载量 3600 kN, 采用堆载-快速维持荷载方法进行静荷载试验。其中 3 桩加载到 2160 kN 时沉降量陡增, 而且 Q-s 曲线出现明显陡降段, s-lgt 曲线明显向下弯曲, 桩身破坏, 终止加载, 取前一级荷载 1800 kN 作为单桩竖向极限承载力, 单桩竖向承载力特征值 R_a = 900 kN; 另一桩加载到 1800 kN 时沉降量陡增, 而且 Q-s 曲线出现明显陡降段, s-lgt 曲线明显向下弯曲, 桩身破坏, 终止加载, 取前一级荷载 1440 kN 作为单桩竖向极限承载力, 单桩竖向承载力特征值 R_a = 720 kN。所检测 4 桩单桩竖向承载力特征值均严重不满足设

计要求, 钻孔压浆桩单桩竖向承载力静荷载试验的 Q-s 曲线见图 1。

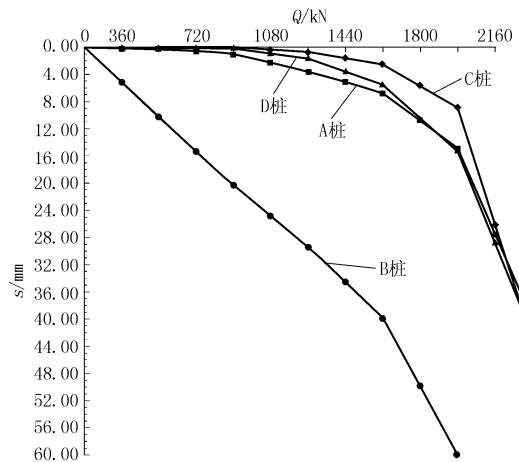


图 1 钻孔压浆桩静荷载试验 Q-s 曲线

为进一步了解地层结构及桩身混凝土强度, 请了一家勘察单位采用 XY-1 型钻机施工了 2 个补充勘察钻探孔, 选择 3 桩进行桩体钻探取心。地层结构及物理力学性质、水质分析结果等结论数据与原工程勘察报告基本一致。桩体取心采用 Ø75 mm 金刚石钻头单动双管泥浆护壁回转钻进, 获得心样为块状、短柱状, 开挖静荷载试验桩体, 桩顶混凝土被压碎, 用镐可剥离, 钢筋笼主筋头部被压弯呈弯钩状。可见钻孔压浆桩桩体混凝土强度较低, 小于 C30, 桩体强度不满足设计要求。

4 质量事故原因分析及处理方案

经过调查了解和分析论证, 钻孔压浆桩桩身强度较低是造成单桩竖向承载力严重不满足设计要求的主要原因。未按设计要求先试桩就进行工程桩施工、施工单位未建立有效的质量保证措施、技术措施不得力、质量控制关键点把关不严、施工时水灰比过大、补

浆未达到要求等因素是造成质量事故的直接原因。

鉴于钻孔压浆桩身强度及单桩竖向承载力严重不满足设计要求,经设计、施工、监理、质量监督等部门多次研究,按照安全、经济、合理的原则,充分利用已施工的钻孔压浆桩,基础形式改用复合地基,扩展基础。在原钻孔压浆桩桩间或四周新增 CFG 桩,与原钻孔压浆桩、桩间土一道形成复合地基,设计新增 CFG 桩 248 根,以原 4 桩承台为例,桩位布置见图 2。原单桩竖向承载力特征值取 720 kN,混凝土强度取 C20;新增 CFG 桩单桩竖向承载力特征值 720 kN,复合地基承载力特征值 360 kPa。新增 CFG 桩设计桩径 600 mm,桩长 18 m 左右,桩端要求进入⑦层圆砾 ≥ 1.5 m,桩身混凝土强度 C20,基础顶面设置 30 cm 厚砂石垫层。要求先施工 3 根 CFG 试桩,28 天后,进行单桩竖向承载力静载荷试验,根据试桩静载荷试验结果进行工程桩设计调整,工程桩施工完毕后进行复合地基静载荷试验,满足要求后方可进行下道工序施工。

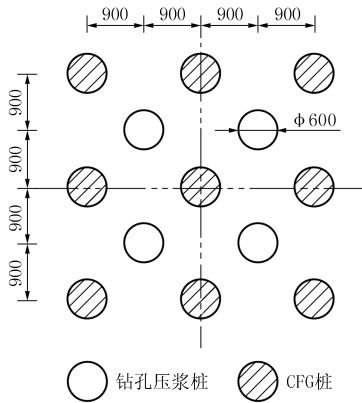


图 2 原四桩承台复合地基桩位布置图

复合地基承载力计算公式:

$$f_{spk} = mR_a/A_p + \beta(1-m)f_{sk}$$

式中: f_{spk} ——复合地基承载力特征值, kPa; m ——面积置换率; R_a ——单桩竖向承载力特征值, kN; A_p ——桩体的截面积, m^2 ; β ——桩间土强度折减系数; f_{sk} ——处理后桩间土承载力标准值, kPa, 本文取勘察报告提供的桩间土承载力特征值。

5 CFG 桩施工及复合地基检测

按设计要求先施工 3 根 CFG 桩试桩,由原钻孔压浆桩施工单位仍采用 GLZ-26 型步履螺旋钻孔机钻进成孔,施工工艺为:放孔→桩机螺旋钻进成孔→边压入掺粉煤灰的混凝土,边提升→移孔。

CFG 桩试桩施工完毕,桩帽养护 28 天后,市建

设工程质量检测站采用堆载方式,用快速维持荷载法对 3 根桩进行静荷载试验,试验加载到预定最大加载量 1440 kN 时,3 试桩桩顶总沉降量分别为 7.82、7.87、9.26 mm,沉降量均不大,而且 $Q-s$ 曲线平缓,无明显陡降段, $s-lgt$ 曲线呈平缓规则排列,单桩极限承载力为 1440 kN,其单桩竖向承载力特征值均取 720 kN,满足设计要求,CFG 桩单桩抗压静荷载试验 $Q-s$ 曲线见图 3。

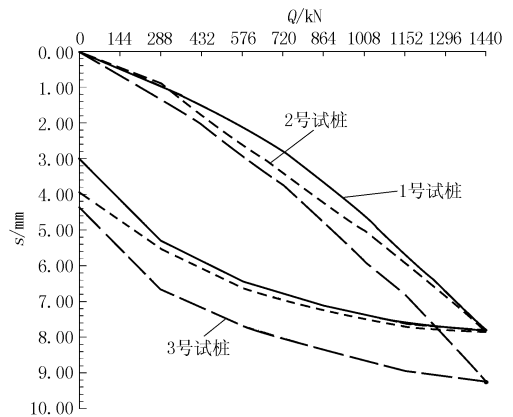


图 3 CFG 桩静荷载试验 $Q-s$ 曲线

施工单位全面进行 CFG 桩工程桩施工,施工中严格按照相关规范规程要求、试桩确定的施工工艺参数、成熟施工经验进行施工,20 天完成全部施工任务。

工程桩施工完成 30 天后,进行基坑开挖。选取 3 处进行单桩复合地基静荷载试验,试验最大加载量 721 kPa, $Q-s$ 曲线为平缓慢变形曲线,按相对变形值确定复合地基承载力特征值,即 $s/d = 0.01$ 所对应的压力,复合地基承载力特征值最小值为 360 kPa,满足设计要求,复合地基静荷载试验 $Q-s$ 曲线见图 4。

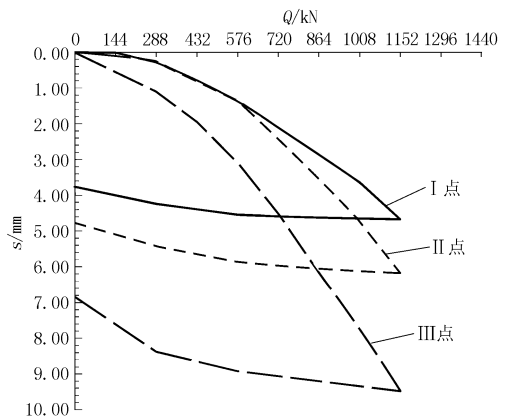


图 4 复合地基静荷载试验 $Q-s$ 曲线

为了解桩身完整性,分别抽取 80 根 CFG 桩、42 根钻孔压浆桩,采用反射波法进行低应变动力测试。

所测 80 根 CFG 桩中判别 I 类桩 54 根, 占所测桩数的 67.5%; II 类桩 25 根, 占所测桩数的 31.3%; III 类桩 1 根, 占所测桩数的 1.3%; 无 IV 类桩。所测 42 根钻孔压浆桩中判别 I 类桩 14 根, 占所测桩数 33.3%; II 类桩 9 根, 占所测桩数的 21.4%; III 类桩 19 根, 占所测桩数的 45.3%; 无 IV 类桩。通过对桩头的清理, 对部分桩体钻探取心作抗压强度试验, 可以判断: III 类桩中除 1 根桩身完整性差, 其余为桩体上部混凝土疏松。对于桩头疏松段较短的桩, 清除疏松部分混凝土, 采用 C20 混凝土接桩。对于桩身完整性较差及疏松段较长的桩作废桩处理, 采用锚杆静压桩进行加固处理。

2007 年 10 月该楼房已建成并交付使用至今, 据沉降观测资料, 目前该楼房沉降稳定, 未出现不均匀沉降现象, 使用良好。

6 结语

实践证明, 钻孔压浆桩基础在本地区多层、小高层建筑工程中比较适用。但是, 随着襄阳市城区基本建设突飞猛进, 城市建设用地日趋紧张, 高层、超高层建筑越来越多, 对单桩竖向承载力要求也越来越高。钻孔压浆桩桩径、桩长选择余地小, 单桩竖向承载力低, 单价高, 在高层、超高层建筑工程的使用中有较大局限性。而钻孔灌注桩的桩径、桩长选择余地大, 采用钻孔灌注桩后压浆施工工艺, 单桩竖向承载力大为提高, 随着旋挖钻机的普及, 成桩速度大

为提高。钻孔灌注桩已成为本地区高层、超高层建筑及大型构筑物基础的首选桩型。

任何桩型都有其应用局限。即使非常安全、经济、适用工法或工艺, 如果施工中违反相关规范规程、不进行质量控制、偷工减料, 都有可能成为“豆腐渣”工程。

桩基施工中必须先试桩, 确定合理的设计参数和科学的施工工艺, 才能进行工程桩的施工。施工中必须严格遵守相关施工规范规程, 注意了解地质条件的变化情况, 与勘察、设计条件有较大出入时, 必须及时会商处理。

参考文献:

- [1] 宋镇春, 武环, 贾庆军. 钻孔压浆桩在齐齐哈尔地区应用前景及有关问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(5): 14-15.
- [2] 黄生根, 张希浩, 曹辉. 地基处理与基坑支护工程[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 58-64.
- [3] 欧阳继胜, 鲁志雄, 丁长洲, 等. CFG 桩复合地基在某小区的应用研究[J]. 资源环境与工程, 2010, (1): 52-54.
- [4] GB 50007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].
- [5] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [6] JGJ 94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [7] JGJ 106-2003, 建筑基桩检测技术规程[S].

致谢: 中南勘察基础工程公司提供本工程岩土工程勘察报告, 襄阳市建设工程质量检测站提供静载荷试验报告, 中国地质大学(武汉)工程学院黄生根教授对本文编写提供了指导, 在此一并致谢。

(上接第 49 页)

高度或串状溶洞, 平均桩长为 5.67 m, 整个施工工期为 92 天, 施工难度相对简单, 仅桩长减少节省施工费用为 67 万。

7 结语

岩溶地区地基处理有很大的难度和复杂性, 利用超前钻(施工勘察)将复杂地质情况体现出来, 在成桩之前采用钻探方法查其基岩情况, 给设计及施工人员提供参考, 根据不同的地质条件因地制宜地设计和选择施工方法, 从而有效地进行设计优化及成本控制。

参考文献:

- [1] 邵东风. 华润电力(贺州)有限公司一期工程岩土工程勘察报告(厂区部分)[Z]. 湖北武汉: 中南电力设计院, 2008.
- [2] 刘江. 华润电力(贺州)有限公司一期工程综合试桩报告[Z]. 湖北武汉: 中南电力设计院, 2008.
- [3] 朱学稳. 桂林岩溶地貌与洞穴研究[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [4] 郭纯青. 岩溶地区地下水与环境的特殊性研究[Z]. 北京: 地质出版社, 2009.
- [5] 周安全, 周湘. 岩溶地区冲(钻)孔桩施工常见事故防治及其对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11): 48-54.
- [6] 熊绍所, 成润军. 岩溶地区钻(冲)孔灌注桩施工的难点及其技术对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 73-75, 79.
- [7] 杨宗仁, 史学伟. 沪—蓉高速铁路跨越汉江特大桥桩孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 47-50.