

超深搅拌桩在深层承压水隔断工程中的应用

赵慎中, 杨 春, 宋 珪

(江西省地质工程(集团)公司, 江西 南昌 330029)

摘 要:随着基坑的开挖,当基坑的土压力减小到一定程度时,承压水的水头压力将大于基坑底土体浮重力,形成管涌、侧涌等现象,造成地基土上浮开裂。针对深层承压水的隔断技术措施,结合上海三至喜来登酒店基坑工程的特点,分析讨论了超深搅拌桩在隔断深层承压水的应用效果,对于今后类似工程的建设具有一定的参考和指导作用。

关键词:基坑;超深搅拌桩;深层承压水;抽水试验

中图分类号:TU473.1+4 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2011)09-0086-04

Application of Ultra-deep Cement-soil Mixed Pile in Deep Confined Water Partition Project/ZHAO Shen-zhong, YANG Chun, SONG Gui (Jiangxi Geo-engineering (Group) Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: With the excavation of foundation, when the earth pressure of foundation reduced to a certain extent, the head pressure of confined water will be greater than float gravity of soil at the bottom of foundation pit associated with piping formation and side gushing and so on, resulting in floating and cracking of soil. Based on deep confined water partition technique, according to the characteristics of the foundation of Shanghai Sanzhi Sheraton Hotel, application effect of ultra-deep cement-soil mixed pile in deep confined water partition project were analyzed and discussed, which could be the reference and guidance for the similar projects in future.

Key words: foundation; ultra-deep cement-soil mixed pile; deep confined water; pumping test

根据铁路及轨道交通工程地基处理经验,深层搅拌桩深度一般不超过15~18 m。上海三至喜来登酒店基坑工程西北临正在使用的地铁四号线,北临海伦路,围护地墙与其通道外墙最近间距仅10 m,东临四平路及将要施工的地铁十号线,因此基坑深层承压水的处理显得尤为重要。本工程设计采用48 m超深搅拌桩来隔断深层承压水,将承压水对周围建筑的影响降至最低。

1 工程概况

1.1 基坑概况

拟建三至喜来登酒店由一幢36层超高层建筑和4层裙房组成,其中36层超高层建筑为框架核心筒结构。地面以下均为3层地下室,埋深约为14.65 m。本工程基坑大致成方型,占地面积约为6500 m²,南北向最宽处约80 m,东西向最宽处约92 m。基坑开挖深度约为14.65 m,基坑保护等级为一级。本工程整个基坑分成大小两个基坑进行分期开挖施工,先开挖远离4号线的大基坑(A区),待其地下结构出正负零后再开挖另一个小基坑(B区)。

1.2 场地地质条件

1.2.1 工程地质条件

通过勘察,自地表至110.0 m深度范围内所揭露的土层,由粘性土、粉性土和砂土组成,具有成层分布的特点。根据现场对土的鉴别、原位测试及室内土工试验成果综合分析,本场地的土层可分8层,其中第②、⑤、⑧、⑨层又根据土性变化分为若干亚层。典型地质剖面图如图1所示。

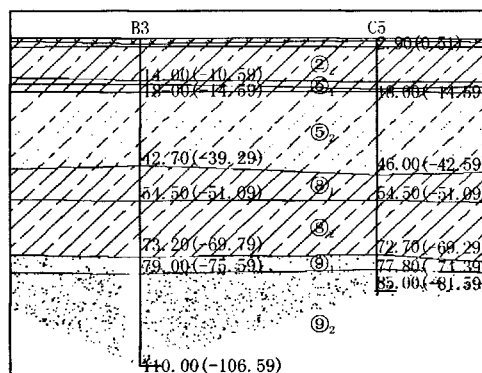


图1 典型地质剖面图

1.2.2 水文地质条件

拟建场区地下水根据埋藏条件可划分为浅层潜水、微承压水及承压水。潜水一般为地表下0.3~

收稿日期:2011-02-23;修回日期:2011-07-16

作者简介:赵慎中(1953-),男(汉族),上海人,江西省地质工程(集团)公司高级工程师,物化探工程专业,从事岩土工程施工工作,上海市徐汇区龙漕路1弄1号(200235),zhao53@sina.com。

1.5 m。钻探期间浅层地下水初见水位埋深0.9~2.85 m,稳定水位埋深0.85~1.0 m。本场地赋存于第⑤₂层砂质粉土中的地下水为承压水。勘察期间对承压水进行了承压水水头观测,观测结果见表1。

表1 承压水头观测结果

测井编号	承压含水层序号	承压含水层层顶埋深/m	承压水水位埋深/m
P1	⑤ ₂	19.1	4.09
P2	⑤ ₂	18.0	4.15

根据上海工程建设规范《岩土工程勘察规范》(DGJ 08-37-2002)第11.1.1条(微)承压水水位年呈周期性变化,埋深在3.0~11.0 m。

2 超深三轴搅拌桩止水帷幕施工工艺

2.1 施工设备

采用高度27 m DH658型履带式桩机,悬挂MAC-240-3BØ850三轴搅拌机具。主要设备还包括BW-200型压浆泵、EX-200型挖掘机、12 m³空气压缩机及自动拌浆系统1套。

2.2 工艺流程^[1]

清除地表障碍物→开挖沟槽→布置拆接钻杆平台→桩机就位→拌制水泥浆→喷浆、喷气下沉搅拌喷浆→(不喷气)提升搅拌→搅拌结束,移至下一桩位施工。

2.3 钻杆加接工艺

本工程搅拌桩掘进深度为48 m,工程配置的搅拌机具总长度(未计算掘进机构)52.0 m,最大搅拌深度49.5 m,该搅拌机具可按照高低两种转速进行搅拌施工。桩机开始施工时悬挂钻杆长度为21.7 m,共需加杆2次,加杆长度分别为15.9 m和18.0 m。

钻杆加接的工艺流程为^[2]:①施工预埋孔,放入预埋钻杆→②进行水泥土搅拌桩施工→③搅拌下沉钻杆,到第一组钻杆结束→④拆下钻杆接头,移动桩机到预埋钻杆位置→⑤连接预埋钻杆,提升预埋钻杆→⑥移动桩机,回到原桩位将预埋钻杆和第一组钻杆连接起来→⑦继续搅拌下沉,重复步骤③、④、⑤、⑥直至到达设计桩深。

2.4 施工质量保证措施

(1)孔位放样误差<10 mm,桩身垂直度按设计要求控制在1/200以内,相邻桩施工间隔时间≥10 h。

(2)严格控制浆液配比,做到挂牌施工,并配有专职人员负责管理浆液配置。严格控制钻进提升及

下沉速度。

(3)施工前对搅拌桩机进行维护保养,尽量减少施工过程中由于设备故障而造成的质量问题。设备由专人负责操作,上岗前必须检查设备的性能,确保设备运转正常。查看桩架垂直度指示针调整桩架垂直度,并用线锤进行校核。

(4)钻头提升速度0.5 m/min,施工时提升必须使用一档,严禁三挡提升,搅拌机喷浆提升的速度和次数必须符合施工工艺的要求,并应有专人记录。

(5)水泥掺量15%,水灰比0.45~0.5,按照水泥密度、水灰比来控制水泥浆的密度,应大于1.7 g/cm³。水泥浆中水泥用量为270 kg/m³。根据搅拌桶的容积严格控制水泥加量,不得随意改变水泥用量。

(6)施工时深度必须严格控制,严禁减少深度,每根桩必须有钻头各次下钻深度及提升高度的全过程记录。

(7)场地布置综合考虑各方面因素,避免设备多次搬迁、移位,尽量保证施工的连续性。

(8)对于施工工期较紧的施工部分,必要时掺入外加剂(膨润土)。

(9)严禁使用过期水泥、受潮水泥,对每批水泥进行复试合格后方可使用。

(10)严格控制水泥浆的水灰比,水灰比过大会导致水泥搅拌土强度下降。

(11)如钻进过程中出现停钻、机械故障,立即停止注浆泵施工,以免注浆压力过大造成对周边环境的影响。

(12)对于桩身下部25~48/52 m进行复搅,复搅速度为1.5 m/min。

(13)对接杆过程中,严格控制埋杆的垂直度,以确保总成桩的垂直度。

3 群井抽水试验

3.1 试验内容

依据本场地的工程地质条件、含水层的埋藏条件与分布特征,以及场地现场条件,为了解基坑内降水对基坑外水位的影响,在搅拌桩施工完成28 d后,拟进行水文地质抽水试验,对第⑤₂层(砂质粉土)的水力渗透性质进行全面的分析研究。本次共进行了1组群井抽水试验。主要内容如下:

(1)K1~K3作为抽水井,抽汲⑤₂层中的微承压水。

(2)抽水试验过程中,分别观测J1~J3和K4

井及坑外监测孔中的地下水位变化。

(3)群井抽水试验结束后,进行水位恢复试验,观测水位恢复情况。

试验井平面布置如图 2 所示。

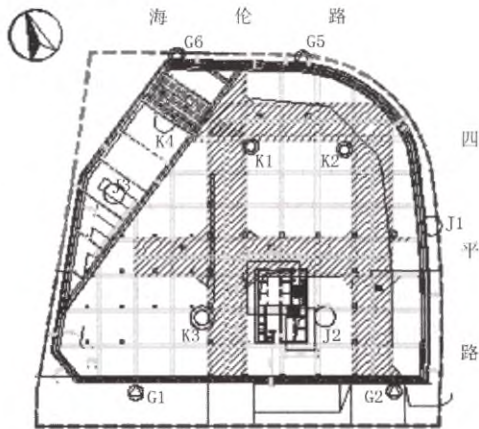


图 2 试验井平面布置图

3.2 试验数据收集与整理

群井抽水试验同时启动 K1、K2 和 K3 三口抽水井,同时观测其它观测井内的水位变化。

K1 井出水量平均 195 m³/d, K2 井出水量平均为 192 m³/d, K3 井出水量平均为 170 m³/d。群井抽水试验持续抽水 30 h,井的出水能力衰减较小。3 口井同时运行后,平均总出水量约为 567 m³/d。

观测井内的水位降深监测结果如表 2 及图 3 ~ 5 所示。

表 2 水位降深观测数据

井号	水位降深/m	备 注
J1	0.00	⑤ ₂ 观测井,水位略微自然波动
J2	1.32	⑤ ₂ 观测井
J3	1.39	⑤ ₂ 观测井
K4	1.77	⑤ ₂ 观测井

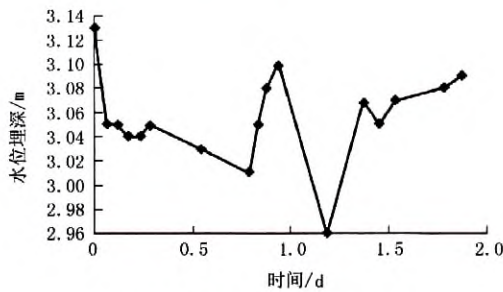


图 3 坑外观测井 J1 水位埋深变化图

依据试验实测数据分析,认为坑外观测井 J1 和监测孔(G1,G2,G5,G6)的水位变化属自然波动,波动范围约 15 cm,即坑内 A 区群井抽水时对坑外水位变化基本无影响。

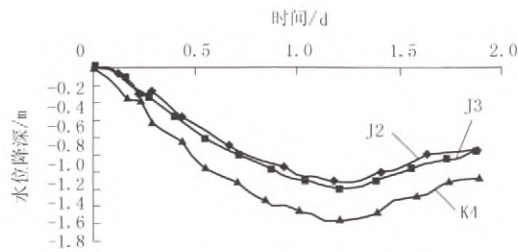


图 4 坑内观测井(J2,J3,K4)水位降深变化图

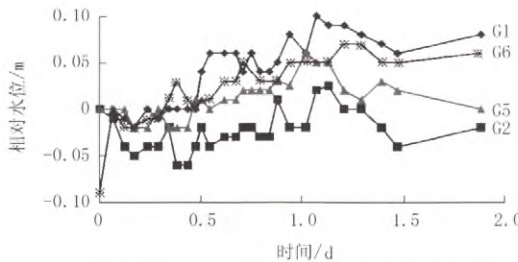


图 5 坑外钻孔(G1,G2,G5,G6)相对水位波动图

4 数值模拟分析对比

地下水和土体是由固体、液体、气体三相体组成的空间三维系统,土体可以模型化为多孔介质。因此求解地下水问题就可以简化为求解地下水在多孔介质中流动的问题,根据与本场地相适应的水文地质条件,可建立下列与之相适应的地下水三维非稳定渗流数学模型^[3]:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left(k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = \frac{E}{T} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} & (x, y, z) \in \Omega \\ h(x, y, z, t) |_{t=0} = h_0(x, y, z) & (x, y, z) \in \Omega \\ h(x, y, z, t) |_{\Gamma_1} = h_1(x, y, z, t) & (x, y, z) \in \Gamma_1 \end{cases}$$

在地下水渗流模型基础上,以 J2、J3 和 K4 的观测值为依据建立对应的目标函数,以 k_{x3} 、 k_{y3} 、 s_{x3} 为变量,通过非线性最小二乘法^[4],取得微承压含水层的水文地质参数,如表 3 所示。

表 3 数值模拟反演结果

层位	水平渗透系数 k_h /(m · d ⁻¹)	垂直渗透系数 k_v /(m · d ⁻¹)	贮水率 S_e /(L · m ⁻¹)
⑤ ₂	0.82	0.78	9.67 × 10 ⁻⁴

从优化反演结果的标准残差值可知误差中值为 -0.0423,同时标准残差的分布满足标准正态分布,从而说明理论值与观测值的误差区间范围是可以接受的。

把反演得到的水文地质参数应用到地下水水流模型中,可以得到抽水试验中的 J2、J3 和 K4 观测井 30 h 的实测数据曲线与数值模拟曲线的对比分析

图,如图6所示。

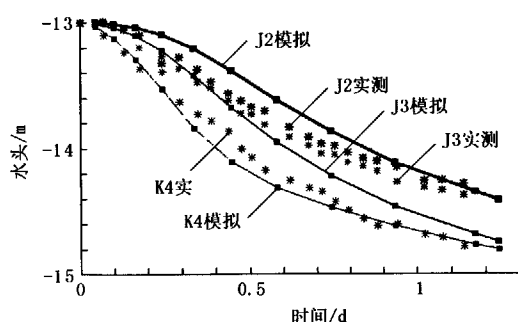


图6 坑内观测井实测曲线与模拟曲线对比图

从图6看到,实测值和模拟值的相对偏差较小,满足工程精度要求。因此,可以使用本次数值模拟的成果预测和分析试验场地及周围地区的承压水头分布特征。

5 效果验证

停止抽水后,对K4、J2和J3观测井的水位进行了水位跟踪观测,水位恢复观测共进行了1d,水位恢复曲线如图7所示。

通过分析得出下述结论:水位恢复10%大约需要400min;水位恢复20%大约需要700min。所以,在该工程现场短时间的停电将不会影响基坑安全;坑内降水对坑外水位变化基本无影响,即止水帷幕已隔断了微承压含水层,达到了预期的效果,因此在坑外可以忽略降水引起的沉降影响。

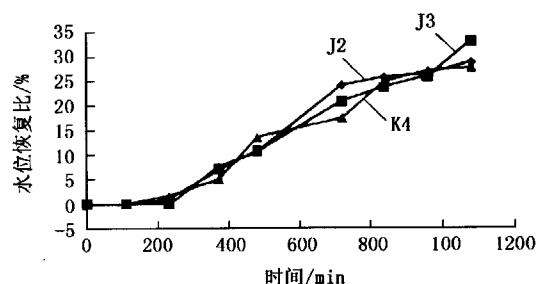


图7 水位恢复比率历时曲线s-t

6 结论

依据上海三喜来登酒店基坑工程施工实践及抽水试验数据分析,坑内降水对坑外水位变化基本无影响,达到了预期的效果,证明了在深基坑施工中超深三轴搅拌桩止水帷幕对于深层承压水的隔断具有良好的效果,可以达到确保基坑土体和周边环境安全的目的,因此,在城市建设的过程中推广和应用该工法具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 何开胜,等. 超长水泥土搅拌桩的试验研究和工程应用[J]. 土木工程学报,2000,(2):130-135
- [2] 叶观宝. 地基加固新技术[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [3] 吴林高. 工程降水设计施工与基坑渗流理论[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [4] 王学明,张继忠,王荣. 灰色系统分析及实用计算程序[M]. 湖北武汉:华中科技大学出版社,2002.

(上接第71页)

机实施车载化比较方便,亦可以满足取样钻进深度100m的要求,但是,可折放的锚固钻架有效行程太小,不适合100m深度的取样钻探要求。另外,军用越野车购置价格高,油耗大。因此,本方案建议仅作为满足生产单位特殊需要的车载化改造方案。

6 结语

车载化钻机为现有设备的模块化有机组合,研制周期短、技术难度不大。其工作性能兼有车装钻机和散装钻机的优势,特别适合地质取样钻探工程的需要。研制车载化钻机是当前国家和行业现实状况下钻探设备研究的一种新思路。

应贯彻以人为本理念,努力降低野外工人劳动强度。因此,应大力推广各种形式的车载化浅层取样钻探装备,逐渐减少人抬式钻机,以提高地质取样效率和质量。

参考文献:

- [1] 孙建华,赵海涛,张阳明,等. CQK-50型车载化钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(11).
- [2] 陈立人,马广蛇,刘晓峰. 国内外钻机技术的发展趋势与对策[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,(S1).
- [3] 张惠. 车装钻机设计应注意的几个问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1).
- [4] 王波. 全液压车载钻机动力头优化设计研究[D]. 黑龙江哈尔滨:东北林业大学,2009.
- [5] 朱文鉴,张培丰,张建元. TCQ系列勘察取样钻机(具)的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2).
- [6] 杨孝球. 轻便取样钻机应用与效果[J]. 探矿工程,1985,(5).
- [7] <http://www.cgeg.com.cn/cpjsshow.asp?infol=809> [DB/OL].
- [8] 赵海涛,刘秀美,王汉宝. QK系列多功能取样钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):53-55,65.
- [9] Pierce K. et al. Advanced Drilling Systems Study[R]. Technical Report SAND95-0331 Sandia National Laboratories Albuquerque, 1996.
- [10] Cumming J D, Smit J K. Diamond Drill Handbook[M]. Canada, 1992.