

基于抽水试验的场地黏性土层渗透特性确定

吕锦伟¹, 罗如平², 温其正²

(1. 安徽省水利水电勘测设计院, 安徽 蚌埠 233000; 2. 河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要:为研究淮河防汛调度楼工程场地 Q_3 黏性土层的渗透特性, 采用抽水试验测定其渗透系数、地下水流向、流速等水文地质参数。试验结果表明: Q_3 黏性土层平均渗透系数为 $2.42 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; 地下水流向为自北偏西 27.5° 流向东南; 地下水最大允许渗流速度为 $3.28 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; 影响半径往西方向为 87 m , 往北方向为 71 m 。

关键词:抽水试验; 黏性土层; 渗透特性; 影响半径; 人工挖孔桩

中图分类号: TU442 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7647(2014)S2-0014-03

土层的渗透特性对土层的工程性质具有重要影响, 因此是工程设计需要重点考虑的关键因素之一^[1-2]。室内试验难以模拟场地的实际边界条件, 且所用试样一般会受到扰动, 加之模型尺寸的影响, 导致室内试验结果与现场实际情况存在差别^[3]。在实际工程勘察中, 通常采用现场渗透试验方法来比较准确地获取场地水文地质参数, 常用的现场渗透试验分为3种: 注水试验、抽水试验、压水试验^[4-6]。

注水试验条件要求比较简单, 获取的水文地质参数较少且结果较粗糙, 一般用于简单的水文地质测试; 而压水试验一般用于岩石; 抽水试验特别是多孔抽水试验条件要求比较高, 试验成本也较高, 一般的工程勘察中不采用, 但是抽水试验能获取较多的水文地质参数且结果比注水试验精确很多。笔者基于淮河防汛调度楼人工挖孔桩工程, 介绍了抽水试验在确定场地土层渗透特性中的应用, 并分析了人工挖孔桩在该工程中的可行性。

1 工程概况

水利部淮河水利委员会拟于蚌埠市宏业路与东海大道交会处的东北侧建设淮河防汛调度楼(包括防汛调度通讯楼A座和调度通讯监测楼B座)。该楼地下一层(局部带人防地下室); 基础底面埋深为 -5.5 m , 高程约为 15.50 m ; A座、B座地面以上分别为7层和15层, 通讯天线塔顶高度为 120 m ; 主楼结构为框剪结构。防汛调度楼A座、B座的最大柱荷载 N 分别为 $7\,800 \text{ kN}$ 、 $12\,520 \text{ kN}$ 。原设计拟采用

人工挖孔灌注桩。

淮河防汛调度楼场地位于蚌埠市东南部, 地貌上属于淮河Ⅱ级阶地。上覆地层均为第四系上更新世(Q_3)及其以前的以黏性土为主的冲积层和残积层; 下伏基岩为下元古界蚌埠期侵入的混合花岗岩。场地东边为蚌埠市中级人民法院, 西隔宏业路与蚌埠市水利防汛调度中心相邻。场地原系稻田, 地形平坦, 地面高程约为 21.00 m 。

在勘察中发现场地 Q_3 黏性土层的上部具有孔隙比大、含水率高等特点, 故设计单位决定先进行人工挖孔桩试桩, 以决定最终是否采用人工挖孔桩。

试桩开挖的前几天, 一切进展正常。但在2013年8月10日, 试桩开挖深度达 8 m 后(刚好进入场地黏性土层), 桩内水量逐渐增大, 且开挖越深水量越大。2013年8月31日挖至 16 m 时, 实测单孔涌水量已达 $25 \text{ m}^3/\text{h}$, 且降水困难, 难以成孔。

建设单位和设计、勘察及施工单位现场召开紧急会议, 决定停止试桩开挖。通过做现场抽水试验进一步了解场地 Q_3 黏性土层的水文地质特点, 再决定采用何种桩型。

2 现场抽水试验

2.1 抽水试验方案布置

采用完整孔多孔抽水试验确定场地 Q_3 黏性土层的渗透系数、影响半径、地下水流向。抽水孔和观测孔完成后, 于2013年9月15日9:00开始进行抽水试验, 抽水试验延续至2013年9月20日7:00, 恢

作者简者: 吕锦伟(1968—), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 硕士, 主要从事地质工程、岩土工程设计研究。E-mail: lvjinwei1968@163.com

复水位观测至 2013 年 9 月 20 日 15:00。

在调度楼西侧 3 号试桩西 5.2 m 打一抽水试验孔(完整井、编号为 100),该井钻至第④层全风化基岩上部(砾质黏性土),深度为 25.5 m,钻孔直径为 600 mm,孔口标高 21.143 m。采用清水钻进,钻孔完成后洗孔 8 h,下井管,管口标高 21.483 m。在抽水井两侧布置 2 条水位观测线,一条位于抽水井北侧,另一条位于抽水井西侧。每条观测线打设 3 个水位观测孔,编号为 101~106,其中 101 号、104 号观测孔距抽水井 5 m,102 号、105 号观测孔距抽水井 13 m,103 号、106 号观测孔距抽水井 22 m,观测孔的布置如图 1 所示。

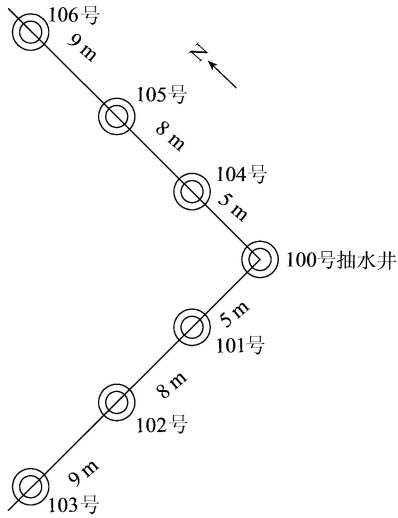


图 1 抽水井及观测孔位置示意图

2.2 试验结果分析

抽水试验分 3 个抽水降深阶段进行,每个抽水降深阶段都记录抽水井及观测孔的水位高度。抽水井及观测孔在各个抽水降深阶段的时间-降水井水位深度曲线如图 2 所示。

从图 2 可以看出,在 3 个抽水降深阶段,随着抽水时间的增长,抽水井水位都有一定程度的下降,第 1 抽水降深阶段下降较为明显,后 2 个抽水降深阶

段由于周边水的补充,抽水井水位变化较小,并很快处于稳定状态,这也进一步说明场地 Q₃ 黏性土层渗透性较大。抽水井周边观测孔的水位随着距离抽水井距离的增大而增大,且远大于抽水井水位。

2.3 水文地质参数计算

2.3.1 地下水流向和流速

根据勘察期间地下水位观测结果,采用几何法测定地下水的流向为自北偏西 27.5°流向南东。抽水试验时,由于场地地下水位下降,地下水从四周流向场地。

由于场地周边有国税局办公楼正在进行人工挖孔桩施工,受到其长时间降水施工和本文工程试桩降水影响,加之地下水补给不充沛,地下水流态发生变化,不能测出自然状态下的地下水流速。根据抽水试验结果,采用式(1)可计算地下水在含水层中的最大允许渗流速度^[7]:

$$v_{\max} = \sqrt{k}/15 \tag{1}$$

式中: k 为渗透系数,cm/s。

场地 Q₃ 黏性土层平均渗透系数 $k = 2.42 \times 10^{-3}$ cm/s,代入式(1),可得场地 Q₃ 黏性土层地下水最大允许渗流速度为 3.28×10^{-3} cm/s,即 2.83 m/d。

2.3.2 场地 Q₃ 黏性土层的渗透系数及影响半径

场地 Q₃ 黏性土层地下水属弱承压水,承压水头约为 1.5 m,抽水试验最小降深为 4.55 m,最大降深为 13.95 m,远高于承压水头;观测孔中水位降深均低于承压水顶板,故渗透系数 k 及影响半径 R 采用潜水完整井公式计算:

$$k = \frac{0.732Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \tag{2}$$

$$\lg R = \frac{s_1(2H - s_1)\lg r_2 - s_2(2H - s_2)\lg r_1}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \tag{3}$$

式中: Q 为抽水井抽水量,m³/d; r_1 、 r_2 为观测孔至抽水井的距离,m; s_1 、 s_2 为观测孔内的水位降深,m; H 为潜水含水层厚度,m。

—□— 100号 —○— 101号 —△— 102号 —▽— 103号 —◁— 104号 —▷— 105号 —◇— 106号

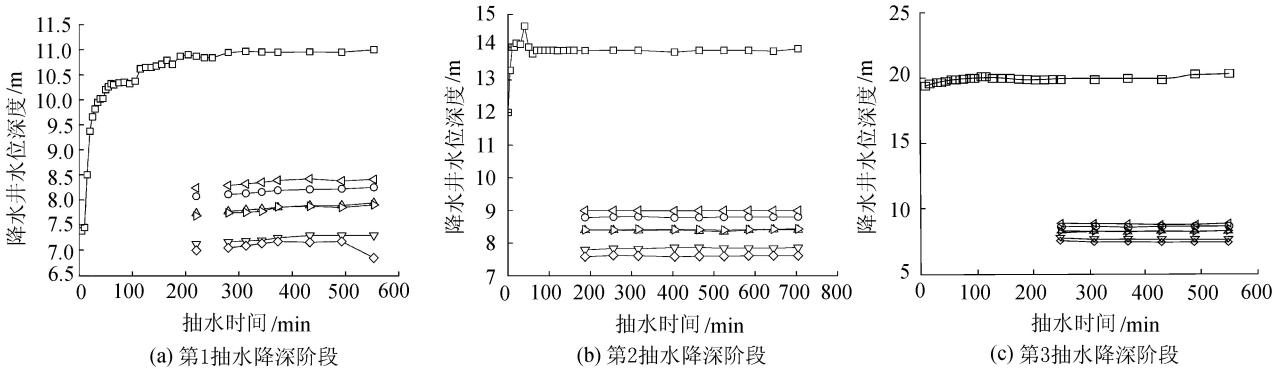


图 2 抽水井及观测孔各抽水降深阶段的时间-降水井水位深度曲线

表 1 为 3 次抽水降深过程中抽水井的水位降深数据,基于式(2)和式(3),计算不同降深下的渗透系数,然后求得平均渗透系数为 $2.42\times10^{-3}\text{ cm/s}$,影响半径往西方向为 87m,往北方向为 71m。

表 1 场地黏性土层 Q₃ 抽水试验各阶段抽水井降深数据

抽水 降深 阶段	含水 层厚 度/m	静水 位高 程/m	动水 位高 程/m	水位 降深/ m	$Q/$ $(\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1})$	单位 涌水量 $q/(\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1})$
1	17.7	15.07	4.12	10.95	8.32	1.83
2	17.7	15.07	1.17	13.90	11.00	1.47
3	17.7	15.07	-4.97	20.00	10.80	0.79

3 结 论

a. 淮河防汛调度楼场地 Q₃ 黏性土层地下水流向为自北偏西 27.5°流向南东。地下水最大允许渗流速度为 $3.28\times10^{-3}\text{ cm/s}$ 。

b. 黏性土层地下水平均渗透系数为 $2.42\times10^{-3}\text{ cm/s}$,影响半径往西方向为 87m,往北方向为 71m。

(上接第 6 页)

c. 一般而言,土体含水率越大,土颗粒的水膜越厚,颗粒之间的摩擦力越小,颗粒在水的润滑作用下更容易翻滚,对应的峰值强度减小。

d. 当含水率超过一定范围后,颗粒周围会出现自由水,在压实过程中,水在颗粒表面起的润滑作用使颗粒之间的连接断裂。颗粒之间断裂,会使颗粒之间的黏聚力减低,接触点减小,摩擦力减小,在相同法向压力下,在较小的位移内颗粒调整的速度就越大,结构密实度越好,抗剪强度越提前发生。

6 结 论

a. 高液限土的宏观力学特性与压实度和含水率密切相关,微观力学特性与粒团形态、孔隙率、黏聚力、摩擦力等相关。

b. 随着高液限土压实度的增大,土样孔隙率减小,粒团形态趋于复杂,土样破坏应力逐渐增大,破坏应变逐渐减小,压实度与破坏应力、破坏应变呈线性变化关系。

c. 随着高液限土含水率的增大,土样黏聚力减小,摩擦力减小,土样破坏应力和破坏应变均逐渐减小,含水率与破坏应力、破坏应变呈线性变化关系。

参考文献:

[1] 刘鑫,洪宝宁. 高液限土工程特性与路堤填筑方案[J].

c. 考虑到人工挖孔桩本身的难度及深井降水对邻近蚌埠市中级人民法院的不利影响,建议改变桩基础形式。

参考文献:

[1] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,1986.
[2] 史长春. 水文地质勘察[M]. 北京:水利电力出版社,1991.
[3] 胡顺军,田长彦,宋郁东,等. 土壤渗透系数测定与计算方法的探讨[J]. 农业工程学报,2011,27(5):68-72.
[4] SL320—2005 水利水电工程钻孔抽水试验规程[S].
[5] SL31—2003 水利水电工程钻孔压水试验规程[S].
[6] SL345—2007 水利水电工程注水试验规程[S].
[7] 薛禹群,朱学愚. 地下水动力学[M]. 北京:地质出版社,1979.

(收稿日期:2014 - 09 - 03 编辑:刘晓艳)

河海大学学报:自然科学版,2011,39(4):436-443.

[2] GDJTG/TE01—2014 广东省高液限土路基修筑技术指南[S].
[3] JTGD30—2004 公路路基设计规范[S].
[4] JTG F10—2006 公路路基施工技术规范[S].
[5] 吴志刚,王保田. 高含水率黏土改良技术与改良土的力学性质研究进展[J]. 水利水电科技进展,2010,30(增刊1):166-169.
[6] 桂跃,高玉峰,宋文智,等. 高含水率疏浚淤泥生石灰材料化土闷料期内强度变化规律[J]. 河海大学学报:自然科学版,2010,38(2):185-190.
[7] 周健,池永. 颗粒流方法及 PFC2D 程序[J]. 岩土力学,2000,21(3):271-274.
[8] 李新坡,何思明. 节理岩质边坡破坏过程的 PFC2D 数值模拟分析[J]. 四川大学学报:工程科学版,2010,42(1):70-75.
[9] 孔祥臣,陈谦应,贾学明. 土石混合料振动击实试验的 PFC2D 模拟研究[J]. 重庆交通学院学报,2005,24(1):61-67.
[10] 石北啸,陈蕴生. 含水量对滑动带强度影响的细观结构试验[J]. 水利水电科技进展,2010,4(30):13-16.
[11] 廖雄华,周建,等. 黏性土室内平面应变试验的颗粒流模拟[J]. 水利学报,2012,12(12):11-17.
[12] 周建,池永. 土的工程力学性质的颗粒流模拟[J]. 固体力学学报,2004,25(4):377-382.

(收稿日期:2014 - 09 - 28 编辑:周红梅)