

Application of Pumping Test in Deep Foundation Pit Engineering in Shanghai Area, China

Chenyang Wang

Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200092, China

Abstract

This paper expounds the distribution of confined water in Shanghai area, through the single hole pumping test of ⑦ layers of silt layer in deep foundation pit in Shanghai area, the hydrogeological parameters of the 7th silt layer are obtained, to provide reliable hydrological basis for deep foundation pit enclosure design and construction dewatering.

Keywords

confined water; deep foundation pit; dewatering; single hole pumping test

抽水试验在中国上海地区深基坑工程中的应用

王晨阳

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 中国·上海 200092

摘要

论文阐述了上海地区承压水分布情况, 通过对上海地区深基坑⑦层粉砂层进行单孔抽水试验, 求取第⑦层粉砂层水文地质参数, 为深基坑围护设计及施工降水提供可靠水文依据。

关键词

承压水; 深基坑; 降水; 单孔抽水试验

1 引言

随着城市规模的不断扩大, 城市地铁也不断得到发展, 基坑开挖深度也随着线路交错而不断加深, 由浅埋变成深埋。例如, 中国上海地铁 13 号线淮海中路站埋深就深达 33m, 中国上海市苏州河深隧云岭西超深竖井开挖深度达 58.65m。中国上海地区地下水丰富, 与工程建设密切相关的主要为第四系地层中的潜水、微承压水及承压水。

随着基坑开挖深度的加深, 承压水对基坑围护设计及施工的影响就越加显得突出。为使基坑范围内地下水降到基坑底板以下 0.5~1.0m, 一般可采用具有隔水功能的围护墙体或隔水帷幕插入承压水含水层并穿过该层进入隔水层, 隔断承压水的补给, 然后进行坑内降水。当承压含水层很厚或者多层承压含水层相连, 如中国上海地区典型的⑦层(粉土及粉

砂层)、⑨层(粉细砂)相连, 甚至⑤₂层(粉土或粉砂层)、⑦层(粉土及粉砂层)、⑨层(粉细砂)相连, 导致承压含水层难以隔断, 为准确掌握含水层的各项水文地质特征, 确保正式开挖施工过程中有效控制地下水, 在降水设计以及正式开始基坑降水前, 有必要进行现场水文地质抽水试验。

2 工程概况

某风井位于中国浦东新区杨高南路东侧、S20 外环高速公路南侧, 采用明挖法施工, 全长约 142.4m, 最大埋深约 31.05m, 围护结构采用地下连续墙, 地连墙插入深度为 60m。场地现状虽为拆迁空地, 但北侧临近航油管, 保护等级较高, 场地周边环境较为复杂。

2.1 工程地质条件

2.1.1 地形地貌

拟建风井场地位于上海市东南侧, 地势较为平坦, 场地标高一般在 4.5m 左右。根据上海市地貌单元划分, 场地属滨

【作者简介】王晨阳(1979-), 男, 中国浙江诸暨人, 本科学历, 从事岩土工程研究。

海平原地貌类型。

2.1.2 地基土的构成与特征

根据钻探资料表明, 在 130m 深度范围内, 场地土层自上至下可划分为 10 个大层和若干亚层, 其中第①₁层为填土层, 第②~⑤层为全新世 Q4 沉积层, 第⑦~⑨层为晚更新世 Q3 沉积层, 第⑩~⑪层为中更新世 Q2 沉积层, 其中第⑤₃₋₁层~⑤₄层为古河道沉积层。

2.2 水文地质条件

拟建场地揭露的地下水分为赋存于浅部土层中的潜水以及浅部⑤₂层中的微承压水、中下部⑤₃₋₂、⑦₂、⑨₁、⑪层中的承压水。

2.2.1 潜水

根据中国上海地区经验, 浅部土层中的潜水位埋深一般为地表下 0.3~1.5m, 受降雨、潮汐、地表水的影响有所变化, 年平均水位埋深为 0.5~0.7m。

2.2.2 承压水

根据中国上海地区经验, 承压水水位一般低于潜水位, 年呈周期性变化, 埋深 3.0~12.0m。

第⑦₂层为中国上海地区第一承压含水层, 层位埋深介于 55.7~77.1m, 其对拟建风井影响较大。

3 试验目的

- (1) 通过抽水试验, 查明第⑦₂层试验期间水头高度, 计算本场地降承压水的临界开挖深度。
- (2) 通过现场抽水试验, 求取第⑦₂层水文地质参数(包含渗透系数、弹性释水系数等)。
- (3) 测定单井实际涌水量。
- (4) 通过抽水试验, 计算影响半径。

4 试验方案

针对⑦₂层布置 4 口抽水井, 深度分别 63m、65m、67m、69m, 3 口观测井, 2 口深度 63m, 1 口深度 68m, 抽水井呈正四边形分布, 边长 20m。

试验井的开孔终孔口径一致, 均为 Φ650mm, 一径到底。填砾为 D50 = d50 (8~12 倍), 滤料上部填 5m 粘土球止水, 粘土球上部回填粘性土至场地地面, 考虑到回灌, 抽水井周边上部 25m 范围内进行注浆加固。

5 ⑦₂层单井抽水试验

5.1 试验数据

2# 井抽水的同时对其他观测井进行地下水位动态观测, 总历时约 2876min, 抽水 8h 后, 水位基本趋于稳定。单井试验出水量 297.6m³/d, 抽水井动水位约 31.2m, 单位出水量 q 为 11.7m³/d.m。

各观测井水位变化与时间关系曲线如图 1 所示; 水位降深与井距关系如图 2 所示。

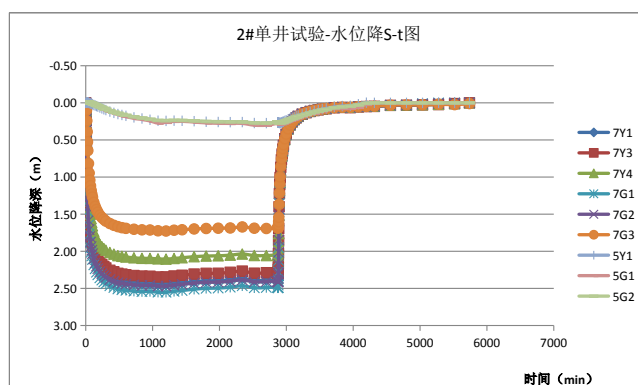


图 1 第⑦₂层第一组单井抽水试验观测井水位降变化历时曲线

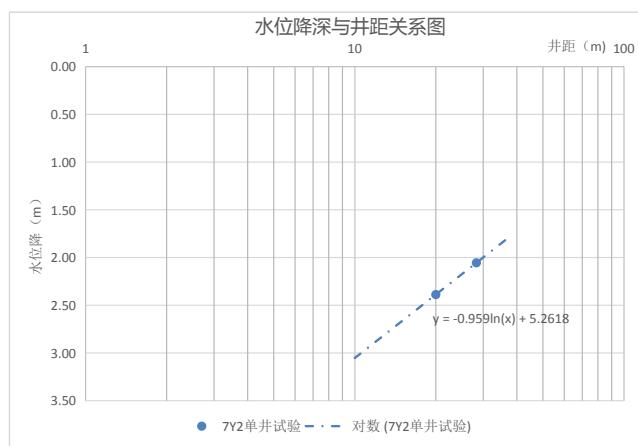


图 2 水位降深与井距关系图

从图 2 可以分析得出:

- (1) 水位降深随距离增大而减小, 但非线性关系, 呈自然对数关系形式。
- (2) 根据上式对数关系, 该组单井试验影响半径约为 240m。

5.2 参数拟合计算

水文地质参数是根据非稳定流抽水试验数据计算求得。含水层渗透系数是根据试验场区的具体水文地质条件, 选择

相应方法进行计算确定。

本次试验地层有越流补给条件下的无界承压含水层中非稳定流抽水试验, 上下隔水层有越流补给, 在巨厚含水层中, 井结构为非完整井, 含水层为均质、各向异性、侧向无限延伸, 厚度不变。选用 Hantush 的计算方法, 进行含水层的渗透系数(水平、垂直)、储水系数以及导水系数、越流因子等进行求解。

根据实际的抽水井和观测井的参数值, 自动绘制一系列标准双对数曲线, 同时根据单(群)井抽水试验后观测井水位下降, 生成时间一降深的双对数曲线, 并对实测曲线与标准曲线进行拟合, 找出最佳的标准双对数曲线, 计算含水层的各参数。

导水系数平均值: $T=4.36E1m^2/d$; 水平渗透系数平均值 $Kh=2.90m/d$; 垂直渗透系数平均值 $Kv=0.109 \times 2.90=0.32m/d$; 储水系数 $S=1.54E^{-3}$ 。拟合结果如图 3 所示。

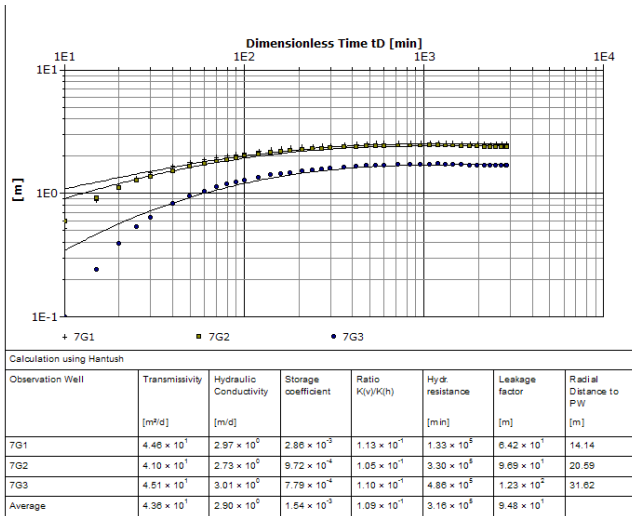


图 3 单井试验标准曲线

5.3 水位恢复试验

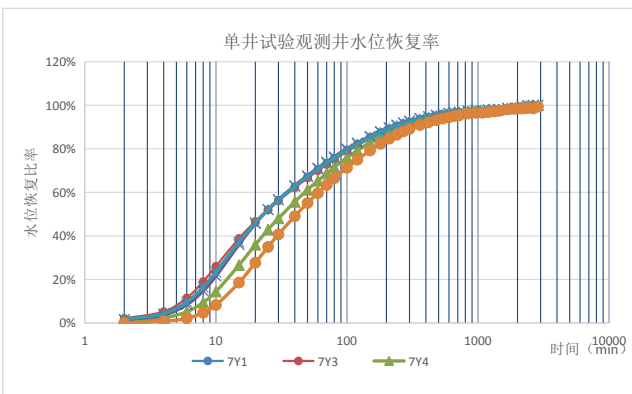


图 4 水位恢复曲线图

停止抽水以后, 观测井水位恢复较快, 距离抽水井越近, 水位恢复速率越快, 约 5min 恢复 10% 左右, 25min 水位基本能恢复至抽水试验前的 50% (如图 4 所示)。

5.4 ⑦₂ 层单井试验数据分析

根据 3 组单井抽水试验, 不同抽水井深度抽水时, 流量差异明显, 单井流量以及单位出水量随井深增加而增大。

表 1 三组单井试验流量对比统计表

单井试验	抽水井井深 (m)	过滤器长度 (m)	单井流量 (m ³ /h)	单位出水量 q (m ³ /d.m)
第一组	65	5	12.4	11.7
第二组	67	7	33.0	18.8
第三组	69	9	38.0	22.5

如表 1 所示, 对比 3 组单井试验水位下降幅度变化情况, 第一组单井抽水试验时, 观测井水位下降幅度 1.68~2.49m; 第二组单井抽水试验时, 观测井水位下降幅度 3.18~4.67m; 第三组单井抽水试验时, 观测井水位下降幅度 2.82~5.05m。

三组单井试验抽水井单位出水量对比如图 5 所示。

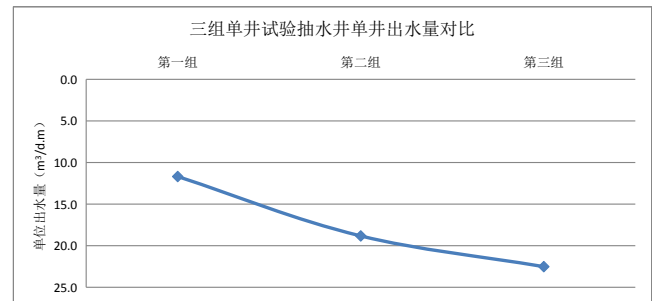


图 5 三组单井试验抽水井单位出水量对比图

6 结语

(1) 根据本次试验期间的水位监测信息, 本场地第⑦₂层承压含水层初始水位绝对标高约为 -1.24~-1.63m, ⑦₂层承压水初始水位约在井口以下 5.34~5.85m。

根据稳定性计算, 本场地第⑦₂层临界挖土深度为 27.7m; 基坑开挖到底时, 第⑦₂层水位需控制在 11.1m。

(2) 通过本次抽水试验, 查明了本地区承压含水层的水文地质参数, 如表 2 所示。

表 2 抽水试验参数汇总表

试验工况	层位	解析法软件求参			
		Kh (m/d)	Kv (m/d)	S 贮水系数 (-)	Ss 贮水率 (l/m)
2# 单井试验	第⑦ ₂ 层	2.90	0.32	1.54E-03	1.03E-04
3# 单井试验	第⑦ ₂ 层	3.74	0.38	2.67E-03	1.78E-04
4# 单井试验	第⑦ ₂ 层	4.23	0.53	1.47E-03	9.80E-05

根据不同求参方式比较,第⑦₂层水平渗透参数 2.90~4.23m/d,垂直渗透参数 0.32~0.53m/d,贮水率 1.03E-04~9.80E-05(1/m)。

(3) 根据抽水试验结果,⑦₂层单井抽水试验的影响半径约为 240m;影响半径是随着时间变化而变化的,同时围护结构施工后,影响半径也将发生变化。

(4) ⑦₂层降水井深度 63~69m,过滤器长 3~9m,单井出水量约 3.0~16.0m³/h,单位出水量约 4.3~13.1m³/d.m。不同抽水井深度抽水时,流量差异明显,单井流量以及单位出水量随井深增加而增大。

(5) 抽水试验过程中,沉降的主要源头是承压含水层的水头降低产生的瞬时沉降,进行大量抽水时,地面沉降随着抽水时间的延长而不断增大,当抽水结束后,沉降不再增加,随着水位的恢复,沉降出现反弹现象。停止抽水以后,观测井水位恢复较快,距离抽水井越近,水位恢复速率越快,

约 5min 恢复 10% 左右,25min 水位基本能恢复至抽水试验前的 50%;水位恢复至试验前水平时,沉降回弹幅度约 68%。

(6) 后期实际工程降水过程中,随着抽水持续时间增加,土体固结度增加,回弹的幅度将有所下降。应在变形敏感区布置第⑦₂层的回灌井,以保证周边土体及建构物的沉降控制。

参考文献

- [1] 孙从军,韩振波,赵振,等.地下水数值模拟的研究与应用进展[J].环境工程,2013(06):42-44.
- [2] 魏林宏,束龙仓,郝振纯.地下水流数值模拟的研究现状和发展趋势[J].重庆大学学报(自然科学版),2000(01):12-13.
- [3] 姚天强,石振华.基坑降水手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [4] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].第二版.北京:中国建筑工业出版社,2009.