

# 复杂水文地质条件下超深基坑承压水的治理

黎明中, 许孝祖

(武汉京冶地基基础工程有限责任公司, 430081, 武汉)

**摘要:**武汉市江汉区某大厦基坑开挖深度13.65 m(局部深17.50 m),场地水文地质条件复杂,施工中针对不同地质的含水情况和土层性质,采取综合降防水方法,有效治理管涌,技术经济效果良好。

**关键词:**深基坑;地下连续墙;基坑降水

中图分类号:TU753.66

文献标识码:B

文章编号:1000-4726(2010)03-0201-03

## TREATMENT OF SUPER-DEEP FOUNDATION PIT PRESSURE WATER UNDER COMPLICATED GEOHYDROLOGIC CONDITIONS

LI Ming-zhong, XU Xiao-zu

(Wuhan Jingye Ground Foundation Engineering Co., Ltd., 430081, Wuhan, China)

**Abstract:** Foundation pit excavation depth of a building in Jiangnan District of Wuhan is 13.65 m (17.50 m at local position) and the construction site has complicated geohydrologic conditions. Integrated dewatering and waterproof methods are adopted according to different water contents and soil strata. In this case, piping phenomenon is controlled effectively and favorable technical and economic effects are realized.

**Key words:** deep foundation pit; underground diaphragm wall; foundation pit dewatering

根据现有基坑工程事故调查发现<sup>[1]</sup>,有70%的工程事故是由于地下水造成的。其中,因承压水的水头压力顶裂坑底而形成突涌尤其突出,若不采取有效措施,就会造成基坑报废,围护结构倒塌,甚至危及周边建筑物的安全。因此,正确认识各种土体的渗透规律,恰当选择合理的降水方法,科学设计止水结构,确保隔渗效果,已成为深基坑工程中一个很重要的课题。

## 1 工程概况及地质水文情况

### 1.1 工程概况

武汉市江汉区某大厦地下室3层,基坑面积4583 m<sup>2</sup>,开挖深度13.65 m,电梯井开挖深度达17.50 m。

基坑东边距排水沟最近2.2 m,南边距小区道路下排水沟最近2.5 m,西边距燃气管道最近2.0 m,东边为规划城市绿地(现为售楼部和现场办公室),该处有一排水箱涵,距基坑边最小10.4 m,北边有电缆沟(图1)。

图1中,东侧箱涵埋深为自然地面下3 m,  $b \times h = 13 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ;北侧大厦地上28层,地下1层,为钻孔灌注桩基础;A3, A4两建筑于2006年9月竣工,地上26层,地下1层,钻孔灌注桩基础;南侧有一条4 m宽通道,下有 $\varnothing 600 \text{ mm}$ 排水管,埋深3 m,路外为活动工棚;西侧有一条4 m宽通道,地下1 m处有一条天然气管道(距地下室外墙1.95 m左右)。

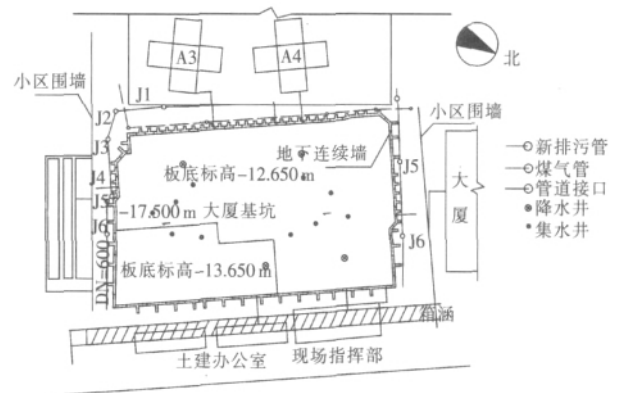


图1 基坑平面示意

### 1.2 土质水文情况

场地地下水有赋存于杂填土中的上层滞水和下部砂性土中的承压水,两者通过不透水的粘性土层阻隔。上层滞水受大气降水、地表水和生产生活用水的补给。勘察期间测得地下水混合水位-2.180~-2.900 m。场地内-12.000~-27.000 m范围内两土层均为互层,分别为⑥淤泥质粉质粘土夹粉土及⑦粉砂、粉土夹淤泥质粉质粘土,即砂层、粘土层交替分布的土层,厚达12 m。超厚互层虽能对下部砂层的承压水起阻隔作用,但承压水受长江水位影响,水量丰富且水压较大,其中⑦层层顶埋深在地面下-14 m左右,其饱和度为80%~100%,孔隙比大于0.85,渗透性各向异性明显,水平渗透系数2.0~5.0 m/d,垂直渗透系数0.1~0.6 m/d,是上部相对隔水层与下部透水层的过渡层。该交互层可视为弱透水

收稿日期:2009-09-18

作者简介:黎明中(1962-),男,湖南邵阳人,副总工程师,高级工程师,  
e-mail:908317513@qq.com.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

层,水量较小,且不易通过深井降水疏干。⑧1层粉砂夹粉土和⑧2层粉砂层为含水层组,厚度较小,仅3 m左右,砂质不纯,且在场区呈透镜状分布,整个场区分布各向异性。

## 2 深基坑降水及防水

### 2.1 降水方案

本工程基坑开挖深度大,场地较狭窄,且地下管网较多,地质条件差。采用T形钢筋混凝土地下连续墙+内支撑的支护方式。

本地区地下承压水水头较高,地下连续墙不仅作为挡土支护结构,同时也作为止水的有效手段。综合考虑后决定墙底坐落在⑧2层,即26 m深度墙体范围的上层滞水和互层中微承压水被阻隔在坑外。基底以下⑥层为相对隔水层,由于⑧2层承压水与坑外相通,⑦层与⑧1层为过渡微承压水,且厚度较厚,该过渡层顶板标高在-13.000 m至-14.500 m,而汉口一级阶地承压水水位常年标高为18.500 m至20.000 m(相对标高为-1.850 m至-3.350 m),受长江水位影响一般变化在3~4 m,即该过渡层均处于承压水水位以下。因此,此承压水压力大而抽水量不大,单井抽水量小于 $10\text{ m}^3/\text{h}$ ,其深井抽水影响范围有限,抽水试验也证明了这一点。另一方面,互层既是含水层,又是不均匀的相对隔水层,当遇不可确定因素(如前期地质勘探孔未做封闭处理或处理不到位、工程桩与周边土体结合部位不密实),承压水将顺势而出,一旦形成管涌,其流量及压力都较大。该现象在本地多处类似基坑均曾发生,故应充分考虑互层的特殊性。

鉴于上述分析,本工程采用悬挂式竖向隔渗与坑内管井降水结合的方案。管井降水针对基底以下不同含水土层采取深浅结合的地下水治理方法,即浅井(集水井)主要疏干互层间层间水,采用密布原则;深井(降水井)主要解决⑧2层承压水,起减压降水的作用。因电梯井挖深达17.5 m,故在电梯井附近设10口 $\text{D}600\text{ mm}$ 集水井(管径300 mm),井深23 m,井底不穿透互层,并保留一定距离。基坑共均匀布置4口 $\text{D}500\text{ mm}$ 深井降水井(管径250 mm),井深32 m。

### 2.2 降水施工技术

#### 2.2.1 工艺流程

测放井位→安装护筒→钻孔打井→回填井底砂垫层→吊放井管→回填管壁间砂砾混料的过滤层→井管上部密封→安装抽水设备→试抽→运行。

#### 2.2.2 主要参数

集水井直径600 mm,管径300 mm,深23 m,其中0~

17 m为实管;17~23 m为滤水管,侧壁钻孔,呈梅花状交错布置。滤管外缠40目尼龙网3层,反滤料填至-15 m,粘土球填至地面。施工期间采用潜水泵随时对管内集水进行抽排,保证层间水体的疏干排放。

降水井直径500 mm,管径250 mm,井深32 m,其中0~22 m为实管;22~32 m为滤水管,侧壁钻孔,呈梅花状交错布置。滤管外缠40目尼龙网3层,反滤料填至-19.000 m,粘土球填至底板标高以上2 m。施工期间采用深井泵抽水,达到降低承压水水头压力的目的。降水井构造如图2所示。

抽水井在满足设计抽水量的条件下抽水时,其含砂量在开泵后30 min内应小于 $1/50\,000$ ,长期运行时含砂量应小于 $1/100\,000$ 。

### 2.3 注意事项

(1) 打井及井管安装应严格按设计及规范要求,安装水泵前先进行洗井,以清除井内泥砂,避免过滤层淤塞,使井的出水量达到正常要求。洗井可采用小泵注水,稀释泥浆,用污水泵将泥浆抽出。若水井泥砂量较大,可采用压缩空气洗井。

(2) 降水作业开始后,观测井中地下水位变化和水泵抽水情况并详细记录。土方开挖前,每24 h测1次水位深度,并随时观察水泵出水情况,每2 d测1次井深。土方开挖完毕后,可逐渐减少观测次数。

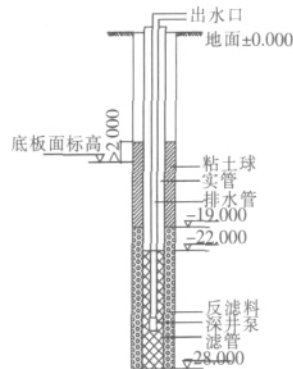


图2 降水井结构图

## 3 基坑管涌治理

### 3.1 漏水事故情况

基坑南侧地下连续墙附近,南部电梯井开挖深度达17.5 m,局部区域需挖至底板标高以下,该处坑中坑采取放坡挂网开挖。挖至14 m深时,发生较大的涌水事故,基坑内涌水量达 $40\text{ m}^3/\text{h}$ 。紧靠涌水点侧墙外路面下沉,当日最大沉降量达40 mm,造成7 m外临时建筑物墙体开裂。

### 3.2 管涌原因分析

沉降区域静力触探试验表明,地下连续墙底部砂土流失严重。因墙底距强风化岩体还有2~3 m,并未深入岩体,故判断为地下连续墙外地下水经墙底绕流至坑内,通过坑内未完全封闭的勘探孔形成涌水通道;而基坑底以下为互层,是不均匀的相对隔水层,通过上述

透水路径,在承压水作用下,形成了坑底管涌。

经核实,本项目曾有2家勘探单位先后进行了3次勘探作业,共作业44个勘探孔,大部分孔深至岩层。有一定数量的钻孔未有效封闭,易形成涌水通道。在本场区土方开挖作业中,对3个涌水点开挖时发现均为孔洞,位置与勘探点平面布置图中勘探孔的位置相符。

### 3.3 抢险方案

(1) 在墙体外钻孔至岩层,进行C-S双液注浆,与墙体形成完整的止水帷幕,阻断水流路径。同时在基坑内涌水点周边修筑围堰,先清理周围涌出的砂土,再在原状土上紧密地堆积土袋于涌水点周围,形成临时围堰。围堰周身打入 $\phi 48$ 钢管,用粗铁丝连接各钢管稳固围堰,以免因涌水、涌砂冲毁围堰。

在围堰内填入透水材料进行反滤压重保护,使透水层不再被破坏,防止涌水携带泥砂影响基底以下土体稳定,同时也可降低渗水压力。

反滤层由下向上分别为粗砂、小石子和大石子,其中小石子采用豆粒石,粒径5~20 mm。尽快加高围堰,以减小水头差。

(2) 在基坑内涌水点与墙体间插注浆管注浆,以平衡坑内外侧压力并填充因透水携带泥砂而形成的孔洞(图3,4)。

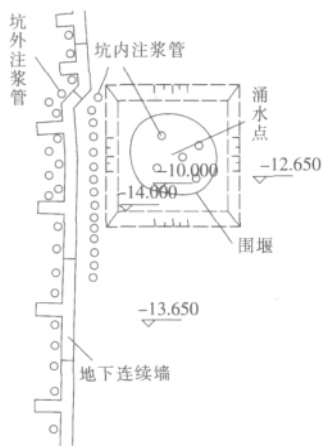


图3 注浆管布置图



图4 管涌治理现场

采取双液注浆,结合勘察报告分析涌水点周边土质,调整注浆管布置形式及插入深度。注浆过程中,应

根据涌水量及水体携带泥砂情况,随时调整浆液配比,保证在不堵塞注浆软管的情况下,达到最佳凝固时间。在水头处辅以填砂反压,减慢涌水流速,使浆液在互层有效固化以阻断涌水。

地下连续墙外侧注浆21个孔,内侧注浆15个孔,共使用水泥80 t,水玻璃50 t,经5 d时间,止住了这次较大的管涌。

## 4 结语

本基坑于2008年6月完成封底,整个降防水工程取得了预期效果,基坑及周边建、构筑物等变形均在设计范围以内。工程实践说明,对类似于汉口地区一、二阶地过渡带的水文地质条件,单纯采用某种降防水措施既不经济,效果也不佳。只有针对不同地层的含水情况及土层性质,采取综合降防水方法,才能达到既经济又有效的结果。

(1) 若基坑底面以下有承压水层或坑底面与下卧承压水间存在不透水层和受压透水层互层的过渡性土层,坑底不透水层有被承压水顶破产生突涌的可能。

(2) 当基底存在过渡性互层,即砂中有土,土中有砂,既是含水层又是不均匀的相对隔水层,其下为深度不大的承压水层时,若单纯采用深井降含水层中的水,由于出水量小,影响范围有限,降水难度较大,须采取深浅结合的降水方法,即针对承压水层采用深井降水,针对互层水采用浅井密布抽水或喷射井点疏干降水。

(3) 即使在深基坑中采用降水排水措施,仍有可能因地质情况复杂、自然环境变化、施工方法不当等原因产生渗漏、突涌、流沙等险情,因此对深度超过10 m的超深基坑及特别重要的基坑,还需采取必要的隔渗措施。

(4) 深井井管构造应适应该地层的水文地质条件,成井及滤料质量须满足设计和规范要求,并做抽水试验,以防发生井管中水量过小而井管壁外水位高出井管内水位的不正常现象。

(5) 深基坑工程开工前,要掌握影响基坑安全的因素,如地质勘探孔布置和封堵情况;坑边的公共排水设施及坑内工程桩在互层土中对其下承压水的引导作用。应事前做好应急预案,防患于未然。

(6) 降水期间应观测水位情况,监测基坑及周边建筑物的变形,发现异常应立即采取措施。

## 参考文献

- [1] 唐业清,李启民,崔江余.基坑事故分析与处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.