

# 钻孔引发基坑管涌事故的分析与处理对策

虞利军, 陶灵聪, 苏 华  
(浙江省岩土基础公司, 浙江 宁波 315040)

**摘要:**地下室开挖与基础施工过程中,当坑底存在承压水,如设计考虑不周或施工方法不当,因钻孔穿透承压含水层等原因,将导致管涌发生。结合浙江宁波某基坑管涌处理工程实例,提出采用钢套管、高压旋喷桩、双液注浆的综合处理技术,实践证明,提出的技术可以有效处理类似事故。

**关键词:**深基坑;管涌;堵漏;承压含水层

中图分类号:TU473.2 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2016)09-0072-03

**Analysis on Foundation Pit Piping Accident Caused by Drilling and the Treatment Countermeasures/YU Li-jun, TAO Ling-cong, SU Hua** (Zhejiang Geotechnical & Foundation Company, Ningbo Zhejiang 315040, China)

**Abstract:** When there is confined water at the bottom of foundation pit in the basement excavation and foundation construction process, if the design is inconsiderate or the construction operation are improper, piping will occur caused by drilling through confined aquifer. According to the engineering case of a foundation pit piping treatment in Ningbo, steel casing, high pressure jet grouting pile and double fluid grouting comprehensive processing technology are presented in this paper, the above technologies can effectively deal with the similar accidents.

**Key words:** deep foundation pit; piping; plugging; confined aquifer

## 0 引言

在东南沿海地区,往往存在承压含水层,由于该含水层埋深较大,地下室开挖时,一般不至于引发管涌。近几年屡次发生的管涌事故,多是由于地下室开挖后,在钻孔(如取心检测孔、基坑位移监测孔)施工时,穿透了承压含水层,导致承压水沿钻孔涌出,引起管涌。此类事故由于处理难度大,经济损失较大。

## 1 事故概况

浙江宁波某工程地下室 3 层,采用地下连续墙结合 3 道砼支撑支护,工程桩为泥浆护壁钻孔灌注桩。为检测工程桩钢筋笼长度,需在工程桩边上钻心。设计钻心孔径 100 mm,深度至工程桩底。当对位于裙楼部位某四桩承台中的一根工程桩(桩径 800 mm)进行钻心时,大量地下水沿钻孔上涌至坑底。涌出水质呈灰色混浊,含有泥砂。由于水量大,水头高,止水难度极大,基坑内大量积水(见图 1)。为保证基坑支护安全,采用大功率水泵抽水。由于工程地处闹市区,周边高层建筑物密集,涌水点距离北侧在运行的地铁 1 号线仅 300 m,如不及时处理

涌水,将严重影响到工程桩和立柱桩的承载力,并对基坑、周边建筑物和地铁 1 号线的安全构成威胁。



图 1 管涌导致基坑积水

## 2 管涌原因

该工程地面标高 3 m,施工钻心孔时,基坑已挖至坑底,坑底标高 -16 m,开挖深度 19 m。坑底以下存在⑧<sub>1</sub> 粉细砂层,层顶标高约 -60 m(层顶埋深 63 m),坑底与⑧<sub>1</sub> 粉细砂层之间为厚度达 44 m 的粘性土不透水层。⑧<sub>1</sub> 粉细砂层为承压含水层,静止水位标高 -6 m(水位在地面下 9 m),渗透系数约  $10^{-2}$  cm/s,透水性较强,水量丰富,单井开采量 1500 ~ 1800 m<sup>3</sup>/d。为检测工程桩钢筋笼长,施工的钻心

收稿日期:2016-05-07; 修回日期:2016-07-14

作者简介:虞利军,男,汉族,1973 年生,副总工程师,高级工程师,岩土工程专业,硕士,从事岩土工程设计、施工方面的工作,浙江省宁波市江东区宁穿路 448 弄 16 号,lijun0574@163.com。

孔孔顶标高-16 m,深度45 m。因施工时钻心孔穿透桩端<sup>⑧</sup>层粉细砂层,引起该层承压水沿钻孔上涌至坑底,由于水头压力大,将地层中粉细砂、粘性土一起涌至坑内。

### 3 处理方法

考虑桩端持力层<sup>⑧</sup>层粉细砂及上部土层颗粒随同承压水涌出,使桩端、桩周形成空隙,影响工程桩及支撑立柱桩的承载力,故处理步骤为:第一步,止住该桩检测孔及其周围涌水,稳定支撑及立柱桩;第二步,止住钢套管减压降水井及检测孔中的水,并双液注浆或双高压旋喷桩填充被涌水掏空的地层空隙。

#### 3.1 安装钢套管

首先在钻心检测桩侧向下压 $\varnothing 700$  mm的钢套管引水作减压井(见图2),钢套管全长33 m,插入坑底24.5 m,坑底以上8.5 m。钢套管在现场拼接后采用履带吊机安装就位,再用振动箱沉入坑底。钢套管中用2台泵抽水,水量连续较丰富仍然混浊。在钢套管中部(基坑面上约1 m处)开设溢流口(见图3)。



图2 打入钢套管



图3 焊接钢套管溢流口

#### 3.2 钢套管内洗孔

在第二道支撑上搭设桩机就位平台,用高压旋喷桩机从钢套管内空喷式打入,从基坑底下钻深21 m开始洗孔,此时坑内水量明显变化加大。洗孔至距钢

套管底约2 m,洗孔大约25 min,孔内水头急剧上升至溢流口,水从溢流口喷出,涌水量很大(见图4)。



图4 洗孔至钢套管底,溢流口喷水

#### 3.3 钢套管内水位控制与钢套管外高压旋喷桩施工

管外注浆前先在管内降水至坑底面以下3~5 m,为了防止坑外地面下沉,抽水前在管内充填一定高度的砾石或粗砂(管底保留2 m左右厚的粘性土),抽水和管外施工高压旋喷桩同时进行,并实时监测管内水、土面深度和管外地面升降情况,并对管内的降水和填料深度作实时调整。

在该工程桩和钢套管外采用 $\varnothing 600$  mm密排搭接式高压旋喷桩封堵涌水,四周搭接200~250 mm,形成直径3.6 m的大圆。2台高压旋喷桩机同时就位施工。洗孔结束后,继续进行钢套管外高压旋喷桩施工。高压旋喷桩有效长度18~21 m,采用P.O 42.5普通硅酸盐水泥,掺入量20%,水灰比1,水玻璃掺量1%。高压旋喷桩施工后,钢套管外围涌水基本堵住,涌水集中至钢套管内,钢套管溢流口的水量增大。

#### 3.4 双液注浆

底板混凝土浇筑并达到设计强度后开始在钢套管内双液注浆。

##### 3.4.1 工艺原理

双液注浆常用于粉土、砂土和填土的地基加固。施工时,将水玻璃与水泥浆液通过钻机的同心钻杆交替或双管同时注入桩端及桩周土层中,两种溶液迅速反应生成硅胶和硅酸钙凝胶,起到胶结和填充土层孔隙的作用,使土层的强度和承载能力提高。

双液注浆施工工艺流程见图5。

##### 3.4.2 工艺参数

(1)水泥浆与水玻璃的体积比:1:(0.06~0.12),根据试验定,本工程为地下动水条件下,采取水玻璃掺量的大值。

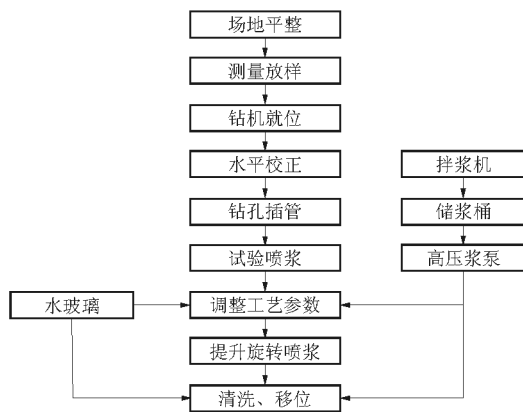


图5 双液注浆工艺流程

(2) 水泥浆水灰比 1。

(3) 注浆压力: 淤泥质粘土和粉质粘土为 0.3 ~ 1.0 MPa; 中细砂层为 0.6 ~ 2.0 MPa。

(4) 注浆孔平面呈梅花型布置, 扩散半径 0.5 ~ 1.0 m。

### 3.4.3 双液注浆管和注浆机就位

采用泥浆护壁的 XY-2 型地质钻机钻出孔位后压入双液注浆管, 在钻注浆孔时应在钻杆外安放小钢套管, 以防止塌孔。注浆管直径  $\leq 45$  mm, 钻孔直径应大于注浆管直径 60 ~ 100 mm。

### 3.4.4 压力注浆

采用柱塞泵进行压力注浆, 注浆泵的额定工作压力应不小于 1.5 倍设计的最大注浆压力, 注浆泵的排量应满足双液注浆的最大注入率。注浆管分为水泥浆管和水玻璃管, 或采用双重管即水泥浆注浆管中设置水玻璃注浆管, 其混合器设置在孔底。注浆管应深入⑧<sub>1</sub> 层约 1 m, 即将开始注浆前上拔注浆管 0.2 ~ 0.3 m。一边压力注浆一边拔出注浆管, 工作中注浆孔(即钢套管中)应始终充满泥浆, 防止地下承压水上涌。

## 3.5 双高压旋喷注浆堵涌

### 3.5.1 工艺原理

在钢套管内侧采用双高压旋喷桩法止水并加固被涌水掏空的土层。先采用地质钻机引孔下套管, 在原钢套管中充填泥浆, 可接长原钢套管至自然地面, 使泥浆能压住承压水。再用高压水、高压水泥浆及压力空气旋喷加固土层。

### 3.5.2 工艺参数

高压水压力约 30 MPa, 压缩空气压力约 0.8 MPa, 水泥浆液压力约 28 MPa, 注浆提升速度 6 ~ 8 cm/min, 旋转速度 6 ~ 8 r/min, 注浆材料为 P. O

42.5 普通硅酸盐水泥, 用量约  $550 \text{ kg/m}^3$ , 采用超高压柱塞泵。水泥浆的水灰比约 1, 掺入速凝剂水玻璃约为 1%。

### 3.6 钢套管中混凝土封堵

当双液注浆或双高压旋喷桩施工后, 先在钢套管内底板底 3 m 范围内重新洗孔浇筑 C35 快凝混凝土封堵, 即在现场混凝土拌合料中掺入 2‰ 早强剂三乙醇胺。在底板厚度中央将钢套管外围四周焊上环形止水钢片。再在钢套管中(底板或承台厚度范围)浇筑微膨胀 C40 混凝土, 最后切除底板或承台面以上的钢套管并吊离基坑。

## 4 处理效果

采用钢套管作降压井, 并对土体采用高压旋喷桩、双液注浆加固, 一方面成功解决了坑内涌水问题, 地下室工程得以正常施工; 另一方面, 事故钻孔周边的地基土在加固后, 强度和承载力得到恢复和提高, 保证了基坑和整个工程的安全, 工程监测数据表明, 处理措施合理有效。

## 5 结语

(1) 在承压含水层地区钻孔施工时, 应仔细了解当地水文地质条件, 并采取合理措施, 避免打穿含水层后引发管涌事故。

(2) 管涌发生后, 应立即分析事故原因, 根据工程、水文及环境条件, 选取合理的处理方案。

(3) 采用钢套管引水作减压井, 在管内外采用高压旋喷桩、双液注浆填充地层空隙的综合处理技术, 可以有效处理类似事故。

## 参考文献:

- [1] JGJ 120—2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] JGJ 79—2012, 建筑地基处理技术规范[S].
- [3] 张永成. 注浆技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [4] DB 33/1008—2000, 建筑基坑支护技术规程[S]. 浙江杭州: 浙江省标准设计站, 2000.
- [5] 高大钊. 岩土工程勘察与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010: 567.
- [6] 夏明耀, 曾进伦. 地下工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999: 273—274.
- [7] 龚晓南, 等. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998: 275—285.
- [8] 编委会. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [9] 陈华明. 软土地区深基坑管涌事故原因分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(2): 67—69.