

文章编号: 1673- 8993(2008)05- 0038- 04

# 临钱塘江基坑支护实例研究

张祥龙<sup>1</sup>, 陈晓伟<sup>2</sup>

(1. 山东广播电视大学 继续教育学院, 山东 济南 250014; 2. 厦门大学 现代教育技术中心, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 通过对临钱塘江某工程基坑支护实例的分析与论述, 探讨了当基坑开挖具有较强补水边界、基坑内部地下水较高时, 其合理的设计与施工方案。现场监测结果表明, 本文提出的支护设计和施工方案是切实可行的。

**关键词:** 基坑支护; 降水; 土钉

中图分类号: TU 46<sup>+</sup> 3      文献标识码: B

## Case study on support of foundation pit near Qiantang River

Zhang Xianglong, Chen Xiaowei

**Abstract:** Based on the description and analysis of an example of foundation pit support engineering near the Qiantang River, the reasonable design and construction schemes were discussed for the foundation pit which has high level of ground water due to the seepage flow pressure. The proposed support design and construction scheme were proven to be effective by on- the- spot monitoring results.

**Key words:** support of foundation pit; groundwater lowering; soil nailing

## 1 工程概述

杭州市钱塘江新城两翼“城市阳台”工程位于杭州市钱塘江新城规划区即著名的钱塘江北岸, 为目前杭州市最大的地下空间开发利用工程, 同时亦是杭州市重点工程项目。该工程由南北两个“城市阳台”和之江路地下通道三部分组成, 总建筑面积约 280 000 m<sup>2</sup>。拟建场地地质条件较为复杂, 主要地层为第四纪饱和粉、砂质土及部分粉质粘土, 各土层地质分布情况如表 1 所示。

该项目基坑工程主要由之江路地下通道工程、管廊和地下车库三部分组成, 总开挖宽度约 40 m, 长度约 2 360 m, 深度约为 6.5 m。

由于基坑开挖面积较大而场地南部滨临钱塘江(最近点距大坝不足 20 m), 具有较强的补水边界, 这给基坑止水、降水及支护造成了极大的困难。同时, 场地原始地形地貌中原江堤、水塘、沟渠及旧建筑基础, 随时间变迁现已发展为暗塘、暗浜等不良地质障碍物, 这无疑亦在一定程度上增大了基坑围护的复杂性。

## 2 基坑围护方案比较和选型

### 2.1 基坑围护方案分析和评价<sup>[1-4]</sup>

该工程基坑支护重点部位是场地南侧。由于该侧距钱塘江大坝较近, 因此具有较强的补水能力。据水文资料, 钱塘江 500 年一遇洪水位为 9.09 m, 100 年一遇洪水位为 8.02 m, 平均高水位为 4.39 m, 平均低水位 3.83 m, 该工程基坑设计时按平均高水位考虑, 基坑剖面见图 1。

收稿日期: 2008- 06- 21

作者简介: 张祥龙(1974- ), 男, 工程师。

表1 场地土层主要物理力学性质指标

土层编号	特征描述	$\gamma$ /( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	$c$ /kPa	$\varphi$ /( $^\circ$ )	$k_v$ /( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )
①-1	杂填土, 松散, 不均匀, 层厚 0.40~5.8 m		10	15	
①-2	淤填土, 灰褐色, 松散, 层厚 0.5~4.2 m		8	5	
②-1	砂质粉土, 褐黄色, 稍密, 层厚 1.2~6.7 m	19.4	3.2	26.1	3.92E-03
②-2	砂质粉土, 褐黄色, 稍密, 局部中密, 层厚 0.7~5.5 m	19.7	7.2	30.0	2.03E-03
③-1	砂质粉土, 灰黄~灰色, 稍密, 层厚 0.3~5.7 m	19.5	6.8	30.1	7.75E-04
③-1-1	砂质粉土, 青灰色, 稍密, 部分中密, 层厚 0.4~4.30 m	19.3	6.9	29.3	5.0E-04
③-2	砂质粘土, 青灰色~灰色, 稍密, 层厚 0.6~7.5 m	19.5	5.5	31.7	5.0E-04
③-3	砂质粉土, 灰黄色, 稍密, 部分近中密, 层厚 2.0~5.4 m	19.2	6.5	34.2	5.0E-04
⑤-1	粉砂, 青灰色, 稍密~中密, 层厚 1.0~9.3 m	19.8	4.6	32.5	5.0E-04
⑤-2	砂质粉土, 青灰色, 稍密, 部分中密, 层厚 0.3~5.3 m	19.4	6.3	30.9	7.5E-04

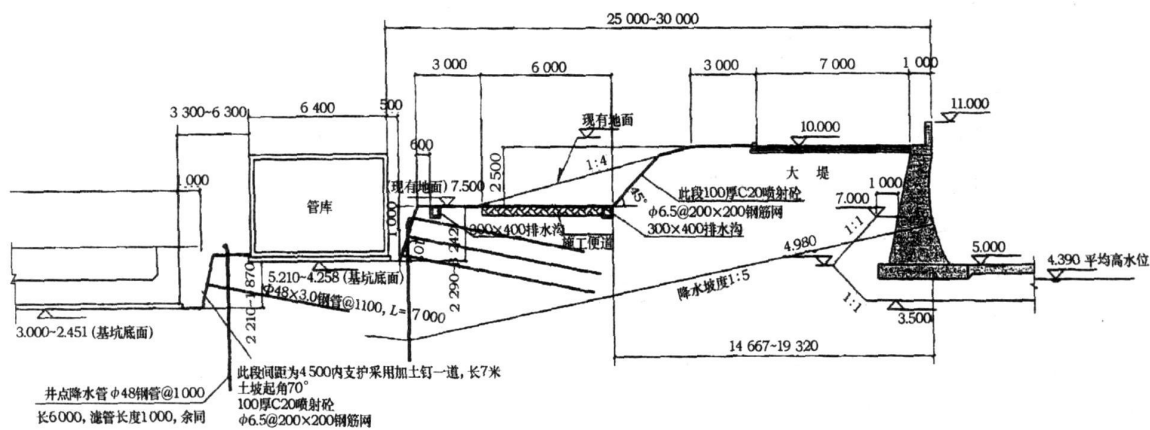


图1 基坑剖面

原建议施工方案为基坑开挖前预先采用高压旋喷桩或水泥土搅拌桩对场地南侧靠近江坝部分进行封水或止水。但通过对场地的地理位置、土质条件及周围环境条件进一步研究分析后认为, 如果在保证基坑安全的前提下, 适当提高施工速度, 同时保证施工时基坑内水位始终在开挖面以下, 而能够使结构底板先于钱塘江汛期施工完毕, 则可以不对南部场地进行封水或止水施工而直接进行基坑开挖。与原施工方案相比, 修改后的方案具有以下优点: ①节省基坑工程工期, 利于上部结构施工。由于场地地质主要为砂性土分布, 渗透性较大, 与周边地表水联系甚为紧密。因此, 在保证工程质量的前提下, 应尽可能加快基坑开挖速度, 以期在钱塘江汛期来临之前完成结构底板的施工, 为上部结构施工创造有利条件。②如果在场地南部进行旋喷桩或搅拌桩施工, 将会对该区域

土体产生较大扰动。由于该处场地距大坝较近, 过大的扰动必然会危及大坝的安全。同时, 进行封水后土体内部的渗流路径显然会发生改变, 而这种改变对大坝安全的不利影响不易估计。③节省工程投资, 降低工程成本。如前所述, 本项目基坑开挖面较大, 场地南侧开挖长度更是达 2 360 m, 因此如果在该区域进行止水施工, 无论采用常用的高压旋喷桩或水泥土搅拌桩亦或是其他形式的止水帷幕, 都将会极大增加工程投资, 从而使项目的经济效率降低。

根据水文资料和现场抽水试验以及场地涌水量的计算, 基坑布置两级轻型井点降水即可满足设计降水要求。由于该工程上部结构的底板必须赶在钱塘江大潮之前修筑完毕, 基坑工程的工期甚为紧张, 因此要选择施工速度较快、同时较为经济的围护结构形式。土钉支护

具有适用范围广泛、施工快速简便、性价比较高优点,结合场地土质及周边环境状况,工程采用土钉支护工法对基坑的南侧和北侧进行开挖时的围护。

## 2.2 基坑围护方案和布置

综合各种影响因素,该工程最终采用轻型井点降水加土钉支护、局部放坡开挖的方案(图 1),具体布置如下所述:

(1) 由于基坑开挖范围内的土体主要为砂质粉土和粉砂,渗透性较强,故南北两侧边坡设置两级轻型井点降水,并要求控制大堤处降落水位大于 4.5 m。同时,为保证基坑施工质量和进度,尚应在挖土施工过程中保持基坑内降水,确保地下水位在开挖面 0.5 m 以下,防止砂质粉土和粉砂的流失与扰动。

(2) 根据开挖前现场降水试验结果,井点设计时地下水降落坡度分别取:环状井点 1:10,单排井点 1:5。施工取用的井点参数为:井点管采用  $\phi 48@1000$  钢管,总长 6 m,其中插入坑底 4 m,下端滤管长 1.0 m,外包多层滤网,井点管与总管用弯管可靠连接,井点管间距 1.0 m,抽水用真空泵功率 7.5 kW。

(3) 基坑周边设砖砌截水沟引排地下水,间隔一定距离设足够容积的沉淀池;基坑内采用明沟和集水井方式排水。

(4) 管廊和地下通道之间间距和高差均较小,因此应尽可能对二者同时开挖和结构施工,并采用土钉对开挖侧边坡进行有效支护;对于地下车库部分,考虑到其施工时间相对于前两者要相对滞后,同时该段下卧土层土质较好,因此采用 1:2 放坡开挖施工。

(5) 在满足基坑内部稳定性、外部稳定性和土钉抗拔条件下,取用如下的土钉支护参数:钉体材料取用  $\phi 48 \times 3.0$  钢管,下倾角为  $10^\circ$ ,每段开挖深度取 50 cm,长度取 15 m;注浆浆体取用水泥净浆,水泥型号选用 325<sup>#</sup> 普通硅酸盐水泥,水灰比(重量比)为 0.5,压力注浆,注浆时压力不小于 0.5 MPa;喷射混凝土厚度为 100 cm,强度等级 C20,分两层采用干喷法施工;钢筋网片为  $\phi 6.5@200 \times 200$  单层

布置,搭接长度不小于 300 mm,点焊连接,横向加强筋的搭接采用焊接,锚固头采用双面焊。

## 3 施工方案与措施<sup>[2]</sup>

### 3.1 基坑围护体系的施工工序

现场经普查和修整后,按下述的工序进行施工:

- (1) 施工第一道轻型井点降水系统;
- (2) 挖土和土钉支护;
- (3) 施工第二道轻型井点降水系统;
- (4) 管廊、地下通道施工;
- (5) 地下车库施工;
- (6) 结构底板与两侧土回填。

### 3.2 井点降水施工方案

根据场地井点布置图知,场地南侧边界补水能力较强,涌水量较大,因此沿基坑南侧边坡设两级轻型井点降水系统。对场地预降水 5~7 d,待地下水将至开挖面下 1.0 m 时再进行开挖。若在开挖过程中出现降水不足等状况,应及时增设井点或管井。为防止地表水流入基坑,在基坑外侧周边设置地面排水沟,并间隔一定距离(不大于 50 m)设置容积为 1000 mm × 1000 mm × 800 mm 的集水坑,将地表水排走。

### 3.3 土钉支护施工方案

土钉支护随基坑开挖而展开,与基坑开挖速度有密切的关系。二者之间速度协调至关重要,这直接关系到基坑的安全和施工工期,因此土钉支护需合理安排,分层、逐段进行施工。

土钉支护的具体施工顺序为:土钉制作 → 开挖基坑 → 修正边坡 → 钻孔 → 土钉置入 → 压力注浆 → 敷设钢筋网片 → 喷表层混凝土。其中,基坑的分段开挖深度不超过 50 cm,长度不超过 15 m。施工期间不得超挖或在上一层支护未达到应有强度的情况下对下一层进行开挖。下层土在上层土钉支护施工完毕后 24 h 后方可开挖,基坑底部严禁超挖。

## 4 基坑监测与结果分析<sup>[1,2]</sup>

为保证基坑在施工过程中的安全,除严格按照有关规范结合场地情况进行设计和施工

外,尚应实施现场监测,实行信息化施工。通过对监测结果分析,可及时了解围护结构的受力状况,进而对参数进行分析或作必要的修正,排除可能出现的不利情况,指导下一步施工,从而使施工得以安全顺利开展。

#### 4.1 监测方案

工程南侧基坑距钱塘江江坝较近,因此应密切注意该侧土体的表层及深部位移,避免产生过大的位移而危及大坝和基坑的安全。同时,由于南侧具有较强的补水边界,是影响基坑内降水的主要因素。为协调基坑开挖与降水,尚应对场地内的二级轻型井点降水系统进行监测,以期合理、主动的调整降水布置,确保基坑施工安全。

该工程现场监测包括如下三部分内容:

(1) 土钉墙坑顶沉降:由于周围已有的地下管线已迁移,临近建筑物或构筑物距离较远,因此,沉降主要针对土钉墙顶进行检测。

(2) 深层土体水平位移:在基坑南侧布置6个斜测孔。

(3) 基坑外地下水位监测(临江侧水位):布置6个水位孔,与斜测孔共用。

现场监测严格按照下列控制标准进行控制:

(1) 土钉墙坑顶沉降监测:累计最大沉降值为50 mm;最大沉降速率为4 mm/d(连续3 d)。

(2) 深层土体水平位移监测:最大水平位移为50 mm,最大水平位移速率为4 mm/d(连续3 d)。

(3) 基坑外地下水位(临江侧水位)监测:最大波动速率为600 mm/d。

#### 4.2 监测结果

由于基坑开挖深度不大、土质好,管廊分段开挖、分段施工,基坑暴露时间短,在整个监测过程中,土钉墙坑顶最大沉降为9 mm,日平均沉降速率0.158 mm/d,远小于控制标准;各斜测孔最大水平位移均在5.13 mm以下;井点分段运行期间,管廊处坑外水位基本维持在管廊基底标高以下,管廊施工后期,井点拆除后,各孔水位均明显回升,监测期间,水位变化波幅最大为570 mm/d。监测结果表

明,基坑降水效果良好,各项监测指标远小于控制标准,降水对土钉墙坑顶沉降影响很小(最大沉降仅为9 mm),基坑支护体系确保了围护体自身的安全、稳定,保证施工顺利进行。通过现场监测,实现了动态管理及信息化施工,并验证了基坑支护设计方案在整体上是安全可行的。

## 5 结论

应用本文所述的支护方案,该基坑工程从开始施工至结构底板完成,支护结构的变形均在规范允许范围之内,且基坑南侧临江坝部分支护土体变形甚微。整个施工过程未出现任何险情,保证了工程质量,且缩短工期约1/5,节省了资金投入。事实证明,该工程基坑支护方案的选取及工程施工与监测都是切实可行的,从中可得出如下结论:

(1) 该工程由于基坑的一侧距补给水源较近,具有很强的补水边界,因此基坑降水是整个基坑工程成败的关键。从该基坑成功支护实例来看,当基坑外部具有较强的补给边界、基坑内地下水位较高,但开挖深度不是很大(小于9 m),且开挖范围内土体性质较好时,可放宽对基坑外侧止水或封水的要求,以利于节省工程投资,缩短工程工期。

(2) 对于工期较为紧张的基坑工程,当场地条件许可时,采用土钉支护是比较理想的围护形式。

(3) 基坑工程尤其是周边地形条件较复杂或存在重要的建(构)筑物的深基坑工程,应该对支护结构和周边建(构)筑物进行严格的变形监测,实行信息化施工。

#### 参考文献:

- [1] JGJ 120-99, 建筑基坑支护规范[S].
- [2] 龚晓南, 高有潮. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 刘建航, 候学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [4] 钱家欢. 土工原理与计算(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1994.