

● 地基基础

东方艺术中心复杂深基坑围护施工技术

□ 徐顾鑫 (上海市第四建设有限公司 200040)

【摘要】上海东方艺术中心最深达 27.35m 的基础工程采取浅、深分治,即浅层复合土钉墙、加深层钻孔灌注桩的复合支护方式进行基坑施工;对超深的舞台深坑及其传动杆套等特殊部位则采取了开敞式半逆作法等特殊措施进行施工,这样既解决了工程技术难题,又有效保护了周围环境,并且满足工程较为苛刻的要求。

【关键词】基坑工程 复合型土钉墙 半逆作法施工 环境保护

【中图分类号】TU753 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1004-1001(2003)06-0454-03

Construction Technique for Complicated Deep Foundation Pit Support in Oriental Art Center

1 工程简介

东方艺术中心是上海的又一个标志性文化建设项目,它位于浦东新区世纪大道的末端,与浦东新区政府和上海科技馆为邻。东方艺术中心外形似一朵盛开的白玉兰,5 朵花瓣分别为 5 个区,总建筑面积 39890m²。建筑物为框架核芯筒结构,1~3 区地下 1 层,4 区、5 区地下 2 层,地上五层,混凝土结构最大高度 29 m。



图 1 东方艺术中心全景图

2 基坑工程概况及难点

2.1 面积大,形状复杂

东方艺术中心基坑面积达到 15000 多 m²,平面分成 5 个区域,呈五瓣花瓣的形状,形状相应较为复杂。

2.2 基坑较深,各区落差较大

东方艺术中心工程基坑深度较深,落差较大,五个区域分成深、浅两个区域。浅坑的 1、2、3 区为地下一层,挖土深度 6~7m 左右,其中 1 区坑底标高 -5.2m,2 区 -5.6m,3 区分别为 -6.3m 和 -7.1m;深坑的 4、5 区为地下二层,挖土深度 11~13m 左右,其中 4 区为 -11.4m,5 区分别为 -10.9m 和 -13.5m。

其中,1 区与 5 区的基坑落差达到 5.7m,3 区与 4 区的落差也达到 5.1m,即使在同一五区内,落差也达到了 2.6m。

收稿日期:2003-11-03

2.3 坑中套坑,最深处达 -27.35m

5 区 -13.5m 深的基坑中央有一个供升降舞台工作的深坑,平面为 18.8×22m;深度达到 -27.35,为上海目前最深的建筑物基坑之一。围绕该深坑的施工,需要解决以下的难题。

①顶端位于 12m 以下的超深地下连续墙施工:

舞台深坑采用“两墙合一”形式,由于中间几乎没有楼板,所以采用了 1m 厚的地下连续墙;插入深度 -39.00m,进入第 7 层,属于超深地下连续墙。同时由于此深坑的顶端与 5 区基础底板相连,因此该地下连续墙的有效长度为 -39.00~-12.00m,在 -12.00m 以上是空段,不浇灌混凝土,这给施工又带来难题。

②承压水问题:

据勘测,该基坑承压水水头高度 -10.0m,不透水层层底标高为 -28.45m,基坑开挖到坑底标高 -27.35m 时,承压水层上的土层厚度只有 1.1m,土层压重无法平衡承压水顶托力,为了保证基坑安全,必须通过抽取承压水来降低水头高度。

③超深钢套管施工问题:

近 400 m² 的舞台深基坑内,有 32 根 $\phi 800$ mm 的钻孔灌注桩工程桩和 20 根 $\phi 1000$ mm 的舞台传动杆的外套钢管。其中,20 根钢管桩插入深度达到 -40.00m,每 2 根钢管作一组,管壁紧贴在一起,底端封闭,为了满足升降舞台传动杆上下运行的需要,垂直度要控制在 50mm 以内。

2.4 周边管线密布、环境保护要求极高

2.5 工期与造价控制要求较高

东方艺术中心的合同工期为 540 天,从打桩开始到交付使用,工期要求较为苛刻;又因为是标志性工程,从开工打桩到建筑物露出地面只有 6 个月时间。同时,在工程招标阶段,所有围护费用作为措施费一次性报价确定,因此总体报价过

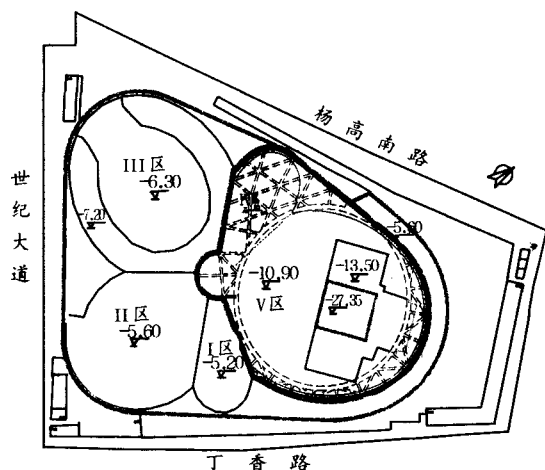


图 2 东方艺术中心基坑平面图

低。这些因素对围护方案的制定带来了很大的约束。

3 方案设计

3.1 基本思路及整体流程安排

根据本工程的上述特点,我们确立了在确保安全的前提下减少支撑并尽可能无支撑施工的基本思路。将整个基坑分成深、浅两个区域,高低差位置在采取钻孔灌注桩围护的前提下按“先浅后深”原则组织施工。浅坑区采用土钉墙围护,因此先行开挖进行浅坑区的地下室施工。

3.2 浅坑无支撑施工

浅坑部位,即 1、2、3 区的基坑,面积达到 9000m²,长 135m,宽 65m。其中 1 区挖土深度 5.2m,2 区挖土深度 5.6m,3 区的中间区域挖土深度 6.3m,两侧挖土深度 7.1m。针对浅坑区基坑面积大,而深度不是很深的特点,采用双排水泥土搅拌桩止水的复合土钉墙围护,无支撑施工的方案。

由于 3 区基坑深度达到了 -7.1m,已经超过土钉墙围护使用的极限,为此对该区域主动区进行卸载,以使得基坑有效深度控制在 6m 左右。

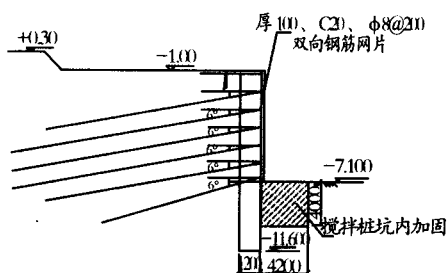


图 3 浅坑部位围护典型剖面

3.3 深坑部分减少支撑

深坑部位,即 4、5 区基坑面积达到 6800m²。4 区基坑底

标高为 -11.6m,5 区基坑底标高为 -10.9m,侧舞台和后舞台区域基坑标高 -13.50m。按照常规办法,11~13m 挖深的基坑采用钻孔灌注桩加两道支撑的围护方式。通过对周边情况仔细分析,特别是注意到旁边的浅坑区先行开挖,对深坑形成卸载效应的特点,决定采用“通过超常规卸载将深坑转换成浅坑”的思路进行围护设计。即对上部 6m 进行卸载,使 11~13m 深度的基坑转化成 5~7m 左右的“浅基坑”,从而可以有条件地采用单道支撑。采用这种较为“大胆”的围护转换方式,前提要处理好上部 6m 卸载问题。

首先是卸载平台的宽度,卸载平台后面的土对下部围护可以视作堆载,为减小堆载对下部围护的作用,根据计算卸土平台的宽度必须保证 6m 以上。

其次是对卸载部分土体本身的围护,根据场地特点,采用土钉墙围护的方式。

在对上部采取“超常规”卸载处理后,形成“坑中坑”的形式,下部采用采用钻孔灌注桩挡土,双头搅拌桩止水加一道混凝土支撑环梁的围护形式,钻孔灌注桩直径 900mm(局部 1000mm),有效长度从 -25m~-5.6m,采用一道混凝土环梁支撑,支撑面标高 -5.6m,混凝土环梁支撑断面 2000×800mm。在坑底,进行水泥土搅拌桩坑底加固,加固深度 5m,加固宽度 4.2m(见图 5)。

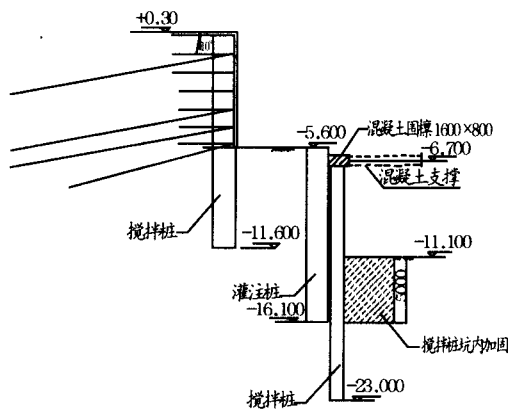


图 4 舞台深坑部位围护典型剖面

3.4 舞台超深坑部位特殊处理

舞台深坑面积约 400m²,长×宽为 18.8×22m,坑底标高 -27.35m,集水坑部位标高 -27.85m,围护采用“两墙合一”地下连续墙加三道 φ609mm 钢支撑的围护形式。地下连续墙厚度 1000mm,墙底标高 -39.00m(7②-1 层),插入深度 11.65m,有效标高自 -39.00~-12.00m。采用三道钢支撑,支撑中心标高分别为 -17.00、-20.30、-24.30。坑底采用旋喷桩满堂加固,加固深度 6m,加固强度达到 2MPa。

-12.00~0.00 地下连续墙为空段,地下连续墙在 -12.00 标高与侧舞台的底板连成整体。

舞台 20 根传动杆采用 φ1000mm 钢管,管底标高 -40.00m,当深坑开挖至 -13.5m 后,采用大直径钻孔灌注桩

的桩架钻孔,沉放钢管,然后在钢管外浇筑水下混凝土。

由于舞台深坑的深度较大,工序复杂,为了减少对整个工程进度的影响,采取舞台超深部分与地下室和上部结构同步施工的办法(见图 5)。

舞台深坑部分搭设专用钢结构栈桥,用于深坑部位的施工。

舞台深坑施工时,采取降承压水措施。

在挖土施工中,每天进行坑外水位监测,并定期进行坑内水位监测。

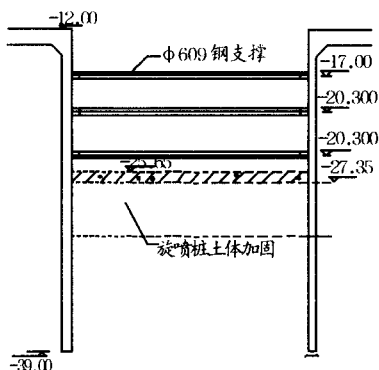


图 5 舞台深坑部位特殊围护剖面

4 方案实施

4.1 浅坑土钉施工

浅坑土钉墙施工从 2002 年 5 月 28 日开始挖土施工(不包括搅拌桩施工),首先从 2 区开挖,逐步延伸到 3 区、1 区。2002 年 7 月 28 日 3 区挖至基坑底,有筋垫层施工完成,标志着浅坑土钉墙施工完毕。

土钉墙施工按照分皮开挖,分段开挖的要求进行,每次分段长度约为 20m,分层厚度控制在 1m 左右。采取“倒盆式”挖土,严格控制挖土与土钉施工的配合,并对土钉的清孔质量、注浆量进行重点控制。

4.2 深坑挖土

深坑挖土分上部无支撑挖土和下部支撑范围内深坑挖土两部分。

上部无支撑挖土:从 2002 年 7 月 5 日到 2002 年 8 月 18 日卸土平台垫层浇筑完毕,该部分的施工控制基本同浅坑部位的土钉施工。

深坑部位挖土:在卸土平台的挖土至设计标高后,马上进行混凝土围檩支撑的施工。由于土钉墙部位挖土是分段进行的,故围檩支撑也分段进行,即挖好一部分,围檩和支撑施工立即完成一部分。深坑部位围檩支撑从 2002 年 8 月 15 日开始,深坑部位的挖土从 2002 年 9 月 10 日开始开挖,到 9 月 19 日挖至基坑底进行垫层施工,共出土方量 67600m³。

深坑部位挖土为有撑情况下进行,挖土时主要控制挖土分层厚度,放坡坡度及放坡平台的宽度,挖土程序按照先 4 区后 5 区的程序进行。

4.3 地下连续墙施工

地下连续墙施工从地面进行。从 2002 年 6 月 5 日开始施工,到 2002 年 7 月 25 日完成,共计 51 天。

地下连续墙施工,全部按照首开幅和闭合幅的分幅进行,共分 14 幅。由于地墙埋深达 -39.00m,进入 7 ②-1 层,故选择了 LIEBHERR 成槽。

对于 1000mm 厚度深度达 -39.00m 的槽,采用膨润土泥浆护壁,膨润土含量为 8~12%。

为解决 -12.00~0.00m 地墙空段,周边机械行走对空段槽壁土体挤压造成槽缩颈的现象,甚至导致墙坍塌事故的发生,在空段内回填粗直径的渣道。

每幅连续墙分 2 节, -39~-12m 为一节, -12.0~0.00m 只设置钢筋桁架,为一节,下节重量达到 50t,采用一辆 200t 的履带吊和一辆 50t 履带吊起吊钢筋笼。

墙底进行水泥浆的注浆,水泥浆水灰比 0.5,注浆压力 0.2~0.5MPa,流量 7~10L/min。

4.4 舞台超深坑区的承压水降水

舞台深坑内,采用 5 承压水井降水。承压含水层层顶标高 -28.45m,即承压水层上方土方有效压重为 1.1m。承压水水头高度为地表以下 10.12m。经计算,采用 4 口承压水井降承压水,另配 1 口备用井。承压水井挖孔直径 500mm,井管直径 250mm,滤水管长度 10m,滤水管深度 -45m。在舞台深坑内的底板及一层混凝土结构施工完毕之后关闭 1 口承压水井,在深坑内的混凝土工作全部完成之后将另外 3 口井全部封闭。

舞台深坑内挖土,从第一道钢支撑以下,全部采用人工挖土,全部驳运至支撑间的空档内。在 -5.00m 标高搭设了钢栈桥,栈桥上停靠了 50t 履带吊进行驳土。栈桥钢立柱从 -27.35~-5.00m,栈桥上还需停靠 50t 履带吊和土方车,对于该栈桥也采取了一些加固和监控措施。

5 总结

对东方艺术中心埋深不一、深度较大、面积达 15,000m²的基坑工程,其围护有着很多特殊性,在实施过程中组合了多种围护形式,通过卸土平台将深坑转换成浅坑,形成坑中坑的形式,降低基坑的有效高度,减少支撑数量。在 -13.5m 的基坑中采用一道支撑,而且采用环梁形式,在围护方案上有较大突破。

对于深度不一,且落差较大的基坑,在采取降水等有效措施的基础上“先浅后深”进行施工,满足了工期上的特殊要求。对于 5m 以内的浅基坑,采用土钉墙围护是安全可靠的,且比较经济;在基坑深度达到 6m 以上时,若采用土钉墙围护技术,必须采取如卸土等技术措施,且应避免动荷载作用在土钉墙上。

参考文献:(略)