

文章编号:1673-9469(2011)04-0040-04

软土地区超大型深基坑的围护设计

巩俊松

(中国二十冶集团有限公司,上海 201900)

摘要:以南京软土地区的某一超大型深基坑围护为例,首先介绍了基坑围护方案的选择,其次采用不同的土体参数对基坑典型断面进行计算,计算结果表明不同的土体参数对基坑安全性及围护方案经济性的影响巨大,设计人员应根据现场的实际选择合理的土体参数。最后详细阐述了基坑开挖过程中出现的基坑事故、产生的原因及相应的对策,可为软土地质条件下的基坑设计提供较好的借鉴与示范。

关键词:软土;超大型深基坑;土体参数;基坑事故

中图分类号: TU47

文献标识码: A

The support system design for an over size & deep excavation in soft soil

GONG Jun - song

(China MCC20 Group Corp. ,LTD,Shanghai 201900,China)

Abstract: In this paper, the support system for an over size & deep excavation in Nanjing soft soil district is introduced in detail. Different soil parameters are used for calculation of typical cross - sections. The result of calculation shows that soil parameters have an enormous influence on the safety and economy of the support system and the soil parameters should be selected according to actual situation. At last, the accidents of deep excavation are described and relevant countermeasures are put forward based on analysis results, which can provide example for design of deep excavation in soft soil district.

Key words: soft soil; over size & deep excavation; soil parameter; accidents of deep excavation

地下停车场、地铁车站、地下设备基础等地下建(构)筑物的建设使得基坑工程的规模和技术难度不断增大。基坑工程多为临时性结构,业主方往往采取费用包干的方式将基坑围护一次性承包给施工单位。因此施工单位的基坑设计人员在确定基坑围护方案时,除要考虑基坑的安全性外,应尽可能地降低基坑工程造价。本文根据南京软土地区的某一超大型深基坑围护实例,介绍了松软地质条件下基坑方案的选择和计算,为软土地质条件下的基坑围护提供了较好的借鉴参考。

1 工程概况

南京某钢铁厂 1780 热轧项目基坑,建在软土

地基上的超大基坑,施工难度大,技术含量高,是整个热轧项目施工中的难点和重点。整个基坑呈手枪状,其中枪柄处为加热炉区,枪管处为主轧线区,具体的平面布置见图 1。

该工程设备基础为大型箱型基础,整个基础基坑长 580 m,其中加热炉基础底标高为 -10.2 m—-12.6 m,基坑最宽处为 180 m;主轧线基坑最宽约 116 m,主要基坑标高为 -9.6 m,轧机中心线为冲渣沟,最深处为 -15.0 m;主电室地下室位于大型箱型基础中,开挖标高为 -6.8 m。其中在 2-G 列/2-24—2-29 线处有 110 kV 变电站(三层框架结构,基础采用 PHC 桩)按业主要求先行施工,必须对该建筑物进行保护,为基坑工程的围

收稿日期:2011-06-22

作者简介:巩俊松(1982-),男,安徽泗县人,博士,从事岩土工程的研究。

护设计和施工带来了较大的难度。

拟建场地的地貌为南京地区高漫滩冲击平原,地处长江右岸 I 级阶地。场地原为村庄、农田,分布有河塘与沟壑,工程地质条件较差,各土层物理力学性质详见表 1。粉砂层(土层代号③₃)为潜水含水层,储存水量较丰富,渗透性能较好,室内渗透系数试验水平向为 $4.0E-4$,垂直向为 $3.6E-4$ 。③₅ 层为巨厚粘性土层,属相对隔水层。

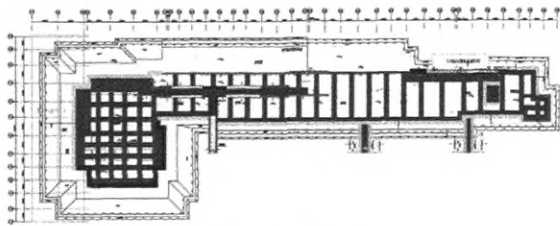


图1 基坑平面布置图
Fig.1 The plane arrangement chart of excavation

2 围护方案的选择

根据本工程的特点,该工程总工期仅 19.5 个月,与类似工程施工工期相比较,工期要求比较短;场地内含水量较为丰富,需采取隔水措施;周边除局部外,对基坑的变形要求不高。结合以往的施工经验及现有的机械设备,决定基坑的主体部分采用水泥土重力式挡墙。对变形敏感的 110 kV 变电站附近基坑,则采用双排桩支护,具体的布置如下:

加热炉基底标高 -12.60 m 部位采用两级放坡至标高 -8.60 m, -8.60 m 以下采用水泥土重力式挡墙支护,宽 5.2 m,嵌固深度 10.20 m,基坑

剖面如图 2。

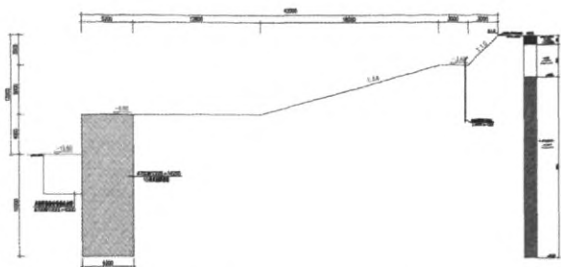


图2 加热炉处基坑剖面
Fig.2 The profile of excavation at heating furnace

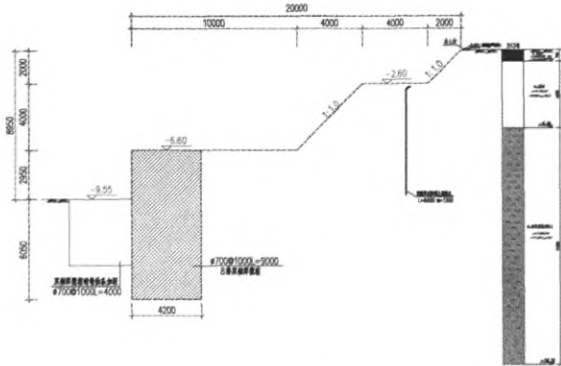


图3 主轧线处基坑剖面
Fig.3 The profile of excavation besides main rolling line

主轧线基坑采用放坡开挖,第一级 1:1 放坡至 -2.60 m,留 4 m 宽井点平台并打设一级轻型井点, -2.60 m—-6.60 m 采用 1:1 放坡, -6.60 m 留设 10.0 m 宽平台, -6.60 m 至开挖标高采用 4.2 m 宽水泥土重力式挡墙支护,基坑剖面如图 3。

表 1 场地土层力学参数
Tab.1 The mechanical parameters of soil

地层代号	土层名称	平均层厚 /m	重度 /kN·m ⁻³	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ(°)
① ₁	杂填土	1.71	19.2	10	10
① ₂	素填土	0.75	18.9	15	5
③ ₁	粉质粘土	1.12	18.8	16	10
③ ₃	粉砂	3.87	19.1	8	30
③ ₅	淤泥质粉质粘土	15.18	17.8	11	3
③ ₆	粉质粘土	4.84	18.7	16	6
③ ₇	粉质粘土	3.3	19.5	30	11

110 kV 变电站部位基坑采用 $\Phi 800$ mm 双排灌注桩进行支护,灌注桩顶标高 -3.30 m(相当于 110 kV 变电站的基础底标高),桩长 18.75 m。前排桩间距 1.5 m,后排桩间距 3.2 m,前后排桩顶采用混凝土桁架协同工作。中间土体部分采用 32.5 级复合硅酸盐水泥加固,兼做止水帷幕。

由于深基坑坐落在厚度较大的流塑状淤泥质粉质粘土层内,为了满足基坑支护结构的整体稳定和坑底抗隆起稳定要求,减少围护结构的侧向变形,同时也为了防止基坑开挖过程中引起坑内工程桩的位移,对本工程的基坑支护挡墙附近一定范围内的土体采用水泥土加固,加固厚度为 4 m,固结材料采用 32.5 级复合硅酸盐水泥,水泥掺量 12% 。加热炉区域采用满堂抽条加固,抽条加固宽度 5.2 m,间距 $10.0\sim 20$ m。主轧线亦采用满堂抽条加固。

3 基坑计算与分析

水泥土重力式挡墙需要进行抗倾覆验算、抗滑动验算和墙身强度验算,并按圆弧滑动法进行边坡整体稳定验算。显然,上述这些计算都要涉及到土体强度指标的选取,具体表现为粘聚力 c 和内摩擦角 φ 的取值。按照地质勘探报告提供的基坑支护设计参数(见表 1),水泥土挡墙插入土体的深度远远大于现有双轴搅拌桩机的施工能力,同时放坡的范围也超出了施工场地,这与同类地质条件下的基坑围护方案明显不符,显然地质勘探报告提供的基坑支护设计参数 c 、 φ 是不科学的。另根据以往的事故分析,可得到一个总的概念:对软弱地基的被动土压力估计不足,往往是造成基坑产生整体滑动的一个重要原因,那么 c 、 φ 的取值对基坑计算安全则尤为关键。

表 2 不同 c 、 φ 值的计算结果
Tab. 2 The calculated results of different c and φ values

参数		不固结快剪	固结快剪	专家论证	推算值
		$c = 11.4$ kPa $\varphi = 3^\circ$	$c = 8.7$ kPa $\varphi = 15.5^\circ$	$c = 11$ kPa $\varphi = 5^\circ$	$c = 11$ kPa $\varphi = 10^\circ$
加热	k_0	$3.51 > 1.2$	$6.00 > 1.2$	$3.89 > 1.2$	$5.08 > 1.2$
炉处	k_g	$1.5 > 1.2$	$2.75 > 1.2$	$1.66 > 1.2$	$2.16 > 1.2$
基坑	k_s	$1.23 < 1.3$	$1.77 > 1.3$	$1.35 > 1.3$	$1.60 > 1.3$
主轧	k_0	$3.28 > 1.2$	$4.88 > 1.2$	$3.63 > 1.2$	$4.57 > 1.2$
线处	k_g	$2.58 > 1.2$	$4.17 > 1.2$	$2.85 > 1.2$	$3.58 > 1.2$
基坑	k_s	$0.95 < 1.3$	$2.27 > 1.3$	$1.11 < 1.3$	$1.45 > 1.3$

注: k_0 为抗倾覆安全系数, k_g 为抗滑动安全系数, k_s 为边坡整体稳定安全系数。

表 3 同类土体的性质比较
Tab. 3 The character compare of the same kind of soil

地区	土层代号	土层名称	含水率 ω	孔隙比 e	液限 ω_L	塑限 ω_P	内摩擦角 φ
南京	③ _s	淤泥质粉质粘土	37.3 %	1.11	35.5 %	20.8 %	10
	③	淤泥质粉质粘土	32.6 %	0.92	32.9 %	20.4 %	14.5
上海	④	淤泥质粘土	39.5 %	1.09	37.5 %	21.2 %	12

表 4 两个方案的对比
Tab. 4 The compare of two scheme

参数	挖土量($m^3 \times 10^4$)	水泥土搅拌桩量($m^3 \times 10^4$)	总费用(万元)
$\varphi = 5^\circ$	60	14.6	2 700
$\varphi = 10^\circ$	52	9.1	1 800

经仔细查询,表1提供的 c 、 φ 值为不固结快剪(UU)指标,在基坑周边降水条件下,不固结快剪(UU)指标明显与实际不符。中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-99)及江苏省地方标准《南京地区建筑地基基础设计规范》(DGJ32/J12-2005)中的基坑均采用固结快剪指标(CU),为保证安全性的同时又能兼顾经济性,针对 c 、 φ 的取值,专门召开了专家论证会,并在此基础上调查了该地区同类基坑设计的 c 、 φ 值,最终确定③层的 $c=11\text{kPa}$, $\varphi=5^\circ$ 。采用不同的 c 、 φ 值对基坑剖面进行抗倾覆验算、抗滑动验算和边坡整体稳定验算,具体见表2。

由表2可见,随着 φ 值的增大, k_0 、 k_g 、 k_s 均有不同程度的增加,但即使 φ 值取最小值, k_0 、 k_g 仍然大于规范规定的1.2,对基坑的设计计算不起控制作用。当设计参数选取不固结快剪指标时,加热炉和主轧线处基坑断面的边坡整体稳定系数 k_s 均不满足现行规范要求。当设计参数选取专家论证数据时,加热炉处基坑整体稳定满足现行规范要求,而主轧线处基坑整体稳定仍不满足现行规范要求,但囿于施工场地和施工机具的限制,无法进一步放坡和加大搅拌桩长度,只能按照此设计施工。土方开挖及基础施工过程对基坑设置了多个测斜孔进行深层土体位移监测,监测数据表明主轧线处基坑无论是总位移还是日位移速率均在可控范围内。

为使基坑设计进一步贴近现场实际,表3对比了本工程软土与上海软土的各项物理参数,认为本工程③层的土体力学参数应与上海地区的④层土性质相近。结合现场基坑开挖后的土体自立情况,推断出本基坑③层的 φ 约为 10° 。

以此推断值对基坑进行反向验算,验算结果(见表2)表明现有基坑设计是足够安全的甚至是保守的,尚有优化的空间。以下按照推定出的土

层参数,通过缩减卸荷平台宽度、加大放坡坡度等手段对基坑进行优化设计,具体结果如下:加热炉处基坑二级坡宽度由18m降为10m,-8.6m处卸荷平台宽度由18m缩减为12m,此时边坡整体稳定系数为1.304;取消了部分基底加固搅拌桩。表4列出了前后两个方案的工程量及费用对比,说明不同的基坑设计方案所造成的经济性差异巨大。

4 结论

1)本工程采用放坡开挖与水泥土重力式挡墙相结合的围护方案是比较合适的。基坑开挖时不需要支撑,基坑内空间宽敞,方便土方开挖和后期结构施工,极大地缩短了综合工期。

2)土体力学参数的选择对基坑断面计算和基坑支护费用影响巨大。合理的力学参数应结合同类地质条件下的相似工程进行确定,在满足安全性的同时应尽可能地降低基坑支护费用。

3)对砂土较厚的区域内进行放坡开挖,关键在于降水。在降水充分的条件下,砂土的垂直自立高度可高达6m,局部甚至出现负坡自立。

参考文献:

- [1] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] JGJ120-1999,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] DGJ32/J12-2005,南京地区建筑地基基础设计规范[S].
- [4] 郑坚. 采用土钉墙支护的深基坑险情原因及加固施工[J]. 建筑技术, 2003, 34(2):115-117.
- [5] 徐致钧,赵锡宏. 深基坑设计理论与技术新进展[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [6] 唐业清. 基坑工程事故分析与处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.

(责任编辑 刘存英)