

差异性风化岩石作为桩基持力层设计 应注意的若干问题

何孟奎¹ 李爱民² 隆 威² 杨伟超²

(1. 化工部长沙设计研究院 长沙 410117; 2. 中南大学地学与环境工程学院 长沙 410083)

[摘 要] 基岩中存在软弱夹层为岩石的差异性风化的主要特征。在不均匀性地基土上选用该类地层作为钻孔灌注桩持力层时,它的存在将对桩长、单桩承载力、桩体沉降等带来不同程度的影响。本文以黄石电厂为例,指出在选用差异性风化岩石作为桩基持力层时应注意的若干问题。

[关键词] 差异性风化;岩石;桩基持力层;设计

[中图分类号] TU473.1⁺2

[文献标识码] B

[文章编号] 1001-523X(2003)09-0043-03

SOME QUESTIONS SHOULD BE NOTICED ON SELECTING WEATHERED ROCKS OF DIFFERENT DEGREE AS PILE'S BEARING LAYERS DURING DESIGNING

He Meng-kui Li Ai-min Long Wei Yang Wei-chao

[Abstract] Soft layers in rock are the main features of weathered rocks of different degree. They will effect on pile's length, bearing strength, settlement and so on in some degree when you select boring pile foundations on uneven soil layers. As Huangshi Electric Power Station for an example, the thesis points out some questions in the course of selecting such rocks as bearing layers.

[Keywords] Weathered of different degree; Rock; Pile's bearing layer; Design

1 概述

黄石电厂“大代小”技改工程规划容量为 2400 MW,本次建设规模为 2 × 330 MW + 100 MW,电厂位于长江南岸,其地貌形态以剥蚀残丘与丘间冲沟洼地相间分布为特征。整个勘测区地形破碎,原始地形起伏较大,构成主厂区水平方向的不均匀性。山丘上除去不厚的坡残积层(可塑~坚硬状态)即为基岩,且以中等风化层为主(强风化厚度一般小于 1 m),强度高,压缩变形量极小;冲沟洼地内分布了较厚的第四系全新统地层,状态以流塑、软塑为主,强度很低,压缩性高,两者之间差异相当悬殊。地基土的不均匀性为主厂区的主要岩土工程问题,特别是基岩内的软弱夹层。经综合分析比较并参考前期勘测资料,基础形式宜采用钻孔灌注桩(在基岩埋藏较浅的区域也可以采用人工挖孔桩),以中等风化砂砾岩为持力层,但选用该类岩石作为持力层时应该注意一些问题。

2 工程地质条件

在勘测范围内,按勘探孔所揭露的地层由新到老主要由 5 层土:(1)素填土:成份以砂砾岩碎石为主,均匀性差,动探击数 $N_{63.5} = 1 \sim 20$ 击;松散~稍密,混少量粘性土;碎石粒径最大可达 1.0 m。该层将原塘埂的填土也合并在内。(2)淤泥:流塑状态。该层主要分布于沟塘地带。(3)粘土:局部夹粉质粘土与粉土,以软塑~可塑状态为主。(4)粉质粘土:混多量砂砾、圆砾与碎石,碎石成分以砂岩为主,混有石英岩、灰岩,粒径大小不等,一般为 2~8 mm,大者可达 3 cm,含多量白云母,含少量小螺壳,湿,稍~中密,软塑~可塑状态。(5)砾岩:砾石成分主要为石英砂岩、灰岩和辉绿岩等,其粒径大小不等,一般为 0.2~20 cm,呈亚圆形或棱角状,砾石分布很不均匀,铁钙质胶结为主,局部为泥质胶结。该层局部发育有小型的溶蚀现象,并发育有呈层状的软弱夹层多层。地基土各项主要物理力学指标推荐值见表 1。

拟建厂址基岩为白垩~第三系东湖群砂砾岩,以铁钙质胶结为主,且为单斜构造,其倾向以 NNW355°~NNE 为主,倾角 30°左右。在该层原始沉积过程中,经历了多次水平沉积,因此也就造成了该层内的成份不均一的现象。这种不均一特征以垂直方向为主。

收稿日期:2003-05-25

作者简介:何孟奎(1978-),男,汉族,湖南永州人,毕业于中南大学,主要从事岩土工程勘察设计与施工方面的管理工作,湖南长沙市雨花区洞井铺化工部长沙设计研究院。

表 1 地基土主要物理力学性质指标推荐值

地层编号	地层名称	天然含水量 <i>W</i> %	天然重度 kN/m ³	孔隙比 <i>e</i>	塑性指数 <i>I_p</i>	压缩模量 <i>E_s</i> MPa	凝聚力 <i>c</i> kPa	内摩擦角 °	承载力标准值 <i>f_k</i> kPa	极限端阻标准值 <i>q_{pik}</i> kPa	极限端阻标准值 <i>q_{sik}</i> kPa
	粉质粘土	48.6	16.8	1.54	0.80	3.7	13.0	3.0	85	36	
	淤泥	100.8	14.8	2.59	0.40	1.3	5.0	3.0	40	13	
-1	粘土	39.6	17.0	1.81	0.82	2.8	7.0	4.2	90	36	
-2	粘土	39.5	18.4	1.09	0.56	4.4	20.8	4.8	113	56	
	淤泥质粘土	52.6	17.0	1.50	1.07	2.3	8.4	2.5	60	18	
-1	粉质粘土	30.7	9.4	0.83	0.92	5.3	8.2	5.2	90	35	
-2	粉质粘土	27.8	9.6	0.78	0.57	5.8	14.5	7.5	120	50	
-1	粉质粘土	23.9	9.8	0.64	0.76	4.6	12.0	3.0	90	42	
-2	粉质粘土	22.0	20.0	0.63	0.55	4.8	14.5	10.0	10	50	
-1	粉质粘土	26.5	20.0	0.66	0.80	5.2	14.0	4.6	95	40	
-2	粉质粘土	23.4	20.1	0.64	0.60	6.8	17.0	7.0	180	55	
-3	粉质粘土	2.8	20.3	0.60	0.23	7.3	32.0	10.0	240	80	
	砾岩		23.0						350		
	砾岩		25.7						750		4800
⑪	砂岩		21.0						300		
A1	软弱夹层		20.0	0.66	0.96	4.8	14.0	4.6	95	35	
A2	软弱夹层		20.1	0.64	0.61	6.5	26.8	11.0	180	55	
A3	软弱夹层		20.3	0.60	0.24	7.3	32.0	12.0	240	80	

据勘探资料,主厂区基岩内存在软弱夹层本体主要为强风化泥钙质胶结的砂岩与泥质胶结的砾岩,这些本体部分已风化成软塑~硬塑的粘性土(局部地带为含砂、砾粘性土层),具明显的风化残积特征。在揭露范围内主要有近四层软弱夹层,且有较明显的分布规律。钻孔资料也揭示这些软弱夹层虽较严格的受到层顶、底面的约束,但层内各处连续性不一,局部呈连续性分布或透镜体状分布。2028号于2022号两孔的砂岩底面分别于614号、602号软弱夹层的底面在同一层面上,由此更加说明了软弱夹层主要为泥质砂岩遇水软化后形成。

3 桩基设计应该注意的问题

基岩中存在软弱夹层为主厂区内岩石的差异性风化的主要特征。鉴于软弱夹层具有一定强度(f_k 为95~240 kPa, $a_{100-200}$ 为0.23~0.30 MPa⁻¹),在开方区及采用天然浅基地段,在基础底面下若存在软弱夹层,当软弱夹层顶板至基础底面间存在有一定厚度的中等风化基岩时,可将基础直接砌筑于夹层之上的基岩上(当夹层上部基岩厚度偏薄时,应进行必要的强度验算);当主要结构、设备基础范围内出现软弱夹层,一般应超挖清除或采用挖孔桩等其它处理措施予以处理。在采用钻孔灌注桩桩基部分(主要为填方区),它的存在将对桩长、单桩承载力、桩体沉降等带来不同程度的影响,因此在设计时应该注意以下一些问题。

3.1 应注意桩端进入持力层的深度

厂区下伏基岩岩性中偏硬,各处埋深不一,其上部以一套湖相沉积的软弱土层为主,前期勘测报告中推荐的以中等风化砂砾岩层为桩端持力层,采用钻孔灌注桩,此基础型式经设计与试桩成果论证对该厂址是合适的。桩端标高不仅随荷载大小,而且也要依持力层的埋深而确定。虽然试验测定的端承力只占总载力的20%左右,但仍应选择适宜的嵌入深度,以期提高桩端承载力。对于桩端进入持力层的深度,

试桩报告中建议 $\phi 800$ 的桩嵌入中等风化砂砾岩深度不宜小于2.0 m, $\phi 600$ 的桩不宜小于1.5 m。鉴于厂址区桩端持力层顶面起伏较大,坡度也较大,桩端整体入岩深度应从桩端范围内倾斜岩面的低点起算。

设计同时还应注意主厂区基岩内存在多层软弱夹层或透镜体,据《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》,对嵌岩灌注桩桩端以下3倍桩径范围内应无软弱夹层或未胶结的破碎带洞隙分布,当软弱夹层上方中等风化砂砾岩层厚度不足,不能满足桩端持力层要求时,桩身应穿过该中等风化砂砾岩层,向下寻求合适的持力层。对该类不可充当桩端持力层且有一定厚度的中等风化砂砾岩层对加强桩身稳定性、增大桩侧摩阻力等方面均起到了良好的作用(持力层以上具有较厚强风化层时,也有与之相近的效能)。正因这一点,当在有施工质量(尤其是对沉渣厚度的控制)保证的前提下,可适当减小桩端整体进入下部持力层的深度。当以软弱夹层之上有一定厚度的中等风化砂砾岩作为桩端持力层,建议设计进行必要的强度和沉降验算。

3.2 应采用先进的成孔成桩工艺

3.2.1 根据地层选用不同的成孔工艺

上部土层采用回转钻进,基岩部分采用冲孔法成孔,整个钻进过程采用泥浆护壁,钻进完成后宜采用反循环方式清孔排渣,并进行二次换浆清孔。该施工方法在上覆土层中可避免严重塌孔、缩径,在下伏基岩中可使嵌岩段粗糙,泥皮厚度较小,同时也为孔底沉渣厚度控制提供了良好的前提,增强了桩端嵌岩的效果。试桩成果显示桩侧摩阻力在单桩承载力中占有较高的比例,嵌岩段提供的摩阻力在整根桩的侧摩阻力中显示出重要作用,这些均与试桩中在嵌岩段采用了冲孔法成孔和二次清孔的施工工艺有较密切的关系。

3.2.2 采用先进的成桩工艺

采用导管法水下灌注混凝土可保证桩身稳定性。施工

过程中在执行相应的施工规范的前提下,尚应注意以下几点:a) 钻孔灌注桩施工各道工序的连续性相当重要,应注意清孔后及时浇筑混凝土,应避免在邻孔成孔后浇注,以免因孔距太近造成漏浆,影响桩身质量;b) 应切实做好上部填土(特别是碎石填料)的止水封堵,避免漏浆塌孔,影响浇筑质量;c) 选择直径适中(与孔径、钢筋笼内径配套)的导管,φ800 mm 桩宜选用 φ300 mm 导管,φ600 mm 桩宜采用 φ200 mm 导管,若导管直径偏大,则可能影响导管外混凝土正常上升,出现混凝土离析;d) 控制导管提升速度,保证导管埋深 2~6 m,若导管提升过快,则可能造成导管内进水或导管埋入深度不够。

3.3 应注意桩的负摩擦力问题

厂区钻孔灌注桩均为嵌岩桩,对桩身可能产生的负摩擦作用主要由桩周填土、软土固结而引起。本厂区整平后欠固结的软土(层、-1 层、层),分布厚度较大的丘间冲沟洼地填土层厚度较大,且一些区域将来还存在长期的较大面积的堆载,故桩的负摩擦力问题应引起设计高度重视。

当桩周土的沉降超过基桩的沉降时可产生负摩擦力,当桩身点桩土相对位移为零时,该点称为中性点,据《建筑桩基技术规范》,厂区基桩中性点深度 l_n 应取桩周土沉降变形土层(层、-1、-层)下限深度 l_0 。

负摩擦力的发生、发展是一个较为缓慢的过程,因而可能产生应力松弛,减弱负摩擦力的危害,有关文献也表明负摩擦力出现极限值的概率是很小的。

同时设计还应注意厂区虽均为嵌岩桩,但岩面起伏大,坡度陡,从而也引起了上部土层的分布不均匀性及桩长的不均匀性,而且厂区大多数建筑物和设备均对不均匀沉降较敏感,故本场区基桩的负摩擦力问题不可仅限于承载力问题,还应注意负摩擦力引起的下拉荷载计入附加荷载验算桩基沉降。

根据试桩报告,不同桩径、桩长的单桩承载力推荐值见表 2。

表 2 单桩承载力推荐值				
设计桩径 mm	桩长 m	竖向极限承载力 标准值 kN	水平临界 荷载 kN	水平极限 荷载 kN
600	23.2~23.4	3600		
600	17.6	3400	53	96
800	24.4~24.6	11000		
800	9.0~10.9	9500	127	192

根据高应变动试桩成果分析,桩端承载力约占单桩承载力的 21.2%,上部土层提供的桩侧摩阻力约占 33.8%,嵌岩段提供的桩侧摩阻力约占 45.0%。桩长变化或桩身穿越的地层变化,设计应在考虑桩的负摩擦力问题的前提下参考这一成果对单桩承载力取值作适量调整。

3.4 应进行合理的设计计算

3.4.1 桩的布置原则

在单桩容许承载力确定后,根据上部荷载大小和分布,进行布桩设计。由于荷载大而集中,本设计采用群桩承台形

式。布置原则如下:按荷重大小、分布及地层结构,选定不同的桩长、桩径和持力层深度、不同的单桩承载力;控制桩中距不小于 3D,即 2.4 m;对每个承台群桩的布置,均力求使群桩形心与外荷载作用点相重合,使桩基在受水平力和弯矩作用时有较大的抵抗矩。

3.4.2 进行单桩容许承载力和桩身强度验算

本工程建筑物基础为低桩承台,在偏心荷载的作用下。单桩顶所分担的垂直力和水平力均按规程公式计算。当桩顶承台厚度不小于 50 mm,桩身内钢筋可靠锚入其中,且承台刚度较大时,可考虑在水平地震力作用下,承台与基桩协同工作以及承台侧土的弹性抗力作用。计算的水平地震力,包括承台底面以上全部重量产生的惯性力。本设计桩径 φ800 和 φ600,混凝土 C30,分别配 15 16($\mu=0.6\%$)和 7 16($\mu=0.49\%$),螺旋箍筋 6 @100L3000 及 6 @300,保护层 50 mm,采用通长配筋,经计算桩身强度合格。

3.4.3 群桩沉降计算和下卧层强度复核

对摩擦群桩基础,可视为假想实体深基础验算地基承载力和沉降。各层土的压缩模量按地质报告取 E_s 值,而经验系数 m_s 应参照本地已有经验确定。本工程的沉降和差异沉降计算结果均符合《火电厂土建结构设计技术规定》的要求。下卧层强度复核也不存在问题。

3.4.4 桩基承台的设计

承台的平面尺寸,主要根据群桩和上部结构的布置决定,厚度由上柱和桩顶冲切计算以及刚度构造要求确定,配筋由承台板的抗弯计算确定。

4 结论

a) 本工程厂址区原地形起伏较大,冲沟内上覆土层主要为第四系全新统的一套性质软弱的湖积、冲积土,为软弱地基土,山丘上、冲沟底部出露的白垩~第三系砂砾岩强度高,为天然地基及桩基良好持力层,但应注意其中的软弱夹层。虽说厂区整体稳定性能较好,但岩土工程条件十分复杂,为确保建设的安全可靠,必须重视和加强地质工代的现场检验工作。

b) 基岩中软弱夹层的存在对钻孔灌注桩桩长、单桩承载力、桩体沉降等会带来不同程度的影响。在选用差异性风化岩石作为桩基持力层时应当引起足够的重视,注意桩入岩深度和桩的负摩擦力问题,进行合理的设计,采用先进的工艺,并进行必要的强度和沉降验算,只有这样才能确保工程的安全可靠。

参考文献

1 阎善章. 灌注桩在冲洪积地基上的应用. 地基处理经验处理集萃. 北京:中国电力出版社,1996

2 章崇杰. 岩、土相间地基上主厂房基础按地基变形设计. 地基处理经验集萃. 北京:中国电力出版社,1996

3 黄强. 桩基工程若干热点问题. 北京:中国建材工业出版社,1996

4 中国建筑科学研究院.JG94-1994 中华人民共和国行业标准建筑桩基技术规范. 北京:中国建筑工业出版社,1995