

提高印尼 AWAR - AWAR 燃煤电站 桩基承载力的技术措施

王德武, 张兆金

(浙江省岩土基础公司, 浙江 宁波 315040)

摘要:通过印尼 AWAR - AWAR 2×350MW 燃煤电站桩基 2 次试桩,改进施工工艺,提高了软质、松散、裂隙、孔洞和蜂窝结构发育、严重漏水强风化石灰岩地层的桩基承载力,具有很好的经济和社会效益。

关键词:桩基;石灰岩;旋挖钻进;承载力

中图分类号:TU471.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)08-0069-04

Technical Measures for Improving Bearing Capacity of Pile Foundation of AWAR - AWAR Pulverized Power Plant in Indonesia/WANG De-wu, ZHANG Zhao-jin (Zhejiang Geotechnical Foundation Co., Ningbo Zhejiang 315040, China)

Abstract: By the secondary pile testing in AWAR - AWAR 2×350MW pulverized power plant in Indonesia, the construction technology was modified with the improvement on bearing capacity of pile foundation in soft, loose, fractured, cavity and honeycomb structure developing and weathering limestone formation.

Key words: pile foundation; limestone; rotary drilling; bearing capacity

印尼 AWAR - AWAR 2×350 MW 燃煤电站项目,由中国电工设备总公司总承包,桩基试桩工作由我公司承担。该工程的地质条件为第三系软质、松散、裂隙、孔洞和蜂窝结构发育,严重漏水的强风化石灰岩地层。根据周边炼化厂等施工实践,桩基承载力普遍较低,有效桩长 40 m,Ø800 mm 的钻孔桩一般极限承载力 ≥ 5000 kN。设计单位要求 Ø800 mm 钻孔桩的极限承载力 ≤ 8000 kN。据此我们进行了 2 次(2 种工艺)试桩工作,最后成功地实现并超过了设计目标值,打破了印尼泗水该地层承载力十分低下的认识,引起了印尼国家 PLN(印度尼西亚国家电力总公司)的高度赞赏和重视。

1 工程概况

1.1 项目名称与地点

拟建的印度尼西亚 PLTU 3 JATIM TANJUNG AWAR - AWAR 燃煤电站为印度国家 PLN1000 万 kW 电站规划项目之一,该电站主要由 2×350 MW 燃煤机组及一个 1.2 万 t 级泊位的港口组成。拟建场地位于印度尼西亚东爪哇省泗水市 TUBAN 镇西北约 13 km 处的 Wadung 村。

1.2 参建单位

业主:印度尼西亚国家电力总公司(PLN);

总承包商:中国电工设备总公司;

勘察单位:机械工业勘察设计研究院;

设计单位:华北电力设计院;

试桩单位:浙江省岩土基础公司(PT. Indo Pan-shi Bumi)。

1.3 工程建设情况

该工程主要建筑物(包括主厂房、烟囱及碎煤机室)拟采用灌注桩,试桩范围为主厂房和烟囱、碎煤机室 2 处共 2 组,试验选择在建筑物以外的场地进行,每组试桩做 3 根竖向抗压、水平抗力及竖向抗拔试验。通过试桩为工程桩设计及施工提供相应的依据。

2 工程地质概况

2.1 场地岩土条件

场地内地基土按其形成时代、成因和工程性质可分为 2 个单元共 3 层,其中第 2 层可进一步分为 3 个亚层。第一地层单元为第四系地层,主要为第四系残积粘土和靠近海岸局部地段分布的薄层海相沉积砂层。第二地层单元为第三系地层,为一套上部受风化剥蚀的上新统滨海相沉积灰岩。见表 1。

收稿日期:2009-07-16

作者简介:王德武(1970-),男(汉族),浙江东阳人,浙江省岩土基础公司工程师,探矿工程专业,从事地基基础工作,浙江省宁波市宁穿路 448 弄 16 号,ding0810@163.com。

表1 场地地层性能参数

| 地层编号 | 地层名称 | 重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$) | 压缩模量 | | 变形模量 E_0 /MPa | 剪切强度 | | 地基承载力特征 值 f_{ak} /kPa |
|----------------|------------|---|------------------------|------------------------|--------------------|----------|-------------------------|----------------------------|
| | | | $E_{s_{0.1-0.2}}$ /MPa | $E_{s_{0.1-0.4}}$ /MPa | | c /kPa | φ /($^\circ$) | |
| ① ₁ | 细中砂 | 19.0 | | | | | | |
| ① | 粘土 | 18.5 | 8.0 | 9.0 | | 39 | 6 | 160~180 |
| ② ₁ | 灰岩(全风化硬夹层) | 18.2 | | | 25.0 | | | 250~280 |
| ② ₂ | 灰岩(全风化) | 18.0 | 9.0 | 10.0 | 20.0 | 36 | 4 | 220~240 |
| ② ₃ | 灰岩(强风化) | 17.0 | | | 25.0 | | | 300~350 |
| ③ | 灰岩(中风化) | 19.2 | | | 40.0 | | | 350~400 |

主厂区地面高程约 7.7 m, 烟囱区地面高程约 7.0 m。

2.2 试桩区岩土条件

①粘土(Q_4^{el}), 褐色或棕红色, 该层饱和时强度低, 干时强度高, 中等压缩性, 压缩指数 C_c 为 0.17~0.30; 层厚主厂试桩区约 4 m, 烟囱区约 1.5 m。

②灰岩(N_2), 黄色或黄褐色, 全风化, 为大量粘土状风化物及部分未风化完全的碎块状及散粒状岩块混杂, 灰岩碎块有溶蚀现象, 少量岩心碎块可见贝壳等生物化石; 部分钻孔上部可见到质地较纯的含青灰色斑纹的粘土状风化物, 内含少量灰岩砾石; 层厚主厂试桩区约 15 m, 烟囱区约 24 m。

③灰岩(N_2), 白色, 灰白色或灰黄色, 强风化, 软~极软, 岩心具多孔性, 很破碎, 呈碎块状或短柱状; 层厚主厂试桩区约 5 m, 烟囱区约 6 m。

④灰岩(N_2), 白色, 灰白色或灰黄色, 中风化, 软~极软, 岩心较破碎, 短柱状, 局部呈粉末状, 含贝壳等生物化石, 质地较纯净; 本层至 50 m 深未钻穿。

2.3 施工中可能遇到的施工难点

(1) 根据场地地表可见次生重结晶作用或差异风化残留卧牛状石灰岩块和其余勘察孔资料显示, 可能存在硬夹层或者硬砾石;

(2) 场区地质资料显示, 可能存在溶洞;

(3) 场区地下水位较低(地表以下 8~10 m), 地质资料显示有溶蚀现象, 可能存在漏失情况。

3 第一次试桩: 冲击锤施工情况

3.1 试、锚桩设计

主厂区和烟囱区试桩和锚桩布置如图 1 所示。

试桩设置钢筋应力计, 以确定各土层的桩侧摩阻力及桩端阻力;

试桩预计竖向抗压极限承载力 8000 kN;

竖向极限抗拔力 1200 kN(按试桩钢筋计算);

极限水平推力 400 kN(位移 3 cm)。

3.2 试验设备与原理

竖向抗压、抗拔试验采用全自动无线静力载荷

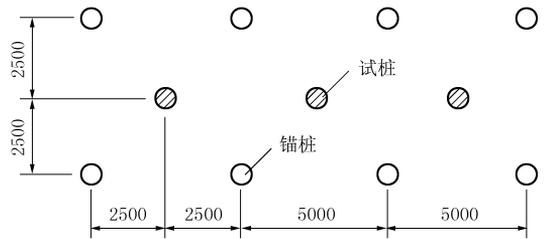


图1 试桩及锚桩布置示意图

测试仪配多联系给锚桩反力系统加载的方法进行。

水平推力试验采用手动油泵加载方法进行。

钢筋应力测试采用振弦式钢筋测力计, 应力测试与桩的静载荷试验同步进行。

3.3 试桩实施情况

试桩直径为 800 mm, 桩长主厂区 31.5 m、烟囱区 33.0 m, 桩端进入中风化灰岩不小于 2 倍桩径。

施工工艺为冲击成孔、泥浆护壁、2 次正循环清孔、水下混凝土灌注。

试验结果见表 2。

表2 冲击锤施工试桩试验结果

| 位置 | 竖向抗压试验 特征值/kN | 竖向抗拔试验 特征值/kN | 水平推力试验 特征值/kN |
|-----|------------------|------------------|------------------|
| 主厂区 | 2440 | 483 | 267 |
| 烟囱区 | 2370 | 433 | 147 |

注: 钢筋应力测试表明, 当荷载加到 1000 kN 时, 桩底钢筋应力计数据已经开始变化。

3.4 试验结果分析

上述试验结果与设计预期偏差非常大, 而工艺实施和试验实施本身没有任何问题, 经多方检查与分析研究, 认为可能存在以下问题:

(1) 第三系灰岩形成时间短, 松散, 裂隙、空洞尤其蜂窝结构发育(见图 2), 采用冲击成孔工艺成孔速度慢(约 3 天/孔), 对地层本身的扰动过大, 破坏了地层本身的结构, 成桩后在桩周形成较厚的扰动包裹层, 导致侧阻大量损失、水平抗力系数大量减小。具体反映为水平推力试验时出现部分桩侧被挤出约 10 cm 厚的包裹壳。

(2) 冲击成孔工艺本身的限制: 为满足清渣、护



图2 松散、裂隙、空洞尤其蜂窝结构发育的风化石灰岩

壁需要,在成孔时必须采用大密度的粘土泥浆,致使换浆清孔后灌注混凝土前在孔壁形成一层薄泥皮,也导致侧阻大量损失。经开挖检验,桩周包裹有一层0.5~1.0 mm的薄泥皮,质地与石灰岩一致,非常细滑,质感如石蜡粉(见图3)。



图3 冲击成孔桩身包裹的如石蜡粉的薄泥皮

(3)在施工中发现泥浆漏失严重,部分桩投入大量粘土堵漏,进一步对孔壁产生了不良影响。

4 第二次试桩:旋挖钻进施工情况

4.1 试桩设计

针对第一次试桩发现的问题,我公司通过多方调查研究与现场试验,向设计、勘察、总承包商与业主提出合理的新工艺,进行了第二次试桩。试桩直径为800 mm,桩长主厂区40.0 m、烟囱区37.0 m,桩端进入中风化灰岩不小于2倍桩径。烟囱区增设3根直径600 mm的桩,为优化设计提供选择数据。

4.2 施工工艺

(1)针对冲击成孔对软质的松散,裂隙、空洞尤其蜂窝结构发育的石灰岩地层扰动太大的问题,改冲击成孔工艺为旋挖成孔工艺,最大量减小对地层的扰动,缩短成孔时间(约5 h/孔)。

(2)针对硬夹层或者硬孤石,设计大直径取心钻头,直接使用旋挖钻机取出硬岩心,从而避免用冲

击锤破碎而对地层扰动和使用泥浆。取心钻头与取出的岩心见图4。

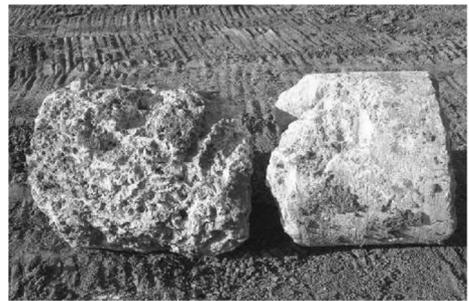


图4 取心钻头与取出的岩心

(3)针对泥浆对桩身侧阻的影响,采用无泥浆护壁旋挖成孔工艺,完全消除泥浆对桩身侧阻的影响。同时采用井径仪检测成孔孔形与孔径,为无泥浆护壁工艺提供验证参数。经检测,主厂区试、锚桩平均桩径约860 mm,各桩21~25 m桩径扩至约1000 mm,27~31 m扩至约1200 mm;烟囱区直径800 mm桩平均桩径约880 mm,各桩22~25 m桩径扩至约1000 mm,27~31 m扩至约1300 mm;烟囱区直径600 mm桩平均桩径约680 mm,各桩22~25 m桩径扩至约890 mm,27~31 m扩至约1100 mm;孔壁基本稳定。

(4)针对地层严重漏失问题,清除沉渣采用成孔结束用清渣钻斗清渣至小于30 cm、二次清孔采用正反循环结合新清渣工艺。

本项目地层严重漏失,水位在地下8~10 m,经试验当旋挖钻进至15 m以下后,使用3PN泵往孔内补充膨润土泥浆,液面将始终保持在8 m以下。为确保钢筋笼安置结束后50~80 cm孔底沉渣被清除干净,在二次清孔时,采用通过灌砂导管先往孔底压入3~4 m³膨润土泥浆冲开孔底沉渣,再借用气举反循环方法吸出沉渣与泥浆的方法清孔。为防止孔壁失稳,吸沉渣与泥浆的同时往孔内补充同流量的清水。经此工艺处理后,各桩的沉渣经检测都小于1 cm。

(5)加密应力计,每间隔3 m设置一组,充分采集桩身轴力数据,为优化设计提供依据。

4.3 试验结果

旋挖钻进施工试桩试验结果见表3。

表3 旋挖钻进施工试桩试验结果

| 位置 | 桩径/mm | 桩号 | 竖向抗压试验 | | 竖向抗拔试验 | | | 水平推力试验 特征值/kN | |
|-------------|-------|----|----------|-------|-----------------|--------|--------|------------------|------|
| | | | 最大加载值/kN | 沉降/mm | 结果 | 特征值/kN | 上拔量/mm | | 回弹/% |
| 主 厂 区 | 800 | 7 | 12600 | 13.88 | 13300 kN 桩头压断 | 600 | <6 | >75 | 5030 |
| | | 8 | 14000 | 12.85 | 试验终止 | | | | |
| | | 9 | 13300 | 13.30 | 1400 kN 锚桩钢筋拉断 | | | | |
| 烟 囱 区 | 800 | 1 | 14000 | 17.65 | 试验终止 | 600 | <5 | >75 | 4520 |
| | | 2 | 13300 | 12.37 | 14000 kN 锚桩钢筋拉断 | | | | |
| | | 3 | 12600 | 11.65 | 13300 kN 锚桩钢筋拉断 | | | | |
| | 600 | 4 | 7650 | 15.98 | 8100 kN 桩头压断 | 350 | <5 | >55 | 3150 |
| | | 5 | 6300 | 15.76 | 7200 kN 桩头压断 | | | | |
| | | 6 | 7650 | 11.19 | 8100 kN 桩头压断 | | | | |

注:钢筋应力测试结果表明,测试值反应各试桩端阻均未发挥,33 m以下的应力计读数均未发生变化(应力计成活率97%)。

5 结论

(1)采用旋挖钻进成孔,成孔结束后压浆冲孔,紧接着气举反循环工艺施工,比较完美地解决了扰动桩侧土对桩侧阻的减弱、泥浆对桩侧阻的影响、漏失地层中孔底清渣及遇到坚硬夹层和孤石时如何成孔钻进等问题,使桩侧摩阻理想发挥。

(2)根据试验结果,该项目灌注桩由冲击成孔

工艺改为我公司开发的适合其地质特点的特定旋挖成孔工艺,使本工程桩基荷载远超设计荷载,为印尼当地施工队伍同等条件荷载的2倍多,也是冲击成孔法施工同等条件荷载的2倍多。

(3)该项目由总灌注桩数约2000根改为约1500根,由直径800 mm桩占80%改为直径600 mm桩占80%,桩深度确定为33 m。节约桩基总造价约51%。

河北首台大型隧道掘进设备“吉祥号”盾构机下线

中央政府门户网站 2009-08-03 消息 2009年8月2日,河北省首台大型隧道掘进施工设备——华隧通盾构机“吉祥号”在秦冶重工集团生产装配车间顺利下线。专家表示,“吉祥号”的顺利下线,填补了河北省装备制造业的一项空白。

据专家估计,随着我国城市轨道交通的发展,各类盾构机潜在市场存在200多亿元产值的机会。立足于将中国打造成世界先进的盾构机生产和研发中心,推出完全国产化的盾构机品牌,秦皇岛天业通联重工股份有限公司联手秦冶重工集团公司,于去年11月成立了华隧通掘进装备有限公司,并与日本日立造船株式会社展开技术合作,充分吸收北京交通大学隧道中心、石家庄铁道学院机械分院等科研力量,共

同开发盾构/TMB等地下掘进设备。

中国工程院院士王梦恕介绍说,首台“吉祥号”盾构机主体部分直径6.23 m、长度9.35 m,其中包含50多个相对独立的分组装体,加上后配套系统,总长度达200多米,全系统总重量在3000 t以上;其设计参数和制造工艺为华隧通独有,技术含量最高的掘进刀盘也属自主研发、制造。另外,国产的这台盾构机价格仅相当于进口同类产品的2/3。

秦皇岛天业通联重工股份有限公司总经理朱新生介绍,作为河北省首台盾构机,“吉祥号”将迅速应用于正在施工的北京地铁6号线工程,第二台盾构机也将于8月底下线。目前他们手中尚持有9台盾构机的订单。

总投资42.7亿元的西藏旁多水利枢纽工程动工建设

中央政府门户网站 2009-08-04 消息 西藏自治区“十一五”规划重点建设项目——旁多水利枢纽工程近日通过国家发改委批复并动工建设。工程总投资42.7亿元,水库总库容11.74亿³m³,电站装机容量12万kW。

旁多水利枢纽工程位于拉萨河流域中游,是拉萨河流域

的控制性骨干工程,是目前西藏最大的水利枢纽工程。旁多水利枢纽工程坝址位于林周县旁多乡下游1.5 km处,距拉萨市直线距离63 km。工程控制范围覆盖拉萨市四县一区,灌溉面积67万亩,建设工期6年。