

充水预压法在华能淮阴电厂水泵房沉井地基加固中的应用

时爱祥

(江苏省水利建设工程总公司,江苏 扬州 225002)

摘要:针对华能淮阴电厂水泵房沉井基础的下卧层土质较差的特点,为防止泵房在运行期沉降量过大,采用充水预压法对沉井地基进行加固.工程加固结果表明,沉井自重与充水荷载分别使地基产生了 2.2 cm 和 2.9 cm 的固结变形,泵房运行数年来,基本上没有产生新的沉降.

关键词:地基加固;充水预压法;沉降量

中图分类号:TV223.4 文献标识码:B 文章编号:1006-764X(2002)07-0054-02

华能淮阴电厂位于江苏省淮阴市,装有 2 台 200 MW 汽轮发电机,该厂采用直流供水方案,在废黄河北岸设泵房一座,引河水经 400 多 m 管道进入主厂房.泵房地下部分为沉井结构,平面尺寸 22.4 m × 18.7 m,高 17 m.沉井底部坐落在第⑤层黏土中部,该层土的承载能力较高、渗透系数较小,是较好的持力层,但是该层土较薄,下卧的第⑥层淤泥质黏土,土质较差,孔隙比 1.03 ~ 1.34,饱和度 100%,固结系数 C_v 为 $(1.7 \sim 5.7) \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$,三轴固结不排水剪切强度为 $9^\circ \sim 15^\circ$,影响到泵房施工期与运行期的整体稳定性,若不进行加固处理,可能由于运行期沉降量过大使泵房与输水管道错位,影响电厂运行.

1 地基土的工程性质

⑤号土层系粉质黏土,土性较好,承载能力达 220 ~ 240 kPa;⑥号土层应分为两个亚层,上层高程 - 0.8 ~ - 4.2 m,为淤泥质黏土,土性较差,下层高程 - 4.2 ~ - 10.0 m,为淤泥质黏土夹粉砂,⑥号土的承载能力约 110 ~ 120 kPa.原状土物理力学性质见表 1.

2 充水预压加固施工步骤和现场观测

2.1 施工步骤

按照时间顺序,工程充水预压加固方案施工步骤如下:①做沉井四壁,高程 0.50 ~ 9.71 m,总高 9.21 m;②将沉井下沉到预定高程附近;③在沉井内进行工程地质勘探,包括原状土取样及静力触探试验和十字板剪切试验;④在地基土层中埋设原位测试仪器,包括孔隙水压力计和分层沉降管及沉降环;⑤进行地基土的物理力学性质试验;⑥用有限单元法预测充水预压加固期间沉降量,确定沉井下沉的预定高程;⑦将沉井下沉到预定高程;⑧在地基土中打设塑料排水板并铺设砂层;⑨沉井封底,浇注沉井底板即泵房基础,将井壁接高至高程 16.0 m,即加高 6.29 m,观测沉井在井壁接高(加载)时的沉降量;⑩井内充水预压,水位达到高程 15.1 m,观测沉井在充水加载时的沉降量、地基土中孔隙水压力的变化与分层沉降量;⑪达到预期效果后,结束预压加固;⑫沉井内水排尽后,进行工程地质勘探;⑬用有限单元法进行计算,分析充水预压加固效果.

表 1 原状土物理力学性质

土层	取样深度 /m	含水量 $\omega/\%$	湿密度 $\rho/$	干密度 ρ_d	孔隙比 e	塑性指数 I_p	压缩系数 $a_v/$	固结系数 C_v	先期固结压力 p_c/kPa	无侧限抗压强度 q_u/kPa	三轴固结不排水剪切抗剪强度			
			$\rho/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	$\rho_d/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$							c_{cu}/kPa	$\varphi_{cu}/(^{\circ})$	c'/kPa	$\varphi'/(^{\circ})$
⑤号	0.8 ~ 2.0	28.4 ~ 35.2	1.83 ~ 1.98	1.43 ~ 1.55	0.78 ~ 0.91	20.3 ~ 25.2	0.20 ~ 0.57	2.09 ~ 80.9	96 ~ 210		29 ~ 41	10.2 ~ 18.1	25 ~ 26	21.3 ~ 24.1
	2.6 ~ 5.0	37.8 ~ 53.1	1.74 ~ 1.83	1.14 ~ 1.33	1.03 ~ 1.34	21.0 ~ 24.6	0.37 ~ 0.82	1.68 ~ 5.71	140 ~ 210	86.5 ~ 97.0	37 ~ 67	9.3 ~ 10.5	12 ~ 36	24.4 ~ 25.2
⑥号下	5.7 ~ 7.1	27.2 ~ 29.1	1.93 ~ 1.96	1.49 ~ 1.54	0.75 ~ 0.81	11.4 ~ 21.2	0.20	86.6	180	98.9	9 ~ 22	15.2 ~ 16	0	27.9 ~ 32.2

作者简介:时爱祥(1965—),男,江苏扬州人,工程师,从事水利工程施工及管理工作.

2.2 现场观测

沉井地基预压加固过程进行了孔隙水压力与分层沉降的观测,观测结果表明:在充水加压时,地基土中孔隙水压力增长,超静孔隙水压力增长最大值 60~70 kPa,由于在⑥号土层中预先设置了塑料排水板,沉井底板下铺设了砂垫层,改善了超静孔隙水压力消散条件,在加压 20d 以后,超静孔隙水压力基本消散。

观测结果表明,沉井底板浇注后沉井井壁的接高及两侧回填土这些荷载使沉井地基土产生 2.2 cm 的固结变形,充水荷载使沉井地基土产生 2.9 cm 的固结变形。

根据超静孔隙水压力消散的现场观测结果,控制充水预压过程,在超静孔隙水压力基本消散后停止预压,抽水卸荷。

3 预压加固过程的弹塑性有限元分析

工程沉井地基土预压过程弹塑性有限元分析采用下列单屈服面弹塑性模型(沉井地基各土层计算参数见表 2):

$$d\epsilon_{ij} = \frac{1}{9K}\delta_{ij}d\sigma_{kk} + \frac{1}{2G}ds_{ij} + \frac{H}{3}[\sigma_c(R-1)\delta_{ij} + 2R_g s_{ij} \mathbf{I} \sigma_c(R-1)d\sigma_m + 2R_g \tau d\tau] \quad (1)$$

式中:σ_m 为八面体正应力(等于主应力平均值);τ 为八面体剪应力;δ_{ij} 为克朗纳克尔(Kronecker)张量;s_{ij} 为偏应力张量;R、R_g 为应力比;σ_c 为三轴试验的固结应力;G 为剪切模量;H 为塑性系数。

计算要点是:①箱形沉井基础按面积等效原则简化为轴对称问题;②沉井自重(包括封底与接高井壁所增加的重量)及沉井内充水重量视为刚性荷载;③沉井两侧回填土土重视为柔性荷载;④沉井下沉过程中,混凝土井壁与土的摩擦系数取 0.30;⑤地基土中插设塑料排水板后,使土体垂直向渗透系数加大,水平向渗透系数保持不变;⑥预压加固过程模拟实际施工进度,即荷载分为四级:沉井封底(浇注底板)、井壁接高、土体回填和充水。沉井地基各土层参数计算结果见表 2。

表 2 沉井地基各土层参数计算结果

土 层	凝聚力 c/kPa	内摩擦角 φ/(°)	孔压系数 A _f	剪胀系数 M _g	回弹指数 C _g	垂直向渗透系数 K _v	渗透系数比 K _h /K _v
砂垫层	0	26.0	0.07	0.70	0.005	1.0×10 ⁻²	1.000
5 号插排水板	20	17.8	0.32	0.56	0.018	5.0×10 ⁻³	0.003
5 号不插排水板	20	17.8	0.32	0.56	0.018	1.6×10 ⁻⁵	3.000
⑥号(上)插排水板	25	11.5	0.51	0.41	0.025	5.1×10 ⁻³	0.007
⑥号(上)不插排水板	25	11.5	0.51	0.41	0.025	3.8×10 ⁻⁵	4.000
⑥号下层	15	16.5	0.41	0.43	0.015	1.0×10 ⁻⁴	50.000
⑥-1 粉细砂	0	25.0	0.10	0.65	0.008	1.0×10 ⁻²	1.000

超静孔隙水压力产生与消散过程的计算结果与现场观测结果表明,在逐级加载过程中超静孔隙水压力也逐次产生与消散,充水加载过程中静孔隙水压力计算结果与实测值相当接近。在充水预压时,淤泥质黏土层中出现较大范围的塑性区,沉井周边部位下的粉质黏土层中也出现塑性区。充水预压产生的超静孔隙水压力主要分布在淤泥质黏土层中,最大值为 60~70 kPa,粉细砂层中仅产生小于 20 kPa 的超静孔隙水压力。

封底、井壁接高、回填土与充水等荷载产生的沉降主要是由于淤泥黏土层预压固结造成的。

4 预压加固效果

井壁至高程 9.71 m 时自重 6.2×10⁴ kN,封底施加荷载 3.4×10³ kN,井壁接高施加荷载 2.1×10⁴ kN,充水荷载 1.6×10⁴ kN,总计荷载 10 490 t。预压时沉井四周布置 10 个井点降水,地下水位保持高程 0.0 m 左右,因而浮托力可以不计。在使用期,设计工况荷载分别为 5.1×10⁴ kN(1% 高水位正常运行),7.5×10⁴ kN(99% 低水位正常运行),6.1×10⁴ kN(11.50 m 水位正常运行),校核工况 6.5×10⁴ kN(10.16 m 水位,7 度地震带正常运行)。采用充水预压法加固,预压荷载已超载 37%~100%(图 1)。

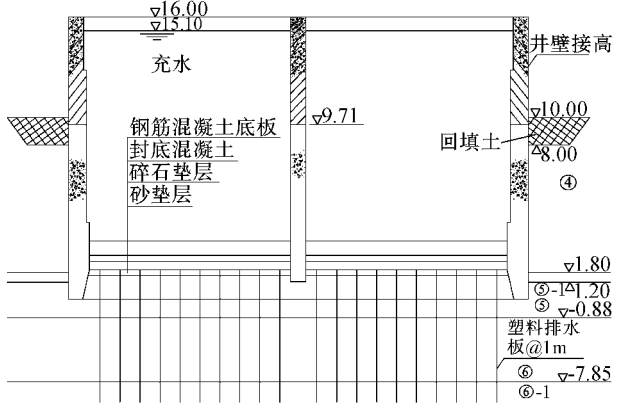


图 1 沉井地基充水预压加固工程剖面
孔隙水压力观测结果表明,地基土固结已在 90% 以上。沉降观测结果表明,充水超载预压已产生

1.2 整体道床的技术特点

整体道床具有下列技术特点 :①考虑到承载和抗碾压能力 ,将木枕改为混凝土轨枕 ;②线路路基采用原路基 ,不必另作处理 ;③线路坡度控制在0.15%内 ,用少量道渣抬道找平 ,枕木盒内不留道渣 ;④装卸货物时 ,常用的工程机械如推土机的水平推力为100~150kN ,考虑到混凝土的承载能力和安全系数 ,采用 C25 混凝土浇筑 ,线路纵向每隔 10 m 设置沉降缝 ;⑤将旧钢轨作为护轮轨 ,与新轨垂直相交 ,自然形成车辆行驶所需凹槽 ,同时也可避免混凝土浇筑时堵塞轨道。

2 施工质量控制及注意事项

- 整体道床施工时应注意以下几点 :
- a. 对线路进行测量 ,按设计要求确定新线路的方向和标高 ,如图 2 所示 ,新轨面至路槽底面标高为400mm ,误差控制在 50mm 范围内 ,路槽底面要求平整。
 - b. 混凝土轨枕硫磺锚固时 ,螺纹道钉埋设应比标准位置下降 20mm ,以便安装护轮轨 ,护轮轨上边缘与钢轨同高 ,并用木方支撑。
 - c. 铺设新线时采用扣板扣件 ,不需要大、小胶垫和弹簧垫圈 ,使钢轨与混凝土轨枕形成刚性连接。
 - d. 新线铺设后要进行机车压道 ,确保线路稳定。
 - e. 轨枕两端 250mm 处用松木板立模 ,用 C25 混

凝土浇筑 ,混凝土采用机械拌和 ,机械捣固 ,表层人工抹面 ,每浇筑 10 m 取样做试块。

f. 浇筑混凝土必须连续作业 ,以确保混凝土的整体性 ,并注意混凝土养护 ,通过测试试块 ,确认混凝土强度达到 80% 以上时方可开通线路使用。

g. 每隔 10 m 设置的沉降缝宽度控制在 20 mm 范围内 ,混凝土凝固后用沥青灌注。

3 结 语

湘潭钢铁集团有限公司自 1999 年采用整体道床结构对新矿石场货运铁路 2 号道和 5 号道进行改造后 ,运行至今效果非常满意 ,消除了线路安全隐患 ,车辆掉道事故降为零 ,每年节约路局车掉道赔偿费 20 万元 ,改善了线路行车条件和装卸机械作业条件 ,线路免维护 ,每年节约抢修及维护费用 5 万元 ,缩短了装卸车、取配车时间 ,有效地提高了工作效率 ,并节省了人力、物力和财力 ,因此 ,对货场货位铁路进行整体道床改造取得了很好的经济效益。

实践证明 ,整体道床改造技术对减少铁路损坏、避免车辆掉道事故取得了很好的效果 ,用该技术进行货场货位铁路改造 ,造价低、易施工、建设周期短 ,具有很强的实用性 ,值得在其他冶金企业中推广。

(收稿日期 2002-10-21 编辑 :冯敏峰)

(上接第 55 页)

5.1 cm 沉降(图 2)。综上所述 ,沉井地基土层(粉质黏土与淤泥质黏土层)经过充水超载预压 ,其强度增长 ,承载能力提高 ,泵房在运行期不会产生影响使用的沉降 ,确保了泵房的整体稳定性与正常运行 ,达到了充水超载预压加固的目地。

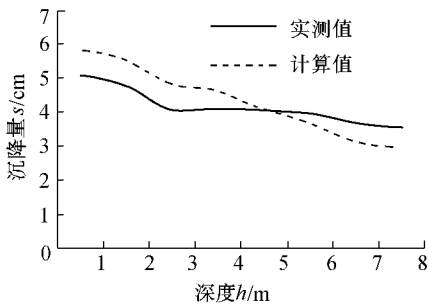


图 2 地基土沉降量沿深度分布

5 结 语

- a. 本工程实践表明充水预压法是加固沉井地基软土层的有效方法 ,它与沉井底部设置灌注桩等增加承载力的方法相比具有工期短、节省投资的优点。
- b. 基于单屈服面数值模型的弹塑性有限元计

算分析可以模拟各级预压加固过程 ,预测预压加固过程的孔隙水压力、沉降、应力水平等参数 ,可用于控制加固过程及评价加固效果。

参考文献 :

[1] 沈珠江 . 新弹塑性模型及其在软土地基固结分析中的应用 [J]. 水利水运科学研究 , 1992.

(收稿日期 2002-08-02 编辑 :张志琴)

(上接第 62 页)

和内侧的花园、草坪、亭台、长江路等结合在一起 ,组成了镇江市所特有的一条滨江旅游风光带 ,作为城市防洪墙 ,它的建成提高了镇江城防御长江洪水的能力 ,可抵御长江百年一遇的大洪水 ,作为旅游风光带 ,它的建成使镇江这座历史文化名城变得更加靓丽 ,镇江防洪墙建成 1 年来 ,游人络绎不绝 ,对促进镇江经济的发展发挥了巨大作用。

(收稿日期 2002-01-22 编辑 :熊水斌)