

静压注浆在加固软土地基中的应用

赵海峰, 韩利光

(核工业广州工程勘察院, 广东 广州 510800)

摘要: 厂房的不均匀沉降是一种常见的工程事故, 对于对沉降有特别要求的厂房, 则必须加以处理。介绍了静压注浆法处理地基不均匀沉降的问题。实践证明, 处理后的地基得到有效的加固。此工艺既简便、速度快, 又经济。

关键词: 静压注浆; 沉降; 地基处理; 软土地基

中图分类号: TU472 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2006)10-0017-03

Application of Static Pressure Grouting in Consolidation on Soft Clay Foundation/ZHAO Hai-feng, HAN Li-guang
(Engineering Exploration Institute of Guangzhou Nuclear Industry, Guangzhou Guangdong 510800, China)

Abstract: Static pressure grouting is a convenient and economical technique, and it is introduced in this article to control the uneven settlement, which is very common for factory buildings with special demand. The effective consolidation is proved by practice.

Key words: static pressure grouting; settlement; foundation treatment; soft clay foundation

1 工程概况

广州盛杰皮具有限公司新建的厂房位于广州市花都区, 其基础为桩基础。厂房刚完工 2 个月, 在厂房的Ⅲ区室内地板面板上, 沿着墙出现了连续的沉降缝, 宽达 7~8 mm, 差异沉降有 3~10 mm。在厂房的外面挨着墙, 也都出现了不同程度的沉降。经查, 是由于新近的素填土还未完全固结, 出现了不均匀沉降, 且沉降的速度比基础快, 产生了负摩阻力。

2 厂房区地基地质简况

根据有关工勘资料, 该厂房的岩土性质自上而下依次为:

(1) 素填土, 厚为 2.2~7.9 m, 主要为粘土, 就近填置, 未压实, 松散, $e=0.95$, $I_L=0.65$;

(2) 耕植土, 厚为 0~2.6 m, 灰褐、黄褐色, 含植物根茎, 稍湿~湿, 可塑~软塑, $e=0.90$, $I_L=0.60$;

(3) 粉质粘土, 厚 0~3.6 m, 浅黄色, 含铁锰质, 稍湿~湿, 可塑, 下部含粗砂或砂砾, $e=0.90$, $I_L=0.60$;

(4) 以下分别为粘土和强风化的石灰岩。由轻便触探试验得^[1]: N_{10} 为 32, 承载力 f_k 约为 140 kPa, 而厂房的正常使用要求 f_k 为 200~220 kPa。

根据工程要求, 需全部处理(1)部分、(2)部分和(3)部分, (4)部分不作处理, 处理的深度为 3.0~6.5 m。

3 方案的选择确定

因为所处理的区域为已建厂房的地基, 与基础和地下梁相邻, 且厂房的周围和底下埋置了各种管线, 甲方要求的施工期又短。为此, 工艺必须具有以下特点:

(1) 施工中, 不能对厂房的基础有破坏, 不能破坏已埋置的管线;

(2) 因要在厂房内施工, 设备要简单;

(3) 要求施工简便, 工期短;

(4) 技术工艺应符合地质条件的要求;

(5) 因为厂房是制药基地, 因此加固过程中不能有污染;

(6) 总体施工费用最低。

因为所处理的地层不深, 采用水泥土深层搅拌法虽然效率高, 速度快, 效果好, 工期短, 但对厂房的基础、地下梁和地下管线不利, 且设备较复杂, 不适合厂房内施工。

高压注浆法, 施工速度快, 效果好, 但费用高, 不经济。

静压注浆法方案设备简单, 施工简便, 震动小, 工期短, 不仅适合室外施工, 也适合室内施工, 且费用最低。

经过对上述方案的反复比较和论证, 认为静压注浆是最优的工艺方法。

收稿日期: 2006-03-16

作者简介: 赵海峰(1979-), 男(汉族), 陕西人, 核工业广州工程勘察院助理工程师, 岩土工程专业, 从事岩土工程技术管理工作, 广东省广州市花都区花城路 48 号 293 工程总公司, 13724114507, (020)36839779, zhaol126@sina.com。

4 灌浆设计与计算

4.1 加固机理

加固的对象为粘土,与砂质地层不同,浆液渗透困难,浆液必须在较高的压力作用下呈脉状劈入到地层内并按劈入原样硬化,在土中形成脉状凝胶体。而劈裂渗透注浆正是利用注浆在压力的作用下劈入土层,同时产生充填效应、挤压效应、扩散效应、骨架效应、离子交换效应等加固效应。

4.2 工艺的设计要点

根据地层地质条件(粘土,较湿,孔隙大等),决定采用静压注浆法中的劈裂渗透工法,既可以在较高的压力劈裂粘土中的孔隙,使浆液顺畅流通,又可以有效的充填。

(1)注入率的确定:根据现场试验和以往经验值(30%~50%),取42%^[2]。

(2)为能有效地传递灌浆压力到孔底,使深部土体能够得到有效的加固,同时能够防止在灌浆的过程中孔壁坍塌,堵塞灌浆孔,阻碍灌浆及影响注浆质量,选用中硬塑管做注浆管,中硬塑管设计了多个小孔,可使浆液分散地进入地层,均匀的渗入到地层中。

(3)灌浆压力的设计。一般情况下,初步确定最小注浆压力可采用被动土压力理论来计算^[3]:

$$P \geq \gamma_s h \text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) + 2c \cdot \text{tg}(45^\circ + \varphi/2)$$

式中: γ_s ——土体重度, kN/m^3 ; h ——注浆孔埋深, m ; φ ——土体的内摩擦角, ($^\circ$); c ——土体的粘聚力, kPa 。

根据工勘资料,取 γ_s 为 16.5 kN/m^3 , h 为 $3.0 \sim 6.5 \text{ m}$, c 为 12.5 kPa , φ 为 12° 。

计算得: $P \geq 132 \sim 246 \text{ kPa}$ 。

因厂内的地面铺上了面板,为防止压力太大而破坏的情况,采用孔位密布而灌浆压力小的方式,

根据计算和以往经验,注浆压力设为 $0.15 \sim 0.35 \text{ MPa}$;厂房外侧的注浆压力设为 $0.20 \sim 0.50 \text{ MPa}$ 。

注浆区域及孔位布置如图1所示。

注浆材料为:水、32.5普通硅酸盐水泥,配合适量的添加剂。综合楼和GMP厂房外侧采用水灰比 $0.67 \sim 0.8$,注浆压力 $0.20 \sim 0.50 \text{ MPa}$;GMP厂房内部分,采用水灰比 $0.70 \sim 0.80$,注浆压力 $0.15 \sim 0.35 \text{ MPa}$ 。在正式灌浆之前,先作灌浆工艺实验。

5 灌浆施工工艺

5.1 灌浆实验

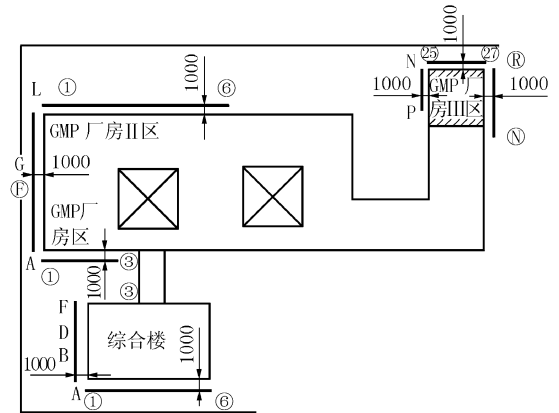


图1 厂区注浆孔平面布置图

注:粗线表示厂外注浆区域,阴影区表示厂内注浆区域

在拟定的布孔方案布设钻孔后,在GMP厂房的二区①~⑥轴线施工灌浆孔23个,孔号为1~23号,总长80.5 m,共使用了水泥15 t,制浆近 30 m^3 。注浆的过程中,没有出现串、冒浆现象。但是,在对灌浆孔进行质量检测中发现,较普遍的出现注浆管中缺浆现象。针对此情况,提出了以下改进措施:

(1)进一步调整浆液的配比,添加适量的减水剂,使浆液的浓度增加的同时增加浆液的流动性能。

(2)泵压调至 $0.25 \sim 0.50 \text{ MPa}$ 。

(3)灌浆时间延长 $2 \sim 3 \text{ min}$ 。

5.2 主要工艺流程

施工工艺流程为:布设钻孔→钻机定位→钻孔→置放中硬塑管→封孔口→移机→制浆→灌浆→补浆→清场。

(1)钻孔定位以现建筑物墙基为标准,距离 1.0 m ,间距 $1.44 \sim 2.3 \text{ m}$ (视现场的条件而定),钻孔顶角 $15^\circ \sim 20^\circ$,采用Ⅱ序跳跃式布孔和施工,以防钻孔串浆。GMP厂房内按 $4 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$ 的网距布孔。

(2)钻孔采用 $\text{Ø}110 \text{ mm}$ 的三翼刮刀钻头为切削具,清水作冲洗液,斜孔钻进以穿过建筑物基础的底层,终孔必须抵达素填土以下 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$,并保证孔底清洁,孔壁完整。在GMP厂房内,用 $\text{Ø}91 \text{ mm}$ 的金刚石钻头开孔, $\text{Ø}90 \text{ mm}$ 的二翼钻头钻孔。

(3) $\text{Ø}20 \text{ mm}$ 中硬塑管置放距孔底 $10 \sim 20 \text{ cm}$,孔外需留 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 。

(4)注浆前,先对注浆管线和设备进行检查,在确认能够正常运转后再制浆。

(5)制浆严格按照水灰比和添加剂的配置,搅拌时间 $> 10 \text{ min}$ 。

(6)灌浆(采用全孔式灌浆):刚开始送浆时,以低压(0.1 MPa)、慢速(15 L/s)、清浆(密度 $\rho \geq 1.2$

g/cm^3)清管道,然后再提高压力(设计压力)、浆液浓度($\rho < 1.5 \text{ g}/\text{cm}^3$)、设计灌浆量(40 L/s),这样有利于灌浆的顺利进行。

5.3 灌浆终止的条件

(1) 厂房外侧,在正常情况下,当注浆压力达到 0.5 MPa 时,停止。

(2) 厂房内,在正常情况下,当注浆压力达到 0.35 MPa 或地面的面板抬升值为 7 mm 时,可停止,且以后者为先。

6 质量检查及灌浆效果

施工结束后,按照监理工程师随机指定点进行探坑开挖检查,发现注浆管的充盈系数达 94% 以上,水泥土均匀。采用轻便触探,在浅层增加了 12 击,达 44 击;在深层(4 m 左右)增加了 19 击,达 51 击,承载力提高到了 200 ~ 220 MPa。可见,注浆后地基土的力学性质得到了改善,且地面均有不同程度的抬升。现以厂房内灌浆效果为例(随机抽取 4 个孔),其抬升值见表 1。

通过探坑检查、轻便触探及地面面板抬升的测量值可知,灌浆后,软地基土中的孔隙被浆液充填,自由水有效地排出,厂房内地面面板均抬升了 3 mm 以上,达到了设计要求。

7 结语

(1) 该厂房经过灌浆处理后,软地基土得到了加固,有效地提高了地基土的承载力。

表 1 厂房内地面面板抬升值表

孔号	观测点号	施工前的地面标高 /mm	施工后的地面标高 /mm	抬升值 /mm
16	1	-1474	-1470	4
	2	-1481	-1478	3
	3	-1488	-1485	3
	4	-1487	-1483	4
9	1	-1458	-1453	5
	2	-1460	-1457	3
	3	-1467	-1464	3
	4	-1466	-1463	3
14	1	-1401	-1398	3
	2	-1405	-1402	3
	3	-1395	-1392	3
	4	-1395	-1392	3
8	1	-1456	-1452	4
	2	-1455	-1451	4
	3	-1455	-1452	3
	4	-1457	-1452	5

(2) 实践证明,采用静压注浆处理该厂房的沉降是成功的,工艺、技术安全可靠。

(3) 在注浆过程中,加入中硬塑导管,能保证注浆的顺利进行和注浆质量。

(4) 静压注浆技术具有施工设备简单,易操作,施工期短,效果好,无污染,经济等优点。

参考文献:

- [1] 陈希哲. 土力学与地基基础[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [2] 程晓,张凤祥. 土建注浆施工与效果检测[M]. 上海:同济大学出版社,1998.
- [3] 徐学军,等. 建筑整体平移工程中软土过度段地基处理[J]. 建筑施工,2002,2(1).

遭遇罕见干旱 我国在西南“红层”地区打井“解渴”

新华网 2006 年 5 月以来,我国西南地区遭遇了罕见的持续干旱,造成川、渝两省市 1800 多万人饮用水困难。国土资源部中国地质调查局局长孟宪来 9 月 6 日表示,将加大在我国四川、重庆、云南等西南省区“红层”地区的找水力度,解决当地面临的饮用水困难。

根据 2004 年 5 月中国地质调查局与四川省人民政府签署的实施四川“红层”丘陵地区地下水打井工程协议,双方共同出资投入 5720 万元,计划用 4 年时间在四川省 105 个区县打井 100 余万眼,解决当地 400 万人的饮用水困难。截至 2006 年 7 月,已打出 77 万眼水井,解决了当地 300 多万人的饮水困难。

中国地质调查局水文地质环境地质部主任殷跃平介绍,所谓“红层”,地质上泛指距今 1 亿多年前的侏罗纪~白垩纪时期形成的陆相砂泥岩地层,因呈红色而得名。地质勘探表明,浅表侏罗纪~白垩纪“红层”经过风化作用,形成裂隙系统不发育,地下水不易储存的表面盖层,因此大多“红层”地区被划分为贫水区,生态环境相对脆弱。

据了解,四川省是中国“红层”分布最广、类型最特殊的地区之一,主要分布在四川省东部的资阳、南充、广安、自贡等 17 个市 105 个区县,面积达 11.8 万 km^2 。虽然该地区降雨量丰富,但因其表层涵养能力极差,致使严重缺水人口达 400 万,并有近 2000 万人亟待改善饮水条件。

2001 年,中国地质调查局率先在四川“红层”丘陵地区进行调查和研究,终于找出了“红层”地下水的形成和富集规律,证明在“红层”地下 15 ~ 30 m 深处,分布有水量不大、埋藏不深,易于开采,水质良好的饮用水,对于解决百姓人畜饮用的分散供水,具有简便、经济的实际意义。

殷跃平说,实践证明,在 2006 年连续 100 多天干旱的极端条件下,四川省 77 万眼“红层”地区水井中,95% 以上仍能保证正常供水,创造了水文地质的奇迹。

他透露说,鉴于今年四川和重庆等地遭遇的严重干旱,两地政府均已决定追加投资增加在“红层”地区的打井数量,其中重庆市计划增加 70 万眼井,解决 300 多万人的饮水需求。