

真空-堆载预压法下饱和淤泥质土的实际固结时间分析

卢书强, 徐平波

(三峡大学 土木与建筑学院, 湖北宜昌 443002)

摘要:真空-堆载预压法处理软土地基已成为沿海吹填土、软弱土加固的最常用的方法,该法最大的特点之一就是加固的时间跨度长,理论上加固时间一般为3个月。但是事实上由于土层的复杂性以及施工工艺等的影响,绝大多数情况下真空-堆载预压法处理软弱土地基的固结度在3个月内并不能达到设计要求。就珠海某热电厂吹填土地地的实际加固情况,根据实测地基沉降数据运用指数曲线配合法(三点法)和Asaoka法对场地固结度进行计算,从而对真空-堆载预压法处理饱和淤泥质土所需的时间周期作一个定量的分析,为地基处理工期和卸载时间的确定做出可靠的依据。

关键词:真空-堆载预压法;饱和淤泥质土;沉降速率;固结度;实际固结时间

中图分类号:TU46

文献标志码:A

文章编号:1674-4764(2012)S2-0126-02

Research On Laws of Actually Consolidation time Calculate in Saturated Soft Clay Soil by Using Vacuum-Preloading Method

LU Shuqiang, XU Pingbo

(School of civil engineering and architecture, China Three Gorges University, 443002 Yichang P. R. China)

Abstract: Vacuum-surchage combined preloading method have been become the most commonly used method on the dredger fill and saturated soft clay soil consolidation beside the coast. The long time of consolidation is one of this method's most characteristics, as we always think that 3 months is the academic time. In fact, we always can't accomplish the consolidation of saturated soft clay soil by using vacuum-surchage combined preloading method in 3 months because of the complex nature of the soil horizon and the effects of the construction technology. The main mission of the article is to supply a substantial time and a reliable basis that are needed by the vacuum-surchage combined preloading method and the construction period. The main data sources are come from the ground treatment project of a cogeneration power plant in Zhuhai Guangzhou. We adopt the exponential curve fitting method and the method of Asaoka to count the degree of consolidation of the saturated soft clay soil.

Key words: vacuum-surchage combined preloading method; saturated soft clay soil; rate of setting; degree of consolidation; the actual need of consolidation time

20世纪八十年代中国开始把真空-堆载预压^[1]作为国家科技攻关项目,通过试验得出真空预压的加固机理^[2,3]是通过降低土体中孔隙水压力,也就是使加固区内(真空膜所覆盖区域)形成负的超静孔隙水压力,使加固区内部与地基表层存在水头差,形成渗流所需要的水力梯度。堆载预压是由于堆载产生正的超静孔隙水压力,土的有效应力不变,堆载应力全部由孔隙水承担,与排水边界形成一个水势差,使土体中产生一个向排水边界的渗流场^[4],通过排水使得孔隙消散达到土体固结,强度得到提高。真空联合堆载预压法通过抽真空同时进行堆载的方法,二者联合作用,使得土体与排水边界间的孔隙水压力的压差增大,即增加水头差,从而提高土体内孔隙水的渗透速率,使孔隙水压力消散更快,加快土体固结速率,提高加固效果。真空堆载联合预压的有效应力为真空预压引起的有效应力与堆载预压引起的有效应力的线性叠加。而真空预压所产生的负压会“中和”堆载预

压所产生的侧向挤压力,不会使加固地基因侧向变形过大而产生失稳问题。简言之,土体压缩固结取决于土中有有效应力的变化,而有效应力的变化取决于土中静水压力的变化,土中静水压力的变化取决于土体排水的快慢,它是时间的函数。而这个时间从实际上来说,跨度是比较长的,并不是理论上所说的3月左右。时间的长短与加固地基淤泥质土层的厚度有很明显的联系。

1 固结度计算法

从加固土层特性以及实际工程应用两方面考虑,主要采用指数曲线配合法和Asaoka法这两种经验公式来计算固结度,采用的主要指标就是地基沉降量和时间。

1.1 指数曲线配合法

真空-堆载预压法下的地基沉降是由地基土层三向压

缩固结引起的,其沉降由瞬时沉降、主固结沉降和次固结沉降三部份构成。固结过程通常指主固结过程,指数曲线配合法正是按主固结的理论解求出的,它的计算过程没有考虑次固结沉降。由排水条件下土层平均固结度的理论解为:

$$U_t = 1 - \alpha e^{-\beta t}$$

U_t 为固结度, α, β 为与沉降量 S_t 有关的待定参数。在时间-沉降曲线上取恒载时期的三点沉降量 S_1, S_2, S_3 , 且 $t_3 = t_2, t_2 = t_1$ 。根据传统固结度 $U_t = S_t/S_\infty$ 可得最终沉降量:

$$S_\infty = \frac{[S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_2)]}{[(S_2 - S_1) - (S_3 - S_2)]}$$

$$\beta = 1/\Delta t \cdot \ln[(S_2 - S_1)/(S_3 - S_2)]$$

此法在原理上遵循了太沙基固结理论,但是在实际应用中要求实测沉降曲线在拟合后处于收敛阶段才有意义,由于应力和应变关系是非线性的,所以线性化的假定会产生一定误差,因此在预估沉降量时与起始时间 t_0 以及 Δt 的选择有直接关系。

1.2 Asaoka 法

Asaoka 法也叫做浅岗法^[5],是 Asaoka 提出的一种以等时间间隔所对应的沉降量来计算最终沉降的方法:
假设

$$S_t = \beta_0 + \beta_1 S_{t-1}$$

计算步骤:

- 1) 按等时间间隔 ($\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$) 读取所对应点的沉降量 (S_1, S_2, S_3, \dots);
- 2) 作出 $S_t - S_{t-1}$ 曲线;
- 3) 通过线性回归得出 $\beta_0, \beta_1 (\tan\theta)$;
- 4) 描出 $S_t - S_{t-1}$ 曲线(沉降完成), 找出沉降焦点;

$$\text{有 } S_\infty = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1}$$

此法在实际运用中也是主要考虑主固结沉降而忽略了次固结沉降。

2 工程实例分析

该工程地处珠海横琴岛,场地内揭露土层主要有:人工成因耕植土;第四纪滨海相沉积土层,主要由软弱土组成;冲洪积形成的土层,主要由粘性土及砂土组成;残积成因的砂质粘性土或砾质粘性土;其基岩为燕山期花岗岩。土层性质

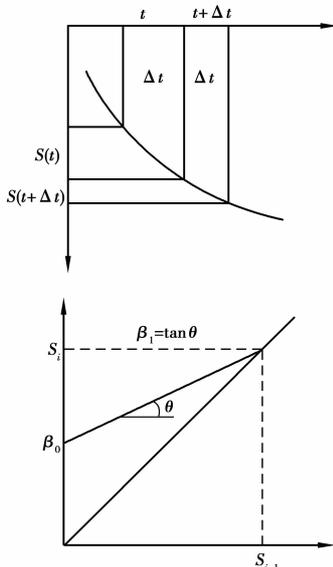


图 1 Asaoka 法计算简图

为饱和淤泥质土,呈流塑状,厚度由 10.5~45.3 m。表层有 50 公分厚的新近吹填土。监测区域有多个,我们选取其中一个淤泥质土层厚度大约为 35 m 的区域监测指标进行分析:

表 1 不同时间间隔以及计算法计算出来的该地土层固结度

预压时间/d	所选取的计算方法	时间间隔 $\Delta t/d$	预测最终沉降 S_∞/mm	固结度 $U_t/\%$
090~120	三点法	35	2 955	47.3
	Asaoka 法	10	2 209	63.3
150~180	三点法	35	1 958	91.8%
	Asaoka 法	10	2 015	89.2

说明:当选取的预压时间是 103 d 的时候,所计算结果为堆载预压 3 个月后的固结度,此时计算终点为 10 月 1 日,该时间点沉降量为 1 399 mm;当选取预压时间为 180 d 的时候,所计算结果为堆载预压 6 个月后的固结度,此时计算终点为 12 月 4 日,该时间点沉降量为 1 798 mm。

在真空-堆载预压进行 6 个月使得各项监测指标达到设计要求以后,场地进行了卸载,并且对所处理的地基做了十字板剪切实验,承载力达到设计要求^[6],场地处理效果良好。

3 结语

1) 由粘性土三维固结理论可知,真空-堆载预压法在理论上的结合是科学合理的,并且由固结度计算过程中主沉降量与时间的曲线拟合关系可得选择指数曲线配合法(三点法)和 Asaoka 法计算固结度是很适合工程运用的。

2) 真空-堆载预压法处理粘性土地基时间并不是一般所说的 90 d 左右就够了,对于淤泥质土层厚度在 35 m 左右的土层来说而是需要更长的时间 6 个月左右。吉勃逊(Gibson)对只有土层表面排水的情况下总结出了土层沉积规律:沉积土层厚度与时间成正比^[7]。所以由于所处理的淤泥质粘土的厚度大小会严重影响固结时间。

3) 由本文工程实例为依据可知,当处理淤泥质土层在 40 m 左右,固结度要求在 80% 的地基时,可以在 5 个月后可以开始试算固结度,并开始做卸载准备。(本文在 6 月后计算出的固结度平均为 90.5%,大于设计值 10 个百分点)

4) 由真空预压原理可知,真空度的大小和密封性对土层固结速度有很明显的影响。

5) 在用真空-堆载预压法处理软弱土地基时,保证抽真空效果以及预测预压时间 5~6 个月是保证施工组织设计和项目工程目标进度计划正常运转的首要条件。

参考文献:

- [1] 高志义. 真空预压法的机理分析[J]. 岩土工程学报, 1989(04): 45-56.
- [2] 沈珠江, 陆舜英, 等. 软土地基真空排水预压的固结变形分析[J]. 岩土工程学报, 1986(03): 7-15.
- [3] 赵维炳, 钱家欢, 等. Semi-analytical Method for vacuum preloading of a foundation with sand drain[J]. Science in China, 1989, 32(3): 374-384.
- [4] 徐泽中, 刘世同, 等. 真空堆载联合预压法的渗流分析[J]. 河海大学学报, 2002, 30(3): 85-88.
- [5] 李明英. 真空联合堆载预压法软基处理的固结特性及沉降研究[D]. 中国石油大学, 2008. 5.
- [6] 张永钧, 等. 建筑地基处理技术规范 (JGJ79-2002) [S]. 北京: 中科多媒体电子出版社, 2003.
- [7] 李广信. 高等土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009. 5.

(编辑 胡 玲)