

堆载预压法在某工程中的应用及效果评价

谢晓华 苏贵臣 刘吉福
(广东省航务工程总公司, 广州 510230)

【摘要】 深圳湾填海造地工程采用堆载预压法进行软基处理。根据现场监测结果, 从地基最终沉降、固结度和强度等方面对该工程的地基处理效果进行了评价。

【关键词】 堆载预压法; 地基沉降; 孔压; 固结度

【中图分类号】 TU472.33

Application and Effect Assessment of Pre-loading Technique in a Certain Project

【Abstract】 Pre-loading Technique is adopted to improve the soft soil in Shenzhen bay reclamation engineering. Based on in-situ measurement and test, the treatment effect is assessed in terms of settlement, degree of consolidation and soil strength.

【Key words】 pre-loading method; foundation settlement; pore water pressure; degree of consolidation

0 引言

我国东南沿海和内陆广泛分布着海相、湖相及河相的软粘土层。这种粘土含水量大、压缩性高、强度低、透水性差。在这种软粘土上直接建造建筑物会产生相当大的沉降和沉降差, 因此在建筑物建造之前需要进行地基处理。堆载预压法是有效的处理方法之一^[1], 该法是先从软弱地基表面设置一层砂垫层作为工作垫层及横向排水体, 在地基中设置塑料排水板(或袋装砂井)作为竖向排水体, 然后利用建筑物本身的重量分级逐渐加载或在建筑物建造以前在场区先进行加载预压, 使土体中的孔隙水排出而逐渐固结, 地基发生沉降的同时强度得到逐步提高。

据固结理论, 粘性土固结所需的时间和排水距离的平方成正比, 土层越厚, 固结时间越

长。在地基中设置塑料排水板是缩短排水距离、加速土层固结的最有效方法之一。

1 工程概况

深圳湾填海软基处理工程采用了堆载预压法施工, 现结合工程实际情况, 分析处理效果。

1.1 地质概况

根据钻探资料及静力触探资料, 本场区岩土层结构自上而下为:

第四纪堆积层淤泥(Q^m): 灰黑色, 局部含少量中~粗砂, 见大量的贝壳碎片, 具腥臭味, 颗粒极细, 具滑腻感, 饱和, 欠固结, 流塑状, 层厚6~8m, 局部厚达10m, 该层强度低、压缩性高, 为主要的加固层。

第四纪冲洪积层(Q^{al+pl}): 粘土灰色、褐色等, 颗粒很细, 有滑腻感, 很湿, 软塑; 含砾粘

土, 褐黄褐红夹灰白色, 主为石英质, 含水量平均值 14.4%; 粘质粉土, 褐黄、灰白色, 主为石英质, 局部含少量粘性土。

第四纪残积层砾质粘土 (Q^{el}): 褐黄、褐红夹灰色, 由粗粒花岗岩风化残积而成, 原岩结构向下逐渐清晰。

为准确掌握场区的淤泥分布情况, 按 50 m×50 m 的频率布孔, 进行了静力触探原位测试, 场区淤泥的分布情况见图 1。

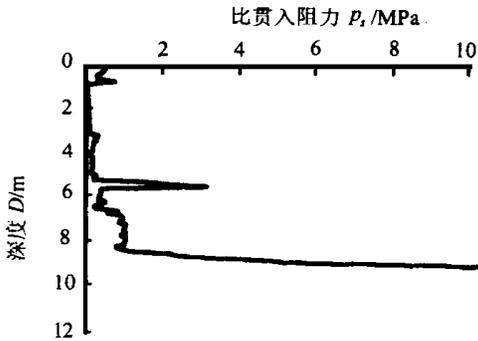


图 1 比贯入阻力-深度曲线图

1.2 设计与施工

场区原为浅海滩, 场地平面 450 m×500 m, 围堰抽水后在场区底铺设一层有纺土工布, 其主要作用是隔离淤泥与砂垫层, 然后在土工布上铺设一层厚为 1 m 的中粗砂垫层作为工作垫层及横向排水通道。接着在工作垫层上, 按等边三角形(间距为 1 m) 打设塑料排水板。打设深度要穿过淤泥层至下伏地层(粘土层), 普遍深度为 7 m 左右。排水板施工完后, 在砂垫层中按 50 m×50 m 的方格设置排水盲沟, 并在盲沟的交汇处设置集水井, 然后在砂垫层上分层填筑约 6.0 m 厚的风化土和 1.5 m 厚的风化石。

现场从 1999-05-16 开始填土, 2000-03-26 填土完毕, 历时 10 个月, 填土完毕后进行变形、孔隙水压力监测近 8 个月。

2 加固效果评价

2.1 最终沉降量评价

《建筑地基设计规范》(GBJ7-89) 推荐的

公式^[2]:

$$s = \psi_s s' = \psi_s \sum_{i=1}^n p_0 / E_{si} \left(z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1} \right) \quad (1)$$

式中符号含义参见《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89), 取 $\psi_s = 1.3$, 根据该公式计算得 $s = 958.64 \text{ mm}$ 。

现场实测的平均累计沉降量如图 2 所示。

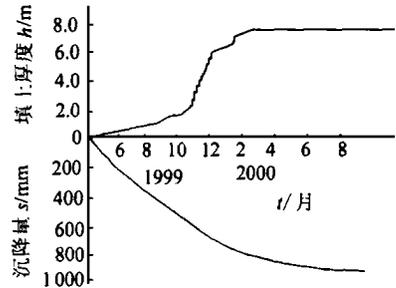


图 2 沉降-时间-荷载过程曲线图

大量的工程经验证实可以根据现场实测沉降资料, 用三点法推算其最终沉降量, 三点法计算最终沉降量的公式为:

$$s_f = \frac{s_3 \times (s_2 - s_1) - s_2 \times (s_3 - s_2)}{(s_2 - s_1) - (s_3 - s_2)} \quad (2)$$

式中: s_f ——最终沉降量, mm;
 s_1, s_2, s_3 ——实测沉降-时间曲线中时间 t_1, t_2, t_3 相应的沉降量, 且 $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$ 。

加载后实测沉降资料见表 1。

表 1 加载后三个不同时间所对应的累计沉降量

	20000526	20000805	20001015
累计沉降量 s / mm	913.1	933.3	947.4

计算得: $s_f = 979.99 \text{ mm}$

可见据实测沉降所推得的最终沉降量 ($s_f = 979.99 \text{ mm}$) 与用规范法所得的最终沉降量 ($s = 958.64 \text{ mm}$) 比较接近。

现场在填土完工后近 7 个月测得场区平

均沉降量为 947.4 mm,且基本上已达到稳定(其日均沉降量为 0.073 mm)。

2.2 固结度评价

2.2.1 根据变形计算固结度

根据沉降观测资料,假定在一维固结情况下,利用固结变形量等效地表征固结度,公式为:

$$U = s_t / s_{\infty} \quad (3)$$

式中: s_t —— t 时刻的固结沉降量, mm;

s_{∞} —— 地基土体总沉降量(最终沉降量), mm。

根据现场实测沉降资料,填土后 7 个月(10 月 15 日)的沉降量为 947.4 mm,则

$$U_{1(规范法)} = 947.4 / 958.64 = 98.8\%$$

$$U_{2(三点法)} = 947.4 / 979.99 = 96.7\%$$

2.2.2 根据孔压计算固结度

根据孔压观测资料计算固结度。公式为:

$$U = 1 - u_t / u \quad (4)$$

式中: u_t —— t 时刻的剩余超静孔隙水压力;

u —— 外加荷载的作用下,产生的最大超静孔隙水压力

现场在不同深度埋设孔隙水压力测头,根据现场实测的平均超静孔隙水压力计算加固地基的平均固结度(见图 3),结果表明加载完成后 7 个月(10 月份)的固结度为 93.3 %。

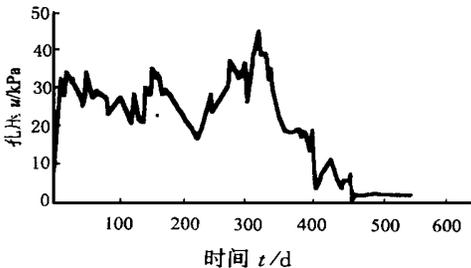


图 3 孔隙压力-时间过程线图

沉降法和孔压计算的固结度表明,在完工 7 个月后的固结度大于 93%,剩余沉降小于 70 mm,可见其处理效果是理想的。

2.3 地基土强度评价

地基加载之前在场区作了十字板原位强度试验,完工后又在同一点的相同标高处进行十字板原位测试,其统计情况见表 2 和图 4。

表 2 十字板抗剪强度试验成果表

	填土前 (天然状态)	填土后
测试时间	1999 年 5 月	2000 年 4 月
平均十字板 抗剪强度/kPa	10.18	25.08
强度增长	146%	

从上图可知,在同一点随着荷载逐步增加,地基的抗剪强度逐渐增大。填土后的总体强度比填土前的强度增加了 1.46 倍,可见地基土抗剪强度的提高是显著的。

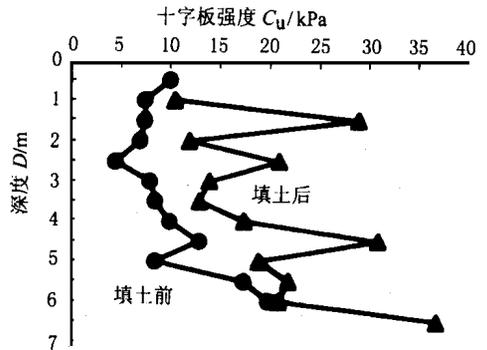


图 4 填土前后十字板抗剪强度对比图

3 结 论

工程实践证明:堆载预压法处理软弱地基具有重要的工程应用价值和推广意义,尤其是近几年设计、施工水平的提高,人们很好地掌握堆载预压法的关键技术,施工过程中的稳定性随着监测手段的完善而得以解决。堆载预压法在深圳湾填海软基处理工程中的应用是成功的,其加固效果是显著的。

参 考 文 献

- 1 《地基处理手册》编写委员会. 地基处理手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988. 45~108
- 2 原中华人民共和国城乡建设环境保护部. GBJ7-89. 建筑地基基础设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989