

文章编号: 1001-1986(2004)02-0043-03

袋装砂井超载预压法的现场试验研究

楚 斌^{1,2}, 朱长歧¹

(1. 河南省交通规划勘察设计院地勘处, 河南 郑州 450052;

2. 河南交通规划设计院, 河南 郑州 450052)

摘要:介绍厦门某高速公路软基袋装砂井超载预压大型现场试验结果, 讨论了竖向排水井超载预压地基加固效果。通过对测试成果的系统分析, 认为厦门某高速公路地基经过加固处理后, 其地基工后沉降能满足设计对地基变形的严格要求。结果还表明: 安全控制应以沉降速率和水平位移速率为主, 其标准可分别采用 20 mm/d 和 10 mm/d。

关键词:软基处理; 超载预压; 沉降; 孔隙水压力

中图分类号: U416.1 **文献标识码:** A

1 引言

厦门市高等级公路某段路基为软土地基, 淤泥层厚度为 3~15 m, 含水量高达 70%, 孔隙比大, 为 2.0 左右, 压缩系数为 $1.53\sim 3.76 \text{ MPa}^{-1}$, 属极软弱地基。该路段设计采用袋装砂井、砂垫层加预应力土工布或土工格栅进行地基处理。设计砂井直径为 7.0 cm, 间距为 1.0~1.2 m, 呈等边三角形布置。砂垫层厚 1.0 m, 砂垫层上为路堤填土。计划施打砂井 1 个月, 路堤填筑填土时间控制在 6~8 个月完成, 超载预压时间控制在 10~12 个月完成, 整个袋装砂井施工工期控制在 24 个月完成。

为了保证路堤在填筑期中的稳定安全, 设计采用断面控制法, 断面间距 100 m 左右, 每个断面又在路肩部分别布设测斜管和沉降板, 在道路永中处分别布设孔隙水压力探头、分层沉降管、水位管及沉降板, 进行了现场试验, 对路堤填筑期应力及变形作了监测工作, 以检验设计的砂井直径、间距、深度和砂垫层、超载加固地基的实际效果, 并指导全场地基处理施工。

2 场地工程地质条件

场地位于濒海地区, 据钻孔揭露地层结构, 结合室内土工试验、现场标贯试验、十字板剪切试验成果, 综合分析各岩土层工程地质特征, 现自上而下分述如下:

第 1 层: 人工填土层: 分布于 K0+000~K1+150 段及 K2+900~K4+000 段东侧海堤, 黄色, 松

散~稍密, 湿; 以火山岩残积土为主, 偶夹火山岩质碎块, 局部底部为砾粗砂; 堆填时间为 2~3 a。

第 2 层: 淤泥质填土: 分布于 K2+900~K4+000 段海堤西侧, 厚 2.2~4.5 m, 由附近海滩清淤吹填而成, 局部表面 0.5~1.0 m 厚, 因失水有所固结, 大部仍呈流塑状或软塑状, 工程性能极差。

第 3 层: 淤泥: 广泛分布, 厚 0.5~19.0 m, 深灰色, 流塑状。其成分以粘粒、粉粒为主, 含贝壳及腐殖质, 局部砂粒含量较高, 本层具高压缩性、低强度、低透水性等特点; 局部夹含泥砾粗沙透镜体或相变为淤泥质土。

第 4 层: 粘土: 广泛分布, 厚度一般大于 3 m, 青灰、灰黄、黄等色, 可塑。以粘粒、粉粒为主, 含少量铁锰质结核, 局部含少量粉细沙, 局部变相为粉质粘土。

本区地下水类型主要为松散岩类孔隙水, 主要赋存于泥砾粗沙、泥质粉沙、粉沙中, 地下水于海水联系密切, 水量较丰富。另外填土及淤泥质填土中含少量上层滞水。其他土层透水性低, 水量贫乏。地下水补给来源主要受海水补给和大气降水的补给。主要土层物理力学参数指标见表 1。

3 观测成果介绍

3.1 路基中心沉降

路基中心沉降点采用双管式沉降标, 端部为 0.5 m×0.5 m 的钢板, 填土前预埋在砂垫层中。

图 1 为实测路基中心沉降与填土荷重变化实程线, 如图可见, 沉降线为一条连续光滑的曲线。各级

收稿日期: 2003-04-11

作者简介: 楚 斌(1977-), 男, 河南省郑州市人, 中国科学院硕士研究生, 主要从事岩土力学与软基加固方面的研究工作。

表 1 主要土层土性参数指标

土 层	$\gamma/\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	E_s/MPa	f_k/kPa	N	q_u/kPa	q_u'/kPa	C/kPa	$\varphi/(\text{°})$	$K_V/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	$C_V/\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$
稍密状素填土	19.3	5.0	140	10						
松散状素填土	18.8	4.0	70	8						
淤泥质填土	16.1	2.0	50				8.5	1.0		
淤泥	15.9	1.8	45		15	5	10.0	1.5	3×10^{-6}	2×10^{-3}
粘土	19.1	6.5	180	8			30.0	20	5×10^{-6}	

注:表中 γ 为容重, E_s 为压缩模量, f_k 为承载力标准值, N 为标贯击数, q_u 为原状土抗压强度, q_u' 为重塑土抗压强度, C 为粘聚力, φ 为内摩擦角, K_V 为渗透系数, C_V 为固结系数。

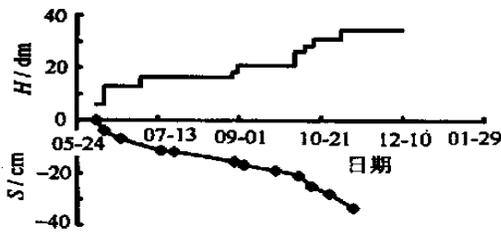


图 1 表面沉降曲线
S——沉降量; H——填土高度

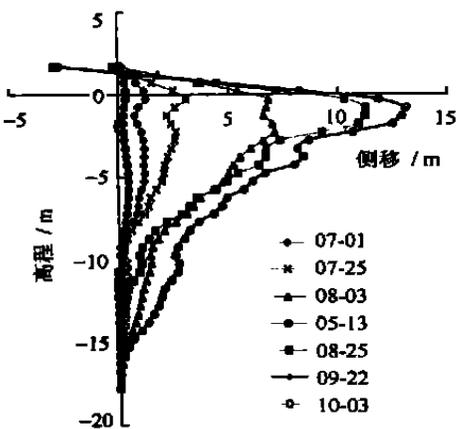


图 2 水平位移曲线

加荷初期, 沉降速率稍大, 曲线稍陡; 停载后曲线逐渐平缓, 但没有发生沉降量突然加大的现象, 表明地基没有产生过大塑性变形和失稳的迹象。但由于路堤填筑期刚结束, 沉降曲线还比较陡, 随着预压期的增加, 沉降曲线将会越来越平缓, 路基变形趋于稳定。

3.2 深层土的侧向位移(测斜)

在路堤坡肩处, 采用钻孔埋设特制的测斜管, 测试侧向位移。

图 2 为侧移及侧移速率随深度变化曲线。从图 2 可见, 最大水平位移发生在地表下 3.0 m, 表明浅层土体强度较低, 触变性高, 侧向挤出大。地表水平位移量不到土体埋深 3.0 m 处的一半, 这是因为施工前地表回填土在碾压后形成的地表以及铺设的土工布和土工格栅, 对表层土的侧向挤出有约束作用, 减小了表面土体侧向挤出量, 无疑对土体稳定是有

利的。

3.3 孔隙水压力

在道路规划永中处, 采用钻孔埋设法埋设孔隙水压力探头, 并采用干燥膨胀土泥球封孔密闭, 使测点土层孔隙水土上部土层孔隙水完全隔绝。对路堤填筑过程中孔隙水压力的长消情况进行了观测。

图 3 为孔隙水压力消散时程曲线。从图 3 可见, 随着填土荷载增加、停歇, 孔隙水压力也有规律的增长、消散。从总体上看, 浅层孔隙水压力探头压力增长、消散灵敏度远大于深层, 一般浅层孔压变化剧烈, 而深层则比较平缓。

3.4 分层沉降

土体内部的沉降是通过在土体内埋设沉降标进行观测的。沉降标为分层标, 分层标在同一测杆上, 分别观测土体沿深度方向不同层次的沉降量, 分层沉降采用磁环式沉降仪观测。测环自软基处理工作面开始, 每 2 m 设 1 个, 至穿透淤泥层, 进入下伏粘土中 1 m。

图 4 为分层沉降曲线, 从图中可见, 在填土施工期, 沉降曲线较陡, 稳载时, 沉降曲线趋于平缓。比较图 1 发现, 地表沉降和分层沉降磁环 M1 随时间的发展规律基本一致, 规律良好。地基的沉降主要发生在 M2~M4 所处的土层中, 此层为软塑到流塑状淤泥, 压缩量高达 207 mm, 占总沉降的 60.5% 以上。

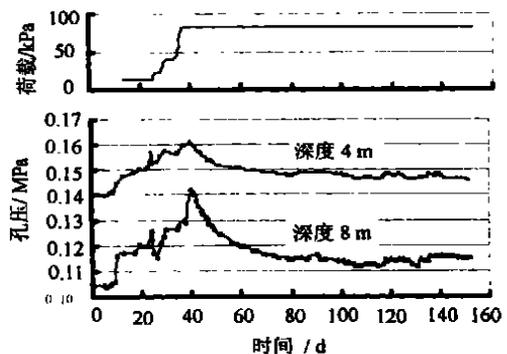


图 3 孔隙水压力消散时程曲线

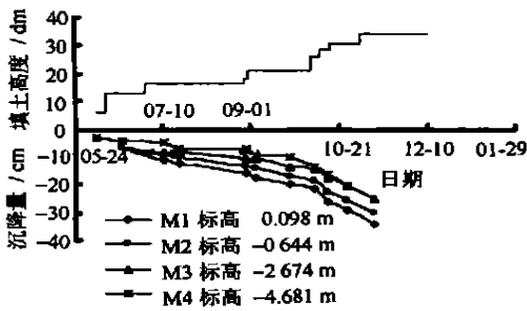


图 4 分层沉降曲线

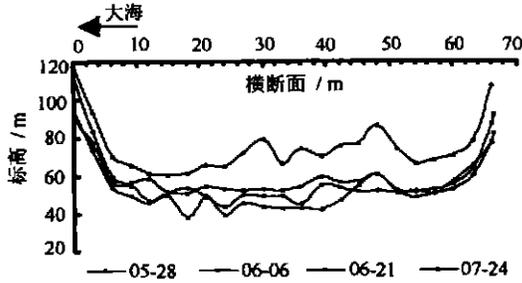


图 5 横断面沉降曲线

3.5 剖面沉降

本次现场试验选用美国 Geokon 公司的全断面沉降仪, 埋设于地表 0.5 m 下的砂垫层中, 每隔 3 m 测读一次。

从图 5 可以看出, 路基中心部位的沉降最大, 左右两侧的沉降较小, 与远离海边一侧的路堤比较, 近海侧沉降相对较大, 主要是因为近海侧路堤上堆有碎石, 及近海侧临空面影响。

3.6 对比试验与分析

比较地基处理前后的静力触探 P_s 值, 明显反映处理后土层强度的增长, 统计得出的各参数值见表 2。

从表中可以看出, 处理后淤泥和粘土的静力触探 P_s 值明显增长, 其容许承载力大大提高, 压缩模量增大, 压缩性降低。同时, 土的塑性状态得到改

表 2 地基处理前后土的力学参数

地层	P_s 值 /kPa	塑性 状态	容许承载力 σ_0 /kPa	压缩模量 E_s /MPa
淤 处理前	200~500	流塑	30~65	1.4~2.6
泥 处理后	400~1 000	软塑	50~130	2.2~4.1
粘 处理前	1 800~3 000	可塑	200~270	6.0~8.5
土 处理后	3 000~4 000	硬塑	270~400	8.5~10.7

善。比较而言, 淤泥的容许承载力和压缩模量提高幅度比粘土大, 这也充分说明了袋装砂井的排水作用, 加速了该层土的固结。

4 结论

通过对厦门市某段软基路堤的现场试验研究, 得到以下几点结论:

a. 静力触探测试表明, 本段软土地基经袋装砂井超载预压处理后, 地基土的物理力学性质得到明显改善, 软土强度提高了 67%~100%, 压缩模量提高了 57%, 说明用袋装砂井超载预压法处理行之有效。

b. 本路堤填筑达到设计技术要求; 在经过 8 个月的预压处理后, 可满足路面修筑前的软基固结度大于 80% 和道路工后沉降小于 30 cm 的要求。

c. 用袋装砂井预压处理时, 建议填土速率控制为: 中心沉降量 ≤ 20 mm/d, 侧向位移 ≤ 10 mm/d。填土分层碾压, 每层填土厚不大于 0.3 m。

参考文献

- [1] 哲学森. 软土地基沉降计算[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [2] 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- [3] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [4] 华东水利学院土力学教研室. 土工原理与计算(第二版)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1996.

Field experimental study on surcharge precompression combined with vertical drains

CHU Bin, ZHU Changqi

- (1. Institute of Rock Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;
2. Henan Provincial Communication Planning and Design Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: In this paper, the results of in-situ testing of the freeway of Xiamen city by surcharge precompression combined with vertical drains is introduced. The outcome of vertical drains ground is evaluated. Based on the field test results, it is considered that, after strengthening by surcharge precompression, the post-construction settlement of the freeway of Xiamen city will be small enough to satisfy the strict requirement of ground deformation. The tests also show that the safety monitoring of the ground should be carried out according to the rates of settlements and lateral displacements, so the construction indexes should be carried out 20 mm/d and 10 mm/d.

Key words: soft foundation treatment; surcharge precompression; settlement; pore water pressure