

DOI: 10.11779/CJGE2015S2005

上海迪斯尼工程场地形成中真空预压及 对周围环境的影响分析

梁志荣, 李忠诚

(现代设计集团上海申元岩土工程有限公司, 上海 200040)

摘要: 对上海迪斯尼工程场地形成过程中采用的真空预压试验进行了分析, 对真空预压引起的沉降变形、分层沉降、孔隙水压力等试验规律进行了系统总结。在此基础上, 对真空预压试验导致的场地外侧沉降变形和侧向变形进行了探讨, 得出一些有意义的结论为类似工程提供借鉴和参考。

关键词: 真空预压; 场地形成; 软土地基

中图分类号: TU470

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2015)S2-0022-05

作者简介: 梁志荣(1966-), 男, 浙江上虞人, 教授级高级工程师, 主要从事岩土工程设计及相关科研工作。E-mail: llq009@vip.sina.com。

Vacuum preloading for site formation of Shanghai Disneyland and its influence on surrounding environment

LIANG Zhi-rong, LI Zhong-cheng

(Shenyuan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Shanghai Xiandai Architectural Design Group, Shanghai 200040, China)

Abstract: Based on the vacuum preloading tests on site formation process of Shanghai Disneyland, the test results of surface settlement, layered sedimentation and pore water pressure are systematically analyzed. The influences on the settlement deformation and lateral displacement of the surrounding environment in the vacuum preloading tests are also analyzed. Some meaningful conclusions are drawn.

Key words: vacuum preloading; site formation; soft soil foundation

0 引言

上海迪斯尼场地形成工程位于浦东新区川沙黄楼镇, 总用地面积约 7 km^2 , 需要处理的地基面积 2.2 km^2 。上海迪斯尼乐园为亚洲第 3 个迪斯尼乐园, 预计需历时 5 年建成, 项目投资达 245 亿元人民币。

上海迪斯尼场地形成项目主要由乐园游乐区、乐园后勤区、酒店区、零售餐饮娱乐、停车场等组成。场地土层为第四纪全新世至上更新世长江三角洲滨海平原型沉积土层, 主要由黏性土、粉性土及砂土组成。按地层沉积时代、成因类型及其物理力学性质指标的差异, 场地土层自上而下可分为 7 个主要层次。其中③层淤泥质粉质黏土和第④层淤泥质黏土, 具有高含水率、高压缩性、低强度、高灵敏度等特点, 是导致将来场地在大面积填土和使用荷载条件下发生较大沉降量的主要土层, 也是场地形成需进行地基处理的主要原因。场地土层参数如表 1 所示。该工程地基采用真空预压进行处理地, 真空预压剖面如图 1 所示。

1 真空预压试验及监测方案

1.1 真空预压试验

对于乐园游乐区和乐园后勤区, 采用真空预压进行处理。真空预压针对不同的处理区域和处理要求, 采用不同的真空度^[1-3], 维持至沉降达到稳定。乐园游乐区排水板间距 1.0 m, 真空度 90 kPa。乐园后勤区排水板间距 1.5 m, 真空度 55 kPa。

1.2 试验内容

上海迪斯尼场地形成项目地基处理的监测任务主要包括地表沉降、分层沉降以及孔隙水压力, 临近场地和管线的变形。图 2 为分层沉降及孔隙水压力埋设图。

(1) 地表沉降

地表沉降监测采用 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ 的混凝土板, 中间埋设一个沉降杆, 铺膜后将沉降板安放在密封膜上, 为了保证沉降板的稳定性, 沉降板采用砂

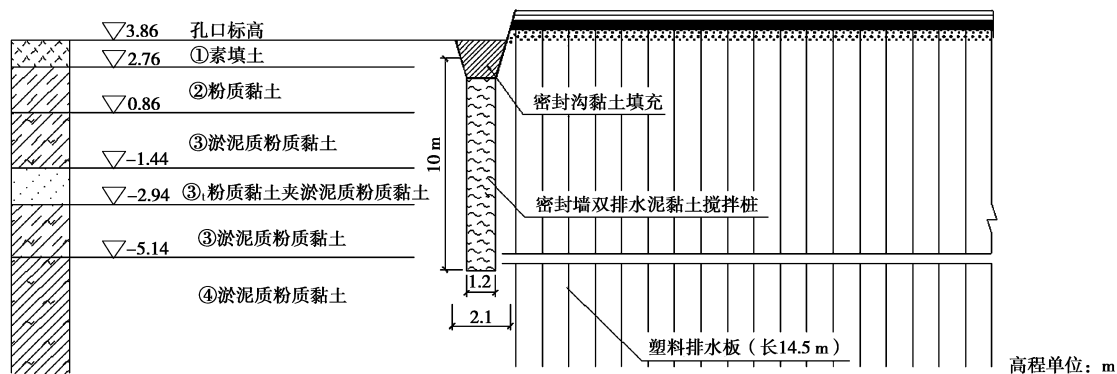


图 1 真空预压剖面图

Fig. 1 Profile of vacuum preloading

表 1 土层参数

Table 1 Soil layers

层序	土层名称	层厚 /m	含水率 /%	重度 /(kN·m ⁻³)	孔隙比 e	液限/%	塑限/%
①	填土	0.96	25.6	19.5	0.72	36.1	20.0
②	粉质黏土	1.90	30.9	18.7	0.87	36.3	20.5
③	淤泥质粉质黏土	6.06	40.6	17.6	1.14	34.8	20.0
④	淤泥质黏土	9.23	50.2	16.6	1.43	41.7	22.5
⑤ ₁	粉质黏土	8.04	40.5	17.5	1.16	40.3	21.9
⑤ ₃	粉质黏土	11.77	34.4	18.1	0.99	36.6	20.6
⑤ ₄	粉质黏土	2.34	23.3	19.6	0.68	31.5	17.2

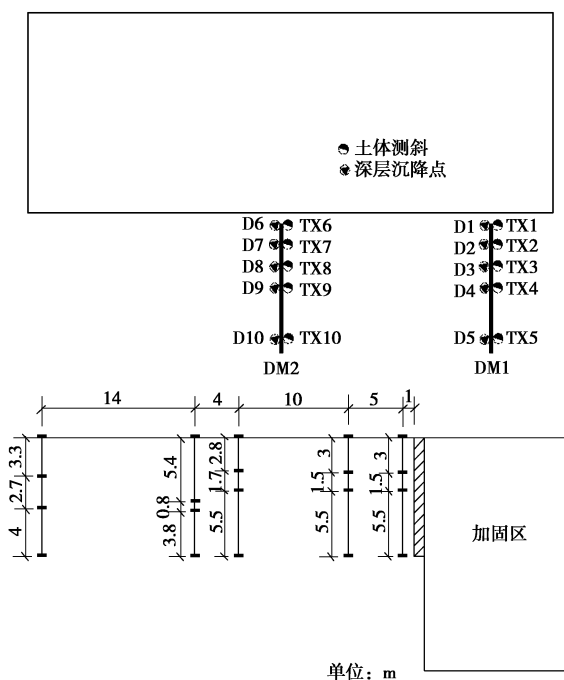


图 2 加固区外围监测点布置图

Fig. 2 Layout of monitoring points outside reinforced area

袋压实固定。

(2) 分层沉降

分层沉降通过在不同深度位置埋设分层沉降管实现。分层沉降埋管埋设如图 2 所示。

(3) 孔隙水压力

孔隙水压力的监测采用埋设孔压计来实现^[4-5]。为了保证测试数据的有效性,孔压计不能埋设过密,每组孔压计分 3~4 孔布设,每个孔内设置不超过 3 只孔压计。为保证测试元件的存活率,孔压计在放入孔内后,立即测试数据,一旦发现孔压计损坏后立即取出并更换。孔压计采用成熟且能够适合长期工作的负压专用振弦式渗压计。

(4) 真空预压外围沉降及侧向变形监测

在加固区外围设置了沉降监测点和侧向位移观测点^[6]。沉降测点距离密封墙的距离分别为 1, 6, 16, 20, 34 m。每个测点分别测试 4 个不同深度的沉降, 不同深度分别代表为地表、管线顶、管线底、10 m 处。

侧向位移采用在垂直密封墙布设 2 排测斜孔, 监测点距离密封墙的距离分别为 34, 20, 16, 6, 1 m。采用钻孔法埋设, 埋设深度 20 m。具体埋设图如图 2 所示。

2 真空预压变形分析

2.1 深层沉降分析

真空预压施工自 2011 年 10 月 05 日正式开始,截止 2011 年 12 月 04 日共计施工 60 d。至 12 月 01 日,该场地最大沉降量为 684 mm,最小沉降量为 506 mm,平均沉降量为 579 mm,沉降观测点达到该区块的目标沉降值(550 mm,膜前沉降 20 mm)。地表沉降历

时曲线、地表沉降速率曲线见图 3, 4 所示。

从沉降观测资料和沉降曲线可知, 整个场地的固结沉降与真空加压关系密切, 加压前期随真空度增大沉降速率明显增大。真空预压抽水大概 7 d 后真空压力保持在设计要求的 80 kPa 上, 在这 7 d 中, 地表沉降变化速率较大, 最大为 39 mm/d。真空度稳定后, 地表沉降变化速率逐渐放缓。本场地在真空预压施工到达一个月时就完成了 90% 的沉降量, 真空预压的效果非常明显。

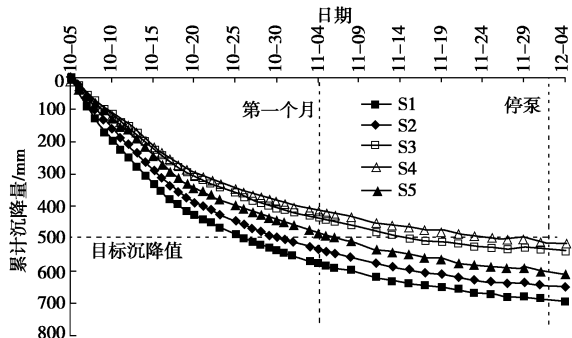


图 3 地表累计沉降历时曲线

Fig. 3 Settlement-time curves of surface settlement

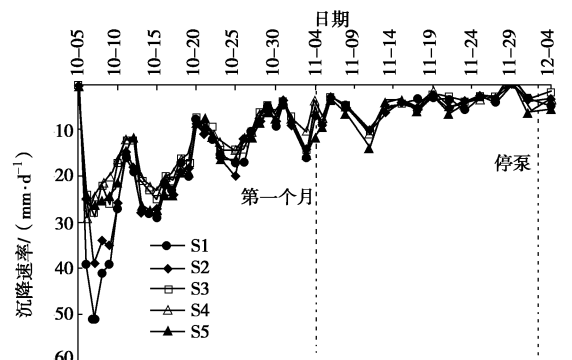


图 4 地表沉降速率历时曲线

Fig. 4 Settlement velocity curves of surface settlement

2.2 分层沉降分析

由图 5, 6 可见, 随着真空度逐渐的上升, 分层沉降逐渐发展。不同深度的分层沉降曲线形态基本相似, 但斜率不同。从不同孔位的分层沉降曲线上可以发现, 在浅层部分层沉降较大, 真空预压在 12.5 m 深度范围内影响较大, 12.5 m 以下则影响较小。26 m 处影响最小, 这也反映了在真空预压施工中, 由于排水板的深度, 以及真空度的传递效果和底部土层等多方面的因素, 使得最底部的土体沉降很小。

同时可以发现, ③淤泥质粉质黏土层压缩量占总沉降量的 60% 以上, ①素填土层以及④淤泥质黏土的压缩量占总沉降量 35% 左右, ⑤黏土层压缩量只占 5% 左右。在抽真空初始阶段的一个月内, 主要固结的土层为③淤泥质粉质黏土层, 在超过一个月后, 主要固结的土层为④淤泥质黏土层, 而⑤黏土层基本没有发

生较大沉降变形。

2.3 孔压消散分析

真空预压施工开始后, 各孔负孔压增加明显, 速率明显。随着时间的推移, 负孔压增加速度逐渐降低, 在 9d 后明显降低并趋向稳定, 并且 10 m 以上土体负孔隙水压力基本与真空压力接近, 说明该范围真空度较好, 真空预压效果明显。孔压与真空度关系密切, 上层土体孔压变化规律一致, 且变化曲线基本吻合。当深度超过 12.5 m 后孔压变化量明显降低, 在 22 m 以下孔压基本无变化, 说明加压影响随深度逐渐减少, 这与分层沉降的呈现的规律相一致 (如图 7, 8 所示)。

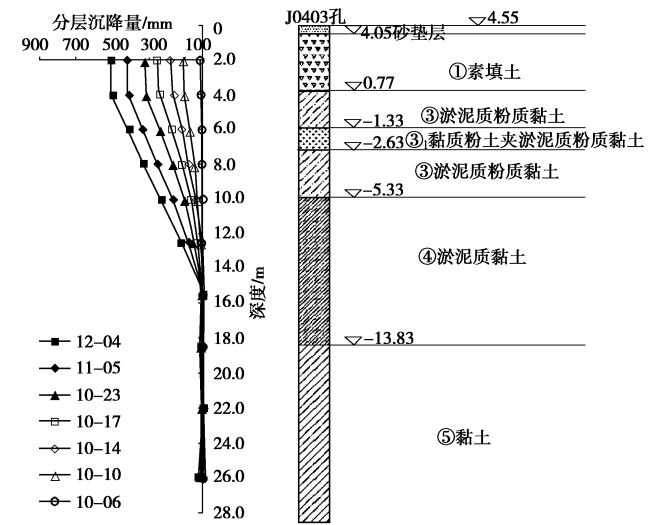


图 5 分层沉降沿深度变化曲线

Fig. 5 Variation of layered settlements with depth

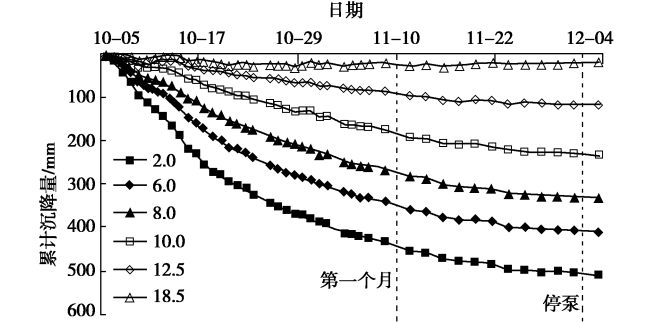


图 6 分层沉降变化历时曲线

Fig. 6 Variation of layered settlements with depth

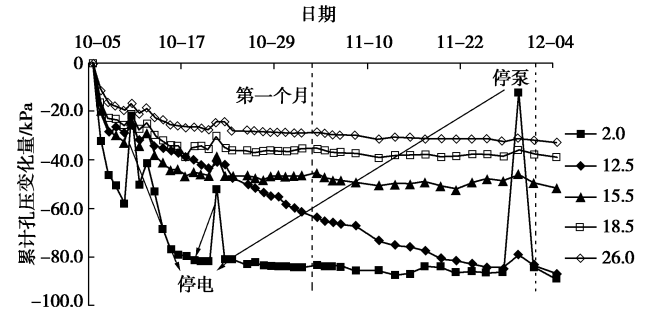


图 7 孔压变化历时曲线

Fig. 7 Variation of pore pressures with time

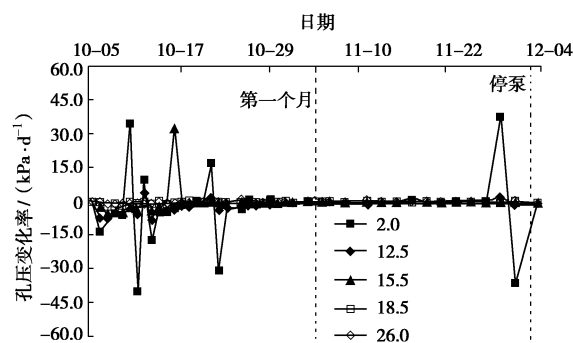


图 8 孔压变化速率曲线
Fig. 8 Variation rates of pore pressure

3 真空预压对周围环境的影响分析

3.1 监测内容

为了研究真空预压对场地周围环境的影响，在场地周围进行了地表沉降、深层水平位移、分层沉降观测。观测点布置如图 9, 10 所示，平行密封墙拟布设 2 排监测点，监测点距离密封墙的距离分别为 1, 6, 16, 20, 34 m。每个测点设置 4 个沉降测点，4 个测点深度不同，观测频率为 1 次/d。

3.2 现场监测成果与分析

(1) 地表沉降观测

从图 9 可以看出场地内的地表沉降随着加固时间的增加逐渐增加，在加固期达到 38 d 时场地内地表沉降均值达到近 500 mm。同时加固区外地表沉降也随着场地内的沉降增大而增大。距离真空预压近的区域地表沉降随加固区内沉降增大的趋势明显，距离真空预压区域远的位置这种变形趋势不明显。

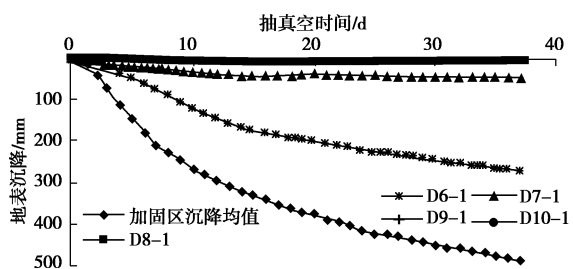


图 9 加固区外地表沉降断面时程曲线
Fig. 9 Settlement-time curves outside reinforced area

从图 10 可以看出距离真空预压区域越近影响越大，距离加固区 6 m 处沉降迅速减小，超过 16 m 范围内真空预压影响小于 10 mm。可以看出真空预压对地表沉降的影响范围主要在 16 m 范围内。从图 11 可以看出真空预压的对周边土体的影响深度主要集中在 10 m 范围以内。

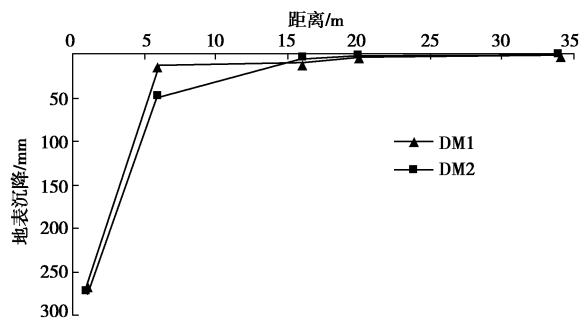


图 10 加固区外地表沉降剖面图
Fig. 10 Profile of surface settlement outside reinforced area

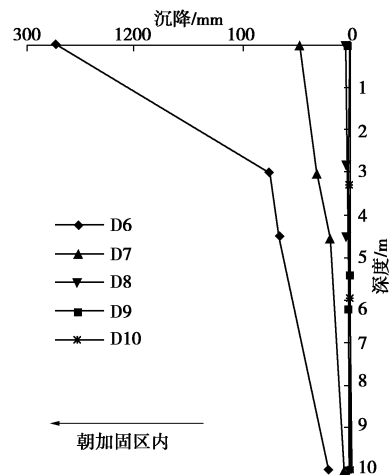


图 11 不同距离沉降与深度关系曲线
Fig. 11 Relationship between horizontal displacement and depth

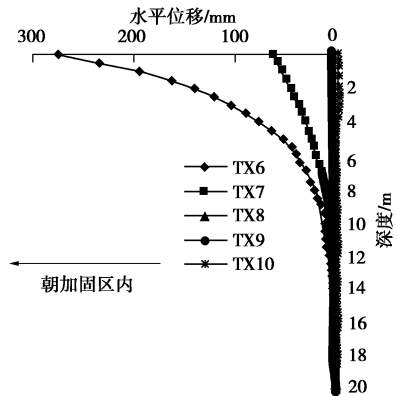


图 12 不同距离水平位移与深度关系曲线
Fig. 12 Relationship between horizontal displacement and depth

(2) 加固区外深层水平位移监测

从图 12~14 可以看出真空预压对周边土体的水平位移的影响也是距离加固区越近影响越大，距离加固区 6 m 处沉降迅速减小，超过 16 m 范围内真空预压影响小于 10 mm，影响范围主要集中在 16 m 范围以内。从 7 可以看出真空预压对周围土体的深层水平位移的影响深度在 14 m 范围以内，与塑料排水板的深度有关。坑外土体的沉降主要是由于加固区外土体向加固区移动造成的。

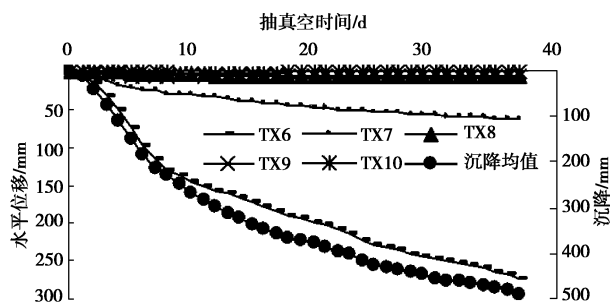


图 13 水平位移时程曲线

Fig. 13 Settlement-time curves of horizontal settlement outside reinforced area

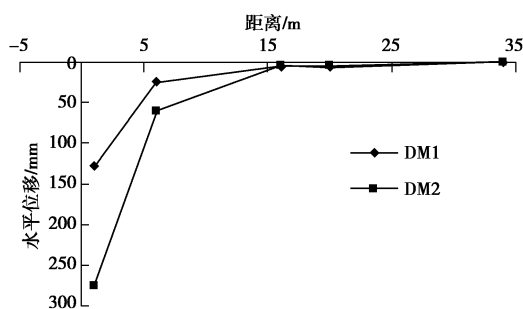


图 14 加固区外土体水平位移剖面图

Fig. 14 Profile of horizontal settlement outside reinforced area

4 结 语

综上所述,真空预压在较短的时间内达到了设计要求的目标沉降值,其中沉降主要发生在第 1 个月内。

真空预压对周边土体的影响主要集中在 16 m 以内,真空预压对距密封墙 16 m 以外土体的影响均在 10 mm 以内。真空预压对 16 m 范围的以内土体的水平位移方面的影响,从深处到浅部是逐渐增加的,且除了个别测斜孔浅部受外界干扰外基本呈线性增加。

通过真空预压试验可以看出在上海等软土地区,采用真空预压对大面积地基进行处理,可以取得良好效果,试验结果满足工程要求。

参考文献:

- [1] 刘汉龙,李 豪,彭 劼,等. 真空—堆载联合预压加固软基室内试验研究[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(1): 145 - 149. (LIU Han-long, LI Hao, PENG Jie, et al. Laboratory test on vacuum preloading combined with surcharge[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2004, 26(1): 145 - 149. (in Chinese))
- [2] 许海岩,谢 非,王占东. 真空堆载预扭法软基处理与插板深度的关系[J]. 地下空间与工程学报, 2011, 7(增刊 1): 1529 - 1532. (XU Hai-yan, XIE Fei, WANG Zhan-dong. Relation between soft soil treatment by vacuum stack-load preloading method and depth of plastic drainage board[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2011, 7(S1): 1529 - 1532. (in Chinese))
- [3] 温晓贵,朱建才,龚晓南. 真空堆载联合预压加固软基机理的试验研究[J]. 土工基础, 2010, 24(3): 71 - 74. (WEN Xiao-gui, ZHU Jian-cai, GONG Xiao-nan. Experimental study on mechanism of reinforcing soft foundation of bridge head by vacuum combined with surcharge preloading[J]. Industrial Architecture, 2010, 24(3): 71 - 74. (in Chinese))
- [4] 谢 非,肖 策,王占东. 塑料排水板堆载预扭法在软基处理中的应用[J]. 地下空间与工程学报, 2011, 7(增刊 1): 1542 - 1548. (XIE Fei, XIAO Ce, WANG Zhan-dong. Application of plastic dewatering board of preloading method in soft subgrade treatment[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2011, 7(S1): 1542 - 1548. (in Chinese))
- [5] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008. (GONG Xiao-nan. Foundation treatment manual[M]. 3rd ed. Beijing: China Building Industry Press, 2008. (in Chinese))

(本文责编 胡海霞)