

强夯加固人工回填火山灰地基的应用效果分析

陈道立

(海南港湾建筑工程公司,海南 海口 570311)

摘要:介绍强夯加固技术在海南省海口港联检楼人工回填火山灰地基中的应用效果.通过对地基加固前后的室内土工试验,以及现场标贯试验和载荷板试验,对比分析了强夯加固效果.结果表明,地基在单击夯击能为 $650\text{ kN}\cdot\text{m}$ 作用下,地基的有效加固深度约为 5 m ,加固后地基的允许承载力约为 300 kPa ,变形模量约为 30 MPa ,满足了海口港联检楼对地基的设计要求.

关键词:强夯加固;火山灰;承载力;变形模量

中图分类号:TV223 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2004)07-0084-02

随着经济建设的发展,人类活动也日益频繁.交通运输的高速需求所衍生的基础工程(包括公路、铁路、机场、港口等)的建设也日益迫切,这也对岩土工程中的软基加固技术提出了更高的要求.海口港作为海南省最大的口岸,每天都接送着成千上万的旅客进出港,为满足日益增长的客流量要求,决定在海口港 6 号泊位的西侧,一块长 75 m ,宽 40 m 的人工回填火山灰地基上建造一座海口港联检楼.该工程场地地基的土质分层情况从上至下为:①人工回填火山灰,平均厚 7 m ;②灰色细砂,平均厚 0.9 m ;③灰色淤泥,平均厚 2 m ;④灰色细砂夹淤泥,平均厚 2.8 m ;⑤灰黄色亚黏土混砂,平均厚 3.1 m ;⑥灰黄色细砂,平均厚 1.8 m ;⑦杂色砾砂混黏性土,平均厚 1 m ;⑧花岗岩强风化层.该场地附近平均海平面在地面以下 3 m .回填土地基中含有大小不等的微孔火山块石,土质极不均匀,且结构松散.为满足海口港联检楼的承载力和变形要求,设计采用强夯法对该人工回填的火山灰地基进行加固,并要求在强夯处理后,地基的允许承载力达到 200 kPa ,变形模量达到 25 MPa .

本次强夯面积为 3000 m^2 ,强夯施工的工艺参数为:①点夯 3 遍,每遍 $6\sim 9$ 击,每遍间隔时间为 2 周;点夯所用夯锤重为 5 t ,直径为 0.8 m ,落距为 13 m ,夯点间距为 6 m ,正方形布置.②普夯 2 遍,每遍 1 击,搭 $1/3$ 锤印,普夯所用夯锤重为 6 t ,直径为 1.2 m ,落距为 10 m .

1 室内土工试验

为了检测强夯加固效果,加固前后均布置了钻

探任务(强夯前布孔 5 个,强夯后布孔 13 个),在现场取原状土样进行室内土工试验,得到加固前后土的物理力学性质指标平均值如表 1 所示.

表 1 加固前后回填土的物理性质指标平均值

项目	含水率 $w/\%$	密度 $\rho/$ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	孔隙 比 e	直剪固快指标 c/kPa	直剪固快指标 $\varphi/(\text{^\circ})$	压缩系数 $a_{v1-2}/$ MPa^{-1}	压缩模量 $E_{s1-2}/$ MPa
强夯前	21.2	1.91	0.717	14.6	22.9	0.47	4.1
强夯后	20.3	1.93	0.660	15.9	25.4	0.39	4.3

从表 1 可知,人工回填的火山灰地基经强夯加固后,含水率降低、密度增加、孔隙比减小.相应地,抗剪强度提高、压缩性减小.这表明地基经强夯加固后的各项性能指标均得到明显改善.

2 现场标贯试验

人工回填的火山灰地基在强夯加固前后的现场标准贯入试验结果如图 1 所示.从图中可见,强夯加

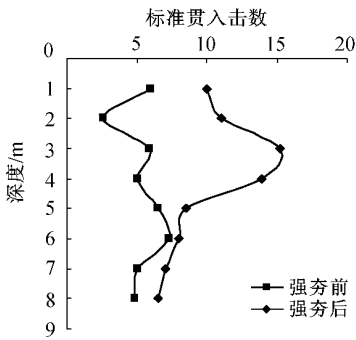


图 1 加固前后的标准贯入击数

固后, 1 m 深度范围内的标贯击数提高约 4 击, $2\sim 4\text{ m}$ 深度范围内的标贯击数提高约 9 击, $5\sim 8\text{ m}$ 深度

范围内的标贯击数提高约 2 击. 因此, 在 1~5 m 深度范围内, 强夯的加固效果最显著, 这也说明了强夯加固的有效深度在地表以下 1~5 m.

强夯加固的有效深度 H 也可以根据夯锤质量 M 和落距 h (即夯击能) 按下式^[1]来估计.

$$H = \alpha \sqrt{Mh} \tag{1}$$

式中: α 为介于 0.5~1 的系数. 根据本工程回填土的性质, 参考其他工程经验, 取 $\alpha = 0.5$, 则按式(1)估算的有效深度约为 4 m, 与实测标贯击数所反映的有效加固深度基本一致.

强夯加固后, 使得 1~5 m 深度范围内的标贯击数显著提高, 而其上覆和下卧土层标贯击数的提高却较为有限. 其原因主要在于, 强夯传给地基的能量是由压缩波、剪切波和瑞利波联合传播的, 瑞利波的竖直分量中的大部分波能集积在地基表层, 并往外衰减传播, 在地基表面无上覆压力的情况下, 这种竖向振动对表层土体起着松动的作用, 因此, 在地表 1 m 深度范围内以及有效深度以下的下卧土层范围内, 标贯击数在强夯后的提高效果不如 1~5 m 深度范围内的提高效果显著.

3 现场载荷板试验

为了检验回填的火山灰地基经强夯加固后的地基允许承载力和变形模量, 在加固区内选择了 10 个试验点位置进行载荷板试验. 载荷板为 1 m×1 m 的钢板, 施加的满荷载为 400 kPa, 分级施加, 每级加载按 40~50 kPa 进行. 每个试验点在加载达到 200 kPa 前卸载回弹试验 2~3 次. 试验结果发现, 10 个载荷板试验都完成了逐级加载和卸载, 荷载与沉降关系曲线变化规律明显, 典型的荷载与沉降关系曲线如图 2 所示.

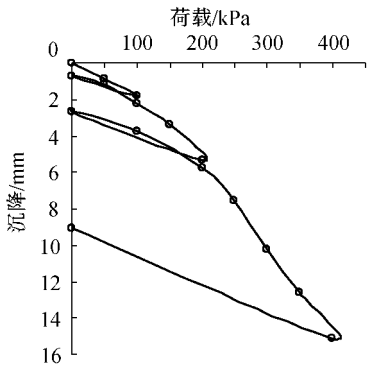


图 2 典型的荷载与沉降关系曲线

不论直接从实测的荷载与沉降关系曲线还是按有关经验方法都难以找出比例界限点, 极限破坏点则更难确定, 这与地基加固后承载力提高而加载最大值只有 400 kPa 有关. 根据这种情况, 按相对沉降

控制法确定地基的允许承载力则较为可行, 即取载荷试验中沉降量达到 0.01 倍的载荷板宽度时所对应的荷载为地基的允许承载力. 10 个试验点的载荷试验结果按这种方法确定的地基允许承载力最小值为 260 kPa, 最大值为 340 kPa, 平均值为 300 kPa. 另外, 根据表 1 的物理力学指标, 按理论公式^[2]确定的加固后地基允许承载力为 285 kPa. 两种方法确定的地基允许承载力基本一致, 说明强夯加固后的地基能够满足允许承载力的设计要求.

对比分析 10 个试验点的载荷试验结果发现, 在 200 kPa 前的荷载沉降关系近似处于线弹性阶段, 因此, 取泊松比为 0.35, 则可以按照弹性理论公式^[2]计算得到地基的变形模量, 其最大值为 42 MPa, 最小值为 25 MPa, 平均值为 30.5 MPa. 满足变形模量的设计要求. 可见, 本工程采用强夯加固人工回填的火山灰地基是成功的.

4 结 语

本工程实践表明, 采用强夯方法加固人工回填的火山灰地基是一种行之有效的方法. 在单击夯击能为 650 kN·m 作用下, 地基的有效加固深度约为 5 m. 加固后地基的允许承载力约为 300 kPa, 变形模量约为 30 MPa, 满足了海口港联检楼对地基的设计要求, 也为类似工程提供了经验.

参考文献:

[1] 叶书麟, 韩杰, 叶观宝. 地基处理与托换技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. 41~71.
[2] 钱家欢. 土力学[M]. 南京: 河海大学出版社, 1995. 86, 202~230.

(收稿日期 2004-10-18 编辑: 马敏峰)

· 简讯 ·

中-荷岩土工程计算软件研讨会在南京召开
2004 年 12 月 1 日, 河海大学岩土所与荷兰代尔夫特岩土所(GeoDelft)在南京共同举办了中-荷岩土工程计算软件研讨会. 来自荷兰代尔夫特岩土所、河海大学、东南大学、南京工业大学、江苏省电力设计院、南京水科院、南京市测绘勘察设计院、南京水利规划设计院、上海市水务工程设计研究院等单位的代表 80 多人参加了会议. 研讨会上荷兰代尔夫特岩土所 Peter Brand 先生做了题为《Principle behind Delft GeoSystems》的主题报告, Remco Schrijver 先生介绍了在线监测技术在荷兰的应用和发展, 河海大学张富有博士和吴跃东副教授分别介绍了荷兰代尔夫特岩土所边坡稳定软件(MStab)和沉降计算软件(MSettle)的应用, 袁俊平博士介绍了有限元在岩土工程中的应用, 并演示了自编的 FEMCAD 软件, 南京工业大学庄海洋博士介绍 Abaqus 在岩土工程中的应用, 最后 Peter Brand 先生演示了代尔夫特岩土所计算软件(Delft GeoSystems)及其与 PLAXIS 的比较.

(编辑部供稿)