



泡沫轻质土在软弱地基处理中的应用

王 宇¹, 解宝新²

(1. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230;

2. 三亚城市投资建设有限公司, 广东 三亚 572000)

摘要: 结合工程实例, 介绍泡沫轻质土对软弱地基的加固方案, 并根据地下水腐蚀强度进行地基承载力和沉降量验算。结果表明, 泡沫轻质土超挖换填软弱地基, 不增加附加应力, 工后沉降为 0, 考虑地下水腐蚀影响时, 通过素填土层厚度控制超挖深度, 地基承载力和工后沉降均能满足规范要求, 为表层素填土下卧软弱淤泥层场地地基处理的方法应用提供了借鉴。

关键词: 泡沫轻质土; 地基处理; 沉降量; 应用

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0173-04

Application of foamed mixture lightweight soil in soft soil foundation treatment

WANG Yu¹, XIE Bao-xin²

(1. CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China;

2. Sanya City Construction Investment Co., Ltd., Sanya 572000, China)

Abstract: Combining with the practical project, this paper presents the scheme of foamed mixture lightweight soil in soft soil foundation treatment. According to the groundwater corrosion strength, it calculates the subgrade bearing capacity and settlement. The results show that it will not increase the additional stress and settlement after construction. Considering the influence of groundwater corrosion and controlling the depth of over excavation by the plain fill thickness, both the foundation's bearing capacity and settlement after construction can meet the requirements. It provides a reference for soft soil foundation treatment.

Keywords: foamed mixture lightweight soil; foundation treatment; settlement; application

湛江沿海地基多为软弱地基, 一般由饱和软土组成, 通常为高压缩性、高孔隙比和高含水量的淤泥或淤泥质土^[1], 这类饱和软土, 其沉降变形的本质可用有效应力原理来说明: 在附加应力的作用下, 超孔隙水压力不断消散, 有效应力不断增长; 与此同时, 随超孔隙水压力的消散, 软土中的自由水不断排出, 体积不断压缩, 表现为沉降的发生。

以湛江宝满物流园区连接线为例, 采用泡沫

轻质土作为填筑材料, 将换填厚度向原地面以下延伸, 使软土层的附加应力小或等于有效应力, 软土层处于超固结状态, 在极短的时间内能增强地基承载力^[2], 减少软弱地基工后沉降和侧向土压力。

1 工程概况

宝满物流中心位于湛江港宝满港区, 其南侧毗邻已建的湛江港宝满集装箱码头一期工程、拟建的

收稿日期: 2015-01-26

作者简介: 王宇 (1983—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路设计工作。

一期扩建工程和二期工程, 北侧毗邻规划铁路调车场, 用地红线面积 50.29 万 m², 软基处理面积 42.38 万 m², 并建设相应配套的口岸监管、业务、消防、污水处理、供电、维修等生产辅助设施, 形成年处理集装箱 11 万 TEU、件杂货 40 万 t 的能力。

宝满物流园区连接线公路位于港区东部, 衔接物流园区和现状海港大道, 全线均分布淤泥和淤泥质土。因项目工期短, 为保证既定通车时间, 通过技术经济指标比选后, 根据地质情况采用泡沫轻质土进行地基处理。

2 工程地质

根据钻探所探揭露的地层分析, 勘区上部为新近回填的素填土 (Q_4^{ml})、第 4 纪全新世海相沉积形成的松散中粗砂层、灰色淤泥、淤泥质土、淤泥混砂及砂混淤泥等软弱土层 (Q_4^m); 中部为第 4 纪中更新世北海组形成的杂色黏土-粉质黏土、中粗砂、粉细砂等土层 (Q_2^b); 下部为第 4 纪下更新世湛江组形成的灰色黏土-粉质黏土、灰色中粗砂、灰色粉细砂等地层 (Q_1^z)。各土层技术指标见表 1。

表 1 各土 (岩) 层的地基容许承载力值及桩基极限阻力标准值

层号	土层名称	地基容许 承载力值/kPa	桩端极限阻力标准值 q_R /kPa			桩侧极限摩阻力 标准值 q_f /kPa	层厚/m
			桩端入土深度/m				
			9 ~ 16	16 ~ 30	> 30		
①	素填土	90				15	2.1 ~ 3.3
② ₁	淤泥	45				6	1.3 ~ 12.3
② ₂	淤泥质土	80				8	0.5 ~ 9.6
③	黏土-粉质黏土	140				40	0.8 ~ 7.6
③ ₁	中粗砂	180				35	0.9 ~ 6.5
③ ₂	淤泥质土	90				20	2.8
③ ₃	粉细砂	120				25	1.2 ~ 9.6
④ ₁	黏土-粉质黏土	120				40	1.8 ~ 7.5
④ ₂	黏土-粉质黏土	150	1 000	1 200	1 300	50	1.3 ~ 13
④ ₃	黏土-粉质黏土	200	1 400	1 900	2 300	60	3.4 ~ 16.6
④ ₄	中粗砂	250	5 500	6 500	7 500	70	0.5 ~ 5.1
④ ₅	粉细砂	140	2 100	3 000	3 800	50	1.7 ~ 3
⑤	粗砾砂	280	7 500	8 500	9 500	100	26.6 ~ 38.7

注: 后面 3 项为打入桩单位面积的物理量。

地质报告揭示, 项目建设区域无建筑垃圾, 第 1 层素填土主要为黏土-粉质黏土组成, 局部夹淤泥质土及中粗砂等, 厚度为 2.1 ~ 3.3 m, 地基承载力较高。

3 处理方案

连接线采用泡沫轻质土换填处理, 泡沫轻质土是“用物理方法将发泡剂水溶液制备成泡沫, 与必须组分水泥基胶凝材料、水及可选组分集料、掺和料、外加剂按照一定的比例混合搅拌, 并经物理化学作用硬化形成的一种轻质材料”^[3]。从本质上讲, 泡沫轻质土是一种加气混凝土。

3.1 设计参数

1) 泡沫轻质土密度等级 W5; 2) 泡沫轻质土强度等级 CF0.8; 3) 工后沉降不大于 30 cm。

3.2 软弱地基处理

轻质泡沫土处理软弱地基的加固机理为, 适当超挖现状地基, 换填为泡沫轻质土, 泡沫轻质土密度较小, 根据路基填筑高度计算合适的超挖深度, 超挖换填后回填泡沫轻质土的附加应力小或等于换填的素填土自重应力, 地基土处于超固结状态, 处理后理论工后沉降为 0^[4]。

地基处理方案为: 超挖 h 深度的现状地基后, 为避免地下水损害轻质泡沫土, 底层铺设 30 cm

3) 地基承载力和最大沉降验算。

对泡沫轻质土按 15 m 分段后, 显示超挖至淤泥层最大深度 0.6 m, 位于 K1 + 235 ~ K1 + 250 段, 针对该段进行地基承载力采用软弱下卧层矩形基础进行计算, 计算公式如下:

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (2)$$

$$p_z = lb(p_k - p_c) / [(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)] \quad (3)$$

矩形基础 $l = 32$ m, $b = 15$ m, 经计算, $p_z = 7.5$ kPa, $p_{cz} = 36.3$ kPa, $p_z + p_{cz} (= 43.8$ kPa) $\leq f_{az} (= 45$ kPa), 满足软弱下卧层地基承载力要求。

施工期间周边无相邻荷载影响, 基础宽度 15 m, 基础中点地基变形计算深度和最终沉降量采用如下公式计算:

$$s = \Psi'_s \Psi_s \sum p_0(z_i a_i - z_{i-1} a_{i-1}) / E_{si} \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$Z_n = b(2.5 - 0.4 \ln b) \quad (5)$$

附加应力为超挖至淤泥层顶后各填筑层产生的附加应力, 其中压缩模量 E_{si} 应采用再压缩模量。

经计算, $s = 0.22$ m < 0.3 m, 满足路基工后沉降要求。

4) 结果分析。

轻质泡沫土处理软弱地基时, 应考虑地下水的腐蚀性影响, 避免进入腐蚀性地下水范围或含水量高的淤泥层。当计算超挖深度 h 不超过素填土层深度时, 附加应力为 0, 工后沉降为 0, 满足软弱地基处理技术要求^[5]。当计算超挖深度 h 超过素填土层深度时, 选择超挖深度进入淤泥层最深路段进行计算, 采用有软弱下卧层的矩形基础验算地基承载力, 并根据无相邻荷载影响简化公式验算最大沉降量。

宝满物流园区连接线大部分分段超挖深度均不超过素填土深度, 最大沉降量发生在 K1 + 235 ~ K1 + 250 段, 软弱下卧层顶总应力 43.8 kPa, 未超过下卧淤泥层容许地基承载力要求, 根据施工

监测结果显示, 该路段工后总沉降 $s = 0.22$ m, 未超过工后沉降规范要求, 该处理方法是成功的。

4 结语

1) 国内采用泡沫轻质土对港口地区表层素填土下卧深厚淤泥层进行地基处理的工程实例较少, 本工程通过对这种地质条件下地基处理的研究, 对软基处理方案进行了新的探索, 总结了新的经验。

2) 泡沫轻质土采用密度小的填筑材料换填密度大的现状地基, 基本不增加附加应力, 工后沉降为 0, 满足地基处理的要求, 对土层扰动小, 边坡坡率小, 适用于低填路基, 工程造价低于水泥搅拌桩。

3) 泡沫轻质土为混凝土结构, 地下水腐蚀性为中度及以上时, 需考虑腐蚀性影响, 超挖深度不宜进入含水量高的淤泥层或地下水位以下, 否则应以素填土层深度控制超挖深度, 并采用有软弱下卧层的矩形基础验算地基承载力和工后沉降。

4) 泡沫轻质土密度小, 具有自流动性, 施工方便, 7 d 可以达到强度等级的 80%, 工期短, 且无侧向压力, 具有一定的刚性, 可抑制地基不均匀沉降和侧移, 可应用于港区道路地基处理、岸堤支挡结构回填、新旧地基搭接处理等, 对其他工程具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 王绪锋. 土体固结参数的反分析与工程应用[J]. 水运工程, 2014(4): 154-157.
- [2] 张鹏华. 泡沫轻质土技术综述[J]. 山西建筑, 2013(39): 95-96.
- [3] CJJ/T 177—2012 气泡混合轻质土填筑工程技术规程[S].
- [4] 戴智敏. 气泡混合轻质土的应用技术研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [5] 盛斌. 泡沫轻质土在高等级公路特殊路段的应用[J]. 公路与汽运, 2014(12): 15-17.

(本文编辑 武亚庆)