

水泥搅拌桩在铁路桥涵地基处理中的应用

张燕云

中铁第五勘察设计院集团有限公司, 北京 102600

[摘要] 以某铁路小桥涵软土地基处理为实例, 进行设计计算和推导桩间土承载力折减系数, 通过载荷试验对比修正设计参数, 使得处理后地基满足承载力需求, 为同类设计提供一定参考。

[关键词] 水泥土搅拌桩; 基础处理; 应用

DOI: 10.33142/ec.v3i3.1572

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Application of Cement Mixing Pile in Foundation Treatment of Railway Bridge and Culvert

ZHANG Yanyun

China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: Taking the soft soil foundation treatment of a small railway bridge and culvert as an example, the design calculation and deduction of the reduction coefficient of the bearing capacity of soil between piles are carried out and the design parameters are corrected through the load test comparison, so that the treated foundation can meet the bearing capacity requirements, providing certain reference for the similar design.

Keywords: cement soil mixing pile; foundation treatment; application

引言

在新建铁路工程中, 经常出现不良地基, 如湿陷性黄土, 软土地基, 饱和黏土及液化地基, 溶洞区地基。小桥涵的地基处理, 在不少工程设计中没有得到很好的解决, 有的涵洞还因此塌腰积水, 甚至开裂。现在很多客运铁路对地基沉降提出了严格的要求, 地基处理方案的选择和设计, 直接关系到涵洞在线路的位置选取, 涵洞结构形式的确定。因此该技术具有现实应用价值。本文以时速 160km/h 的某铁路小桥涵地基处理工程为例, 对水泥搅拌桩的应用进行探讨。

1 水泥土搅拌桩的方案选定和地质概况

水泥搅拌桩适用于粉土、饱和黄土、素填土、粘性土以及无流动地下水的饱和松散砂土, 当处理泥炭土、有机质土、塑性指数 I_p 大于 25 的黏土、地下水具有腐蚀性时以及无工程经验的地区, 必须通过现场试验确定其适用性。经过参考其他工程实例和相关文献, 该地质状况适宜采用水泥搅拌桩进行加固, 该工程范围内土层①厚度为 10m, 土层②厚度为 15m, 地质概况如下:

表 1 工程地质参数表

土层编号	土层	土层描述	厚度(m)	C(kPa)	$\psi(^{\circ})$	E_s (MPa)	E_0 (MPa)	σ_s (kPa)	q_{si} (kPa)
①	粉质黏土	稍-中密状	10.0	22.3	12.7	5.61	4.25	140	25
②	粉细砂	稍-中密状	19.0	0	31	14.8	14.5	155	30

2 水泥土搅拌桩设计

2.1 设计参数选定

水泥土搅拌桩桩径选定为 500mm, 桩间距 1.2m, 三角形布置, 置换率 $m=0.136$, 设计桩长 10.5m, 确保桩伸入粉细砂层 0.5m。固化剂采用 42.5 级普通硅酸盐水泥, 水灰比采用 0.45, 水泥掺入比为 12%, 桩身强度采用与搅拌桩水泥土配比相同的室内加固土试块(70.7mm)在标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度标准值, $P_f=3.87$ MPa, 并试压 28d 龄期强度试块与试桩 28d 原状试件对比。加筋褥垫层厚度 $h=300$ mm 的粒径不大于 20mm 的砂石料, 模量为 30MPa, $E_p=100P_f$ 。

2.2 单桩竖向承载力特征值

由桩侧摩阻力和桩端阻力控制的单桩承载力:

$$[P] = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + \alpha q_p A_p = 1.57 \times (25 \times 10 + 30 \times 0.5) + 0.5 \times 155 \times 0.196 = 280.19 \text{ kN}$$

由桩身强度控制的单桩承载力

$$[P] = \eta P_f A_p = 0.3 \times 3870 \times 0.196 = 227.56 \text{ kN}$$

式中： P_f ——与搅拌桩桩身水泥土配比相同的室内加固土 70.7mm 立方体在标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度平均值，kPa；

η ——桩身强度折减系数；次工程为湿法搅拌，取 0.25；

A_p ——桩身截面积 (m^2)；

u_p ——桩的周长，m；

n ——桩长范围内所划分的土层数；

q_i ——桩周第 i 层土的侧阻力特征值；

l_i ——桩长范围内第 i 层土的厚度，m；

q_p ——桩端地基土未经修正的承载力特征值，kPa；

α ——桩端天然地基土的承载力折减系数，取 0.5。

2.3 以刚性简化模型进行桩间土承载力折减系数 β 推算

本模型基本假设：(1) 基础半无限大，且绝对刚性；(2) 桩端持力层为坚硬土层，桩无向下刺入变形。复合地基极限承载力状况下：

$$\sigma_{spk} = m\sigma_p + (1-m)\sigma_{sr} \quad (1)$$

桩应力：

$$\sigma_p = \frac{R_A}{A_p} \quad (2)$$

桩间土实际应力：

$$\sigma_{sr} = \frac{\sigma_p}{n} = \frac{R_a E_s}{A_p E_p} \quad (3)$$

式(2)(3)代入式(1)，得

$$\sigma_{spk} = m \frac{R_a}{A_p} + (1-m) \frac{R_a E_s}{A_p E_p} \quad (4)$$

对照复合地基承载力计算公式，

$$\sigma_{sp} = m \frac{[P]}{A_p} + (1-m)\sigma_s \beta$$

得到

$$\beta = \frac{R_a E_s}{A_p E_p f_{ak}} = \frac{227.56 \times 5.61}{0.196 \times 387 \times 140} = 0.16$$

2.4 竖向承载复合地基承载力

$$\sigma_{sp} = m \frac{[P]}{A_p} + (1-m)\sigma_s \beta = 0.136 \times \frac{227.56}{0.196} + (1-0.136) \times 140 \times 0.16 = 177.25 \text{ kPa}$$

式中， σ_{sp} ——复合地基容许承载力(kPa)；

β ——桩间土承载力折减系数；

$m = \frac{A_p}{A}$ ——置换率，桩面积与桩所承担的复合地基面积之比。

3 影响水泥土搅拌桩应用的关键因素

3.1 施工机械

水泥搅拌桩对地基处理的效果一直以来有较大争议，其中，施工机械的选择对施工质量的控制其关键作用，为了控制延米水泥掺入量、搅拌深度和搅拌次数，水泥搅拌桩施工必须配置经国家计量部门确认的、能检测并记录的、具

有防作弊功能的水泥掺入量计量装置和搅拌深度自动记录仪。

3.2 工艺试验

正式施工前必须进行工艺试验,以便掌握施工现场的成桩经验和有关技术参数,试验桩应该选择有代表性的位置分散布置,且不少于5根。工艺试验应检验桩的完整性、均匀性。

3.3 设计参数校核

3.3.1 桩身折减系数的校核

实验室得到加固土试块90d龄期的立方体抗压强度标准值是一个理想状态参数,对桩身强度折减系数的选取是经验做法,而且每个工程由于土质、气候等外界因素各异,折减系数的选取不能很好的贴近实际。所以试桩后,成桩28天按照规范取样,做不少于3个试验的无侧限抗压强度试验,对比90d龄期强度,从而可以校核折减系数的选取是否合理。

3.3.2 桩底地基土容许承载力折减系数校核

成桩28d后应根据规范要求对单桩或复合地基进行荷载试验,根据荷载试验,校核桩底地基土容许承载力折减系数 α 。

3.3.3 桩间土承载力折减系数校核

成桩28d后应根据规范要求对单桩或复合地基进行荷载试验,根据荷载试验,校核桩间土承载力折减系数 β 。

4 结语

该工程单桩承载力试验得到的单桩承载力平均值为249.2kN,最小值为214.3kN,基本符合设计假设。根据沉降观测,工后沉降满足规范100mm的要求。

水泥土搅拌桩应用是半经验半理论结合的结果,实际应用要考虑当地的地质条件、气候和施工环境等诸多要素,而且要考虑施工单位的实际工艺水平,以规范公式计算为主,根据实验结果对设计计算时的参数进行修正,使得设计吻合实际工程。在今后的工作当中,我们需深入分析水泥土搅拌桩的工程特性,结合地基的特点和应用范围,合理地计算沉降、变形量等,以数据结果作为质量控制过程的主要参考依据。

[参考文献]

- [1]席培胜,刘波,刘松玉,等.钉形双向水泥土搅拌桩单桩承载特性研究[J].地下空间与工程学报,2015(6):1491-1497.
- [2]陈胜,徐光黎,赵新益,等.铁路路堤稳定性极限状态设计方法研究——以水泥土搅拌桩复合地基为例[J].铁道学报,2016(4):82-89.
- [3]赵新伟.水泥土搅拌桩在西北平原水库坝基防渗中的应用[J].中国水运:下半月,2019(6):173-174.
- [4]刘华明.水闸地基处理中水泥土搅拌桩的应用研究[J].工程技术研究,2018(6).

作者简介:张燕云(1981.7-),专业:防灾减灾工程及防护工程,兰州交通大学。