

文章编号:1673-9469(2008)01-0014-03

碎石注浆桩复合地基技术及承载力分析

史三元¹, 陈明¹, 郭长印², 贾炜炜²

(1. 河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038; 2. 邯郸市建筑业管理办公室, 河北 邯郸 056001)

摘要:分析了碎石注浆桩的加固机理,提出了其质量控制标准,并以现行的《建筑地基基础设计规范》GB5007-2002、《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2002中有关设计原则作为参考,结合碎石注浆桩复合地基的特点,提出了修正的承载力公式,与工程实测的结果相比较,本公式对碎石注浆桩承载力计算更具有适用性。

关键词:碎石注浆桩;复合地基;承载力分析

中图分类号: TU473.1

文献标识码: A

The analysis of technique and bearing capacity of crushed stone grouting pile compound foundation

SHI San-yuan¹, CHEN Ming¹, GUO Chang-yin², JIA Wei-wei²

(1. College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. Handan Construction Administration Office, Handan 056001, China)

Abstract: The consolidation mechanism of crushed stone grouting pile was analyzed and the controlling criterion of quality of crushed stone grouting pile was raised. The available code for design of building foundation GB50007-2002 and the technical code for ground treatment of building JGJ79-2002 were referred. The revised formula of bearing capacity was introduced considering the traits of crushed stone grouting pile compound foundation. The measurement results gotten from practical project show that the formula is applicable for the calculation of the crushed stone grouting pile bearing capacity.

Key words: crushed stone grouting pile; compound foundation; the analysis of bearing capacity

碎石注浆桩是一种用于提高碎石桩强度的地基处理新方法,该技术利用机械成孔,放入注浆管后投入石料,进行压力注浆。碎石注浆桩施工所占用的场地较小,在施工过程中无振动、无噪音、不挤土,对周围的建筑物影响很小,且施工机械轻便,速度快,同时在注浆过程中浆液可同时改善桩间土的强度及桩土摩擦阻力,提高承载力,因此碎石注浆桩有着较好的发展前景^[1]。

本文通过碎石注浆桩地基处理技术在实际工程中的应用,阐述了该技术的加固机理、施工工艺以及设计计算方法,并通过工程实测数据与理论设计计算相比较,得到了适用的碎石注浆桩承载力计算公式。

1 碎石注浆桩的加固机理

1.1 桩体的置换作用(桩体效应)

碎石注浆桩桩体的强度和模量比桩间土大,在荷载作用下,桩顶应力比桩间土表面应力大。桩可将承受的荷载向较深的土层中传递并相应减少了桩间土承担的荷载。这样,在桩的作用下使复合地基承载力提高、变形减少。同时,桩体的渗透系数大于桩间土的渗透系数,桩体的置入有利于孔隙水压力消散,土体有效应力增长,桩间土强度和复合地基承载力的提高。

1.2 浆液的扩散作用

浆液在压力作用下,向桩周土渗透,随着浆液材料的进入改变了桩周土体的组分,将土体中的空气、水置换成水泥水化物,从根本上解决了水、

空气的入侵。由于浆液的渗入使得凝固后的桩间土整体密实度和有效应力大大提高。此外,浆液向桩侧渗入时,使得桩身与桩周土的胶结能力也增强,从而提高了侧摩阻力。

2 施工工艺及质量控制标准

2.1 施工工艺流程

测放桩位、复核→成孔机定位→成孔、清土→终孔隐蔽工程验收→放置注浆管、填料→一次注浆→二次注浆→成桩验收。

2.2 施工各环节具体质量控制标准

1) 成孔施工。采用机械洛阳铲成孔,保证成孔垂直度偏差不大于1.5%。机械洛阳铲定位后,进行预检,钻具中心点与桩点偏移不得大于10mm。

2) 放置注浆管、填料。清孔后向孔内放置注浆管,注浆管出浆部位每15-25cm设一组出浆孔,各孔位错开,平面上呈放射状。注浆管放置好后,向孔内填入碎石至设计标高,碎石规格为5-10mm。

3) 注浆。掺入适量的粉煤灰,不仅能作为细骨料填充缝隙,而且能增加桩体的黏结性并可减少水泥用量,其水、水泥、粉煤灰三者用量可根据试验来确定。用搅拌机搅拌成浆,搅拌时间不少于5min,以保证浆液的均匀,制备好的浆液要在30min之内注入孔内。一次注浆:利用注浆泵(工作压力控制在0.1-0.3MPa)将浆液注入碎石孔隙中,浆液返至碎石顶,停止注浆。

4) 二次注浆。一次注浆后1-2h,利用注浆泵(工作压力控制在2-4MPa)对碎石孔隙中补充浆液,确保桩体的密实。

3 碎石注浆桩承载力分析

由于碎石注浆桩是一种新的地基加固技术,属于复合地基的范畴,因此设计计算时以文献[2]中的理论为基础,根据文献[3-6]进行设计计算。

3.1 单桩竖向承载力特征值的计算

1) 当采用单桩载荷试验时,应将单桩竖向极限承载力除以安全系数2。

2) 在复合地基初步设计时,可以按下式计算单桩承载力,公式与文献[3]相比,本文增加了一个增强系数:

端承桩

$$R_a = a q_p A_p \quad (1)$$

摩擦桩

$$R_a = \alpha \left(u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + q_p A_p \right) \quad (2)$$

式中 R_a —单桩竖向承载力特征值; A_p —桩身的横截面积(m^2); u_p —桩的周长(m); n —桩长范围内所划分的土层数; q_{si} 、 q_p —桩周第 i 层土的侧阻力、桩端端阻力特征值(kPa); l_i —第 i 层土的厚度(m); α —增强系数,淤泥、粘土、细砂为1.1~1.15;中砂、砂砾、砂卵石为1.15~1.25。

3) 此外,根据桩体试块抗压强度平均值求得单桩承载力应满足下式要求:

$$f_{cu} = 3 \frac{R_c}{A_p} \quad (3)$$

式中 f_{cu} —桩体混合料试块(边长150mm立方体)标准养护28d,立方体抗压强度平均值(kPa); R_c —应取式(1)或(2)与(3)中的较小值。

3.2 复合地基承载力特征值的计算

碎石注浆桩复合地基一般可按下列式进行计算

$$f_{pk} = m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{sk} \quad (4)$$

式中 f_{pk} —复合地基承载力特征值(kPa); m —复合地基置换率; A_p —桩的截面积(m^2); β —桩间土承载力折减系数,宜按地区经验取值,如无经验时可取0.75-0.95,天然地基承载力较高时取大值; f_{sk} —处理后桩间土承载力特征值(kPa),宜按地区经验取值,如无经验时,可取天然地基承载力特征值。

4 工程实例

4.1 工程概况

某工程位于石家庄市,地上三层,局部六层,基础埋深-2.00m、-3.30m,基底坐落在新近沉积黄土状粉质黏土层上,天然地基土承载力特征值为120kPa。根据本工程设计要求及实际工程地质情况,采用碎石注浆桩工艺进行处理,处理后的复合地基承载力特征值不小于250kPa。

根据地质勘察报告,场地土的物理力学性质指标见表1。

表1 场地土的物理力学性质指标

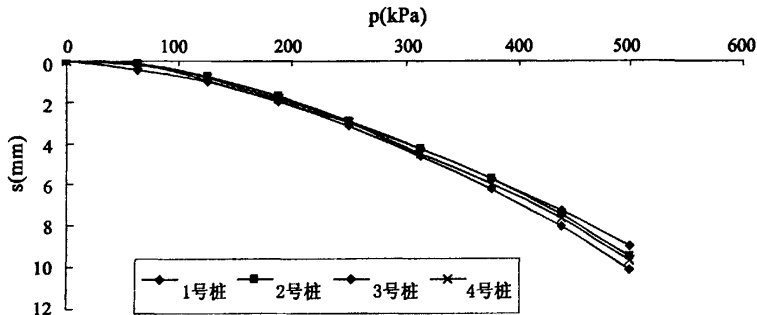
Tab.1 Index of physical mechanical of site soil

地层名称	层厚 (m)	地基承载力 特征值(kPa)	侧阻力特征值 (kPa)	端阻力特征值 (kPa)
① 杂填土	0.5	-	-	-
② 新近堆积黄土状粉质粘土	2.5	120	13	-
③ 黄土状粉土	4.3	145	20	-
④ 中砂	3.1	180	30	500

表2 结果比较

Tab.2 Results comparison

桩径 (m)	桩长 (m)	计算公式或试验	单桩承载力特征值 (kN)	复合地基承载力特征值 (kPa)
0.35	7.2	一般刚性桩计算公式	208.6	257.8
0.35	7.2	碎石注浆桩计算公式	231.9	275.4
0.35	7.2	现场试验		293.3

图1 复合地基单桩静载荷 $p-s$ 曲线Fig.1 The $p-s$ curve of static load test of pile of compound foundation

4.2 工程实测荷载—沉降曲线

对该工程碎石注浆桩单桩复合地基载荷试验点的实测数据进行整理、计算并绘制对应的荷载—沉降($p-s$)曲线(图1),四条 $p-s$ 曲线均为缓变形曲线,当试验加至最大荷载时,曲线均未出现明显的陡降段。取 $s/b=0.01$ 对应的荷载,其值均超过最大加荷值的一半。

4.3 计算结果与实测值的对比

通过与文献[5]比较,本文提出的碎石注浆桩复合地基承载力计算结果与实测结果相比较(表2)更接近实测值。

5 结束语

本文提出的修正公式,与工程实例相吻合。

在工程应用中一般摩擦桩增强系数较小,端承桩增强系数还可进一步提高。由于目前本类型复合地基实测资料较少,尚需进一步验证该增强系数的取值范围。

参考文献:

- [1] 刘汉龙,陈永辉.浆固碎石桩技术及其应用[J].岩土工程界,2006,9(7):27-29.
- [2] 龚晓南.复合地基理论与工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] GB5007-2002,建筑地基基础设计规范[S].
- [4] 闫明礼,张东刚.CFG桩复合地基技术及工程实践[M].第二版.北京:中国水利水电出版社,2006.
- [5] JGJ79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [6] 徐至钧,王曙光.水泥粉煤灰碎石桩复合地基[M].北京:机械工业出版社,2004.

(责任编辑 闫纯有)

碎石注浆桩复合地基技术及承载力分析

作者: [史三元](#), [陈明](#), [郭长印](#), [贾炜炜](#), [SHI San-yuan](#), [CHEN Ming](#), [GUO Chang-yin](#),
[JIA Wei-wei](#)

作者单位: [史三元, 陈明, SHI San-yuan, CHEN Ming \(河北工程大学, 土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#),
[郭长印, 贾炜炜, GUO Chang-yin, JIA Wei-wei \(邯郸市建筑业管理办公室, 河北, 邯郸, 056001\)](#)

刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) ISTIC

英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年, 卷(期): 2008, 25(1)

被引用次数: 3次

参考文献(6条)

1. [刘汉龙; 陈永辉](#) [浆固碎石桩技术及其应用](#) [期刊论文]-[岩土工程界](#) 2006(07)
2. [龚晓南](#) [复合地基理论及工程应用](#) 2002
3. GB 5007-2002. [建筑地基基础设计规范](#)
4. [闫明礼; 张东刚](#) [CFG桩复合地基技术及工程实践](#) 2006
5. JGJ 79-2002. [建筑地基处理技术规范](#)
6. [徐至钧; 王曙光](#) [水泥粉煤灰碎石桩复合地基](#) 2004

本文读者也读过(10条)

1. [史三元](#), [王浩然](#), [SHI San-yuan](#), [WANG Hao-ran](#) [柔性桩复合地基有效桩长的简化计算方法](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 24(3)
2. [史三元](#), [郭周超](#), [边智慧](#), [商冬凡](#), [SHI Shan-yuan](#), [GUO Zhou-chao](#), [BIAN Zhi-hui](#), [SHANG Dong-fan](#) [增大超声测距在大体积混凝土结构检测中的应用研究](#) [期刊论文]-[建筑科学](#) 2011, 27(5)
3. [史三元](#), [郭周超](#), [商冬凡](#), [边智慧](#), [SHI San-yuan](#), [GUO Zhou-chao](#), [SHANG Dong-fan](#), [BIAN Zhi-hui](#) [超声法结合钻芯法检测大体积混凝土内部缺陷](#) [期刊论文]-[混凝土](#) 2011(4)
4. [周书敬](#), [薄涛](#), [史三元](#), [ZHOU Shu-jing](#), [BO Tao](#), [SHI San-yuan](#) [混合算法在轻钢结构优化设计中的应用](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011, 28(2)
5. [史三元](#), [杨砚宗](#), [王浩然](#), [SHI San-yuan](#), [YANG Yan-zong](#), [WANG Hao-ran](#) [垫层对载荷试验成果影响的试验分析](#) [期刊论文]-[煤炭工程](#) 2008(7)
6. [胡启平](#), [史三元](#) [变截面芯筒—框架结构受扭简化计算](#) [期刊论文]-[煤矿设计](#) 2001(3)
7. [杜海金](#), [史三元](#), [尹建设](#), [王志军](#), [李志波](#) [静力触探试验估算粉喷桩承载力的试验研究](#) [期刊论文]-[煤矿设计](#) 2000(1)
8. [李巨文](#), [史三元](#), [王世飞](#) [两厂房基础下沉的调查与分析](#) [期刊论文]-[四川建筑科学研究](#) 2000(2)
9. [王翠莲](#), [史三元](#) [取样扰动对饱和粉土动力特性的影响](#) [期刊论文]-[河北建筑科技学院学报\(自然科学版\)](#) 2003, 20(1)
10. [刘金荣](#), [史三元](#) [变截面门式刚架的几何非线性性能](#) [期刊论文]-[河北建筑科技学院学报\(自然科学版\)](#) 2004, 21(1)

引证文献(3条)

1. [李万庆](#), [李继萍](#), [孟文清](#), [石华旺](#) [基于粗糙集的载体桩质量核心影响因素分析](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(1)
2. [李健](#), [邱红胜](#), [赵建国](#), [熊志军](#) [港口抛填地基碎石注浆桩加固有限元分析](#) [期刊论文]-[土木工程与管理学报](#) 2012(3)

3. QIU Hong-sheng, CHEN Jian-mei, LI Mei Numerical Analysis of the Settlement of Composite Foundation Reinforced with Crushed Stone Grouting Pile and Rigid Bearing Plate[期刊论文]-西南交通大学学报(英文版) 2010(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200801004.aspx