

柱锤冲扩桩法在杂填土路基处理中的应用

张林涛

(郑州市市政工程勘测设计研究院, 河南 郑州 450018)

摘 要: 通过简述柱锤冲扩桩复合地基加固机理和特点以及设计计算方法,并结合工程实例,介绍了柱锤冲扩桩法在市政道路杂填土路基处理中的应用,其技术优点突出,工程费用低廉,社会效益显著,具有广阔的应用前景。

关键词: 柱锤冲扩桩;杂填土;市政道路;路基处理

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0303-03

0 引言

路基是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,是路面的基础,承受路面传来的行车荷载。因此,路基的强度和稳定性是保证道路工程质量的基本条件。近年来,随着城市框架的不断扩大,在城市外围扩建区的市政道路建设中常遇到大小不一、疏松且不均匀的杂填土路基需要处理。选取合适的处理方法,可有效减少工程投资,保证工期,降低杂填土路基对于道路工程的不良影响。

柱锤冲扩桩法具有适用性强、取材灵活、成桩快速、工程造价低等优点,广泛应用于建筑地基处理,但在道路路基处理中应用较少。本文简述了柱锤冲扩桩法加固地基的特点和计算方法,并结合工程实例介绍了其在杂填土路基处理中的技术应用。

1 柱锤冲扩桩的加固机理及特点

1.1 柱锤冲扩桩的加固机理

柱锤冲扩桩是指,利用柱状重锤反复冲击成孔,到达设计深度后分层填入砖渣三合土等材料,用柱锤夯实填料,同时利用天然土体对夯填料的约束作用,形成强度较高的散体材料增强体。根据建筑工程地基处理情况,其加固机理与桩间土性状、桩身填料类型、成桩工艺等密切相关,主要表现为以下四个方面:

(1)柱锤冲孔及填料夯实过程中的侧向挤密和镶嵌作用;

(2)柱锤在孔内深层强力夯实的动力挤密及动力固结作用;

(3)对原有地基土进行动力置换,形成的柱锤冲扩桩具有一定桩身强度,起到桩体效应;

(4)桩身填料的物理化学反应^[1]。

1.2 柱锤冲扩桩的特点

(1)适用性强

柱锤冲扩桩法地基处理适用于地下水位以上的素填土、杂填土、液化土及湿陷性黄土等各类软弱土,同时,还适用于废料回填垃圾地基、软硬不均匀地基等各种复杂场地的处理,特别是对人工填筑的沟、坑、洼地、浜塘等欠固结松软土层和杂填土的处理,更显示出特有的优越性。

相较于强夯法,柱锤冲扩桩施工时产生的振动和噪音低,对周边既有建筑影响较小,不受施工场地影响,适合各类城市开发区内的地基处理。

(2)取材灵活

桩体用料广泛,可以采用各种无污染的无机固体材料,设计可根据工程需要和材料来源,因地制宜,灵活选用碎砖三合土、矿渣、级配砂石、灰土、水泥混合土等。

(3)成桩快速

柱锤冲扩桩施工所采用的设备简单,易于操作;施工机械化程度高,施工质量容易控制;施工速度快,受季节及气候影响较小。

(4)经济及社会效益显著

与混凝土灌注桩相比,一般可减少地基处理费用50%以上。当采用砖渣、碎砖三合土作为桩身填料时,可以大量消耗建筑垃圾,减少污染、保护环境,经济及社会效益显著。

收稿日期: 2020-12-01

作者简介: 张林涛(1991-),男,学士,工程师,从事道路设计工作。

2 复合地基设计计算

2.1 复合地基承载力计算

柱锤冲扩桩为散体材料增强体,根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)7.8.4 条第 7 款规定,其复合地基承载力可按式(1)进行估算:

$$f_{spk}=[1+m(n-1)]f_{sk} \quad (1)$$

式中: f_{spk} 为复合地基承载力特征值,kPa; f_{sk} 为处理后桩间土承载力特征值,kPa,对于新填沟壑、杂填土等松软土层,可按照当地经验或根据重型动力触探平均击数 $\bar{N}_{63.5}$ 确定,当天然地基承载力特征值 $f_{ak} \geq 80$ kPa 时,应取 $f_{sk}=f_{ak}$; m 为面积置换率,一般宜控制在 0.2~0.5,对于正三角形布桩, $m=\frac{0.907d^2}{s^2}$,对于

矩形布桩, $m=\frac{0.785d^2}{s_1s_2}$,其中, d 为桩身平均直径(m), s_1s_2 分别为纵向桩间距和横向桩间距,m; n 为复合地基桩土应力比,无经验值时可取 2~4,桩间土承载力较低时取大值^[2]。

2.2 复合地基沉降计算

柱锤冲扩桩法应用于道路路基处理时,复合地基的沉降计算可根据《城市道路路基设计规范》(CJJ 194—2013)第 7.2.9 条相关规定,按式(2)、式(3)计算:

$$S_z=\mu_s S \quad (2)$$

$$\mu_s=\frac{1}{1+m(n-1)} \quad (3)$$

式中: S_z 为柱锤冲扩桩桩长深度内地基的沉降; μ_s 为桩间土应力折减系数; S 为柱锤冲扩桩桩长深度内原地基的沉降,估算时, S 可按分层总和法计算,即

$$S=m_s \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{E_{si}} \Delta h_i; m_s, n \text{ 同式(1)}^{[3]}。$$

3 工程应用实例

3.1 工程地质概况

某拟建工程是郑州市南四环外一条新建市政道路,道路红线宽度 40 m,规划为城市次干道,其中,K0+086~K0+340 段跨越一个被建筑渣土回填的取土坑,封场时间小于 3 a。根据地质勘察报告,该段分布有厚度为 8.4~9.4 m 的建筑生活垃圾,其成分中建筑垃圾以水泥块、红砖块和泡沫砖为主,其含量约 30%~60%,生活垃圾以防尘网碎片、纸片和碎塑料布为主,含量约 10%~20%,其下为中密的粉土及粉砂。

勘探深度范围内未揭露地下水,可不考虑地下水影响。

3.2 存在问题分析

由于取土坑内主要为新近堆填土,填土厚度大,土体性质不均、颗粒悬殊、有机质含量较高,呈严重欠固结状态,路基强度及密实度均不能满足路基的正常使用要求,须进行路基处理。

拟建场地周边有已建厂房和已运行城市高架桥,无强夯处理条件。受扬尘管控及工程费用影响,换填法亦无实施条件。综合考虑场地限制条件和工程成本,最终采用柱锤冲扩桩法进行路基处理。

3.3 路基处理方案设计

(1) 路基处理要求

根据道路填方高度情况及路床下管线相关要求,确定本工程路基处理后复合地基承载力特征值 $f_{spk} \geq 130$ kPa。

(2) 路基处理方案

根据区域竖向规划,本段道路路面标高较原地高 2 m,污水管线平均埋深 3.2 m。拟先将表层 2 m 杂填土挖除并平整场地,采用柱锤冲扩桩法处理下部杂填土路基,再向上填筑 4 m 至设计路面标高。

为充分利用场地周边建筑拆迁废料,本次设计采用建筑砖渣填料,综合考虑杂填土强度和砖渣强度,桩土应力比 n 取 3.5;柱锤采用 $\phi 377$ 公称锤,结合土质情况,确定桩径 d 为 600 mm;为使地基挤密均匀,有效提高桩间土的密实度,采用正三角形布桩形式,桩长 $h=9-2=7$ m。

(3) 布桩计算

根据现场重力触探试验结果, $\bar{N}_{63.5}=2.5$,按《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)查表并根据杂填土性质折减后,可得

$$f_{sk}=0.9 \times \left[80 + \frac{2.5-2}{3-2} \times (110-80) \right] = 85.5 \text{ kPa}。$$

将上述数据代入式(1)中,即

$$f_{spk}=\left[1 + \frac{0.907 \times 0.6^2}{s^2} \times (3.5-1) \right] \times 85.5 \geq 130 \text{ kPa}$$

反算得 $s \leq 1.25$ m,取布桩间距 $s=1.2$ m,则置换率 $m=\frac{0.907 \times 0.6^2}{1.2^2}=0.2268$ 。

(4) 变形计算

根据地质勘察报告,杂填土平均重度为 17.8 kN/m³,平均压缩模量为 4.2 MPa。根据《公路挡土墙设计与施工技术细则》表 4.2.5,车辆附加荷载取 $q_0=20$ kPa^[4]。路基填料重度取 γ 路基 =23 kN/m³。考虑挖方换填段

填料置换,作用在复合地基顶面的附加应力(大面积荷载应力):

$$\Delta p=20+2 \times 23+2 \times (23-17.8)=76.4 \text{ kPa}$$

柱锤冲扩桩桩长 $\Delta h=7 \text{ m}$, 沉降系数取 $m_s=1.2$, 将桩长深度范围内按一层计算,则原地基的沉降为:

$$S=m_s \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{E_{si}} \Delta h_i=1.2 \times \frac{76.4}{4.2} \times 7=152.8 \text{ mm}$$

根据式(2)、式(3)计算,桩长深度内地基的沉降为:

$$S_z=\mu_s S=\frac{1}{1+m(n-1)} S=\frac{1}{1+1+0.2268 \times (3.5-1)} \times 152.8=97.5 \text{ mm}$$

本工程范围内为粉质土,渗透系数较大,且存在大直径的排水通道,超静孔隙水压力消散速度快,所需固结时间短,经超载碾压后,土层固结度及工后沉降易满足相关要求。

4 施工要点

4.1 施工工艺

路基基槽开挖平整后,调整起重机位置使柱锤对准设计桩位,将柱锤提升到6~8 m,使之自由落下,反复冲击路槽成孔至设计孔深,用运料车分次向孔内填入分拣合格的砖渣,再提升柱锤将孔内填料分层夯实,反复夯填至桩顶设计标高以上50 cm,随后施工机具移位,重复上述步骤进行下一根桩施工。桩体施工完成后,清除松上部散桩头及松软桩间土后铺设30 cm砂石垫层,并采用振动压路机压实,形成柱锤冲扩桩复合地基。

4.2 施工注意事项

- (1)在冲击成孔过程中,若出现缩颈或塌孔时,可采用填料冲击成孔、复打成孔或套管成孔方式;
- (2)为保证桩身均匀,作为填料的砖渣粒径宜控

制在60 mm左右,不应大于120 mm,严禁使用粒径大于240 mm的砖料及混凝土块;

(3)分层填料量、分层夯实厚度及总填料量是桩体施工的关键,应根据试验或当地经验确定,填料充盈系数一般不宜小于1.5;

(4)为保证处理效果,成桩时应自中间向四周施工,且成桩及填料夯实的顺序应间隔进行。

5 结语

根据现场复合地基承载力检测结果,经处理后路基有效提高了路基的强度和密实性,能够保证路基运行期间的稳定性,达到了设计预期目标,表明柱锤冲扩桩法在道路工程杂填土路基处理中具有良好的适用性。

根据柱锤冲扩桩加固机理和特点,柱锤冲扩桩法处理杂填土路基,不但施工工期短、速度快,机械化程度高,施工质量容易控制,处理效果好,而且低振动、低噪音,适用性强。当桩身采用砖渣填料时还可以消耗大量拆迁产生的建筑垃圾,节省大量的水泥、石灰等建筑材料,减少大气污染及固体废弃物污染,绿色环保,同时大大降低工程成本,具有良好的经济效益和社会效益。随着城镇化进程的持续深入,柱锤冲扩桩复合地基将在市政道路建设中得以全面推广应用。

参考文献:

[1] 王恩远,刘熙媛.柱锤冲扩桩法加固机理研究[J].建筑科学,2008(9): 63-67.
[2] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
[3] CJJ 194—2013,城市道路路基设计规范[S].
[4] 中交第二公路勘察设计研究院有限公司,公路挡土墙设计与施工技术细则[M].北京:人民交通出版社,2008.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com