

重型动力触探在振冲施工质量控制及检测中的应用

李庆跃, 李晓力, 肖 普

(北京振冲工程股份有限公司, 北京 100102)

摘要:振冲复合地基以其低成本、高效率等优势已经广泛的应用于水利水电、火电、工民建、石化、交通、市政、铁路等行业的地基处理中。振冲进行地基处理的规模和速度日新月异,使得施工过程中的质量控制变得非常重要。通过对重型动力触探在振冲碎石桩工程中的应用,论述了重型动力触探在振冲施工质量控制及检测中的重要性及适用性,并总结了其在工程中的应用经验。

关键词:重型动力触探;地基处理;振冲碎石桩;施工质量控制

中图分类号:TU413.5 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2013)02-0074-03

Application of Heavy Dynamic Penetration in the Quality Control of Vibro Stone Column Construction and the Testing/LI Qing-yue, LI Xiao-li, XIAO Pu (Beijing Vibroflotation Engineering Co. Ltd., Beijing 100102, China)

Abstract: With the advantages of low cost and high efficiency, vibrated composite foundation has been widely used in water conservancy and hydropower, thermal power, civil engineering fitting, petrochemical, transportation, municipal, railways and other industries. The construction quality control becomes very important. By the application of heavy dynamic penetration in the vibro stone column project, the paper discusses the significance and applicability of heavy dynamic penetration in quality control and the testing of vibro stone column, and sums up the experiences.

Key words: heavy dynamic penetration; foundation treatment; vibro stone column; quality control of construction

1 振冲技术的发展及施工过程控制质量的重要性

振冲技术于20世纪六七十年代开始引入我国,由于其在大面积地基处理工程中具有成本低、效率高优势,已经被广泛的应用于水利水电、火电、工民建、石化、交通、市政、铁路等行业的地基处理中。经过引进试验阶段和开拓发展阶段,随着振冲理论、设备机具、施工工艺的不断发展和完善,振冲施工技术进入了规范运作阶段,在工程实践中越来越普及。近期的某单项工程中振冲处理总进尺已接近150万m,单日振冲处理进尺可高达20000~30000m。有如此的处理规模和进度,如果在施工过程中由于边界条件等任何因素发生变化,造成施工质量不稳定,而且不能及时发现和纠正,将会造成严重的经济损失和不可估量的负面影响。因此在施工过程中如何控制和及时掌握施工质量显得非常重要。

2 重型动力触探在振冲施工质量控制中的优势

水电水利工程振冲法地基处理技术规范规定,对于重要的1级、2级建筑物复合地基承载力的工后检测应采用复合地基载荷试验。3级及3级以下建筑物宜采用复合地基载荷试验或单桩、桩间土载荷试验,也可结合当地情况采用其他原位测试方法

进行综合评定。施工过程中则采用重型动力触探及时检测,控制施工质量。大量的工程经验证明,重型动力触探是检测桩体密实度、检验施工质量的简便有效方法,可操作性强,能够及时发现施工中存在的¹质量问题,反馈指导施工。

根据笔者多年的实践,将2种检测方法在振冲碎石桩施工质量控制和检测中的优缺点和使用范围进行介绍。

平板载荷试验的优点是直接模拟所检测对象的工作受力状态,准确定量的反应出承载力指标。劣势则是在使用上受多方面的限制,一是投入大,成本高;二是占用场地比较大,在施工现场需要足够的空间;三是需要一定的技术间隔期;四是耗时长;五是检测反应的深度有限;六是读数设备灵敏度高,对环境条件要求高。

重型动力触探相对于平板载荷试验具有如下优势:(1)设备简单、操作方便;(2)占地少,机动灵活,受施工的干扰小,在施工过程中“见缝插针”的进行检测;(3)成本低、效率高,一天可以检测几个点位;(4)检测的及时性,一般在振冲碎石桩施工完后一天即可进行检测;(5)检测深度大,一般可达20~30m。存在的劣势是测试结果不能直接定量的评价桩

收稿日期:2012-12-18

作者简介:李庆跃(1977-),男(汉族),河南人,北京振冲工程股份有限公司技术质量部主任、高级工程师,水文地质与工程地质专业,北京市朝阳区望京西园221号博泰大厦12层,583358366@qq.com。

体承载力特征值以及地基处理合格与否的标准。

载荷试验是检测振冲碎石桩单桩和单桩复合地基承载力特征值的唯一科学的方法,一般作为终检手段。重型动力触探则可作为定性的评价桩体的密实度以及施工质量稳定与否的判断,在施工过程质量控制和检测中具有明显的优势,在终检中可以配合载荷试验,作为辅助检测方法。

3 重型动力触探在振冲碎石桩检测中的使用原则

3.1 检测数量

检测桩数宜控制在总桩数的1%~3%,发现质量不稳定可以适当增加比例。

3.2 检测点位布置原则

(1)检测桩点位布置应具有代表性和均匀性,在地质条件较差或重要区域适当加密布点。

(2)施工出现异常或者检测出桩体施工质量不稳定的区域。

(3)有关管理方对具体桩位提出的检测要求。

3.3 检测深度及停锤标准

(1)检测深度一般要穿过振冲碎石桩主要处理的土层,且至少有1/3的检测应打穿有效桩长。

(2)对重型动力触探,当连续三次 $N_{63.5} > 50$ 时,可停止试验或改用超重型动力触探。

4 重型动力触探对振冲碎石桩检测结果的应用

4.1 评价碎石桩体的密实度

重型动力触探检测结果定性评价振冲碎石桩桩体密实度可以参考《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)中(超)重型动力触探鉴定碎石土的密实度,具体见表1和表2。表中锤击数是经综合修正后的平均值。表1适用于平均粒径 ≤ 50 mm,且最大粒径 < 100 mm的碎石土。对于平均粒径 > 50 mm或最大粒径 > 100 mm的碎石土,可用表2超重型动力触探鉴定其密实度。

表1 重型动力触探鉴定碎石土密实度

重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度	重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	$N_{63.5} > 20$	密实

表2 超重型动力触探鉴定碎石土密实度

超重型圆锥动力触探锤击数 N_{120}	密实度	超重型圆锥动力触探锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120} \leq 3$	松散	$11 < N_{120} \leq 14$	密实
$3 < N_{120} \leq 6$	稍密	$N_{120} > 14$	很密
$6 < N_{120} \leq 11$	中密		

4.2 评价施工质量的稳定性及反馈指导施工

在施工过程中,若检测中某根桩或者某局部区域振冲碎石桩重型动力触探击数有异于周围区域桩体检测结果,则说明施工质量不稳定,有波动,则及时进行反馈,查找并分析异常原因,并采取针对性措施,保证施工质量稳定。

异常原因有以下几种:

(1)局部地质条件变化,要及时调整施工参数,使形成的复合地基均匀。

(2)振冲器出现异常,要检查、保养维修或者更换振冲器。

(3)施工人员操作有问题,要重新对施工操作人员进行培训,强化施工过程监督。

(4)施工填料问题,要保证填料符合要求,防止填料储存或者倾倒过程中造成分选,保证级配良好。

某火电厂工程中,采用振冲碎石桩处理粉质粘土地基。在施工中,用重型动力触探进行跟踪检测。图1是同一场地2个振冲碎石桩体采用重型动力触探检测的击数-深度曲线图。3864号是施工质量比较稳定的桩体代表,与原体试验中重型动力触探形成的曲线形态类似,击数基本都在20击以上。1129号是施工质量不稳定的桩体代表,5.0 m以上大部分击数都在10~12击。根据重力触探异常现象,对1129号桩体施工进行调查,经过对各个影响因素的排查分析,发现是该施工队随意更换未经过培训的施工操作手上岗施工导致的问题。后对该操作手施工的桩体追加检测,多数不合格。因此暂停该施工操作手上岗资格,进行严格的培训,考核合格后方准上岗。对该施工操作手施工的不合格桩体全部进行复打。经培训考核上岗后,施工的桩体进行重型动力触探检测,施工质量稳定。

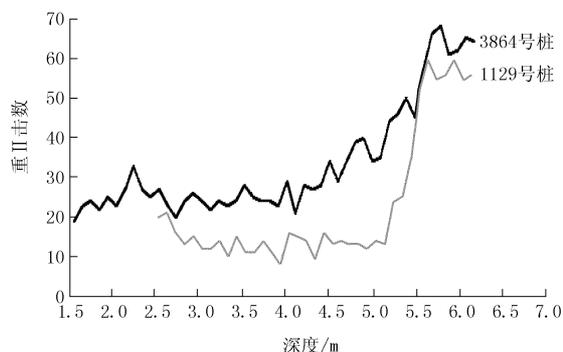


图1 重型动力触探检测的击数-深度曲线

4.3 实例探讨碎石桩重型动力触探击数和承载力的关系

4.3.1 工程地质条件

大连星海会展中心二期工程位于大连星海湾广场东侧,马栏河西侧,北侧毗邻大连网球馆,南侧为星海国宝。占地面积 53000 m²,建筑面积 11000 m²。场地等级二级,地基等级二级,场地地震基本烈度为 7 度。建筑场地的地貌单元属回填海漫滩,地形平坦,地面绝对标高 6.22 ~ 7.21 m,相对高差 0.99 m。振冲碎石桩穿越地层自上而下依次为:

填土(Q₄^{ml}):主要由建筑垃圾、碎石、炉渣、生活垃圾和粘性土等组成,硬杂质含量 30% 左右,稍密~密实状态,厚度 3.90 ~ 10.60 m,平均厚度 7.2 m;

②砂砾石(Q₄^m):杂色,石英岩圆砾为主,夹中粗砂和石英岩卵石,圆砾含量占 50%,粒径 5 ~ 20 mm,中粗砂占 30% ~ 40%,卵石占 10% 左右,稍密状态,厚度 0.6 ~ 4.9 m 平均 2.75 m;

③淤泥质土(Q₄^m):黑灰~灰褐色,由淤泥质粉土、淤泥质粉细砂、淤泥质粘土、淤泥和砂砾石等组成,混有少量碎石和圆粒,饱和~湿,软塑~可塑状态,厚度 0.7 ~ 9.4 m,平均 5.1 m;

④卵石(Q₄^m):石英岩卵石含量 60% 以上,充填物为砂砾石,卵石粒径多为 20 ~ 100 mm,大者粒径 > 100 mm,设计为持力层,碎石桩打入顶面为止。

天然地基承载力难以满足设计要求,设计采用振冲碎石桩进行加固。本工程共计完成振冲碎石桩 7202 根,总进尺 78782.3 m。

4.3.2 载荷试验检测和重型动力触探检测

施工完成后,第三方单位对施工质量进行检测,主要采用单桩载荷试验,选取 3 个有代表性的载荷试验数据形成曲线如图 2。计算平均承载力标准值为 569.7 kPa。

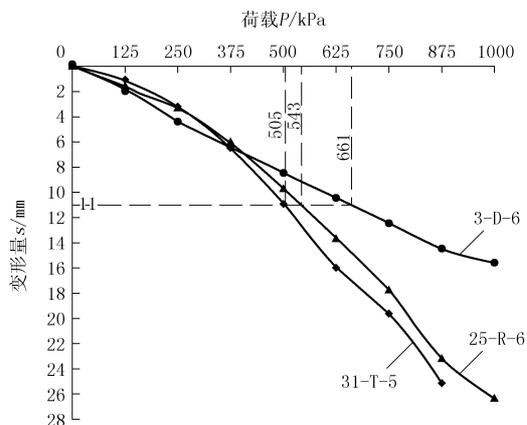


图 2 载荷试验曲线

施工过程中,施工单位采用重型动力触探对振冲碎石桩施工质量进行动态控制。通过对大量动探数据的统计,在 1.1 ~ 3.0 m 范围内的平均击数为

16 ~ 21。上述载荷试验的 3 个桩(或相邻近桩)在 1.1 ~ 3.0 m 范围内的重型动力触探击数如表 3。

表 3 重型动力触探击数表

深度/m	桩 1	桩 2	桩 3	深度/m	桩 1	桩 2	桩 3
1.1	7	7	6	2.1	17	16	16
1.2	8	9	7	2.2	24	22	13
1.3	11	11	8	2.3	22	23	17
1.4	12	14	9	2.4	21	24	22
1.5	15	10	11	2.5	23	27	19
1.6	11	13	13	2.6	24	23	22
1.7	12	15	14	2.7	22	24	23
1.8	14	13	13	2.8	27	25	24
1.9	15	15	16	2.9	25	24	23
2.0	12	17	15	3.0	29	27	26

4.3.3 重型动力触探检测和载荷试验检测结果关系分析

《工程地质手册》(第四版)中给出了在沈阳市区用重型动力触探 $N_{63.5}$ 确定碎石土承载力特征值 f_{ak} 关系如表 4。

表 4 用重型动力触探 $N_{63.5}$ 确定碎石土地基承载力 f_{ak}

击数平均值 $N_{63.5}$	碎石土承载力 特征值 f_{ak}/kPa	击数平均值 $N_{63.5}$	碎石土承载力 特征值 f_{ak}/kPa
3	140	16	600
4	170	18	660
5	200	20	720
6	240	22	780
7	280	24	830
8	320	26	870
9	360	28	900
10	400	30	930
12	480	35	970
14	540	40	1000

注: $N_{63.5}$ 值进行触探杆长度修正。

根据表 3 给出的数值,3 根桩(或者邻近桩)重型动力触探 $N_{63.5}$ 检测的平均击数 17.1。查表 4 可知所检测的碎石桩体承载力约为 630 kPa。这个结果与载荷试验结果比,稍偏大。经过分析,至少有以下 2 个原因:第一,表 3 中重型动力触探击数未进行触探杆长度修正,表 4 中的数据进行触探杆长修正;第二,碎石桩体只是天然土层中形成的一个加强体,桩体承载力取决于桩周土的约束,有异于天然形成的均匀的碎石土。载荷试验检测可以反映出这种影响,而重型动力触探检测对此反应则不明显

5 结论和建议

重型动力触探是一种较粗糙的原位测试方法,
(下转第 80 页)

有发生滑移;东岗路面经过修整后,道路投入运行至今,路面没有发生裂缝、变形现象,说明压密注浆技术加固效果明显,达到了预期效果。

7 结语

东岗隧道工程是集团公司转产转型五大产业之一的标志性工程,东露天矿西端帮隧道口处边坡稳定与东岗道桥路面安全直接影响东岗隧道的安全与施工进度,压密注浆施工技术在东露天矿西端帮土体及东岗公路下沉地段的加固应用取得良好的效果,保证了东岗道桥路面安全使用与西端帮隧道口处边坡的稳定,使东岗隧道工程按时通车。实践证

明,压密注浆施工技术在东岗路面及边坡土体加固得到了很好的应用,取得了良好的经济效益和社会效益。也为今后工作提供了宝贵经验。

参考文献:

- [1] 江正荣,等. 建筑地基与基础施工手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [3] 徐至钧. 高压喷射注浆法处理地基[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [4] JGJ/J 211-2010,建筑工程水泥-水玻璃双液注浆技术规程[S].
- [5] YSJ 211-92,注浆技术规程[S].

(上接第73页)

在实施过程中,结合现场实际情况,加强监测工作,关键点上不仅制定有效措施,并保证有备用的应急预案,及时有效地解决施工过程中可能出现的位移控制、施工空间、施工工序等一系列问题,成功的预防了复杂基坑施工工况下的质量和安全事故发生。

参考文献:

- [1] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].

- [2] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 周红军. 旋挖钻进技术适用性的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):39-45.
- [4] 薛伟. 旋挖钻孔灌注桩的施工工艺技术[J]. 福建建设科技,2000,(3):4-5.
- [5] 崔双利. 高压旋喷注浆技术在基坑挡土墙工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):48-49,53.
- [6] 司呈庆,刘新伟. 复杂边界条件下的基坑支护[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):58-60,70.
- [7] 王建华,吴厚信,周宏益,等. 紧邻地铁基坑支护工程设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):71-75.

(上接第76页)

影响测试成果精度的因素很多,所测成果的离散性大。但在振冲碎石桩体施工质量控制和检测中非常重要,非常适用。根据笔者多年的施工实践经验和对相关振冲规范的阅读和理解,检测结果可用于定性的评价桩体的密实度和施工质量是否稳定,在施工过程中可用于及时反馈指导施工。重型动力触探贯入击数与碎石桩力学性能指标之间目前尚未建立普遍的对应关系,一般不用于定量评价振冲碎石桩的力学性质指标。如果在具体工程中,有原体试验,且建立了重型动力触探和碎石桩体力学性质指标的相关关系,或者在工程地质条件高度类似的若干工地有过类似的相关关系,则可以考虑对碎石桩体力学性质指标进行评价,但最好和其他检测手

段结合使用。

参考文献:

- [1] DL/T 5214-2005,水电水利工程振冲法地基处理技术规范[S].
- [2] 编写组. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [3] DL/T 5113.1-2005,水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准(第一部分:土建工程)[S].
- [4] GB 50007-2002,建筑地基基础设计规范[S].
- [5] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [6] 周筱滨. 动力触探[M]. 北京:中国铁道出版社,1986.
- [7] 曹厚明. 重型动力触探、标准贯入试验在振动挤密碎石桩复合地基检测中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2).