

建筑技术

振动沉管碎石桩加固软土地基的效果评价

李波 张建平 杨蕾

(昆明理工大学建筑工程学院,昆明 650224)

摘要 在软土地基的特点及常规的处理方法的基础上,以野马坝试验工程为依托,首次使用由振冲法发展而来的振动沉管碎石桩加固泥炭土地基,并对其施工工艺及加工过后的效果进行研究总结。通过试验证明振动沉管碎石桩在排水性能、减少地基不均匀沉降、提高地基承载力等方面具有卓越的成效。其结论可为类似工程提供参考。

关键词 地基处理 碎石桩 施工工艺 加固效果

中图分类号 TU441.8; **文献标志码** B

随着经济全球化的深入发展,国内高等级公路的建设也处在飞速发展的阶段,在我国西南方和沿海地区拥有大量的软土地基,这样就不可避免的会带来公路路基穿过软土地地区的情况。由于软土地基含水量大,空隙也大,受压时容易产生收缩,致使路基遭受破坏,所以无论是作为建造公路或是建(构)筑物的地基,为了有效地减少沉降量,提高地基承载力,保持路基的稳定性,必须进行地基处理,否则将产生不同程度的坍滑或沉降。尤其是其中的泥炭土层,凡是在泥炭土层上进行工程建设时,都要求对其地基进行处理来改善地基土的工程性质,以达到满足建筑物对地基稳定和变形的要求。本文以嵩待公路野马坝试验工程为依托,首次使用由振冲法发展而来的振动沉管碎石桩加固泥炭土地基,并对其施工工艺及加工过后的效果进行研究总结,其结论可为类似工程提供一定的参考。

1 软土地基的特点及其处理方法

我国软土多分布在江河湖海等处,除此之外,

在丘陵低洼和山区谷地也会出现。一般来说软土地基,就是强度低、压缩性高的软弱土层地基。软土地基特性主要表现为土层含水量高、孔隙比大,含水量在34%~72%之间,孔隙比在1.0~1.9之间,饱和度一般大于95%,液限一般在35%~60%,塑限指数为13~30。通常把淤泥质土、软黏性土、湿陷性黄土地基总称为软土地基^[1]。软土地基的性质因地而异,因层而异,不可预见性大。其中的泥炭土层,除上述软土地基的一般特点外还具有土质轻、有机质含量高、物理力学指标低等特点,所以在泥炭土层上建筑施工,稍有疏忽就会出现质量事故,为了确保建筑施工质量,必须对泥炭土地基事先进行处理,改善施工条件。

随着科学技术的发展,越来越多的新技术及新方法都应用到软土地基的处理中。目前,软土地基处理常用的方法有袋装砂井法、塑料排水板法、水泥粉喷桩、水泥搅拌桩、碎石桩等方法。其中振冲法即采用振冲碎石桩加固湿软地基的方法,碎石桩是以机械钻孔或水力冲孔后填以碎石振密而成,因此叫振冲碎石桩。桩本身的强度比挤密砂桩的强度高得多,所以是一种比较好的加固方法,既经济又快速,技术效果也好^[2,3]。振冲法加固后的地基,作为复合地基来考虑。所以,由振冲法发展而来的振动沉管碎石桩加固泥炭土地基,可以更为有效地改善地基土的变形特性和渗透性,提高其抗剪强度

2010年4月15日收到

第一作者简介:李波(1984—),女,云南省昆明理工大学硕士研究生,研究方向:结构工程—施工技术与组织管理。E-mail:117056936@163.com。

和抗液化能力,消除其他不利的影响,达到满足建筑物对地基稳定和变形的要求。基于此研究背景,本文结合实际施工中的地基处理施工技术及过程,对振动沉管碎石桩加固软土地基进行了分析,以下通过工程实例来说明。

2 野马坝试验工程实例分析

2.1 工程概况

试验路段位于嵩待公路 K110 + 910 ~ K113 + 600 段,长 2 690m。该地段处小江断裂带东支,功山-寻甸深大断裂带东盘,受地形、地貌、构造等因素的控制,第四系残坡积层具有南端偏厚、北端减薄的特点。具体的地质状况描述如下:

1) 亚黏土(Q_4):褐红色,可塑~硬塑,局部软塑,厚度 0.4 m~4.0 m。

2) 淤泥、泥炭质土(Q_4):灰、灰黑色,软~流塑,厚度变化较大,最薄段约为 4 m,较深段大于 8 m,局部段落厚度达到 30 m。

3) 圆砾土(Q_4):厚度不详。

从上面的资料我们可以看到此实验段断上有大量的淤泥、泥炭质土局部还很深,如果不处理直接使用的话,肯定是不能满足稳定和变形的要求的,所以我们用振动沉管碎石桩来对它进行处理,以下是其施工和质量控制过程。

2.2 施工及质量控制

2.2.1 施工设备及施工工艺

本次振动沉管碎石桩施工,采用 D2 系列振动沉管灌注桩机改装设备。主要部件包括振动锤、打桩架和沉管等,桩头可采用铁制活瓣桩尖,也可用一次性预制混凝土桩头。施工原理是:振动锤产生的振动力(即激振力)施加在沉管上,强迫沉管贯入地基土至设计深度成孔,再从沉管上端加料口填入碎石后,边振动边拔出沉管,拔起一段后再振动压入沉管(即所谓反插),捣密碎石,使碎石留在孔内成桩。本施工工艺称为“干法”施工,与现有的采用 ZCQ 系列振冲器高压射水成孔的“湿法”施工相比,具有减少供水设备,避免向加固土层灌水和排污之

害等优点。造孔时不将土体排出孔外,而是通过沉管将土体挤压到桩孔周围去,然后灌入碎石。在沉管反插夯实填料的同时,将桩孔挤大,并进一步将桩周土体振密。这样有利于适当扩大桩径,避免断桩和减少周土体的孔隙率。此种工艺,不仅技术可靠而且造价较低。

施工程序如下:就位→造孔→制桩→铺设碎石垫层。

2.2.2 质量控制和质量检测

碎石桩施工长度、桩径和桩体碎石的密实程度,是地基加固效果优劣的关键。据此,施工中应特别注意沉管的贯入深度和碎石料的填量。在额定的激振力下,在较软弱土层中沉管的贯入速度快,反之则较慢。施工中应随时观察沉管的贯入速度,判断是否已穿透加固层进入相对硬层。桩体密实度用充盈系数因加固地层的软硬程度而异,应通过试桩选定^[4,5]。本试验点充盈系数不小于 1.10。为确保柱体的施工长度和密实度,碎石料要分批充填、振捣。当按额定碎石量充填,而拔起沉管后孔口堆有碎石时,说明桩底未达到设计深度或有严重缩孔断桩等现象,必须补打。为确保桩体的施工质量,以采用预制混凝土桩头为好。本试验点因设备和经费问题,未进行桩体质量检测。

3 加固效果评价

根据对此次振动沉管碎石桩加固泥炭土地基的施工及质量控制过程,经过分析得出以下结论:

(1) 具有良好的排水性能。本试验点在路堤填土施工中,碎石垫层中有地下水渗出现象。从土工对比试验中发现,被加固土层的含水量降低了 55%。而且在云南某地,曾用碎石桩加固 8.0 m 的高路堤软土基,如果用实测沉降量与计算最终沉降量之比作为实测固结度,加工后三个月地基平均固结度已达 70%。其中加固部份固结度为 95%,而未加固部份小于 45%,后者固结极为缓慢。由此可见,碎石桩确实具有良好的排水效果。

(2) 减少加工后的沉降和不均匀沉降。碎石桩

设计中,可以将桩体打到相对硬层,即形成“贯穿式”和“半贯穿式”。因为对于打到相对硬层的“贯穿式”桩,桩底支撑于相对硬层上,桩体起应力集中的作用。上部荷重通过压缩模量较大的碎石桩传向下方,因而传给复合地基的荷重(即附加应力)就减少了。而对于没有打到相对硬层的“部份贯穿式”桩,悬浮在软土层中,与桩间土组成一个刚性较大的人工垫层。垫层将上部传来的附加应力向四周扩散,提高整个地基承载力,减少沉降量。且有试验数据表明(数据如表一所示):在相似条件下与粉喷桩加固区相比,碎石桩加固区开放交通一年后沉降量均减少 30%,横断面不均匀沉降(路线中心与路肩)减少 2%~4%。这主要是由于碎石桩加固地基,可以提高复合的变形模量,因而在一定程度减小了地基的沉降量。桩体和桩间土所形成的复合地基,以及碎石垫层这一人工硬壳,能够较为均匀地传布上部荷载,减少了沉降及不均匀沉降。

表 1 碎石桩与粉喷桩加固区沉降资料对比表							
观测断面	碎石桩加固区			粉喷桩加固区			
	2#	3#	4#	1#	2#	3#	4#
填土高/m	2.8	2.8	2.8	2.70	2.21	2.10	1.67
硬壳厚/m	1.5	1.5	1.2	2.2	2.6	2.5	2.3
加固层软土厚/m	5.6	5.8	6.0	4.6	4.8	5.0	6.0
铺设土工格栅	/	/	/	2 层	2 层	2 层	/
垫层厚/m	碎石	碎石	碎石	碎石	碎石	碎石	碎石
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
工后 660 天沉降/mm	933	1037	951	1518	1331	944	216
开设交通后 300 天沉降/mm	231	204	238	324	370	329	192
横断面差异沉降/%	21	37	33	29	30	23	42

(3) 提高地基的稳定性。本试验点填土高度超过了估算的临界高度,填土施工已两年多,路堤没有发生明显的侧向位移和挤出现象,整体稳定性好。经过计算,用南京水科院公式 $[R_{sp}] = R_s[1 +$

$m(n-1)]$ 计算复合地基承载力,复合地基的容许承载力,比原地基提高 20%。再用南京水科院提供的公式,如下式(1)、式(2)。分别计算复合地基的容许承载力和极限承载力,则极限承载力可以再提高到 1.9 倍。

$$R_{sp}(\text{容许}) = 3S_u[1 + m(n-1)]$$

(1)

$$R_{sp}(\text{极限}) = 5.7S_u[1 + m(n-1)]$$

(2)

式中, S_u —原地基土的+字板抗剪度平均值
(4) 碎石桩加固地基可以有效地提高复合地基的容许承载力。

与之相比,对于桩间土强度的提高,则甚微,特别是软弱土层的强度基本不变。复合地基的强度 R_{sp} ,主要是通过大型载荷试验确定。在没有条件时,可用下式估算:

$$R_{sp} = [1 + m(n-1)]R_s$$

(3)

式(3)中 m —面积置换率; n —地基在容许承载力时的桩土应力比,应通过实测来确定。如无实测资料,可参考多处工程实测资料 $n = 3.0 \sim 35$,土软取大值,土硬取小值。 R_s —桩间土容许承载力。可以通过土层力学性质指标计算,也可以静力触探及静载荷试验等方法确定。

4 结语

本文结合具体工程实践,着重研究了振动沉管碎石桩在软土地基处理上的应用,证明了用振动沉管碎石桩加固泥炭质土地基是可行的,并且达到了预期效果。同传统的振冲法相比,用振动沉管贯入法成孔更适合于软基加固施工。试验结果证明:与袋装砂井和插塑板排水固结法相比,振动沉管碎石桩具有可以连续填土施工,免除预压,缩短工期等优点。当然选用何种型式的碎石桩,要进行技术、经济和工期效益等综合比较。

参 考 文 献

1 郑 东. 软土地基处理施工工艺及质量检验方法研究. 成都:西南交通大学,2006

2 朱 明,范建华. 浅谈软土地基处理方法及施工工艺. 西部矿产工程,2009;(1): 26—28

3 黄玉恩. 碎石桩处理软土地基的沉降与观测. 交通世界,2009;
(1):94—95

4 杨松荣,孙友态. 振冲碎石桩法处理软土地基的设计及施工要
点,山西建筑,2010;36(7):77—78

5 何广讷. 振冲碎石桩复合地基. 北京:人民交通出版社,2001:
67—74

6 邱雪云. 水泥搅拌桩加固软土地基应用探讨. 四川建筑, 2010;
36(153):77—78

The Evaluation of Soft Earth Foundation Treatment with Vibro
Replacement Stone Columns

LI Bo , ZHANG Jian-ping, YANG Lei

(Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 65022, P. R. China)

[Abstract] Based on the characteristics of soft earth foundation and conventional approach, relying on projects mustang dam, the first time that uses vibro replacement stone columns developed by the vibro flotation method in soft earth foundation treatment. The construction technology and the effects of the reinforcement on soft clay ground are concluded. Test shows that vibro replacement stone columns in the drainage performance, reducing differential settlement of foundation, improving the bearing capacity and so has excellent results. The conclusion can provide reference for similar projects.

[Abstract] foundation treatment gravel pile construction technology reinforcement effect

(上接第 4830 页)

3 张文兴,钟联炯. 基于 OPNET 的无线战术通信网仿真建模. 电脑
开发与应用,2009;22(9):

4 李志强,胡晓峰,司光亚,等. 作战模拟中通信系统连通性仿真算
法研究. 计算机仿真,2006;23(4):

5 Adamy D L. 电子战建模与仿真导论. 吴汉平,译. 北京:电子工
业出版社, 2004

6 Poisel Richard A. 通信电子战系统导论. 吴汉平,译. 北京:电子
工业出版社, 2003

Research on the Simulation Modeling of Equipment
Support Communication Network

WANG Lin, DU Xiao-ming, SUN Xiao, XU Cheng

(Dept. of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, P. R. China)

[Abstract] Aimed at the modeling of communication system in equipment support simulation, the consistent of equipment support command and control network is analyzed, the modeling and simulation method which mainly considered the wireless communication module is put forward, the simulation execution flow of the message transmission module is set forth and the implementation method is explained.

[Key words] equipment support support communication communication network modeling and simulation