

振冲碎石桩在地基加固处理中的应用

蒋欢, 紫民

(海军工程质量监督站, 北京 100073)

摘要: 某闸地基浅层存在较厚的饱和粉细砂层, 导致地基承载力满足不了设计荷载要求、地基土透水性较强易产生流土渗透破坏以及地基难以满足抗震设防要求等问题。针对上述问题, 本文详述了振冲碎石桩加固此闸区地基的设计、施工及检测, 结果表明本文采用的方法能取得较良好的地基加固处理效果。

关键词: 振冲碎石桩; 承载力; 渗透性; 液化; 地基加固

中图分类号: TU753.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2008)03-0039-03

1 工程概况

某闸闸室共 15 孔, 净宽 8.0m, 总宽 140.9m, 闸体为 3 孔一连钢筋混凝土结构, 闸门采用平板闸门, 宽 8m, 高 5m, 单扇门重 18t。

地质勘探表明, 地下水水位高程 18.50m。闸址区两岸现状浅表层为: 素填土; 低液限粘土层; 1 低液限粉土层和 1 粉土质砂层(图 1), 地基承载力不能满足设计要求, 需进行地基加固处理。

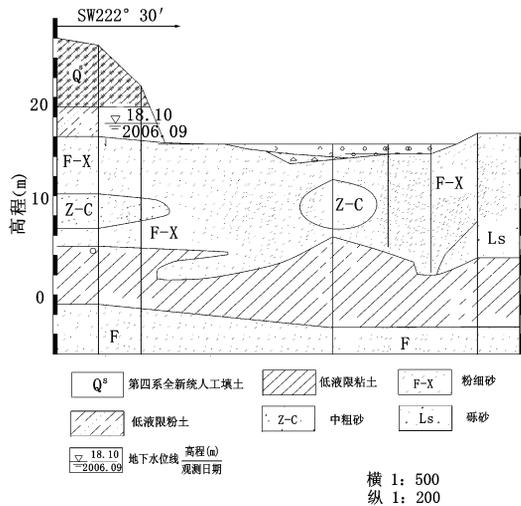


图 1 闸区地质剖面图

Fig. 1 The geological section in siting brake

基底浅层存在粉细砂层和级配不良砂层, 透水性

较强, 渗透系数 $K = 1.53 \times 10^{-3} \sim 1.92 \times 10^{-2} \text{m/s}$ 。抗渗透变形条件较差, 易产生流土渗透破坏, 危及建筑物安全。粉细砂层存在地震液化问题, 地基土层的液化层下限分布高程为 2.00m。闸区建筑物抗震设防烈度为 8 度, 地震动峰值加速度为 0.2g, 场地类型为中软土, 场地类别为 II 类。

2 振冲碎石桩加固地基的设计

闸区地基加固处理需要同时解决液化和地基承载力问题, 选用碎石振冲挤密法能完全消除液化沉陷并提高地基承载力^[1-4]。地基加固处理边界线为建筑物边界外不小于 1/2 可液化土层厚度, 即不小于 3.5m。基础加固处理面积 13 400m²。根据目前施工常用设备, 选用直径 800mm 振冲碎石桩, 平面布置间距 A 区为 2 000mm, B 区为 1 800mm(图 2), 呈梅花形布置, 振冲碎石桩桩底高程为 2.0m。

2.1 振冲碎石桩间距计算^[3-5]

振冲碎石桩间距按下列公式计算:

$$s = 0.95 d \sqrt{\frac{1 + e_0}{N(e_0 - e_1)}}$$

$$e_1 = e_{\max} - D_{r1}(e_{\max} - e_{\min})$$

式中:

s ——桩间距(m);

——修正系数, 当考虑震动下沉密实作用时取 1.1~1.2; 不考虑震动下沉时取 1.0, 本次计算取 1.1;

d ——桩身平均直径取 0.8m;

e_0 ——地基处理前砂土的孔隙比, 粉砂为 0.787;

e_1 ——地基挤密后要求达到的孔隙比;

e_{\max} ——砂土最大孔隙比 0.87;

收稿日期: 2007-04-23; 修订日期: 2007-06-22

作者简介: 蒋欢(1966-), 男, 工程师, 主要从事岩土工程地基处理方面的研究工作。

E-mail: mengx @bhsf. cn

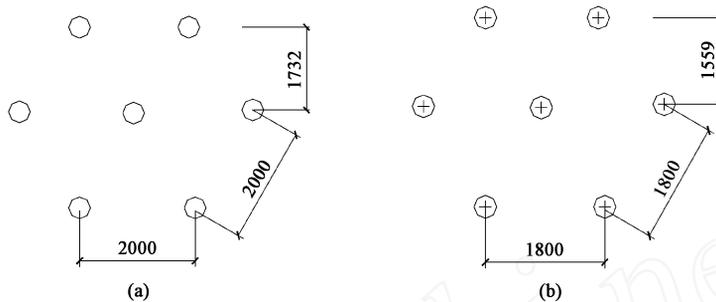


图 2 研究区平面布置图(800mm)

Fig. 2 Layout of the vibration piles

e_{min} ——砂土最小孔隙比 0.65;

D_{r1} ——地基挤密后要求砂土达到的相对密度,8 度地震设计时取 0.80。

经计算 $s = 3.6m$ 。实际设计水闸主河槽段振冲桩间距为 2.0m,两岸扶壁式挡土墙底板下为 1.8m。

2.2 复合地基承载力特征值计算

复合地基承载力特征值按下列公式计算:

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

$$m = d^2 / d_e^2$$

式中: f_{spk} ——振冲桩复合地基承载力特征值(kPa);

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值(kPa),宜按当地经验取值,如无经验时,可取天然地基承载力特征值,取 120kPa;

m ——桩土面积置换率;

n ——桩土应力比,在无资料时,可取 2~4,原土强度低取大值,原土强度高取小值,取 4;

d ——桩身平均直径(m),取 0.8m;

d_e ——一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径。

等边三角形布桩: $d_e = 1.05s$ 。

经计算: $s = 1.8m$ 时, $d_e = 1.89m$, 则 $m = d^2 / d_e^2 = 0.18$, $f_{spk} = 185.0kPa$, $s = 2.0m$ 时, $d_e = 2.1m$, 则 $m = d^2 / d_e^2 = 0.145$, $f_{spk} = 172.2kPa$

复合地基压缩模量按下列公式计算:

$$E_{sp} = [1 + m(n - 1)] E_s$$

式中:

E_{sp} ——复合土层压缩模量(MPa);

E_s ——桩间土压缩模量(MPa),按当地经验取值,如无经验时,可取天然地基压缩模量,取 10MPa。

经计算: $s = 1.8m$ 时, $E_{sp} = 12.9MPa$; $s = 2.0m$ 时, $E_{sp} = 15.4MPa$ 。

2.3 液化判别标准贯入锤击数临界值计算

在地面下 15m 深度范围内,液化判别标准贯入锤击数临界值按下式计算:

$$N_{63.5} < N_{cr}$$

式中: $N_{63.5}$ ——饱和土标准贯入锤击数(未经杆长修正);

N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值;

N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值,取 10;

d_s ——饱和土标准贯入点深度(m);

d_w ——地下水位深度(m),取 0;

c ——粘粒含量百分率,当小于 3 或为砂土时取 3。

闸基下 15m 范围内标准贯入锤击数临界值计算见表 3。

表 3 标准贯入锤击数临界值

Table 3 The critical hitting value of SPT							
d_s (m)	1	3	5	7	9	11	12
N_{cr}	10	12	14	16	18	20	22

3 振冲碎石桩施工

振冲碎石桩是以起重机吊起振冲器,启动潜水电机(带偏心块),使振动器产生高频振动,同时启动水泵,通过喷射嘴喷射高压水流,在边振边冲的共同作用下,将振冲器沉到土中的设计深度,清孔后,从地面向孔内填入碎石,使填料在振动作用下被挤密和压实;同时也使碎石桩周围的土体颗粒重新排列挤密,使土的孔隙比减小、密度增大,从而在地基中形成一个大直径的密实碎石桩体与原地基构成复合地基,以致提高地基的承载力,减少沉降和不均匀沉降^[3~4], (其施工工艺流程见图 3)。

振冲碎石桩的施工关键是对水、电、料的控制,制桩时严格把好填料量、密实电流、留振时间等 3 个要

素,并作好制桩记录和桩位图记录,使其相互对应,避免漏桩、重桩。若发现局部地基成孔至设计深度电流很低时,说明桩尖还处于软弱土层,应局部加深至正常成孔电流,以保证地基整体强度。

经现场试验,本工程施工参数选择如下:加密电流 80A,留振时间 10s,成孔水压 0.4~0.6MPa,振密水压 0.2~0.4MPa,填料量 7.4m³,桩为 8m³ 石子。

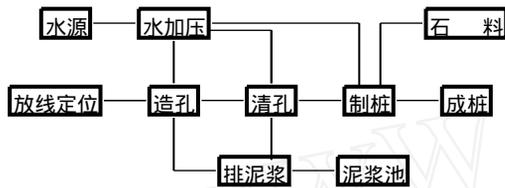


图3 振冲碎石桩工艺流程

Fig.3 Construction process of the vibration piles

具体施工过程如下:

- (1) 放线定位。在施工现场测量放线,定好桩位。
- (2) 造孔。用起重机悬吊振冲器对准桩位中心点,振冲喷水。振冲器在自重和振动及高压喷水的作用下,以 1~2m/min 的速度沉入土中,每沉入 0.5~1.0 m,在该段高度悬留振冲 10s 扩孔,待孔内泥浆溢出时再继续沉入。如此达到设计深度,即形成具有一定直径的孔洞。
- (3) 清孔。造孔后孔内泥浆浓度太大,杂质多,应进行清孔。振冲器达到设计深度后应在孔底适当留振并减小射水压力(一般保持在 0.1MPa),以排除泥浆进行清孔。
- (4) 制桩。制桩是整个施工的关键环节。将选好的碎石级配料倒入桩孔内(一次加入桩孔内的料最多不得超过 0.5~0.8m 桩孔高,把振冲器沉入孔内的填料中进行振密。施工过程中控制加密电流在 120~150A 以保证振密效果。振密达到密实电流值时提起振冲器,继续加料后再沉入振冲器振密,如此反复,直至桩顶。

(5) 成桩。当填加料振密至地面桩顶时,桩体即形成。

(6) 排浆。制孔、清孔、制桩的过程中,高压水都在不间断喷射,从孔内反流到孔外的水带走大量泥浆,从而达到造孔、清孔密实桩体的目的。

(7) 及时做好施工记录,保证施工质量与进度。

4 处理效果评价

4.1 复合地基载荷试验

由业主、监理指定对 A 区的 A16(1 号桩)、A32(2

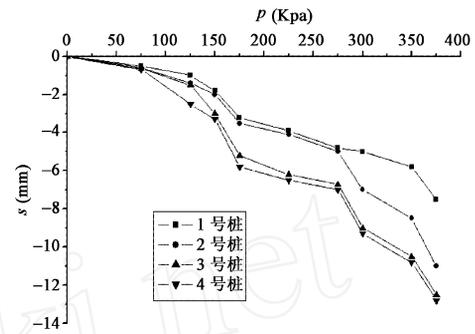


图4 荷载-沉降曲线图

Fig.4 Loading vs displacement diagram

号桩)及 B 区的 B33(3 号桩)、B43(4 号桩)进行了振冲桩单桩复合地基竖向抗压载荷试验,其载荷试验的 $Q \sim S$ 曲线见图 4。

由图 4 可见,所抽检的 4 根振冲桩单桩复合地基静荷载 $Q \sim S$ 曲线均为缓变均匀沉降形曲线,加荷至 370kPa 均出现明显拐点,判定未达到极限荷载。单桩复合地基承载力特征值按极限法取值,A 区复合地基承载力特征值 180kPa,B 区复合地基承载力特征值 172.2kPa,均满足设计要求。

4.2 动探试验

根据工程的实际施工情况,对振冲碎石桩的各主要部位做了动探。从检查的情况看,A 区桩体修正后的动探击数为 15~44 击/10cm,B 区桩体修正后的动探击数为 16~53 击/10cm,根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2002),参考《工程地质手册》(第三版),桩体承载力标准值均不小于 540kPa,桩体均处于中密~密实状态,达到设计要求^[6~8]。

4.3 标贯试验

从标贯试验检查的情况看,A 区标贯击数为 16~38 击,B 区标贯击数为 14~35 击,均大于液化临界击数,判定为非液化土;桩间土大部分处于中密~密实状态;根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2002),参考《工程地质手册》(第三版),A 区桩间土承载力特征值不小于 180kPa,B 区桩间土承载力特征值不小于 160kPa,均达到设计要求^[6~8]。

5 结语

为解决闸区地基承载力不能满足要求以及地基土级配不良可能产生的液化、渗漏等问题,采用振冲碎石桩进行闸基加固处理,共布置振冲碎石桩约 2580 根。

振冲碎石桩在地基主要受力范围内土层地质变化

(下转第 56 页)

Characteristics and development models of shallow groundwater in the red strata of southwest China

ZHANG Fu-cun^{1,2}, YAN Yi³, LIU An-yun⁴, LI Xufeng²

(1. China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Techniques, CGS, Hebei 071051, China; 3. Sichuan Academy of Geological Survey, Chengdu 610081, China; 4. Chongqing Bureau of Exploration & Development Geology & Mineral Resources, Chongqing 400039, China)

Abstract: The problem of seasonal drinking water shortage of man-livestock has not been solved in southwest red-strata areas of China. By geological survey and study authors summarize a series of natural orders on red-strata in Sichuan and Chongqing, such as shallow groundwater wide distribution, shallow burying, enough recharge and fast refresh and so on. At the same time, water-use characteristics are separated residence and low water requirement in these areas. So put forward theory on the resources of shallow groundwater in the red-strata, and its exploit techniques on minor-caliber shallow wells, and water-supply model on one-household using one-well.

Key words: red strata of southwest China; characteristics of shallow groundwater; development models of shallow groundwater
责任编辑:王宏

(上接第 41 页)

较大情况下,很难做到桩径均匀一致。施工中应严格控制填料量、留振时间、振密电流 3 个主要参数。尤其是振密电流如控制不好,则容易出现串桩、塌孔、缩颈等现象。施工中碎石填料要有良好级配,并保证含泥量不超过设计要求。

实践证明,振冲碎石桩技术简单,成桩快,工期短,成本低,基本无噪音,振动影响范围小,只要合理布置泥浆池,完全可以在有限噪音的地区施工,经济效果显著。用振冲碎石桩处理加固地基其复合地基承载力大大提高,加固效果显著,减小了沉降量,提高了抗震能力。

参考文献:

[1] 蓝冰.论碎石垫层在振冲碎石桩复合地基中的必要

性[J].岩土工程,2001,13(1):39-41.

[2] 唐建中,王也宜.振冲碎石桩处理液化地基的设计与施工[J].建筑科学,2004,20(3):42-45.

[3] 王会兰.振冲碎石桩施工技术在基础处理中的应用[J].水科学与工程技术,2006,3:9-10.

[4] 龚晓南.复合地基设计和施工指南[M].北京:人民交通出版社,2003.

[5] 林本海,谢定义.复合地基的液化检验理论及其应用[M].北京:中国水利水电出版社,1999.

[6] 中华人民共和国水利部.水闸设计规范 SL265-2001[S].北京:中国水利水电出版社,2001.

[7] 中国建筑科学研究院.建筑地基处理技术规范 JG79-2002[S].北京:建筑工业出版社,2002.

[8] 中华人民共和国建设部.建筑地基基础设计规范 GB-50007-2002[S].北京:建筑工业出版社,2002.

Application of vertical pile driven by vibration in subgrade reinforcement

JIANG Huan, ZI Min

(Navy Engineering Quality Supervision Station, Beijing 100073, China)

Abstract: The thick saturated silty and gravel strata with poor bearing capacity, strong penetrating and liquefaction are existing in the subgrade of one gate. The vibration piles were applied to reinforce the subgrade to solve such potential problems. This paper discussed the design, construction and examination of the vibration piles in detail. It is indicated that the vibration piles are effective for ground treatment.

Key words: vertical pile driven by vibration; bearing capacity; penetrating; liquefaction; subgrade reinforcement
责任编辑:王宏