

文章编号:1007-2993(2009)02-0079-03

某码头泊位场区强夯效果检测

甘七零

(化学工业岩土工程有限公司,江苏南京 210044)

【摘要】 某码头工程集装箱及多用途泊位场区设计采用强夯法处理地基,为验证施工工艺参数,检验强夯效果,采用了钻探土工试验、单桥静力触探、水位观测、孔隙水压力观测、浅层平板载荷试验、回弹模量;压实度、CBR 测试等多种检测方法,对场区大面积施工起到了指导作用。

【关键词】 强夯;土工试验;单桥静力触探;地下水位;孔隙水压力;回弹模量;压实度;浅层平板载荷试验;CBR

【中图分类号】 TU 413

Effect Testing of Dynamic Compaction on Berth Field of a Dock

Gan Qiling

(Chemical Industry Geotechnical Engineering CO., LTD, Nanjing 210044, Jiangsu, China)

【Abstract】 Dynamic compaction method is adopted in ground treatment of the design for engineering containers of a certain dock and multipurpose berth field. For the purpose of testing technological parameters of construction and inspecting the effect of dynamic compaction, this design adopts some inspecting methods, such as soil tests, single-bridged CPT, observation of water level and pore water pressure, shallow plate loading tests, modulus of resilience, density of compaction, CBR tests and so on. All these testing methods serve as clear guides to the large-scale construction on site.

【Key words】 dynamic compaction; geotechnical tests; single-bridged CPT; groundwater level; pore water pressure; modulus of resilience; density of compaction; shallow plate loading tests; CBR

1 概述

某码头工程集装箱及多用途泊位设计采用强夯法处理地基。首先设立了试夯区 A-2 区,试夯区的回填土层厚 1.0~5.3 m,淤泥质粘土层厚度

5.0~12.0 m,试验面积 30 m×30 m。

2 试验场地岩土工程条件

主要土层物理力学指标见表 1^①。

表 1 土层物理力学指标表

土层号	土层名称	含水量 w/%	重度 γ/(kN·m ⁻³)	孔隙比 e	无侧限抗压 强度/kPa	静探 p _s /MPa	标贯 N/击	地基承载力 特征值 f _{sk} /kPa	渗透系数 k _v /k _h /(10 ⁻⁷ cm·s ⁻¹)
I 2	素填土	35.3	18.3	0.972		1.28		70	
II 2-1	灰-灰黄色粉质粘土	35.9	18.4	1.008		0.78		65	17.3/9.99
II 2-2	灰-灰黄色砂质粉土	34.0	18.5	0.94		2.01	3~9	100	19.40/31.30
III 1	灰-灰黑色淤泥质粉质粘土	38	18.1	1.052	64.6	0.69	1~3	60	5.92/5.75
III 2	灰色粉质粘土	33.9	18.5	0.956		0.89		70	6.65/2.57

作者简介:甘七零,1971 年生,男,汉族,广西平南人,大学学历,高级工程师。主要研究方向:岩土工程监测和检测。E-mail: 803418@vip.sina.com

① 中交第三航务工程勘察设计院. 大港港区三期工程岩土工程勘察报告[R]. 2004.

3 试夯方案

采用点夯与普夯结合,具体技术参数见表2。

表2 强夯试验设计技术参数

试夯区	夯型	单点夯击能 / (kN·m)	夯点间距 /m	夯点布置	预计每次夯击次数	夯击遍数
A-2区	点夯	2000	3	正方形	≥10	二遍夯
	普夯	1200	搭接1/4	搭接型	≥2	一遍夯

4 点夯试验^[1]

4.1 试验要点

根据设计要求对 A-2 区进行点夯试验,夯点间距 3m,采用夯击能 2000 kN·m×10 夯击二遍,每遍为 32 个夯点。

4.2 试验结果

4.2.1 夯沉量与击数、遍数的关系

点夯试验不同遍数平均夯沉量与击数关系见表3及图1。

表3 平均夯沉量与击数关系表

夯击次数/击	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累计
平均夯沉量/cm	48	26	22	18	16	15	14	10	10	8	187
	36	25	20	17	15	13	12	9	7	7	161

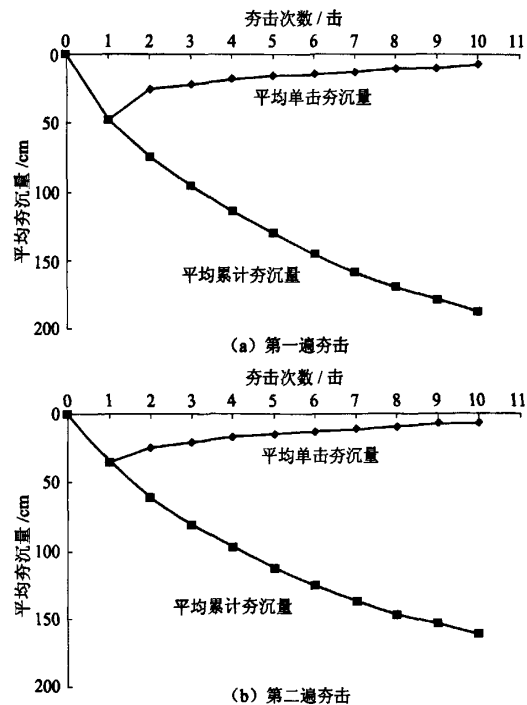


图1 夯击次数与平均夯沉量的关系图

4.2.2 孔隙水压力^[2]

在试夯区内共布设 2 孔,各孔布 4 只孔隙水压

力计。

对 A-2 试夯区试夯过程中孔隙水压力试验成果见图 2—图 4。

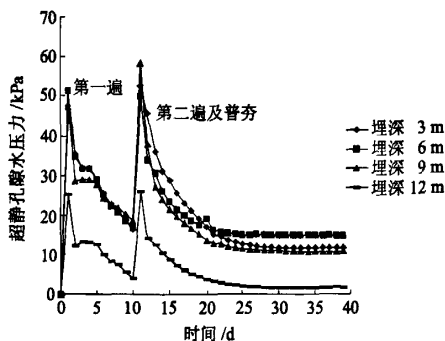


图2 K1孔在强夯时孔隙水压力的积聚及消散曲线

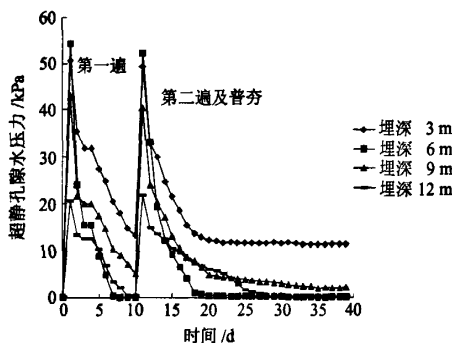


图3 K2孔在强夯时孔隙水压力的积聚及消散曲线

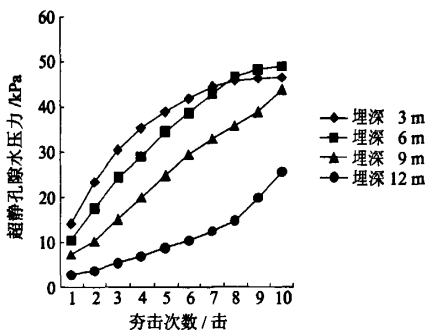


图4 强夯时孔隙水压力随击数变化曲线

由图2和图3可以看出,在每遍夯后8~10d左右超静孔隙水压力消散≥70%,故建议每遍夯的间歇时间为2周。

孔隙水压力与夯击击数的关系见图4。由图4可见,随着夯击击数的增加,孔隙水压力不断增大,但夯至第七击、八击时,浅部3m处的孔隙水压力增大速度缓慢,趋于稳定在某个数值上,当夯至第九击、十击时,6m处的孔隙水压力增大速度缓

慢,而深部 9 m、12 m 处孔隙水压力继续增大,故建议 A-2 区以 2000 kN·m 夯击能的最佳夯击次数为 8 击。

4.2.3 地下水位^[2]

地下水位在强夯时略有下降,然后逐步恢复至正常水位。

4.2.4 CBR 测试^[3]

CBR 测试结果见表 4。

表 4 CBR 测试结果表

现场 CBR 计算	贯入断面面积:19.625 cm ²				
	相当于贯入量 2.5 mm 时荷载压强:标准压强=7 MPa CBR _{2.5} =19.27 %				
相当于贯入量 5.0 mm 时荷载压强:标准压强=10.5 MPa CBR _{5.0} =12.28 %					
试验结果现场 CBR=19.27 %					
含水量计算	湿土重/g	干土重/g	水重/g	含水量/%	平均含水量/%
	1	377	262	115	22.4
	2	351	291	60	21.6
密度计算	试样湿重/g	试样干重/g	体积/cm ³	干密度/(g·cm ⁻³)	平均干密度/(g·cm ⁻³)
	1	378	261	172	1.52
	2	367	288	187	1.54

5 普 夯^[1]

普夯在进行两遍 2000 kN·m 点夯后进行的,普夯夯击能量采用 1200 kN·m,一锤压 1/4 锤,每点夯 2 击,夯锤采用 15 t 夯锤,落距 8 m。

6 加固效果检测

6.1 土工试验^[4]

在夯击前后分别用钻机取土样,进行室内土工试验,其试验结果见表 5。

表 5 夯击前后地基土常规物理试验结果对比表

层序	阶段	含水量 w/%	密度 ρ/(g·cm ⁻³)	干密度 ρ _d /(g·cm ⁻³)	比重 G _s	孔隙比 e	饱和度 S _r /%	液限 w _L /%	塑限 w _p /%	塑性指数 I _p /%	液性指数 I _L
I 2	夯前	21.5	1.91	1.57	2.73	0.737	80.0	29.4	19.0	10.4	0.24
	夯后	20.8	2.04	1.69	2.73	0.617	82.0	29.3	18.9	10.4	0.18
III 1	夯前	38.6	1.79	1.29	2.72	1.057	95.0	34.4	22.0	12.4	1.34
	夯后	35.8	1.80	1.33	2.73	1.060	92.0	34.3	20.3	14.0	1.11

在 I 2 层与 II 2-1 层即 0.00~6.00 m 左右在强夯加固范围内,而 III 1 层内强夯加固效果不明显。

6.2 单桥静力触探^[5]

在 I 2 层内,比贯入阻力 p_s 由夯前 1.21 MPa 提高到 1.60 MPa,在 III 1 层内,比贯入阻力 p_s 指标基本没有变化。表明在 I 2 层即 0.00~5.00 m 范

围内,强夯加固效果是明显的,在 III 1 层内即深度 5.00 m 以下,强夯加固效果不明显。

6.3 回弹模量^[3]

夯后回弹模量 E₀ 平均值为 51.6 MPa,较夯前所测回弹模量有所提高。

6.4 压实度^[3]

其试验结果见表 6。

表 6 压实度试验结果表

测点	土样分类	含水量 w/%	湿密度 ρ _w /(g·cm ⁻³)	干密度 ρ _d /(g·cm ⁻³)	最大干密度 ρ _c /(g·cm ⁻³)	压实度 K/%
Y1	粉质粘土	21.8	2.03	1.67	1.74	95
Y2	粉质粘土	20.8	2.04	1.69	1.76	96

夯后 1.5 m 深度的压实度 K 在 95%~96% 之间,大于 90%。

6.5 浅层平板载荷试验^[6]

按相对变形值 s/b=0.01 所对应的荷载确定的地基承载力特征值 f_{sk} 为 150 kPa,较夯前提高幅度

大于 50% 以上。

7 结 论

1)强夯影响深度大于 9 m,每遍夯的间歇时间宜为 2 周,最佳夯击能为 2000 kN·m×8。

以下先讨论桩端在第一层持力层的情况。

为简化起见,假设桩端入岩深度小于0.5 m,同时仅考虑桩端阻力的作用,并假设端阻力发挥系数 c_1 为0.4。则要求 $0.4F_a \geq [R_s]$ 。

令 $\alpha = \frac{0.4F_a}{[R_s]} = 1$,可以求得,对于全断面冲切和单侧冲切,满足桩端承载力要求所需 n 值随 f_{rk} 值的变化情况见图2。

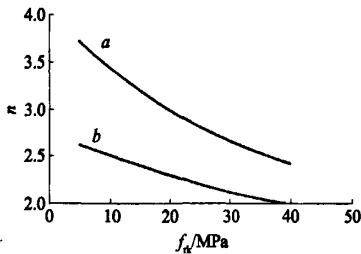


图2 n 值随 f_{rk} 值的变化曲线

由图2可见,随着持力岩体强度的增大,所需的桩底持力层厚度逐渐减小。在全断面冲切情况下,只要持力层 $f_{rk} > 5$ MPa,桩底持力层的厚度就不需要 $3d$;即使只考虑单侧冲切,也仅大约在 $f_{rk} < 20$ MPa的情况下,持力层厚度需要 $> 3d$,而在 $f_{rk} \geq 20$ MPa的情况下,持力层厚度则不需要 $3d$ 。

假设按单侧冲切考虑,那么,当第一层持力层厚度 x_1 小于图2中 a 曲线的 nd 值时,桩则必须穿过第一层持力层和第一层软弱层,以第二层持力层为桩端持力层。

此时,在计算桩基承载力时,增加了以上两层岩石的桩侧阻力,其所需的桩端持力层的承载力减小为 $F' = F - \sum_{i=1}^2 c_{i2} h_i f_{rk_i}$ 。因此,对 x_3 的厚度要求将比 x_1 小,其算法如第一层持力层的情况,在此不再计算。

5 结论

1) 4.2节对桩端位于第一持力层的冲切计算中,略去了桩端以上土层的侧摩阻力和嵌岩段的嵌固力,其计算结果偏于安全。对于上覆土层力学性质较好的实际工程场地,土层将给桩基提供较大的侧摩阻力,在设计计算时不宜忽略^[2]。在考虑侧阻力作用的情况下,桩端所需阻力相应减小,图2中的两条曲线将向下移,即所需的桩端持力层厚度比上述计算结果更小,往往并不需要 $3d$,甚至 $< 2d$ 即可。

2) 对于广州红色地层发育区的桥梁桩基,在强化工程勘察质量、详细查明软弱夹层分布的同时,设计过程还应根据地质规律、岩层的力学特性和施工环境等因素,准确辨别软弱夹层的存在情况,避免被忽略或误判;在此基础上,需根据桩的荷载、桩端持力层的强度、软弱夹层的分布等考虑其抗冲切破坏能力,依次进行桩基设计。

3) 当桩基检测发现桩端以下 $3d$ 范围内存在未预料到的软弱夹层时,建议先按本文提出的思路进行验算,并根据检测资料及验算结果组织专家会诊,来确定处理方案,避免盲目采取加固措施造成浪费和延误工期。

参考文献

- [1] 刘良贵,伊颖锋,李承海. 广州市工程岩土环境分区与基本特征[J]. 工程地质学报, 2006, 14(增刊): 18-24.
- [2] 林天键,等. 桩基础设计指南(第一版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999: 79-117; 290.
- [3] 彭功勋,林春秀,单联君,等. 嵌岩端承桩桩底冲切实用计算[J]. 城市道路与防洪, 2007, 8(5): 130-133.
- [4] 《工程地质手册》编写委员会. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007: 167.

收稿日期: 2009-01-12

(上接第81页)

2) 深度5 m以上加固效果明显,深度5 m以下加固效果不明显。

3) 夯后地基承载力特征值比处理前提高幅度在50%以上。

参考文献

- [1] YSJ 209—1992, YBJ 25—1992 强夯地基技术规程。

- [2] CECS 55:93 孔隙水压力测试规程。
- [3] JTJ 059—1995 公路路基路面现场测试规程。
- [4] GB/T 50123—1999 土工试验方法标准。
- [5] GB 50021—2001 岩土工程勘察规范。
- [6] GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范。

收稿日期: 2009-02-09