

吹填砂地基强夯试验研究

张 唯¹, 王 坚²

(1. 中国地质大学工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 南京龙潭集装箱有限公司, 江苏 南京 210058)

摘 要:通过某码头工程典型试验区进行的强夯试验,研究了在单点夯试验过程中夯沉量与夯击次数的关系、地基土水平位移和深度的关系、夯击次数与孔隙水压力的关系及孔隙水压力增长与消散和时间的关系;在试验块强夯后,进行了静载试验、静力触探试验和钻孔取土室内土工试验。通过对强夯前后进行对比,得到了强夯法加固吹填砂地基的效果,提出了合理的强夯施工参数和控制工艺,并得出了一些有益的结论。

关键词:吹填砂;强夯;试验

中图分类号:TU413.4

文献标识码:A

文章编号:1000-7849(2003)03-0105-04

长江沿线新建码头原陆域的天然地面一般较低,工程中常用吹填江砂作为填料形成港区陆域。如利用长江航道疏浚工程产生的江砂作为填料更是非常经济的方法,并且充分利用了资源^[1]。但吹填砂层和天然地基的承载力和变形一般不能满足港区作业对承载力和变形要求较高的要求,因此,必须对吹填砂地基进行加固。强夯法是一种较为理想的地基处理方法,它具有设备简单、施工方便、经济易行、加固效果显著、适应于大面积场地等优点^[2]。通过强夯法可解决地基承载力、变形和吹填砂液化的问题。现将笔者在南京港龙潭集装箱码头一期工程吹填砂地基进行的强夯试验研究成果介绍如下。

1 强夯现场试验

南京港龙潭集装箱码头一期工程是交通部和南京市重点建设项目,港区位于八卦洲下游南岸,在江苏省南京市栖霞区花园乡境内。拟建3个25 000 t级和2个1 500 t级集装箱轮泊位。一期工程陆域建设的主要内容为集装箱堆场和道路,总面积约33.6万m²。港区陆域是由吹填航道疏浚后的细砂形成的,吹填砂层厚度为1.8~4.0 m,砂样中粒径小于0.005 mm的粘粒含量为0,大于0.1 mm的砂含量均在99%以上,细砂颗粒比较均匀,级配不良,易产生液化。天然地基自上而下为:①褐黄色粉质粘土,层厚为1.5~3.0 m,饱和状态,可塑性偏硬,土质均匀;②灰黄—灰色淤泥质粉质粘土,层厚3.0~9.0

m,饱和状态,软塑,这两层作为拟建场地天然地基下卧软弱层及主要压缩层;以下依次为灰色粉质粘土夹粉细砂、灰色粉细砂夹粉质粘土等,均为良好的地基土层。港区内原天然地基承载力为70~100 kPa,设计要求集装箱堆场和道路的地基承载力为150~200 kPa,平均有效加固深度不小于7 m;在使用荷载作用下残余沉降量小于30 cm。因此,必须对天然地基和吹填砂层进行加固,经过对多种地基加固方案的比较、论证及经济评价,强夯法作为一种经济、快速的地基处理方法被首选。为给大面积施工提供可靠的技术参数,特设计此试验。

大面积处理之前,为了优化设计方案、选择最佳的施工工艺并减少工程造价,在陆域范围内选取2个强夯试验区,采用不同的施工工艺进行强夯现场试验。试验设计强夯工艺采用二遍点夯一遍普夯的方法。A试验块(48 m×48 m)在原吹填砂层面上回填50 cm厚的碎石土作为始夯面;B试验块(30 m×30 m)直接以原吹填砂层面为始夯面,夯后再回填50 cm厚的碎石土。每遍点夯间距为6 m×6 m,夯坑间距为3 m×3 m,呈正方形插档布置形式。试验块夯点布置示意图见图1。

强夯试验技术参数如下:夯锤重为16.4 t,底面积为4 m²,锤底静压强为40.1 kPa,起吊设备选用150~500 kN的履带式吊机,采用自动脱钩装置。根据砂土梅纳公式经验系数取值为0.45~0.50^[3],设定A试验块单击夯击能量为1 800 kJ,B试验块单击夯击能量为2 000 kJ,普夯单击夯击能量均为

以地表以下5 m处深淤泥质粘土层中的孔隙水压力为例,在单点夯击能试验时,距夯坑中心2.5 m处测点的孔隙水压力最大;距夯坑中心4 m处已衰减至最大值的40%左右;距夯坑中心6 m处衰减至最大值的20%;距夯坑中心8 m处孔隙水压力反映已不明显。

单点夯击试验过程中夯坑周围地基中孔隙水压力的消散过程曲线如图5。夯击引起的超静孔隙水压力基本上在2~3 d内消散完毕。

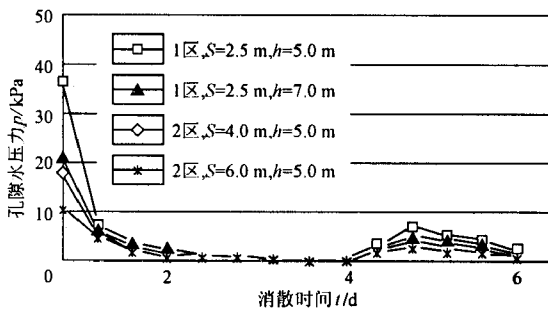


图5 孔隙水压力的消散过程曲线

Fig. 5 Relation curve of pore water pressure and time

3 载荷试验

载荷试验是检验强夯效果的主要手段之一,用于检验加固后的地基承载力,载荷板的长和宽均为1.5 m,测定0.01 b, 0.02 b, 0.03 b (b为载荷板宽度)对应的地基承载力。试夯后对A试验块进行了两组载荷试验,编号为Z₁和Z₂;对B试验块进行了一组载荷试验,编号为Z₃。p~S曲线见图6。从图6可以看出,在2倍设计承载力的试验载荷作用下,载荷试验均未出现地基破坏现象,取p_{0.02}(沉降量为0.02 b时的承载力)作为地基承载力的标准值,荷载

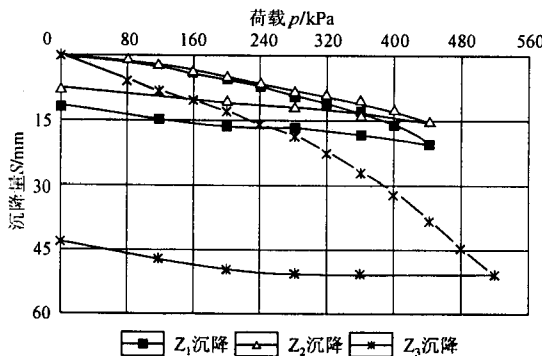


图6 载荷试验曲线

Fig. 6 Curve of loading test

最小值为380 kPa,远远超过地基承载力需达到150~200 kPa的要求。

从试验结果分析,A试验块的承载力远大于B试验块,原因是A试验块夯前在原砂层面已填筑了50 cm厚的碎石土,该工程采用的是1.5 m×1.5 m的载荷板,检测深度为3.0~4.5 m,在该深度范围内基本上是强夯后形成的碎石土与吹填砂的混合物,是很好的硬壳层,从而增加了地基的承载力^[4]。

4 其它试验

在强夯前后,还进行了静力触探试验和钻孔取土室内土工试验,结果表明,夯后淤泥质粘土层的比贯入阻力p_v值较夯前提高了30%~40%,强夯影响深度为地表以下8 m左右;在8 m深度范围内,原地基土的物理性能指标经强夯后有一定的改善,淤泥质粘土层的压缩模量增加了23%,表明夯后土层得到了很好的固结。

5 检测结论

(1)综合以上测试结果与分析,试验所采用的两种强夯工艺均能满足设计要求。强夯有效影响深度在地表以下8 m之内。经比较,采用先填碎石土再强夯的施工工艺加固效果较好。大面积施工时,建议采用两遍点夯、一遍普夯的施工工艺。点夯间距为6 m,每击夯击能以2 000 kJ为宜,第一遍夯击次数为7,第二遍夯击次数不小于6,以最后两击平均夯沉量小于10 cm为停夯的控制标准。为有效夯实地表层松土,普夯能量为1 500 kJ,每点2击,间距为点间互压1/4锤径。每遍夯击的间隔时间不少于3 d。

(2)根据设计提出的作业区使用荷载的要求和土工试验资料,采用分层总和法计算的港区最终沉降量为0.70~0.90 m,试验块区域的施工夯沉量为0.50~0.60 m,夯后残余沉降量在0.2~0.3 m间,满足设计提出的残余沉降量小于30~50 cm的要求。

(3)在使用过程中,大面积作业区的荷载传递深度将远大于载荷试验的检测深度,因此测试承载力的理论富裕度尚需在实际使用中进一步验证^[5]。建议在大面积处理后,除采用载荷试验、静力触探和钻孔取土室内土工试验对夯后效果进行检测外,还需用标准贯入试验或旁压试验等对深层地基土的承载力进行检验。

6 结 语

(1)在长江中下游地区,采用强夯法对吹填砂地基进行加固处理是可行的,可使砂土得到加密,消除液化现象,使下卧土层得到较好的固结,有效地减少总沉降量和使用期的不均匀沉降量。这种方法可以在类似的沿江、沿海地区,在对吹填砂形成陆域的地基加固时推广使用。

(2)碎石土地基的加固机理是在上部形成一个硬壳层,与强夯置换法的桩摩擦机理不同^[6]。

参考文献:

- [1] 杨进. 强夯法加固吹填土地基的试验研究[A]. 见: 佚名. 第六届全国土力学及基础工程学术会议论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991. 703-706.
- [2] 王铁宏. 全国重大工程项目地基处理工程实录[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 4-12.
- [3] 《地基处理手册》编写委员会. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. 253-259.
- [4] 周松. 福州长东机场浅层地基强夯施工[J]. 岩土工程师, 1996, 8(4): 34-42.
- [5] 李大忠. 强夯法处理地基后承载力的计算[J]. 岩土工程师, 1996, 8(2): 25-27.
- [6] 李永明. 强夯和强夯置换法在深圳港盐田二期工程地基处理中的应用[J]. 水运工程, 2001, (4): 15-20.

EXPERIMENT STUDY ON BACKFILL SAND FOUNDATION BY DYNAMIC COMPACTION

ZHANG Wei¹, WANG Jian²

(1. *Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China;*
2. *Longtan Container Co. Ltd, Nanjing Jiangsu 210058, China*)

Abstract: Dynamic compaction is a better way for the treatment of sand filling foundation in the Yangtze River region. This paper has discussed the consolidation test of sand filling foundation in typical area of a port project and investigated in single rammed point testing the relation curve of ramming number and settlement, the relation between horizontal displacement and depth of soil, the relation curve of ramming number and pore water pressure, and the relation curve of pore water pressure and time. The loading test, static cone penetration test and soil laboratory test have been done after the dynamic consolidation in the area. According to the conclusion before and after the testing, some appropriate engineering parameters are obtained and some advices are put forward.

Key words: backfill sand; dynamic compaction; testing