

静力触探试验与荷载板试验相结合检测 船坞天然地基处理效果研究

Study on the Treatment Effect of Natural Foundation of Dock Combined with Static Penetration Test and Load Plate Test

吴国杰
Guojie Wu

中国水利水电第三工程局有限公司 中国·陕西 西安 710000
Sinohydro Bureau 3 Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

摘要: 论文通过对静力触探试验及荷载板试验的试验机理进行分析研究,结合沙特萨勒曼国王国际港务综合设施项目 P5 标段 4# 及 5# 干船坞基坑地基处理要求,充分阐述了静力触探试验与荷载板试验相结合的检测方式对船坞地基的检测效果,以期为今后类似工程提供借鉴。

Abstract: The paper analyzes and studies the test mechanism of static penetration test and load plate test, combined with the foundation treatment requirements of the P5 bid section 4# and 5# dry dock of the King Salman International Port Complex Project in Saudi Arabia, and fully explains the static the detection effect of the combination of the force penetration test and load plate test on the foundation of the dock is expected to provide a reference for similar projects in the future.

关键词: 地基;静力触探;荷载板

Keywords: foundation; static penetration; load plate

DOI: 10.36012/etr.v2i6.2049

1 引言

地基土的静力触探试验是以静压力将圆锥形探头按一定速率匀速压入土中,量测其贯入阻力(包括锥头阻力和侧壁摩阻力或摩阻比),并按其所受阻力的大小划分土层,确定土的工程性质。该试验能确定各类土体的空间分布及其工程特性,是工程地质勘探中一项原位测试方法,主要适用于黏性土、粉土及砂性土层^[1,2]。

荷载板试验就是在欲试验的土层表面放置一定规格的方形或圆形承压板,在其上逐级增量持续时间相同或接近,侧记每级荷载板作用下荷载板沉降量和稳定值,加载至设计最大荷载,或达到加载设备的最大容量为止,然后卸载,记录土的回弹值,并根据试验记录绘制荷载(P)和沉降量(S)的关系曲线,可通过该试验分析研究地基土的强度与变形特征,

求得地基土容许承载力与变形模量等力学数据。

因荷载板试验只能在地基土表层进行,对于表层以下的隐蔽部位是否存在软弱夹层等不良地质情况,在试验过程中很难判断。尤其是像大型干船坞基坑的地基承载力检测,基坑内地质状况分布不均匀,如若荷载板试验点位随机选在不良地质上,会导致不理想的试验结果,经地基处理后需重复试验的情况,既耽误工期又增加额外试验费用。

为了排除荷载板试验点位下面存在不良地质而重复试验的情况,在荷载板试验前,预先在试验点位实施静力触探试验,探明地基土表层以下的地质状况,并根据静力触探试验结果做相应的地基处理,可提高荷载板试验成功的概率。

2 工程概况

沙特萨勒曼国王国际港务综合设施项目 P5 标段的 4#

【作者简介】吴国杰(1985~),男,河北三河人,工程师,从事工程管理研究。

及5#干船坞位于同一个基坑内,基坑平面尺寸730m×375m,坑顶标高+4m,坑底标高-11.7m,为临海吹填形成。该两干船坞结构形式为减压排水式,坞室采用分离式,坞口同样为现浇钢筋混凝土U形分离式结构(坞墩、坞坎及泵房组合成坞口),坞底板为现浇钢筋混凝土整体结构,不设伸缩缝,底板下设减压排水系统,由排水层及滤水管组成。减压排水层下即为船坞地基建基面,地基承载力不小于175kPa。

项目地勘资料显示,建基面以下3m以内为砂土层;3~7m为灰屑岩层;7~13m为砂土层;13~17m为泥岩层。

根据设计要求,为了检测两个干船坞的地基承载能力,干船坞基坑内需要做的静力触探试验(CPT)及荷载板试验(PLT)的点位分布如图1所示。其中,CPT+PLT试验共5个点,单点CPT试验共18个点。

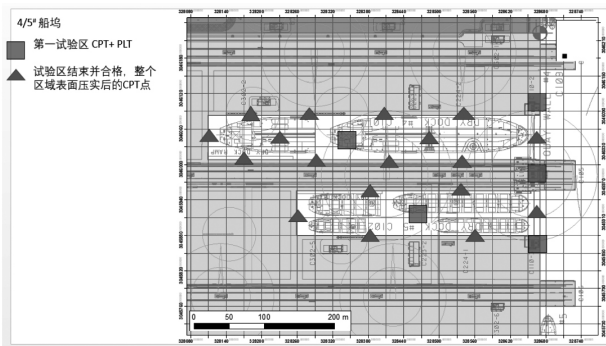


图1 静力触探试验及荷载板试验的点位分布图

3 试验要求

①首先进行第一试验区试验,试验点位开挖至建基面高程,采用轻型井点降水,地下水位降至建基面以下不小于1m,试验点位工作面不小于6m×6m,建基面在试验前需要进行表面压实,压实度不小于95%。

②第一试验区在做PLT之前首先进行CPT试验,逐点进行。通过CPT试验报告可判断表面压实的地基处理方式是否满足设计要求,并可判断是否需要做深基础处理。如表面压实方式满足要求且不需要进一步的深基础处理,则可继续该点的PLT试验,通过PLT试验测得地基沉降量及变形模量,从而进一步验证上述地基处理方式的效果。

如表面压实后进行CPT试验,试验结果显示不满足设计要求,则需要结合试验报告确定深基础处理方式(如强夯或振冲处理)及深基础的处理范围。经深基础处理后,需要在原试验点位再次进行CPT试验,验证处理效果,二次试验结果满足设计要求后便可开始PLT试验。如若二次试验结果仍不

满足要求,寻找原因,进行设计论证,并确定进一步的处理方案,直至CPT结果合格后开始进行PLT试验以进一步验证地基处理效果。如CPT满足要求,而PLT试验指标差,可将压实度进一步提高,或通过调整船坞底板的配筋予以修正。如果CPT及PLT试验指标都比较理想,可为船坞底板的配筋优化的提供指导。

③第一试验区5个CPT+PLT试验结束后,方可进行其它区域18个单点CPT试验,该18个单点CPT试验的要求与第一试验区的要求一致。其目的是保证地基试验的覆盖范围。通过第一试验区的5个试验可推算出地基土的弹性模量(E)与CPT试验的锥头阻力(q_c)之间的等式关系,从而可省去该18个点的PLT试验。

4 试验程序

4.1 CPT 试验

在试验点位,安排CPT设备向下探测,锥头阻力(q_c)达到45MPa且在该阻力下达到最大深度 H_1 后,记录下该深度 H_1 并移出探头;采用回转钻沿探孔钻至 H_1 以下2m,达到新的深度 $H_2=H_1+2m$;移开钻孔设备,继续下CPT探头,从 H_2 开始探测,阻力达到45MPa时的最大深度为 H_3 ,若 $(H_3-H_1) \geq 8m$,则可结束该点的CPT试验,并根据 H_3 深度出试验报告(深度与锥头阻力之间的关系曲线,以及深度与侧壁摩阻力之间的关系曲线);若 $(H_3-H_1) < 8m$,移出探头,采用钻孔设备沿探孔钻至 H_3 以下2m,达到深度 $H_4=H_3+2m, \dots$ 。重复以上过程,直至最后一次的锥头阻力达到45MPa时的深度 H_n ,且 $(H_n-H_1) \geq 8m$,则可结束该点的CPT试验,并根据 H_n 达到的深度出具CPT试验报告。

4.2 PLT 试验

采用碎石将CPT探孔回填,保持试验土层的原状结构和天然湿度,在拟试压表面用粗砂和中砂层找平,其厚度不超过20mm。采用方形钢筋混凝土承压板,板的尺寸2.5m×2.5m。液压系统施载,堆载横梁提供反力,百分表记录沉降数据,最大施载为地基承载力的2倍。按照表1的要求分级加载。

每级加载后,按间隔5min测读一次沉降量,但当出现下列情况时,应终止加载:①承压板周围的土明显的侧向挤出;②沉降s急骤增大,荷载-沉降($p-s$)曲线出现陡降段;③在某一荷载下,稳压时间内沉降速率不能达到稳定标准;④沉降量与承载板宽度或直径之比大于或等于0.06。

表1 分级加载要求

加载比/%	荷载值/kPa	配重/kN	稳载时间
0	0	0	0
25	87.5	547	15min
50	175	1094	15min
75	262.5	1641	15min
100	350	2188	12h
75	262.5	1614	15min
50	175	1094	15min
0	0	0	1h

按照设计要求,最大沉降量不超过荷载板尺寸的0.02倍,即50mm为合格。其中,承载力特征值的确定原则如下:①p-s曲线上有比例界限时,取该比例界限所对应的荷载值;②当极限荷载小于对应比例界限的荷载值的2倍时,取极限荷载值的一半。

5 数据分析

按照试验要求,经当地有资质的第三方实验室试验后出具的试验结果如表2和表3所示。

表2 CPT 试验结果

点位	$q_{c=45MPa}$ 的深度 H_f/m	试验结束深度 H_n/m	备注
CPT-1	4.50	13.10	与 PLT-1 同位
CPT-2	4.25	12.67	与 PLT-2 同位
CPT-3	3.60	11.90	与 PLT-3 同位
CPT-4	5.60	14.00	与 PLT-4 同位
CPT-5	4.80	13.20	与 PLT-5 同位
CPT-6	5.40	13.80	单点
CPT-7	5.10	13.40	单点
CPT-8	4.75	13.05	单点
CPT-9	4.90	13.15	单点
CPT-10	4.75	13.40	单点
CPT-11	5.10	13.50	单点
CPT-12	4.95	13.20	单点
CPT-13	4.80	13.00	单点
CPT-14	5.35	14.05	单点
CPT-15	5.05	13.55	单点
CPT-16	4.90	13.15	单点
CPT-17	4.85	13.10	单点
CPT-18	4.65	12.95	单点

表3 PLT 试验结果

点位	最大载荷/kPa	最大沉降/mm	备注
PLT-1	350	7.105	与 CPT-1 同位
PLT-2	350	9.673	与 CPT-2 同位
PLT-3	350	8.905	与 CPT-3 同位
PLT-4	350	10.010	与 CPT-4 同位
PLT-5	350	9.776	与 CPT-5 同位

CPT 试验 $q_{c=45MPa}$ 时 H_f 均小于 6.50m, H_n 均不超过 14.50m,证明 4#、5# 干船坞建基面经过振动碾表面压实,压实度达到 95%以上,能够满足地基处理要求,不需要进一步强夯或振冲等深基础处理。

荷载板试验沉降允许值 S 的计算过程如下:地基土的基床系数 $K_{S(BL)}=7000kPa/m$,荷载板的尺寸 $B_1=2.5m$,船坞底板等效尺寸长 $L=275m$,宽 $B=90m$ 。荷载板试验的地基基床系数 $K_{S(BB)}K_1(\frac{B+B_1}{2B})^2=0.264K_1$,式中, K_1 为荷载板试验实测的地基基床系数,即 $K_1=\frac{350kPa}{S}$ 。船坞底板对应的地基基床系数

$$K_{S(BL)}=\frac{K_{S(BB)}(1+0.5\frac{B}{L})}{1.5}=0.205K_1, \text{ 则 } K_1=\frac{K_{S(BL)}}{0.205}=\frac{7000kPa/m}{0.205}=34146kPa/m, \text{ 荷载板试验沉降允许值 } S=\frac{350}{34146kPa/m}=0.01025m=10.25mm。 \text{ 也就是说,荷载板试验的实测沉降值均小于 } 10.25mm, \text{ 荷载板试验结果满足设计要求。}$$

6 结语

对于在软土地基上建造干船坞,地基处理效果检测的重要性不言而喻,科学合理的检测方式为确保地基处理质量提供了保障。本工程通过静力触探试验与荷载板试验相结合的方式检测干船坞天然地基处理效果,既确保了地基检测质量,又为两个干船坞的结构设计提参提供了重要依据,有效地降低了后期的质量风险及设计风险^[9]。

当前,随着国际造船业的快速发展,给中国的造船业带来国际国内双重竞争的局面。为了确保造船业的国际竞争力,中国造船企业在船坞建造阶段就应当注重解放思想,开拓思路,结合产品特点和企业自身的优势,综合考虑企业在建和待建产品的计划、产品的建造周期、建造场地地基承载力及生产动能资源等,充分利用“四新”技术为船坞的建造增值。此外,中国要想推动造船模式的创新,还有很多工作要做,需要一代代造船人的共同努力。

参考文献

- [1] 顾平,张程程,曹风旭.静力触探技术在工程地质勘察中的应用[J].工程建设与设计,2020(6):24-25.
- [2] 吕楚江.浅析工程勘察技术中静力触探试验的作用[J].西部探矿工程,2019(6):1-2.
- [3] 袁伟杰,熊传详.软土地基大型船坞深基坑数据分析[J].水利与建筑工程学报,2016(6):162-168.