



圆筒重力式护岸结构在大连地区软基上的应用

姜华林, 董敏, 马德堂

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 大连港东部地区搬迁改造项目护岸工程(一标段)是大连地区首例在软土地基上应用圆筒重力式结构的工程。在设计过程中对多种加荷时间和加载量级组合进行对比论证,并在施工过程中用现场监测结果进行验证。结果表明:现场观测数据正常,工程质量达到预期要求。

关键词: 圆筒重力式护岸; 软土地基; 沉降观测; 加载方案

中图分类号: U 656.3

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2016)S1-0138-04

Application of cylinder gravity revetment to soft foundation in Dalian area

JIANG Hua-lin, DONG Min, MA De-tang

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The revetment engineering of transformation and relocation project in Dalian port eastern region (tender I) is the first one adopting cylinder gravity structure on soft soil in Dalian area. Combinations of multiple loading time and magnitudes are compared and demonstrated in the design and verified by the site monitoring result during construction, which indicates that the monitoring data is under control and the engineering quality satisfies the prospective requirement.

Keywords: cylinder gravity revetment; soft foundation; settlement observation; loading scheme

大连港东部地区搬迁改造工程(一标段)位于大连湾南岸,大连港老港区东侧,与大连市中心距离较近,并且该地区将建成大连新的地标性区域,对景观效果、环境保护和资源利用提出了更高的要求。随着港口建设的迅猛发展,许多新型的港口工程结构形式不断出现,圆筒重力式结构作为其中一种建于软土地基上的护岸结构,以其不需清淤、减少回填从而最大限度地保护环境和节约资源的优点而在工程中逐渐得到应用。但其缺点也较明显:高压缩性海底淤泥物理性质较差,尤其是大连湾地区淤泥有机质含量较高,对施工过程中工艺要求严格,控制不当便会引起地基变形过大,甚至造成地基失稳^[1]。本文阐述该工程的设计方案,结合现场加载试验,利用实测的沉降、水平位移、孔隙水压力数据,分析圆筒重力

式护岸结构的沉降变形规律,验证了设计方案的正确性。

1 工程地质条件

勘察资料显示,工程区域地层结构自上而下分别为:流泥、淤泥、淤泥质粉质黏土、粉砂、粉土、粉质黏土、强风化板岩、强风化辉绿岩。其中前3层为主要的可压缩土层,含水率高,物理指标较差:①流泥(Q_m^4):灰黑色,饱和,流塑,具腥臭味,多见贝壳碎片,钻进十分容易,钻孔缩径严重,顶面高程-9.63~-5.82 m,底面高程-14.13~-8.08 m,钻孔揭露厚度1.8~5.7 m;②淤泥(Q_m^4):黑色或黑灰色,饱和,流塑,具腥臭味,多见贝壳碎片,钻进容易,缩径,顶面高程-14.13~-8.08 m,底面高程-18.23~-11.46 m,钻

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 姜华林(1986—),男,硕士,工程师,从事港口工程设计工作。

孔揭露厚度 1.6~5.7 m; ③淤泥质粉质黏土(Q_m^4): 黑灰色, 饱和, 软塑, 局部可塑, 具腥臭味, 偶见贝壳碎片, 无摇震反应, 干强度中等, 韧性中等, 切面稍有光泽, 部分钻孔底部有薄层粉质黏

土, 顶面高程 -18.23 ~ -11.46 m, 底面高程 -21.75 ~ -15.06 m, 钻孔揭露厚度 1.8~5.6 m。下部为粉砂或粉质黏土, 性质较好, 各土层的物理力学性质指标见表 1。

表 1 土层物理力学性质指标

土层	含水率/%	密度/(t/m ³)	孔隙比	压缩系数/MPa ⁻¹	压缩模量/MPa	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)
流泥	86.70	1.540	2.212	2.590	1.24	1.31	0.80
淤泥	63.44	1.620	1.732	1.464	1.37	1.62	1.40
淤泥质粉质黏土	53.80	1.690	1.461	1.190	2.10	2.52	1.56
粉质黏土	27.66	1.945	0.771	0.370	5.06	30.20	7.44

2 设计方案^[2-5]

护岸结构采用圆筒重力式结构, 分为大开挖断面和软基处理断面。对于软基处理断面, ①层流泥层部分保留, 自下而上依次为 0.5~1.0 m 厚石渣垫层, 1.0 m 厚碎石垫层, 打设塑料排水板至第⑤层粉质黏土层底部(当第⑤层缺失时, 排水板

打至粉砂层底部), 间距 1.0 m, 梅花形布设, 其上铺设②层土工格栅以增强抛石基床的整体性, 然后抛填 0.5 m 厚碎石垫层、2.0~5.0 m 厚 10~100 kg 块石基床, 之后安装预制砼圆筒和现浇胸墙结构, 圆筒直径 8.0 m, 高度 7.5 m。工程典型断面见图 1。

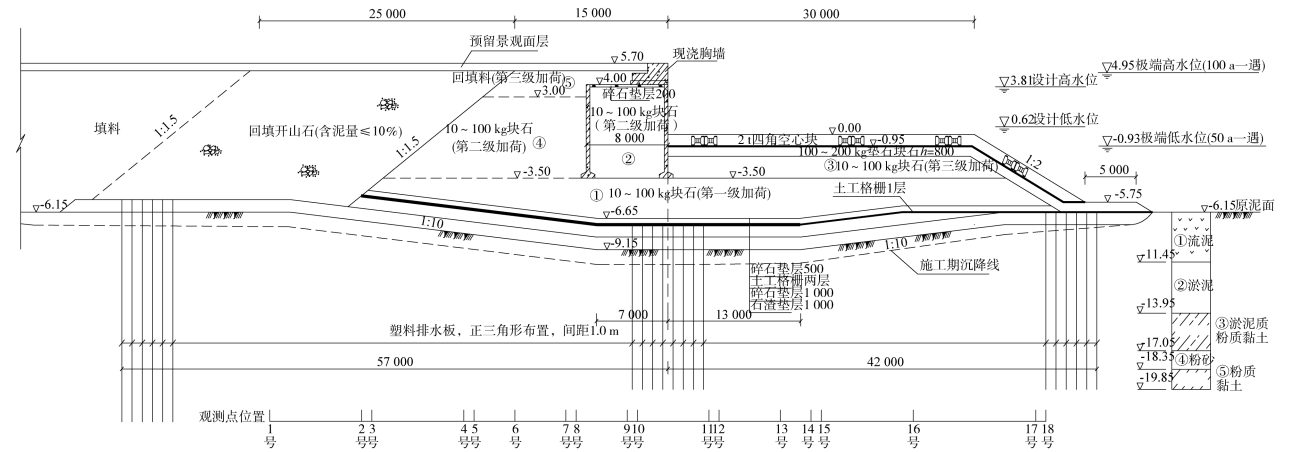


图 1 护岸典型断面 (高程: m; 尺寸: mm)

3 加载施工过程

根据工程特点, 该排水板护岸段共设置了4 组加载断面, 以便探讨加载与地基变形之间的关系。

加载断面 1: 2008 年 5 月 28 日开始圆筒内第 1 级加载厚度 2.3 m, 加载时间 8 d; 第 2 级加载回填至 4.4 m, 加载时间 60 d; 第 3 级加载回填至 6.1 m, 加载时间 43 d; 2008 年 9 月 16 日最后一级加载完成, 回填至 7.5 m; 2009 年 4 月 3 日施工海侧反压棱体约 2.5 m, 圆筒后方棱体施加 4 m, 2009 年 6 月 17 日后方棱体回填到圆筒顶高程。

加载断面 2: 2008 年 7 月 25 日圆筒加载 1.0 m,

后因风浪损坏, 移除圆筒, 新安装圆筒从 2009 年 3 月 14 日回填一次完成加载, 回填厚度 7.5 m; 2009 年 5 月 18 日开始圆筒后方第一级棱体施加载到厚度 4 m, 海侧反压棱体厚度约 2.5 m; 2009 年 6 月 29 日后方棱体第 2 级加载开始, 回填厚度 3 m。

加载断面 3: 2008 年 11 月 30 日开始圆筒内第 1 级加载厚度 4 m, 加载时间 46 d; 第 2 级加载回填至 6.5 m, 圆筒内剩余 1 m 回填量后续逐步补填; 到 2009 年 4 月, 筒内块石高程 4.2 m; 2009 年 5 月 6 日圆筒后方棱体回填厚度 4 m, 圆筒前反压棱体同时施工; 2009 年 6 月 14 日圆筒后方回填到

高程 4.2 m，后方开山石迅速跟进到筒后高程，荷载厚度约 3.5 m。

加载断面 4：2009 年 2 月 26 日开始圆筒内第 1 级加载厚度 4 m，加载时间 50 d；第 2 级加载回填高度达到圆筒高程；2009 年 5 月 6 日开始进行圆筒后方棱体回填，厚度 4 m；2009 年 7 月 5 日开始圆筒前反压棱体回填及圆筒后方开山石回填；2009 年 8 月 1 日开始进行圆筒后方第 2 级回填，回填到圆筒高程，厚度约 3.5 m。

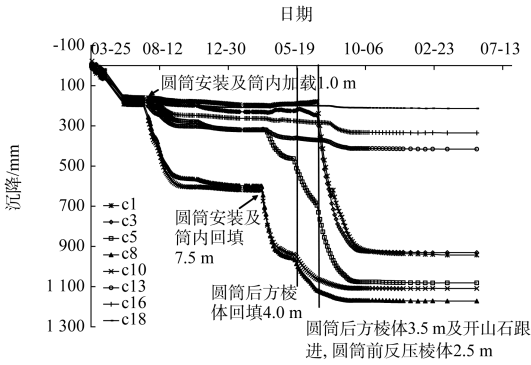
3 监测点布设及成果分析^[6]

3.1 监测点布设

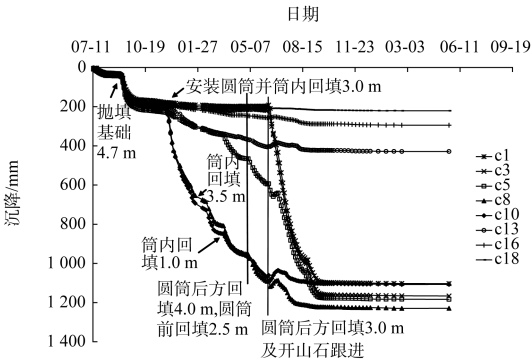
为了检验设计方案和加载试验的合理性，同时对施工过程进行有效控制，保证地基变形始终处于安全可控状态，并为后续工程积累设计和施工经验，在护岸断面下布设测点观测垂直沉降、水平位移和孔隙水压力。具体监测点布设位置见图 1，其中垂直沉降观测点为：1、3、5、8、10、13、16、18 号点；水平位移观测点为：2、6、11、15、17 号点；孔隙水压力观测点为：4、7、9、12、14 号点。

3.2 监测结果

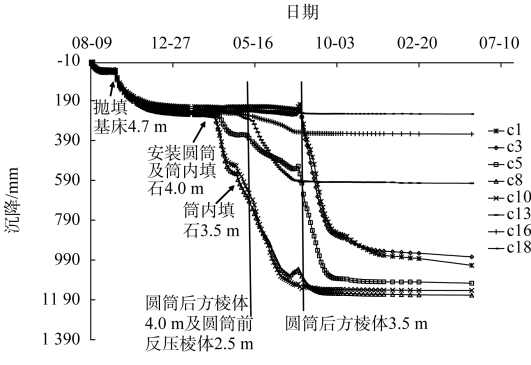
根据设计要求，现场分别对沉降、水平位移和空隙水压力进行监测。图 2~4 分别为护岸断面沉降监测曲线、空隙水压力监测曲线和水平位移监测曲线。



b) 加载断面2

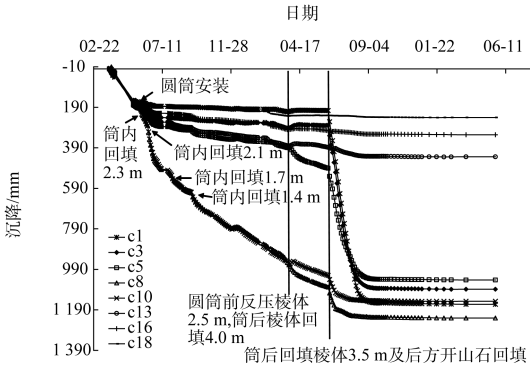


c) 加载断面3

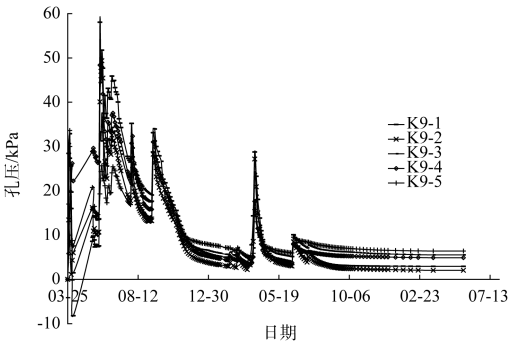


d) 加载断面4

图 2 沉降监测曲线



a) 加载断面1



a) 加载断面1

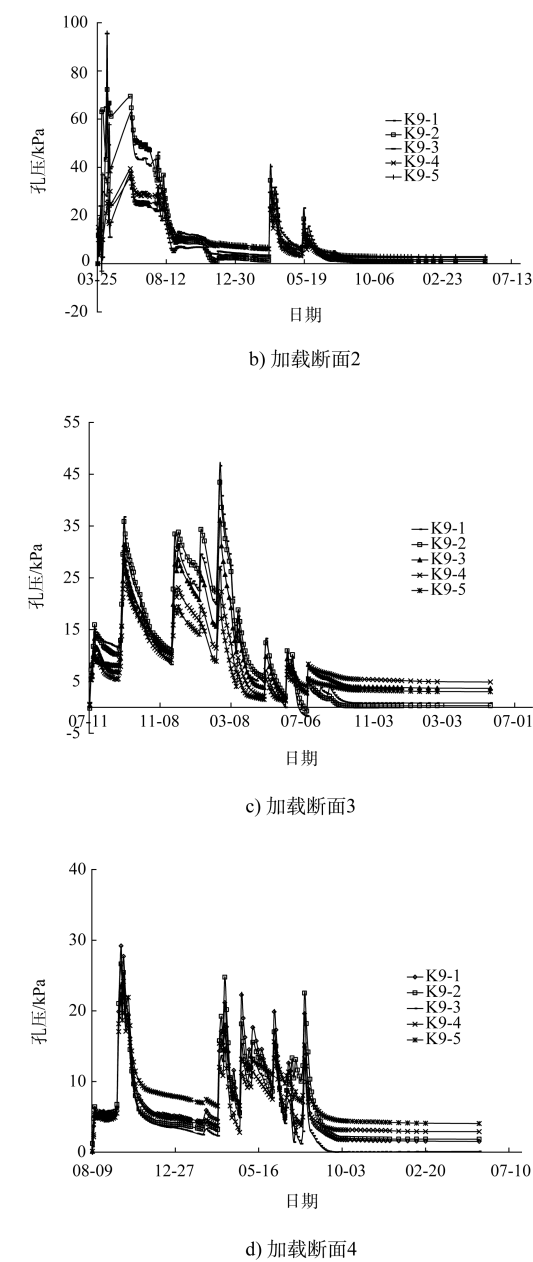


图 3 空隙水压力监测曲线 (9 号位置)

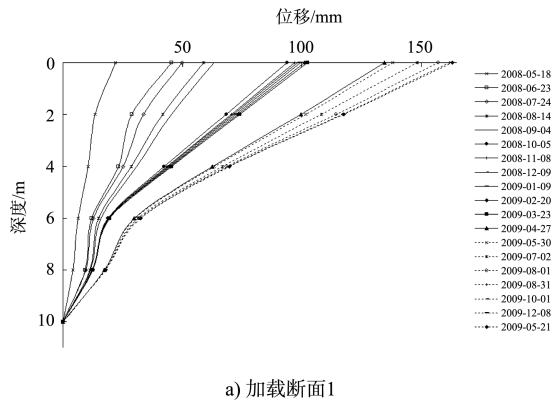


图 4 水平位移监测曲线 (11 号位置)

4 结语

1) 加载厚度越大, 加载时间间隔越小, 圆筒两侧差异沉降发展越大, 圆筒越倾斜。加载厚度为 2 m 时, 加载时间间隔可以按照 10 d 控制; 加载 4 m 时, 可以按照 25~30 d 控制, 但地基变形速率较大, 地基变形会有超过设计报警值问题, 同时由于圆筒后方棱体较圆筒前荷载量较大, 圆筒前后趾处差异沉降发展明显。 (下转第 152 页)