

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.04.012

朱群峰, 何宁, 高长胜, 等. 大型充填袋筑堤现场试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2016(4): 85-91. (ZHU Qun-feng, HE Ning, GAO Chang-sheng, et al. Field tests on embankments constructed by large filling bags[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(4): 85-91.)

大型充填袋筑堤现场试验研究

朱群峰, 何 宁, 高长胜, 杨守华, 王年香, 周荣官

(南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点试验室, 江苏 南京 210029)

摘要:为减少港口开发建设中大量使用开山石对自然环境造成的破坏,探讨直接利用黏粒含量超过现行规范的航道疏浚土充填袋筑堤可行性,通过埋设原观仪器对疏浚土充填袋筑堤进行了现场试验研究。结果表明:充填泥袋内产生的超静孔压较小,消散速度快,采用疏浚土作为充灌材料完全满足充填袋筑堤进度要求;充填袋筑堤期间地基的实测最大沉降量为 249 mm,水平位移速率始终处于地基稳定控制标准范围内,说明充填袋筑堤过程中地基是安全的;充填袋的主要压缩过程在 3~6 d 内完成,平均压缩率约为 15.7%;分布式光纤实测充填袋袋体受力远小于设计值,未发现由于充填袋自身强度不足造成袋体破坏的情况;地质雷达探测充填袋厚度与现场实测沉降分析结果较吻合,袋体充盈情况良好,相邻两层袋体分界线清晰可见,其测量精度满足工程检测要求,为快速检测充填袋筑堤质量提供了强有力的技术支撑;试验段建成后,堤身结构稳定可靠,经过两年多的正常运行,堤身完好无损,实践证明利用疏浚土充填袋筑堤是成功的。

关 键 词:疏浚土;充填袋;现场试验;分布式光纤;地质雷达

中图分类号: TU447

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2016)04-0085-07

连云港港 30 万吨级航道建设中,需要建造大量的围堤,传统的筑堤方法是采用开山填海。随着现代化进程的不断推进,传统筑堤方法对环境造成极大的破坏已越来越让人们不能接受,也不符合国家倡导发展循环经济的要求,因此,探求利用航道疏浚土作为堤防建设材料自然就成为岩土工程技术人员研究的重要课题。利用航道疏浚土筑堤一方面可使疏浚土得到资源化利用,变废为宝;另一方面可减少开山石使用量,大大减少开山采石对自然环境造成的破坏,具有明显的经济、环保和社会效益^[1]。采用砂或水泥土作为充填材料的工程应用已有不少成功案例^[2-5],但直接利用航道疏浚土作为充灌材料、不加任何添加剂的工程实例还不多见^[6];现行规范^[7-8]规定作为充填袋的充填土料黏粒含量应小于 10%,而连云港港区航道疏浚土的黏粒含量大都超过这一控制值。因此,本文结合具体工程对航道疏浚土作为充填材料的大型充填袋筑堤新技术进行现场试验研究。

1 试验概况

1.1 工程概况

连云港港 30 万吨级航道全长 71 km,航道规划由外航道内段、徐圩航道、外航道外段和推荐航线组成。建成后,港口乘潮可直接进出满载 30 万吨级船舶,并拥有 200 多个万吨级以上码头。连云港港 30 万吨级航道的围堤工程位于徐圩港区规划平面的西南侧,围堤合计长度为 9 037 m^[9]。

1.2 地质情况

按其成因年代、成因类型、岩性特征及其物理力学指标从上至下分为 4 个岩土层,其中①层细分为 2 个

收稿日期: 2015-07-15

基金项目: 交通运输部科技成果推广项目(2015326T18050);水利部公益性行业科研专项经费资助项目(201401006)

作者简介: 朱群峰(1966—),男,湖北罗田人,高级工程师,主要从事软基处理研究。E-mail: qfzhu@nhri.cn

亚层;②层细分为10个亚层;③层细分为4个亚层;④层细分为3个亚层,共将场区地层划分为19个亚层。从上至下天然地基主要土层如下^[10]:

①-1—细砂:灰黄色,饱和,松散。该层土底板标高0.21~1.95 m;厚度0.10~0.20 m。

①-2—淤泥:浅灰黄色、灰色,饱和,流塑。土质均匀细腻。均有揭露、普遍分布。该层土顶板埋深0~0.20 m;底板标高-19.57~-11.75 m;厚度12.45~17.65 m。容许承载力 $f=45$ kPa。

②-1—粉质黏土:青灰色、灰黄色间少量蓝灰色,湿,可塑。含少量铁锰质浸染及结核,局部含钙质结核,粒径10~50 mm。该层土顶板埋深12.65~16.80 m;底板标高-21.66~-12.75 m;厚度1.00~6.50 m。土层具中压缩性,容许承载力 $f=200$ kPa。

②-2—砂质粉土、局部为黏质粉土:灰黄色、局部夹少量浅灰色,湿,中密。土质不均匀,含少量铁锰质浸染,夹粉质黏土及粉砂薄层。局部呈互层状。大多数孔有揭露,局部地段缺失。该层土顶板埋深14.80~17.70 m;底板标高-22.22~-18.99 m;厚度1.55~5.85 m。土层具中偏低压缩性。容许承载力 $f=160$ kPa。

②-3—粉砂:灰黄色,饱和,中密。分选性较好,局部具有水平层理,夹少量黏土薄层,主要矿物成分为石英及长石等。间断分布,大多地段缺失。该层土顶板埋深16.10~20.80 m;底板标高-23.86~-16.90 m;厚度0.55~2.85 m。容许承载力 $f=140$ kPa。

1.3 试验方案

试验段总长60 m,按4个断面布置,每个试验段长15 m;充填袋材料采用230 g/m²的机织布;单层充填袋的经向、纬向断裂强度 ≥ 50 kN/m;充填材料采用徐圩港区航道疏浚土料;充填袋体以泥砂互层、多层方式布置;充填袋体初始充填厚度约0.4~0.6 m,经压缩固结后,其厚度为0.30~0.51 m。从天然地面上的软体排和作为压载的充填袋顶高程2.2 m起至设计顶高程5.5 m间大约需要铺设8层充填袋,现场实际层数以能达到顶高程5.5 m为准。

试验段内4个试验方案如下:①泥砂互层(A断面)试验方案:采用1层吹填砂充填袋(含砂量较高、黏粒含量小于10%的疏浚土,下同)加1层吹填泥充填袋(黏粒含量大于10%、小于30%的疏浚土,下同)的互层结构型式向上施工,直至5.5 m设计高程;②泥砂互层(B断面)试验方案:采用1层吹填砂充填袋加2层吹填泥充填袋的结构型式向上施工,直至5.5 m设计高程;③泥砂互层(C断面)试验方案:在1层吹填砂充填袋之上充填4层吹填泥充填袋,之后全部为吹填砂充填袋向上施工,直至5.5 m设计高程;④纯砂试验(D断面)方案。全部采用吹填砂充填袋向上施工,直至5.5 m设计高程。纯砂试验方案的目的是将吹填砂充填袋筑堤与上述3个试验方案作比较,研究吹填泥充填袋与传统吹填砂充填袋作为筑堤材料的差别。

2 现场试验

2.1 施工工艺

根据试验段现场工况,结合施工单位的施工机械设备和施工能力,配合航道挖泥船的工作流程,以及运输驳船的调配等因素,研究制定了科学合理、行之有效的试验段充填袋施工工艺流程。

施工过程中,实时监控充填袋中的充填料,控制充填料的黏粒含量,对于充填砂袋,控制黏粒含量小于10%;对于充填泥袋,黏粒含量控制在10%~30%,实际充填泥袋的黏粒含量在20%左右。充填泥袋时,还应严格控制含水量小于150%,在保证可充灌的条件下,尽可能减小含水量。充填泥袋现场实际控制含水量在80%左右。

2.2 现场施工

大型充填袋筑堤现场试验段施工期拟控制在40 d以内,试验段总长60 m,共分4个断面,每个断面铺设8层充填袋体,充填厚度及控制高程按设计要求实施。根据现场实测结果,充填料重度为19.6 kN/m³,现场4个断面实际加载量最小为49 kPa,最大为61 kPa,实际加载过程线见图1。由图1可见,现场加载过程可分为3个阶段:第1阶段充填各断面第1~5(或6)层袋体,现场加载速度比较快;第2阶段,因受现场气象因素

影响,充填料无法及时到位,现场施工暂停;第3阶段,现场充填各断面第6(或7)至8层袋体,施工速度加快;总历时36 d,现场充填施工结束。除去恶劣天气影响,现场试验段实际施工期在30 d内。

按照设计要求,一层充填袋施工完毕后,充填袋体需要经过排水固结达到一定强度时,才能开展后续袋体的充填施工。现场施工情况表明,试验段充填施工的实际时间为26 d,4个断面各充填8层袋体,平均3.25 d完成一层充填袋体施工。充填施工速度完全满足现场筑堤进度要求。分析原因,除了充填袋本身的排水路径较短外,航道疏浚土中粉细砂含量对充填袋排水固结也发挥了极其重要的作用,因此,现场充填施工能在较短时间内完成。如果扩大现场施工规模,在同一施工层面同时充填更多袋体,还可以进一步提高现场施工效率。

根据现场实测统计结果,试验段直接利用疏浚土筑堤总方量约5 156 m³,减少了同样方量的开山石使用量,不但创造了较好的经济效益,同时也创造了较好的环境和社会效益,取得了一举多得的效果。

2.3 仪器布置

试验段设置原位监测仪器进行原位测试,包括地基和袋体内的孔隙水压力监测、各层充填袋和地基的分层沉降监测、地基深层土体水平位移监测、分布式光纤监测充填袋的变形和受力等。

试验段按试验方案设置4个观测断面,其中B、C断面为主监测断面,布置孔隙水压力计、地表沉降、分层沉降、天然地基深层土体水平位移、分布式传感光纤等对充填袋筑堤施工全过程进行监测。监测仪器布置剖面见图2,分布式光纤布置在相邻两层袋体之间,并固定在上层袋体底部外表面。分布式光纤用于充填袋的监测尚不多见。为更好地将分布式光纤传感技术应用于充填袋的变形和应力测试,首先开展了大量的室内试验工作,最终确定了分布式光纤传感器的传感光纤选择、分布式光纤传感器的结构形式及其在现场试验中具体安装方式。

3 试验结果分析

现场布置的监测仪器较多,本文主要对作为推广应用推荐方案的主监测断面——C断面的监测结果进行分析。

3.1 地基沉降

C断面3个沉降测点的实测沉降量分别为C₁点0.215 m, C₂点0.249 m, C₃点0.073 m(C₃后期损坏),地基沉降过程线见图3。从图3可见,地基沉降过程线与现场施工加载过程线的变化趋势比较吻合。比较分析现场试验段施工结束时的C断面布置的3个沉降测点的沉降资料,不难看出,现场试验段施工结束时,C断面布置的3个沉降测点发生了明显的不均匀沉降,C₂沉降测点(袋体中部)的实测值略大于C₁和C₃,监测结果符合软土地基变形发展规律。

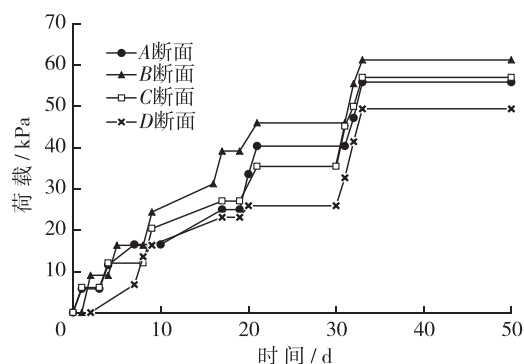


图1 现场加载过程线

Fig. 1 Load-time curves during construction using filling bags

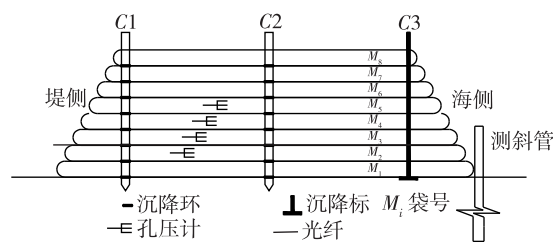


图2 监测仪器布置剖面

Fig. 2 Layout of monitoring instruments

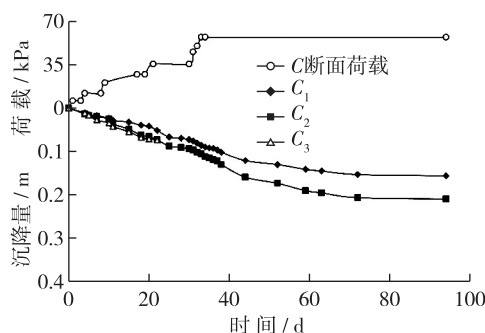


图3 典型沉降过程线

Fig. 3 Typical settlement-time curves

3.2 袋体分层沉降

在每层充填袋的顶部放置沉降测量环,通过沉降管测量各充填袋顶部的沉降变化过程。实测各袋体分层沉降量为: M_2 袋体 0.208 m, M_3 袋体 0.173 m, M_4 袋体 0.162 m, M_5 袋体 0.156 m, M_7 袋体 0.110 m, 分层沉降过程线见图 4。

通过袋体分层沉降监测,可确定各层充填袋的压缩量和压缩变形稳定后的实际厚度,为进一步优化施工参数和施工工艺提供第一手资料。各充填泥袋的最大压缩率为: M_2 袋体 21.1%, M_3 袋体 18%, M_4 袋体 14.8%, M_5 袋体 9%, 平均值为 15.7%; 下层袋体的压缩率明显大于上层, 充填厚度大的袋体压缩率也较高。充填袋压缩率随时间变化过程线见图 5, 可以看出充填袋的主要压缩过程在 3~6 d 内基本完成。

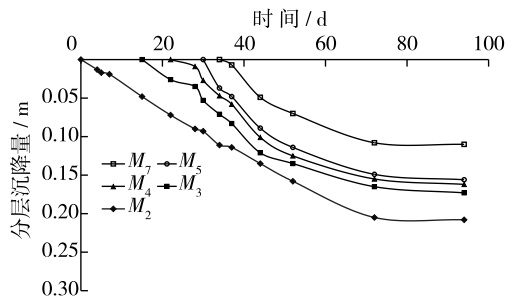


图 4 袋体分层沉降过程线

Fig. 4 Layered settlement-time curves of filling bags

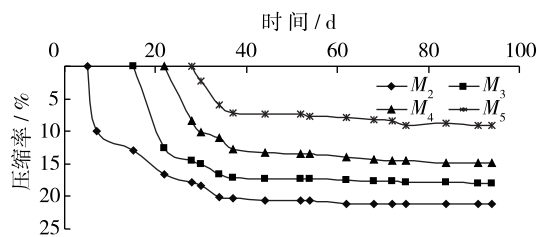


图 5 充填袋压缩率变化过程线

Fig. 5 Variation of compressibility ratio of filling bags with time

3.3 水平位移和孔隙水压力

现场实测天然地基水平位移过程线见图 6。地基土体水平位移随着充填袋填筑层数的增加而增大,沿深度方向逐渐减小,现场实测最大水平位移为 59 mm,发生在原地基表面,17 m 以下的地基土体水平位移几乎可以忽略不计,地基土体水平位移过程线表现出良好的规律性。最大水平位移速率小于 1.0 mm/d,满足软土地基处理稳定控制标准,充分说明现场试验段控制的施工速率完全满足保证天然软土地基稳定的要求。

为监测充填袋内孔隙水压力的变化过程,在充填袋体内布置孔隙水压力计,实测结果如图 7 所示。可见,在袋体充填施工期内,上层袋体施工速度较快时,下层袋体内孔隙水压力逐步上升,增加的幅度与上覆荷载较为接近,表明此时上覆荷载主要由孔隙水压力承担;上层袋体施工结束后,孔隙水压力逐渐减小。现场实测袋体内最大超静孔隙水压力为 18.6 kPa,充填袋内超静孔隙水压力在施工结束后 2~3 d 内基本消散。试验段施工过程中没有出现充填袋滑移和失稳的迹象。从图 7 中还可以看出,施工结束后(荷载稳定期),孔隙水压力出现了不同程度的波动,究其原因,很可能是受温度和潮位变化所致。

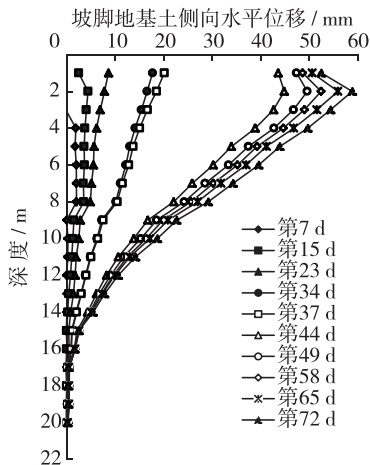


图 6 水平位移过程线

Fig. 6 Curves of horizontal displacement

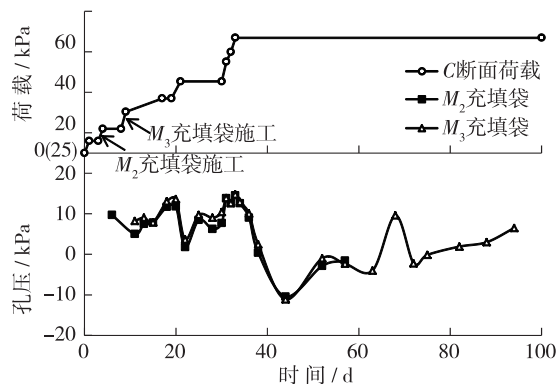


图 7 充填泥袋超静孔隙水压力变化过程

Fig. 7 Variation of excess pore water pressure of filling bags

3.4 袋体应力

充填袋受力情况采用分布式光纤进行现场监测, 光纤传感器自上世纪诞生以来, 就得到了工程技术人员的青睐, 特别是进入 21 世纪以来, 光纤传感器的工程应用得到了飞速发展。基于布里渊散射的监测技术与常规的监测技术原理不同, 它具有分布式、长距离、实时性、精度高和耐久性好等特点^[11-12], 能做到对工程设施进行全方位监测与监控, 相比传统监测技术, 分布式光纤具有如下优点^[13]: ①光纤集传感器和传输介质为一身, 质量轻、柔韧性好, 易于安装, 便于进行自动化监测; ②可进行长距离测量、沿线任意空间点连续测量, 范围大、信息量大, 大大降低漏检率; ③光纤传感器的耐久性优于普通监测仪器, 适宜长期监测; ④光纤材料的非金属、绝缘性等特性决定了它具有特别强的抗干扰能力。

分布式光纤的这些优点决定了其在充填袋体应力和变形监测中的可行性^[14]。分布式光纤实测充填袋体受力结果表明, 充填袋施工刚结束时测得充填袋体应力最大值约为 0.2 kN/m, 其后在荷载作用下测得充填袋体应力持续增长, 在临海侧进行块石护坡后, 实测最大应力约为 0.8 kN/m。实测结果表明, 袋体实际受力远小于设计值。

根据现场监测、巡视结果, 试验段充填袋袋体完好无损, 未发现由于袋体自身强度不足而发生的袋体破坏情况, 表明现场采用的充填袋体材料及控制的相关技术指标是合适的。试验段建成后, 正常运行时间超过两年, 堤身结构稳定, 未发现任何质量问题。

3.5 地质雷达检测

为快速检测施工结束后充填袋体的实际充盈情况, 现场采用地质雷达系统对充填袋体进行探测, 探测结果见图 8 和表 1。

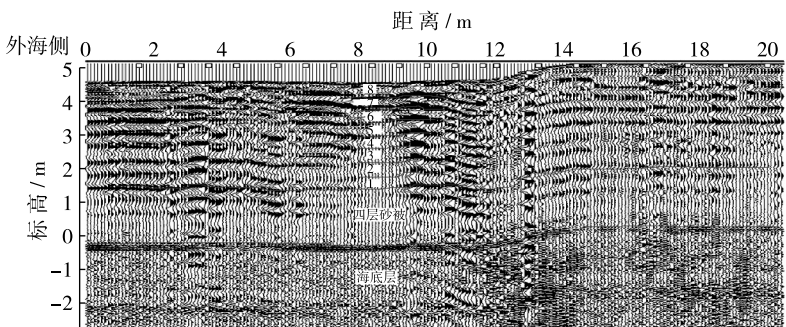


图 8 雷达检测成果图

Fig. 8 Results of geological radar detection

表 1 地质雷达探测结果与沉降实测结果

Tab. 1 Comparison between geological radar detection results and measured settlements

充填袋		雷达探测		沉降实测		充填袋		雷达探测		沉降实测	
层次及属性		各层底标高/m	厚度/m	各层底标高/m	厚度/m	层次及属性		各层底标高/m	厚度/m	各层底标高/m	厚度/m
8	砂	4.40	0.42	4.42	0.40	4	泥	2.95	0.40	3.14	0.33
7	砂	4.00	0.40	3.90	0.32	3	泥	2.55	0.40	2.69	0.45
6	砂	3.70	0.30	3.64	0.26	2	泥	2.04	0.51	2.18	0.51
5	泥	3.35	0.35	3.47	0.17	1	砂	1.72	0.32	1.84	0.34

从图 8 和表 1 可见, 地质雷达探测系统对充填袋的探测结果与实测沉降资料分析结果较为吻合, 袋体充盈情况良好, 相邻两层袋体分界线清晰可见。试验结果表明利用地质雷达系统检测充填袋厚度是可行的, 其测量精度满足工程检测要求。通过分析比较地质雷达探测系统采集的数据资料, 初步掌握了充填袋充盈情况的雷达图像特征, 为充填袋筑堤过程中及时了解袋体实际变形状况提供了一种快速检测手段。

4 结 语

通过具体工程对大型充填袋筑堤新技术进行了现场试验研究, 主要结论如下:

(1) 施工结束后充填袋体形成的堤身结构完整稳定, 未发现因充填袋体强度不足而引起的破坏, 地基安全稳定; 经过两年多正常运行, 堤身完好无损, 说明本次现场试验是成功的, 采用黏粒含量超过现行规范的疏

浚土充填袋筑堤新技术是可行的。

(2) 充填袋施工期间地基沉降量较小,水平位移最大值约为 59 mm,发生在地表面。水平位移速率始终处于软土地基处理稳定控制标准范围内,说明充填袋施工过程天然地基处于稳定状态。

(3) 充填泥袋内产生的超静孔隙水压力在加载后 2~3 d 内基本消散完。说明本次现场试验采用的疏浚土作为充灌材料完全满足充填袋筑堤进度要求。充填泥袋的主要压缩过程在 3~6 d 内完成,平均压缩率约为 15.7%。

(4) 分布式光纤测量结果表明充填袋袋体受力较小,未发现因袋体强度不足而引起的袋体破坏。

(5) 地质雷达系统探测结果表明,袋体厚度探测结果与现场实测沉降分析结果较吻合,袋体充盈情况良好,相邻两层袋体分界线清晰可见,其测量精度满足工程检测要求,为快速检测充填袋筑堤质量提供了强有力的技术支撑。

(6) 试验段采用疏浚土充填袋筑堤新技术直接利用疏浚土 5 156 m³,减少了同样方量的开山石使用量,不但创造了较好的经济效益,同时也创造了较好的环境和社会效益,取得了一举多得的效果。该项筑堤新技术符合循环经济发展要求,具有较大推广应用价值。

参 考 文 献:

- [1] 张俊平. 土工织物充填袋在黄骅神华港一期工程中的应用[J]. 中国港湾建设, 2002(2): 46-48. (ZHANG Jun-ping. Use of stuffed geotextile container in phase one of Shenhua port in Huanghua[J]. Journal of China Harbour Engineering, 2002(2): 46-48. (in Chinese))
- [2] 闫玥, 闫澍旺, 邱长林, 等. 土工织物充灌袋的设计计算方法研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(1): 327-330. (YAN Yue, YAN Shu-wang, QIU Chang-lin, et al. Design and calculation methods of geotextile tubes filled with soil slurry[J]. Journal of Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(1): 327-330. (in Chinese))
- [3] 李凯双, 胡殿才, 李顺利, 等. 袋装砂筑堤技术在滩海、浅海工程中的应用[J]. 石油工程建设, 2011, 37(1): 20-25. (LI Kai-shuang, HU Dian-cai, LI Shun-li, et al. Design and calculation methods of geotextile tubes filled with soil slurry[J]. Journal of Rock and Soil Mechanics, 2011, 37(1): 20-25. (in Chinese))
- [4] 高峰. 滨海软基上膜袋围堰稳定性分析及沉降预测研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(4): 1233-1237. (GAO Feng. Analysis of stability and settlement prediction of cofferdam with geotextile bags on seaside soft foundation[J]. Journal of Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(4): 1233-1237. (in Chinese))
- [5] 赵长伟. 大型充填袋在天津港围堰工程施工中的应用[J]. 水道港口, 2006, 27(5): 338-340. (ZHAO Chang-wei. Application of large packs in enclosure construction of Tianjin port[J]. Journal of Waterway and Harbour, 2006, 27(5): 338-340. (in Chinese))
- [6] 邱长林, 闫玥, 闫澍旺, 等. 泥浆不均匀时土工织物充填袋特性[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(5): 760-763. (QIU Chang-lin, YAN Yue, YAN Shu-wang, et al. Behavior of geotextile bags filled with non-uniform silty slurry[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008, 30(5): 760-763. (in Chinese))
- [7] JTJ 239—2005 水运工程土工合成材料应用技术规范[S]. (JTJ 239—2005 Technical code for application of geosynthetics for port and waterway engineering[S]. (in Chinese))
- [8] GB 50290—1998 土工合成材料应用技术规范[S]. (GB 50290—1998 Technical standard application of geosynthetics[S]. (in Chinese))
- [9] 侯海伟, 殷昕, 马兴华, 等. 连云港港 30 万吨级航道一期工程围堤工程设计[J]. 水运工程, 2012(12): 168-172. (HOU Hai-wei, YIN Xin, MA Xing-hua, et al. Engineering design of phase I reclamation dike of 300 000 DWT waterway engineering in Lianyungang port[J]. Port & Waterway Engineering, 2012(12): 168-172. (in Chinese))
- [10] 谢荣星, 何宁, 周彦章, 等. 土工织物充填泥袋筑堤现场试验研究[J]. 工程勘察, 2013, 41(6): 6-11. (XIE Rong-xin, HE Ning, ZHOU Yan-zhang, et al. In-situ experimental study on the embankment with mud-filled geotextile bags[J]. Journal of Geotechnical Investigation & Surveying, 2013, 41(6): 6-11. (in Chinese))
- [11] 施斌, 徐学军, 王镒, 等. 隧道健康诊断 BOTDR 分布式光纤应变监测技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(15): 2622-2628. (SHI Bin, XU Xue-jun, WANG Di, et al. Study on BOTDR-based distributed optical fiber strain

- measurement for tunnel health diagnosis[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(15): 2622-2628. (in Chinese))
- [12] 隋海波, 施斌, 张丹, 等. 边坡工程分布式光纤监测技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(增2): 3725-3731. (SUI Hai-bo, SHI Bin, ZHANG Dan, et al. Study on distributed optical fiber sensor-based monitoring for slope engineering[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(Suppl2): 3725-3731. (in Chinese))
- [13] 李科, 施斌, 唐朝生, 等. 黏性土体干缩变形分布式光纤监测试验研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(6): 1781-1785. (LI Ke, SHI Bin, TANG Chao-sheng, et al. Feasibility research on soil deformation monitoring with distributed optical fiber sensing technique[J]. Journal of Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(6): 1781-1785. (in Chinese))
- [14] 何斌, 汪璋淳, 何宁, 等. 分布式传感光纤测量疏浚土大型充填袋变形[J]. 水利水运工程学报, 2014(5): 61-66. (HE Bin, WANG Zhang-chun, HE Ning, et al. Experimental studies of distributed optic fiber sensor for measuring deformation of large filling bag with dredged soil[J]. Hydro-Science and Engineering, 2014(5): 61-66. (in Chinese))

Field tests on embankments constructed by large filling bags

ZHU Qun-feng, HE Ning, GAO Chang-sheng, YANG Shou-hua, WANG Nian-xiang, ZHOU Rong-guan
(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: In order to reduce the destruction of natural environment induced by the utilization of large quantity of mountain stones in development and construction of ports, the feasibility of constructing embankments by using the dredged soil from waterways is discussed in this study. The field tests on the filling bags with dredged soil are performed by installing prototype observation instruments. The test results show that the excess pore water pressure in the filling bags is small, the dissipating speed is fast, and taking the dredged soil as filling materials can fully satisfy the requirements of constructing embankments. During the construction of embankments with the filling bags, the largest measured ground settlement is 249 mm, and the rate of the horizontal displacement is stably controlled within the standard range, indicating that the ground is safe. The main compression process of the filling bags is completed within 3 to 6 days, and the mean compressibility ratio is about 15.7%. The measured forces acting on the filling bags using the distributed fiber measurements are smaller than the design values, and no damage caused by insufficient strength of materials for the filling bags is found. The results of geological radar detection show that the detected thickness of the filling bags agrees with the measured one. The filling situation of the bags is satisfactory, and the dividing line of the neighboring bags is clear too. The measuring precision meets the requirements of engineering detection so as to provide powerful technical supports for a rapid detection of quality of embankments constructed with the filling bags. After completion of the trial embankment, the embankment structure is stable and reliable. For more than two years' normal operation, the quality of the embankment is fairly good. The practical works indicate that it is successful to construct the embankment by using the filling bags of dredged soil. The effective use of the dredged soil from the waterways is in accordance with the development requirements of the cyclic economy and worthy to be further popularized.

Key words: dredged soil; filling bag; field test; distributed optic fiber; geological radar