

DOI: 10.11779/CJGE2016S1039

高含黏（粉）粒土料充填管袋高效脱水工艺现场模型试验

吴海民, 束一鸣, 常广品, 刘云锋, 刘欣欣, 顾克

(河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘 要: 针对高含黏（粉）粒土料充填管袋脱水固结速率慢, 无法满足一天一层管袋施工要求的问题, 通过现场大型充填管袋脱水模型试验来验证前期室内试验研究提出的放水排泥、充排结合的快速脱水施工方法。通过现场实时监测管袋充填施工及脱水过程中不同部位土体的孔隙水压力、固结度、含水率、级配和干密度等指标的变化情况, 对比分析了不同施工方法的优劣, 验证了室内试验提出的高含黏（粉）粒土料充填管袋坝高效脱水施工工艺的可行性和实际效果。

关键词: 土工管袋; 高含黏（粉）粒土料; 脱水固结; 现场模型试验; 施工工艺

中图分类号: TU411 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 4548(2016)S1 - 0209 - 07

作者简介: 吴海民(1982 -), 男, 博士, 副教授, 主要从事土石坝与堤防工程、土工合成材料工程应用方面的科研和教学工作。E-mail: wuhaimin@hhu.edu.cn。

Field model tests on effective dewatering technology of geotextile tube filled by soil with high clay (silt) particle content

WU Hai-min, SHU Yi-ming, CHANG Guang-pin, LIU Yun-feng, LIU Xin-xin, GU Ke

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The dewatering velocity of geotextile tubes filled by soil with high clay (silt) particle content is very slow. That cannot meet the requirements of construction speed that a layer of geotextile tubes must be completely filled and preliminary solidified within one day. Several large-scale field model tests are conducted to verify the previously proposed construction methods, which combines actively discharging muddy water with the alternately filling and discharging methods. The indexes including pore water pressure, consolidation degree, water content, particle gradation and dry density of the filled soil in different positions within the geotextile tubes are real-time monitored during the whole filling and discharging process. Through the monitoring data, the comprehensive dewatering velocities of different construction methods are comparatively analyzed. The results have verified the feasibility and actual effect of the proposed dewatering method for high clay (silt) particle-content soil-filled geotextile tubes.

Key words: geotextile tube; high clay (silt) particle-content soil; dewatering and consolidation; field model test; construction technology

0 引 言

土工织物充砂管袋筑堤技术始于 20 世纪 50 年代, 并在国内外众多河口、海岸工程中得到大规模应用。如荷兰三角洲工程^[1]、美国密西西比河防洪堤加高加固工程^[2]、巴西古巴托市围垦工程^[3]、哥伦比亚布韦那图拉海堤工程^[4]、沙特阿拉伯湾的 Amwaj islands 的围垦工程^[5]等均大量采用了充砂管袋筑堤技术。这些工程在保证工程质量的前提下, 极大地节省了造价。从 20 世纪末开始, 充砂管袋筑堤技术在中国也得到了快速的推广与广泛应用。典型而成功的工程有香港国

际机场、浦东国际机场、长江口航道整治、渤海湾的天津滨海新区开发、河北曹妃甸工业园区开发、江苏条子泥围垦、上海南汇东滩促淤围垦等国家重大工程。目前国内还有大量已建设或即将建设的河口、海岸工程也均采用充砂管袋筑堤技术^[6]。

充填管袋筑堤一般先在水下充填两侧的大型土工管袋形成围堰, 待围堰高程达到水面以上后, 在两侧

基金项目: 国家十二五科技支撑课题 (2012BAB03B02); 国家自然科学基金项目 (51179065); 江苏高校优势学科建设工程项目 (PAPD)

收稿日期: 2015 - 11 - 30

围堰中间吹填砂质土形成挡水堤坝，典型断面如图 1 所示。较之传统河、海围堤的筑堤技术，充填管袋筑堤技术具有就地取材、施工速度快、对软基的适应能力强、施工工艺简单、造价低、施工基本不受潮位和降雨影响等优点。

如图 2 所示，管袋充填施工经常在潮间带或者低滩进行，为了保证充填管袋能够较快脱水固结，相关规范^[7]规定土工织物管袋充填料宜采用砂性土，即粒径大于 0.075 mm 的颗粒（砂粒）含量应大于 50%，粒径小于 0.005 mm 的颗粒（黏粒）应控制在 10% 以内。目前沿海很多地区充填管袋施工现场附近土料含沙量只有 30%~50%、含黏量接近甚至大于 10%，不能满足现有管袋充填施工工艺的技术要求。即使有些地方附近有山石资源，但 2009 年颁布的《中华人民共和国海岛保护法》已明令禁止开山取石。若异地取砂，不仅运距较远，而且还需修建储料场与相应的道路，将大幅提高工程造价。因此沿海地区的充填管袋堤坝工程普遍面临优质砂类充填土料缺乏的难题。沿海地区的潮汐往往为一天两潮，一天当中的低潮位一般只有 5~6 h，这就需要充填管袋能在一个低潮期内完成初步脱水固结，进而能够进行上一层管袋的充填施工。而现有充填施工方法利用当地高含黏（粉）量土料充填管袋脱水固结速度不能满足一天一层管袋施工要求。因此，研究土工管袋充填含黏（粉）量较高的细颗粒泥砂高效脱水施工工艺对于缺乏优质砂类土料的

沿海地区管袋堤坝施工具有重要意义。

针对高黏（粉）粒含量土料充填管袋的高效脱水问题，相关学者也做了一定的初步探索研究。如吴月龙^[8]等在苍南县江南海涂围垦区针对含黏量为 5.3%，含粉量 70.1% 的土料，在充填土料加入少量水泥作为固化剂，从而加快土浆的脱水的速率，试验结果表明 7 d 之后管袋具有一定的强度和承载力，但对于潮间带地区充填管袋，脱水固结时间仍不能满足一天一层施工进度要求；董晶等^[9]、张景辉等^[10]在土浆中加入化学絮凝剂，并采用机械、超声波等方法加快脱水。目前这种通过添加絮凝剂来加速高黏（粉）粒土浆脱水的研究及应用主要在环境工程中较多。水利工程由于规模较大，而且还存在着特殊性要求，如潮间带施工要求充填后在下一个潮涨之前完成固结，另外还有很多地区要求水下充填，因此添加絮凝剂快速脱水方法在水利工程中尚无法进行大规模应用。

笔者及其团队前期通过一系列不同含黏（粉）量充填土料颗粒沉降规律试验、吊袋脱水试验及室内小管袋脱水固结模型试验研究，提出了在损失绝大部分黏粒和部分粉粒的前提下，采用放水排泥、充排结合的快速脱水施工方法。本文在一系列室内试验成果基础上，针对提出的高效脱水施工方法进行现场大型模型试验验证。现场试验结合上海市南汇东滩促淤围垦工程，在围垦施工现场进行了大型管袋脱水的现场模型试验。试验中针

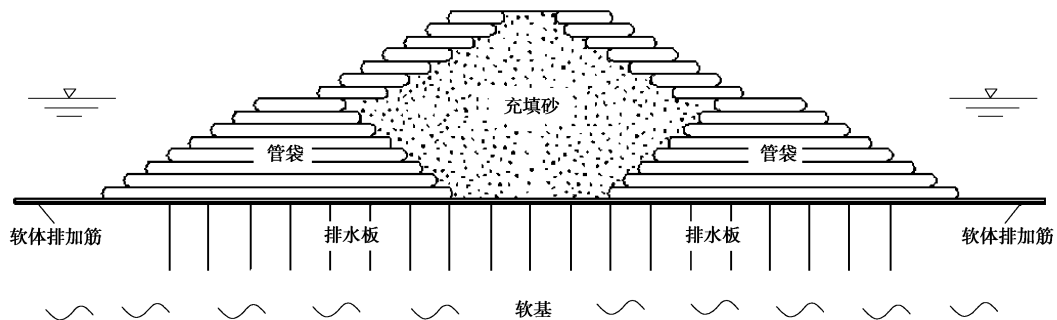


图 1 典型管袋堤坝断面

Fig. 1 Typical section of geotube dam



图 2 管袋堤坝充填施工

Fig. 2 Photos of filling construction for geotube dam

对不同充填方法进行对比试验, 通过监测管袋脱水过程中不同部位土体的孔隙水压力、固结度、含水率、级配和干密度等指标的变化情况分析不同施工方法的优劣, 在综合分析现场试验结果基础上对提出的套高含黏(粉)粒土料充填管袋高效脱水施工工艺的可行性和实际效果进行验证。

1 试验方案

1.1 现场充填土料选择

现场试验前, 首先对施工现场及附近土料进行了取样分析和初步比选。通过目测初选了施工现场附近两个黏(粉)粒含量较多取土点, 对所选取的土料取样并用激光粒度仪进行了颗粒级配测试和分析, 测试结果如图 3 所示。由图可知, 1 号取样点的土料含黏量为 5.47%, 含砂率为 19%, 含粉量为 75.53%; 2 号取样点的含黏量为 8%, 含砂量为 31%, 含粉量 61%。比较两种土料的颗粒组成及级配分布可知, 1 号点土料含黏量较低, 含粉量较高, 且含砂量仅为 19%, 如果采用充排结合的充填方式, 含砂量太低需要充填的次数很多, 不仅土料利用率低而且最终施工时间会很长。所以, 选取 2 号取土点的土料作为管袋脱水现场试验充填土料。该土料含黏量接近 10%, 但粉粒含量达到 61%, 含砂粒仅为 31%, 基本符合本文所要验证的施工工艺对土料的要求。

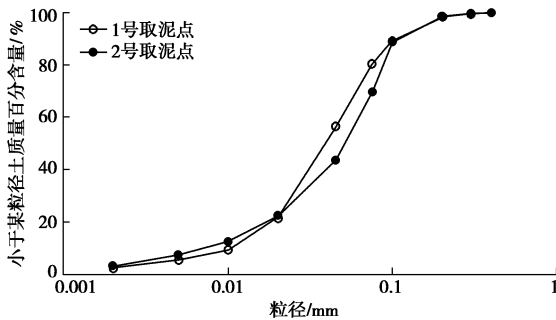


图 3 两处取土点土料级配曲线

Fig. 3 Gradation curves of two soil samples

1.2 现场试验方案

进行了如表 1 所示 5 个管袋的现场充灌施工及脱

表 1 现场试验方案

Table 1 Field experimental programs

工况	管袋编号	管袋尺寸	充灌次数	充填施工方式
1	1号小管袋	4 m×6 m	3	前2次充满沉淀10 min 后人工放水, 不排泥; 第3次充满后自然脱水
2	2号小管袋	4 m×6 m	3	每次充满后均沉淀10 min, 然后人工放水+排泥
3	1号大管袋	8 m×16 m	1	充排结合, 充灌过程全程解开排水袖口, 边充灌边排水
4	2号大管袋	6 m×14 m	1	充灌初期扎紧排水口, 管袋充至60 cm 高后解开排水口, 然后边充边排水
5	3号大管袋	4 m×12 m	1	充灌初期扎紧排水口, 管袋充至60 cm 高后解开排水口, 然后边充边排水

水固结试验, 包括 2 个小管袋和 3 个大管袋。小管袋平面尺寸为 4 m×6 m, 大管袋平面尺寸分别为 8 m×16 m、6 m×14 m 和 4 m×12 m, 设计高度为 1 m。制作管袋均采用单位面积质量为 240g, 等效孔径为 0.31 mm 的编织土工织物, 管袋在设置充灌袖口的同时, 管袋平铺后周边离管袋边缘 1 m 的位置设置直径 $d=10$ cm 的排水口, 排水口的间隔为 5 m。两个小管袋布置靠近海岸的滩地上, 分别进行充填及脱水固结试验; 3 个大管袋设计成堆叠在一起的三层结构, 由下到上三层依次充填脱水固结, 全部施工完毕形成一段 1.5 m 高的小坝体。

两个小管袋充填施工分别采用目前工程中普遍使用的充灌方式和充排相结合的施工方式, 主要是为了验证土料含黏粒(粉粒)量较高, 含砂率较低时采用新的充排结合施工方法的优越性。

3 个大管袋的充填施工现场试验均采用充排结合的新方法, 由于所选用管袋尺寸较大, 充填土料的颗粒偏细, 采用沉淀后放水的方法可能导致充灌次数偏多, 管袋内留下的土料细颗粒的含量也较高, 多次充灌会影响整体脱水固结速度。为了获得更好的脱水效果, 利用 3 个大管袋对不同充排结合施工方式进行了对比试验。3 个大管袋的具体充填施工方式如表 1 所示。工况 3 中的 1 号大管袋充灌后管袋固结超过 15 小时才进行工况 4 中 2 号大管袋的充灌, 而 2 号大管袋充灌后 3 h, 即进行 3 号大管袋的充灌, 主要验证管袋在短时间内固结后能否承受上层管袋的压力而保持稳定。

2 施工过程及数据监测

2.1 充填施工过程

5 个管袋的现场充填及脱水固结试验耗时共计 4 天, 前 3 天每天充一个管袋, 第 4 天充灌两个大管袋。1 号小管袋共充灌 3 次, 第一次充灌用时 30 min, 管袋充至 95 cm 高度, 第二次充灌用时 14 min, 管袋充至 96 cm 高度, 第三次充灌用时 8 min, 管袋至 95 cm

高度。由于前两次放水只是放掉了表层水，没有排除表层的细颗粒泥浆，管袋内留有一定高度的泥浆，因此后面两次充灌用时较短。第三次充灌后管袋没有进行放水，而是自然状态脱水固结，主要为了验证管袋表层是否能沉积大量难以固结的细颗粒。2号小管袋3次充灌后均放水并且排除管袋表层的细颗粒泥浆，3次充灌分别用时23, 13, 3 min，充灌后高度分别达到94, 105, 85 cm，第三次充灌过程中泥浆泵发生故障，只能充至85 cm高。小管袋的放水均在充灌后沉淀10 min进行，两个小管袋充灌后放水的照片见图4。



图4 小管袋充灌后放水

Fig. 4 Discharging after filling for small geotube



图5 大管袋边充灌边放水

Fig. 5 Simultaneous discharging and filling for large geotube

3个大管袋的充灌均采用边充灌边排水的方式，1号管袋充灌用时4 h，2号管袋充灌用时2.5 h，3号管袋充灌用时2 h。1号大管袋充灌开始即解开排水口，初期充灌时由于管袋内水的及时排出，管袋内压力较小，管袋袋体高度的升高较为缓慢。2号大管袋和3号大管袋充灌的初期扎紧排水口，随着充灌的进行，管袋高度逐渐变高，当管袋高度达到60 cm时解开排水口，受袋内压力和排水的同时作用，管袋保持60 cm的高度，以后过程边充灌边排水。3个大管袋的边充灌边放水照片见图5。3个大管袋充填完成后形成的坝体如图6所示。



图6 充填及脱水固结后形成的管袋坝体

Fig. 6 Geotube dam model after filling and discharging process

2.2 数据监测

现场试验过程中需要对管袋固结过程中各项指标进行监测，包括管袋充填及脱水固结过程中底部的孔隙水压力时程变化、管袋内土体取样含水率、颗粒级配和干密度变化情况。

渗透压力测试采用基康BGK-4500系列振弦式渗压计，渗压计量程为0~350 kPa，测量精度为0.001 kPa。充灌施工前先将管袋平铺在预设位置，然后在管袋底部安装渗压计，渗压计由专门预留的布置渗压计用的袖口放入管袋内，渗压计用细绳绑在管袋底部编织布上，布置后管袋内部预留1 m长的导线，连接到渗压计的数据采集仪，然后由计算机自动采集。1号大管袋在管袋中间和距离管袋中间2 m处布置2支渗压计，其余管袋均在管袋中间布置1支渗压计。

管袋内土体颗粒级配采用丹东百特生产的激光粒度仪进行测试和分析，该设备根据米氏散射理论，由光纤半导体激光器发射激光进行直接测量，测试范围为0.0001~1 mm的颗粒，测试精度和效率均较高。管袋脱水固结过程中不同时刻对应的土料含水率和干密度采用取样烘干称重进行测试，取样用铝制土样盒，烘干在烘箱中进行。

3 试验结果与分析

3.1 孔隙水压力

试验过程中2号小管袋和2号大管袋的渗压计出现故障，没有测到有效的孔隙水压力消散过程数据，只监测到了1号小管袋和1号、3号大管袋孔隙水压力变化过程。

(1) 小管袋底部孔隙水压力

1号小管袋底部孔隙水压力变化过程如图7所示。孔隙水压力监测过程可以分为充填阶段、消散阶段、取样扰动阶段3个阶段，分别对应图中的A, B, C 3个部分。第三部分孔隙水压力出现跳动是因为对管袋内土料进行取样测含水率时人为的踩踏影响了渗压计的数据采集。管袋充灌结束14 h量测管袋厚度为39

cm, 此时管袋底部的孔隙水压力为 3.9 kPa, 表明管袋经过 14 h 的排水固结后依然处于饱和状态, 表层土料处于流动状态, 没有固结。

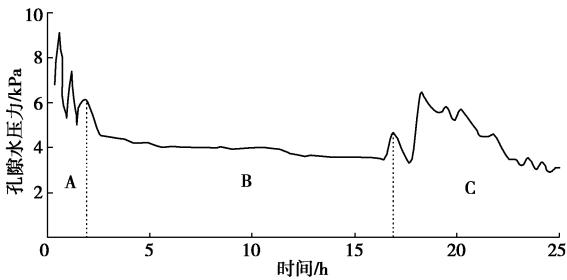


图 7 1 号小管袋充填过程中底部孔隙水压力变化曲线
Fig. 7 Pore water pressure curve at bottom of geotube No. 1 during filling process

(2) 大管袋底部孔隙水压力

1 号大管袋底部中间和边缘两个孔压测点和 3 号大管袋底部中间的孔压水压力和固结阶段固结度监测结果分别如图 8, 9 所示。由图 8 可知, 排水 6 h 后, 1 号大管袋底部中间部位的孔隙水压力最高, 1 号大管袋距中部 2 m 边缘处的孔压其次, 3 号大管袋底部中间点的孔隙水压力最低。说明管袋越宽, 中间点的孔压消散越慢, 固结需要的时间越长。3 号大管袋初期的孔隙水压力消散速度较慢, 说明 3 号大管袋袋体内留下的土颗粒粒径偏小, 同时也说明 1 号大管袋一开始就采用边充灌边排水的方式增加了土料中细颗粒的流失率, 当土颗粒更容易流失时, 只有粒径较大的土颗粒才能留下来。因为采用了充排结合的施工方式, 虽然充填土料的含砂率只有 30%, 两个大管袋在充填后 6 h 内固结度均达到了 70%~80%, 能够满足上一层管袋充填施工的要求。

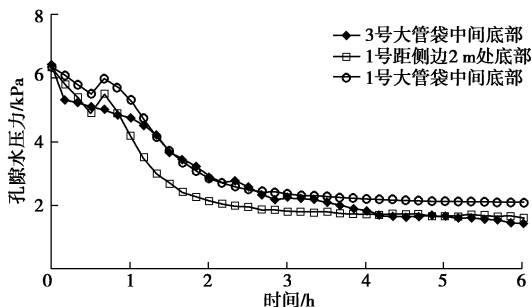


图 8 1, 3 号大管袋充填及脱水过程孔隙水压力变化曲线
Fig. 8 Pore water pressure curves of geotube No. 1 and No. 3 during filling process

3.2 管袋内土样含水率及级配

(1) 1 号小管袋含水率及级配

1 号小管袋取样时间为最后一次充灌结束后 16 h, 1, 2, 3, 4 号点均在表层取样, 5 号点在表层和底部分别取样, 取样位置如图 10 所示。样品经烘干测得各

点的含水率如图 11 所示, 由图可知, 1, 2, 3, 4 号点的表层土样含水率分别为 80.5%, 59.78%, 40.14% 和 48.44%, 5 号点表层和底层土样含水率分别为 36.89% 和 29.29%。

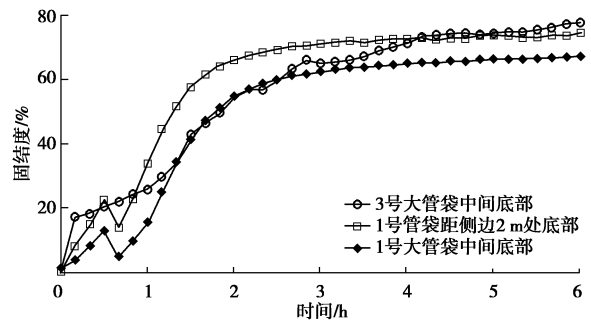


图 9 充填施工结束后, 1, 3 号大管袋固结度变化曲线
Fig. 9 Consolidation degree curves of geotube No.1 and No.3 during filling process

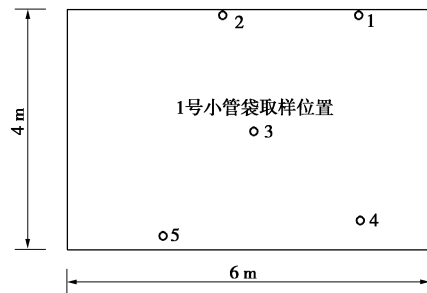


图 10 1 号小管袋含水率取样位置

Fig. 10 Sampling locations for water content tests in geotube No. 1

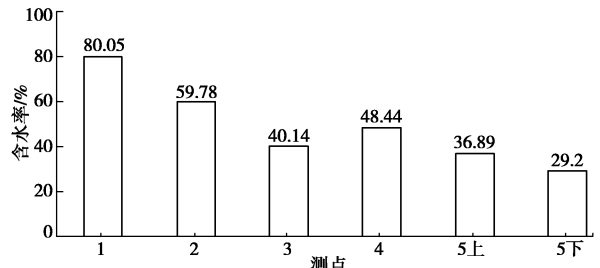


图 11 1 号小管袋各测点土样含水率

Fig. 11 Water contents of all sampling points in geotube No. 1

1 号小管袋各测点土样级配如图 12 所示, 由图可知, 1 号、2 号、3 号和 4 号测点中值粒径 d_{50} 分别为 0.018, 0.02, 0.04, 0.035 mm, 5 号测点表层和底层中值粒径 d_{50} 分别为 0.06 mm 和 0.07 mm。结合图 10 含水率变化情况可知, 各取样点的中值粒径越小, 含水率越高, 固结速度越慢。由图 11 可得到 1 号、2 号、3 号和 4 号测点的含黏量分别为 18%, 15%, 6% 和 8%, 5 号测点表层和底层土样含黏量均为 4%, 几个测点中含砂率均高于 80%, 只有 5 号点处的含砂率接近 50%, 这是因为前几次充灌都没有排泥, 管袋体积小, 后面充灌的时候冲起了底部土体, 而此时的泥浆浓度偏高, 沉淀分选效果不明显。

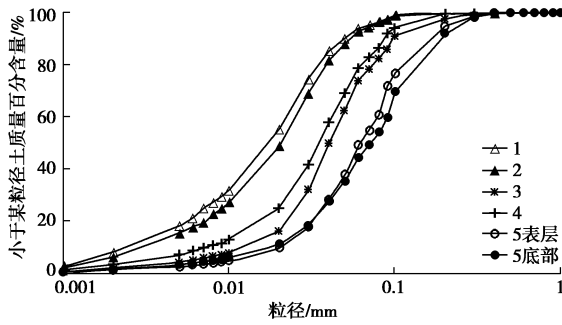


图 12 1号小管袋各测点土样级配

Fig. 12 Particle gradations of all sampling points in geotube No. 1

取样时发现, 在第3次充灌后没有放水排泥情况下管袋表层淤积了大量的黏粒和粉粒, 严重影响固结速度。在充灌结束 16 h 后个别含黏粒高中值粒径小的区域含水率依然高达 80.5% 和 59.78%, 处于流动状态, 承载力低, 不能进行上层管袋的充灌施工。因此, 采用自然脱水方式无法满足一个低潮期脱水固结要求。

(2) 2号小管袋含水率及级配

2号小管袋充灌3次, 每次充灌结束沉淀 10 min 后解开排水口放水排泥。第3次放水排泥后固结 3 h 进行取样测含水率和级配, 选取1号和2号两个点的底部和表层分别取样, 取样位置如图13所示。各测点土样经烘干测的各点的含水率如图14所示, 由图可知, 1号测点底部和表层土样含水率分别为 33.9% 和 43.24%, 2号测点底部和表层土样含水率分别为 34.18% 和 41.81%, 两个取样点的表层含水率都比底层含水率高。

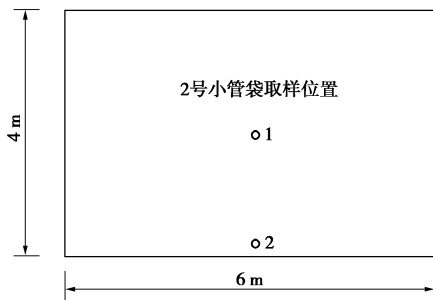


图 13 2号小管袋含水率取样位置

Fig. 13 Sampling locations of water content tests in geotube No. 2

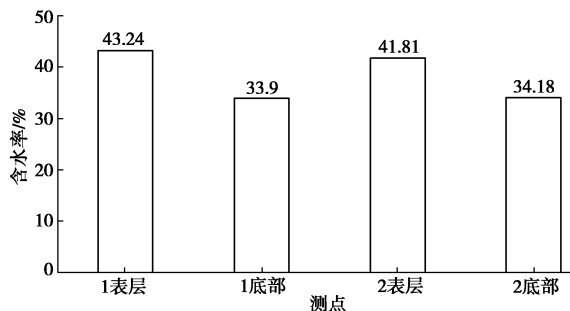


图 14 2号小管袋各测点土样含水率

Fig. 14 Water contents of all sampling points in geotube No. 1

2号小管袋各测点土样级配如图15所示, 由图可知, 1号测点表层和底部土样中值粒径 d_{50} 分别为 0.05 mm 和 0.1 mm, 2号测点表层和底部土样中值粒径 d_{50} 分别为 0.08 mm 和 0.1 mm。1号测点表层和底部土样含砂率分别为 30% 和 62%, 2号测点表层和底部土样含砂率分别为 54% 和 68%。

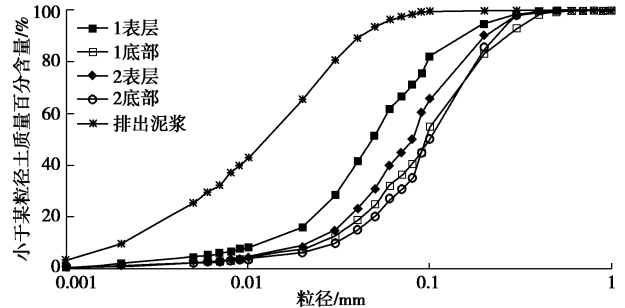


图 15 2号小管袋各测点土样级配

Fig. 15 Particle gradations of all sampling points in geotube No. 2

通过观察发现1号点表层土料含砂率低是因为泥浆泵充灌的时候在该处冲出了土坑, 聚集了较多的细颗粒, 放水排泥的时候, 坑中的细颗粒不能排出管袋。同1号小管袋相比, 由于最后一次充灌后进行了放水排泥的措施, 2号小管袋取样点的表层土料含砂量都高于1号小管袋, 2号小管袋取样点的中值粒径都比1号小管袋的大。2号管袋的表层土料比1号管袋的表层土料颗粒粒径大, 更易固结。同时2号小管袋的各取样点的表层土料含黏量都比该点底部土料含黏量高, 中值粒径都比底部小, 说明泥浆充灌后不同粒径土颗粒确实存在分层现象。由于表层土料的粒径比底部土料的小, 即使采取了排泥措施, 固结一段时间后表层土料的含水率依然高于底部土料, 说明排泥不够充分。放水排泥时对排出的泥浆取样测级配, 对比可知排出的泥浆含黏量远远高于管袋留下来土料的含黏量。排出泥浆的含砂率不足 5%, 说明排泥措施没有造成粗颗粒砂料的过度损失。1号和2号管袋的含水率和级配变化对比分析说明了在充填过程中采用放水排泥措施的可行性和有效性。

3.3 管袋内土样干密度

判断管袋中土体的固结程度能否满足上层管袋施工要求的另一重要指标是管袋内土体的干密度。一般当管袋内土料的干密度达到 1.45 g/cm^3 时, 管袋才有足够的承载力可以继续上层管袋的施工。试验中对1号大管袋和3号大管袋分别固结 11 h 和 15 h 取管袋底部土料测干密度。测得1号大管袋底部土料干密度为 1.5 g/cm^3 , 3号大管袋底部土料干密度为 1.55 g/cm^3 。都大于规范中要求干密度 1.45 g/cm^3 。说明1号和3号大管袋内土体固结程度能满足上一层管袋的施工要求。

4 结 论

共进行了 5 个管袋的试验充灌施工及脱水固结试验, 根据试验过程中监测到的管袋内土体孔隙水压力、不同部位土样含水率、级配和干密度的变化情况, 对比了不同脱水方式的固结效果, 经过对比分析可得到如下认识和结论:

(1) 1 号小管袋由于没有进行排泥, 管袋表层淤积了大量淤泥, 充灌结束 10 h 孔隙水压力消散值很小, 固结度较低。2 号小管袋进行了放水排泥的措施, 管袋内大部分土样含砂率大于 50%, 符合砂类土要求, 固结效率较高, 说明了充排结合施工方式的优越性。

(2) 1 号大管袋采用边充灌边排水的方式, 充灌开始就解开排泥袖口, 充灌初期管袋高度较低, 造成了砂颗粒的大量损失。但是管袋内底部土体的含砂率接近 60%, 表层土体的含砂率也大于 50%, 土体的透水性较好, 可以在几小时内达到期望的固结度。

(3) 3 号大管袋充灌的初期都扎紧排泥袖口, 这样减少了砂颗粒的损失, 除了泥浆泵的位置出现冲坑淤积了部分细颗粒外, 其余位置的含砂率都大于 50%, 符合砂类土要求。通过对 1 号和 3 号大管袋取样测干密度, 两个管袋底部土体的干密度分别为 1.5 g/cm^3 和 1.55 g/cm^3 , 都大于规范中要求的 1.45 g/cm^3 , 固结度可以满足上一层管袋充填施工的要求。

(4) 1 号、3 号大管袋的充灌方法可以使管袋内留下的土体含砂率达到 60% 以上, 8 m 宽的管袋充灌结束经过 6 h 固结度可以达到 66%, 达到 75% 的固结度需要 10 h。

(5) 对于含沙量只有 30%~50%、含黏量接近甚至大于 10% 的土料, 通过采用边充灌边排水的方式, 在损失大部分黏粒和少部分粉粒的情况下, 能较大提高了土体脱水效率, 缩短土体固结时间, 可使管袋在一个低潮期内完成初步脱水固结, 从而满足上一层管袋的施工要求。

参考文献:

[1] OUMERACI H, BLECK M, KUBLER S. Großmaßstabliche untersuchungen zur hydraulischen stabilität geotextiler sandcontainer unter wellenbelastun[R]. Leichtweiss Intitute for Hydraulic Engineering and Water Resources, 2002b. (OUMERACI H, BLECK M, KUBLER S. Large-scale Model Tests for Hydraulic Stability of Geotextile Sand Containers under Wave Attack)[R]. Leichtweiss Intitute for Hydraulic Engineering and Water Resources, 2002b. (in

- German))
- [2] FOWLER Jack. Geotextile tubes and flood control [J]. Geotechnical Fabrics Report, 1997, 15(5): 28 - 37.
- [3] 吴维均. 国外充土长管袋工艺的开发概况 1994-2001[J]. 上海建设科技, 1994, 12(1): 30 - 32. (WU Wei-jun. Development survey of the technology of the long geo-tub in the foreign.1994-2001[J]. Shanghai Construction Science and Technology, 1994, 12(1): 30 - 32. (in Chinese))
- [4] FOWLER, Jack, C.Ortiz, N.Ruiz, E.Martinez. Use of geotubes in Colombia, South America[C]// Seventh International Conference on Geosynthetics. Nice, 2002.
- [5] FOWLER Jack, STEPHENS T C, SANTIAGO M, P. de Bruin. Amwaj Islands Constructed with Geotubes, Bahrain [C]// Western Dredging Association Twenty-Second Technical Conference and Thirty-Forth Annual Texas A&M Dredging Seminar. Denver, 2002.
- [6] 束一鸣, 吴海民. 围垦堤防施工技术研究[J]. 水利经济, 2012, 30(3): 31 - 34, 50. (SHU Yi-ming, WU Hai-min. Construction techniques for reclamation dikes in coastal[J]. Journal of Economics of Water Resource, 2012, 30(3): 31 - 34, 50. (in Chinese))
- [7] JTJ 239—2005 水运工程土工合成材料应用技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2006. (JTJ 239—2005 Technical specifications of geosynthetics on water transport engineering[S]. Beijing: China Communications Press, 2006. (in Chinese))
- [8] 吴月龙, 朱方方, 陈东东. 吹填海泥掺水泥充灌模袋筑堤试验[J]. 水利与建筑工程学报, 2014, 12(5): 79 - 82. (WU Yue-long, ZHU Fang-fang, CHEN Dong-dong, et al. Test on embankment built with hydraulic filled geotextile bags of sea sludge with cement additive[J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineerin, 2014, 12(5): 79 - 82. (in Chinese))
- [9] 董 晶, 费义昆, 梁佳斌. 土工管袋污泥脱水工程的设计注意事项[J]. 环境科技, 2014, 27(1): 38 - 41. (DONG Jing, FEI Yi-kun, LIANG Jia-bin. Design attention of sludge dewatering in geo-tub[J]. Environmental Science and Technology, 2014, 27(1): 38 - 41. (in Chinese))
- [10] 张景辉, 刘朝辉, 卢 丹. 超声辅助絮凝强化污染底泥土工管袋脱水减容[J]. 化学工程, 2011, 29(10): 16 - 18. (ZHANG Jing-hui, LIU Zhao-hui, LU Dan, et al. Dewatering of contaminated reservoir/lake sediment by using geotextile tubes aided by ultrasound[J]. Chemical Engineering (China), 2011, 29(10): 16 - 18. (in Chinese))