

南水北调东线工程 3 个疏浚泥堆场踏勘调查及试验

吴学春¹, 孙衣春¹, 丁建文², 吉 锋²

(1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029; 2. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要 : 针对土地资源日益紧张的现状, 为使疏浚泥堆场临时征地尽快复垦利用, 结合南水北调东线工程 3 个疏浚泥堆场进行现场踏勘调查、原位测试及室内试验。结果表明 : 河道疏浚方式、疏浚泥的土性及疏浚完成时间是影响堆场工程性状的主要因素, 绞吸式疏浚施工的水力分选作用十分显著, 堆场高程和强度随着与吹泥口距离的增大而逐渐降低, 疏浚土的黏粒质量分数越高, 透水性越差, 在自然条件下越难固结, 加强堆场表面水的排除可尽快形成表层硬壳层, 有利于堆场的复垦利用。

关键词 : 南水北调东线工程, 疏浚泥堆场, 踏勘调查, 原位测试, 室内试验

中图分类号 : TV851 文献标志码 : A 文章编号 : 1006-7647(2012)04-0047-04

Field and experimental investigations on three reclaimed yards of dredged soil in Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project / WU Xue-chun¹, SUN Yi-chun¹, DING Jian-wen², JI Feng² (1. Jiangsu Water Source Company Ltd. of the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project, Nanjing 210098, China; 2. Institute of Geotechnical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract : In order to reclaim the dredged soil stockyards as soon as possible, in-site tests as well as field and experimental investigations on three reclaimed yards on the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project are reported in this paper, due to the deficiency of land resources. The results show that : the methods of river dredging, soil features of dredged soil, and completion time are three important factors that influence the engineering properties of the stockyards; the hydraulic sorting effect of cutter suction construction is significant, and the elevation and strength of the stockyards decrease gradually with the distance to the location of filling-mouth; dredged soil with higher clay particle content has lower permeability and has more difficulties in consolidating under natural conditions; and surface drainage leads to the rapid formation of a stiff shell layer, and is also beneficial to the reclamation use of the stockyards.

Key words : Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project; dredged soil stockyard; field investigation; in-site test; laboratory experiments

南水北调工程是缓解我国北方地区水资源短缺、实现水资源合理配置的重大基础设施工程, 河道疏浚在南水北调东线工程中占有很大比例。内陆河道中疏浚泥的处理通常是沿线征用土地, 修筑围堰, 将疏浚泥排放到堆场(亦称排泥场)中。据南水北调东线一期工程可行性研究报告, 东线江苏段土方开挖达 20 334.85 万 m³, 弃土所需的永久性占地达 1 467 hm²^[1]。目前, 不少学者对疏浚淤泥的资源化处理^[2-5]和堆场的防渗环保^[6-7]进行了研究, 但对疏浚泥堆场工程性状的调查研究较少。对已有疏浚泥堆场进行调查是了解现有堆场处置技术和施工方法优缺点的重要手段, 也是开发堆场处置新技术和尽快复垦利用堆场的重要基础。为掌握疏浚泥堆场的现

状和工程特性, 为后期堆场的处置利用提供参考, 本文对南水北调东线工程江苏段 3 个疏浚泥堆场进行踏勘调查、原位测试及室内试验, 分别是江都东西闸之间河道疏浚泥堆场(以下简称江都堆场)、高邮三阳河河道工程 V 标、VI 标、VII 标疏浚泥堆场(以下简称三阳河堆场)和淮安四站输水河道白马湖穿湖段 3 号疏浚泥堆场(以下简称白马湖堆场)。

1 江都堆场踏勘调查与试验

1.1 堆场概况

江都东西闸之间河道疏浚工程位于江都市新通扬运河河口, 是南水北调东线江都站改造工程的一个子项目。堆场布置在河道南岸, 主要利用已有沟

塘来储存疏浚土,堆场东西向长度约为 850 m,宽度为 90~140 m,容积为 70 万 m³。堆场围堰土质为砂性土,渗透系数的数量级为 10⁻⁴ cm/s,为防止渗透破坏,在堆场围堰内坡侧面铺设 1 层防渗膜,泥面吹到 1 m 左右后在底部增设 1 层防渗膜。河道疏浚采用绞吸式挖泥船施工,疏浚土方共计 56 万 m³ 左右,2007 年 1 月河道疏浚施工结束。

1.2 堆场踏勘调查与试验

1.2.1 踏勘调查

疏浚施工结束 10 个月后通过对江都堆场的踏勘调查发现:由于在吹填过程中粗颗粒在吹泥口附近堆积,因此堆场形成了西高东低的总体地形特征。堆场东部疏浚土含水率相对较高,杂草丛生,表层强度很低,如图 1(a)所示;而堆场西部疏浚土含水率相对较低,地基承载力相对较高,大多已被附近居民开垦为农田,如图 1(b)所示。整个堆场局部洼地有积水现象。另外,现场开挖探坑发现,江都堆场疏浚土的成分较复杂,以黏性土为主,夹有不少粉土和粉砂,且土性分层分块现象比较明显。



(a) 堆场东部



(b) 堆场中西部

图 1 江都堆场现状

1.2.2 颗分试验

对堆场内疏浚土取样进行颗分试验,以分析绞吸式疏浚施工对土颗粒粒度分布的影响,并为进一

步分析不同土颗粒大小对堆场工程特性的影响提供理论基础。颗分试验采用英国马尔文(Malvern)公司生产的 Mastersizer Micro(MAF5000)激光衍射粒度仪测定。堆场表层土颗分曲线见图 2。由图 2 可见,疏浚泥堆场由西向东土颗粒总体分布越来越细,即颗粒大小随着距吹泥口距离的增大而明显减小,说明绞吸式疏浚施工中的水力分选作用是显著的。彭涛等^[8]通过对吹填淤泥的工程地质特性研究后指出,动水环境下粗粒物质多在吹淤口附近沉积,细粒物质在远离吹淤口处沉积,与本文试验得出的变化规律一致。

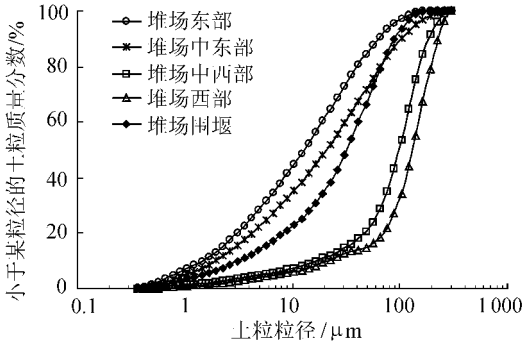


图 2 堆场表层土颗分曲线

1.2.3 原位测试

疏浚施工结束 1a 后,为进一步掌握江都堆场疏浚土的工程力学特性,在堆场内进行了 3 孔十字板剪切试验和 8 孔静力触探试验。因堆场东部强度很低,原位测试设备无法进场,故测点主要分布在堆场中部和西部,仅在东部挑选了地势和强度相对较高的一处进行 1 孔十字板剪切试验和 1 孔静力触探试验。现场十字板剪切试验结果如表 1 所示,由表 1 可见,疏浚泥堆场吹填土属于中等灵敏土,疏浚土的剪切强度由西向东明显降低,与颗粒分布的规律基本吻合,进一步说明了粗颗粒土较细颗粒土固结快、强度增长快。

东部 J2 孔和西部 J7 孔的静力触探曲线(CPT 曲线)分别如图 3 和图 4 所示(因堆场 3~4 m 深处铺有防渗膜,故图中曲线出现突变)。由静力触探曲线可知,除表层硬壳层(自表面往下 0~0.2 m 左右)外,新近疏浚吹填土的强度远低于一般淤泥土,其锥尖阻力仅有 0.05~0.18 MPa,侧阻力为 1.0~3.5 kPa,而

表 1 现场十字板剪切试验结果

孔深/m	SI(东部)			SX(中部)			SX(西部)		
	原状土强度/kPa	重塑土强度/kPa	灵敏度/s	原状土强度/kPa	重塑土强度/kPa	灵敏度/s	原状土强度/kPa	重塑土强度/kPa	灵敏度/s
1.0	3.20	1.30	2.46	7.15	3.08	2.32	13.60	6.02	2.26
2.0	6.30	2.18	2.89	9.94	4.65	2.14	14.15	5.26	2.69
3.0	7.10	2.00	3.55	7.80	3.90	2.00	13.84	4.78	2.90
4.0	8.04	2.30	3.50	8.20	4.65	1.76	14.26	5.20	2.74
5.0	16.10	5.30	3.04	12.12	9.20	1.32			

JGJ 94—2008《建筑桩基技术规范》推荐的淤泥中桩的极限侧阻力标准值为 $12 \sim 20 \text{ kPa}$ ^[9]。静力触探结果亦表明,位于西部吹泥口附近的 J7 孔的疏浚吹填土强度明显大于位于东部的 J2 孔的疏浚吹填土强度,更进一步说明了吹泥口的位置对疏浚土的工程力学特性有较大影响。

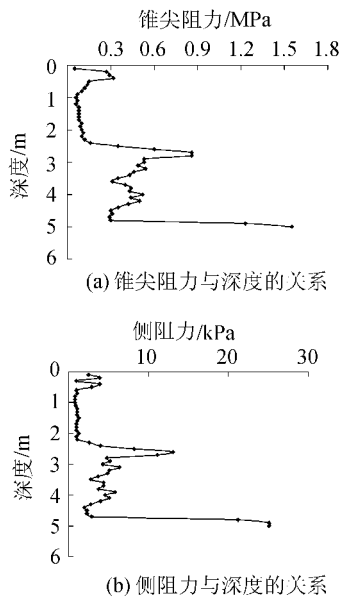


图3 东部 J2 孔 CPT 曲线

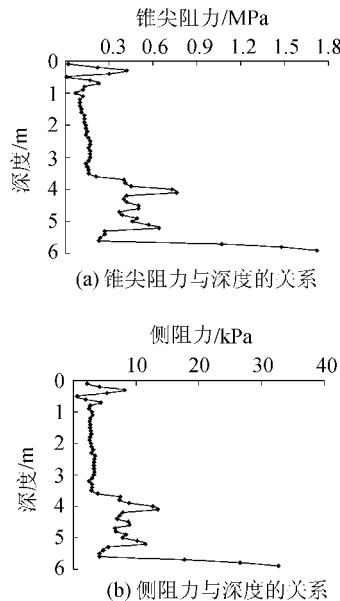


图4 西部 J7 孔 CPT 曲线

通过对江都堆场的踏勘调查和试验可以得出:
①绞吸式疏浚施工中的水力分选作用显著,粗颗粒在吹泥口附近堆积,造成疏浚泥堆场在高程和承载力上均表现为距离吹泥口越远数值越低;②静力触探结果和现场开挖调查表明,堆场表层经自然晾晒后形成厚度为 $0.1 \sim 0.3 \text{ m}$ 的硬壳层,具有相对较高的强度,为堆场后续处理提供了很大方便;③堆场东部黏粒质量分数较高的疏浚泥强度明显较低。

2 三阳河堆场踏勘调查

2.1 堆场概况

三阳河河道拓浚是南水北调东线工程江苏段第一批开工项目,工程位于江苏省高邮市境内里下河地区,疏浚施工集中在三阳河 V 标、VI 标和 VII 标,弃土沿河道东岸呈条带状布置,2005 年 3 月疏浚施工结束。

2.2 踏勘调查

疏浚施工结束 2.5 a 后 2 次到现场进行踏勘调查。调查发现,绵延近 8 km 长的三阳河堆场虽然存在局部低洼积水和表层松软现象,但总体上地势较高,远高出周围地面和路面,且绝大部分场地已经过初步平整并进行植树绿化,表层相对比较干燥,调查后认为堆场强度总体较高,不仅人可以在上面行走,而且小型轻型机械也能在其上施工,采用干法施工后三阳河堆场现状如图 5(a)所示。调查过程中亦遇到少量水下方疏浚情况,虽然经过几年的沉积,但还只是在表层形成厚度约为 0.2 m 的硬壳层,人勉强可以在上面行走,但施工机械无法进入,绞吸式疏浚施工后三阳河堆场如图 5(b)所示。分析认为,三阳河堆场工程性质总体较好,主要是有以下 3 个方面的原因:①堆场形成时间较长,长期自然蒸发和土体自重固结作用使堆场表层具有相对较高的强度;②疏浚方式以陆上开挖、干法施工为主,水下绞吸式疏浚施工相对较少;③堆场管理到位,绿化及时,有利于疏浚泥堆场的尽快复垦利用。



(a) 干法施工



(b) 绞吸式疏浚施工

图5 三阳河堆场现状

3 白马湖堆场踏勘调查与试验

3.1 堆场概况

淮安四站输水河道工程位于洪泽湖下游白马湖

地区,工程范围包括淮安市楚州区、扬州市宝应县及江苏省白马湖农场,是南水北调东线工程的重要组成部分。其中,白马湖穿湖段进行了2次湖底淤泥疏浚施工,前后相隔1a左右,均采用绞吸式挖泥船疏浚施工。第1次是湖中围堰基础及滚水堰基础淤泥疏浚,于2007年4月结束;第2次是白马湖穿湖段抽槽施工,于2008年5月疏浚施工结束。

3.2 踏勘调查

疏浚施工结束8个月后现场踏勘发现,整个堆场高程相差极大,在吹泥口由于粗颗粒迅速沉淀,形成小土丘,远高于堆场围堰和周围路面,人可以在上面行走,但远离吹泥口处高程和强度急剧降低,处于水面以下,形成一片汪洋。这与彭涛等^[8]提出的吹填分选使造陆区形成了2个不同的沉积单元(微三角洲形吹填砂区和吹填淤泥区)的结论十分类似。白马湖堆场现状见图6。



图6 白马湖堆场现状

3.3 室内土工试验

从白马湖堆场中取疏浚泥进行试验,其基本物理性质指标如下:含水率 $w = 118.5\%$,液限 $w_L = 88.0\%$,塑限 $w_p = 38.0\%$,塑性指数 $I_p = 50.0$,砂粒($> 0.074\text{ mm}$)质量分数为4.5%,粉粒($0.005 \sim 0.074\text{ mm}$)质量分数为51.2%,黏粒($< 0.005\text{ mm}$)质量分数为44.3%,相对体积质量 $G_s = 2.65$,有机质质量分数为2.8%。根据土的分类方法,属高液限黏土。白马湖疏浚泥细颗粒质量分数很高,达到95.5%,液限高达88.0%。需要指出的是,淤泥取样是在吹填结束后8个月进行的,而且取自堆场近表层,其含水率仍然高达液限的1.35倍,说明黏粒质量分数高的疏浚泥排水性能差,自重固结慢,若不进行处理将长期占用堆场土地资源。

通过对白马湖堆场的踏勘调查和室内土工试验发现,与江都堆场和三阳河堆场显著不同的是,白马湖堆场除吹泥口外,大部分土体承载力很低,堆场位于水下或人无法在上面行走,强度相对较差。认为主要有以下原因:①全为绞吸式疏浚施工,且土颗粒很细,黏粒质量分数高,透水性差;②堆场地势很低,堆场原为鱼塘或取土坑,围堰内疏浚泥面高程低

于与之紧邻的淮安新河水位,自然排水十分困难;③吹填时间相对较短。另外,整个堆场高程相差极大,绞吸式疏浚施工过程中形成的小土块和粗颗粒在吹泥口迅速沉淀,从而形成“小土丘”,远高于围堰和周围路面,排水固结相对较快,但远离吹泥口处高程和强度迅速降低,很快处于水面以下,处于流动状态,在自然条件下很难固结,若不进行处理将长期占用堆场土地。

4 结 论

a. 绞吸式疏浚施工的水力分选作用十分显著,堆场高程和强度随着与吹泥口距离的增大而降低。

b. 疏浚方式和疏浚完成时间对堆场工程特性影响大。三阳河堆场由于形成时间较长和以陆上开挖为主,故其工程特性相对较好,承载力较高。

c. 疏浚土的土性对堆场性状有重要影响。江都堆场疏浚土中由于含有较多的粉砂和粉土,透水性较好,排水固结相对较快,而白马湖堆场由于黏粒质量分数高,透水性差,在自然条件下很难固结,若不进行处理,将长期占用堆场土地。

d. 堆场表层天然硬壳层的形成对堆场的后期处理十分有利,因此应采取工程措施,加强堆场表面水的排除,以尽快形成表层硬壳层。

参考文献:

- [1] 中水淮河工程有限责任公司,中水北方勘测设计研究有限责任公司,江苏省水利勘测设计研究院有限公司,等. 南水北调东线第一期工程可行性研究总报告[R]. 蚌埠:中水淮河工程有限责任公司,2005.
- [2] 朱伟,张春雷,刘汉龙. 疏浚泥处理再生资源技术的现状[J]. 环境科学与技术,2002,25(4):39-41.
- [3] 陈萍,张振营,李小山,等. 废弃淤泥作为再生资源的固化技术与工程应用研究[J]. 浙江水利科技,2006(6):1-3.
- [4] TANG Yi-xin, MIYAZAKI Y, TSUCHIDA T. Practices of reused dredgings by cement treatment[J]. Soils and Foundations, 2001, 41(5):129-143.
- [5] 杨永荻,汤怡新. 疏浚土的固化处理技术[J]. 水运工程,2001(4):12-15.
- [6] 张路,范成新,鲜启鸣,等. 太湖底泥和疏浚堆场中持久性有机污染物的分布及潜在生态风险[J]. 湖泊科学,2007,19(1):18-24.
- [7] 吕金监,霍守亮,荆一凤,等. 环保疏浚底泥堆场污染物扩散防治研究[J]. 北京工业大学学报,2006,32(3):229-234.
- [8] 彭涛,武威,黄少康,等. 吹填淤泥的工程地质特性研究[J]. 工程勘察,1999(5):1-5.
- [9] JGJ 94—2008 建筑桩基技术规范[S].

(收稿日期:2011-12-26 编辑:骆超)