

南水北调东线工程高含水量疏浚淤泥材料化处理方法

邓东升^{1 2} 张铁军³ 张 帅³ 洪振舜³

(1. 河海大学交通学院, 江苏 南京 210098 ; 2. 江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029 ;
3. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要 : 针对南水北调东线工程中产生的大量高含水量疏浚淤泥处理难的实际工程问题 , 通过外加生石灰的方法对高含水量疏浚淤泥进行了改性处理 , 将高含水量疏浚淤泥处理成了一种可以作为淤泥堆场围堰、河堤培土加固等实际工程填土材料的松散良质土。室内试验结果表明 : 添加生石灰处理高含水量疏浚淤泥时 , 改良土塑性指数随着掺灰比的增加而降低 ; 在同一掺灰比下 , 原泥初始含水量低的生石灰处理土的塑性指数比原泥初始含水量高的生石灰处理土低 ; 处理土塑性指数的改变主要发生在龄期的前 3 d。

关键词 : 南水北调东线工程 , 高含水量疏浚淤泥 , 材料化处理 , 松散良质土 , 塑性指数
中图分类号 : TU411.99 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-1980(2008)04-0559-04

在航道、输水河道的清淤和港口新建、扩建工程中 , 通常会产生大量的疏浚淤泥^[1-4]。据不完全统计 , 我国每年废弃的疏浚淤泥达 1 亿 m³ 以上。目前 , 我国绝大部分内陆疏浚淤泥废弃于陆地抛填区或低洼地区 , 占用了一些鱼塘和耕田 , 产生了很高的征地费用^[5]。例如 , 南水北调东线第一期土地征用的经费占工程总费用的 60% 左右。而目前我国大多数工程建设 , 如河堤培土加固、公路建设、各种房屋建筑填方工程等需要大量的良质填土材料。这些填土材料一般通过耕地开挖、河床采砂、开山采石(土) 等方式取得 , 而这些取材方式容易对环境造成破坏。此外 , 在平原地区 , 良质填土材料还经常通过外购方式来解决。

因此 , 如何有效地利用废弃疏浚淤泥是工程界关注的一个热点问题。目前 , 国内外在筑堤工程中通常采用淤泥固化处理技术 , 即将疏浚淤泥添加水泥系固化剂并进行搅拌后用于围堰填筑 , 并取得了废弃物有效利用的良好效果^[3-4, 6-7]。应该指出的是 , 固化淤泥要求一次成型 , 需采用专门的施工设备和搅拌技术才能够达到这一要求 , 这样的要求限制了淤泥固化处理技术在我国工程上的应用范围。

笔者根据我国目前施工设备较为简单、施工技术水平较低的特点 , 对高含水量疏浚淤泥进行了试验研究 , 并提出了将其处理成一种松散的良质土的技术^[8]。

1 疏浚淤泥的基本性质

试验用疏浚淤泥取自南水北调东线白马湖疏浚工程 , 其物理性质如表 1 所示。其中液塑限为试验所得结果。该试验按 JTJ 051—93《公路土工试验规程》^[9] 进行 , 液塑限由锥质量 100 g、锥角为 30° 的液塑限联合测定仪测定。

由表 1 可见 , 白马湖疏浚淤泥的液限高达 92.5% , 塑性指数 I_p 位于图 1A 线之上。因此 , 白马湖疏浚淤泥属于高液限黏性土 , 工程性质差。

2 材料化处理技术及其效果

关于用生石灰将高液限黏性土和膨胀土处理成路用材料

表 1 白马湖疏浚淤泥物理指标

Table 1 Physical indices of dredged clay in Baima Lake

原料土	液限 w_L /%	塑限 w_P /%	塑性指数 I_p
白马湖疏浚淤泥	92.5	37.6	54.9

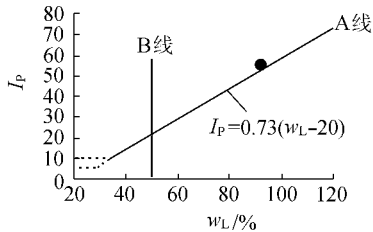


图 1 白马湖疏浚淤泥塑性图

Fig.1 Plasticity chart of dredged clay in Baimahu Lake

的研究,已有不少报道^[10-15].必须指出,已有研究采用的原料黏性土含水量均较低,如表2所示.将高含水量淤泥处理成淤泥堆场围堰或河堤填料方面的研究尚未见报道.

笔者借鉴前人利用生石灰处理高液限土和膨胀土的经验,用生石灰作为外加剂处理含水量为65.2%~93.6%的疏浚淤泥,将淤泥处理成了松散的良质土.这大幅度降低了淤泥的塑性指数,改变了淤泥特征,如图2所示.



图2 疏浚淤泥材料化处理效果

表2 有关研究中生石灰改良高液限黏性土和膨胀土的初始含水量

Table 2 Initial water contents of high liquid-limit clays and expansive clays treated with quick lime

有关研究	添加剂	土的种类	初始含水量/%
文献[10]	生石灰	高液限黏土	25.6
文献[11]	生石灰	高液限黏土	18.0~26.0
文献[12]	生石灰	高液限黏土	30.5
文献[13]	生石灰	高液限黏土	30.0~38.0
文献[14]	生石灰	膨胀土	19.0~29.0
文献[15]	生石灰	膨胀土	25.6~26.3



图2 疏浚淤泥材料化处理效果

图2 疏浚淤泥材料化处理效果

Fig.2 Comparison of treated and untreated dredged clayey soils

3 高含水量淤泥改性试验

针对不同初始含水量的原料淤泥,根据设计的掺灰比确定生石灰的质量,采用搅拌机械混合搅拌均匀.搅拌机械参数为:输出功率550 W,转速204 r/min,搅拌时间约10 min.

将疏浚淤泥处理成松散土的关键在于大幅度降低淤泥的塑性指数.添加生石灰处理降低高液限土和膨胀土塑性指数的主要目的是降低土颗粒间的相互排斥作用,提高土颗粒间的吸力并使土体团粒化^[16-17].添加生石灰处理降低高含水量疏浚淤泥塑性指数的机理与掺灰处理降低高液限土和膨胀土塑性指数的机理基本相同.

为了研究养护龄期对生石灰处理土塑性指数的影响,对初始含水量为75.2%的白马湖疏浚淤泥,掺灰比 a_w (定义为生石灰质量与湿土质量之比)为2.0%和8.0%,龄期为1 d、2 d、3 d、5 d、7 d、10 d、28 d的液限、塑限进行了试验.图3显示了龄期与生石灰处理土的塑性指数降低率的关系,其中塑性指数降低率的定义为:

$$\text{塑性指数降低率} = \frac{\text{原泥塑性指数} - \text{处理土塑性指数}}{\text{原泥塑性指数}} \times 100\%$$

(1)

由图3可知,塑性指数的降低率随着龄期的增加而增大,尤其在前3 d,掺灰比为2.0%和8.0%的处理土的塑性指数分别降低了16.0%和24.6%;龄期超过3 d后,塑性指数的降低速率明显变缓;龄期为3~28 d时,2种掺灰比的塑性指数分别由16.0%和24.6%变为20.4%和29.1%.

根据上述试验结果并考虑到试验工作量,在探讨掺灰比和原泥初始含水量对处理土改性效果的影响时,仅针对养护3 d龄期、初始含水量为93.6%、79.0%和65.2%的白马湖疏浚淤泥进行了生石灰掺灰比为0%、1%、4%、8%、12%、16%、20%、24%和28%的20组试验,结果如图4~7所示.必须指出的是,试验采用如此大范围的掺灰比,目的是通过室内试验得出初始含水量和掺灰比对生石灰处理土塑性指数的影响规律,但考虑到经济性,实际工程不大可能采用很高的掺灰比.

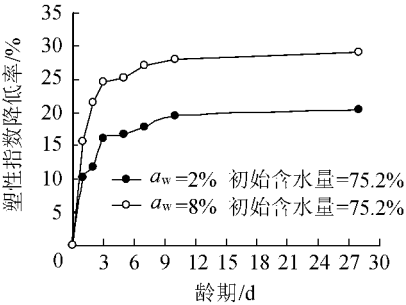


图3 龄期与生石灰处理土的塑性指数降低率的关系

Fig.3 Relationship between decreasing percent of plasticity index and curing age for treated dredged clayey soil with initial water content of 75.2%

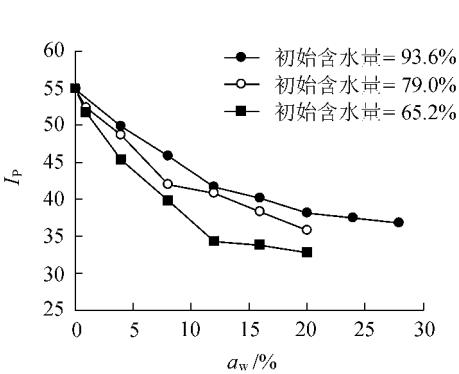


图 4 初始含水量和掺灰比对生石灰处理土塑性指数的影响

Fig.4 Effects of initial water content and quick lime content on plasticity index of treated dredged clayey soil

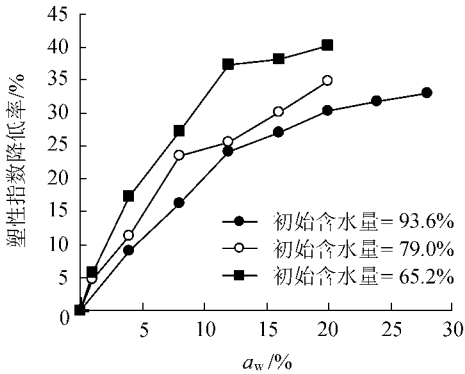


图 5 生石灰处理土塑性指数降低率与初始含水量和掺灰比的关系

Fig.5 Relationship between decreasing percent of plasticity index and quick lime content for different initial water contents

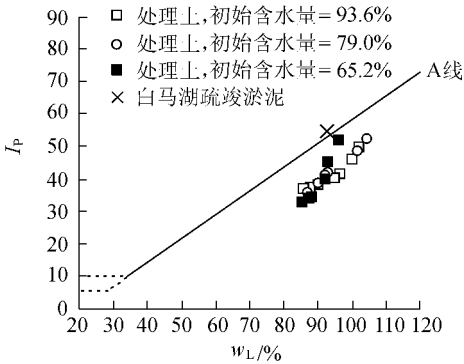


图 6 不同初始含水量的淤泥处理土的塑性图

Fig.6 Plasticity chart of treated dredged clayey soil with different initial water contents

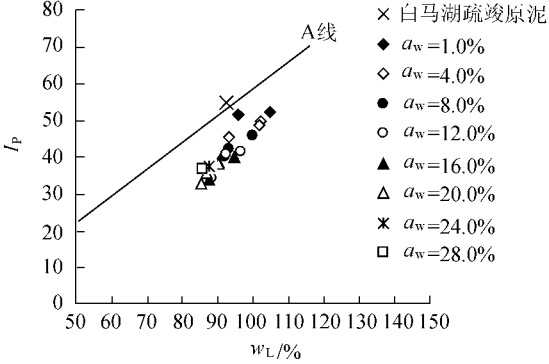


图 7 不同掺灰比的淤泥处理土的塑性图

Fig.7 Plasticity chart of treated dredged clayey soil with different quick lime contents

由图 4 可知,生石灰处理土塑性指数随着掺灰比的增加而降低,在同一掺灰比下,原泥初始含水量低的生石灰处理土的塑性指数比原泥初始含水量高的生石灰处理土低。

由图 5 可知,当掺灰比大于某一定值(10%左右)时,塑性指数的降低效果不很明显。

由图 6 和图 7 可知,利用生石灰来处理高含水量疏浚淤泥,效果非常明显,所有处理土的塑性指数均位于 A 线以下,按照 JTJ 051—93《公路土工试验规程》^[9]对土的分类,可以将此处理土定义为粉质土^[18]。这种处理技术从根本上改变了疏浚淤泥工程性质差的性状,即经过生石灰处理的土,团粒化作用显著,疏浚淤泥由处理前胶结状态的泥变成了处理后松散状态的土。

4 结 论

a. 结合南水北调东线实际工程问题,提出了将高含水量疏浚淤泥处理成松散土的技术,为高含水量淤泥材料化处理技术的开发和废弃淤泥的有效利用开辟了新的途径。

b. 对于初始含水量为 65.2% ~ 93.6% 的白马湖疏浚淤泥,只要添加少量的生石灰(掺入比为 1% ~ 2%),就可以将原泥位于塑性图 A 线以上的塑性指数降低到塑性图 A 线以下,使处理后的土类似于粉质土,从而达到改性目的。

c. 原泥的初始含水量和掺灰比均会对疏浚淤泥的改性处理效果产生影响,处理土的塑性指数随着掺灰比的增加而降低,在同一掺灰比下,原泥初始含水量低的生石灰处理土的塑性指数比原泥初始含水量高的生石灰处理土低,但当掺灰比大于某一定值(10%左右)时,塑性指数降低效果不明显。

d. 生石灰处理土的塑性指数随着龄期的增加而降低,但当龄期超过 3 d 后,塑性指数的降低率明显变缓。

参考文献:

- [1] LEE S L, KARUNARATNE G P, YONG K Y, et al. Layered clay-sand scheme of land reclamation[J]. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1987, 113(9): 984-995.
- [2] CARGILL K W. Prediction of consolidation of very soft soil[J]. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1984, 110(6): 775-795.
- [3] 朱伟, 张春雷, 高玉峰, 等. 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.
- [4] 姬凤玲, 朱伟, 张春雷. 疏浚淤泥的土工材料化处理技术的试验与探讨[J]. 岩土力学, 2004, 25(12): 1999-2004.
- [5] 中水淮河工程有限责任公司, 中国国际工程咨询公司, 中水北方勘测设计公司, 等. 南水北调东线第一期工程可行性研究报告[R]. 南京: 江苏南水北调工程办公室, 2005.
- [6] 汤怡新, 刘汉龙, 朱伟. 水泥固化土工程特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(5): 549-554.
- [7] TANG Y X, MIYAZAKI Y, TSUCHIDA T. Practices of reused dredgings by cement treatment[J]. Soils and Foundations, 2001, 41(5): 129-143.
- [8] 邓东升, 洪振舜, 张铁军, 等. 高含水量疏浚淤泥填料化改良方法: 中国, 200810020712.4[P]. 2008-02.
- [9] JTJ051—93, 公路土工试验规程[S].
- [10] 李光, 蒋李珍, 刘银生. 高液限黏土的石灰改良填筑技术研究[J]. 湖南交通科技, 2003, 29(3): 31-32.
- [11] 兰永红, 刘世平, 张俊. 高液限黏土的物理力学性能及在工程中的应用[J]. 公路交通技术, 2003(3): 16-18.
- [12] 柳厚祥, 宋军, 张起森, 等. 石灰改良高液限土路用性能的试验研究[J]. 吉林化工学院学报, 2004(1): 55-58.
- [13] 梁军林. 高液限黏土的工程性质和应用[J]. 广西交通科技, 2000, 25(1): 12-14.
- [14] 程钰. 膨胀土用作路基填料的石灰改良试验研究[D]. 南京: 东南大学, 2006.
- [15] 程平, 姚海林, 李文斌, 等. 石灰改良高速公路膨胀土路基的试验研究[J]. 公路, 2003(5): 96-100.
- [16] 东南大学, 浙江大学, 湖南大学, 等. 土力学[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [17] 刘特洪. 工程建设中膨胀土问题[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [18] 石名磊, 洪振舜. 天然沉积粉质土压缩特性研究[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(12): 1397-1401.

Technique for utilization of high-water-content dredged clayey soil as fill material for the Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project

DENG Dong-sheng^{1, 2}, ZHANG Tie-jun³, ZHANG Shuai³, HONG Zhen-shun³

(1. College of Traffic, Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Jiangsu Water Resource Co., Ltd, the Water Diversion Project from South to North in China ,
Nanjing 210029, China ;

3. School of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract : A great quantity of waste dredged clayey soil is generated by the construction of the Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project in China. Its proper disposal is therefore an important issue. A new method has been developed to dispose of the high-water-content dredged clayey soil by adding quick lime. The treated soil is expected to be useful as fill material in cofferdam and dike engineering. Laboratory tests have also been performed on the treated soil with the following results: the plasticity index of the treated soil decreases with the increase of quick lime content; when the quick lime content remains constant, the plasticity index of the treated soil with higher initial water content is larger than that of the treated soil with lower initial water content; the decrease in the plasticity index of the treated soil occurs mainly in the first three days of curing.

Key words : the Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project; high-water-content dredged clayey soil; waste utilization; useful fill material; plasticity index