

压力差对盾构施工形成泥膜所需泥浆量的影响

杜雪山,王奇,朱东元

(河海大学 土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要:采用泥水盾构施工,进行带压开仓时,通常采用泥膜闭气的方法来平衡开挖面后部的土水压力。这就需要在掌子面表面形成一层泥膜,从而达到闭气的目的。本文通过采用自制的泥膜闭气装置,在实验室内开展了不同压力差下形成泥膜的试验。试验表明,当形成泥膜时,泥浆消耗量随着压力差的增大而减小。

关键词:泥水盾构;泥膜;压力差;泥浆消耗量

中图分类号:TU753.7

文献标识码:A

Pressure gap's affect to slurry consumption in slurry shield construction

DU Xueshan, WANG Qi, ZHU Dongyuan

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China)

Abstract: In slurry shield construction, opening a chamber under compressed air is usually needed. To ensure the stability of excavation face in slurry shield, a pressed filter cake must be formed on the working face. In this paper, a new test apparatus was developed to study the airproof capability of a filter cake under varied pressure difference. Test results indicate that when the argitan was formed, the slurry consumption reduces along with the pressure difference growth.

Key words: slurry shield; filter cake; pressure gap; slurry consumption

近年来,泥水盾构技术因其优越性,在我国跨江跨河的隧道建设中得到了越来越多的应用。盾构机在水下掘进时,会遇到遭遇孤石、更换刀具等需开仓检修的问题。因而采用带压开仓变成了可代替的方法。带压开仓的关键是形成闭气性能良好的泥膜。从而在开挖仓注入高压气,来平衡掌子面后部的土水压力,进而达到开挖面的稳定^[1]。闵凡路等发现在泥膜形成的过程中,泥浆压力在地层中转化为抵抗地层静水压力的孔压、超静孔隙水应力和抵抗地层土压力的有效泥浆压力3部分^[2]。韩晓瑞等研究了泥浆性质对开挖面泥膜形成质量影响^[3]。姜腾等采用CMC、正电胶、Na₂CO₃等三种泥浆添加剂,对泥浆性质,泥膜性质进行改进^[4]。白云等借助于牛顿流体力学模型,运用流体力学与极限平衡法的基本原理,推导出盾尾空隙横断面内浆液压力的分布模型^[5]。张云等在分析盾构法隧道引起的地表变形的原因的

基础上,将盾尾空隙的大小、注浆充填的程度等对地层位移有着重要影响,而在实际工程中又难以量化的因素,概括为一均质、等厚的等代层,并根据实测位移,运用反分析法较准确的获得等代层的参数^[6]。到目前为止,尚未有人开展形成泥膜所消耗泥浆量的研究。因此本文通过自制的泥膜闭气装置,采用5组不同的泥浆,分别在4组不同压力差条件下开展成膜试验,分析压力差对泥浆成膜所需泥浆量的影响。以期为泥浆制备及泥浆压力的设定提供依据。

1. 试验材料及方法

1.1 试验材料

本文配置了5种泥浆进行试验,泥浆性质如表1所示。泥浆的颗粒筛分曲线如图1所示。

表1 所配各组泥浆的性质
Tab.1 Table of slurry property

泥浆编号	泥浆比重	泥浆粘度	填充材料	$d_{85}/\mu\text{m}$
SL1	1.106	33	加粉土、粘土 $d_{50} < 100 \mu\text{m}$	73.2
SL2	1.162	42	加粉土、粘土 $d_{50} < 100 \mu\text{m}$	79.1
SL3	1.209	55	加粉土、粘土 $d_{50} < 100 \mu\text{m}$	74.9
SL4	1.270	33	加粉土、粘土 $d_{50} < 100 \mu\text{m}$	79.7
SL5	1.206	33	加粉土、粉细砂 $d_{50} < 150 \mu\text{m}$	99.4

备注:其中基浆是膨润土与水质量比为1:8的纯膨润土泥浆;工程中泥浆进浆比重大多介于1.05~1.3之间。

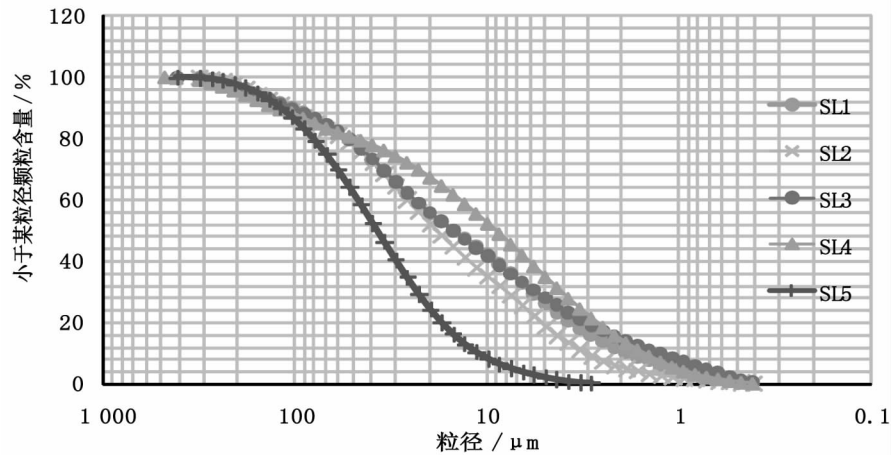


图1 泥浆颗粒的粒径分布曲线

Fig.1 Ranges of grain size distribution of slurry

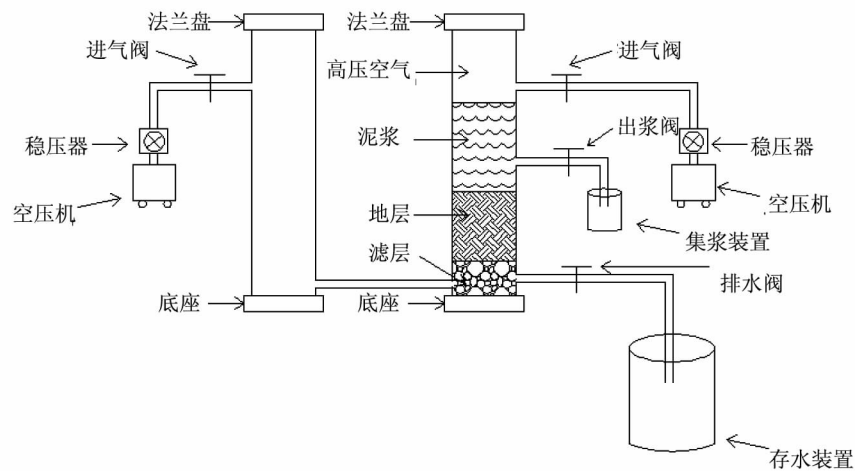


图2 泥膜闭气装置图

Fig.2 Apparatus to study airproof capability of filter cake

试验所用地层均为天然沙土筛分获得。其粒径为0.25~0.5 mm,渗透系数为 $2.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 。

1.2 试验装置

图2为泥膜闭气装置图。装置的主要部分是两个直径15 cm,高度60 cm的有机玻璃筒。为了模拟地层上覆土水压力,采取在左边的有机玻璃筒里面施加压力,将两个有机玻璃筒连接起来,则地层上覆土水压力可通过左边的稳压器稳定在一

个定值。通过改变右边空压机的进气压力,来进行不同压力差模式下的试验。

1.3 实验方法

在左边有机玻璃筒中分层装入滤层、地层,经饱和之后,在地层上部注入一定质量的自制泥浆,密封装置,然后,分别打开两边进气阀,调节空压机,设置压力差值。在压力差的作用下,泥浆向地

层中渗透,并形成泥膜。成膜以后,打开装置,倒出多余的泥浆,并称量其质量,从而计算出形成泥膜所需要的泥浆量。

2 实验结果分析

2.1 ①号泥浆实验结果

图3为①号泥浆在不同压力差作用下,进行成膜试验所消耗泥浆量的变化曲线。由图可以看出,泥浆消耗量与压力差,并不是严格线性变化;在压力差较小时,泥浆消耗量大,当压力差为60 kPa时,泥浆消耗量最小,随着压力差的逐步增加,泥浆消耗量又缓慢增加,但增加幅度很小。

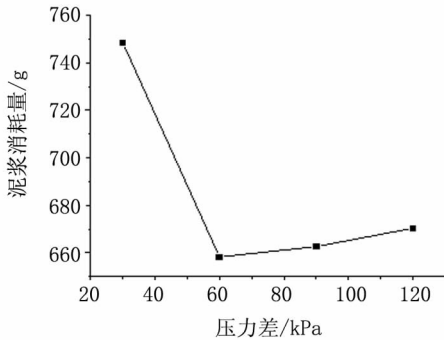


图3 ①号泥浆消耗量与压力差的关系曲线
Fig.3 Curves of pressure gap and slurry No. ①

2.2 ②号泥浆实验结果

图4为②号泥浆在不同压力差作用下,进行成膜试验所消耗泥浆量的变化曲线。由图可以明显看出,泥浆消耗量随着压力差的增加而减小,在压力差为30 kPa时,泥浆消耗量为641.7 g,当压力差增加到120 kPa时,泥浆消耗量降到456.3 g。

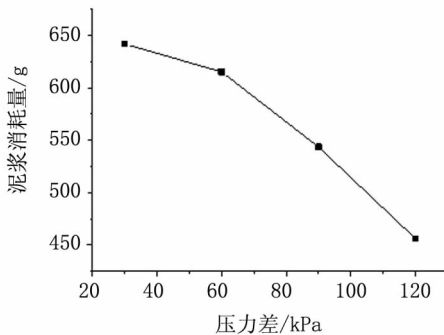


图4 ②号泥浆试验时,泥浆消耗量与压力差的关系曲线
Fig.4 Curves of pressure gap and slurry No. ②

2.3 ③号泥浆实验结果

图5为③号泥浆在不同压力差作用下,进行

成膜试验所消耗泥浆量的变化曲线。由表4可以明显看出,当压差由30 kPa增加到60 kPa的时候,泥浆消耗量只减小了13.5 g,随着压力差的继续增加,泥浆消耗量减小幅度大幅增加。

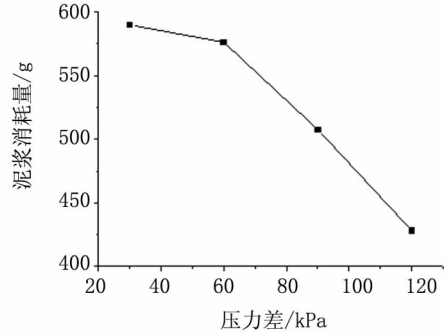


图5 ③号泥浆试验时,泥浆消耗量与压力差的关系曲线
Fig.5 Curves of pressure gap and slurry No. ③

2.4 ④号泥浆实验结果

图6为④号泥浆在不同压力差作用下,进行成膜试验所消耗泥浆量的变化曲线。与③号泥浆相比,可明显看出,压力差的增加将会减小泥浆的消耗量。

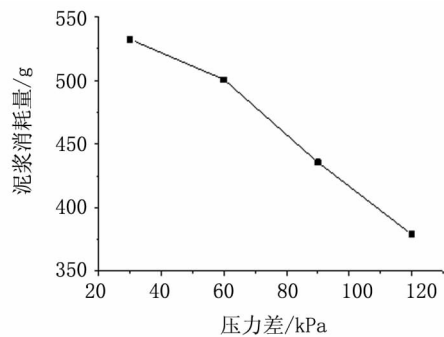


图6 ④号泥浆试验时,泥浆消耗量与压力差的关系曲线
Fig.6 Curves of pressure gap and slurry No. ④

2.5 ⑤号泥浆实验结果

图7为⑤号泥浆在不同压力差作用下,进行成膜试验所消耗泥浆量的变化曲线。由图7可看出来。随着压力差的增加,在同一增量下,泥浆消耗量的减小量逐渐减小。

2.6 试验结果分析

由图3-图7可以看出,当泥浆密度和颗粒级配保持不变时,随着压力差的增大,喷洒成膜所消耗的泥浆量在减少。泥膜的形成机理是泥浆颗粒在泥浆压力的作用下向土层中渗透,其中较大的泥浆颗粒会在渗透过程中淤堵在(下转第46页)

3) 分别比较分析 93% 压实度 0 d 龄期和 28 d 龄期条件下两种水玻璃 CBR 值变化曲线可以看出, 模数 3.1~3.4 水玻璃改良土的早期强度要高于模数 2.6~2.9 的水玻璃改良土; 养护相同时间情况下模数 2.6~2.9 水玻璃改良土强度提高较大。

(4) 两种水玻璃均能有效提高泰州地区低液限粉土的 CBR 值, 且随着掺量的增加改良土 CBR 值大体呈增加趋势。从室内试验结果看, 用水玻璃改良该地区低液限粉土是可行的。

参考文献:

- [1] 白祖国. 低路堤填筑的粉土改良及毛细水作用下路堤稳定性研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
[2] 张西海, 夏琼, 杨有海. 水泥及水泥粉煤灰改良粉土填

料性能试验研究[J]. 路基工程, 2007(2): 75-76.

- [3] 杨迎晓. 钱塘江冲海积粉土工程特性试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
[4] 陈燕. 土强度影响因素研究及合理填筑条件探索[D]. 南京: 河海大学, 2005.
[5] 马巍, 徐学祖, 张立新. 冻融循环对石灰粉土剪切强度特性的影响[J]. 岩土工程学报, 1999, 21(2): 158-160.
[6] 商庆森, 姚占勇, 刘树堂. 提高石灰稳定粉土的强度及抗冻性的研究[J]. 山东工业大学学报, 1997, 27(1): 8-15.
[7] 姚占勇, 刘树堂, 商庆森. 生石灰粉稳定黄河冲(淤)积粉土的可行性探讨[J]. 山东工业大学学报, 1999, 29(1): 77-80.

(责任编辑 李军)

(上接第 41 页) 地层孔隙, 随着时间推移逐渐形成不透水泥膜。但喷洒泥浆成膜与普通成膜方式又有所不同, 泥浆被喷洒在地层表面, 一部分在压力差和喷洒冲力的作用下渗入地层孔隙, 但绝大部分会因为重力作用落到仪器内, 顺着排浆孔被排出。当仪器内压力增大时, 泥浆颗粒向地层渗透的速度加快, 成膜所花的时间变短, 消耗的泥浆量减少。

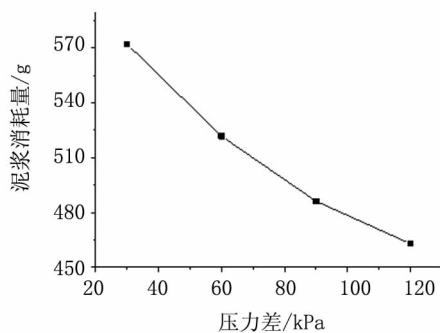


图7 ⑤号泥浆试验时, 泥浆消耗量与压力差的关系曲线
Fig. 7 Curves of pressure gap and slurry No. ⑤

3 结论

1) 泥浆在压力的作用下, 向地层中进行渗透, 逐渐形成泥膜, 泥膜的形成, 使得泥浆所承受的压力能够转化为有效应力, 作用在开挖面上, 平衡掌子面后方的土水压力, 从而保证掌子面的稳定。

2) 泥浆能否成膜与泥浆性质、地层条件、泥浆压力有关, 在保证泥浆能够成膜的前提下, 通过增大压力差, 可有效减少泥浆用量。

3) 在今后采用泥水盾构施工中, 进行带压开仓作业时, 为减少泥膜形成时间, 可采取增大泥浆压力的办法, 来快速形成泥膜。

参考文献:

- [1] 张凤祥, 朱合华, 傅明德. 盾构隧道[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
[2] 闵凡路, 朱伟, 魏代伟, 等. 泥水盾构泥膜形成时开挖面地层孔压变化规律研究[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(4): 722-727.
[3] 韩晓瑞, 朱伟, 刘泉维, 等. 泥浆性质对泥水盾构开挖面泥膜形成质量影响[J]. 岩土力学, 2008, 29(Z): 288-292.
[4] 姜腾, 朱伟, 闵凡路, 等. 泥水盾构开仓时的泥膜闭气性能及改进方法[J]. 地下空间与工程学报, 2014, 10(3): 504-509.
[5] 白云, 戴志仁, 张莎莎, 等. 盾构隧道同步注浆浆液压力扩散模式研究[J]. 中国铁道科学, 2011, 32(4): 38-45.
[6] 张云, 殷宗泽, 徐永福. 盾构法隧道引起的地表变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(3): 388-392.

(责任编辑 李军)