

文章编号:1673-9469(2016)01-0027-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2016.01.007

盾构隧道壁后注浆浆液组分对其渗透性影响研究

朱东元¹, 钟小春¹, 王红飞²

(1. 河海大学 土木与交通学院, 江苏 南京 210098; 2. 中国建设银行 上海市分行造价咨询中心, 上海 200120)

摘要:在盾构施工中,选用浆液配比时往往根据经验,造成浆液性质和地层不匹配,得不到理想的注浆效果。从浆液配比方面入手,采用单因素分析法,做变水头试验测出浆液的渗透系数,得到不同浆液配比时,浆液自身渗透性的变化规律,并进一步分析浆液与地层的匹配关系。试验结果表明,当浆液其它成分不变时,浆液自身的渗透性随水泥、粉煤灰、膨润土用量的增多而减小,随砂、减水剂用量的增多而增大。

关键词:盾构;壁后注浆;浆液;渗透性

中图分类号:TU753.7

文献标识码:A

Experiment study of the influence of shield tunnel grouting behind segment components on its permeability

ZHU Dong-yuan¹, ZHONG Xiao-chun¹, WANG Hong-fei²

(1. College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China; 2. Shanghai branch China Cost Consulting Center, Construction Bank of China Shanghai 200120, China)

Abstract: In practical engineering, slurry ratio are usually confirmed by experience, which causes slurry properties and formation mismatching, and cannot get ideal grouting effects. In this paper, we will start with the slurry ratio, using single factor analysis to measure permeability coefficient by doing variable head test. On the basis of experiment, we can discuss the change law of slurry permeability in different slurry ratio, and make a further analysis of the matching relationship between slurry and formation. The results showed that: when other components of slurry remain unchanged, slurry permeability decreased along with the cement, fly ash, bentonite growth, and increased along with sand, water reducing agent growth, which could provide an reference for selection of slurry in future engineering.

Key words: shield; backwall grouting; slurry; permeability

盾构法施工因具有施工安全、快速、劳动强度低和对环境影响小等优点^[1],目前已成为我国城市隧道建设的主流施工法。但由于盾构机刀盘开挖直径大于管片外径,管片脱出盾尾后会形成盾尾空隙,使土体处于无支护状态并发生位移,产生地面沉降,造成地面建、构筑物的沉降或隧道偏移^[2]。现在的处理方法是即时注入浆液,想要获得良好的注浆效果,浆液的渗透性与地层渗透性需要满足一定的匹配关系。目前对于盾构壁后注浆浆液种类方面的研究,主要分为两种大的类型:双液型浆液及单液型浆液^[3]。叶飞等^[2,4-6]求出

包含注入盾尾空隙的浆液的扩散半径、注浆压力、浆液沿程压力等因素对管片造成的压力公式;范昭平等^[7]推导出了壁后注浆浆液注入盾尾空隙之后的浆体压力扩散分布公式;袁小会等^[8]对宾汉姆流体的流变特征进行了分析;梁精华^[9]认为决定浆液各项工程特性的根本因素是浆液的配比关系;Bezui jen 等^[10]指出注入盾尾的浆体在环向上表现为上面小下面大的形式,随着时间推移,浆液会发生扩散,浆体压力会慢慢减小,直到最终接近于地层中地下水的水压力值。从目前的研究可以看出,学者们对浆液的各种性质及其对工程的影

收稿日期:2015-10-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51378176)

作者简介:朱东元(1991-),男,江苏盐城人,硕士,从事盾构隧道研究。

响做过一系列研究,但对浆液的配比和自身渗透性的关系研究较少,而浆液的自身渗透性跟盾构掘进地层应该存在匹配的关系,对获取较好的注浆效果至关重要,所以针对浆液自身的渗透性的问题进行深入的研究有其实际意义。

1 浆液渗透性对注浆效果影响分析

在盾构施工中,为了使盾构机在掘进过程中避免磕碰到已经安装好的混凝土管片,一般设计盾构机盾壳内径都要比混凝土管片外径大,当盾尾脱出之后,地层与拼装好的混凝土管片之间会有一定的空隙,如图1所示。所以,盾尾空隙的存在是盾构法施工中不可避免的,盾尾空隙的存在会引起地基的沉降,如不加处理,过大的地表沉降将破坏地表已有的建筑物、构筑物。因此采用壁后注浆对盾尾空隙进行填充,缓解地基变形,固定盾构管片。

但在施工时由于注浆浆液配比不当,使注浆效果不佳,引起地面和隧道沉降的现象时有发生。因为盾构施工在不同性质的地层中进行时,地层性质对注入盾尾孔隙中的浆液性质的变化有很大影响。当周围土体的渗透性大于浆液自身的渗透性时,浆液中的水分会很容易渗透进入周围的土体,水分流失较快,浆液初凝时间较短,体积收缩率大;反之当周围土体的渗透性小于浆液自身的渗透性时,土体将会抑制浆液中水分的流失,初凝时间较长,体积收缩率小。在同一种地层中,不同渗透性的浆液所得到的注浆效果也大不相同。因此,壁后注浆时地层性质跟浆液的渗透性之间有着很大的适应关系,应该根据施工中周围地层合理选用浆液,得到良好的注浆效果。

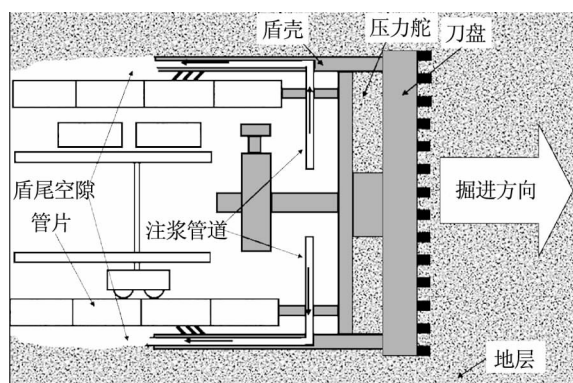


图1 盾尾空隙示意图

Fig.1 Schematic diagram of shield tail interspace

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

本实验采用单液硬性浆液进行试验,硬性浆液所用材料包括:水泥、粉煤灰、砂、南京汤山膨润土、水、减水剂。

实验所用浆液以纬三路过江隧道某标段所用浆液配方为基础配方,如表1所示,在浆液基本配方的基础上,采用单因素变化分析法,在保持其它各种材料用量不变的情况下,改变一种材料的用量,得到各种不同配比的浆液 $Y_1 \sim Y_{20}$ 。

表1 浆液的基础配方

Tab.1 Basic formula of slurry

标准配比 Y_0						
材料	水泥	粉煤灰	砂	膨润土	水	减水剂
用量/g	110	300	1 000	120	350	3

2.2 试验装置

各种配比浆液的渗透系数通过变水头法测定,实验所用仪器为变水头实验装置,主要由变水头管、进水管、供水瓶、渗透容器组成;渗透容器由透水石、环刀、套环、上盖和下盖组成,如图2所示。

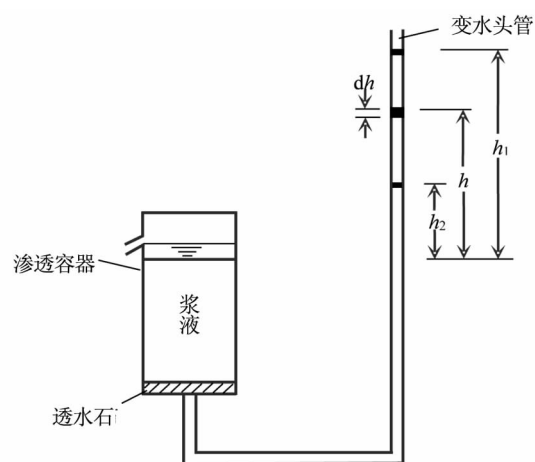


图2 变水头试验装置示意图

Fig.2 Schematic diagram of variable head test device

3 试验结果及分析

将实验记录的数据代入变水头实验渗透系数计算公式,得到每种配比的浆液自身的渗透系数,各浆液渗透系数大小如表2所示。

表 2 各配比的浆液的渗透系数
Tab.2 Permeability coefficient of slurry of different ratio

浆液编号	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀
渗透系数 /cm·s ⁻¹ ×10 ⁻⁵	6.82	1.55	4.25	8.43	9.96	1.94	4.46	8.01	9.39	2.85	4.86
浆液编号	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	Y ₁₆	Y ₁₇	Y ₁₈	Y ₁₉	Y ₂₀	
渗透系数 /cm·s ⁻¹ ×10 ⁻⁵	7.83	8.43	11.77	9.33	3.74	1.01	8.71	7.63	5.47	3.89	

根据测得各浆液的渗透系数,利用单因素分析法,做出每一种掺料用量变化时引起的浆液自身的渗透性的变化曲线,如图 3 所示,进而分析各掺料对浆液渗透性的影响情况。

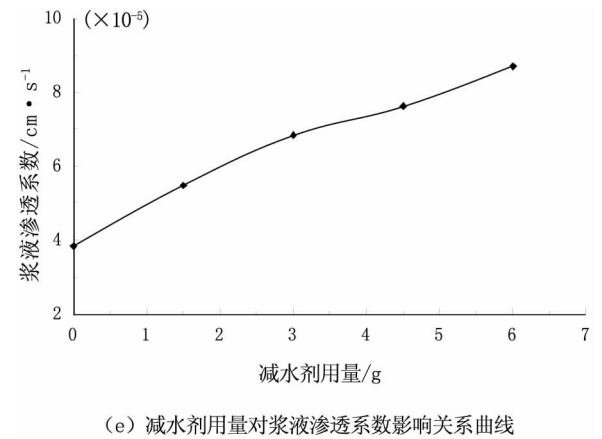
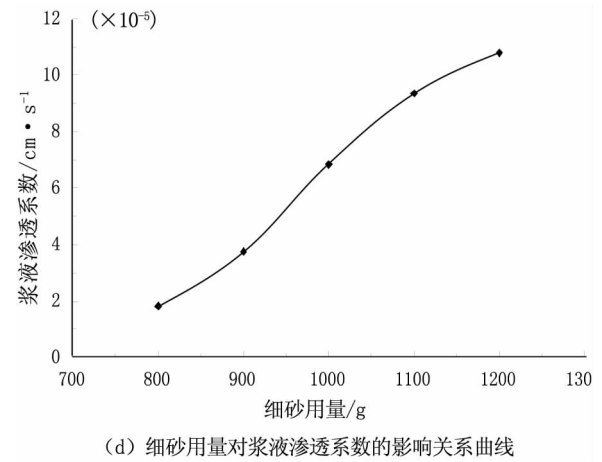
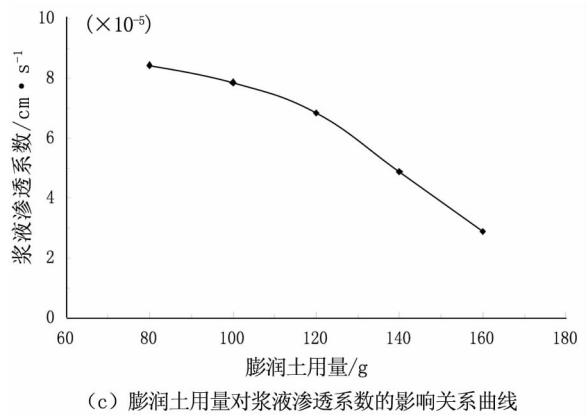
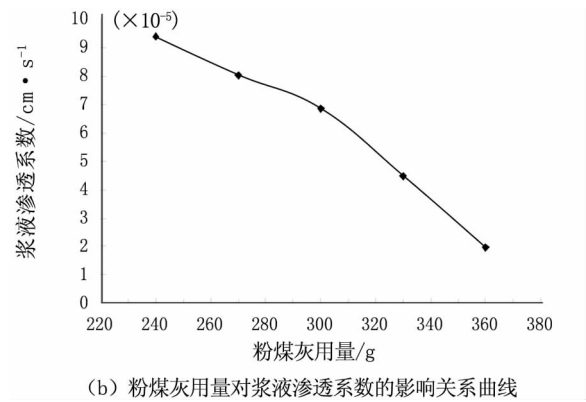
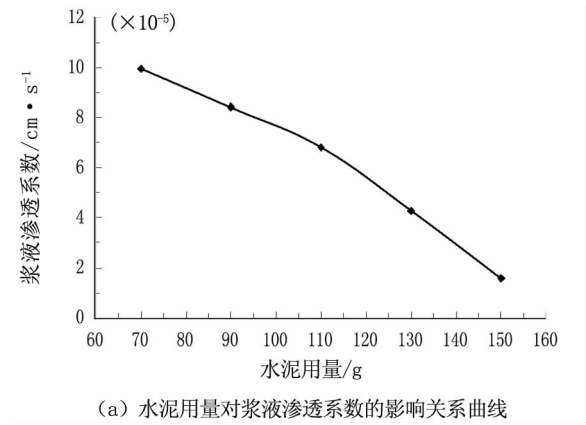


图3 浆液对比对浆液渗透系数影响曲线(浆液总约1 900g)
Fig.3 Relationship between slurry ratio and slurry permeability coefficient

由图 3(a) ~ (c) 可以看出,在配制浆液的其它用料都不变的情况下,浆液自身的渗透系数随水泥、粉煤灰、膨润土用量的增多而减小,这主要是因为水泥、粉煤灰、膨润土都是细颗粒材料,细颗粒材料增多时,能更好的填充浆液中的空隙,使浆液中的联通通道减少,因此浆液的渗透系数减小;由图 3(d) 可以看出,在只改变细砂用量的情况下,浆液自身的渗透性随细砂用量的增多而增大,这主要是因为细砂为粗颗粒材料,浆液中细颗粒材料用量不变而粗颗粒增多,会使得浆液中的孔隙增大,联通通道增多,因此浆液的渗透系数会

增大;由图 3(e)可以看出,只改变减水剂用量的情况下,浆液自身的渗透性随减水剂用量的增多而增大,这是因为减水剂通常是一种表面活性剂,属阴离子型表面活性剂,它吸附于水泥颗粒表面使颗粒显示电性能,颗粒间由于带相同电荷而相互排斥,使水泥颗粒被分散,而释放颗粒间多余的水分而产生减水作用,细颗粒被分散后浆液中的孔隙会增大,因而浆液的渗透系数会增大。

4 结论

1)在壁后注浆时,浆液会在压力作用下向地层渗透,浆液和地层均具有各自的渗透性,施工时必须满足浆液和地层渗透性相匹配,才能获得较好的注浆效果。

2)工程中壁后注浆时,应该尽量确保盾尾空隙均匀填充,减缓地基变形,但较大的体积收缩率和较长的初凝时间起不到良好的支撑土体的作用。当在卵砾层等渗透性较大的地层施工时,浆液体积收缩率较大,应该减小浆液自身的渗透性。当在淤泥质粘土等渗透性较小的地层施工时,浆液初凝时间较长,稳定性差,应该选用较大渗透性的浆液,并且减少用水量。

3)水泥、粉煤灰、膨润土等细颗粒材料能够更好地填充浆液中孔隙,随着用量增大,浆液自身渗透性减小;反之,随着细砂这种粗颗粒材料的增多而增大。而减水剂能分散浆液中的细颗粒,释放颗粒间多余的水分,渗透性同样随着用量的增多

而增大。

参考文献:

- [1]周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2]叶飞,朱合华,何川.盾构隧道壁后注浆扩散模式及对管片的压力分析[J].岩土力学,2009(5):1307-1312.
- [3]杨卓,陈洪光.盾构隧道同步注浆浆液配比分析及优化设计[J].隧道建设,2009,29(Z2):29-32.
- [4]叶飞.软土盾构隧道施工期上浮机理分析及控制研究[D].上海:同济大学,2007.
- [5]叶飞,苟长飞,刘燕鹏,等.盾构隧道壁后注浆浆液时变半球面扩散模型[J].同济大学学报:自然科学版,2012(12):1789-1794.
- [6]叶飞,苟长飞,陈治,等.盾构隧道粘度时变性浆液壁后注浆扩散模型[J].中国公路学报,2013(1):127-134.
- [7]范昭平,韩月旺,方忠强.盾构壁后注浆压力分布计算模型[J].公路交通科技,2011,28(3):95-100.
- [8]袁小会,韩月旺,钟小春.盾构隧道壁后注浆压力分布模型[J].西南交通大学学报,2011,46(1):18-23.
- [9]梁精华.盾构隧道壁后注浆材料配比优化及浆体变形特性研究[D].南京:河海大学,2006.
- [10]BEZUIJEN A, TALMON A M, KAALBERG F J, et al. Field measurements of grout pressures during tunnelling of the Sophia Rail Tunnel[J]. Tunnelling. A Decade of Progress. GeoDelft, 2006: 83.

(责任编辑 王利君)