

摘要:对广州地铁5号线珠猎区间隧道动水砂层进行了分析,根据现场地面情况及地质特性,提出了采用无收缩浆液进行洞内注浆加固方法,对无收缩浆液注浆机理进行了研究,从注浆效果看,达到了对动水砂层的加固目的,解决了在动水砂层中进行矿山法施工难题。

关键词:砂层,动水,无收缩,止水,加固

广州地铁5号线珠猎区间东端130多米隧道拱顶部分进入砂层,原设计方案为地面双重管旋喷桩加固,但加固后取芯发现桩体在砾砂层中出现断桩,后经调整旋喷桩各种参数,进行了三个月的试验,始终未获成功。后经过反复论证,进行多种方案比选,如冷冻法、降水施工、连续墙围壁、袖阀注浆等,但最终均因各种外部因素影响无法实施,最后决定采用无收缩浆液进行洞内注浆加固,最终取得非常理想的加固效果。

1 概况

本区间隧道为马蹄形断面,正洞标准段开挖尺寸净空为7.098 m(宽)×6.8 m(高)。其穿越砂层(砂层主要为沉积岩、动态水,厚度约1.2 m~3.5 m),位于隧道开挖线以下,最深处达1.8 m。根据补充勘探,总长度为138.34 m。地下水主要为孔隙水和基岩裂隙水两类。地下水补给主要为大气降水,受季节影响明显,孔隙性潜水或微承压水,主要分布在第四系地层中的松散砂层中。本区砂层为第四系砂层,是典型的强透层,直接或间接通过大气降水补给,同时受附近河流涌水影响,其水流走向为南北向,根据勘察报告,其渗透系数为15 m/d。

2 无收缩浆液介绍

2.1 二重管 A,B(C)无收缩双液 WSS 工法注浆的特点

1)二重管无收缩注浆工法是从日本引进的具有国际先进水平的地质改良新技术。它能够100%将不同地质情况填充密实,改变原土体的物理性质,增加土体的密度,提高其抗压强度,且注材料属于环保型,对河流及地下水无污染。2)可以进行一次、二次注入切换,回路变换装置容易实行,所以能实行复合注入。3)二次注入材料是低粘性且凝胶时间长的浸透性浆液,可以用压力喷射到均匀的土质颗粒之间,由于这样的操作方法,减少了对周围建筑物的影响。

2.2 注浆加固及止水原理

二重管无收缩双液工法简称WSS注浆工法,是采用二重管钻机钻孔至预定深度后注浆,浆液有两种,分为溶液型(A,B液组成)和悬浊液型(A,C液组成)。两种浆液通过二重管端头的浆液混合器充分混合。注浆时浆液将颗粒间存在的水强挤出,使颗粒间的空隙充满浆材并使其固结达到改良土层性状的目的。其注浆特性是使该土层粘结力(c)、内摩擦角值增大,从而使地层粘结强度及密实度增加,起到加固作用。

3 浆液各种参数的确定

3.1 浆液选择

注浆材料采用AB,AC双液浆,注浆材料配比见表1。

表1 注浆材料配比表

| A 液 | B 液 | C 液 |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| 40 Be' / 水玻璃 175 kg | Gs 剂: 16 kg P 剂: 15 kg DHP 剂: 21 kg | P42.5 水泥: 250 kg 外加剂: 23 kg(C+ P) |
| A, B 液 1 000 L 或 A, C 液 1 000 L | | |
| 溶液由 A, B 液组成, 悬浊液由 A, C 液组成 | | |

3.2 浆液配制

1)按搅拌桶的容积和注浆材料的配比参数计算出配制一桶浆液所需要的水泥和水的用量。2)先在搅拌桶中加入一定量的水,再加入规定量的外加剂,强力搅拌3 min,然后加入一定量的水泥,强力搅拌均匀待用。3)在浓水玻璃中加入水,稀释



至设计浓度,搅拌均匀后待用。4)按比例进行凝胶时间测试试验,如果达不到设计要求重新调整。5)量取水泥浆搅拌桶的体积,根据其体积及配比要求标定须加入水的高度及需加入水泥的重量,以此控制水泥浆的配比。

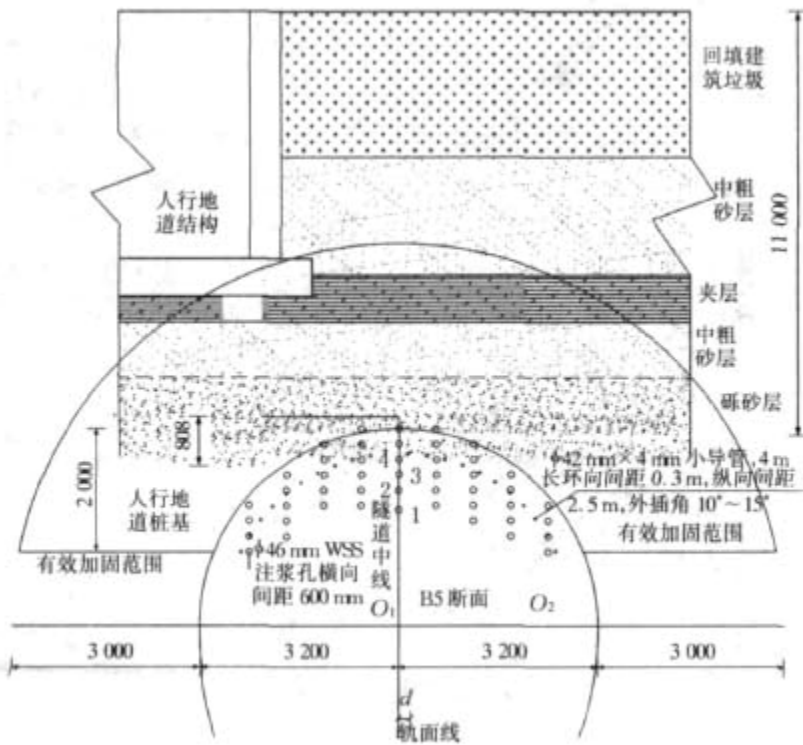


图 1 无收缩注浆孔位布置图

3.3 注浆范围的确定

根据机械性能及以往施工经验将每段注浆长度设为 10 m,每段开挖 7 m,留 3 m 作为止浆墙。孔位布置及相关参数详见图 1; 无收缩注浆孔位参考角度详见表 2。

表 2 无收缩注浆孔位参考角度表

| 孔位排号 | 角度/(°) | 孔深/m | 浆液 |
|------|--------|------|------|
| 6 | 35 | 5 | AB 液 |
| 5 | 30 | 6 | AC 液 |
| 4 | 21 | 8 | AB 液 |
| 3 | 14 | 10.5 | AC 液 |
| 2 | 10 | 10.5 | AB 液 |
| 1 | 5 | 11 | AC 液 |

掌子面设计采用 6 列孔注浆,每排孔位环向间距 600 mm,施工过程中根据注浆情况进行调整,避免注浆出现死角。

注浆顺序:自下而上,自远及近,自两侧向中间。

3.4 工艺参数的确定

二重管无收缩双液 WSS 工法注浆压力参数的确定是根据计算结合以往施工经验确定为如下:注浆压力:0.5 MPa~1.5 MPa; 注浆终压 1.5 MPa;最高允许压力为 2.0 MPa;浆液初凝时间:10 s~60 s;注入率:60%左右;注浆管孔径:42;外插角 5°~35°。

3.5 工艺流程

无收缩超前预注浆工艺流程如图 2 所示。



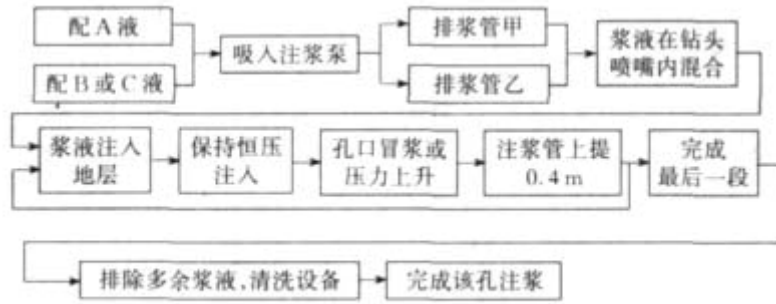


图2 无收缩超前预注浆工艺流程

4 注浆效果检查及注入率的确定

每循环注浆施工结束后,通过在注浆体内钻孔,观察砂层的水流量,确定加固范围,达不到设计要求需进行补充注浆。检查孔的数目每个循环设2个检查孔,长度分别为3m和9m,角度为30°和15°,并检查检查孔内涌水量,检查孔涌水量小于0.2 L/min,即认为可以开挖。经统计右线50m长加固2386.8 m³土体,注浆量为1940 m³,平均注浆率 $\lambda=81.3\%$,各循环环段的注浆率 λ 在0.7~1之间变化;注浆初期注浆率 λ 在1以上。综合考虑饱和和动水砂层的物理力学性质以及监测得到的注浆影响范围,正是由于饱和和动水砂层中流动水的存在,改变了浆液的性状,增大了浆液的扩散范围,按土体的孔隙与填充的理论不能正确计算需要的注浆量。因此,可以得出结论,对饱和和动水砂层进行注浆加固,前期浆液注入率按 $\lambda=1$ 考虑,后期按 $\lambda=0.7$ 考虑,平均浆液注入率采用 $\lambda=0.8$,本工程折合每延米隧道注浆量为38.6 m³/m。该经验数据可作为广州地区在动水砂层中进行无收缩注浆量估算的依据。

5 结语

本工程通过采用无收缩注浆技术,有效地解决了暗挖隧道穿越动水砂层段开挖的技术难题,保证了工程如期完工,并总结出饱和和动水砂层止水加固的工艺参数以及加固体积与注浆量之间的关系,为广州地铁以至国内其他地区同等地质条件下过动水砂层提供了宝贵的经验。这是无收缩工法在广州地铁中第一次应用,也是第一次在洞内饱和和动水砂层地质条件下对砂层进行了超前加固,拓宽了浅埋暗挖法的施工领域,具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1]黄磊.旋喷桩与深孔化学注浆施工技术[J].施工技术,2004,33(1):43-45.
- [2]毕竣夫.高压旋喷桩对海底隧道砾砂层地质条件的改善作用[J].铁道勘测与设计,2006(5):27-34.
- [3]王志德,王荣权.二重管无收缩WSS工法的应用[J].岩土工程界,2003,6(7):56-58.
- [4]曾德光,谢保良,肖双泉.WSS工法灌浆技术的应用研究[J].市政技术,2006,24(4):237-240.
- [5]卓越,韩忠存.广州地铁动水砂层注浆施工技术[J].地下工程与隧道,1999(1):30-35.

