

文章编号: 1674—8247(2018)03—0083—04

第三系富水粉细砂地层固结圈施工技术

王广宏

(兰渝铁路有限公司, 兰州 730000)

摘要:胡麻岭隧道第三系富水粉细砂地层原岩致密,但具有易扰动、扰动后快速软化的特性,传统的施工工艺,无法彻底的避免围岩的扰动。针对此现象,经过研究确定采用控制围岩周边精确扰动软化后常压注浆加固的方法。该项技术适合第三系富水粉细砂地质小断面斜井施工,工效高、进度快,施工成本大大降低,规避了该地质高压帷幕注浆时浆液难以扩散、或沿着随机大裂隙延伸的状况,能精确固结有效范围,保证后续施工稳定,对于正洞大断面第三系富水粉细砂施工也起到了一定的借鉴作用。

关键词:第三系富水粉细砂; 固结圈; 注浆加固

中图分类号:U455.91

文献标志码:A

Construction Technology of Tertiary Water Silty-fine Sand Stratum Consolidation Ring

WANG Guanghong

(Lanzhou - Chongqing Railway Co., Ltd., Lanzhou 730000, China)

Abstract: Tertiary rich water silty-fine sand stratum rock of Humaling tunnel is dense, but has the characteristic of easy perturbation and rapid softening, the traditional construction technology can not completely avoid the disturbance of surrounding rock. In view of this characteristic, the method of the pressure grouting after the precise perturbation of the surrounding rock and strengthening is adopted after study. This technology is suitable for the construction of the small section inclined well with Tertiary rich water and silty-fine sand geology, the construction efficiency is high, the progress is fast, the construction cost is greatly reduced, avoid the condition that slurry is difficult to diffuse in high-pressure curtain grouting, precisely solidify the effective range to ensure the stability of subsequent construction, also plays an important role in the construction of the tertiary rich water fine sand.

Key words: tertiary water rich fine sand; consolidation ring; grouting reinforcement

兰渝铁路胡麻岭隧道位于甘肃省定西市地区,共设有7座斜井(竖井)辅助施工,其中3号、4号斜井施工中于2009年首次遇到第三系富水粉细砂地层,此类地层国内外均未见报导,各方专家、院士多次现场踏勘后认为该地层隧道施工为“国内罕见、世界难题”。该地层为浅红色粉细粒结构,成岩性差,开挖后围岩扰动迅速液化呈流塑状,钟贻军等人在砂土振动液化危险

性分析方法比较研究^[1]、高金川等人在饱和粉砂土的振动液化性分析研究^[2]文中,分别分析了沙土振动液化现象和机理,并阐述了其危险性;王志伟等人在饱和砂土和粉土振动液化的危害与防治^[3]文中介绍了振动液化的防治措施;朱新华在中深孔注浆技术在饱和富水砂层浅埋暗挖地道中的应用^[4]、南深等人在饱和动态含水砂层浅埋隧道施工中的注浆技术^[5]、周书明

收稿日期:2018-03-05

作者简介:王广宏(1971-),男,高级工程师。

引文格式:王广宏. 第三系富水粉细砂地层固结圈施工技术[J]. 高速铁路技术,2018,9(3):83-86.

WANG Guanghong. Construction Technology of Tertiary Water Silty-fine Sand Stratum Consolidation Ring [J]. High Speed Railway Technology, 2018,9(3):83-86.

等人在软流塑淤泥质地层地铁区间隧道劈裂注浆加固^[6]等文中,分别介绍了常压注浆、高压注浆、帷幕注浆、双液注浆、劈裂回退注浆等多种形式;彭振华等人在井点降水在富水粉砂地层隧道施工中的应用^[7]文中介绍了降水方法;李迎春在富水砂层大跨度平顶浅埋暗挖隧道施工技术^[8]文中介绍了一些针对此地层的开挖方式。以上内容有很强的借鉴作用,但由于第三系富水粉细砂地层是国内首次遇到,又有其特殊性,以上措施不能完全适用于该地层。另外由于胡麻岭隧道3号、4号斜井不属于浅埋段落,针对于地表采取的措施亦不能加以应用。因此,针对该地层易扰动、围岩开挖暴露后具有快速弱化的特性,建设单位组织设计、施工单位及有关专家现场踏勘、研究及多次试验,确定了采取先扰动破坏后固结圈的施工工艺,经现场正式实施,取得了较好的施工效果。

1 工程概况

1.1 工程简介

兰渝铁路胡麻岭隧道3号斜井,原设计地质以泥岩、砂岩夹泥岩、砾岩为主,原计划于2012年5月上旬全部贯通。3号斜井自2009年7月份揭示地质为第

三系富水粉细砂至2010年9月,平均月进度10m;整个隧道的工期已经比原计划滞后了13个月。斜井附近有多座阶梯形水库环绕,库水、雨水补给岩体裂隙,雨季洞内日涌水量达1200m³。治理水的问题成为影响施工的决定性问题。该地层一经开挖扰动、受水浸润或浸泡后,弱化现象明显,呈流塑状,局部涌水、涌砂;拱部及边墙变形很大,掌子面滑塌现象严重,施工难度和风险极高,已成为制约兰渝铁路工期的头号控制工程。

第三系富水粉细砂地层大部分为泥质弱胶结,局部夹有钙质胶结的薄层,成岩性极差,结构较紧密,渗透系数小,其工程性质更接近于具有压密作用的粉细砂层。其主要物理力学指标如表1所示。

1.2 地质特性

第三系富水粉细砂地层主要施工难点有三项:一是开挖后围岩受到扰动会快速弱化,短时间内由Ⅳ级围岩弱化为流塑状Ⅵ级围岩;二是经过地震波折射层析法松动圈测试,松动圈达到10m以上,前期支护沉降难以控制;三是由于地层具有致密性且裂隙随机出现、无限延伸特性,无论是常压注浆还是高压帷幕注浆均不能取得良好的效果。

表1 物理力学指标统计表

隧道名称	颗分定名	含水率/%	比重Gs	孔隙比e	压缩系数a ₁₋₂	黏粒含量/%	渗透系数K/(cm/s)
胡麻岭	粉细砂岩	4.3~19.5	2.60	0.36~0.48	0.07	8~22	2.0×10 ⁻⁴ ~5.2×10 ⁻⁵

2 扰动破坏后固结圈技术原理

2.1 技术原理

该地层围岩水稳性差易扰动,扰动后具有快速弱化的特性,传统的施工工艺例如常规注浆,由于该围岩致密性较好无法取得良好的扩散效果;而使用高压注浆,由于该地层裂隙随机出现且无限延伸的特性,不能形成合理的固结范围,无法加固改善围岩、避免围岩扰

动弱化。故针对此现象,经成立专家组技术攻关并多次在现场进行试验段试验和参数总结,确定采用先扰动的方式,将一定范围围岩致密性降低,为浆液提供扩散通道,再采取常压注浆即可取得良好的固结效果。

通过C6钻机振动钻杆,破坏富水粉细砂地层的初始应力状态,使围岩致密性迅速降低,在一定范围内形成松动圈。测试显示如图1所示,拱腰至边墙范围松弛带的厚度在1~4m,拱顶松动圈最大厚度为6~

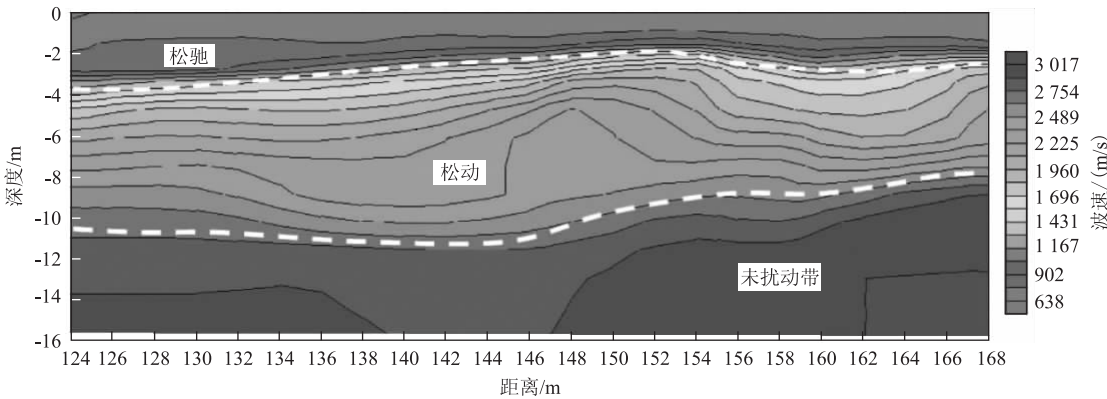


图1 断面波速分布及解释成果

8 m。松动圈内围岩孔隙率增大,致使岩石结构发生变化,主要是粉细砂中颗粒骨架松动变形、松胀扩容,岩体纵波速度大大降低,含水率增大,粉细砂地层致密性降低,利于后续注浆施工。

2.2 技术特点

现场对传统帷幕注浆方式进行改进,降低注浆压力采用常压注浆,不需要设置较厚大笨重的止浆墙,每次注浆长度15 m左右,工效高,进度快;同时结合围岩及支护的受力特性,采用针对性的注浆加固方式即拱部厚,边墙薄。该技术具有注浆范围小、施工效率高、使用机械设备简单、施工时间短、围岩固结范围容易控制、固结效果好等特点。

3 施工工艺

3.1 施工准备

施工前,对所有操作人员进行技术培训,全部注浆材料到位,水泥放在洞内干燥的位置,钻孔、注浆设备调试合格,并进行准确放样,定出钻孔位置,做好标记,设置必要的控制点,以便钻孔时用来控制注浆管的外插角度和方向。鉴于此工法注浆为常压注浆,因此,不需采用厚大笨重的止浆墙,现场采用网喷C25混凝土60 cm做为止浆墙,止浆墙要全封闭掌子面,做到密实、无缝隙。

3.2 布孔扰动

首先在掌子面周边布设注浆孔,布孔设置如图2所示,按设计要求施工钻孔,先布设固结范围中间的孔,当钻杆达到指定深度后,开始振动钻杆扰动围岩,同时通过TSP地质雷达跟踪监测,控制扰动范围,当扰动范围达到要求时,布设下一排钻杆继续扰动,扰动顺序为先中间后两边,当监测显示预固结范围的围岩达到软塑状时,停止扰动并立刻进行注浆施工。由于开挖轮廓线外一定范围内的围岩扰动软化,注浆压力大大减小,因此可以精确的控制注浆的有效范围。经过注浆固结,在掌子面周边形成一层预支护的外壳,该固结壳具有梁效应和土体改良加强效应,能够起到防流沙、抗滑移、防渗透的作用,保证隧道掘进安全。

3.3 注浆固结

钻孔并将围岩扰动松动到设计范围后,进行灌浆施工,灌浆采用间隔注浆,为提高施工效率,扰动围岩及注浆均采用C6钻机(见图3),注浆固结范围同为扰动后液化的范围(见图4)。注浆浆液采用超细水泥-水玻璃双液浆、普通水泥-水玻璃双液浆;随配随用,以免浆液在注浆管、泵中凝结。灌浆时进行分段灌浆,

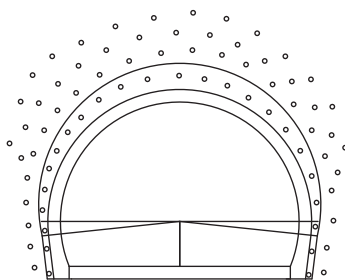


图2 布孔扰动范围示意图

注浆压力采用3 MP常压注浆,若扩散效果不明显,可适当加大注浆压力,但最高不能超过5 MP。灌浆中,随时观察有无串浆、冒浆情况,如果串浆,将串浆孔止塞封闭,如果地层冒浆,应及时降压,限量灌入,采用浓浆闭浆法施工。灌浆按分序加密的原则进行,可分为二序或三序施工;安排总体工程进度时,对固结灌浆施工时间应作合理安排。灌浆孔相互串浆时,可采用群孔并联灌注,孔数不宜多于3个,并应控制压力,防止混凝土面或岩面变形。每15 m做为一个注浆循环,开挖长度为12 m,剩余3 m做为止浆岩盘(见图5)。注浆完成后应实施检查孔检查注浆效果。



图3 扰动围岩及注浆设备 C6 钻机

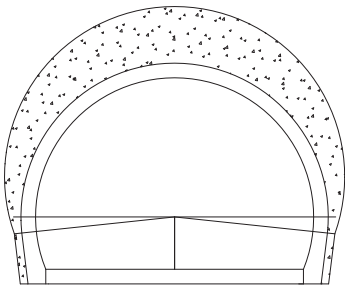


图4 注浆固结范围示意图

3.4 效果监测

注浆完成后,确定浆液固结强度形成后,固结壳内外围岩应力重新达到平衡状态后可进行开挖施工,开挖过程中根据围岩量测验证判断围岩的固结效果如图6(a)所示,量测采用多点位移的方式进行监测,若

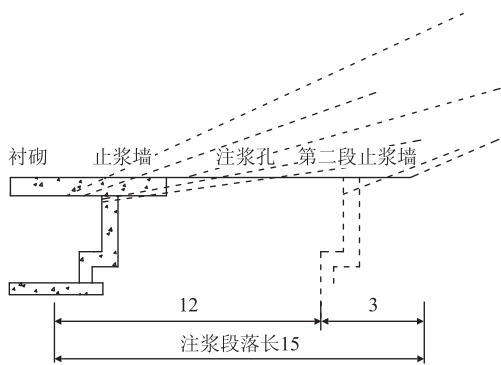


图5 注浆循环纵向示意图(m)

开挖过程中测点沉降变形速率有突然增大的迹象如图6(b)所示,说明该测点所在的围岩范围中存在固结效果不好的薄弱环节,此时应立即停止施工,并对相应部位进行补偿注浆加固。

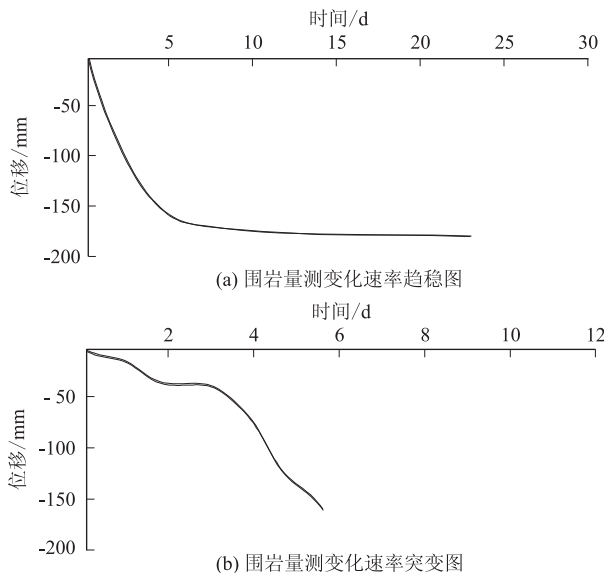


图6 测点沉降变形速率示意图

4 结束语

该项技术充分利用了第三系富水粉细砂地质容易扰动,扰动后快速弱化的特点,控制围岩周边精确扰动弱化后采用常压注浆加固,非常适合第三系富水粉细砂地质小断面斜井施工,工效高、进度快,施工成本大大降低,规避了该地质高压帷幕注浆时浆液难以扩散或沿着随机大裂隙延伸的状况,能精确固结有效范围,保证后续施工稳定,对于正洞大断面第三系富水粉细砂施工也起到了一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 钟贻军,牟崇元. 砂土振动液化危险性分析方法比较研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(1): 87-89.
ZHONG Yijun, MU Chongyuan. Comparative Study of Analysis Method of Sand Vibration Liquefaction[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2001, 20(1): 87-89.
- [2] 高金川,孙亮,刘超庆. 武汉市饱和粉、砂土的振动液化性分析研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 52(6): 52-54.
GAO Jinchuan, SUN Liang, LIU Chaoqing. Analysis and Research on Vibration Liquefaction of Saturated Silt and Sand in Wuhan[J]. Exploration Engineering (Geotechnical Drilling Engineering), 2008, 52(6): 52-54.
- [3] 王志伟,张淑杰. 饱和砂土和粉土振动液化的危害与防治[J]. 青岛远洋船员职业学院学报, 2003, 24(2): 69-73.
WANG Zhiwei, ZHANG Shujie. The Hazards and Prevention and Control of Vibration Liquefaction of Saturated Sand and Silt[J]. Qingdao Ocean Seaman Career Academy, 2003, 24(2): 69-73.
- [4] 朱新华,石雷,马义庆. 中深孔注浆技术在饱和富水砂层浅埋暗挖地道中的应用[J]. 铁道标准设计, 2005, 49(4): 56-58.
ZHU Xinhua, SHI Lei, MA Yiqing. Application of Medium Deep Hole Grouting Technique in Shallow Buried Underground Tunnel with Saturated Water Rich Sand Layer[J]. Railway Standard Design, 2005, 49(4): 56-58.
- [5] 南深,张民庆. 饱和动态含水砂层浅埋隧道施工中的注浆技术[J]. 世界隧道, 2000, 21(1): 14-18.
NAN Shen, ZHANG Mingqing. Grouting Technique in the Construction of Shallow Buried Tunnel with Saturated Dynamic Water Bearing Sand[J]. World Tunnel, 2000, 21(1): 14-18.
- [6] 周书明,陈建军. 软流塑淤泥质地层地铁区间隧道劈裂注浆加固[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(2): 222-224.
ZHOU Shuming, CHEN Jianjun. Consolidation and Grouting of Subway Section Tunnel with Soft Flow and Silt Layer Reinforcement[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(2): 222-224.
- [7] 彭振华,闫朝涛,孟庆军. 井点降水在富水粉砂地层隧道施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 2004, 16(12): 118-120.
PENG Zhenhua, YAN Chaotao, MENG Qingjun. The Application of Well Point Precipitation in the Construction of Rich Water Powder Sand Formation Tunnel[J]. West Exploration Engineering, 2004, 16(12): 118-120.
- [8] 李迎春. 富水砂层大跨度平顶浅埋暗挖隧道施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2007, 4(4): 61-63.
LI Yingchun. Construction Technology of Large Span Flat Top Shallow Buried Tunnel in Rich Water Sand Layer[J]. National Defense Transportation Engineering and Technology, 2007, 4(4): 61-63.

(编辑:车晓娟 苏玲梅)