

Application of Address Horizontal Jet Grouting Pile in Tunnel Construction

Xifeng Li

Xi'an-Chengdu Railway Passenger Dedicated Line Shaanxi Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710043, China

Abstract

Jet grouting pile is widely used in subgrade construction, especially in soft foundation treatment, and its technology is relatively mature. However, it is rare in tunnel construction, especially in horizontal construction of jet grouting pile and in advance pre-reinforcement. This paper mainly introduces the construction of advanced horizontal jet grouting pile in the sand stratum geology of Yinxi Railway Tianyuan, China, by means of advance pre-reinforcement, under the condition of ensuring stable construction of the palm face, the construction method is optimized to solve the difficult problem of site construction, which has certain reference significance for the construction of similar tunnel projects.

Keywords

horizontal jet grouting pile; tunnel construction; sand layer geology; optimization method

地址水平旋喷桩在隧道施工中的应用

李喜锋

西成铁路客运专线陕西有限责任公司, 中国·陕西 西安 710043

摘要

旋喷桩施工在路基施工特别是在软基处理中, 应用较为广泛, 技术也相对成熟。但在隧道施工中较为少见, 尤其是在旋喷桩水平施工、超前预加固应用较少。论文主要通过介绍中国银西铁路田塬隧道砂层地质中超前水平旋喷桩的施工情况, 通过超前预加固的方式, 在保证掌子面施工稳定的情况下, 优化施工工法, 解决了现场施工难题, 对同类隧道工程施工具有一定的借鉴意义。

关键词

水平旋喷桩; 隧道工程; 砂层地质; 优化工法

1 工程概况

田塬隧道位于中国彬县太峪镇至彬县泾河右岸之间。隧道为双线, 总长度 4184.08m, 隧道起止里程为: DK131+137.03~DK135+321.11, 最大埋深 140m, 最浅埋深约 3m。西安端洞口位于太峪沟左岸黄土质斜坡上, 隧道银川端洞口位于彬县砖瓦厂后侧黄土坡面上。隧道设置一横洞, 与正线交叉里程 DK134+300, 长度 335m, 交角 87°^[2]。

隧道位于黄土梁峁沟壑区, 洞身主要穿越第四系中更新统风积黏质黄土, 硬塑, III 级硬土, $\sigma_0 = 180\text{kPa}$; 中更新统冲积中砂, 密实, 潮湿~饱和, I 级松土, $\sigma_0 = 250\text{kPa}$ 。地下水为第四系孔隙潜水, 主要受大气降水补给, 水质良好, 对圬工无侵蚀性^[3]。

全隧 IV 级围岩 1070m, 占 25.6%, V 级围岩 2791.22m,

占 66.7%, VI 级围岩 265m, 占 6.3%, 洞门 57.86m, 占 1.4%; 隧道横洞全部为 V 级围岩。

2 施工背景

DK134+020~+185 段洞身穿越黏质黄土与中砂交界处, 基底为中砂层, 此段围岩设计为 VI 级, 施工方法为双侧壁导坑法。支护措施主要包括以下几点:

拱部: 180° 采用 $\Phi 159$ 管棚配合 $\Phi 42$ 小导管进行超前支护。

基底: $\Phi 194\text{mm} \times 6\text{mm}$ 钢管桩进行基底加固处理, 桩间距 100*100cm 梅花形布置;

初期支护: I25a 工字钢间距 0.5m, $\Phi 22$ 砂浆锚杆、喷射 C25 混凝土、全环 $\Phi 8$ 钢筋网片封闭。

衬砌:初次衬砌30cm厚C30混凝土,内设Φ22格栅钢架,间距0.5m;二次衬砌为50cm厚C35钢筋混凝土。

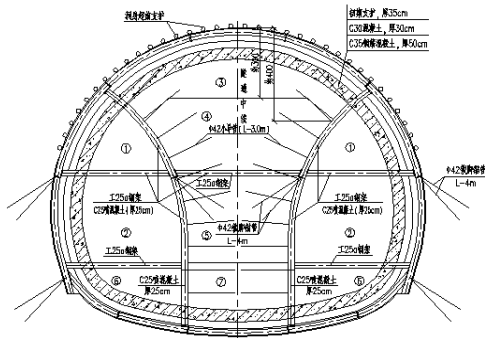


图1 双侧壁导坑法断面示意图



图2 现场地质及施工过程照片

考虑到双侧壁导坑法施工进度缓慢,施工完成后,拆除过程中安全风险极大,且随着隧道施工机械化的发展,一方面,从事现场施工的人员越来越少,一般在通过不良地质时,主要通过加固地层,三台阶法通过;另一方面,能懂得并正确使用特殊工法施工的施工一线人员越来越少,根据现场地质情况,结合中国同类隧道工程相关施工经验,在田塬隧道首先开展工艺性试验,在实验取得成功的基础上,将双侧壁导坑法剩余段落施工全部优化为超前水平旋喷桩加固后,三台阶法开挖^[4]。

3 水平旋喷施工方案

根据砂层在洞身的实际分布情况,结合砂层分部特点,分为中、下台阶旋喷桩和锁脚旋喷桩层两种情况。

3.1 施工参数确定

为获取现场施工参数,有效地指导现场施工,确保旋喷桩施工效果,结合以前经验及现场地质情况,在现场进行了多次工艺性试验,以确定旋喷桩施工参数。最终确定:旋喷桩桩径 ϕ 500mm;旋喷压力30Mpa;后退速度40cm/min;

转速45r/min;旋喷桩数量按照间距400mm(桩与桩之间咬合100mm)结合现场砂层实际高度确定。同步开挖揭示,旋喷桩桩径在粉细砂层中,桩径最大可达 Φ 700mm;砂砾层中:桩径500mm左右^[5]。

根据工艺性试验结果,现场在DK134+164~+157、DK134+157~+148分别进行了旋喷桩施工试验,第一试验段长度10m、开挖7m(3m搭接),第二实验段长度12m、开挖9m(3m搭接),经过试验及开挖验证,现场超前高压水平旋喷桩预加固后,开挖过程中做到了砂层不溜、不坍,边墙稳定,预加固效果明显。现场施工过程及开挖揭示砂层稳定情况见图3-6。



图3 旋喷桩试桩施工



图4 试桩成桩效果



图5 水平旋喷桩施工



图6 中台阶旋喷桩效果图

3.2 旋喷桩施工

3.2.1 中、下台阶砂层施工方案

根据掌子面砂层位置,中、下台阶采用超前水平旋喷桩预加固。周边旋喷桩桩径500mm,桩长12m,桩间距为400mm,外插角度暂定5~8°(分孔计算每根桩的偏角和仰角,利用三维坐标,达到精确成孔定位)确保终孔位置咬合100mm,为提高水平旋喷桩抗剪强度,周边水平旋喷桩内插φ42钢管进行加强。

旋喷桩周边加固长度为12m,每循环开挖9m,预留3m搭接长度。为提高旋喷效率,施工时采用两台钻机施作,并列布设,两台钻机各施工一侧。

3.2.2 锁脚旋喷桩

锁脚旋喷桩直径φ400mm,纵向间距500mm(根据型钢架间距确定),内插2根φ42钢管,锁脚旋喷桩角度为斜向下40°。旋喷桩布孔示意图7。

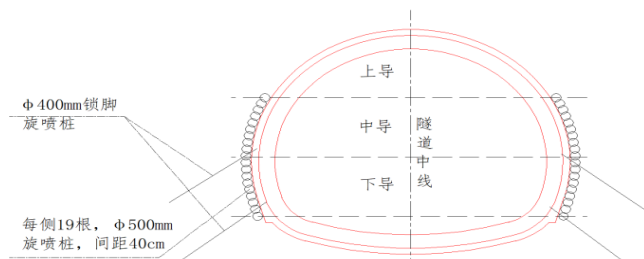


图7 旋喷桩布置示意图

4 现场施工安全及围岩量测情况

田塬隧道砂层地段,在采用超前水平旋喷桩加固后,通过围岩量测数据显示,拱顶下沉、周边收敛受控,未发生

围岩量测预警现象,同时在开挖过程中,施工安全得到了保证,做到了砂层不溜、不坍,边墙稳定,预加固效果明显。另外,避免了原双侧壁导坑工法存在的多次拆除侧壁拱架的安全风险。

5 施工工效分析及经济对比

5.1 施工工效

5.1.1 采用旋喷桩施工工效

开挖进度为1.5m/d【3个循环,每循环0.5m】,中、下台阶+锁脚旋喷桩施工两台钻机同时施工,用时在3.5d,基底钢管桩处理1d,大管棚施工1.5d,按照每次旋喷12m,开挖9m计算。

每循环用时: $9 \div 1.5 + 3.5 + 1 + 1.5 = 12d$ 。

月进尺为: $9 \div 12 \times 30 = 22.5m$ 。

5.1.2 采用双侧壁导坑施工工效

双侧壁导坑法施工在2017年11月份开始施工,截止2018年3月底,合计只施工了25m,施工效率极低,月进度不足10m。

通过进度指标对比可以发现,采用超前水平旋喷桩施工后,施工工效明显提高。作为工期不可控的国铁集团工管中心关注的重点隧道,在调整工法后,田塬隧道于2019年9月提前半年贯通,受到各方的一致好评。

5.2 经济对比

施工合同中各支护参数及合同单价,如表1所示。

表1 投标合同中各级围岩延米单价

序号	支护方式、措施	单价(万元/延米)	与双侧壁比较/(增+、减-)	备注
1	V级围岩Ve	8.60	-8.02	
2	双侧壁导坑法	16.62	0	包括管棚
3	中隔壁施工费用	3.52	/	
4	Φ89超前大管棚	1.25	/	
5	Φ159超前大管棚	2.33		
6	单层水泥旋喷桩	6.2	/	包括锁脚
7	V级围岩Ve+单层水泥旋喷桩	14.8	-1.82	
8	V级围岩Ve+Φ89管棚+水泥旋喷桩	16.05	-0.57	单层
9	单层+Φ89管棚-中隔壁-Φ159管棚		+1.6	试验段承担费用

隧道按照 V e 围岩支护参数,旋喷桩环向每循环施工长度 12m、开挖 9m,环向 30 根;锁脚旋喷桩中台阶每根钢架 1 根、长度 4.0m 计算,旋喷桩延米单价为:

环向旋喷桩延米单价:

施工长度 $30 \times 12 = 360\text{m}$,旋喷桩单价 1150 元 /m,合计: $1150 \times 360 = 414000$ 元【41.4 万元】,延米单价为: $41.4 \div 9 = 4.6$ 万元 /m。

锁脚旋喷桩延米单价:

按照中台阶布设,合计长度: $9 \times 2 \times 2 \times 4 = 144\text{m}$,旋喷桩 1000 元 /m,合计费用为: $1000 \times 144 = 144000$ 元【14.4 万元】,延米单价为: $14.4 \div 9 = 1.6$ 万元 /m。

$\Phi 89$ 大管棚延米单价:

每循环长度: $47 \times 9 \div 6 = 70.5\text{m}$,单价: 177.14 元 /m。

循环单价为: $177.14 \times 70.5 = 12488.37$ 元 /m = 1.25 万元 /m。

综合延米单价:

V 级围岩 V e + 中、下台阶水平旋喷 + 锁脚旋喷 + $\Phi 89$ 超前大管棚 = $8.60 + 4.6 + 1.6 + 1.25 = 16.05$ 万元 /m。

原设计双侧壁导坑法 16.62 万元 /m。

采用水平旋喷桩加锁脚旋喷桩加固后,三台阶法开挖,每延米可以节省费用为: 0.57 万元 /m【16.62 万元 /m - 16.05 万元 /m = 0.57 万元 /m】。

采用超前水平旋喷桩预加固、三台阶法开挖后,田塬隧道合计节省费用近 100 万元(工期节省带来的管理费减少等未计入)。

6 结语

目前,中国一方面还在大量的进行着基础设施建设,建筑工程规模依然巨大;另一方面,随着机械化水平的提高,使用工人越来越少,以往的特殊工艺工法在施工安全上虽然具有一定的优越性,但是从施工使用的人员及施工工效来说,存在的局限性越来越明显。随着国家工业水平的提高,建筑行业的机械化水平越来越高,以前无法解决的问题现阶段基本都可以实现,一个好的工艺工法配合着现代的机械与技术,既提高了施工安全系数,也节省了工期并产生了经济效益。

参考文献

- [1] 卢信雅.复合地基悖论-深搅桩桩体作用及实体基础设计方法 [A]. 全国岩土与工程学术大会论文集 [C].北京:人民交通出版社,2003.
- [2] 蒋忠利,岳敏.高压旋喷桩处理技术在高填土地基中的应用 [A]. 中国井矿盐,2018(49):42-44.
- [3] JGJ79-2012 建筑地基处理技术规范 [S].
- [4] JGJ106-2014 建筑基桩检测技术规范 [S].
- [5] GB50202-2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范 [S].