

漳龙高速公路某隧道右线进口滑坡加固治理

许志樟

(福建省第八地质大队,福建 龙岩 364012)

摘要:着重阐述了滑坡注浆加固施工技术,针对施工中出现的問題进行分析、处理。

关键词:隧道;蠕变变形;滑坡体;注浆加固

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3746(2000)S1-0069-02

1 工程概况

漳龙高速公路某隧道全长约2600 m,右线进口开挖100 m后,隧道洞口段至标高730 m位置山坡地表发育裂缝,最大裂缝宽达10~20 cm,洞口至K72+130洞顶发育多条裂缝,山体向下位移沉降,最大位置达15 cm,洞内初期支护开裂、下沉,厚度达40~50 cm的仰拱左侧也发生开裂。滑坡体已基本形成,并处于蠕变变形阶段,形成原因主要为:

(1)洞口地段地质条件复杂,岩土层分布变化大,进口段(K72+90~K72+123)围岩为残积粉质粘土,与山体凝灰岩接触面较陡。

(2)左线隧道进口段衬砌施工后,改变了场区水文地质条件,又适逢雨季施工,大部分地下水往右线洞口渗流,该残积粉质粘土层土体结构较差,加之洞体开挖及左、右线洞口开挖的边坡形成临空面,因此产生滑移。

为彻底治理已发生的地质灾害,设计采取了环形截水沟拦截地表水、钻水平孔排水及高压注浆(C区为抗滑桩)相结合的综合治理措施,以高压注浆为主,藉以达到加固隧道围岩,防止隧道大量漏水的目的。

2 地质条件

根据地质勘察资料,场地地层结构较为发育,厚度变化较大,各层岩土分布如下:

(1)含角砾碎石粘土。角砾含量30%左右,粒径1~3 cm,部分4~5 cm,厚度1.3~4.5 cm。

(2)泥质块石碎石。泥质含量30%左右,以块石为主,粒径10~25 cm,层顶埋深0~4.5 m,层厚2.7~9.9 m。

(3)含角砾粉质粘土。角砾含量25%~30%,粒径0.5~3 cm,层顶埋深0~2.5 m,层厚4.9~11.90 m。

(4)含少量角砾粉质粘土。土质松软,可塑状态,层顶埋深4.5~9.6 m,层厚1.4~4.4 m。

(5)残积含少量碎石粉质粘土。可塑状态,碎石含量15%~20%,层顶埋深10.5~11.9 m,层厚3.3~11.0 m。

(6)残积粉质粘土。下部土质结构松散,粘性差,发育有多条土灰色粘土条带,层顶埋深2.70~15.60 m,层厚13.30~26.20 m。

(7)全风化凝灰岩。岩石风化成土状,层顶埋深22.9 m,层厚3.8 m。

(8)强风化凝灰岩。裂隙较发育,层厚1.1~10.4 m。

(9)中风化凝灰岩。裂隙中等发育,层厚0.2~7.7 m。

场地地下水为第四系坡残积孔隙水及基岩裂隙水,水位埋深变化大,富水性弱~中等,在隧道进口上部地表分布有3个泉点。

3 注浆方案

3.1 注浆钻孔平面布置

施工场地共分4个注浆区域,其中C区共有6个注浆小区,如图1。

C区抗滑桩各小区孔位按1.0 m×1.0 m梅花形布置,孔数为66个,A₁、A₂区各孔位按1.5 m×1.5 m梅花形布置,孔数分别为48个、101个,B区各孔位按2.0 m×2.0 m梅花形布置,孔数为143个,合计孔数为358个。

收稿日期:2000-06-15

作者简介:许志樟(1970-),男(汉族),福建闽清人,福建省第八地质大队工程处副主任,工程师,探矿工程专业,从事岩土工程工作,福建省龙岩市罗桥,(0597)2231005、2231456。

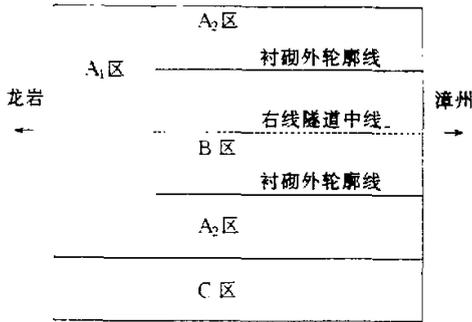


图 1 注浆孔平面布置图

3.2 注浆加固范围

A₁ 区注浆孔:自仰拱以下 3.5 m 至地面标高,拱顶正上方注浆孔打到拱顶外缘 3.5 m 处。

A₂ 区注浆孔:自仰拱以下 3 m 至地面标高。

B 区注浆孔:自拱顶以上 3.5 m 至地面标高。

C 区注浆孔:自强风化凝灰岩内 5 m 至地面标高。

以上各区注浆孔均为满孔注浆。其中 C 区注浆结束后,下入 $\text{O}108$ mm 钢管,管内充填 M10 水泥砂浆,作为抗滑桩。

3.3 注浆方法

设计采用自上而下跟管分段前进式注浆法。即注浆段(5~6 m)钻孔施工→下钢套管→下止浆栓塞、注浆导管→注浆→……循序渐进。施工时经现场试验,效果不佳,主要存在以下 2 个问题:

(1)钢套管与钻孔之间环状间隙密封止浆与起拔钢套管之间的矛盾。密封性好,则造成起拔钢套管困难;密封性差,则产生孔口冒浆。

(2)施工场区地层裂隙发育,且地势较陡,倾角约为 40°,试验时,地表冒浆经常发生,为达到注浆标准,采用间歇注浆,注浆段注浆时间长,钢套管与钻孔间环状间隙水泥已凝结,钢套管无法起拔,造成下一注浆段无法施工。

因此,结合现场实验,地层地质条件及现有施工机具、材料配备,确定采用自上而下孔口套管密封分段注浆方法。即第一注浆段(6~7 m)钻孔→下钢套管、密封→洗孔→下注浆小导管→联接孔口注浆接头→注浆→……

3.4 原材料及配比

水灰比的大小是决定注浆质量的重要因素,也是降低注浆工程造价、缩短工期的关键。水灰比过小,对加固地层有利,但对注浆泵要求高,同时不利于浆液扩散;如果水灰比太大,浆液凝结硬化时收缩

比较大,易形成新的孔隙而影响注浆质量。本工程注浆浆液采用水灰比 1:1 的单液纯水泥浆中按水泥质量的 3% 掺加水玻璃配制,所用水泥为 425 普通硅酸盐水泥,水玻璃浓度为 35 Be,水泥、水玻璃质量使用前均检验合格。

3.5 注浆压力

注浆压力根据不同地层的渗透系数确定(如表 1),施工中根据单位吸浆量进行适当调整。

表 1 不同地层的注浆压力

岩层	注浆压力/MPa
泥质块石碎石	0.5~1.0
含角砾粉质粘土	初压 0.5~1.0,终压 1.5~2.0
残积含少量角砾粉质粘土	初压 0.5~1.0,终压 1.5~2.0
全风化凝灰岩	初压 0.5~1.0,终压 1.5~2.0
含少量角砾粉质粘土	初压 0.5~1.0,终压 2.0~3.0
残积粉质粘土	初压 1.0~1.5,终压 3.0~3.5

4 注浆施工

4.1 钻孔施工

(1)为防止注浆时浆液过多地注入施工区域外而造成浪费,且根据各区注浆的侧重点,采用 C 区→A₁ 区→A₂ 区→B 区的施工顺序。各区施工时,先灌注最外 2 排孔,然后依次向内推进,每排注浆孔中,先灌注两端的孔。

(2)根据注浆孔平面布置图在施工场区放样定孔位,并统一分序、编号,同时测定孔口标高,确定各注浆孔孔深。

(3)钻机安装平稳、牢固,对准孔位,由于在隧道顶部施工,对钻孔深度、垂直度严格控制,开钻时轻压、慢转,泥质块石、碎石层用长钻具钻进,确保钻孔质量,钻孔倾斜率控制在 0.5%~1.0%,防止钻孔打穿隧道,开孔直径 130 mm,终孔直径 110 mm。

(4)孔口钢套管密封好坏是决定注浆效果的重要因素,钻孔下入钢套管(约 3.0 m)后,用套管接箍联接套管,注入浓水泥浆,且适当多掺加水玻璃,直至孔口冒出水泥浆,然后在孔口开挖直径 1.0 m、深 1.0 m 的圆坑,用水泥砂浆填充,捣实,水泥砂浆尽可能捣入钢套管与钻孔之间的环状间隙,形成孔口砼止浆盘。

(5)泥质块石、碎石层钻进:施工前期遇该地层时,钻孔全孔漏水,易掉块,用泥浆护壁堵漏效果不大。采用金刚石钻进,金刚石钻头磨损严重,钻效低,成本高;采用钢粒钻进,钢砂易压入块石之间裂

(下转第 76 页)

为保证工程质量,1999 年我公司(沪)使用配有 SJC 型水泥浆监测记录仪的搅拌桩机、采用二喷三搅工艺进行施工。经建设单位任意选择 10 根桩做单桩静载荷试验(4 根)和复合地基静载荷试验(6 根)。试验结果的主要技术数据见表 4。

测试单位(上海岩土工程勘察设计院)的结论是:(1)单桩和复合地基容许承载力均达到设计要求;(2)卸载至零后,除 703 号房 91 号桩外,其余桩都有较大的回弹量,说明桩身质量并未受到破坏。

表 4 试验结果的主要技术数据

房号	桩号	试验类型	最大加载量 /kN	总沉降量 /mm	残余沉降量 /mm	回弹量 /mm	极限承载力 /kN	容许承载力
703(C)	91	单桩	252	102.96	95.33	7.63	224	140 kN
	267		280	13.56	8.48	5.08	≥280	≥140 kN
	171	复合地基		16.52	10.46	6.06	-	
	304		240	10.30	2.26	8.04	-	≥130 kPa
	520		23.89	14.13	9.76	-		
704(D)	91	单桩	280	7.33	3.10	4.23	≥280	≥140 kN
	342		12.98	8.52	4.46	-		
	109	复合地基		12.41	6.37	6.04	-	
	304		240	8.44	2.34	6.10	-	≥130 kPa
	363		10.98	4.74	6.24	-		

注:取总沉降量为 0.01B 所对应荷载为其容许承载力(B 为载荷板宽度或直径,其中单桩为 0.5 m,复合地基为 1.1 m)。

参考文献:

[1] 陈仲颐,叶书磷.基础工程学[M].北京:中国建筑工

业出版社,1990.

[2] YBJ225—91,软土地基深层搅拌加固法技术规程[S].

(上接第 70 页)

隙或粘土中,钢粒钻头压砂效果差,钻进效率低。后采用钻进 1~2.0 m,注入浓水泥浆,候凝后继续钻进,直至第一注浆段钻孔结束,然后多次间歇重复注入浓水泥浆。后期注浆孔钻进时,钻孔漏水量明显减少,基本无掉块,钻进效率明显提高。

(6)无漏水的钻孔尽可能不用泥浆钻进,防止泥浆阻塞注浆通道,影响注浆效果。

4.2 注浆

(1)浆液拌制:严格按水灰比下料,遵循水→水玻璃→水泥的下料次序,避免水泥浆产生结块,影响注浆,水泥浆用搅拌机充分搅拌均匀,制浆时间不得少于 3 min,水泥浆使用时间不得超过 3 h。

(2)注浆前用清水冲洗钻孔,直至孔口返出清水,浆液经筛网过滤。开始注浆时,采用低泵量,稀水泥浆注入,以利于打开注浆通道,待单位吸浆量稳定 10 min 后,改用大泵量。注浆泵采用 BW250 型泥浆泵,由专人负责操作,认真观察注浆压力变化,对发生的异常情况及时作出判断、处理。

(3)一次注浆结束,等压力下降后打开注浆接头,15 min 后用清水冲洗钻孔,以利于下次注浆。

(4)由于注浆施工前地层蠕动变形产生裂缝,泥质块石碎土层裂隙、孔隙发育,施工场地地势较陡,

施工时出现地表冒浆、串浆及隧道内漏浆,造成注浆中断,每个注浆段经多次注浆,达到注浆结束标准。

(5)各区注浆孔须在第一注浆段全部注浆结束后方可进行第二注浆段施工。通过对第一注浆段加固处理,减少后期注浆时产生地表冒浆、串浆。

(6)地表冒浆、隧道漏浆、串浆的处理。

①地表冒浆:冒浆位置大多裂缝、裂隙、孔隙发育,采用堵塞或开挖充填水泥砂浆效果不佳,宜采用低泵量、浓水泥浆,适当增加水玻璃掺量间歇注入,即注→歇→注,间隔时间为 1 h。

②隧道漏浆:漏浆位置大多在隧道拱顶或仰拱裂缝处,且漏浆量大,应停止注浆,用棉花或水泥砂浆堵塞,8 h 后恢复注浆。

③串浆:往施工中的钻孔串浆,应停止注浆。为避免此类情况发生,注浆孔应间隔跳打。

注浆段施工结束的钻孔串浆,用止浆接头封闭套管,进行联灌。

5 注浆效果

本次注浆效果明显,后期施工时,地表泉点消失,钻孔无漏水。经隧道内观测点观测,检查孔检验,注浆达到设计要求,隧道围岩已趋于稳定。目前,隧道已完成该区段下导坑施工,施工进展顺利。