

文章编号: 1005-0523(2007)04-0018-03

# 压力注浆在高速公路路基塌陷治理中的应用

梅志华<sup>1,2</sup>, 习小华<sup>1,3</sup>, 智 广<sup>1</sup>

(1. 江西省交通科学研究院, 南昌 330038; 2. 长沙理工大学, 长沙 410076; 3. 西安科技大学, 西安 710054)

**摘要:** 详细介绍了采用压力注浆法对采空区引起的公路路基塌陷进行治理的施工情况. 治理后的地基承载力达到了规范要求, 说明该方法在治理采空区引起的公路路基塌陷是可行的. 在采用压力注浆法治理公路路基塌陷时, 需要通过注浆试验确定合理的设计参数、选择性能良好的施工设备、制定切实可行的施工工艺以及一套完整的质量保证体系.

**关键词:** 路基塌陷; 采空区; 压力注浆; 物探

**中图分类号:** U416.1

**文献标识码:** B

江西省昌金高速公路某路段右侧为陡坡即为挖方地段, 左侧为洼地即填方地段, 填土高度为 8~13 m, 为了保证路基的稳定性, 在左侧设置了路肩挡土墙. 在开挖路肩挡土墙基础时, 发现其下有小煤窑采煤巷道和下卧采煤渣堆积层, 原设计的路肩挡土墙地基承载力不能满足规范要求而更改为路堤挡土墙. 在 2004 年 2 月路面上基层施工完毕后, 遭遇了连续几天的强降雨, 左幅路基发生了沉降, 出现了纵向裂缝, 因此必须对其进行治理.

## 1 工程地质特征

本路段属低山丘陵地貌, 路线右侧为山坡, 左侧洼地, 属右挖左填路段, 山坡自然坡脚为 25°~35°, 地面高程为 80~110 m, 路面标高为 84.745~92.753 m. 右切山体深度大, 左侧填方高, 左侧填方处经过压实后路基出现了塌陷开裂, 且范围大. 为了找出路基塌陷开裂的原因, 采用了工程物探和钻孔勘探相结合的方法对其进行了勘探, 通过对物探和钻孔资料深入的分析, 确定该区存在两个采空区. 采空区范围内的地层从上往下依次为: 第四纪全新统及更新统坡积、残积层、上三叠统龙安源组煤组系地层.

各地层的岩性特征如下所述:

- (1) 填筑土  
浅灰色~土黄色, 稍显, 稍密~中密. 其中 0~0.54 m 为路面结构; 下为素填土, 填土成分为粘土, 含少量碎石. 该段路基填土最大厚度为 13.0 m, 最小厚度为 0.5 m, 平均厚度为 6.75 m.
- (2) 煤渣  
灰黑色, 由采煤废渣堆积而成, 松散, 仅局部可见, 厚 0.5 m.
- (3) 含碎石粘土  
土黄色, 稍湿, 可塑, 碎石为泥岩, 呈棱角状, 粒径为 2~10 cm, 约占 20%, 局部可见.
- (4) 炭质页岩  
灰、灰黑色, 夹泥岩、粉砂岩, 岩芯呈碎块~短柱状, 质地较软, 裂隙发育, 易破碎.
- (5) 粉砂岩夹炭质页岩  
浅灰~灰褐色, 岩芯呈碎块~短柱状, 质地较软.
- (6) 冲填土(采空区)  
湿, 松散, 呈土状, 成分比较复杂, 以细粒状强~弱风化炭质泥岩、页岩为主含少量的碎块, 含泥质物, 局部夹炭质页岩、粉砂岩. 由地下水活动、侧壁以及洞顶崩落、坍塌冲填采空区而成, 结构松散, 渗透性强.

根据对地质钻探资料分析, 本路段采空区是由

采煤引起的,采煤废渣之上覆盖有较厚的坡积土层,采煤巷道内均填充有填充物,说明为古采区,历史悠久.采空区岩土层主要有:填筑土、含碎石粘土煤渣、粉砂岩夹炭质泥岩、炭质页岩、冲填土.

## 2 施工方案

### 2.1 设计参数

根据煤矿采空区的工程地质特征以及工程的具体要求,决定采用压力注浆法对路基塌陷进行治理.其原理是利用压力把某些能固化的注浆液注入各种介质的空隙中以改善地基的性质,提高地基承载力,该方法比较适用于煤窑采煤巷道和采煤废渣堆积层地基.该法把水泥和早浆剂混合,利用导管置入地下一定深度,以0.3~1.0 MPa以上的压力,使水泥浆在压力的作用下,比较均匀的充填于岩土层的孔隙中,经固化形成固结体,从而加固地基,提高地基抗剪强度,改善土的变形性质.压力注浆法的各个参数是通过现场注浆试验后得出来的,具体如下

#### (1) 可灌比 $N$

表示地基土层的渗透系数、浆液浓度、注浆压力、注浆时间等对对注浆的影响程度.

$$N = D_{15} / G_{85} \leq 10 \sim 15 \quad (1)$$

式中: $D_{15}$ —根据土的颗粒分析试验,求得粒径级配曲线中15%的颗粒直径; $G_{85}$ —根据浆液材料的颗粒分析试验,求得粒径级配曲线中85%的颗粒直径.

#### (2) 注浆压力

注浆压力控制在0.3~1.0 MPa以内.

#### (3) 水灰比

在1.0.5~1.0.6之间,在空隙率比较大时,可以加入少量细砂.浆液配方以水泥为主要硬化剂,但需要加入不同成分外加剂,使其速凝和早强,一般为水玻璃、氯化钠等,使用量为3%~5%,水泥膨胀剂按3%加入.

#### (4) 注浆量和注浆时间

根据《注浆技术规程》(YBJ44-92),注浆量按下式计算:

$$Q = A \pi R^2 H n^\beta \quad (2)$$

式中: $Q$ —浆液注入量, $m^3$ ;  $A$ —浆液损耗系数,一般取1.15~1.3;  $R$ —浆液有效扩散半径, $m$ ;  $H$ —注浆段长度, $m$ ;  $n$ —孔隙率,取0.5%~5.0%;  $\beta$ —浆液充填系数.

注浆时应对注浆孔的注浆量和注浆时间进行详

细的记录,注浆压力达到或超过0.3~1.0 MPa,或当注浆管提升至地表下1~1.5 m深度范围内而浆液不下沉时应该终止灌浆.若注浆量大、注浆时间长,而注浆压力达不到设计压力时,应该调整水灰比,增大浆液浓度,或采取间断注浆或加入矿渣、细砂等填充料.

#### (5) 孔深和孔距

注浆孔的深度为地表面至采空区底板以下2.0 m,注浆孔采用梅花型方式布置,注浆孔间距为1.5 m.

### 2.2 施工设备

根据工程施工特点、岩土特征、设计要求以及建设方目前提供的条件,结合工程施工工期以及工程质量要求,使用了XY-100型钻机以及配套改制加工而成的设备,采用了正循环回转钻进成孔工艺,各种主要施工设备的名称以及数量等见表1.

表1 主要施工设备一览表

序号	设备名称	数量单位	作用	备注
1	XY-100型钻机	6~8套	成孔	与钻头、钻杆配套使用
2	注浆水泵	2台		
3	搅拌机	2台	搅拌水泥浆	

### 2.3 施工工艺

施工工艺流程:测放孔位→钻机就位→钻进→验收→安放注浆→插入钢筋→搅拌水泥浆→注(灌)浆→起管→插管→封孔→移机至下孔位.

根据施工现场条件,并综合考虑施工设备进场就位,退场的便利,以及施工材料的堆放,搅拌机安放位置等因素,尽量使其在施工中互不影响,为确保施工进度,对人员进行了合理安排即实行两班倒的制度,定时定量保质完成施工任务.

## 3 质量保证措施

根据工程实际情况,制定了如下的措施来保证工程的质量.

(1) 成立了以项目经理和项目总工为正负组长的质量领导小组,项目经理负责材料的购买、人员以及设备的安排等事项,总工负责制定施工技术方案、质量保证体系等,明确技术人员的责任.

(2) 技术员负责制定施工计划,做好技术交底;施工管理员在现场负责施工质量控制,若出现了问题及时和技术人员沟通.

(3) 质检人员在施工过程中,随时对各环节进行检查和监督,对不符合要求的坚决要求返工处理.

(4) 工程施工中若发现地质情况有异时,及时与设计单位和建设单位联系解决.

## 4 质量检测

为了比较全面地了解注浆的实际效果和实际的地基承载力,必须对治理后的效果进行检验,本次工作中采用了工程物探和原位测试两种措施对注浆后的地基进行了检测,检测结果良好.

### (1) 工程物探

选用高密度电法对注浆路段进行了物探工作,获得了施工前、后岩土层的视电阻比、密度、承载力等参数并进行对比.注浆后的各项数据均符合规范要求.例如注浆前地基承载力为 60~413 kPa,强度变化很大,容易引起不均匀沉降;注浆后地基承载力为 360~410 kPa,强度比较均匀,不会发生不均匀沉降,从中可以看出注浆的效果很明显.

### (2) 原位测试

选择了 5 个注浆孔钻孔进行了钻孔取芯检测以及对注浆后地基进行了 5 组载荷试验,并同时进行了注(压)水试验.检测和试验结果均符合规范要求.

## 5 结论

(1) 在山区修建高速公路前,必须进行详细的工程地质勘察,否则将带来严重的后果,例如路基塌陷情况的出现.

(2) 压力注浆法可以提高地基承载力,减少地基的整体沉降和不均匀沉降.

(3) 采用压力注浆法时,可灌比、注浆时间、注浆压力等设计参数须通过现场注浆试验确定以及施工工艺合理制定等都是十分重要的.

(4) 从治理的效果来看,压力注浆在治理由采空区引起高速公路路基塌陷是非常成功的.

### 参考文献:

- [1] 覃柳华. 压力注浆法在粘土岩溶土洞加固中的应用[M]. 广西土木建筑, 1999, (4): 187-190.
- [2] 叶书麟, 叶观宝. 地基处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [3] 任红旗. 煤矿采空区钻孔注浆治理工艺[J]. 中国煤田地质, 2001, (2): 102-104.
- [4] 岩土注浆理论与工程实践协作组. 岩土注浆理论与工程实践[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

## Application of Pressure Grouting Penetration in Treatment for Foundation Dent

MEI Zhi-hua<sup>1,2</sup>, XI Xiao-hua<sup>1,3</sup>, ZHI Guang<sup>1</sup>

(1. Jiangxi Research Institute of Communication Science Nanchang 330038; 2. Changsha University of Science and Technology Changsha 410076; 3. Xian University of Science and Technology Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The author in detail introduces application of pressure grouting penetration in treatment for foundation dent that has been caused by goaf in the paper. The bearing capacity of foundation treatment attains normative require that illustrates the grouting penetration is practical in treating foundation dent caused by goaf. The engineers and technicians determine reasonable design parameter, choose wellbehaved construction equipment, draw up operable construction procedure and a set integrated quality system by test in the process of making use of grouting penetration method treating foundation dent.

**Key words:** foundation dent; goaf; grouting penetration; geophysical prospecting