

公路箱涵底部地基注浆加固顶升试验实例

陈伟军, 何飞

(湖南省郴州高速公路管理处, 湖南 郴州 423000)

摘要: 随着高速公路的大量建设, 很多箱涵通道在通车过程中发生不均匀沉降。针对这种情况, 湖南汝郴(汝城—郴州)高速公路采用注浆方式对箱涵底部进行试验获取注浆加固顶升施工技术参数, 为箱涵不均匀沉降加固处理提供依据。文中介绍了该工程的地质条件, 概述了现场注浆试验方案、所取得的注浆加固顶升施工技术参数及其效果。

关键词: 涵洞; 地基注浆; 顶升试验; 注浆加固

中图分类号: U449.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)04-0139-03

随着高速公路的大量建设, 许多已建高速公路箱涵因地基软弱土体在流动的地下水作用下产生管涌使箱涵底部土体流失, 或者高速公路通车后因上部车辆荷载的作用箱涵基础下软弱地基固结加快, 导致箱涵产生不均匀沉降, 箱涵相邻板之间产生差异沉降, 严重的会使路面开裂, 产生大量裂缝。这类病害的破坏模式有多种, 治理方式也多种多样, 如换土复填法、固化剂法、粉喷桩法和注浆法等。其中注浆法是较常用和理想的路基病害处理方法, 通过注浆不仅可对箱涵地基进行加固, 同时可对箱涵沉降进行适当抬升, 使箱涵沉降复原, 近年来已广泛应用于箱涵加固中, 并取得了较理想的效果。

1 工程概况

汝郴(汝城—郴州)高速公路 K639+675—745 段左幅路面出现开裂, 同时通道沉降缝产生变形, 路基稳定性出现险情。从现场情况分析, 该工程沿线地质主要为石灰岩与软塑状红黏土, 底部灰岩与岩土交界面处地下水发生渗流, 在地下水渗流力作用下, 箱涵下的软弱地基土被地下水带走, 在箱涵底部形成空洞, 导致箱涵地基承载力不足, 出现不均匀沉降。箱涵沉降引起箱涵上面填方路基边坡及路面发生开裂, 拉裂缝宽度一般为 0.5~2.8 mm。

根据现场工程地质调绘及勘探资料, 场地内表层覆盖层以角砾土、碎石质土、碎石为主, 呈松散状, 见滚石; 下伏基岩为泥盆系中统棋梓桥组地层, 主要为灰岩。主要地层分述如下:

(1) 第四系全新统(Qh)。1) 填筑土。灰褐色、褐黄色等, 稍密, 湿, 主要由粉质黏土夹少量砂砾组成。路基红线范围内均有分布, 系路基填筑材料或

原弃土场弃土, 厚度 0.3~0.6 m。2) 碎石质土。灰褐色、褐色, 呈软塑状, 湿, 含少量砂砾, 土质不均匀, 含砾石及少量碎石, 局部见滚石。主要分布于山坡冲沟的荒田中, 厚 1.2~2.3 m。

(2) 第四系更新统(Qp)。1) 含砾粉质黏土。黄褐、褐黄、暗黄色, 局部砖红色, 可塑状为主、湿, 局部呈软~可塑状、很湿, 含少量角砾及碎石, 局部偶夹块石, 土质不均匀。多与含砾粉质黏土互层出现, 路基原地面以下分布, 厚 0.7~13.3 m。粗颗粒含量突变带 0.5~1.0 m 范围内多呈软塑状, 很湿~饱和, 坡洪积成因。

(3) 碎石土。黄褐色为主, 部分为褐黄色、褐红色、砖红色等, 呈可~硬塑状、湿, 局部呈软塑状、很湿, 含角砾及碎石 20%~30%, 部分路段含量 10%~20%, 局部夹块石, 颗粒成分主要为强风化板岩和砂岩, 部分为弱风化变质砂岩、石英砂岩, 分布不均匀, 局部呈角砾或碎石土夹层, 细粒砂含量较多, 砂感较强。路基段分布较广, 厚 1.2~16.5 m。基岩顶面以上 0.5~1.2 m 多呈软塑状, 很湿~饱和, 坡洪积成因。

(4) 滑动带。主要位于填筑土与原地面的交界带, 在软~可塑泥质含量高段剪入或剪出, 滑动带泥质含量 35%~50%, 呈软~可塑状, 在原地地面附近泥质局部呈褐红色, 路基填筑后成为填筑土上层滞水的下隔水层, 受水浸泡软化而成为滑动面(带)。

2 现场注浆试验施工技术参数

2.1 注浆孔布置

为保证注浆效果并为后期注浆施工和注浆顶升提供技术参数, 注浆前进行现场试验。选取沉降较

大的箱涵段作为注浆试验段(见图1中板1和板2),通过板1和板2底部注浆试验确定注浆施工技

术参数和箱涵底板顶升工艺参数。注浆孔布置见图1和图2。

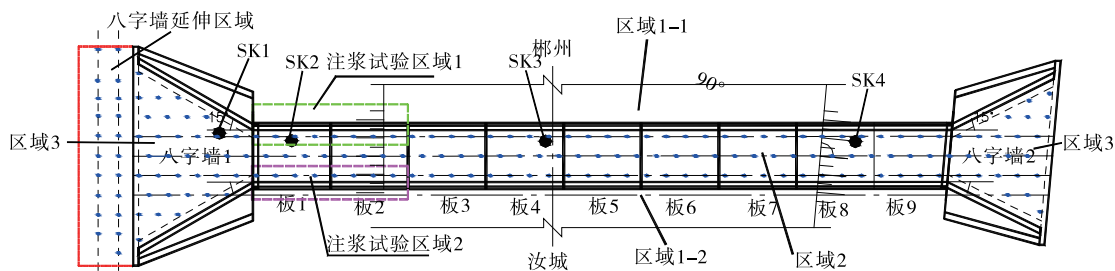


图1 注浆加固平面示意图

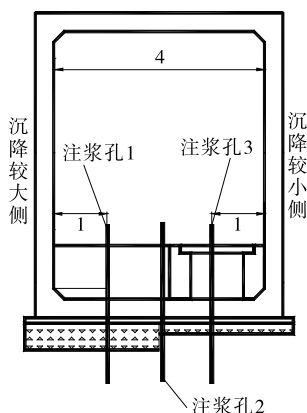


图2 通道内布孔示意图(单位:m)

2.2 浆液配比及浓度

注浆试验采用水泥浆液和水泥—水玻璃浆液。其中:水泥浆液适用于渗透系数小于 10^{-3} cm/s 的地层,根据不同地层,浆液水灰比分为4级,分别为 0.7:1、0.8:1、1:1、1.2:1;水泥—水玻璃浆液适用于渗透系数大于 10^{-3} cm/s 的地层,根据不同地层,浆液水灰比分为3级,分别为 0.8:1、1:1、1.2:1,水玻璃占水泥浆液的 6%~10%。

2.3 注浆压力

注浆压力是浆液在孔内流动的动力,是影响浆液扩散范围的主要参数。鉴于浆液容易劈开地层而导致地面冒浆,根据现场注浆试验孔试验压力,同时考虑覆盖层厚度设计注浆压力(见表1)。

表1 注浆压力

钻孔深度/m	最大注浆压力/MPa	
	两侧孔	中间孔
10	0.6	0.8
20	1.0	1.2
30	1.2	1.4

2.4 注浆量估算

注浆量大小与浆液性能、地层渗透性等有关。

为便于操作,根据地层渗透性和 JGJ/T211—2010《建筑工程水泥—水玻璃双液注浆技术规程》中的注浆量计算公式[见式(1)],结合现场实际注浆量,提出地层单孔注浆量控制指标(见表2)。

$$\sum Q = Vn\alpha(1 + \beta) \quad (1)$$

式中: $\sum Q$ 为总注浆量(m^3); V 为注浆加固体体积(m^3); n 为地层孔隙率(裂隙度),土体一般取 30%~50%; α 为地层孔隙或裂隙充填率,一般取 60%~80%; β 为浆液损失率,取 10%~30%。

表2 单孔单位注浆量估算结果

地层	渗透系数/ ($cm \cdot s^{-1}$)	估算注浆量/ ($m^3 \cdot m^{-1}$)
密实的碎石土	$<10^{-3}$	0.8
松散的碎石土、已充填的溶洞	$>10^{-3}$	1.3

3 现场注浆顶升试验方案

注浆顶升试验在沉降较大的 1、2 号箱涵进行,分为 2 个注浆区域。区域 1 为通道两侧,采用水泥—水玻璃双液浆注浆,先对箱涵四周实施注浆封堵,防止浆液扩散到有效半径之外。区域 1(通道沉降较大侧)浆液向板外扩散的有效半径为 1.5~2 m。区域 2 为通道内中间排注浆,在两侧(即区域 1)注浆完成后进行。两侧注浆完成后,浆液向外流动的通道基本被封堵,故中间排注浆孔采用水泥浆液,对沉降较大的箱涵进行逐渐加压顶升。采用多孔同时注浆,以保证顶升压力的均匀性。

注浆时实际注浆压力为 1.2~1.6 MPa。采用间歇注浆方式,注浆过程中注浆压力缓慢上升,同时顶升过程中对箱涵底部高程进行监测,如果箱涵顶升太大则停止注浆,以防顶升力过大导致箱涵基础损坏。待浆液达到初凝时间后继续注浆,直至箱涵

沉降接近复原位置为止。顶升注浆是一个缓慢的过程,施工时需实时监测箱涵底板的顶升变化和注浆压力的变化。

4 注浆顶升效果评价

该工程主要对箱涵底板下地基进行注浆加固,注浆过程中和注浆后对箱涵沉降较大的1、2号箱涵进行沉降观测,结果见图3。由图3可知:注浆对箱涵起到了一定顶升作用,顶升高度约13 mm,且施工完成后箱涵底部沉降趋于稳定。注浆加固处理加大了地基承载力,可控制箱涵基础的进一步沉降。

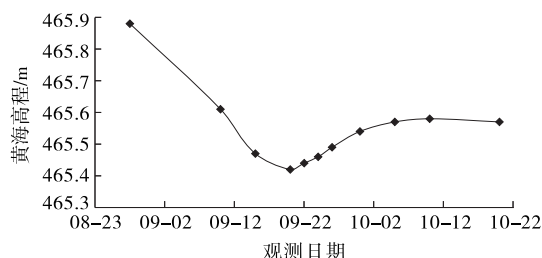


图3 注浆顶升过程中箱涵底板沉降观测结果

5 结语

(1) 对箱涵注浆时,加固注浆压力取0.6~1.4 MPa,顶升注浆压力取1.2~1.6 MPa。通过顶升注浆,汝郴高速公路K639+675-745段左幅1、2号

箱涵底板抬升高度约13 mm,且沉降趋于稳定。

(2) 要达到注浆加固预期顶升效果,注浆参数控制非常重要,施工中应严格按设计要求控制注浆参数,满足设计注浆压力和注浆量要求。

(3) 注浆加固对箱涵板底地基土体具有一定的改良和加固作用,可改善土体结构,提高箱涵底部土体的抗压能力及密实度,阻止箱涵底板继续沉降。

参考文献:

- [1] TB 10002.1-2005,铁路桥涵设计基本规范[S].
- [2] 河海大学,江苏宁沪高速公路股份有限公司.交通土建软土地基工程手册[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 张礼斌.回采巷道软弱破碎围岩锚注加固支护技术实践[J].煤炭开采,2006,11(2).
- [4] 杨植春,程卫军,阳先全.注浆工艺在加固涵洞中的应用[J].交通标准化,2008(7).
- [5] JGJ/T211-2010,建筑工程水泥-水玻璃双液注浆技术规程[S].
- [6] 张晓华,叶中兵,周扬更新.客运专线路基基底岩溶注浆施工技术[J].铁道标准设计,2008(4).
- [7] JTJGD30-2015,公路路基设计规范[S].
- [8] 王跃文.浙赣线岩溶地区路基注浆加固技术[J].铁道建筑,2008(6).

收稿日期:2017-11-07

(上接第74页)

期间渣场坡面无暂态饱和区;考虑降雨入渗的影响,地下水的溢出点有所升高。

(3) 在短时暴雨和连续降雨入渗作用下,渣体上部的孔隙水压力增大,短时暴雨入渗引起孔隙水压力变化的深度范围比连续降雨入渗时小,降雨入渗影响深度不大于3 m。

(4) 随着降雨的持续,入渗影响深度增加,渣场边坡稳定性逐渐降低。

参考文献:

- [1] 唐红梅,陈洪凯,关明芳.边坡渗流研究现状及趋势分析[J].重庆交通学院学报,2006,25(1).
- [2] 彭立,黄伟伟,徐希武,等.山区高速公路弃土场选址分类方法及其稳定性分析[J].铁道科学与工程学报,2011,8(6).
- [3] 吴志斌,王陈琦,曾江波,等.不同降雨强度下渣土受纳场边坡地下水渗流和稳定性的数值模拟分析[J].安全与环境工程,2017,24(4).

- [4] 李焕强,孙红月,孙新民,等.降雨入渗对边坡性状影响的模型实验研究[J].岩土工程学报,2009,31(4).
- [5] 谭文辉,璩世杰,高丹青,等.降雨入渗对边坡稳定性的影响分析[J].武汉理工大学学报,2010,32(15).
- [6] 张国超,范付松,赵鑫.间歇性降雨对滑坡稳定性的影响[J].安全与环境工程,2011,18(4).
- [7] 周大华,罗红明,邹从义,等.十白高速公路泰山沟隧道进口边坡稳定性及其破坏概率分析[J].安全与环境工程,2013,20(5).
- [8] 曾铃,史振宁,付宏渊,等.降雨入渗对边坡暂态饱和区分布特征的影响[J].中国公路学报,2017,30(1).
- [9] H Rahardjo, X W Li, D G Toll, et al. The effect of antecedent rainfall on slope stability[J]. Geotechnical and Geological Engineering, 2001, 19(3).
- [10] 于玉贞,林鸿州,李荣建,等.非稳定渗流条件下非饱和土边坡稳定分析[J].岩土力学,2008,29(11).
- [11] GB 50330-2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- [12] JTJGD30-2015,公路路基设计规范[S].

收稿日期:2018-01-21