

地聚合物注浆加固技术在“桥头跳车”病害治理中的应用

李 熙¹, 季晓丽^{1,2}, 钟世云²

(1.上海力阳道路加固科技股份有限公司, 上海市 201599; 2.同济大学材料科学与工程学院, 上海市 201804)

摘 要:针对“桥头跳车”病害问题进行成因分析,对地聚合物注浆加固工艺的技术特点进行简介,通过实际工程案例的介绍对地聚合物注浆加固工艺在“桥头跳车”病害治理中的效果进行详细分析。采用地聚合物注浆加固工艺对浙江地区某桥梁台背填土进行注浆加固,增大台后路基的强度和承载力,并通过对路桥接顺段路面各位置的沉降监测,评价、分析注浆加固效果。通过地聚合物注浆加固工艺改善和延缓桥头台背因回填土方下沉和软土路基沉降形成的“桥头跳车”病害。

关键词:“桥头跳车”;地聚合物;注浆;沉降

中图分类号: U418

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)07-0300-05

0 引 言

近年来,随着经济的持续发展,城市交通和基建行业的发展迅速,我国公路总里程数呈逐年增大的趋势。经济持续增长带来更大的交通流量和交通荷载,对公路建设和养护技术提出了更高的要求。交通行业不断发展的同时,也遇到了许多的道路病害,“桥头跳车”便是公路行业中始终无法根治的难题。“桥头跳车”^[1]病害是由于道路结构在交通荷载和自重作用下,桥台构造结构和台背土体的自身压缩和不均匀沉降造成的。桥头跳车对行车安全性与舒适度造成严重影响^[2]。

地聚合物是由 AlO_4 和 SiO_4 四面体结构单元组成一种三维立体网状结构的无机聚合物,稳定的 Al-O 键和 Si-O 键及独特的结构赋予了地聚合物优良的力学性能和良好的耐久性^[3]。注浆^[4]是通过钻孔设备与专用注浆设备配合,在一定压力作用下将浆液注入受损的道路结构中,浆液以充填、渗透等方式排出结构层裂隙中的水分和空气,提高整体密实度与强度。地聚合物浆液进行自身化学反应,与原道路结构层材料之间进行离子交换,在压力作用下通过惰性充填和挤密压密作用把原来道路结构材料胶结成整体,形成一个力学性能和耐久性良好的“结石

体”,从而达到加固道路结构、预防病害的目的。

本文对江浙沪地区桥头跳车病害成因进行分析,并简要介绍地聚合物注浆加固工艺的技术特点,结合地聚合物注浆加固技术在“桥头跳车”病害治理中的工程案例进行介绍和评价,根据沉降监测的结果对地聚合物注浆加固技术在桥接坡加固工程项目的应用效果和前景进行分析和展望。

1 软土基地区“桥头跳车”病害的原因分析

公路软土路基具有孔隙比大、含水量高、强度低、稳定性差等特点,容易引起路基出现较严重的不均匀沉降。

路面在桥头台背回填位置出现不同程度的断裂沉降,车辆通行时出现跳跃,对桥涵和路面造成附加的冲击荷载,行车颠簸且对车辆造成损坏,严重时甚至容易引发交通事故。因此,“桥头跳车”是道路建设与公路养护行业的难题之一。

“桥头跳车”病害产生的主要因素包括不均匀沉降、刚度突变、车速,以及车辆本身的抗振性能等。就道路结构本身而言,主要是柔性道路路面与刚性结构物之间的连接处发生不均匀沉降产生错台所导致。桥梁主体与桥接坡路面结构的组成材料及其理化性能等存在较大差异,且桥头部位受力时易形成集中应力。在车辆荷载、结构自重等因素的作用下,桥梁与道路同时持续发生沉降,但两者沉降速度有很大差异,特别是由于台背回填土方的压实度不足和水土流失

收稿日期: 2020-12-24

作者简介: 李熙(1991—),男,本科,工程师,主要从事建筑材料、道路养护加固技术的研究工作。

的影响,道路路面的沉降量远大于桥梁的沉降量,从而形成错台,导致行车时发生桥头跳车^[5]。

2 地聚合物注浆加固工艺的技术特点

地聚合物注浆加固技术是一种区别于传统道路养护维修工艺的四新工艺,采取非开挖的方式对道路路基和基层进行加固补强。常规道路养护和维修工艺特点见表1。

表1 常规道路日常养护手段特点			
常用工艺	适用病害	优点	缺点
灌封	横、纵向裂缝,不规则裂缝	迅速止水,预防结构层水损坏	美观度差,易反复,治标不治本
翻挖重建	局部沉陷、坑槽、车辙、拥包	局部重建,成本较低,病害处治效果明显	临时局部补救,整体性较差,拼接部位易出现刚度差引起的裂缝
铣刨罩面	平整度问题、毛面、抗滑系数、裂缝	路面治理迅速,表面美观度好	治标不治本,病害易反复出现,维护成本较高
大中修	强度不足,大面积沉陷、网裂、泛浆冒泥等	道路结构层处理,整体性较好,基本解决病害根源	资源利用率低,维修费用高,交通影响大

与传统的道路养护维修工艺相比,地聚合物注浆加固技术具有以下技术优势:

2.1 材料方面

传统水泥类注浆材料泌水多、稳定性差、体积收缩大、耐久性差,而地聚合物注浆材料流动度大、可注性好、稳定性好、强度高、耐久性好。此外,地聚合物还具有良好的黏结性。通过一系列试验已经证明:地聚合物与道路基层和路基材料,特别是二灰土、水泥稳定碎石、三渣混合后,均能取得较理想的理化性能。因此,地聚合物是一种理想的道路路基与基层加固的注浆材料。

2.2 工艺特点

- (1)从根本上对道路的结构基础进行修复加固,突破治标不治本的传统养护方法
- (2)非开挖、无障碍、全天候施工,可迅速开放交通,大大舒缓了日益增大的环境和交通的压力。
- (3)施工便捷,对周边影响小。

地聚合物注浆加固技术适用于非开挖条件下的道路基层、底基层和路基的病害修复与结构补强,重点针对道路内部结构性病害,能有效改善甚至解决传统养护技术无法根除的路面结构层病害问题,提高道路路基和基层的承载力。此外,该技术充分利用路面面层结构的材料和残余价值,大幅度降低了道

路养护维修造成的资源浪费。

3 工程案例

3.1 工程概况

选取浙江省某座桥梁桥接坡养护维修工程作为案例。该桥左桥始建于1986年,右桥始建于1996年,2006年进行拼宽改建。新老桥面整体重新浇筑10 cm C40 钢筋混凝土+5 cm 沥青混凝土,拼宽后桥梁与路基同宽。运营年限较长,交通流量大,桥接坡路面出现车辙、横向裂缝、拥包、坑洞、“桥头跳车”等病害,其中以“桥头跳车”现象最为严重。路桥过渡段(桥接坡路段)道路路面结构为4 cmAC-16 沥青混凝土+6 cmAC-25 沥青混凝土+30 cm 二灰稳定碎石+5 cm 级配碎石调平层+水泥混凝土破碎层,台背回填土深度约3 m。

根据历年定检报告中对桥台部位的检测结果:

- (1)2012年浙江省国省道定检报告表明,桥梁的台身砌石沉降开裂,因沉降导致台身混凝土出现长度约3 m 的裂缝,分别如图1、图2所示。



图1 2012年定检台背砌石沉降开裂

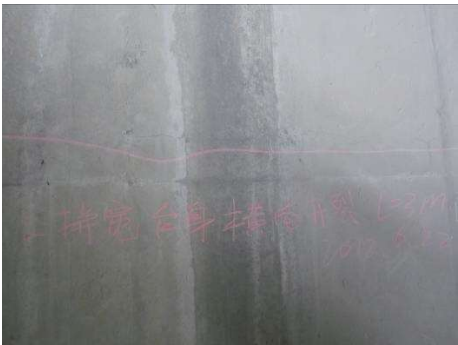


图2 2012年定检台背混凝土横向开裂

- (2)2015年浙江省国省道定检报告显示,桥梁的老桥部分伸缩缝即桥搭板位置“跳车”严重。

- (3)2016年浙江省国省道定检报告显示,“桥头跳车”病害严重,台身砌石出现2处贯穿裂缝,台身混凝土出现长度4.8 m、宽度3.5 mm 的贯穿裂缝,分别如图3、图4、图5所示。



图3 桥搭板位置“桥头跳车”病害



图4 2016年定检台背砌石贯穿裂缝



图5 2016年定检台身混凝土贯穿裂缝

3.2 地聚合物注浆加固治理方案

本项目采用地聚合物注浆加固技术对路桥过渡段桥接坡进行加固,对台背填土进行地聚合注浆加固处理,提升台背土体的强度和密实度。同时,对桥搭板下部脱空区域进行填充修复,改善治理“桥头跳车”病害,延缓台背病害的产生,并达到快速开放交通的目的。

3.2.1 材料的选择

本次注浆采用上海力阳道路加固科技有限公司自主研发生产的LY-II 50型地聚合物注浆材料,施工配合比和材料性能指标见表2。材料具有良好的流动性和渗透效果,施工完毕后经过1d的养护即可恢复交通运营,具有良好的经济效益、技术效益和社会效益。

3.2.2 注浆加固工艺流程和参数设计

加固顺序先路基,后基层。采用插管注浆工艺。具体施工工艺步骤为:孔位布置→钻孔→清孔→埋注浆管→浆料制备→深层路基注浆加固→浅层基层

表2 LY-II 50型地聚合物注浆加固施工配合比及性能指标

类型	水灰比	流动度 /s	泌水率 /%		抗压强度 /MPa		
			3 h	24 h	1 d	7 d	28 d
LY-II 50	0.35	18	0	0	27.5	42.4	58.2

注浆加固→养护1天开放交通→交工验收(进行后续沥青面层的重建)。

根据注浆设计,采用两次注浆——深层注浆与浅层注浆,深浅孔穿插布设,矩形方式布孔,注浆孔距2 m,排距2 m,孔径 $\Phi 50$ mm。这样做的目的是保证本次注浆加固区域内的浆液充分渗透,交叉重叠形成一个整体。注浆加固孔按图6现场进行布设。第一排孔沿桥搭板边缘布设,平面布孔示意图如图6所示。

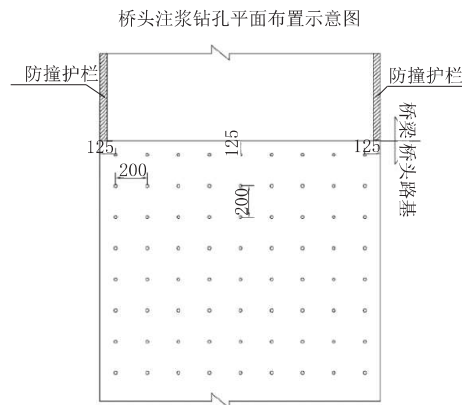


图6 注浆加固孔位布置图(单位:cm)

注浆加固深度如图7所示。深层注浆时,应由深而浅连续进行分层注浆。注浆由下而上,分层注浆,每次提管高度不超过0.5 m,确保每个注浆段浆液饱和、渗透均匀,逐渐降低注浆压力,地面以下1 m左右注浆压力降为0.3 MPa左右。

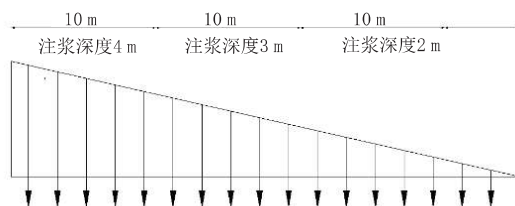


图7 桥接坡各路段注浆深度示意图(纵剖面)

3.3 监测评估方式

为了更加直观地分析、评价地聚合物注浆加固技术在该桥桥接坡加固工程的应用效果,对该桥桥北侧(未注浆加固路段,前期进行小修,对路面沥青进行铣刨加罩)和桥南侧(注浆加固范围)分别进行为期半年的沉降监测,再将数据进行对比。

本次注浆加固效果评价选用桥梁的东半幅南北两侧桥接坡作为监测对象,采用苏州一光DSZ1型高

精度水准仪进行沉降观测,精度 0.1 mm,每千米往返测量高差标准偏差不大于 0.7 mm。

3.3.1 监测点布置

如图 8 和图 9 所示沿桥接坡,采用沉降标记钢钉进行标记,在距桥头 5 m (桥头搭板边缘)、15 m、25 m 位置布置监测点,每个水平高度位置布置 2 个监测点。

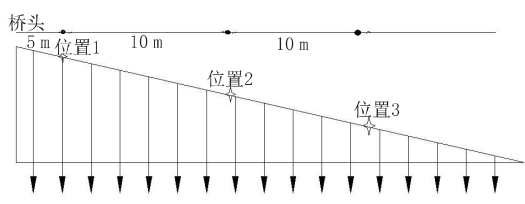


图 8 观测点位置示意图(纵剖面)

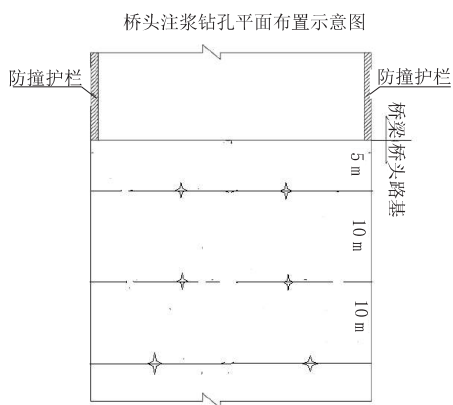


图 9 监测点水平位置示意图

3.3.2 定期监测记录数据

选取一个固定的观测位置(观测位置基础稳定,无明显沉降等问题,距离桥接坡坡底 30 m 左右),对每个监测点进行编号,定期在固定位置监测每个监测点标高的变化情况。每条水平线所有监测点沉降数据取平均值,作为该位置的沉降情况。

(1)监测频率每个季度一次,并记录每个监测点的标高,测算该位置路面沉降情况。

(2)选取桥梁的南侧桥接坡(未注浆加固),设置观测点,作为对比。

3.4 沉降监测结果

对桥接坡路面沉降监测结果见表 3。

桥南侧注浆加固桥接坡与桥北侧未注浆加固桥接坡各监测位置沉降幅度对比情况如图 10 所示。

4 小结

4.1 注浆加固效果

本项目采用地聚合物注浆加固技术对桥接坡台背填土区域进行注浆加固,增大台后路基的强度和承载力,改善和延缓桥头因回填土方下沉和软土路基沉降产生的跳车病害,能显著改善桥头结构的密实度,提高桥接坡道路整体承载力。处理好台背软弱地基,修复破碎的结构层,填充台背土基沉降产生的孔隙,是控制桥头跳车的重要措施。

表 3 一定时间后各监测点位沉降值 单位:mm

路段	离桥头距离	沉降点	3 个月后沉降值 /mm	平均值	半年后沉降值 /mm	平均值	1 年后沉降值 /mm	平均值	18 个月后沉降值 /mm	平均值
桥南侧东半幅(注浆加固段)	5 m	①	-0.5	-0.5	-1.5	-1.0	-2.5	-2.0	-5.0	-4.3
		②	-0.5		-0.5		-1.5		-3.5	
	15 m	①	0.0	0.0	-2.0	-2.5	-2.5	-3.2	-5.5	-5.7
		②	0.0		-3.0		-4.0		-6.0	
	25 m	①	-0.5	-0.5	-3.0	-1.8	-4.5	-3.0	-6.5	-5.5
		②	-0.5		-0.5		-1.5		-4.5	
桥北侧东半幅(未注浆加固)	5 m	①	-2.5	-3.3	-4.5	-5.5	-7.5	-8.0	-14.0	-15.5
		②	-4.0		-6.5		-9.5		-17.0	
	15 m	①	-5.0	-3.5	-7.0	-7.8	-13.0	-12.3	-15.5	-16.3
		②	-2.0		-8.5		-11.5		-18.0	
	25 m	①	-2.5	-3.3	-5.5	-6.5	-7.5	-10.5	-12.0	-14.2
		②	-4.0		-7.5		-13.5		-16.5	

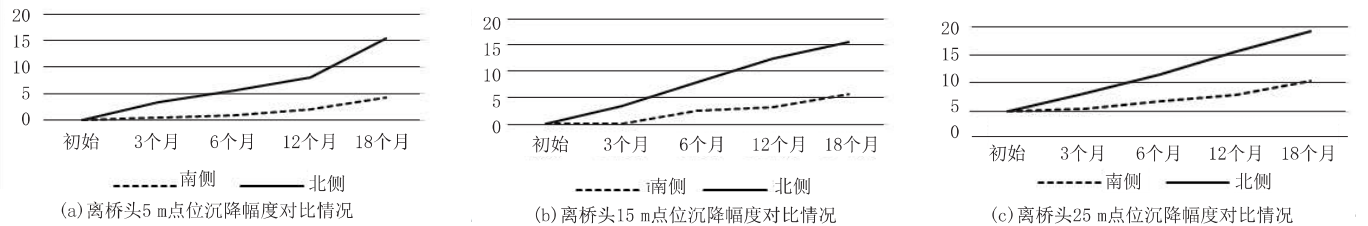


图 10 注浆加固桥接坡与未注浆加固桥接坡各监测位置沉降幅度对比(单位:mm)

通过定期监测对比桥梁东半幅南北两侧桥接坡沉降情况,对数据分析对比后可知,采用地聚合物注浆工艺对桥接坡进行加固的南侧桥头,注浆加固3个月、6个月、12个月和18个月后的沉降幅度均明显低于北侧桥头接坡。

采用地聚合物注浆加固工艺进行加固补强的桥梁南侧接坡,3个月沉降幅度在0~1 mm,半年后各点位沉降幅度在0.5~3 mm,12个月后各点位沉降幅度在1~5 mm,18个月后各点位沉降幅度在3~7 mm。未注浆加固的北侧接坡,3个月沉降幅度在2~5 mm,半年后各点位沉降幅度在4.5~8.5 mm,12个月后各点位沉降幅度在7~14 mm,18个月后各点位沉降幅度在12~18 mm。地聚合物注浆加固工艺大幅度延缓了该桥桥接坡软土路基的沉降。

4.2 社会价值与意义

地聚合物注浆加固技术,在桥接坡沉降治理工程的应用实施具有重大的社会意义,具体如下:

(1)材料理化性能好,绿色环保。地聚合物材料具备良好的流动性和渗透性,具有较高的早期和后期强度,耐腐蚀、耐久性较好。地聚合物制备工艺简单,低能耗、低排放、减轻环境的负荷。

(2)非开挖,无障碍施工,交通影响小。采用非开挖条件下的路面强度补强技术能够减少交通中断的时间,对桥梁和接坡主体结构影响极小,施工后养护

约1 d即可开放交通,减小社会影响。

(3)施工方便,易于控制。施工设备体积较小,施工便捷,加固深度可调节,有利于施工技术人员的精细化管理和质量把控。

(4)施工造价费用低,提升交通安全性。由于注浆工艺成熟,从技术经济角度比较,造价大幅降低。大幅度减缓土基沉降和桥头跳车病害的出现,提升行车安全,降低桥接坡维修养护的频率。

目前,行业内对于“桥头跳车”仍没有有效根治的办法。本次桥接坡注浆加固工程案例的实施和效果,以及所采用的评估监测方式,对地聚合物注浆加固工艺在江浙沪地区“桥头跳车”病害治理项目的应用具有良好的参考与借鉴价值。

参考文献:

- [1] 李明杰.桥头跳车病害分析及防治技术研究[D].西安:长安大学,2004.
- [2] 邓清泉.公路桥头跳车原因分析及防治措施研究[J].绿色环保建材,2019(10):112.
- [3] 张书政,龚克成.地聚合物[J].材料科学与工程学报,2003,21(3):431-436.
- [4] 季晓丽,陈荣,钟世云.地聚合物注浆材料在治理桥头跳车病害中的应用[J].华东公路,2010(2):52-55.
- [5] 李福利.道桥施工中常见的技术问题及解决措施[J].中国科技期刊数据库工业C,2015(15):114-116.

(上接第280页)

住宅高楼)、一侧邻近开挖卸载,且北侧高楼的回填土具有一定的时间效应,其加载侧变形均比卸载侧明显,且普遍存在超过警戒值。因此,加强支撑刚度、减少和控制额外超载和合理安排施工进度具有重要意义。另外,建议扩大加载侧的地表沉降监测范围。

(2)对于坑壁土体水平蠕变和地表沉降蠕变,加载侧的最大蠕变率均略大于卸载侧。除了北侧的高楼荷载,车辆循环荷载也加剧了蠕变效应。

(3)本基坑的高楼沉降以及立柱沉降均在报警值以内,且高楼沉降均匀,可见本基坑开挖对高楼的沉降影响较小。而且由于南侧在挖恒大基坑的存在,对本基坑的坑底有一定的卸载作用,使得立柱隆起不明显。

参考文献:

- [1] 董桂红,刘有军,郭海力.昆明市某深基坑变形监测实例分析[J].水利与建筑工程学报,2019,17(4):76-81.

- [2] 李淑,张顶立,邵运达.复杂环境下北京地铁车站深基坑变形时空规律研究[J].北京交通大学学报,2019,43(4):29-36.
- [3] 刘波.上海陆家嘴地区超深大基坑邻近地层变形的实测分析[J].岩土工程学报,2018,40(10):1950-1958.
- [4] 吴昌将,孙召花,赖允瑾,等.软土地区地下连续墙深大基坑的变形性状研究[J].岩土力学,2018,39(增刊2):246-253.
- [5] 丁智,王金艳,周勇,等.邻近基坑同步施工相互影响实测分析[J].土木工程学报,2015,48(增刊2):124-130.
- [6] 陈萍,王卫东,丁建峰.相邻超大深基坑同步开挖的设计与实践[J].岩土工程学报,2013,35(增刊2):555-558.
- [7] 丁智,王达,王金艳,等.浙江地区软土深基坑变形特点及预测分析[J].岩土力学,2015,36(增刊1):506-512.
- [8] 应宏伟,谢康和,潘秋元,等.软黏土深基坑开挖时间效应的有限元分析[J].计算力学学报,2000,17(3):349-354.
- [9] OU C Y, LIAO J T, LIN H D. Performance of diaphragm wall constructed using the top-down method [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1998, 124(9):798-808.
- [10] 应宏伟,孙威,吕蒙军,等.复杂环境下某深厚软土基坑的实测性状研究[J].岩土工程学报,2014,36(增刊2):424-430.