

地聚合物在城市道路中的应用与思考

陈卫琴

(盐城市市政设施管理处,江苏 盐城 224005)

摘要:地聚合物在城市道路中的加固应用实质是通过压密注浆的方法,弥补道路基层软弱及孔隙病害的不足。通过工程应用实例,对修复前后35个测点进行回弹弯沉值比较,在同等地基强度要求下,地聚合物工艺不仅施工期短、作业面小,固化迅速,且费用比传统路基新建费用低。

关键词:地聚合物加固;基层的迅速固化;造价低

中图分类号:U416.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5322(2021)02-0054-04

随着城市建设步伐加快,城市道路总里程数也在快速增长。黑色沥青砼路面以其噪音低、行驶舒适性高,而得到比较广泛的应用。但因其面层厚度较薄及有机沥青易于老化的原因,容易产生裂纹与车辙;半刚性基层在雨水冻融循环的渗透,以及车辆荷载的长期作用下,产生了各种道路病害,而这些病害又进一步加剧整个路面结构性破坏。

1 沥青混凝土路面破坏的原因

半刚性基层沥青砼路面的破坏主要有如下几种原因:

(1)路面裂缝与基层反射裂缝

沥青混凝土面层较薄,路面的纵向裂缝和网裂比较普遍,由于路表面沥青容易老化,沥青混合料的自愈合能力逐渐丧失,极限拉伸应变不断减小;在车载荷载反复作用下,路面承载力不足,在轮迹部位产生大的拉应力或剪应力,导致路面产生开裂,路面的结构性损坏。

基层结构松散,尤其在有雨水的季节,承载力不足以承受超载车和繁重交通的作用,造成路面大面积损坏。基层松散的原因少数是施工时没有成型,大部分是由于半刚性基层黏结力丧失,物理形态上呈现含有多种非晶质缺少黏结力,使整层的半刚性基层分裂为大块,在使用过程中又逐渐破碎为小块,最后成为碎块,从而形成基层

反射裂缝。

(2)基层变形沉降

因施工期太短,在软基固结沉降未达到稳定就铺设沥青路面,路面竣工后提前开放交通,导致其上顶面产生波浪式的不平整。填土路堤地基存在横向承载力显著不均匀的特性,两侧地基的承载力小,中部承载力大,路堤产生不均匀沉降,路堤两侧,产生外倾式沉降,将路面和路基掰开,在路面上产生宽度较大的上宽下窄纵向裂缝,当路面积水来不及排出时,雨水迅速从裂缝渗入基层。

(3)翻浆

进入底面层的水将直接滞留在基层的顶面。行车荷载产生的水压力,使滞留水首先冲刷基层表面的水泥细料或二灰细料,接着向下冲刷并形成白浆,在行车荷载的泵吸作用下,白浆被唧到面层表面层,浆被唧出的过程中,沿途的沥青混凝土碎石上的沥青剥落,轻则表面产生网裂变形,重则很快产生坑洞,碎石被甩出洞外,洞中积水,坑塘变大。

(4)车辙

车辙是因沥青混合料的流动性与可塑性产生。路面在高温下劲度模量大幅度降低,抗剪切变形能力不足以抵抗超载和重载车作用下的剪应力,尤其是在红绿灯路口,由于重载车车况差,频繁制动、刹车等,车辙更为严重。

严重车辙的内因是由于沥青混凝土的矿料级配不合适。连续式密集级配使沥青混凝土的高温抗形变能力较差,不能承受重载交通的反复作用,容易产生严重辙槽。自由水进入并长期滞留在中面层内,使中面层沥青混凝土强度显著减弱、沥青剥落直到松散,表面辙槽两侧鼓起,开始产生较严重车辙。

2 地聚合物的材料特性

由上文分析可见路面的裂缝、车辙、基层不均匀沉陷,表面水反复进入半刚性基层,经冲刷加剧基层松散,导致路面裂缝、翻浆、坑塘。城市道路因行车密集,大规模剖挖施工将会造成行车干扰,容易形成交通拥堵现象。

地聚合物是一种由 AlO_4 和 SiO_4 四面体结构单元,组成三维立体网状结构的无机聚合物胶凝材料。它能够在碱性条件下由搅拌均匀的液体凝结为强度很高的固体,类似水泥但力学性能却优于水泥。沸石粉、粉煤灰中都含有大量的硅铝氧化物,其含量均达到了总质量的 70% 以上。研究表明,沸石粉中铝硅氧化物的活性仅次于偏高岭土,粉煤灰中的铝硅氧化物同样具有较高的活性,在碱性溶液的激发下,沸石粉及粉煤灰中的硅铝氧化物能够溶解形成类似于水泥的胶凝材料,而后硅氧键和铝氧键在碱性激发剂的作用下发生断裂及重组,并最终导致硬化固结的发生,产生固体物质,具有较好的快速固化性及耐久性,能够将砂土颗粒进行包裹胶结。以沸石粉、粉煤灰为原料的地聚合物胶凝材料类似水泥却优于水泥的特性决定了其可作为一种优质的注浆材料,对处理工程中的路基加固、防渗等问题具有优良的效果。

通过注浆泵吸入地聚合物浆液,流经高压管,再注入道路路基或基层中,浆液在周围的土体中通过裂缝渗透、填充、压密、扩张,挤走基层结构土体缝隙内的积水和空气形成浆脉,使道路结构致密,缺损得到弥补,从而增加路基及基层的稳定性,延长道路结构的使用寿命,提高道路承载力。

3 地聚合物注浆的应用实例

高压注浆的地聚合物能有效弥补道路基层软弱及孔隙病害的不足。地聚物注浆加固技术取得了良好的工程应用效果。本文以盐城市八营路(海洋路—海潮路)段为例,该路段原路况见图 1。

该段道路重型过境车辆通行较多,道路长期



图 1 八营路(海洋路—海潮路)段路况
Fig 1 Road condition of baying Road (Haiyang Road-Haichao Road)

超荷载运行,出现大量裂缝、翻浆、车辙、坑塘、路基下沉等病害。病害处虽经过多次小型维修,但由于道路基础遭到破坏导致强度严重不足,病害问题仍未能彻底解决,严重影响了交通行驶。为满足道路交通使用功能,需对道路路基、基层进行加固处理,以增强道路承载能力和通行能力,确保行车安全。盐城市市政设施管理处对该段路病害进行处理,引进地聚合物注浆加固处理病害工艺。

3.1 铣刨沥青面层

对沥青路面车辙、网裂、坑洞部位用铣刨机铣刨去面层,边铣刨边人工清扫,裸露出基层的表面状况。

3.2 观察道路基层情况

若基层破碎、松散,需将基层拆除并采用 C20 水泥砼置换;若基层仅有裂缝,采用地聚合物灌缝处理;若基层比较完整、有较高强度,可直接利用。

3.3 地聚合物注浆加固

设计注浆深度约 140 cm,排距 150 ~ 180 cm,孔距 180 ~ 200 cm,梅花形布孔,孔径 50 mm。按质量检验标准进行检测,不合格的需二次补浆,直至合格为止。注浆加固有两种单价:6 h 养护可成型的单价为 140 元/ m^2 ,3 d 养护可成型的单价为 120 元/ m^2 。

3.4 清理表面

清理已经加固的基础表面,接缝处贴自黏式聚酯玻纤布,喷黏土层油或透层油后铺设下面层 8 cm 粗粒式 AC-25 沥青砼,上面层为 4 cm 细粒式 AC-13 沥青砼。

3.5 回弹弯沉检测

路面修复前,盐城市市政设施管理处委托江

苏苏江工程技术研究院有限公司对该路面进行了弹弯沉检测,结果见表 1。
基层顶面回弹弯沉测试,修复半年后又进行了回

表 1 地聚合物加固前后回弹弯沉值比较
Table 1 Comparison of rebound deflection values before and after geopolymer reinforcement

测点部位	起终点桩号	注浆前	注浆半年后	注浆前	注浆半年后	降低 百分比/%	合同约定
		平均弯沉/ μm	平均弯沉/ μm	代表弯沉/ μm	代表弯沉/ μm		
右幅	K0+000~K0+070	294	132	325	165	49.23	代表弯沉值
左幅	K0+000~K0+070	281	131	325	168	48.31	降低不低于 20%

4 注浆前后弯沉比较分析

注浆结束后进行弯沉检测,检测频率为每车道每 2 m 1 个点,总测点数为 34 个。检测结果对比可以看出通过地聚合物注浆,一幅车道的抗弯沉能力在 40% 以上,甚至达 50%,满足合同“代表弯沉值降低不小于 20%”的要求,说明注浆提高了道路基层的整体性,道路承载力明显提升。

5 地聚合物加固技术的总结

通过现场检测发现,采用地聚合物注浆材料对道路进行注浆加固后,病害路段弯沉值变低,抗弯沉能力得到大幅度改善,注浆后的道路整体性、稳定性显著提升,取得理想的加固补强效果。

(1)自重轻、强度高

通过对结构层注浆,使道路结构致密,增强道路结构的强度,提高承载力。硅铝浆液养护后形成的固体材料,自重轻且强度高,其抗压强度远远大于相同龄期的水泥浆液凝结体。

(2)工期短、能够迅速固化

早期强度高后期强度持续增长,养护周期 6 h 后即可在其上摊铺沥青混凝土面层,可提早开放交

通,城市道路等通行压力大的路段尤其适合。

传统工艺(如 36 cm 水稳+8 cm AC-20+5 cm SMA)工序较多,同时由于水稳层养护周期比较长且受天气条件制约,总工期需 4 个月。用注浆加固工艺,工序简单、养护期短且受天气干扰较小,注浆加固 3 d 后即可进行后续工作,总工期仅需 2 个月,能节省一半工期。

(3)作业面小、交通影响小

采用传统工艺至少需封闭半幅道路施工,施工作业面较大,施工工期长,需要大面积材料堆放场地。施工使用的大型机械较多,进出施工场地时对周边交通干扰较大。

总体而言,传统工艺对交通影响较大,许多路段因此不具备施工条件,无法施工。采用注浆加固工艺,仅需单个车道封闭施工,施工作业面较小,注浆结束后 3 d 即可开放交通,该工艺用材为成品浆液,无需大面积材料堆放场地,施工所需机械较少,仅需 1 辆施工作业车即可,绝大部分交通繁忙的路段均具备施工条件。

(4)工序少、造价低

地聚合物注浆加固技术与常规路面开挖法修复道路的造价对比分析见表 2。

表 2 100 m²路面造价对比分析
Table 2 Comparative analysis of 100 m² pavement cost

常规维修方法拆除与新建		地聚合物注浆加固
施工内容	费用	
拆除基层二灰碎石 36 cm	32 元/m ² × 100 m ² = 3 200 元	6 h 养护期即可成型(含交通维护)
外运渣料 5 km	40 元/m ² × 100 m ² × 36 cm = 1 440 元	
新建 20 cm C20 水泥砼基层	100 元/ m ² × 100 m ² = 10 000 元	
新建 16 cm 水泥稳定碎石基层	50 元/ m ² × 100 m ² = 5 000 元	
临时围挡设施	30 元/m × 70 m = 2 100 元	
交通疏导用工	10 个小工 800 元	140 元/m ² × 100 m ² = 14 000
小计	22 540 元	14 000 元

由表 2 可见,采用地聚合物注浆技术造价为传统路基新建造价的 62. 1%,极大地节约了成本。

(5)新工艺的不足与思考

地下结构层在长期荷载作用及雨水的冲刷下具有不可见与不可预期性。有效控制地聚合物的注浆量、防范路面抬升起拱或浆液流失,防止地聚

合物注浆区域周边道路结构及基础设施因高压而带来的扰动,是今后研究的主要内容。

通过采用计算机辅助技术,实现破损道路基层结构均匀度、密实度的图像与数据同步,有效控制注浆量及压力大小,以获得更好的注浆加固补强效果。

参考文献:

[1] 何仙伟. 公路路基路面设计安全检查问题探讨[J]. 中国高新技术企业,2008(8):258,262.
[2] 范宏建. 范建地聚合物注浆加固技术在拓建后道路路基加固养护的应用研究[J]. 路基工程,2015(4):199-204.
[3] 张书政,龚克成. 地聚合物[J]. 材料科学与工程学报,2003(3):430-436.

The Application and Thinking of Geopolymer in Urban Road

CHEN Weiqin

(Department of Yancheng Municipal Facilities Management, Yancheng Jiangsu 224005, China)

Abstract: In essence, the application of geopolymer in the reinforcement of urban roads is to make up for the weakness of the road base and the deficiency of pore diseases through the method of compaction grouting. Through the engineering application examples, the rebound deflection values of 35 measuring points before and after the repair are compared. Under the same foundation strength requirements, the geopolymer technology not only has short construction period, small working surface, rapid solidification, but also has lower cost than the traditional subgrade construction.

Keywords: geopolymer reinforcement; rapid curing of the base; low cost

(责任编辑:张英健)