

提高水泥混凝土路面耐久性的控制措施研究

王玉杰

(赞皇县交通运输局,河北 赞皇 051230)

摘要: 结合具体工程,对影响水泥混凝土路面耐久性的主要因素进行了调查分析,针对水泥混凝土路面耐久性存在的问题,从设计与施工两个环节提出了相应的控制措施和建议,结论对混凝土路面的设计和施工有一定的参考价值。

关键词: 水泥混凝土;路面;耐久性;措施

中图分类号: U418.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)01-0056-05

0 引言

目前,国内外在水泥混凝土路面耐久性的研究主要集中在路面结构层设计^[1-3]、路面耐久性的评价方法^[4-5]、水泥混凝土配合比对耐久的影响^[6]等方面。我国水泥混凝土路面耐久性的研究现状仍较为滞后,针对性不足,存在诸多问题没有很好的解决。

截止到2010年底,我国水泥混凝土路面里程已经达到137.55万km,占水泥、沥青铺装路面总里程191.8万km的71.7%,我国已经成为水泥混凝土路面世界第一大国。由于我国水泥混凝土路面设计理论不够完善,施工经验不足以及养护时不够规范和重视等众多原因,许多路面或出现结构性损坏,或出现功能性缺陷,严重影响了公路使用质量,大部分水泥混凝土路面都维持在较低的服务水平上,面临着修复、改建和重建工作。如果水泥混凝土路面出现损坏,不但维修施工难度大,施工费用高,而且影响公路通行。水泥混凝土路面使用寿命短、频繁养护维修造成的交通堵塞,造成了巨大的资源浪费,不利于公路可持续发展的目标。结合石家庄市红旗大街南延工程,对水泥混凝土路面耐久性的因素进行了分析,对如何有效提高水泥混凝土路面耐久性问题进行了初步研究。

1 水泥路面耐久性的影响因素

水泥混凝土材料耐久性的影响因素是多方面的,但对水泥混凝土路面耐久性影响主要出现在施工环节和设计环节。使用年限内组成路面的混凝土长时间的暴露在大气中,受到周围环境各种因素影响和作用,水泥混凝土路面的耐久性主要指抗冻性,破坏的主要表现是水泥混凝土路的裂缝。通过调查发现,红旗大街南延工程中水泥混凝土路面的破坏主要有以下几个原因。

(1) 红旗大街南延工程部分路段出现的损坏,很大一部分都是从裂缝开始的,水泥混凝土路面的开裂是引起路面损坏的最主要原因。路面产生裂缝后,会严重影响水泥混凝土路面的使用性能,加速损坏进程,所以研究水泥混凝土路面的耐久性,应着重解决影响水泥混凝土路面裂缝和抗折强度的因素,针对不同的因素采取相应措施提高路面的耐久性和使用年限。

(2) 石家庄地区处于季节性冻土区,水泥混凝土路面随着气温的不断变化,受到交替冻融的循环作用,使混凝土强度降低甚至出现破坏。随着冻融次数的不断增加混凝土的相对动弹模量开始下降,质量开始衰减。

(3) 水泥混凝土路面的碳化作用。由于混凝土表面裸露在空气中,空气中的二氧化碳与路面混凝土中

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2014.01.11

收稿日期: 2013-11-28

作者简介: 王玉杰 男 1978年出生 工程师

所含的氢氧化钙发生化学反应,转化生成水和碳酸钙。路面混凝土碳化的危害主要表现在两个方面,一方面由于不断的碳化使的路面混凝土碱性大幅减少,致使在高碱环境下混凝土内钢筋表面形成致密氧化膜逐渐破坏消失,原有的钢筋保护层被破坏后,钢筋由于失去保护层而产生锈蚀。另一方面不断发生的碳化进程逐渐的增加了混凝土表面的收缩,由于路面混凝土表面收缩而使拉应力从产生到不断增大,慢慢在表面形成细微裂缝,随着裂缝的发展,由表及里当裂缝发展到一定程度后,就降低混凝土的抗折强度。

(4) 水泥混凝土路面在轮胎的不断磨耗和雨水的不断侵蚀下混凝土的磨损量不断加大,加之雨水中的酸性物质含有的硫酸根离子与水泥中的氢氧化钙发生反应,使混凝土内部膨胀,最终造成路面混凝土产生破坏。造成混凝土路面表面粉化、脱落、裸露骨料。

(5) 混凝土碱-集料反应引起混凝土产生膨胀、开裂,甚至产生破坏。由于混凝土中的集料呈均匀分布,所以裂缝先大量、无序的出现在混凝土表面,随后在该作用与其他因素的共同作用下使路面混凝土耐久性迅速降低。

根据影响因素分析,在水泥混凝土路面的设计与施工环节对其设计参数和施工过程控制,可以有效的预防路面破坏并延长其使用寿命。

2 设计阶段的控制措施

(1) 加强现场交通情况调查。水泥混凝土路面各结构的设计厚度、混凝土面板设计厚度、混凝土设计强度、板块尺寸、胀缝及钢筋设置、缩缝设置等对水泥混凝土路面的耐久性有着很重要的影响。如果设计阶段没有在对相应的交通环境、车辆载重情况做深入勘测分析的基础上,做出相应合理的设计,将会严重影响水泥混凝土路面的耐久性。

(2) 设计荷载确定的准确性。目前我国水泥混凝土路面的设计计算理论,虽然考虑了温度疲劳应力等因素,但设计水泥混凝土路面结构仍需要进一步完善,因为当大量超载车辆行驶时,路面结构仍无法承受巨大的冲击破坏力。红旗大街南至工业区道路路面设计采用双轮组单轴载 100 kN 作为标准轴载(BZ-100),设计基准期为 30 a,在设计年限内累计当量轴次 N_e 为 8.548×10^6 次/车道。目标可靠指标为 1.28。设计弯拉强度标准值为 5 MPa,抗拉弹性模量 31 000 MPa;路基顶面回弹弯沉值为 285.8(0.01mm);设计中路面材料设计参数和路基回弹模量值:水泥稳定碎石 1 500 MPa,石灰土 450 MPa,路床顶 41 MPa。

通过计算确定路面结构组成为:28 cm 水泥混凝土面层(弯拉强度 5 MPa);18+18 cm 水泥稳定碎石基层(无侧限抗压强度 4 MPa),18 cm 厚石灰稳定土底基层(无侧限抗压强度 0.8 MPa)。基层水泥稳定级配碎石采用集中厂拌法施工,设计配比为 5:95,混合料压实度大于 98%;底基层石灰稳定土中,石灰剂量为 12%,压实度大于 95%。虽然红旗大街严格按照规范要求设计了严谨的路面结构层,但通车后部分路段在重载车辆的作用下仍然出现了损坏。

所以在今后设计中可否由静力学向动力学发展,除了应力计算外,再加入冲击力的验算对路面结构进行修正,同时,对水泥混凝土路面的典型结构进行深入探讨,提出新的结构组合方式。

3 施工阶段的控制措施

水泥混凝土配合比的设计和优化是提高水泥混凝土路面质量,增加耐久性的关键技术,优化配合比设计时不但要使各种原材料严格满足水泥混凝土路面的物理力学指标外,还要考虑混凝土的工作性和经济性。红旗大街南延工程施工过程中十分重视对水泥混凝土配合比设计优化。

3.1 合理选取外加剂

外加剂按功能分改善混凝土流变性的外掺剂、改善混凝土耐久性的外掺剂、调节混凝土硬化性能和凝结时间的外掺剂、改善混凝土其他性能的外掺剂四大类。混凝土外掺剂是在产生混凝土过程中加入的,用以改善混凝土性质,加入量一般不超过水泥质量的 5%。常用外掺剂如减水剂可以改善混凝土流变性、引气剂可以同时改善混凝土流变性和耐久性,见表 1。

表 1 加入引气减水剂试验结果

编号	试验项目	水泥/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	水/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	水灰比(W/C)	外掺剂 UNF/%	坍落度/mm	抗压强度/MPa
A	基准混凝土	350	185	0.53		32	38.8
B	增大流动性	350	185	0.53	0.5	93	39.2
C	提高强度	350	167	0.48	0.5	33	44.8
D	减少用水	315	167	0.53	0.5	34	38.2

3.2 控制粗集料和细集料的级配

路面混凝土级配对弯拉强度影响很大,如果级配不符合要求,混凝土振动后就无法达到逐级充填压实结构,无法形成高弯拉强度需要的嵌锁力,而且粗集料级配对路面的干缩和温缩裂缝影响相当大。细集料中砂的细度模数变化不应过大,如果砂源不同,砂的细度模数不应超过 0.3。当细度模数变化较大时,将会使混凝土的稠度变异较大,甚至会达到失控的程度。由此而产生振捣不密实、麻面或水泥浆薄厚不均、塌边等现象,从而影响路面耐久性。红旗大街南至工业道工程集料级配标准见图 1 和图 2。

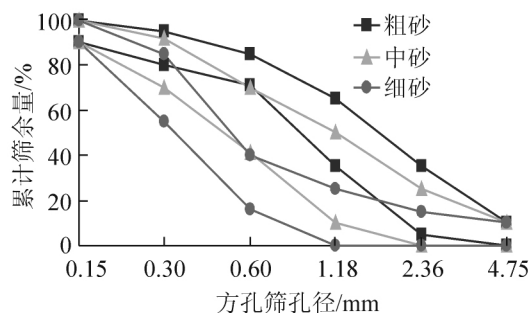


图 1 细集料的级配范围

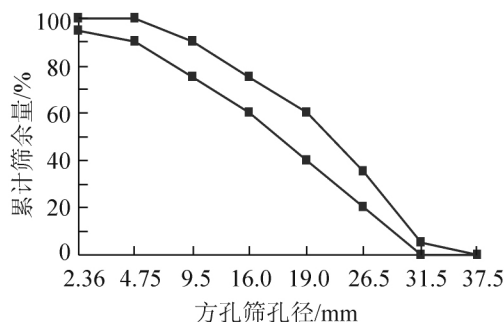


图 2 粗集料级配范围曲线

3.3 控制水灰比

红旗大街南至工业区道路试验室,采用水灰比分别为:0.43、0.48、0.53、0.58 试制 4 组混凝土试块。配合比中砂、碎石用量不变,用水量也保持不变。除基准配合比一组外,其它 3 组均测定坍落度并观察其粘聚性和保水性,见表 2 和图 3。

表 2 混凝土强度与水灰比对比

编号	水灰比(W/C)	灰水比(C/W)	28 d 抗压强度/MPa
1	0.43	2.33	52.2
2	0.48	2.08	46.8
3	0.53	1.89	40.4
4	0.58	1.72	35.6

通过对红旗大街工程中的试验数据和施工观测数据进行分析,要减少收缩裂缝、混凝土徐变,提高混凝土路面的抗冻性、耐磨性、避免碱-集料反应,实现路面混凝土耐久性提高在配合比设计阶段要做好以下几个方面:一是采用最优密级配集料,正确合理进行级配设计,提高集浆比,必须在混凝土中使集料形成密实骨架;二是选用优质骨料,尽量采用含泥量少又均匀的机制砂,粗集料宜选取弹性模量较高的岩石轧制;三是采用较低的水灰比,尽量减少水的用量,要特别注重水泥品种的选取,应使用含碱量少于 0.6% 的水泥,防止碱-硅反应的损害。四是注重外掺剂的选择,杜绝含有氯盐的早强剂,为了防止碱-集料反应可选用抑制碱集料反应的掺合料;五是正确合理的选取砂率,并控制好砂的细度模数和均匀性。

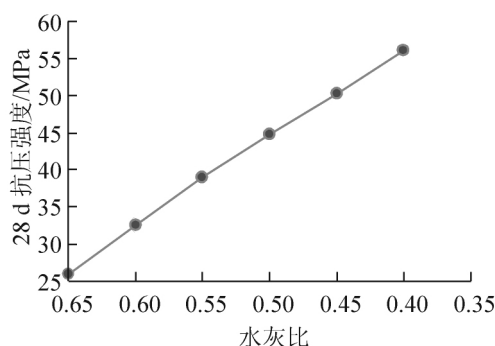


图 3 水灰比与强度关系曲线

3.4 质量保证措施

推广使用机械施工是解决好水泥混凝土路面面板质量的有利措施。

(1) 施工过程中必须强化路基施工质量,增加路基强度和稳定性,减少路基土变形引起的水泥混凝土

路面损坏。路基施工中路堤应分层填筑,分层碾压,特别是路堤边角部位要注意碾压密实,做到路堤横向的密度均匀,避免因路基不均匀沉降引起路面损坏,而影响路面耐久性。

(2) 红旗大街南至工业区道工程水稳碎石施工采用厂拌法碎石级配见图 4,按照该级配范围控制施工,该工程水稳基层顶面几乎没有裂缝。所以控制住基层裂缝,避免在路面形成反射裂缝,首先应保证水稳混合料的均匀性,将材料集中进行厂拌,并控制好水稳混合料级配组成,如图 5 所示;其次控制好摊铺的均匀性,选用摊铺机进行摊铺,待基层整平压实后,养生好,杜绝基层出现干缩或温缩裂缝。

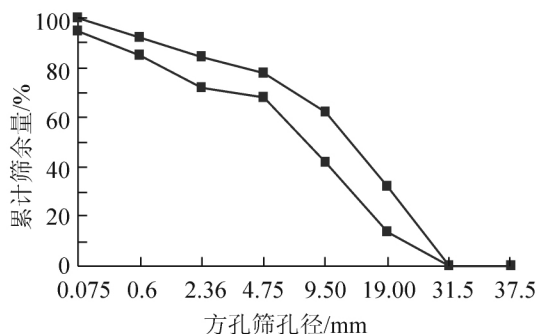


图 4 水泥稳定级配碎石范围

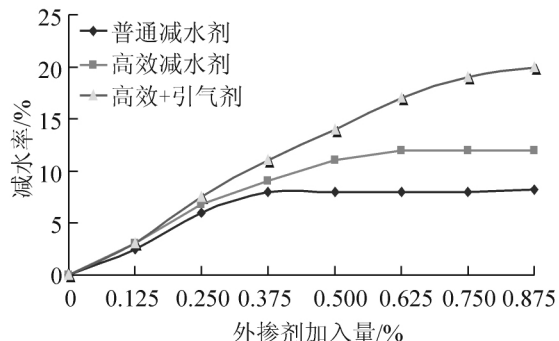


图 5 外掺剂与混凝土减水剂的关系

(3) 对施工过程中出现的路基和基层裂缝。清扫基层,对损坏部分进行修补,坑槽修补时宜使用高标号的水泥砂浆修补平整密实。裂缝应首先进行清缝,然后灌入沥青,再在表面粘贴不窄于 1 m 宽的单层油毡,防止路面反射裂缝的出现。

(4) 路面混凝土拌合前必须对砂石原材料进行含水量检测,并根据检测数据调整用水量,保证混凝土的工作性。达到既不因水量过大影响强度,产生裂缝,也不应出现水量过小而影响混凝土施工和易性。

(5) 严格路面纵横缝的施工。尽量少设胀缝,胀缝的钢筋补强位置,应预先标识并提前到位,不能影响摊铺机的连续作业。由于嵌缝板和传力杆的影响,在不易振捣密实的混凝土处,必须强化该处的振捣,避免出现造成强度不足。

(6) 注重完工路面的养生。施工完成一段,在不影响平整度的情况下养生越早越好,喷洒养护剂的浓度、遍数,应根据温度、风速、湿度等确定。掌握好切缝时间,及时切缝。

4 结束语

提高水泥混凝土路面的耐久性应从材料本身性能改善开始,消除混凝土结构的先天不足,同时更要则重于做好设计与施工相结合,将环境对水泥混凝土路的影响减少至最小。把耐久性设计提升到与强度设计并重的高度。在耐久性设计的基础上进一步完善强度设计,分析混凝土劣化的原因,在设计阶段充分考虑可能发生的损坏并加以防护,在施工阶段严格控制施工质量,减少人为因素造成的结构损伤,最大限度地发挥混凝土结构的使用价值,从而达到改善和提高混凝土的耐久性,延长混凝土路面的使用年限的目的。

参 考 文 献

- [1] 王硕太. 道面水泥混凝土耐久性设计参数试验研究 [J]. 建筑技术, 2011, 42(12): 1111-1114.
- [2] 刘数华, 张忠伟. 道路混凝土路面裂缝问题综述 [J]. 路基工程, 2008(2): 20-21.
- [3] 焦双健, 李龙飞, 郭勇. 水泥混凝土路面断裂影响因素的探究 [J]. 黑龙江交通科技, 2013(1): 116-117.
- [4] 孙增智. 道路水泥混凝土耐久性设计研究 [D]. 西安: 长安大学, 2010.
- [5] 李瑞平, 杨惠霞. 关于水泥混凝土路面耐久性的分析 [J]. 科技与企业, 2013(17): 193.
- [6] 翟红侠, 李志标, 王爱国等. 道面耐久性混凝土配合比优化设计试验研究 [J]. 安徽建筑工业学院学报, 2012(8): 48-50.

(下转第 83 页)

- [4] 宋新生. 城市群区域公路网节点重要度评估方法研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(2): 84-89.
- [5] 宋志慧, 宋志艳. 基于熵理论的河北省可持续发展水平评价研究 [J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2012, 6(2): 12-17.
- [6] 陈伟珂, 龙昭琴. 基于熵权和可拓理论在评标中的应用 [J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2011, 5(3): 5-10.
- [7] 向隅. 基于三角模糊数的 TOPSIS 评价方法在新建铁路线路选择中的应用 [J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2011, 24(2): 56-60.
- [8] 江苏省统计局, 国家统计局江苏调查总队. 江苏统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010: 1-890.
- [9] 孟国连. 区域性运输通道布局规划方法及应用研究 [D]. 北京: 北京交通大学交通运输学院, 2010.
- [10] 江苏省建设厅. 江苏省城镇体系规划(2001~2020) [R]. 南京: 江苏省住房和城乡建设厅, 2002.

Node Importance Evaluation in Comprehensive Transportation Corridors Based on Ameliorated Entropy Weight and Improved TOPSIS Model

Li Guanglu, Zhu hai, Lv Ming

(School of Transportation & Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Node importance evaluation is very important in regional comprehensive transport corridor planning. To evaluate the regional node important degree accurately, this paper analyzes the factors that influence the node important degree and builds a multi-level comprehensive evaluation index system. In order to give considerations to both subjective and objective factors when determining the weights of indexes, this paper puts forward a method based on ameliorated entropy weight. To overcome the shortcomings of traditional TOPSIS model, this paper puts forward the concept of hierarchical domain contact ratio for model improving. Finally this paper explains algorithms and tests the applicability through case analysis.

Key words: corridor planning; node important degree; ameliorated entropy weight; improved TOPSIS

(责任编辑 刘宪福)

~~~~~  
(上接第 59 页)

## Study on Control Measures for Improving Durability of Cement Concrete Pavement

Wang Yujie

(Zanhuang Roads and Traffic Administration, Zanhuang County 051230, China)

**Abstract:** Based on specific project, this article analyzes the main factors affecting the durability of cement concrete pavement, and gives some measures and suggestions on improving the durability of cement concrete pavement from the design and the construction.

**Key words:** cement concrete; pavement; durability; measures

(责任编辑 刘宪福)