

文章编号: 1005-0523(2008)01-0012-04

# 露石水泥混凝土路面质量评价指标研究

宋永朝<sup>1</sup>, 潘晓东<sup>1</sup>, 梁乃兴<sup>2</sup>, 刘柳<sup>2</sup>

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074)

**摘要:** 从露石水泥混凝土路面的行车安全和行驶质量入手, 通过大量室内实验、实验路段的施工及性能测试, 对露石水泥混凝土路面的露石表面离析问题、抗滑性能、行车噪声、露石表面平整等主要评价指标进行了分析。提出了露石点数、构造深度、抗滑性能等之间的关联, 并分别对各评价指标的测试方法、程度评价进行了研究, 为确保和提高露石水泥混凝土路面质量有着重要意义。

**关键词:** 露石水泥混凝土; 表面离析; 抗滑性能; 路面噪声; 评价指标

中图分类号: U416.216

文献标识码: A

路面抗滑性能反映了道路安全方面的使用性能。露石水泥混凝土路面与拉毛刻槽处理的普通水泥混凝土路面相比, 露石水泥混凝土路面的纵向和横向都具有良好的抗滑性能, 抗滑表面耐久性也大大增加, 减少交通安全事故的发生。同时, 露石水泥混凝土路面能减少对环境的负面影响, 降低了路面行车噪音。

露石水泥混凝土路面作为新型的水泥混凝土路面, 国内外已开展了一定的研究, 但在国内露石水泥混凝土路面质量方面的研究未见报道。对此, 笔者针对国内情况, 通过大量室内实验与试验路段的铺筑, 鉴于露石水泥混凝土路面的低噪音、高抗滑等优良路用性能<sup>[1]</sup>, 对露石水泥混凝土路面的露石表面离析问题、抗滑性能、行车噪声、露石表面平整等主要评价指标进行了研究, 以期为确保和提高露石水泥混凝土路面质量提供指导。

## 1 露石表面离析的评价

露石水泥混凝土路面的露石表面离析对行车存在很大的安全隐患。露石表面离析主要有两种类型: 集料级配离析和露石表处离析。集料级配离析是由于水泥混凝土拌合物在运输、摊铺、浇注成型过程

中, 拌合物粗、细集料局部区域发生聚集而造成拌合物离析, 颗粒级配组成发生较大变化, 从而导致露石表面颗粒分布不均匀。露石表处离析是指露石水泥混凝土路面进行表面处理时, 由于露石工艺因素引起路表露石深度的局部不均匀现象。前者可通过优化混凝土配合比设计、控制粗集料的最大粒径与级配组成、控制水胶比在理想的范围等方法得到避免, 后者可通过规范露石施工工艺及机械化生产而得到改善。

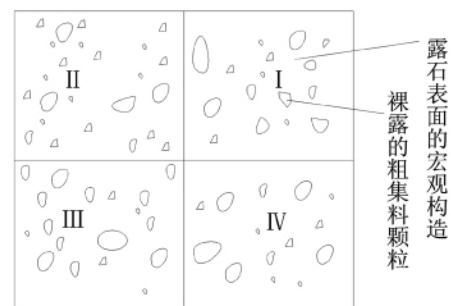


图1 露石点数示意图

### 1.1 目测分析法

在露石水泥混凝土路面抽样地点选取边长为20 cm的正方形面积, 然后一分为四, 分别观测I、II、III、IV四个区域内的露石情况, 记录各个区域内的表面的露石点数, 参见图1。笔者定义的露石点数是

收稿日期: 2007-12-12

作者简介: 宋永朝(1975-), 男, 湖南双峰人, 博士生, 从事道路交通安全与环境工程研究。

指在边长 10 cm 正方形区域内粗集料裸露的颗粒数. 通过分析四个区域内露石点数的差异, 评价表面露石离析程度.

若各区域露石点数的数值接近, 说明露石表面局部未发生离析. 计算四个区域内露石点数数值的平均值  $\bar{x}_i$ 、标准差  $s$  与变异系数  $c_v$ ,  $c_v$  值愈大说明局部露石表面离析程度愈大. 在露石水泥混凝土路面多处抽样选点, 根据各选点处的露石点数数值的

平均值  $\bar{x}_i$ , 计算其标准差  $s$ 、变异系数  $c_v$ .  $c_v$  值大说明该路段露石表面离析程度大.

笔者对公称最大粒径为 9.5 mm、16 mm、26.5 mm 的连续级配粗集料分别进行混凝土试配, 然后在混凝土块表面进行相同的露石工艺处理(相同的露石处理时间、表面刷除次数、养护条件), 得到粗糙程度、构造深度不一的露石表面, 各区域露石点数测试结果见表 1 所示.

表 1 露石表面的露石点数测试结果

编号	公称最大粒径 mm	不同区域内的露石点数				平均值 $\bar{x}_i$	标准差 $s$	变异系数 $c_v$
		I	II	III	IV			
a	9.5	123	118	128	119	122	4.546	3.726
b	16	101	95	105	93	98.5	5.508	5.591
c	26.5	65	59	73	63	65	5.888	9.058

从表 1 试验结果通过目测法进行分析,  $c_v$  的大小顺序为  $a < b < c$ . 因此得出: 随着粗集料粒径增大, 单位面积内的粗集料露石点数随之减少, 露石表面离析程度愈大. 为了减少或者避免露石表面离析, 应严格控制集料的最大粒径及颗粒级配<sup>[2]</sup>.

## 1.2 构造深度法

采用电动铺砂法、手工铺砂法或动态激光构造深度仪法, 测定露石水泥混凝土的露石表面构造深度<sup>[3]</sup>. 分析构造深度值之间的差异, 可以通过局部构造深度与平均构造深度的比值, 判定露石表面局部的离析程度. 另外, 可以运用图像法<sup>[4]</sup>来识别露石表面离析程度.

## 2 抗滑性能的评价

路面在潮湿不利条件下抗滑性能大大降低, 容易引发交通事故<sup>[5]</sup>. 露石表面具有良好的表面排水性能, 能加大轮胎与路面的有效接触面积, 提供足够的抗滑系数, 降低事故率.

现行规程中评价当前路面抗滑性能的方法有手工铺砂法、电动铺砂法、激光构造深度仪法、摆式仪法、制动距离法和摩擦系数测试车法(纵向力系数法、横向力系数法). 考虑到露石表层抗滑性能主要受露石颗粒表面分布状况、露石颗粒间的宏观构造及露石颗粒表面的微观构造因素的影响. 为了寻找露石表面抗滑性能与路面状态之间的联系进行了大量的实验: 在 66 个露石表面样本中分别进行抗滑值、构造深度实验, 以抗滑测试点为中心的边长 10 cm 正方形区域内进行露石点数测试, 试验结果见图 2、图 3.

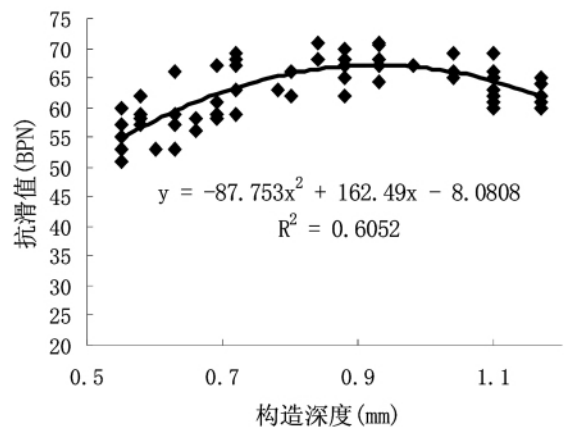


图 2 抗滑值与构造深度关系

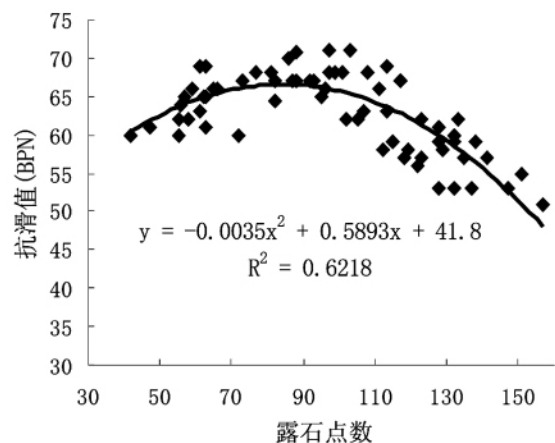


图 3 抗滑值与露石点数关系

从图 2 抗滑值与构造深度关系可以看出, 构造深度少于某个值(约 1.0 mm)时, 抗滑值与构造深度呈正相关; 构造深度大于此值时, 抗滑值与构造深度呈负相关. 从图 3 抗滑值与露石点数关系可以看出, 露石点数少于某个值时, 抗滑值与露石点数呈正

相关; 露石点数大于该值时, 抗滑值与露石点数呈负相关. 露石处理后混凝土表面的构造深度增大, 单位面积内的粗集料露石点数减少, 潮湿不利条件下的抗滑值随露石表面的构造深度增大而增大, 抗滑性能增强. 随着露石表面的构造深度继续增大, 单位面积内的粗集料露石点数继续减少, 抗滑值随着表面单位面积内的粗集料露石点数减少而减少, 抗滑性能反而有所下降.

因此, 露石混凝土路面的抗滑性能与表面的构造深度、单位面积内的粗集料露石点数有关. 现行规范中水泥混凝土路面对构造深度只提出了最低值要求(高速公路、一级公路不少于 0.8 mm, 其他公路要求 0.6 mm). 笔者认为露石水泥混凝土路面的构造深度, 应既有最小值又有最大值的双重要求来保证路面的抗滑性能更为合理.

### 3 行车噪声的评价

根据我国《中华人民共和国环境保护法》, 1982年颁布了《城市区域环境噪声标准》(GB 3096-82), 1993年该标准经修改后重新颁布(GB 3096-93), 与此相关的噪声测量标准包括《声学、环境噪声测量方法》GB/T 3222-1994、《城市区域环境噪声测量方法》GB/T 14623-1993. 两个测量标准适用于城市区域环境、交通干线噪声的测量.

2006年9月, 露石水泥混凝土路面试验路段修筑于河北省遵宝线遵化至玉田段, 当年11月下旬进行了噪声测试. 主要仪器: 声级计、测试车选用桑塔纳小汽车. 试验步骤: ①测点距行车中心线 7.5 m, 声级计距离地面垂直距离 1.2 m; ②测试车分别以 40、60、80、100 km/h 速度行使, 距测试点最近时记录声级计读数, 平行测试记录 3~4 组数据.

对于露石水泥混凝土路面实验路段与同条件下摊铺的普通混凝土路面实验段分别进行道路交通噪声测试, 测试结果如图 4 所示.

从图 4 可以看出, 露石水泥混凝土路面与普通水泥混凝土的行车噪声相比较, 在 40 km/h 低速行驶降噪 1.7 dB(A), 在 60 km/h 速度行驶降噪 1.7 dB(A), 在 80 km/h 速度行驶降噪 2.1 dB(A), 而在 100 km/h 高速行驶时降噪 2.7 dB(A), 降噪百分率为 3.5%. 随着车速的增加, 露石水泥混凝土的降噪效果愈来愈明显, 降噪幅度愈来愈大. 因此, 露石水泥混凝土路面在快速干线公路建设应用具有广泛的前景.

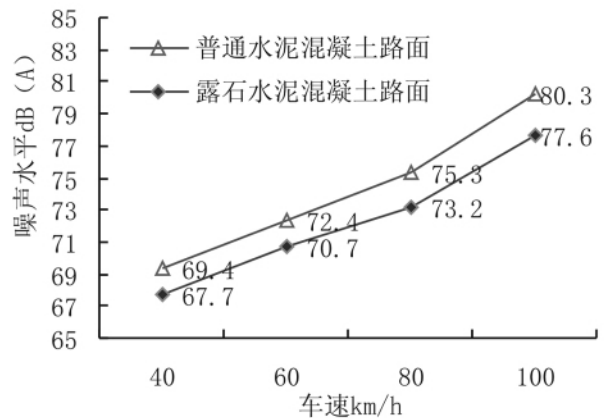


图 4 不同路面的行车噪声

## 4 露石表面平整度评价方法介绍

路面平整度是评定路面使用品质的重要指标之一, 直接关系到露石水泥混凝土路面的行车安全、路段的通行能力以及运营的经济性, 同时还会加速道路结构的破坏, 影响路面的使用年限和养护周期, 直接反映了路面行驶的舒适性及安全性, 是一个涉及人、车、路三方面的指标. 平整度主要包括纵向和横向平整度, 通常纵向平整度对道路的使用质量影响较大, 平整度指标以纵向平整度为主. 鉴于露石表面具有较大的构造深度及良好的快速排水性能, 因此对于露石水泥混凝土路面的横向平整度也应提出相应的要求.

目前国内外平整度测试的方法和仪器较多, 可划分为两大类型: 断面类平整度测定及反应类平整度测定. 断面类主要包括 3 m 直尺、连续式平整度仪、自动化路面纵断面剖面仪、道路激光平整度测试车等; 反应类有车载式颠簸累积仪、响应式自动化路面平整度分析仪等. 另外, 还有类似反应类平整度测定系统标准化的平整度指标: 国际平整度指数 (IRI)<sup>[6]</sup>. 我国现行的现场测试规程中规定了测量平整度的试验方法及相应的平整度评价指标: 3 m 直尺测定法评价指标为最大间隙 ( $h$ ); 连续式平整度仪测定法评价指标为标准差 ( $\sigma$ ); 车载式颠簸累积仪测定法评价指标为单向位移累积值 (VBI).

## 5 结束语

露石水泥混凝土路面拥有丰富纹理的露石表面, 使其具有低噪音、高抗滑等优良的路用性能, 从路面质量的角度, 分析了露石表面离析、抗滑性能、

行车噪声、露石表面平整等露石水泥混凝土路面主要评价指标。

露石表面离析评价采用了目测分析法与构造深度法,其中目测分析法可以对露石表面离析进行定量分析;在抗滑性能方面,结合大量试验,阐明了露石点数、构造深度、抗滑性能等之间的关联,露石水泥混凝土路面的构造深度,应既有最小值又有最大值的双重要求来保证路面的抗滑性能更为合理;结合实验路段,阐述了行车噪声的测试方法,指出随着行车速度的增加露石路面噪声降低幅度愈大(与普通水泥混凝土路面相比);根据国内现况,概述了路面平整度指标的评价方法。

#### 参考文献:

[1] 韩森,李志玲,张东省,路学敏,师延强. 露石水泥混凝土

路面关键技术研究[J]. 中国公路学报, 2004, (4): 17 - 20.

[2] 宋永朝,梁乃兴. 低噪音高抗滑露石水泥混凝土路面技术[J]. 重庆交通学院学报, 2007, (3): 58 - 61.

[3] 郑晓光,朱云升,丛林. 应用构造深度评价沥青混合料离析[J]. 公路, 2005, (12): 175 - 179.

[4] 王端宜,李维杰,张肖宁. 用数字图像技术评价和测量沥青路面构造深度[J]. 华南理工大学学报, 2004, (2): 42 - 45.

[5] H. P. Lindenmann. New findings regarding the significance of pavement skid resistance for road safety on Swiss freeways [Z]. Journal of safety research 2006, (37): 395 - 400.

[6] 周晓青,孙斌,陈长,孙立军. 路面行驶质量水平评价标准方法研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2007, (2): 213 - 217.

## Research on Quality - evaluating Index of Exposed - aggregate Cement Concrete Pavement

SONG Yong - chao<sup>1</sup>, PAN Xiao - dong<sup>1</sup>, LIANG Nai - xing<sup>2</sup>, LIU Liu<sup>2</sup>

(1. Key Lab. of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092;

2. School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** According to traffic safety and driving quality of exposed - aggregate cement concrete pavement, through carrying out a large number of laboratory test and constructing trial road and testing it, the article analyzes major evaluation indexes such as number of exposed - aggregate point, texture depth, pavement driving - noise, surface level of exposed - aggregate. Mutual relations among exposed - aggregate point, texture depth and surface anti - skidding performance are illuminated, meanwhile, test methods and appraisal degrees to specific major evaluation indexes are researched respectively. It is vitally meaningful to assure or improve quality of exposed - aggregate cement concrete pavement.

**Key words:** exposed - aggregate cement concrete; surface segregation; anti - skidding performance; pavement noise; evaluation index

(责任编辑:王全金)