

# 抛石水泥混凝土路面试验及施工工艺研究

赵尚传<sup>1</sup>, 傅智<sup>1</sup>, 赵晓明<sup>2</sup>, 王毅轩<sup>2</sup>

(1. 交通部公路科学研究所 北京市 100088; 2. 洛阳市县乡公路建设管理处 洛阳市)

**摘要:** 抛石水泥混凝土路面是将大粒径卵石或碎石按规定施工工艺抛入普通水泥混凝土中而形成的水泥混凝土路面。由于抛石代替了一定体积的水泥混凝土,具有很好的经济性,因此这是一种低造价水泥混凝土路面形式。主要研究了抛石水泥混凝土的力学性能与抛石粒径、抛石位置、基体水泥混凝土强度的关系,提出了抛石水泥混凝土路面的施工工艺,介绍了试验段使用效果,并进行了经济性分析。

**关键词:** 道路工程; 抛石水泥混凝土路面; 试验; 施工

交通部于 2003 年明确提出了发展县乡道路和农村公路的战略规划,提出每年修建 10~20 万 km 的县乡道路和农村公路。县乡道路和农村公路多为三、四级低等级道路,交通流量相对较小,对行车舒适性要求不高,这为降低路面造价提供了条件。低造价路面形式包括:无胶结料的有砖块路面、砌块路面、砌石路面等;以沥青为胶结料的有沥青表处、超薄沥青混凝土路面、稀浆封层等;以水泥为胶结料的有弹石路面、轮迹路面等。

交通部公路科学研究所“黄土地区路面设计施工技术研究”项目的资助下,研究了抛石水泥混凝土路面和砂石统料卵石水泥混凝土路面 2 种低造价路面。本文主要叙述抛石水泥混凝土路面,砂石统料卵石水泥混凝土路面将在另文叙述。抛石水泥混凝土路面是将大粒径卵石或碎石按规定施工工艺抛入普通路面水泥混凝土中而形成的水泥混凝土路面。其原理相当于建筑结构中的空心板和桥梁结构中的箱梁。但是,由于空心结构在路面上不能承受车轮荷载的压力和疲劳作用,因此用大粒径的碎石或卵石填充,而基体水泥混凝土仍采用普通路面水泥混凝土。由于抛石代替了一定体积的水泥混凝土,具有很好的经济性,因此这是一种低造价水泥混凝土路面形式。

由于抛石水泥混凝土路面表层有 2~3 cm 厚的水泥混凝土或砂浆,表面平整度、耐磨性、摩擦系数等表面特性与普通水泥混凝土路面基本一致,而不同之处在于水泥混凝土面板中抛入大粒径碎石或卵

石后的力学特性发生了变化。本文主要从抛石粒径、抛石位置以及基体水泥混凝土强度等方面研究抛入卵石以后路面力学性能的变化,探讨满足路面使用要求的抛石粒径、抛石位置以及基体水泥混凝土强度,提出施工过程中增加抛石这一环节后水泥混凝土路面的施工工艺和质量控制技术。

## 1 抛石粒径及基体水泥混凝土强度对抛石水泥混凝土强度的影响

**抛石水泥混凝土试件制作方法:** 根据要求设计混凝土配合比,配制弯拉强度,按常规方法拌和;浇注时根据抛石的位置确定首次浇注量,振捣密实,然后抛入大骨料卵石,浇注剩余水泥混凝土,抹面成型。该组试验抛石位置在试件中部,共成型 6 组试件,抛石粒径为 70~110 mm,主要测试抛石粒径对水泥混凝土试件抗折强度的影响。在试验中采用的 2 种水灰比分别为 0.5 和 0.425,基体水泥混凝土强度分别为 5.8 MPa 和 6.6 MPa。

抛入的卵石粒径及试验结果见表 1、图 1 和图 2。从试验结果可以得出如下结论。

(1) 抛石以后,试件的强度都有不同程度的降低。基体水泥混凝土弯拉强度为 5.8 MPa 的抛石水泥混凝土,其实际弯拉强度分别是配制弯拉强度的 84%、86%、92%;基体水泥混凝土弯拉强度为 6.6 MPa 的抛石水泥混凝土,其实际弯拉强度是配制弯拉强度的 89%。因此,若要使抛石水泥混凝土达到要求的

表 1 抛石粒径、基体水泥混凝土强度与抛石水泥混凝土强度

抛石水泥混凝土	卵石粒径/mm	弯拉强度/MPa	抗压强度/MPa	折压比
水灰比 0.5				
P0	0	5.8	42.7	0.136
P02	70	4.9	42	0.093
P03	90	5.02	39.2	0.128
P04	110	5.35	36.8	0.145
水灰比 0.425				
P10	0	6.6	54.6	0.121
P14	110	5.9	47.1	0.125

注:P0为基体水泥混凝土。

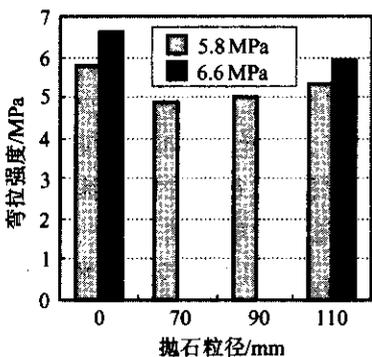


图 1 抛石粒径、基体水泥混凝土弯拉强度与抛石水泥混凝土弯拉强度

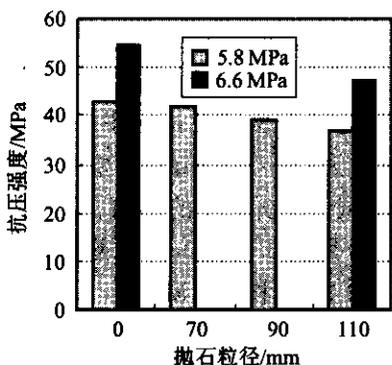


图 2 抛石粒径、基体水泥混凝土抗压强度与抛石水泥混凝土抗压强度

配制弯拉强度,基体水泥混凝土配制弯拉强度要高于抛石水泥混凝土配制弯拉强度的 10%~20%。

(2)抛石粒径对抛石水泥混凝土弯拉强度没有规律性的影响,建议抛石粒径以面板 1/2 厚度或 100 mm 左右进行控制,在 70~110 mm 抛石粒径范围内,抛石水泥混凝土弯拉强度试验结果都大于

4.5 MPa,可以满足中轻交通量的要求。而且,随着基体水泥混凝土强度的提高,抛石水泥混凝土的强度也有所提高。对于抗压强度而言,随着抛石粒径增加,抛石水泥混凝土抗压强度减小,强度都在 35 MPa 以上,完全可以满足路面抗压的要求。

### 2 抛石位置对弯拉强度的影响

选用的卵石粒径为 90 mm,试件制作方式有 3 种。

(1)抛石位置在试件下面:先将卵石按一定距离摆在试模底面,然后浇注水泥混凝土并振捣和抹面。

(2)抛石位置在中部:先浇注一部分水泥混凝土,厚度大约为 40~50 mm,然后放入卵石,再第二次浇注水泥混凝土并振捣和抹面。

(3)抛石位置在上部:先浇注厚度大约为 80 mm 左右的水泥混凝土,放入卵石,然后浇注第二层水泥混凝土并振捣,用镭刀将卵石压入并抹面。

成型后标准养护 28 d,试验结果见表 2 和图 3。

表 2 抛石位置与抛石水泥混凝土弯拉强度

抛石水泥混凝土	卵石位置	弯拉强度/MPa
P0	无卵石	5.8
P23	上	6.17
P03	中	5.02
P13	下	4.08

注:P0为基体水泥混凝土。

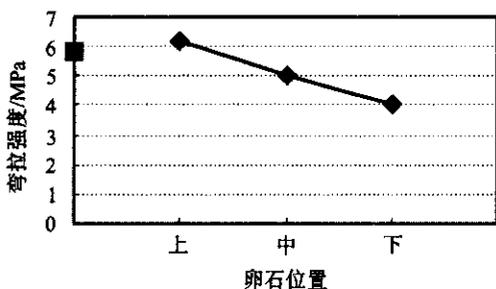


图 3 抛石位置对抛石水泥混凝土弯拉强度的影响

水泥混凝土中加入大粒径的卵石以后,水泥混凝土已经不是一种匀质材料,所测的强度也不是材料强度而是构件的强度。水泥混凝土构件的弯拉强度主要取决于水泥混凝土试件中轴线以下部分的抗拉强度,当大骨料位于试件下部时,骨料与水泥混凝土之间粘结的牢固程度,成为确定抛石水泥混凝土试件弯拉强度的主要因素。由于大骨料面积大,其与水泥混凝土之间的界面上不可避免地存在初始缺陷,在拉应力作用下初始缺陷容易扩展、开裂。当大

骨料卵石位于试件中部时,一是初始缺陷位于受拉区的可能性减小;二是根据拉应力在试件中的分布,大骨料与混凝土界面的拉应力小,初始缺陷的扩展开裂慢,总体表现为试件的弯拉强度高于卵石位于底部的抛石水泥混凝土试件。当大骨料卵石位于顶面时,处于受压区,对水泥混凝土试件受拉区几乎没有影响。试验结果表明,卵石位于顶面的抛石水泥混凝土弯拉强度为6.17 MPa左右,稍微高于基体水泥混凝土,而大粒径卵石位于中部和下部的抛石水泥混凝土试件弯拉强度都低于基体水泥混凝土试件。卵石位于试件下部的抛石水泥混凝土弯拉强度最低,仅为4.08 MPa,说明卵石与水泥混凝土之间的粘结强度低于基体水泥混凝土本身骨料与砂浆之间的粘结强度。从试验结果可以看出,卵石的位置从上到下变化时,抛石水泥混凝土试件的弯拉强度依次降低。因此,所抛大粒径卵石应摆在路面板的中上部受压区。

### 3 抛石水泥混凝土路面施工工艺

抛石水泥混凝土的施工,关键在于基体水泥混凝土施工配制弯拉强度的设计、施工过程中抛石位置的控制以及板块接缝的划分。根据试验结果以及施工经验,对抛石水泥混凝土现场施工工艺进行了总结。

(1)水泥混凝土按正常的配合比设计,配制强度应有一定的富余量。

(2)路基、基层的施工工艺和方法与普通水泥混凝土路面的路基、基层相同。

(3)对骨料表面进行清洁,保持表面洁净,推荐对骨料表面进行挂浆处理。

(4)在浇注水泥混凝土面层时,根据骨料的粒度和单位面积的抛填量,并预留20~30 mm厚的水泥混凝土层,确定首次浇注水泥混凝土层的厚度。

(5)初步找平,抛入大骨料,骨料的形状系数不宜超过1.5(最大石料长度/最小石料长度),平均直径一般为80~120 mm,最大不超过120 mm。抛石均匀,石料之间保持10~20 mm的间距,不允许重叠。

(6)切缝设计:提前设计面板切缝位置,抛填的大骨料应避免此位置,路面做成后10~15 h开始切缝;或者提前用木条镶嵌于缩缝位置处,预留缩缝。

(7)采用平板振动器振动,直到骨料没入水泥混凝土表面并出现一薄层浆体为止。在振动时不允许过振,避免石料沉到水泥混凝土板下部。

(8)立即浇注剩余水泥混凝土,采用平板振动器振实,表面应保证有5 mm厚的砂浆耐磨保护层。

(9)抹面、刻槽等工艺,与普通水泥混凝土路面相同。

### 4 试验路工程

试验路选在黄土地区经济相对不很发达的洛阳市伊川县丰鸣路高(山)坡(头)段。该路按山岭丘陵区三级公路标准设计,路面宽为6 m,路基宽为7.5 m,原设计的路面基层为180 mm厚的石灰粉煤灰稳定砂砾、面层为200 mm厚水泥混凝土面板。该路是伊川县西部地区的一条重要通道,也是丰鸣路改建工程施工的关键路段。该段路原为等外黄土路,路面宽度基本能达到7 m左右。该段路共有土坝4处,土坝分别长400 m、100 m、30 m不等,这些土坝均为20世纪50年代和70年代人工填土筑成。经数十年的自然沉降,路堤基本稳定,填高在3~5 m之间。在该路段选择400 m长的一段,作为抛石水泥混凝土路面试验路段。

(1)配合比控制。

抛石水泥混凝土的基体水泥混凝土配合比、原材料等,按其他路段常规水泥混凝土进行控制。现场抛石水泥混凝土成型试件的弯拉强度检测结果见表3。同样,由于水灰比与加水量控制不严,弯拉强度设计值虽然达到规定值,但可靠度不足。

表3 抛石水泥混凝土弯拉强度

各编号试件的 压力值/kN			各编号试件的 弯拉强度/MPa			弯拉强度 平均值/MPa	龄期/d
1	2	3	1	2	3		
201	204	204	4.02	4.08	4.08	4.1	28
207	207	207	4.14	4.14	4.14	4.1	35
206	202	208	4.12	4.04	4.16	4.1	37

(2)抛石施工控制。

按施工工艺要求进行施工,抛石粒径控制在90 mm以内。抛石进行挂浆处理,以增强抛石与水泥混凝土界面的粘结强度。

(3)使用效果与经济效益分析。

从外观来看,抛石水泥混凝土路面与普通水泥混凝土路面无明显区别,如图4所示。试验段经过1年多的运行,使用效果良好。由于抛石的增加,每平方米路面可节省水泥混凝土方量约30%。但由于在施工增加了3道工序,即手摆抛石、抛石的挂浆处理

文章编号: 0451-0712(2005)12-0080-06

中图分类号: U412.35

文献标识码: B

# 互通立交设计有关问题的思考

杨智生

(交通部规划研究院 北京市 100029)

**摘要:** 互通式立交是干线公路交叉的主要方式之一,更是高速公路重要构造物之一,正确把握互通立交设计要素,合理选择互通立交方案,准确应用技术指标,对保证行车安全和服务水平,降低公路工程投资,节约土地,提升公路景观效果等至关重要。目前国内互通立交设计在对互通立交规模的理解、方案选择和技术指标的合理应用等方面或多或少存在一些问题,有的问题还比较严重。通过总结近5年在初步设计审查中发现的互通立交设计普遍存在的问题,提出一些新的观点,与设计行业同仁商榷。

**关键词:** 互通立交; 设计速度; 交通组织; 规模; 占地; 思考

## 1 互通立交标准与规模

互通立交范围是由各条匝道所围的平面面积组成,一般情况下,匝道平面技术指标越高,匝道的建设里程就越长,占地数量往往会成倍增长。如环形匝道设计速度采用 50 km/h(最小半径采用极限值 80 m),其占地数量将比 40 km/h(最小半径采用一般值 60 m)的匝道增加约 1 倍,而绕行距离增加约 30%。以提高匝道计算速度而设想缩短车辆在 2 条公路之间的转换时间往往被增加的匝道长度所消耗,不良的后果是无谓增加投资成本和运营成本,更严重的是导致占地数量的成倍增长。因此,从实际应用出发,不应片面追求高的匝道行车速度。

互通立交尤其是靠近城市的互通式立交,一般是高速公路的标志性工程,部分设计人员尤其是部分行政管理人员往往以互通立交占地的大小来评价互通立交规模,认为占地大才能反映互通立交规模。如部分设计方案中全苜蓿叶互通立交的环形匝道半径采用 120~230 m;设置收费站的互通立交采用最小半径为 250 m 的半定向 Y 形方案;某互通立交以占地  $8 \times 10^5 \text{ m}^2$  居亚洲第一。这些交叉工程除增加占地、建设成本和运营成本外,并没有缩短车辆在 2 条公路之间的转换时间,从使用功能角度考虑并没有实际意义。

结点位置重要且转换交通量大,确需设置大型

收稿日期: 2005-07-08

和二次振捣,按工程数量的统计来看,水泥混凝土施工的时间延长了 30%~50%。就本项目来说,与普通水泥混凝土路面相比,抛石水泥混凝土路面造价降低 857 元/1 000  $\text{m}^2$ 。



图 4 抛石水泥混凝土路面外观

## 5 结语

(1) 抛石水泥混凝土路面中抛石的位置在中上部效果最好,但上部应预留 20~30 mm 左右的水泥混凝土层。

(2) 抛石的适宜粒径为 80~120 mm。

(3) 基体水泥混凝土强度应比抛石水泥混凝土施工配制弯拉强度提高 10%~20%。

(4) 需要强调的是,抛石会影响水泥混凝土动载性能。目前这方面尚没有展开研究,对水泥混凝土动载性能影响的程度尚不明确,因此,抛石水泥混凝土路面目前应严格限定在三、四级和等外级公路的中、轻交通水泥混凝土路面中使用,不可在二级以上(包括二级)高等级公路水泥混凝土路面中使用。