

文章编号: 0451-0712(2006)01-0168-03

中图分类号: U414.03

文献标识码: B

# 二灰稳定碎石级配的研究

王东耀, 张宗涛

(陕西省高速公路建设集团公司 西安市 710054)

**摘要:** 用贝雷法级配参数对二灰碎石级配组成进行了分析, 根据贝雷法和禹阎高速公路工程实践, 对二灰碎石的级配进行了修正, 提出了推荐级配, 并对二灰碎石的配合比设计提出若干建议。

**关键词:** 二灰碎石; 贝雷法; 级配

截至2004年年底, 我国公路通车总里程已达185.6万km。其中, 高速公路里程已达3.42万km, 其中以无机结合料稳定粒料(土)类为基层, 沥青混凝土为面层的半刚性基层沥青路面被大量应用于高等级公路。半刚性基层材料具有较高的抗压强度、刚度和一定的抗弯拉强度, 而且强度随龄期增长不断增长, 因此半刚性基层沥青路面通常具有较小的变形和较强的荷载扩散能力; 另外, 半刚性基层刚度大、整体性强, 使得其上沥青面层弯拉应力值较小, 从而提高了沥青面层抵抗行车荷载疲劳破坏的能力, 甚至可以认为半刚性基层上的沥青面层不会产生行车疲劳破坏。二灰碎石基层除具有以上优点外, 还能大量利用粉煤灰, 既变废为宝, 又减少了环境污染, 有利于我国环保事业的发展, 具有很大的经济、社会效益。

已建成的高速公路使用调查表明, 半刚性基层

路面裂缝问题日益突出, 并已成为该结构的主要缺陷。不论是南方还是北方, 通车后一年或第二年均有裂缝产生。初期产生的裂缝对行车并无明显影响, 但随着表面雨水或雪水的侵入, 在大量行车荷载反复作用下, 产生冲刷和唧泥现象, 使裂缝加宽, 裂缝两侧的沥青面层碎裂, 从而加速了沥青路面的破坏, 影响了沥青路面的使用性能。

为了减少二灰碎石等半刚性基层的裂缝, 人们对半刚性基层的配合比做了大量的研究工作, 研究实践表明, 较强的骨架对于改善混合料的早期强度, 抵抗干缩和温缩引起的裂缝有较明显的作用。本文结合陕西禹门口至阎良高速公路二灰碎石施工的工程实际, 对二灰碎石的级配进行了一些初步的分析。

## 1 工程概况

禹门口至阎良高速公路是国道主干线二连浩特

收稿日期: 2005-08-11

## Analysis of Durability Problems of Cement Concret Pavements Caused by Raw Materials

YAO Jia-liang, ZHANG Qi-sen

(Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

**Abstract:** On the basis of the painstaking investigations on the present situations of the durability of the cement concrete pavements both at home and abroad, the influences on the durability of cement concrete imposed by various components of cement concrete raw materials are expounded such as cement, aggregate, admixture, water, fly ash, etc. Meanwhile, the corresponding effectively preventing measures are provided.

**Key words:** cement concrete pavement; durability; cement; aggregate; admixture; fly ash

至河口线在陕西境内的重要路段,同时也是陕西省“米”字形公路主骨架中重要的组成部分。公路所经区域位于关中平原东北部,为半干旱、半湿润大陆性季风气候。区内年平均气温13℃,极端高温42.8℃,极端低温-20.1℃,年平均降雨量555 mm,最大冻深52 cm。底基层为20 cm 二灰土,基层为32 cm 二灰稳定碎石,下面层为7 cm 粗粒式沥青混凝土(AC-25 I),中面层为6 cm 中粒式沥青混凝土(AC-20 I),上面层为5 cm(AK-16A)。设计推荐的二灰碎石设计参数为二灰:碎石=20:80,抗压回弹模量1 050 MPa,劈裂强度0.50 MPa。

为了保证二灰碎石基层的质量,业主和施工单位均非常重视试验段的铺筑工作,并根据试验数据和现场情况对级配进行了逐步调整,共铺筑了3个试验段,陆续采用了3种级配,碎石级配筛分见表1。

表1 二灰碎石生产级配筛分

筛孔尺寸/mm	31.5	19	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075	
通过百分率/%	级配A	100	90	60	43	26	16	13	0
	级配B	100	63	31.4	14	1	0	0	0
	级配C	100	58	29	16	11	7	3	0

工程刚开工时选用的是级配A,其各粒径的通过率接近《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)给定级配范围的中值。从施工的过程来看,按该配合比拌制的混合料具有较优良的工作性能,施工过程中很少有离析现象,成型后表面平整密实。经检测,其压实度和28 d抗压强度均满足规范要求。但在养生充分的前提下,施工完仅2个月,平均每16 m就出现一条裂缝,裂缝宽度达3 mm左右。因此,对级配进行了调整,采用了级配B,加大了粗集料的用量,减少了细集料的用量,但是在试拌过程中就发现该级配工作性能很差,虽然已经延长了拌和时间,但仍有部分石料表面裸露,未被二灰裹覆。试铺过程中混合料离析严重,摊铺、碾压成型后,较长时间内不能板结,28 d仍不能取出完整芯样。后听取专家提出的建议采用了级配C,级配C工作性能较好,28 d后,对试验段进行了钻芯取样,强度满足设计要求,取出的芯样均较为完整,但从芯样上可以看出,芯样下半部2~3 cm有空隙。基层养生7 d后开放交通,经2个月的观察,只出现了很少的几条裂缝,距离为60~100 m左右,这表明级配C的配合比基本是成功的,达到了预期的目的。

## 2 贝雷法对级配的检验

贝雷法是美国伊利诺斯州的 Mr. Robert D. Bailey 发明的一种评价和判断集料级配是否嵌挤的方法。该法的精髓是根据混合料最大公称尺寸对粗细料划界,从集料装填特性出发对集料的骨架性和混合料的和易性进行评价。贝雷法中,粗细集料的分界点取最大公称粒径的0.22倍。

贝雷法采用级配评价参数粗集料比(CA)、细集料比( $FA_c, FA_f$ )分别评价各级集料装填特性以及最终判断级配的和易性。

### (1) CA 比。

即为粗集料比,这个参数用于评价矿料中粗集料部分的嵌挤形成情况。计算公式如下:

$$CA = \frac{P_{D/2} - P_{PCS}}{100 - P_{D/2}} \quad (1)$$

式中: $P_{D/2}$ 为粒径 $D/2$ ( $D$ 为公称最大粒径)的通过率,%; $P_{PCS}$ 为第一控制筛孔的通过率,%。

CA 比对沥青混合料的体积特性有重要影响,它反映了粗集料中大粒径颗粒与 $D/2 \sim PCS$ 粒径颗粒之间的均衡关系,这种均衡关系将影响混合料的压实特性和路用性能。CA 比增大,混合料的空隙率将相应增大,因为粗集料中 $D/2 \sim PCS$ 粒径颗粒增多,降低了集料的压密效果。当CA 比接近1.0时,会因粗集料中 $D/2 \sim PCS$ 粒径颗粒含量过大而使混合料在施工中难于压实,且因粗集料颗粒之间容易产生移动而不易嵌挤成型。当CA 比大于1.0时, $D/2 \sim PCS$ 粒径颗粒将控制粗集料的骨架结构形成,而较大粒径的粗集料则悬浮于其中。当CA 比低于0.4时,混合料易发生离析。因此CA 值应控制在0.4~0.8之间。

### (2) $FA_c$ 比。

$FA_c$  用来反映细集料中粗料部分与细料部分的嵌挤、填充情况,计算公式如下:

$$FA_c = \frac{P_{SCS}}{P_{PCS}} \quad (2)$$

式中: $P_{SCS}$ 为第二控制筛孔的通过率,其筛孔尺寸是第一控制筛孔尺寸的0.22倍,%。

$FA_c$  值增大,表明细集料中起填充作用的细料部分比例增大,从而使细集料形成更为紧密的结构。通常 $FA_c$  值应小于0.50大于0.25,如果大于0.50表明混合料中含有过量的细料。如果 $FA_c$  比低于0.25,则表明合成级配不均匀,这种级配可能存在压实问题。

(3)  $FA_f$  比。

$FA_f$  用来评价合成级配中最细部分的压实性能。计算公式如下：

$$FA_f = \frac{P_{TCS}}{P_{SCS}} \quad (3)$$

式中： $P_{TCS}$ 为第三控制筛孔的通过率，其筛孔尺寸是第二控制筛孔尺寸的0.22倍，%。

一般来说， $FA_f$ 比也应处于0.25至0.50之间。

以上3个比例参数都是通过不同混合料公称最大粒径相联系的各个控制筛孔的通过百分含量计算而得的，它们对于评价和调整混合料的空隙率有很大价值。

计算禹阎高速公路试验段3种级配的级配评价参数，结果见表2。

表2 3种级配的级配评价参数

参数	单位	级配A	级配B	级配C
$P_{D/2}$	%	79.74	52.19	48.08
$P_{PCS}$	%	51.50	22.70	22.50
$P_{SCS}$	%	19.05	0.31	8.22
$P_{TCS}$	%	6.30	0	1.50
CA		1.39	0.62	0.49
$FA_c$		0.37	0.01	0.37
$FA_f$		0.33	0	0.18

从表2中可以看出3种级配只有级配B和级配C的CA值在0.4~0.8之间，表明这两个级配的粗、细集料的比例大致均衡，级配A的CA值为1.39，表明这个级配中粒径在D/2和 $P_{CS}$ 之间的集料用量过大，粗集料悬浮在细集料当中，属于悬浮密实结构，容易产生干缩和温缩裂缝。再来分析一下级配B和级配C的级配评价参数 $FA_c$ ，只有级配C的参数 $FA_c$ 满足0.25~0.5的要求，说明级配B中2.36mm以下细料偏少，不能达到填充骨架空隙的需要。级配C的参数 $FA_f$ 不满足0.25~0.5要求，表明0.3mm以下细料偏少。从整个数据的分析当中我们可以看出，分析结果基本同现场的情况是相吻合的。这说明采用贝雷法来评价二灰碎石的级配是可行的。

### 3 建议

根据贝雷法的要求，以级配C为基础，通过调整料仓的配比，我们得出二灰碎石的优化级配，碎石的筛分见表3，计算推荐级配的级配参数见表4，可以看出各个级配参数均满足贝雷法的要求。

表3 推荐级配的筛分

筛孔尺寸/mm	31.5	19	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
通过百分率/%	100	70	35	26	18	10	7	0

表4 推荐级配的级配参数

参数	单位	级配D
$P_{D/2}$	%	58.03
$P_{PCS}$	%	30.50
$P_{SCS}$	%	12.44
$P_{TCS}$	%	3.50
CA		0.66
$FA_c$		0.41
$FA_f$		0.28

从阎禹高速公路的生产实践来看，碎石级配对二灰碎石的各项性能起着至关重要的作用，因此，在施工过程中应当把碎石级配的设计和验证工作当作一项重要的内容来抓。在进行生产配合比设计时，可根据原材料的性质和机械的各项性能初步确定比例，再应用贝雷法对级配的参数进行计算，根据参数结果做适当调整。经室内试验验证后，最终确定试验段的配合比。待铺筑完试验段后，再根据试验段的情况对级配进行适当调整，形成正式生产配合比。在配合比设计时应保证以主骨料形成骨架。另外应使结合料和细料的数量充足，保证对粗集料形成良好的裹覆，并可能将骨架间空隙施以紧密填充，这将有利于结构耐久性的提高。

### 参考文献：

- [1] 张登良. 加固土原理[M]. 北京：人民交通出版社，1990.
- [2] Vavik W R, Pine W J, Carpenter S H. Aggregate Blending for Asphalt Mix Design[J]. Bailey Method, TRB1789, 2002.