

文章编号:1671-8879(2004)06-0001-06

应用贝雷法进行级配组成设计的关键技术

郝培文¹, 徐金枝¹, 周怀治²

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 浙江绍兴市公路管理处, 浙江 绍兴 312000)

摘要:通过贝雷法确定不同的粗集料选取密度, 形成不同的集料骨架结构, 进行集料级配设计。提出了运用3个比例参数 $[CA]$ 比、 $[FA_c]$ 比、 $[FA_f]$ 比, 分析合成级配的方法, 使设计的混合料具有较好的抗车辙性能和耐久性。对贝雷法设计混合料级配时需要注意的问题加以讨论。结果表明, 控制筛孔的选择非常重要, 它对粗集料比影响大; 选择密度是控制沥青混合料骨架形成的关键指标, 粗细集料比对混合料的施工和体积特性有影响。

关键词:道路工程; 贝雷法; 粗集料; 选取密度; $[CA]$ 比; $[FA_c]$ 比; $[FA_f]$ 比

中图分类号:U414.75

文献标识码:A

Key technologies of aggregate blending by Bailey method

HAO Pei-wen¹, XU Jin-zhi¹, ZHOU Huai-zhi²

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Highway Administration Bureau of Shaoxing City, Shaoxing 312000, China)

Abstract: Bailey design method for aggregate gradation is to select different coarse aggregate chosen-unit-weight to form different aggregate skeleton structure, it also suggests using three ratios, $[CA]$ Ratio, $[FA_c]$ Ratio and $[FA_f]$ Ratio, to analyze composite gradation. Thus the designed mixture has good rutting resistance and endurance. The key technologies about this design method were studied. The results show that the choice of control sieve is very important, and the control sieve has a significant effect on coarse aggregate ratio. The chosen-unit-weight is a key indicator of aggregate skeleton structure evaluation. The coarse and fine ratio have some effects on construction and volume properties of asphalt mixture.

Key words: road engineering; Bailey method; coarse aggregate; chosen-unit-weight; $[CA]$ ratio; $[FA_c]$ ratio; $[FA_f]$ ratio

0 引言

传统的沥青混合料级配设计通常是依据已有的经验, 通过试配—修正—试配的过程来确定矿料级配, 使设计的矿质混合料形成适宜的空隙结构, 包括矿料间隙率 $[VMA]$ 、剩余空隙率 $[VV]$ 、沥青填充率

$[VFA]$ 及粗集料空隙率 $[VCA]$ 等。采用这种方法很难设计出理想的粗集料嵌挤, 并且它又不能适用于各种沥青混合料。由美国伊利诺州交通部的罗伯特·贝雷(Robert Bailey)发明的贝雷法是一种系统的级配组成方法, 其主要思想是以形成的集料骨架作为混合料的承重主体, 使设计的混合料能提供较

收稿日期: 2003-11-28

作者简介: 郝培文(1967-), 男, 内蒙古和林人, 长安大学教授, 博士研究生导师。

高的抗车辙性能,同时通过调整粗细集料的比例,获得合适的[VMA],以保证设计混合料具有较好的耐久性。贝雷法中提出了用于评价矿料性质的一系列参数,这些参数直接和[VMA]、空隙率和压实性能相关,有助于更好地理解集料级配与混合料中空隙体积的关系,也为评价合成级配提供了一套工具^[1,2]。贝雷法现已应用于各种最大粒径的密级配沥青混合料及 SMA,而且适用于任何一种混合料设计方法,包括 Superpave、马歇尔设计法、维姆设计法等。中国自从林绣贤利用该法来评价不同的级配、并利用粗细集料比检验了级配的嵌挤以来,许多工程都不同程度的利用该法设计沥青混合料的配比^[3~7]。但目前中国应用贝雷法仅是通过验证粗细料的比例来保证粗集料的骨架,这存在局限性。为此,本文分析了应用贝雷法进行混合料设计时需要注意的问题,以便正确的应用贝雷法进行混合料设计。

1 贝雷设计方法

1.1 基本概念

贝雷法主要是基于以下基本概念来阐明集料级配与沥青混合料体积特性之间的关系。

1.1.1 集料的嵌挤与填充

空隙率是混合料设计中的重要指标,不同的集料嵌挤与填充情况会形成不同的空隙,它主要依赖于压实方法与压实功的大小、集料颗粒形状、表面纹理、粒径分布及颗粒强度等。贝雷法中按集料的嵌挤与填充情况,将密级配沥青混合料分为粗级配和细级配 2 种类型。粗级配是指粗集料能形成骨架结构的密级配混合料;而细级配是指粗集料不足以形成骨架,主要依靠细集料来承担荷载等外在作用的密级配混合料。

1.1.2 粗细集料的定义

在贝雷法中,粗细集料的定义不同于传统的以 4.75 mm 筛孔为界的划分方法,其对粗细集料的定义为:

(1)粗集料。置于单位体积中能产生空隙的大集料颗粒。

(2)细集料。能填充由粗集料产生的空隙的集料颗粒。

从上面的定义可以看出,粗细集料的分界点是随公称最大粒径变化的。贝雷法中粗细集料的分界筛孔称为第一控制筛孔,可按照下式确定

$$[PCS] = 0.22[NMPS]$$

式中:[PCS]为第一控制筛孔尺寸(Primary Control Sieve);[NMPS]为公称最大粒径(同 Superpave 中的定义)。

式中的 0.22 因子是按照下列方法确定的:当集料颗粒全为圆形时,达到嵌挤状态的第一控制筛孔尺寸与公称最大粒径之比为 0.155;当集料颗粒全为方形时,这个比值为 0.289;由于集料颗粒不可能全为圆形和方形,因此取二者的均值 0.22 为比例因子。虽然 0.22 不能完全准确地反映所有沥青混合料的情况,但分析表明比例因子在 0.18~0.28 这个范围对级配影响不大。

1.1.3 粗集料选取密度

为了得到期望的集料骨架结构,设计者应选取粗集料的适宜密度,从而确定粗集料的用量。确定粗集料选取密度时,必须考虑混合料是细级配还是粗级配。理论上,松装密度是粗集料形成骨架结构的下限,是粗级配混合料与细级配混合料的分界点;而干捣密度通常被看作是密级配沥青混合料中粗集料形成骨架嵌挤结构的上限,其值约为松装密度的 110%以上,两者的关系见图 1。

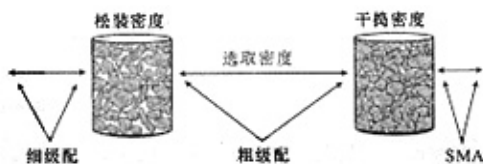


图 1 选取密度含义

粗集料选取密度按松装密度的百分率计。对粗级配混合料,粗集料选取密度一般取松装密度的 95%~105%,对易碎的软集料可接近 105%,但应避免大于 105%,以减小集料的破碎和现场压实的难度。对细级配混合料,选取密度应小于松装密度的 90%。应注意的是,对密级配混合料,建议粗集料选取密度不要采用松装密度的 90%~95%,因为这个范围的混合料粗集料骨架结构不稳定,现场的变异性较大。

1.2 矿质混合料级配的设计

(1)确定粗集料的选取密度($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)。

(2)计算粗集料在选取密度下的空隙体积。

(3)用细集料的干捣密度确定填充粗集料空隙所需的细集料($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)。

(4)利用粗、细集料各组分的密度,确定矿质混合料的总重($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),根据各级粗集料体积+各级细集料体积=单位体积,并确定各集料的合成质量百分比。

(5)根据粗集料中所含的部分细集料以及细集料中所含的部分粗集料,分别修正粗、细集料的质量百分比。

(6)若使用矿质填料或回收粉尘,则需调整细料部分的百分含量。

(7)确定经修正后各集料最终的质量百分含量。

(8)合成级配的分析。

矿料组成确定以后,需对集料的体积特性进一步分析。分析是先将合成级配分成3个部分:第一部分是合成级配的粗集料部分,即最大粒径与 $[PCS]$ 之间的集料;合成集料的细集料又被分成粗、细2个部分,其分界点称为第二控制筛孔 $[SCS]$,且 $[SCS]=0.22[PCS]$;细料的细部同样被再分一次,以第三控制筛 $[TCS]$ 作为分界点,且 $[TCS]=0.22[SCS]$ 。合成集料的划分如图2所示。

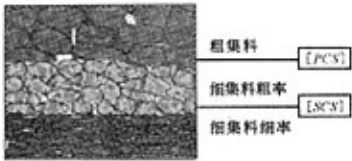


图2 级配的分析

对合成级配用 $[CA]$ 、 $[FA_c]$ 及 $[FA_f]$ 3个参数进行分析。这些参数发生变化,将引起沥青混合料的体积特性、施工特性以及使用性能的变化。

1.2.1 $[CA]$ 比

$[CA]$ 比为粗集料比(Coarse Aggregate Ratio),这个参数用于评价矿料中粗集料的含量和分析空隙特征。计算公式为

$$[CA] = \frac{P_{D/2} - P_{PCS}}{100 - P_{D/2}}$$

式中: $P_{D/2}$ 为粒径为 $D/2$ (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,混合料的空隙率和 $[VMA]$ 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。另外, $[VMA]$ 随 $[CA]$ 比的变化与集料的形状和表面纹理有关。

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。

1.2.2 $[FA_c]$ 比

把细集料重新视为一混合料,并将其分成粗、细2个部分,细集料中粗料部分形成的空隙由细料部分进行填充。 $[FA_c]$ 比(Coarse Portion of Fine Aggregate)就是用来反映细集料中粗料部分与细料部分的嵌挤、填充情况,计算公式为

$$[FA_c] = \frac{P_{SCS}}{P_{PCS}}$$

式中: P_{SCS} 为第二控制筛孔的通过率(%)。

$[FA_c]$ 比值增大,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 $[FA_c]$ 比值应小于0.50。如果大于0.50,表明混合料中含有过量的天然砂,在0.45次方级配曲线图上将出现“驼峰”,这是应该避免的。如果 $[FA_c]$ 比低于0.35,则表明合成级配不均匀,在0.45次方级配图上呈凹状,这种级配可能存在压实问题。 $[FA_c]$ 比值对混合料的 $[VMA]$ 有很大影响,随其值的减小, $[VMA]$ 将不断增大。

1.2.3 $[FA_f]$ 比

$[FA_f]$ (Fine Portion of Fine Aggregate)反映了合成集料中最细一级的嵌挤情况,计算公式为

$$[FA_f] = \frac{P_{TCS}}{P_{SCS}}$$

式中: P_{TCS} 为第三控制筛孔的通过率(%)。

与 $[FA_c]$ 比类似,其值影响混合料的体积特性。一般 VMA 值随其减小而增大。对于一般的密级配沥青混合料, $[FA_f]$ 比也应小于0.50。

以上3个比例参数都是通过与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 $[VMA]$ 及空隙率有很大价值。

1.3 贝雷法对现有密级配混合料级配的评价

贝雷法可用来对现有的密级配沥青混合料进行评价,以提供一些有价值的关于选取密度及比例参数范围的经验,也有助于更好地了解混合料性能优劣的某些原因。一般用电子表格来完成评价工作,输入变量并对计算级配和实际使用级配进行比较,通过调整输入变量来尽量保证计算级配和实际使用级配相同。输入变量通常为各粗集料选取密度和相应的松装密度及粗、细集料的体积百分率。对多种不同的混合料级配进行评价之后,就可得到目前普遍使用的混合料的贝雷法参数了。贝雷法分析、评价混合料级配的过程如下:

(1) 集料取样。选取的集料的颗粒形状、表面纹理、级配及毛体积密度应尽量与原设计保持一致。

(2) 测定各粗集料的松装密度、干捣密度及各细集料的干捣密度。

(3) 向电子表格中输入粗、细集料相应的松装密度和干捣密度。

(4) 向电子表格中输入各集料的原设计级配和各种集料的毛体积相对密度。

(5) 向电子表格中输入各细集料的干捣密度作为其选取密度。

(6) 将各粗集料松装密度作为初始选取密度。

(7) 确定各粗集料的体积百分比。通常当各种粗集料毛体积相对密度差别不大时,可用质量百分比代替体积百分比。

(8) 确定各细集料的体积百分比。通常当各种细集料毛体积相对密度差别不大时,可用质量百分比代替体积百分比。

(9) 输入小于 0.075 mm 筛孔的含量,使之与原设计中的含量一致,后面可能需要对其作适当的调整,以与原设计相符,至此,程序即可完成对矿质混合料的计算。

(10) 调整粗、细集料的组成以调整合成级配,使各集料的质量百分比接近原设计值。

(11) 调整粗集料选取密度以使[PCS]筛孔的通过率接近原设计[PCS]值。

(12) 始终保持各种细集料的选取密度,即使这样会使粗集料选取密度低于其松装密度。

(13) 对于大部分设计,需对初始变量作多次调整才能满足与原设计相符的要求,但最终应能将差距控制在很小的范围内。

2 应用贝雷法进行级配设计的关键

2.1 设计密度的选取

在贝雷法中,设计密度的选取至关重要,它直接关系到粗集料的骨架结构,因此选取设计密度是贝雷法的关键。为了使集料的级配形成骨架结构,需不断的调整设计密度,这是贝雷法设计的基础。只有选择好设计密度,验证粗细料的比例才有意义。

关于这一点,本质就是在 SMA 级配设计中提出的判断集料相互接触的条件,即粗集料的干捣实空隙率要大于沥青混合料中粗集料的空隙率,也就是说只有满足了这一关系,混合料才能形成骨架。贝雷法中提到的设计密度,是比 SMA 中提到的干捣密度小的密度,但它一般要大于粗集料的松装密

度,其目的就是为了满足上述关系的。William R Vavrik 研究表明(图 3),当设计密度为松装密度的 100% 以上时,混合料中的粗集料就可以形成嵌挤。只不过对于一般的密级配沥青混合料,为了满足施工的要求,没有选更大的设计密度,这是因为设计密度越大,沥青混合料越难压实;对于 SMA 中选用的干捣密度,其实一般为松装密度的 110% 以上,但由于 SMA 采用间断级配,同时有更多的沥青,所以会使施工的和易性变好。

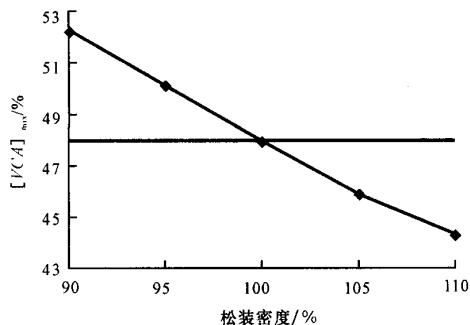


图3 选取密度对[VCA]的影响

粗集料选取密度对沥青混合料的体积特性有很大影响。当选取密度增大,则混合料中的粗集料增多,骨架结构增强,抵抗压实的能力也得以提高,同时混合料的空隙率及[VMA]也增大。但[VMA]随粗集料选取密度增大的程度还取决于集料颗粒的形状与表面纹理。对于粗级配混合料来说,选取密度增大 5%, [VMA]将增大 0.5%~1.0%。对于细级配混合料来说,由于其粗集料不形成骨架结构,选取密度的变化对[VMA]的影响不大。

改变选取密度会使混合料中[PCS]筛孔的通过率发生变化。实际生产中必须特别注意保持[PCS]筛孔通过率的一致性,因为其通过率将影响混合料的粗集料骨架结构、空隙率和压实特性。适当地改变粗集料选取密度能改善混合料压实特性。

2.2 筛孔的选择

以前在区分粗细料时,常常按 4.75 mm 或 2.36 mm 筛孔来控制,大于 4.75 或 2.36 mm 就是粗集料。在贝雷法设计中,一个重大的贡献就是提出了粗细料的分界筛孔,认为混合料中粗细集料区分是以最大公称尺寸的 0.22 倍所对应的相近尺寸筛孔孔径作为分界点。中国的林绣贤认为 0.25 倍更合适。结合中国的级配类型提出密级配沥青混合料的控制筛孔(表 1)。

2.3 不同的控制筛孔对[CA]比影响

由于中国级配使用的最大公称尺寸与美国不

同,因此在选择控制筛孔尺寸时要注意,否则可能导致错误的结论。本文以 Superpave 和常用的密级配来分析选取不同的控制筛孔对[CA]比的影响,其结果见表 2、表 3。

表 1 密级配沥青混合料的控制筛孔

控制筛孔	最大公称尺寸 D/mm						
	37.50	25.0(26.5)	19.00	16.00	12.5(13.2)	9.50	4.75
D/2	19.00	12.5(13.2)	9.50	8.00	6.25(6.6)	4.75	2.36
[PCS]	9.50	4.75	4.75	4.75	2.36	2.36	1.18
[SCS]	2.36	1.18	1.18	1.18	0.60	0.60	0.30
[TCS]	0.60	0.30	0.30	0.30	0.15	0.15	0.075

表 2 沥青混合料级配表

级配类型	SUP-19	SUP-16	SUP-12.5	AC-20	AC-16	AC-13
通过下列筛孔的质量百分率/%	26.50	100	100	100	100	100
	19.00	90~100	100	100	95~100	100
	16.00	80~90	90~100	100	75~90	95~100
	13.20(12.5)	68~81	77~88	90~100	62~80	75~90
	9.50	57~70	64~76	74~86	52~72	58~78
	4.75	36~49	41~51	46~58	38~58	42~63
	2.36	23~35	26~37	28~39	28~46	32~50
	1.18	14~22	16~24	17~26	20~34	22~37
	0.60	9~17	9~18	10~19	15~27	16~28
	0.30	5~14	6~15	6~16	10~20	11~21
	0.15	3~10	3~11	4~11	6~14	7~15
	0.075	2~6	3~6	3~7	4~8	4~8

表 3 粗集料[CA]比检验

级配	SUP-19	SUP-16	SUP-12.5	AC-20	AC-16	AC-13
$P_{D/2}/\%$	57~70	56.7~68.1	54.8~66.8	52~72	52.9~73.3	56.6~75.8
$P_{D/2}$ 相近筛孔/%	57~70	64~76	46~58	52~72	58~78	48~68
[PCS]/%	36~49	41~51	28~39	38~58	42~63	36~53
[CA]	下限($P_{D/2}$)	0.49	0.36	0.59	0.29	0.23
	下限(近似)		0.64	0.33		0.38
	中值($P_{D/2}$)	0.60	0.45	0.72	0.40	0.31
	中值(近似)		0.84	0.39		0.53
	上限($P_{D/2}$)	0.70	0.54	0.84	0.50	0.39
	上限(近似)		1.04	0.45		0.68

从表 3 可以看出,采用不同的控制筛孔,严格按 $D/2$ 和采用近似筛孔对[CA]比影响非常大。如用[CA]比做检验,若选用的筛孔不同,会对结果有大

的影响,甚至出现错误。而对于[PCS]控制筛孔,由于贝雷法对于集料颗粒假设为近似圆或立方体来处理的,认为对于系数从 0.18~0.28 都不会对级配造成影响,所以为了使选用的[PCS]控制筛孔与级配中的固定筛孔一致,可以采用近似筛孔。根据这一原则,推荐新的控制筛孔(表 1)。

2.4 [CA]比在贝雷法设计中的作用

中国用贝雷法进行级配设计时,基本上都是采用[CA]比来验证所选的级配,认为当[CA]比在 0.4~0.8 范围内时,粗集料就可以形成嵌挤或骨架。关于这一点,确实需要认真分析,否则会产生错误。对于粗集料一般认为,从 $1/2$ 最大公称尺寸的筛孔到粗细料的分界筛孔之间这档料最易对粗集料级配发生干涉,若该档料太多就会干涉粗集料的级配,特别多时其就会控制粗集料的级配,因此要限制其含量。根据贝雷法的要求,当[CA]比在 0.4~0.8 范围内时,能确保粗集料结构的平衡。当[CA]比太小时,沥青混合物料易发生离析,当[CA]比接近 1 时,级配中的粗料会变得不平衡,这是由于干涉颗粒将控制粗集料的结构,从而导致难以压实,且易于推移。由此看来控制[CA]比并不是控制粗集料的骨架的。关于这一点从分析表 3 数据也可以看出,对于表 3 中的 Superpave 和 AC 级配,若采用[CA]比来检验,并用 0.4~0.8 来考察,结果发现除了 AC-16 的[CA]比在级配范围内小于 0.4 外,其他基本上都符合要求。若按[CA]比来评价骨架,那么这些级配都已形成了骨架,这显然是不对的。即使[CA]比都在要求的范围内,也仅仅说明了其没有发生颗粒干涉,且施工和易性好而已。对于是否形成骨架,还需要考察其粗集料的密度是否位于松装密度和干捣密度之间。

文献[1]对于[CA]比的要求是根据不同最大公称尺寸来限定的(表 4),也就是不同的公称尺寸有不同的[CA]比要求,这一点应该是合理的,但对于其范围是否合适,还需要进一步的验证。

表 4 各参数的建议范围

公称尺寸/mm	[CA]比	[FA _c]比	[FA _f]比
37.50	0.80~0.95	0.35~0.50	0.35~0.50
25.00	0.70~0.85	0.35~0.50	0.35~0.50
19.00	0.60~0.75	0.35~0.50	0.35~0.50
12.50	0.50~0.65	0.35~0.50	0.35~0.50
9.50	0.40~0.55	0.35~0.50	0.35~0.50
4.75	0.30~0.45	0.35~0.50	0.35~0.50

2.5 不同的设计参数对沥青混合料[VMA]的影响

在沥青混合料的设计规范中,各国都规定了空隙率、沥青饱和度以及集料的间隙率要求,其中对空隙率和饱和度往往重视较多,但对于[VMA]要求有时控制较少,即使考虑了,若[VMA]不满足要求,也大多采用增加沥青的方法来满足要求。这都是有问题

的。
[VMA]受集料性质和级配的影响,其中集料性质方面,尤以粗集料的棱角性,针片状含量以及细集料的棱角性影响最大。在集料性质满足要求的前提下,[VMA]就主要取决于级配了,不同的级配有不同的[VMA],一般不合理的级配就很难满足[VMA]的要求。贝雷法设计的核心,就是对[VMA]的设计,也就是通过贝雷法设计的混合料一般都能满足[VMA]的要求。

选择的设计密度对沥青混合料的体积特性有较大的影响。随着选择密度的增加,一般都会增大空隙率和[VMA],从而增加集料的嵌挤,同时也会导致压实的困难。一般选择密度增加 5%, [VMA]可以增加 0.5%~1.0%。选择密度的变化同样会导致[PCS]筛孔通过量的变化,反过来[PCS]筛孔通过量的变化也会影响选择的密度。

[CA]比对沥青混合料的体积特性也有显著影响。[CA]比的增加会导致沥青混合料空隙率和[VMA]的增大,这是由于较多的干涉颗粒而导致的。当[CA]比增加 0.2 时,混合料的[VMA]能增加 0.5%~1.0%。同时[CA]比越小,沥青混合料越易离析。

细料比[FA]对沥青混合料体积特性也有影响。[FA]比的增加会导致沥青混合料空隙率和[VMA]的减少。一般当[FA]减少 0.05 时,混合料的[VMA]会增大 1%。

3 贝雷法与一般体积设计法的比较

(1)贝雷法本身就是体积设计法的一种,但该设计方法仅是对集料的级配进行设计;而一般的体积设计法是将沥青与集料的级配统一加以考虑的,二者是有一定区别的,但共同的一点就是粗集料形成

的空隙用细集料来填充。

(2)贝雷法级配设计是以各种粗集料的体积和各种细集料的体积等于单位体积为基础的,在设计时需预先确定矿粉的比例,然后来计算各种材料的比例,这里粗集料采用的是选取密度,而细集料采用的是捣实密度。

(3)一般的体积设计法是根据粗骨架空隙率以及沥青混合料的设计空隙率来确定细集料用量和沥青的用量,使细集料的体积、沥青体积和沥青混合料设计空隙体积总和等于主骨架的体积。

4 结 语

贝雷法设计沥青混合料在中国刚开始应用,其设计方法和参数还需要深入研究。在应用贝雷法设计新级配或验证已有级配时,都必须采用选取密度来检验粗骨架是否形成,同时使用[CA]和[FA]比来控制混合料的施工特性和体积特性,只有这样才能设计出好的级配。而不能单纯的用[CA]比来控制粗集料的骨架。

参考文献:

- [1] William R V, William J P, Samuel H C. Bailey method for gradation selection in HMA mixture design[R]. Transportation Research Circular Number E-C044, 2002.
- [2] William R V, William J P, Samuel H C. Aggregate blending for asphalt mix design Bailey method[J]. Transportation Research Record, 2001, 1789: 146-153.
- [3] 林绣贤. 论 Superpave 组成配比的特色[J]. 华东公路, 2002, (1): 3-7.
- [4] 林绣贤. 沥青混凝土合理级配组成的计算公式[J]. 华东公路, 2003, (1): 82-84.
- [5] 于 新, 吴建浩. 贝雷法应用探讨[J]. 公路, 2003, (8): 83-87.
- [6] 王新明. 高性能沥青路面 Superpave 级配设计方法分析[J]. 石油沥青, 2003, (增刊): 61-64.
- [7] 郝培文, 程 磊, 林 立. 半柔性路面混合料路用性能[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003, 23(2): 1-6.