

基于 CBR 强度的改性级配碎石级配设计研究

张 军

(无锡市明大交通科技咨询有限公司, 江苏 无锡 214100)

摘 要: 低剂量水泥改性级配碎石是一种优质的路面基层材料, 在工程应用中对低剂量水泥改性级配碎石并没有相应的级配范围与合适的级配设计方法。通过 SAC 级配计算方法, 根据关键筛孔设计得到不同的级配, 针对这些级配组成的混合料进行 CBR 试验, 探讨关键筛孔对强度的影响规律。在满足强度要求的条件下, 以级配范围最大为原则, 确定改性级配碎石的级配范围, 并分析该上下限的合理性。另外, 提出了适用于施工的改性级配碎石配合比设计方法。

关键词: 低剂量水泥改性级配碎石; 级配设计; 级配范围; 配合比

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)08-0296-04

0 引 言

改性级配碎石材料在满足结构强度要求的前提下能够有效地减少半刚性材料的收缩开裂、提高级配碎石水稳定性能、发挥级配碎石的排水性能, 在改善现有级配碎石体积稳定性、力学性能、长期性能和施工性能方面存在诸多优势^[1], 可应用于二级及以下公路基层中。目前规范中并没有适用于低剂量水泥改性级配碎石的级配范围、评价方法和标准, 同时未针对施工条件和沥青路面基层的力学要求来研究碎石的合理级配。本文根据对设计级配的混合料进行相关的试验, 制定改性级配碎石的合理级配范围和施工配合比设计方法。

1 改性级配碎石试验级配设计

沙庆林^[2]将 SAC 矿料级配设计方法推广应用到水泥稳定碎石基层中, 发明了粗集料断级配密实水泥稳定粒料的级配方法及其骨架的检验方法。该设计方法仍使用 SAC 中的基本计算方法, 通过计算粗细集料的质量通过率, 得出粗集料断级配密实水泥稳定粒料的集料级配曲线, 避免了以往全凭经验确定集料级配而难以保证公路质量的做法。

低剂量水泥改性级配碎石的级配设计采用 SAC 设计方法的思路和算法, 将 0.075 mm、0.6 mm、4.75 mm、9.5 mm、31.5 mm 五个关键筛孔作为 SAC 设计方法

中的控制点。采用 SAC 算法公式, 由控制点 0.6 mm 与 4.75 mm、4.75 mm 与 9.5 mm、9.5 mm 与 31.5 mm 算得剩余筛孔 2.36 mm、9.5 mm、26.5 mm 的值。即可认为把混合料原来八档中的 0.6 ~ 2.36 mm 与 2.36 ~ 4.75 mm、4.75 ~ 9.5 mm 与 9.5 ~ 19 mm、19 ~ 26.5 mm 与 26.5 ~ 31.5 mm 通过 SAC 算法分别合并成 0.6 ~ 4.75 mm、4.75 ~ 19 mm、19 ~ 31.5 mm 这三大档集料, 而通过 SAC 算法能够保证该档集料拥有相对较大的密度。最终调节 0 ~ 0.075 mm、0.075 ~ 0.6 mm、0.6 ~ 4.75 mm、4.75 ~ 19 mm、19 ~ 31.5 mm 这五大档集料的比例, 通过性能试验来确定改性级配碎石级配范围。

将 0.6 ~ 4.75 mm、4.75 ~ 19 mm、19 ~ 31.5 mm 分别作为一档, 计算关键筛孔的取值, 求得图 1 改性级配碎石设计级配曲线。级配 X_{pmn} 代表下限级配, 级配 S_{pmn} 代表上限级配, p 、 m 、 n 分别为 0.6 mm、4.75 mm、19 mm 筛孔对应的通过率编号, 对应的编号值越大, 其通过率越大。

显然, 从图 1 中可以看出, 在级配图上 SAC 算法是将所求段的起始控制点用直线进行连接。这种设计方法具有明显的优势, 不仅在级配图中能避免设计的级配出现犬牙交错的现象, 而且涉及的控制点多, 得到的级配范围广、选择多, 利于对改性级配碎石的级配进行深入的研究讨论。

2 级配范围研究

2.1 设计下限范围的确定

对设计的 18 个级配下限进行 CBR 试验, 整理得到图 2 所示的设计级配下限的 CBR 曲线图。总结规

收稿日期: 2020-12-28

作者简介: 张军(1987—), 男, 工程师, 设计师, 从事道路设计工作。

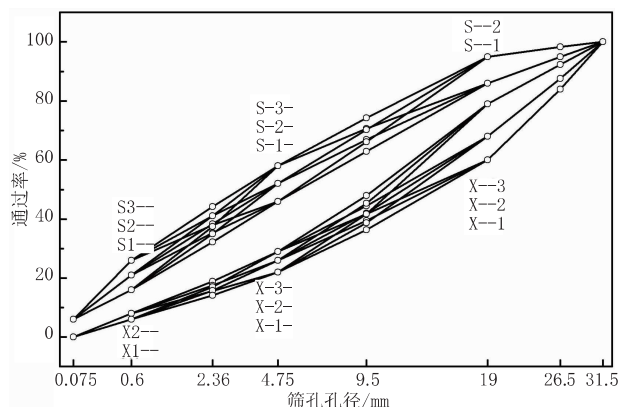


图1 改性级配碎石设计级配曲线

律如下:

(1)在其他通过率不变的条件下,随着19 mm筛孔通过率的减小,各曲线的CBR值均增加,即19~31.5 mm的粗集料增加,4.75~19 mm的中集料减少,能增加CBR值。同时对比虚实曲线,显然虚线的变化量更大,0.6 mm筛孔通过率越小,0~0.6 mm的填料越小,改变相同的19 mm筛孔通过率的值,其CBR值的变化量越大。

(2)19 mm通过率为79%和68%的情况下,随着4.75 mm筛孔通过率的减小,CBR值呈减小趋势,即4.75~19 mm的中集料增加,0.6~4.75 mm的细集料减小,CBR值变大。但19 mm通过率为60%的情况下,随着4.75 mm筛孔通过率的减小,CBR值先减小后增大。

(3)在其他通过率不变的条件下,随着0.6 mm筛孔通过率的减小,相对应的CBR值基本上相应地减小。

根据相关研究,7天龄期的低剂量水泥改性级配碎石CBR最低要求为160%^[3-4]。以级配范围广为原则,同时要求级配范围内混合料的CBR不小于160%,因此选择级配X221作为低剂量水泥改性级配碎石的级配下限。

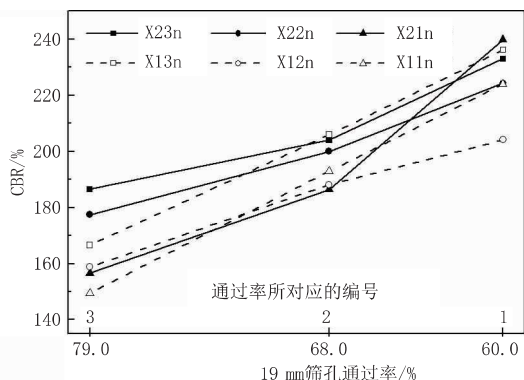


图2 设计级配下限的CBR曲线图

2.2 设计上限范围的确定

同理,对设计的18个级配上限混合料进行CBR

试验,整理得到图3所示的级配上限的CBR曲线图。总结规律如下:

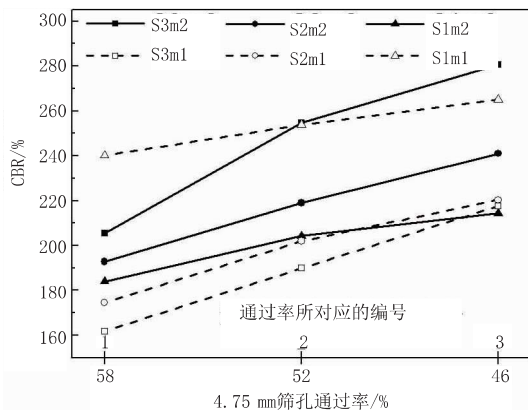


图3 设计级配上限的CBR曲线图

(1)在另外两个关键筛孔通过率不变的条件下,随着4.75 mm筛孔通过率的减小,各曲线的CBR值均增加,即19~31.5 mm的粗集料增加,4.75~19 mm的中集料减少,能增加CBR值。

(2)0.6 mm筛孔通过率对CBR的影响分析,出现了两种截然相反的规律。对于实曲线即19 mm筛孔控制为98%的设计级配,在4.75 mm筛孔通过率不变的条件下,随着0.6 mm筛孔通过率的减小,其CBR值相应减小,即0~0.6 mm的填料减少,0.6~4.75 mm中集料增加,其CBR值减小。对于虚曲线19 mm筛孔控制为86%的设计级配,在4.75 mm筛孔通过率不变的条件下,随着0.6 mm筛孔通过率的减小,其CBR值也相应增加,即0~0.6 mm的填料减少,0.6~4.75 mm中集料增加,其CBR值减小。

对于上述规律,可以这样认为:0~0.6 mm集料同时包括水泥主要起黏结作用,0.6~4.75 mm与4.75~19 mm同时具有部分黏结作用和部分骨架嵌挤咬合作用,但骨架咬合作用比黏结作用更大。相对地,4.75~19 mm的咬合能力比0.6~4.75 mm要强,19~31.5 mm的集料主要用来形成骨架。19~31.5 mm的集料很少时,不足以形成一定的骨架,因此增加0~0.6 mm集料的量来提高黏结力,提高4.75~19 mm集料的量来提高咬合力,这样整个级配的强度提高。当19~31.5 mm集料的量逐渐开始形成骨架时,提高0.6~4.75 mm、4.75~9.5 mm集料的量来提高骨架咬合力,这样整个级配的强度也相应提高了。在一定条件下,提高骨架咬合力比提高集料的黏结力更有利。

改性级配碎石7天龄期CBR最低要求标准为160%,设计的级配上限都达到了标准,但为使范围

内的级配都满足强度要求,并且级配范围足够广、级配曲线更合理,最终将 S222 作为改性级配碎石的级配上限。

2.3 改性级配碎石级配范围合理性研究

在正常施工级配设计时,尽量使设计的级配接近级配范围的中值。由于所涉及的改性级配碎石属于连续级配,并没有根据其结构类型进行研究,因此选择规范^[5-6]中非骨架密实和悬浮密实的连续级配范围,计算其级配中值。

根据规范中值绘制级配曲线图形与 $n=0.45$ 和 $n=0.5$ 的级配进行对比,见图 4。从中可以看出,目前规范中级配曲线的中值基本上接近 $n=0.5$ 、 $n=0.45$ 最大理论密度曲线,尤其是细集料的通过率基本上已经大小相同。

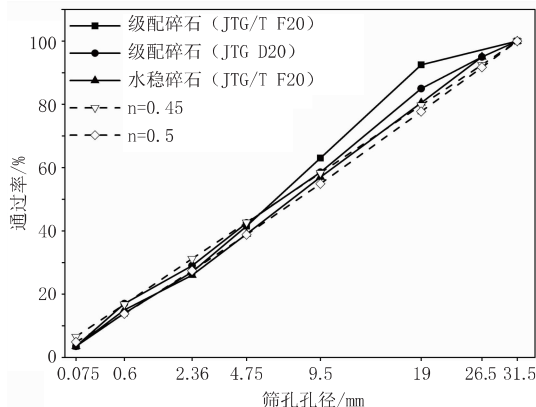


图 4 级配曲线对比图

由试验得到的改性级配上下限值确定改性级配碎石设计级配范围,将改性级配碎石设计级配的中值与 $n=0.45$ 、 $n=0.5$ 的级配最大理论密度曲线进行对比,见图 5。从中可以明显看出,改性级配碎石的级配中值基本上与 $n=0.5$ mm 的曲线重叠。因此,改性级配碎石设计的级配范围是可行的。

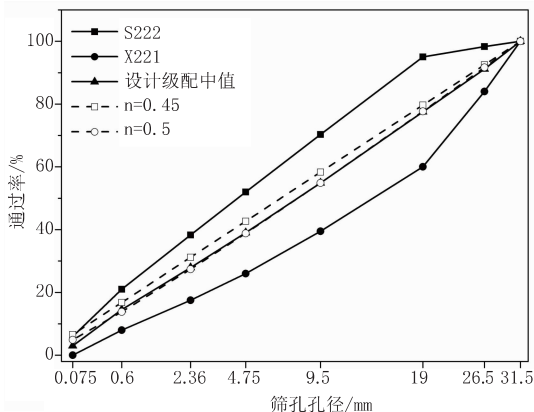


图 5 改性级配碎石级配范围及相关中值

同时将改性级配碎石设计级配范围与规范级配范围进行对比,见图 6。改性级配碎石的范围显然比

级配碎石和水稳碎石的范围更广,对施工集料的选择更多。

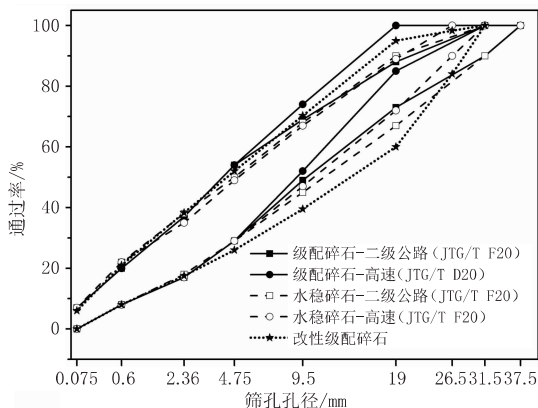


图 6 设计改性级配碎石与规范级配范围

3 改性级配碎石设计方法

3.1 一般规定

(1)用作上基层或基层的改性级配碎石的矿料应用预先筛分成 3 组或以上不同粒径的碎石及 4.75 mm 以下的石屑组配而成。缺乏石屑时,可以添加细砂砾或粗砂。

(2)当改性级配碎石用于二级公路及以下等级公路的基层时,其最大粒径应控制在 37.5 mm 以内;用作上基层的改性级配碎石,其最大粒径宜控制在 31.5 mm 以内。

(3)水泥剂量以水泥质量占全部矿料干质量的百分率表示,即水泥剂量 = 水泥质量 / 干质量。改性级配碎石混合料中水泥剂量为 2% ~ 2.5%^[7-8]。

(4)用作上基层的碎石压碎值不应超过 28% (满足排水要求),用作基层的碎石压碎值不应超过 30%。

(5)改性级配碎石上基层 / 基层施工时,应遵守下列规定:

a. 颗粒组成应是一根顺滑的曲线,塑性指数应符合规定。

b. 应该采用集中厂拌法拌制混合料,并用摊铺机摊铺混合料。混合料必须拌和均匀,没有粗细颗粒离析现象。

c. 正式施工前,应该对拌和设备进行标定,以保证碎石配料和水泥剂量的准确性。

d. 在最佳含水量时进行碾压,作为上基层时应该达到重型击实标准下 100% 的压实度,作为二级公路的基层时应该达到重型击实标准下 98% 的压实度。

e. 应使用 12 t 以上三轮压路机碾压,每层的压

实厚度不应超过 15 ~ 18 cm。用重型振动压路机和轮胎压路机碾压时,每层的压实厚度可达 20 cm。

3.2 材料要求

(1)轧制碎石的材料可以是各种类型的岩石(软质岩石除外)、圆石或矿渣。圆石的粒径应是碎石最大粒径的 3 倍以上。

(2)碎石中针片状颗粒的总含量应不超过 20%。碎石中不应有黏土块、植物等物质,碎石压碎值不大于 26%。

(3)应进行颗粒分析、液限和塑性指数、碎石或砾石的压碎值、有机质含量(必要时做)、硫酸盐含量(必要时做)、水泥的标号和终凝时间试验。改性级配碎石混合料的碎石颗粒组成、塑限指数、压碎值均需满足表 1 的要求。

表 1 改性级配碎石颗粒组成范围及要求

筛孔尺寸 /mm	筛孔质量通过率 /%	液限	塑限	压碎值
0.075	0 ~ 6			
0.6	8 ~ 21			
2.36	17.5 ~ 38.3			
4.75	26 ~ 52	< 28%	< 9%	< 26%
9.5	39.5 ~ 70.3			
19	60 ~ 95			
26.5	84 ~ 98.3			
31.5	100			

3.3 混合料组成设计

改性级配碎石混合料组成设计流程如下:

(1)宜在级配范围内计算 1 ~ 3 组粗细不同的配比,绘制设计级配曲线,分别位于级配范围的上方、中值及下方。采用重型击实试验确定设计的改性级配碎石混合料的最大干密度和最佳含水量。

(2)根据最佳含水量和最大干密度成型 CBR 试验试件,压实度为 98%,所用试件不少于 3 个,在龄

期到期前 4 d 进行泡水,水面应高于试件顶面 2.5 cm 左右。测得的 7 d 龄期的 CBR 值不小于 160%。

(3)当无论怎样调节配合比都无法满足要求时,应重新选择集料种类或水泥种类;当所选择的几种配合比均能满足要求时,则可从经济、技术方面确定一种最优级配。

4 结 语

通过 SAC 的计算方法得到关键筛孔的通过率,最终形成 36 个不同级配。分别测定这些级配组成的混合料的 7 d CBR 强度,经对比分析得到了改性级配碎石的级配范围。得到的改性级配碎石级配中值基本上与 $n=0.5$ mm 的曲线重叠,设计的级配范围是可行的,且改性级配碎石的范围比规范中级配碎石和水稳碎石的范围更广,对施工集料的选择更多。另外,还总结提出了适用于施工的改性级配碎石配合比设计方法。

参考文献:

[1] 周志刚. 沥青路面水泥改性级配碎石基层成套应用技术研究[R]. 长沙:长沙理工大学,2011.

[2] 沙庆林.粗集料断级配密实水泥稳定粒料的级配方法及其骨架的检验方法:中国,200610086173.5[P]. 2006-9-7.

[3] 周志刚,刘智仁,张军.低剂量水泥改性级配碎石力学指标分析[J].中外公路,2019(6):235-240.

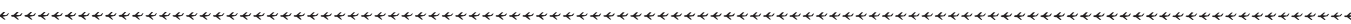
[4] 白琦峰,刘玲,胡伍生.低剂量水泥稳定碎石基层性能研究[J].中外公路,2006,26(6):170-173.

[5] JTG/T F20—2015,公路路面基层施工技术细则[S].

[6] JTG D50—2017,公路沥青路面设计规范[S].

[7] 孙绪康.低剂量水泥改性级配碎石力学行为研究[D].长沙:长沙理工大学,2012.

[8] 蒋少稀.低剂量水泥改性级配碎石施工变异性分析及质量控制[D].长沙:长沙理工大学,2012.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com