

基于 GTM 法的 AC-13 改性沥青混合料
目标配合比设计

靳凯洋, 李志勇

(重庆交通大学 土木工程学院, 重庆 400074)

摘要: 采用旋转剪切压实法(GTM)对渝长(重庆渝北—长寿)高速公路扩能工程路面上面层 AC-13 改性沥青混合料目标配合比进行设计, 初步完成原材料选择、级配确定, 并对沥青混合料性能进行检验和评价, 最终提出在最佳油石比情况下的目标配合比, 提高改性沥青混合料的水稳定性和抗车辙能力。

关键词: 公路; 改性沥青混合料; 目标配合比; 旋转剪切压实法(GTM)

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)05-0053-03

目前, 中国高速公路沥青路面频繁出现车辙、水损坏等早期病害, 除与重载超载、施工等因素有关外, 还与结构层本身的设计关系密切。通过旋转剪切压实法(GTM)设计的沥青砼除具有密度高、空隙率小、沥青用量少的特点外, 还具有良好的高温稳定性和抗疲劳性, 可有效减缓沥青路面早期病害的发生。为提高改性沥青混合料的水稳定性和抗车辙能力, 采用 GTM 法对渝长(重庆渝北—长寿)高速公路扩能 YCLM1 合同段上面层 AC-13 沥青砼进行目标配合比设计。

1 原材料

1.1 沥青

沥青采用壳牌 SBS 类 I-D 级改性沥青, 根据 DB 13/T978-2008《旋转压实剪切试验法(GTM)沥青混合料设计与施工技术规范》的要求进行试验分析, 检测结果见表 1。

1.2 矿料

沥青混合料中的矿料包括粗集料、细集料和矿粉填充料。

粗集料采用四川峨眉山产玄武岩粗集料, 分 9.5~16、4.75~9.5、2.36~4.75 mm 3 种规格, 其性能试验结果(见表 2)符合 DB 13/T978-2008 对沥青混合料上面层用粗集料的要求。

细集料采用由乐山产石灰岩轧制的机制砂, 其各项技术指标均满足要求(见表 3)。

矿粉采用重庆长寿产石灰岩矿粉, 其性能指标均符合 DB 13/T 978-2008 的要求(见表 4)。

表 1 SBS 改性沥青性能检测结果

检测项目	技术要求	检测结果
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	40~60	58
针入度指数	≥0	0.02
延度(5℃, 5 cm/min)/cm	≥20	48
软化点(T _{R&B})/℃	≥70	75.5
运动粘度(135℃)/(Pa·s)	≤3	1.272
闪点/℃	≥230	317
溶解度/%	≥99	99.83
弹性恢复(25℃)/%	≥85	93
离析/%	≤2.5	1.3
TFOT(或 RTFOT)后 质量变化/%	±1.0	0.08
针入度(25℃)/%	≥65	83.4
残留物 延度(5℃)/cm	≥15	38

表 2 粗集料性能检测结果

检测项目	技术要求	各种粗集料(mm)检测结果			
		9.5~16	4.75~9.5	2.35~4.75	
集料压碎值/%	≤24	19.6	—	—	
洛杉矶磨耗损失/%	≤26	16.4	16.4	—	
表观相对密度	≥2.60	2.721	2.690	2.635	
毛体积相对密度	—	2.679	2.625	2.556	
吸水率/%	≤2.0	0.41	0.48	—	
对沥青的粘附性/级	≥5	5	5	—	
针片状 混合料	≤15	8.6	—	—	
颗粒含 量/%	粒径>9.5 mm ≤12	7.8	—	—	
粒径<9.5 mm ≤18	—	11.6	—	—	
软石含量/%	≤3	0.0	0.0	—	
磨光值/BPN	≥42	45	—	—	

注: 对 3~5 mm 粗集料, 针片状颗粒含量可不作要求。

表3 细集料性能检测结果

检测项目	技术要求	试验结果
表观相对密度	≥2.50	2.675
坚固性(>0.3 mm)/%	≤12	5
砂当量/%	≥65	75
棱角性(流动时间)/s	≥30	36

2 目标配合比设计

采用 GTM 法对 AC-13 型 SBS 改性沥青混合料目标配合比进行设计。

2.1 矿料级配的确定

根据 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术

规范》和 CQJTG/T A01-2015《重庆高速公路沥青路面技术规范》对 AC-13 型 SBS 改性沥青混合料级配范围的要求确定的矿料级配组成见表 5,级配曲线见图 1。

表4 矿粉性能检测结果

检测指标	技术要求	试验结果
表观相对密度	≥2.50	2.658
含水量/%	≤1	0.45
外观	无团粒结块	无团粒结块
亲水系数	≤1	0.6
各粒径含量/%		
<0.6 mm	100	100
<0.15 mm	90~100	93
<0.075 mm	75~100	78

表5 矿料配合比计算结果

筛孔尺寸/ mm	各类矿料(mm)的配合比例/%					设计级配/%			
	9.5~16	4.75~9.5	2.36~4.75	机制砂	矿粉	上限	下限	中值	合成级配
16.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
13.200	82.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	95.0	95.7
9.500	7.8	95.6	100.0	100.0	100.0	80.0	60.0	70.0	76.4
4.750	0.0	15.4	92.6	88.2	100.0	53.0	30.0	41.5	43.8
2.360	0.0	0.0	5.4	78.9	100.0	40.0	20.0	30.0	29.6
1.180	0.0	0.0	0.0	55.0	100.0	30.0	15.0	22.5	21.6
0.600	0.0	0.0	0.0	30.8	100.0	23.0	10.0	16.5	13.9
0.300	0.0	0.0	0.0	18.4	100.0	18.0	7.0	12.5	9.9
0.150	0.0	0.0	0.0	13.1	100.0	12.0	5.0	8.5	8.2
0.075	0.0	0.0	0.0	3.2	99.6	8.0	4.0	6.0	5.0

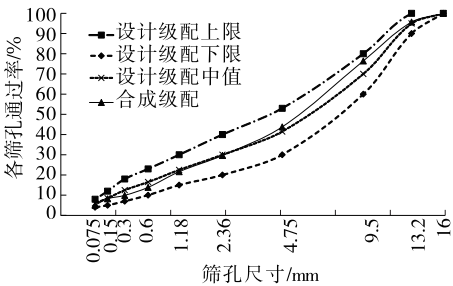


图1 矿料级配曲线

2.2 最佳油石比的确定

试验条件:垂直压力 0.8 MPa;拌和温度 180℃;成型温度 160~165℃;机器角 1.6°;控制方式为极限平衡状态。

按上述条件制备油石比为 4.0%、4.4%、4.8%、5.2%、5.6% 的 GTM 试件,按表干法测定试件的毛体积相对密度,并计算理论最大相对密度,结果见表 6。GTM 试件试验结果见表 7 和图 2。

表6 GTM 试件体积参数及马歇尔稳定度试验结果

油石比/%	理论最大相对密度	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
4.0	2.645	2.455	7.2	13.9	48.2	13.71	2.97
4.4	2.625	2.469	5.9	14.2	58.0	14.31	3.19
4.8	2.606	2.481	4.8	14.3	65.9	13.82	3.46
5.2	2.588	2.488	3.9	14.5	74.6	13.24	3.93
5.6	2.569	2.491	3.0	14.4	77.8	12.77	4.57

表 7 AC-13 改性沥青混合料 GTM 试验结果

油石比/%	毛体积相对密度	稳定系数	安全系数
4.0	2.455	0.99	1.30
4.4	2.469	1.00	1.31
4.8	2.481	1.02	1.35
5.2	2.488	1.10	1.33
5.6	2.491	1.13	1.30

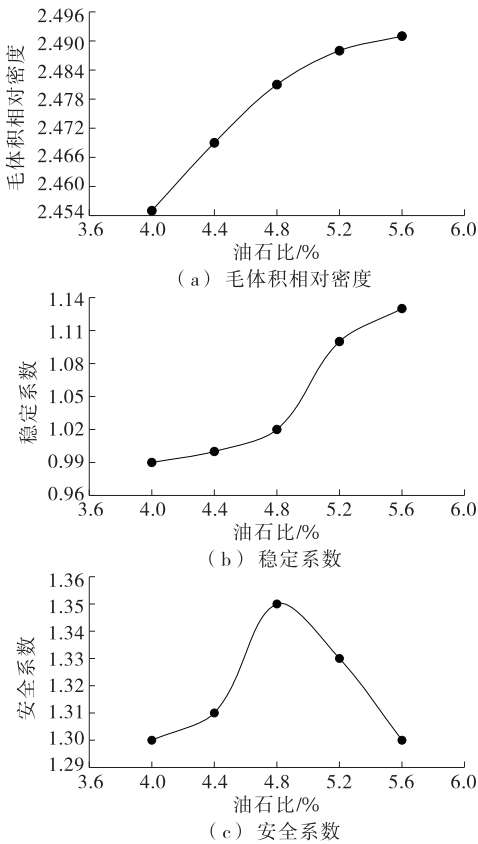


图 2 GTM 试验参数随油石比的变化

由表 7 和图 2 可知:AC-13 改性沥青混合料的稳定系数随着油石比的增加而增大,油石比大于 4.8% 时,其值显著增大,表明混合料中的沥青已过量,致使试件的塑性变形过大;安全系数随着油石比的增加呈现先增大后减小的趋势,油石比为 4.8% 时,其值最大。综合考虑 GTM 试验结果、体积参数及其变化趋势,确定 AC-13 型 SBS 改性沥青混合料的最佳油石比为 4.8%。鉴于该工程所处地区的气候条件、公路渠化的交通特点和施工控制难度,建议油石比范围取 4.6%~5.0%。

综上,AC-13 改性沥青混合料目标配合比设计结果如下:9.5~16 mm : 4.75~9.5 mm : 2.36~4.75 mm : 机制砂 : 矿粉 = 24 : 33 : 7 : 32 : 4,最佳油石比为 4.8%。

3 沥青混合料性能评价

3.1 水稳定性

按最佳油石比对所设计的 AC-13 SBS 改性沥青混合料进行浸水马歇尔和冻融劈裂试验,残留稳定度和冻融劈裂强度比均满足要求(见表 8)。

表 8 沥青混合料水稳定性检验结果

检验指标	技术要求	试验结果
残留稳定度/%	≥85	89.5
冻融劈裂强度比/%	≥80	92.4

3.2 高温稳定性

在规定条件下,根据最佳油石比进行车辙试验,检验改性沥青混合料的高温抗车辙能力,结果见表 9。从表 9 可看出:采用 GTM 法设计的沥青混合料在最佳油石比下具有良好的抗车辙能力。

表 9 沥青混合料车辙试验结果

检验指标	技术要求	试验结果
平均动稳定度/(次·mm ⁻¹)	≥4 680	4 820
变异系数/%	≤20	9.4

3.3 抗渗水性能

采用轮碾机成型试件,脱模架起进行试验,试验结果显示:所设计的改性沥青混合料的渗水系数为 9 mL/min,其抗渗水能力满足 JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》中≤120 mL/min 的要求。

4 结语

根据渝长高速公路扩能工程的实际情况,选用适当的级配以形成密实的 S 形级配,然后采用 GTM 法确定 SBS 改性沥青混合料的最佳油石比和矿料配合比例,最后通过室内试验评价沥青混料的水稳定性、高温稳定性和抗渗水性能。试验结果表明,所有指标均符合相关规范的要求,目标配合比设计合理、可行。

参考文献:

[1] 刘慧.嵌挤骨架型沥青混合料的设计研究[D].大连:大连理工大学,2011.

[2] 张周平,李聚力,宋继增.沥青混合料 GTM 设计方法及工程质量研究[J].黑龙江工程学院学报:自然科学版,2008,22(1).

[3] 黄维荣.道路建筑材料[M].第二版.北京:人民交通出版社,2011.

- 1996,1(2).
- [2] 梁纬球,杨涛,陆艺.体外预应力钢—混凝土组合梁连续倒塌性能分析[J].广西大学学报:自然科学版,2015,40(4).
- [3] 聂建国,陶慕轩.体外预应力钢—混凝土组合梁受力性能的研究现状与展望[J].工程力学,2011,28(增刊2).
- [4] 宗周红,车惠民,房贞政.预应力钢—混凝土组合梁有限元非线性分析[J].中国公路学报,2000,113(2).
- [5] 陶慕轩,聂建国.预应力钢—混凝土连续组合梁的非线性有限元分析[J].土木工程学报,2011,44(3).
- [6] Nie J G, Cai C S, Zhou T R, et al. Experimental and analytical study of prestressed steel-concrete composite beams considering slip effect[J]. Journal of Structural Engineering, 2007, 133(4).
- [7] 聂建国,陶慕轩.预应力钢—混凝土连续组合梁的承载力分析[J].土木工程学报,2009,42(4).
- [8] 聂建国,周天然,秦凯,等.预应力钢—混凝土组合梁的抗弯承载力研究[J].工业建筑,2003(12).
- [9] H U Shaowei. Experiment and analysis of flexural capacity and behaviors of pre-stressed composite beams[J]. Automation in Construction, 2014, 37.
- [10] JGJ 369—2016, 预应力混凝土结构设计规范[S].
- [11] Arafa M, Alqedra M, Annajjar H. Neural network models for predicting shear strength of reinforced normal and high-strength concrete deep beams[J]. Journal of Applied Sciences, 2011, 11(2).
- [12] 杨杰,李爱群,缪长青. BP神经网络在大跨斜拉桥的斜拉索损伤识别中的应用[J]. 土木工程学报, 2006, 39(5).
- [13] 魏海斌,张仰鹏,焦峪波,等.钢—混组合梁挠度增大系数的神经网络计算方法[J]. 吉林大学学报:工学版, 2014, 44(4).
- [14] Yan B, Cui Y, Zhang L, et al. Beam structure damage identification based on BP neural network and support vector machine[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2014(2).
- [15] 沈为民,宗周红,房贞政.预应力组合简支梁试验研究[J].福州大学学报:自然科学版,2001,29(5).
- [16] Saadatmanesh H, Albrecht P, Ayyub B M. Analytical study of prestressed composite beams[J]. Journal of Structural Engineering, 2015, 115(9).
- [17] Chen S, Gu P. Load carrying capacity of composite beams prestressed with external tendons under positive moment[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2005, 61(4).
- [18] 冉崑.体外预应力钢—混凝土组合梁受弯性能理论分析与试验研究[D].南京:东南大学,2006.
- [19] Ayyub B M, Sohn Y G, Saadatmanesh H. Prestressed composite girders under positive moment[J]. Journal of Structural Engineering, 1990, 116(11).
- [20] 胡少伟,陈亮,胡汉林.预应力钢箱高强混凝土组合箱梁抗弯承载能力研究[J].土木工程学报,2011,44(6).
- [21] 荆世繁.体外预应力钢—轻骨料混凝土简支组合梁承载能力实验研究[D].长春:吉林大学,2008.
- [22] 王骅.体外预应力钢—混凝土组合梁试验与理论研究[D].上海:同济大学,2004.
- [23] Albrecht P, Li W, Saadatmanesh H. Fatigue strength of prestressed composite steel-concrete beams[J]. Journal of Structural Engineering, 1995, 121(12).
- [24] Ayyub B M, Sohn Y G, Saadatmanesh H. Prestressed composite girders under positive moment[J]. Journal of Structural Engineering, 1990, 116(11).
- [25] 张云龙.体外预应力钢—混凝土组合梁结构行为的试验研究[D].长春:吉林大学,2005.
- [26] 林传金.体外预应力钢—混凝土组合梁非弹性研究[D].福州:福州大学,2006.
- [27] 胡汉林.预应力组合箱梁结构抗弯性能试验研究与理论分析[D].南京:南京水利科学研究院,2010.
- [28] 王骅.体外预应力钢—混凝土组合梁试验与理论研究[D].上海:同济大学,2004.
- [29] 洪英维.体外预应力钢箱—混凝土组合梁试验研究[D].南京:南京工业大学,2005.
- [30] 过镇海.钢筋混凝土原理[M].北京:清华大学出版社,2013.

收稿日期:2018-09-25

(上接第55页)

- 出版社,2017.
- [4] 张廷雷,方明,李建兵,等.基于规划求解的工程混合料最优配合比设计[J].施工技术,2012(12).
- [5] 王国清.旋转剪切压实法(GTM)混合料设计与施工技术指南[M].北京:人民交通出版社,2006.
- [6] 李正中,何兆益,宋晓燕,等.基于GTM方法的橡胶沥青混合料性能试验[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2008,28(4).
- [7] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [8] CQJTG/T A01—2015,重庆高速公路沥青路面技术规范[S].

收稿日期:2018-12-04