

Design and Application of Hot Regenerated Asphalt Mixture

Mincheng Yang

Zhangzhou Management Branch, Fujian Expressway Group Co., Ltd., Zhangzhou Fujian
Email: cym808a@163.com

Received: May 1st, 2018; accepted: May 16th, 2018; published: May 23rd, 2018

Abstract

In view of the large number of RAP produced in the reorganization and expansion of Zhangzhou section of Xiamen-Chengdou Expressway, the design of ATB-25 regenerated asphalt mixture by martensitic method is carried out in this paper. The design results show that when the content of RAP is 30% and the best asphalt content is 4%, the dynamic stability of recycled mixture is 4676 times/mm, and the residual stability is 85.1%, which meet the technical requirements of specification and design, and it has been successfully verified and applied in the solid project of Zhangzhou section of Xiamen-Chengdou Expressway.

Keywords

Recycle Asphalt Pavement, Regeneration, Design, Application

热再生沥青混合料设计及应用

杨敏成

福建省高速公路集团有限公司, 漳州管理分公司, 福建 漳州
Email: cym808a@163.com

收稿日期: 2018年5月1日; 录用日期: 2018年5月16日; 发布日期: 2018年5月23日

摘要

针对厦蓉高速漳州段改扩建产生的大量RAP, 本文采用马氏法进行了ATB-25再生沥青混合料的设计, 设计结果显示: 当RAP掺量在30%, 最佳沥青含量为4.0%时, 设计的再生混合料动稳定度4676次/mm, 残留稳定度为85.1%, 满足规范和设计的技术要求, 并成功在厦蓉高速漳州段实体工程中得到了成功验证与应用。

关键词

沥青回收料, 再生, 设计, 应用

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

经过三十多年的高速公路建设, 高速公路建设已经从早期规模建设转向建养过渡, 初步统计自 2015 年以来每年至少产生 6000 万吨的沥青路面回收料(RAP), 大量 RAP 的产生不仅污染环境, 占用耕地, 而且不适应未来绿色循环经济的发展需要[1]。基于 RAP 的再生利用需求[2], 本文将厦蓉高速漳州段改扩建产生的沥青路面回收料 RAP 进行 ATB-25 热再生沥青混合料设计[3] [4], 并将设计的 ATB-25 再生沥青混合料应用到改扩建沥青路面的上基层。

2. ATB-25 再生混合料设计

2.1. 原材料分析

1) 胶结料: 胶结料采用 70 号重交石油沥青, 对给定的针入度、软化点、延度等指标(见表 1)其结果符合《沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中关于普通沥青的相关技术要求[5]。

2) 矿料: 集料采用自行破碎加工的 0~5 mm、5~10 mm、10~20 mm、20~30 mm 辉绿岩集料, 填料选用石灰石矿粉, 所选取的集料、矿粉其指标均满足 JTG F40-2004 中对集料、矿粉的相关技术要求。

3) RAP: RAP 选用厦蓉高速原沥青路面的上中面层的铣刨料, 并在后场加工成 0~8 mm、8~15 mm 以及 15~20 mm 的规格。RAP 检测包括旧沥青油石比, 旧料级配以及回收沥青针入度等三项指标, 检测结果如表 2。根据美国标准, 针入度在 15 (0.1 mm)以下一般不适宜再生利用, 从表 2 结果看本次选取的厦蓉高速漳州段改扩建 RAP 针入度均大于 15 (0.1 mm), 可以进行再生混合料的设计。

2.2. 掺量及级配设计

进行级配设计时首先确定 RAP 中集料与新加集料之间的比例关系 $r(\%)$, 根据《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41-2008)中表 B.4.2 [6], 本文选取的 RAP 中旧沥青含量均大于 20 (0.1 mm), 按照新旧沥青调和原则, 其 RAP 最大掺量为 25%, 考虑到 0~8 mmRAP 中旧沥青含量均大于 30 (0.1 mm), RAP 掺量 r 可以适当提高, 但根据施工经验, 当 $r > 30\%$, 应掺加再生剂, 本次再生混合料设计时, 不外掺再生剂, 因此确定 RAP 的最大掺量 $r = 30\%$ 。设计级配如表 3 所示。

Table 1. Asphalt Inspection Specifications

表 1. 沥青检测技术指标

检测项目	单位	技术要求	试验结果
针入度(25°C, 5 s, 100 g)	0.1 mm	60~80	64.5
软化点(R & B)(环球法)	°C	≥46	48.6
延度(15°C, 5 cm/min)	cm	≥100	>100
密度(15°C)	g/cm ³	实测记录	1.027

Table 2. RAP performance test results
表 2. RAP 性能检测结果

检测项目	RAP 规格												
	0~8 mm				8~15 mm				15~20 mm				
油石比/%	6.4				4.3				4.7				
针入度/0.1 mm	35.2				28.2				21.8				
筛孔尺寸/mm	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
通过率 /%	0~8 mm	100	100	100	100	99.9	87.3	62.9	44.5	36.8	24.2	18.0	13.1
	8~15 mm	100	100	100	99.0	81.7	29.1	22.0	16.5	14.2	10.0	7.6	5.5
	15~20 mm	100	94.8	86.8	67.9	41.7	27.2	20.6	15.2	12.8	8.8	6.8	5.2

Table 3. Design Gradation of ATB-25 Asphalt Mixture
表 3. ATB-25 沥青混合料设计级配

孔径(mm)	RAP/mm			0~5 mm	5~10 mm	10~20 mm	20~30 mm	矿粉	级配范围		
	0~8	8~15	15~20						中值	下限	上限
31	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100
26.5	100.0	100.0	98.9	100.0	100.0	100.0	91.7	100.0	95	90	100
19	100.0	100.0	94.8	100.0	100.0	96.0	9.0	100.0	70	60	80
16	100.0	100.0	86.8	100.0	100.0	78.0	0.1	100.0	58	48	68
13.2	100.0	99.0	67.9	100.0	100.0	47.8	0.1	100.0	52	42	62
9.5	99.9	81.7	41.7	100.0	95.0	5.8	0.1	100.0	42	32	52
4.75	87.3	29.1	27.2	91.0	2.9	0.1	0.1	100.0	30	20	40
2.36	62.9	22.0	20.6	56.5	0.4	0.1	0.1	100.0	23.5	15	32
1.18	44.5	16.5	15.2	34.5	0.3	0.1	0.1	100.0	17.5	10	25
0.6	36.8	14.2	12.8	26.7	0.3	0.1	0.1	100.0	13.0	8	18
0.3	24.2	10.0	8.8	15.6	0.3	0.1	0.1	100.0	9.5	5	14
0.15	18.0	7.6	6.8	10.0	0.3	0.1	0.1	100.0	6.5	3	10
0.075	13.1	5.5	5.2	5.8	0.3	0.1	0.1	98.1	4.0	2	6
比例	15	5	10	16	8	11	33.5	1.5			

2.3. 沥青用量确定

热再生沥青混合料中沥青的用量可以按照下式进行估算： $P = 0.035a + 0.045b + Kc + F$ 进行估算，其中 P：混合料中的大概沥青用量(%)；K：当 0.075 mm 筛孔通过率为 6~10%时，取 0.18；当 0.075 mm 筛孔通过率 ≤ 5 时，取 0.2；a、b、c 分别是 2.36 mm 以上、0.075 mm~2.36 mm 之间、0.075 mm 以下的集料比例；F：经验系数，取 0.7%。

根据以上经验公式计算出本级配中的沥青用量为 4.3% (即油石比 4.5%)，显然偏大，但是配合比设计时应不受其局限，在实际操作中选取 3.2%、3.7%、4.2%、4.7%、5.2% 等四个油石比成型试件，并计算体积参数如表 4 所示。

根据以上参数，计算出 $OAC1 = 3.72\%$ 、 $OAC2 = 3.90\%$ ，其最佳油石比为 $OAC = (OAC1 + OAC2)/2 =$

Table 4. Marshall test results**表 4.** 马歇尔试验结果

油石比 (%)	理论最大相对密度	毛体积相对密度	VV (%)	VMA (%)	VFA (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.1 mm)
3.2	2.504	2.319	7.4	14.4	48.6	9.88	22.6
3.7	2.487	2.347	5.6	13.8	59.2	11.4	26.5
4.2	2.470	2.370	4.1	13.4	69.7	12.8	31.5
4.7	2.454	2.372	3.3	13.7	75.7	9.97	36.8
5.2	2.438	2.366	2.9	14.3	79.5	9.54	39.2

3.81%。因此基于 RAP 设计的 ATB-25 混合料的最佳油石比为 3.81%，折合成最佳沥青用量为 4.0%。

2.4. 性能验证

为验证采用 4.0% 的最佳沥青用量设计的 ATB-25 混合料的路用性能，室内进行高温性能和水稳性能测试，结果见表 5 所示。表 5 结果反映，采用本文的设计级配和最佳沥青用量设计的再生混合料路用性能满足要求，完全可以替代非再生 ATB-25 混合料进行应用。

3. 工程应用

厦蓉高速改扩建漳州段于 2016 年开始高速公路的改扩建，为充分将铣刨出来的 RAP 再生利用，并验证本文设计的 ATB-25 再生沥青混合料使用效果，2017 年 11 月在厦蓉高速龙岩-漳州方向(桩号范围 K77+200-K78+000)铺筑了约长 800 m、宽 10.58 m 共计约 8464 m² 的 ATB-25 再生上基层实体工程(如图 1、图 2)。

3.1. 生产配合比设计

本次 ATB-25 再生试验段原材料均采用福建路桥料场材料，其中沥青为 70 号重交沥青，集料采用自行破碎加工的 0~5 mm、5~10 mm、10~20 mm、20~30 mm 辉绿岩集料，填料选用石灰石矿粉，RAP 采用厦蓉高速漳州段改扩建中上面层的铣刨料，参照室内设计的目标配合比，进行了生产配合比设计，设计配比如表 6 所示，从表 7 可以看出设计的生产级配和目标级配偏差在 $\pm 2\%$ 以内，满足《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2006)对沥青混合料级配范围允许偏差要求。

根据目标配合比最佳沥青含量 4.0%，试验时选择 $4.0\% \pm 0.3\%$ 三种沥青用量(即 3.7%、4.0%、4.3% 沥青含量)成型试件，根据体积参数确定出最佳沥青含量为 4.0%，然后进行了混合料的路用性能试验(表 8)，试验结果显示设计的 ATB-25 再生混合料具有良好的路用性能，满足公路沥青路面施工技术规范对密级配沥青混合料的各项技术要求。

3.2. 现场施工

为确保 ATB-25 再生混合料施工质量，现场提出了以下具体的控制措施：

- 1) 混合料的拌合温度控制在 170℃~175℃；
- 2) 摊铺过程禁止料斗频繁收斗，铺筑后路面发现混合料离析应立即换填或撒布细料；
- 3) 混合料摊铺温度不低于 165℃，复压不低于 135℃，终压不低于 110℃；
- 4) 碾压采 13T 钢轮静压 1~2 遍，25T 胶轮负压 4 遍，13T 钢轮终压 1~2 遍，总遍数不低于 6 遍。

从现场施工情况看，整个过程各项措施基本都得到了控制，但也出现了一些问题，比如在初始阶段

Table 5. ATB-25 Recycled Mix Performance Test
表 5. ATB-25 再生混合料性能测试

检验项目	单位	技术要求	试验结果	试验方法
动稳定度	次/mm	≥1000	4676	T0719
残留稳定度	%	≥80	85.1	T0709

Table 6. Production Ratio of ATB-25 Asphalt Mixture
表 6. ATB-25 沥青混合料生产配合比例

材料种类	矿料/mm								
	RAP			0~4	4~7	7~12	12~24	24~40	矿粉
	0~8	8~15	15~20						
比例(%)	15	5	10	10.5	8	6	23	20	2.5

Table 7. Production Ratio of ATB-25 Asphalt Mixture
表 7. ATB-25 沥青混合料生产配合比例

筛孔/mm	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
生产配合比	100	96.7	69.5	61.7	56.3	47.0	31.8	22.3	17.1	13.2	8.9	7.4	5.5
目标配合比	100	96.5	69.0	63.8	57.7	47.2	32.7	21.3	15.6	11.8	8.7	7.4	5.6
级配偏差	0.0	0.2	0.2	-2.1	-1.4	-0.2	-0.9	+1.0	+1.5	+1.4	+0.2	0.0	-0.1
级配范围	100	90~100	60~80	48~68	42~62	32~52	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6



Figure 1. On-site construction
图 1. 现场施工

由于压路机操作手违反操作，复压时洒水过多，导致路面温度降低过快，这一问题在发现时及时得到了纠正。总体上看本次 ATB-25 再生试验路的施工整体进展顺利，达到了预期的要求。

3.3. 后期检测

为检验 ATB-25 再生试验段施工的质量，施工后第二天进行了现场压实度、平整度、渗水测试(表 9)，从检测的压实度、平整度及渗水系数等指标看，均满足设计技术要求，达到了预期的要求。施工至今对该路段进行后期跟踪观测，ATB-25 再生沥青路面无发生任何病害，验证了设计的 ATB-25 再生混合料的使用可行性，具有在高速公路大面积推广的前景。



Figure 2. Effect after Construction

图 2. 施工后效果

Table 8. ATB-25 Recycled Mix Performance Test Results

表 8. ATB-25 再生混合料性能试验结果

检验项目	单位	技术要求	试验结果	试验方法
动稳定度	次/mm	≥1000	4852	T0719
残留稳定度	%	≥80	87.5	T0709

Table 9. ATB-25 Recycled Asphalt Pavement Inspection

表 9. ATB-25 再生沥青路面检测

检测项目	压实度/%	平整度标准差/mm	渗水系数 ml/min
检测结果	98.9	0.86	12
设计要求	≥97	≤1.2	≤120 ml/min

4. 结论

本文基于厦蓉高速漳州段改扩建产生的 RAP，采用马歇尔设计法进行 ATB-25 再生混合料配合比设计，设计出的各项技术指标均满足相关规范和设计技术要求，并在厦蓉高速龙岩-漳州方向铺筑了约 800 m 长的试验路段，从后期的使用效果看，设计的 ATB-25 具有良好的使用性能，具有在高速公路大面积推广的应用前景。

项目来源

福建省科技厅科技项目《基于旧料再生应用的高速公路扩建拼宽段抗裂型路面关键技术研究》。

参考文献

- [1] 吴人坚, 张金喜, 李娟. 我国废弃沥青混合料再生利用的现状和课题[J]. 市政技术, 2005, 23(6): 340-344, 348.
- [2] 翁大庆, 蔡萍, 等. 旧沥青混合料再生利用技术的探索与实践[J]. 公路, 2007(7): 22-24.
- [3] 吕伟民. 沥青路面再生技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 1989: 97.
- [4] 季节, 高建立, 罗晓辉, 王锐英. 热再生沥青混合料的配合比设计[J]. 公路, 2004(3): 73.
- [5] JTG F40-2004. 沥青路面施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [6] JTG F41-2008. 公路沥青路面再生技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3431，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojtt@hanspub.org