

文章编号: 1002-0268 (2009) 02-0018-04

集料清洁度对沥青混合料水稳定性的影响研究

郭学东¹, 高春妹^{1,2}

(1. 吉林大学 交通学院, 吉林 长春 130022; 2. 吉林建筑工程学院 交通科学与工程学院, 吉林 长春 130021)

摘要: 对受到泥土污染的集料进行了水稳定性的试验研究, 试验分析了粗、细集料在泥土含量相同的情况下对混合料水稳定性的影响程度, 以及在保证集料清洁对沥青用量的影响情况。在此基础上, 综合分析了粗、细集料清洁度和沥青用量对沥青混合料水稳定性的影响及分析。研究结果表明: 不洁净矿料组成的沥青混合料的水敏感性大于洁净矿料组成的沥青混合料的水敏感性; 沥青混合料的水稳定性随着集料含泥量的增加而降低, 且细集料的洁净程度影响更为明显; 在达到相同的水稳定性指标值情况下, 含泥量降低 1% 左右, 可以节省沥青约为 0.2%。

关键词: 道路工程; 集料清洁度; 沥青混合料; 水稳定性

中图分类号: U414.7⁺⁵

文献标识码: A

Research on Influence of Aggregate's Cleanness on Asphalt Mixture's Water Stability

GUO Xuedong¹, GAO Chunmei^{1,2}

(1. School of Transportation, Jilin University, Changchun Jilin 130022, China;

2. School of Science and Engineering on Communications, Jilin Architectural and Civil Engineering Institute, Changchun Jilin 130021, China)

Abstract: The water stability test on the aggregate which polluted by clay and powder was conducted. In the test, the influence of coarse and fine aggregates with the same clay content on the water stability, and the influence of clean aggregate on the asphalt dosage were analyzed. On this basis, the influence of cleanness of coarse and fine aggregates and the asphalt dosage on water stability of asphalt mixture was analyzed. The research results show that (1) the water sensitivity of the asphalt mixture which consist of the unclean mineral material is larger than that of the asphalt mixture which consist of the clean one; (2) the higher the clay content of the aggregate, the lower the water stability, and the influence of the fine aggregate cleanness is more obvious; (3) at the same water stability indexes, decreasing clay content per 1% can save asphalt dosage per 0.2%.

Key words: road engineering; cleanness of aggregate; asphalt mixture; water stability

0 前言

沥青混凝土路面因其具有力学强度高、行车平稳舒适、噪音低、施工期短、维修方便等众多优点, 在我国已建成的高速公路中占有相当的比例。但许多高速公路在建成通车后不久, 沥青路面就出现过早的损

坏, 而这些损坏以水损害最为突出。水损害是沥青混合料水稳定性不足的主要表现。路面早期产生的大量水损害已经严重影响到路面的使用性能, 所以认识水损害、防止水损害、提高建设高速公路质量具有十分重要的现实意义^[1-6]。

近年来, 随着我国高速公路的建设规模越来越

收稿日期: 2008-01-18

基金项目: 吉林省交通科技项目 (2007128)

作者简介: 郭学东 (1955-), 男, 吉林长春人, 教授, 博士生导师, 研究方向为路桥检测与加固. (ypyc@jlu.edu.cn)

大, 对沥青路面早期水稳定性不足的问题越来越重视, 并取得了一些研究成果。但是由于我国在水稳定性方面的研究起步较晚, 目前的科研工作深度和广度上都与国外有着一定的差距, 所以还需要进一步的深入研究。

在影响沥青混合料水稳定性的因素中, 集料的性质和其表面的洁净程度是主要因素之一。集料表面的洁净程度对集料与沥青的粘附性影响很大, 泥土、粉尘将成为粘性沥青的隔离剂。泥土如果遇水, 水分润湿泥土, 更加容易造成剥落^[7]。根据国内外研究现状, 目前国内关于泥土、粉尘对沥青混合料水稳定性影响的机理、影响程度、改善措施方面的研究较少。所以希望通过本课题研究, 探寻沥青混合料中集料洁净程度对沥青混合料水稳定性的影响规律, 以期能够对路面实际工程起到指导作用, 降低经济损失, 提高我国公路的建设水平和服务水平。

1 集料清洁度对沥青混合料水稳定性影响的试验结果分析

因为集料在采集、运输、堆放的过程中, 与土接触的机会较多, 加之新规范规定石屑在生产时要采用抽吸措施, 所以附着在集料表面的大多是粘土的细小颗粒, 故本研究在选择集料的污染物时只针对泥土这一项。

1.1 集料含泥量变化对压实沥青混合料水稳定性影响的试验结果分析

本研究中集料的含泥量分粗、细集料来分别控制。泥土选用吉林省农安市市郊的粘土, 其塑性指数 $I_p = 15.1$ 。对于细集料中含泥量的表征问题, 因为在做砂当量试验时, 药品加入后沉淀物上方的水溶液中所形成的絮凝物的高度上限并不是十分清晰, 计算出的砂当量值误差大, 又因为砂当量值不仅仅取决于含土量, 细集料中的石粉也会影响砂当量的大小, 砂当量会随泥土、粉尘比例的不同而变化^[8], 所以为了在研究中便于粗细集料比较, 细集料的洁净程度直接取用所含泥量的质量百分数。

集料中泥量的控制方法是: 将粗、细集料用清水洗净, 置烘箱中烘干后放入干燥器中备用。首先按占粗集料质量的 1%、2%、3%、4%、5%、6% 的比例向粗集料中加入泥土, 用水淋湿, 将泥土和集料拌匀, 使泥土充分裹覆于集料表面, 放入烘箱中烘干后置干燥器中备用; 然后按占细集料质量的 1%、2%、3%、4% 的比例向细集料中加入泥土, 制作过程同粗集料。试验时混合料级配类型选用 AC-13, 沥青为辽

宁盘锦 AH-90[#] 道路沥青, 集料为安山岩(中性), 矿粉为石灰岩磨细制成。试验所用试件是经击实成型的马歇尔试件, 对马歇尔试验和浸水马歇尔试验采用双面击实 75 次, 对冻融劈裂试验采用双面击实 50 次。由马歇尔试验确定的沥青最佳用量为 5.0%。

试验顺序是首先在细集料洁净的情况下, 改变粗集料中泥土的含量, 寻求泥土不同含量与水稳定性之间的变化关系, 找到水稳定性满足要求时粗集料中的泥土含量的范围; 然后在粗集料洁净的情况下, 改变细集料中泥土的含量, 寻求在水稳定性满足要求时细集料中泥土含量的范围, 同时对比粗、细集料的污染哪个对水稳定性的影响大。本研究采用《公路工程沥青及沥青混合料规程》(JTJ052-2000) 中浸水马歇尔试验及冻融劈裂试验 2 种试验方法来研究水稳定性。试验结果见表 1~表 4, 图 1。

表 1 粗集料不同含泥量对应的沥青混合料残留稳定度

Tab. 1 Residual stability of asphalt mixture with different clay contents in coarse aggregate

含泥量/%	稳定度/kN	浸水 48 h 后稳定度/kN	残留稳定度/%
1	9.02	8.13	90.1
2	8.56	7.61	88.9
3	7.89	6.73	85.3
4	7.52	6.20	82.5
5	7.10	5.80	81.6
6	6.83	5.19	76.0

表 2 粗集料不同含泥量对应的沥青混合料冻融劈裂强度比

Tab. 2 Thaw-freezing splitting strength ratio of asphalt mixture with different clay contents in coarse aggregate

含泥量/%	试验荷载最大值/kN	试件高度/mm	劈裂抗拉强度/MPa	冻融劈裂试验强度比/%
1	冻前 32.49	62.6	3.259	79.65
	冻融 26.13	63.2	2.596	
2	冻前 31.41	63.4	3.111	76.60
	冻融 24.02	63.3	2.383	
3	冻前 29.77	63.0	2.968	72.50
	冻融 21.83	63.7	2.152	
4	冻前 28.33	62.8	2.833	67.89
	冻融 19.26	62.9	1.923	
5	冻前 27.67	64.1	2.711	65.31
	冻融 17.91	63.5	1.771	
6	冻前 26.55	63.9	2.609	61.20
	冻融 16.07	63.2	1.597	

从表 1~表 4、图 1 可以看出, (1) 残留稳定度 (MS_0) 和冻融劈裂强度比 (TSR) 均随含泥量的增多而发生变化且变化趋势相同, 均呈下降趋势。这表明沥青混合料的水稳定性与含泥量有关。究其原因也是因为泥土、灰尘等杂质裹覆在集料表面后, 沥

表3 细集料不同含泥量对应的
沥青混合料残留稳定度

Tab. 3 Residual stability of asphalt mixture with
different clay contents in fine aggregate

含泥量/%	稳定度/kN	浸水 48 h 后稳定度/kN	残留稳定度/%
1	8.16	7.48	91.7
2	7.62	6.63	87.0
3	6.97	5.65	81.1
4	6.33	4.83	76.3

表4 细集料不同含泥量对应的沥青
混合料冻融劈裂强度比

Tab. 4 Thaw-freezing splitting strength ratio of asphalt
mixture with different clay contents in fine aggregate

含泥量/%	试验荷载 最大值/kN	试件高 度/mm	劈裂抗拉 强度/MPa	冻融劈裂试 验强度比/%
1	冻前 32.06	63.5	3.171	77.17
	冻融 25.98	63.1	2.586	
2	冻前 29.95	63.3	2.971	73.39
	冻融 22.86	62.6	2.293	
3	冻前 26.76	62.5	2.689	66.67
	冻融 17.98	63.0	1.792	
4	冻前 24.66	63.8	2.427	61.10
	冻融 14.85	62.9	1.483	

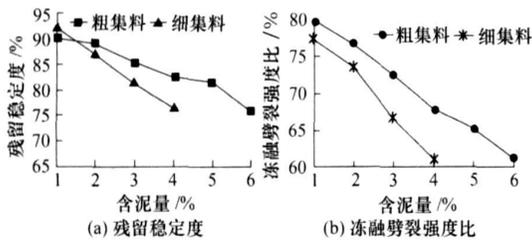


图1 粗、细集料相同含泥量对应的残留稳定度
和冻融劈裂强度比

Fig. 1 Residual stabilities thaw-freezing splitting strength
ratios of coarse and fine aggregates with same clay content

青较难与集料之间形成粘结。含泥量越高，泥土、灰尘等杂质就会在集料表面裹覆的越厚，从而使得沥青膜与集料之间越难形成粘结力。还有就是裹覆在集料表面的粘土颗粒特别容易吸水，这就为水的渗透提供了通道，且吸水后易膨胀，使沥青容易从集料上剥落。有研究表明高塑性指数的泥土在水和温度的作用下，可能使沥青乳化，从而导致沥青的剥落，过量泥土还使得沥青变硬、变脆，容易导致路面过早疲劳破坏^[9]。因此随含泥量的增多致使沥青混合料的水稳定性降低。

(2) 在相同的含泥量下，粗集料的残留稳定度和劈裂强度比数值要比细集料的大，随着含泥量的增加，粗、细集料对应的水稳定性指标数值发生了较大的变化，当细集料的含泥量为4%时，其对应的残留

稳定度和劈裂强度比与粗集料的含泥量为6%时的接近；同时从图1中也可以看出，细集料水稳定性指标值随含泥量的变化而变化的趋势明显于粗集料。这说明细集料的洁净程度对混合料水稳定性的影响敏感于粗集料。究其原因是矿料比面的影响，在相同的沥青用量条件下，与沥青产生交互作用的矿料表面积愈大，则形成的沥青膜愈薄，在沥青中结构沥青所占的比率愈大^[10]。因为细集料的比表面比粗集料的比表面大，那么在混合料中粗、细集料所占比例相同的情况下，细集料表面形成的结构沥青比粗集料的多。但因粘附于集料表面的泥土颗粒是粘性沥青的隔离剂，所以细集料表面形成的结构沥青被破坏的也就越多，以致于上述试验结果的出现。

(3) 无论是粗集料还是细集料，其残留稳定度随含泥量的变化缓于劈裂强度比随含泥量的变化。原因之一是冻融劈裂试验的试验环境比浸水马歇尔试验的苛刻，它使沥青混合料经过了由负温到高温的冻融循环过程，尤其是在负温环境下，填充于混合料缝隙中的水结冰后体积增大，对沥青膜产生压力，产生的冻胀力也将影响混合料中骨料的嵌挤力；同时在低温环境下沥青会变脆，塑性变形能力减弱，从而影响混合料的水稳定性。其次是冻融劈裂试验所用试件的击实次数少于浸水马歇尔试验所用试件的击实次数，击实次数的多少影响压实度的大小，继而影响沥青混合料的水稳定性。

(4) 通过试验研究可知，残留稳定度满足要求时的含泥量范围上限是：细集料在3%~4%之间，粗集料在5%~6%之间；冻融劈裂试验强度比满足要求时的含泥量范围上限是：细集料在1%~2%之间，粗集料在2%~3%之间。由此得出结论，对于本研究所选用的级配类型和矿料岩类，细集料就水稳定性指标而言对洁净度要求更为苛刻。

1.2 沥青用量的变化对沥青混合料水稳定性影响的试验分析

针对上述试验中得出的粗、细集料泥土含量值的范围，选取其上限，即粗集料含泥量为3%，细集料含泥量为2%，然后一起与沥青拌制混合料。在最佳沥青用量范围内选取不同的沥青含量值，测定在此种情况下沥青用量的变化对混合料水稳定性的影响，试验结果见表5。

(1) 由表5中的数据可知，随沥青用量的增加混合料的水稳定性有所增强。这说明在集料受污染后，要想提高水稳定性指标需增加一定的沥青用量。原因之一是粘土富含硅、铝盐，附着在集料表面后相当于

表5 不同沥青用量的水稳定性指标值

Tab. 5 Water stability indexes with different asphalt dosages

沥青用量/%	残留稳定度/%	冻融劈裂试验强度比/%
5.0	79.10	63.41
5.2	82.2	68.89
5.4	84.6	73.22

增加了集料的酸性。其次是泥土、粉尘的存在相当于增加了 $< 0.075\text{ mm}$ 部分的用量,使矿质混合料的总表面积增大,从而增加了沥青与矿料物理—化学作用的表面,但有可能在粘土颗粒表面形成的吸附溶化膜发育较差。所以与洁净的集料相比,在达到相同的物理力学指标情况下,沥青的用量要随之增加。从这一点来看,保证集料的清洁可以节省沥青用量,也就是节省经济支出。

(2) 纵观整个试验结果会发现,在粗、细集料的含泥量分别为4%和3%时,其残留稳定度和劈裂强度比与表5中沥青含量为5.2%时对应的水稳定性指标值接近,具体见表6和图2。

表6 集料不同含泥量对应的沥青用量

Tab. 6 Asphalt dosages in aggregates with different clay contents

含泥量/%	MS_0 /%	TSR/%	沥青用量/%
2(细)+3(粗)	82.2	68.89	5.2
4(粗)	82.5	67.89	5.0
3(细)	81.1	66.67	5.0

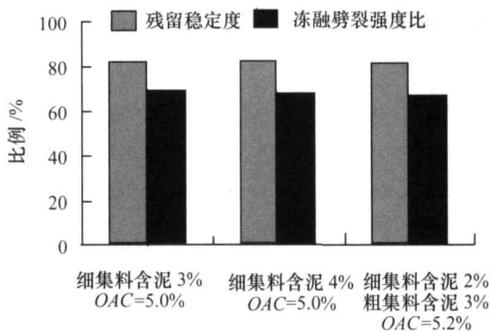


图2 集料不同含泥量对应的沥青用量

Fig. 2 Asphalt dosages in aggregates with different clay contents

从表6可知,在达到相同的水稳定性指标情况下,含泥量降低1%~2%,可以节省沥青约0.2%。

2 结论

(1) 不洁净矿料组成的沥青混合料的水敏感性大于洁净矿料组成的沥青混合料的水敏感性。

(2) 通过水稳定性试验可知,随着粗细集料各自含泥量的增加,细集料对混合料水稳定性的影响变化

趋势明显于粗集料;同时得出,对于矿料为中性岩类、级配类型为AC-13的沥青混合料来说,水稳定性满足要求时的含泥量范围上限是:细集料在1%~2%之间,粗集料在2%~3%之间。

(3) 通过试验数据发现,对于本次研究所选用的矿料岩性、级配类型和沥青品种来说,在达到相同的水稳定性指标情况下,含泥量降低1%~2%,可以节省沥青约0.2%左右,这说明保证集料的清洁相当于节省经济支出。

集料保持洁净对于沥青混合料的水稳定性来说是很重要的,尤其是细集料保持洁净。

参考文献:

References:

- [1] 张智刚. 高速公路沥青路面水损害机理及防治措施 [J]. 湖南交通科技, 2006, 32 (2): 25-26
ZHANG Zhigang, Water Damage Mechanism of Asphalt Pavement and Its Prevention Measures [J]. Hunan Communications Science and Technology, 2006, 32 (2): 25-26
- [2] 郑晓光, 杨群, 吕伟民. 沥青路面水损害的病害特征与机理分析 [J]. 中南公路工程, 2006, 31 (2): 96-98
ZHENG Xiaoguang, YANG Qun, LV Weimin Distress Characteristics and Mechanics of Moisture Damage in Asphalt Pavement [J]. Central South Highway Engineering, 2006, 31 (2): 96-98
- [3] 袁万杰, 陈忠达, 王宏军. 沥青混合料水稳定性评价方法研究 [J]. 中南公路工程, 2006, 31 (3): 114-117.
YUAN Wanjie, CHEN Zhongda, WANG Hongjun Study on the Immersion Stability of Asphalt Mixture [J]. Central South Highway Engineering, 2006, 31 (3): 114-117
- [4] 陈团结, 贾润萍. 高速公路沥青路面水损害部分原因分析 [J]. 公路交通科技, 2005, 22 (5): 21-23.
CHEN Tuanjie, JIA Rungping. On the Causes of Asphalt Pavement Water Induced Damage [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (5): 21-23
- [5] 陈顺伟, 薛克, 刘贵忠. 沥青路面水损害及防治方法的实验室研究 [J]. 河北工业大学学报, 2006, 35 (2): 92-95.
CHEN Shunwei, XUE Ke, LIU Guizhong. The Ways Studied in Laboratory to Prevent Water Damage [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2006, 35 (2): 92-95
- [6] 陈顺福, 韩东萍, 延西利. 法国沥青混合料设计方法 [J]. 国外公路, 2000, 20 (6): 49-52

- (7): 31-34
- JIANG Yingjun, DAI Xuezheng, CHEN Zhongda, et al Study on Mechanism of Cement Concrete Pavement Damage of Heavy-Duty Traffic Road and Countermeasures [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (7): 31-34
- [4] 巨锁基, 李宇峙. 局部脱空条件下 CRCP 荷载应力分析 [J]. 公路交通科技, 2005, 22 (5): 34-37.
- JU Suoji, LI Yuzhi Load Stress Analysis of CRCP with Weak Support [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (5): 34-37.
- [5] 杨锡武, 王东, 张祖堂. 汽车超载对水泥混凝土路面破坏影响的力学机理分析 [J]. 重庆交通学院学报, 2004, 23 (6): 46-49.
- YANG Xiwu, WANG Dong, ZHANG Zutang The Analysis of Mechanics Mechanism of Overweight Traffic Effect on Concrete Pavement Early Failure [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University, 2004, 23 (6): 46-49.
- [6] 唐伯明, 蒙华, 刘志军. 欧美水泥混凝土路面设计使用现状综述 [J]. 公路, 2003 (10): 37-39.
- TANG Boming, MENG Hua, LIU Zhijun Summary on Design and Application of Cement Concrete Pavement of Europe and United States [J]. Highway, 2003 (10): 37-39.
- [7] 蒋应军, 戴经梁, 陈忠达. 重载水泥混凝土路面疲劳方程和车辆轴载的换算 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2002, 22 (3): 21-24.
- JIANG Yingjun, DAI Jingliang, CHEN Zhongda Fatigue Equation and Axle Load Conversion for Cement-concrete-pavement under Heavy-load [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22 (3): 21-24.
- [8] 郑木莲, 陈拴发, 王秉纲. 水泥混凝土路面多孔混凝土基层的接缝间距 [J]. 中国公路学报, 2007, 20 (4): 23-28.
- ZHENG Muliang, CHEN Shuanfa, WANG Binggang Joint Space for Porous Concrete Base of Cement Concrete Pavement [J]. China Journal of Highway and Transport, 2007, 20 (4): 23-28.
- [9] 徐宏, 邓学钧, 倪富健. 水泥路面板高温隆起的力学机理分析 [J]. 公路交通科技, 2008, 25 (11): 1-5.
- XU Hong, DENG Xuejun, NI Fujian Analysis of Mechanical Behavior of Pavement Slab Humping by High Temperature [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25 (11): 1-5.
- [10] 牛开民, 田波. 水泥混凝土路面等效疲劳温度应力系数 [J]. 中国公路学报, 2006, 19 (5): 23-28.
- NIU Kai-min, TIAN Bo, Equivalent Fatigue Thermal Stress Coefficient of Cement Concrete Pavement [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19 (5): 23-28.
- [11] 谈至明, 姚祖康. 层间约束引起的双层水泥混凝土路面板的温度应力 [J]. 交通运输工程学报, 2001, 1 (1): 25-28.
- TAN Zhiming, YAO Zukang Thermal Stress in Two-layer Concrete Slab due to Restraint of Interface [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001, 1 (1): 25-28.
- [12] 王选仓, 王新歧, 李春平, 等. 重载水泥混凝土路面研究 [J]. 中国公路学报, 1999, 12 (1): 14-18.
- WANG Xuancang, WANG Xinqi, LI Chunping, et al Study of the Concrete Pavement of Running Heavy Vehicle [J]. China Journal of Highway and Transport, 1999, 12 (1): 14-18.
- [13] 中华人民共和国交通部. JTG D40-2002 公路水泥混凝土路面设计规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- P. R. China Ministry of Communications JTG D40-2002 Specifications of Cement Concrete Pavement Design for Highway [S]. Beijing: China Communications Press, 2002.
- [14] 胡力群. 半刚性基层材料结构类型与组成设计研究 [D]. 西安: 长安大学, 2004: 57-68.
- HU Liqun Research on Structural Characteristic and Component Design Methods for Semi-rigid Base Course Material [D]. Xi'an: Chang'an University, 2004: 57-68.
- [15] 徐江萍, 路晋. 贫混凝土基层材料弯拉弹性模量的试验 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24 (2): 25-28.
- XU Jiangping, LU Jin Test of Bending Elasticity Modulus of Lean concrete [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24 (2): 25-28.

(上接第21页)

- CHEN Shunfu, HAN Dongping, YAN Xili The Design Method of French Asphalt Mixture [J]. Journal of Foreign Highway, 2000, 20 (6): 49-52.
- [7] 张登良. 沥青路面工程手册 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- ZHANG Dengliang Engineering Handbook of Asphalt Pavements [M]. Beijing: China Communications Press, 2003.
- [8] 中华人民共和国交通部. JTG E42-2005 公路工程集料试验规程 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- P. R. China Ministry of Communications JTG E42-2005 Test Methods of Aggregate for Highway Engineering [S]. Beijing: China Communications Press, 2005.
- [9] KANDHAI P S, LYNN C Y, PARKER F Tests for Plastic Fines in Aggregates Related to Stripping in Asphalt Paving Mixtures [R]. NCAT Report No 98-3 1998.
- [10] 严家俊. 道路建筑材料 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- YAN Jiajun Road Construction Materials [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.