

乳化沥青碾压贫混凝土路面基层材料研究

康 卫

(大丰市恒昌交通建设工程有限公司,江苏 大丰 224100)

摘要:通过4种乳化沥青掺量的碾压贫混凝土工作性能观测,借助微机控制万能试验机测试无侧限抗压强度、间接抗拉强度和劈裂回弹模量,进行5次冻融循环实验,并借助扫描电镜观察乳化沥青与水泥浆体的微观结构特征。结果表明,乳化沥青掺量增加,降低了贫混凝土的工作性能、无侧限抗压强度、间接抗拉强度和劈裂回弹模量,乳化沥青微粒分散不均匀和局部黏聚成膜是引起贫混凝土力学性能离散的主要原因;增大乳化沥青掺量,贫混凝土抗冻性指标略有提高;水泥水化产物与沥青相互交织,改善了沥青与其它固化颗粒的界面性能;6%掺量的乳化沥青贫混凝土满足我国对沥青路面半刚性基层强度和回弹模量的要求。

关键词:乳化沥青;碾压贫混凝土;力学性能;水稳定性;微观界面结构

中图分类号:TU414.101

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2014)01-0056-05

贫混凝土(Lean Concrete,简称LC)与水泥稳定碎石、二灰稳定碎石等常用半刚性基层材料相比,具有较高的强度、刚度和良好的抗冲刷、抗冻、抗疲劳性能^[1],英国、美国、德国等国家的高速公路路面有很多采用贫混凝土基层^[2]。国内长安大学等单位对贫混凝土基层路面开展了深入研究,并成功修筑了试验路^[3,4]。

贫混凝土基层按施工方式不同大致可分为振捣贫混凝土基层和碾压贫混凝土基层,碾压式贫混凝土相对振捣式具有较高的强度和弯拉模量^[5],但作为刚性材料,仍面临抗裂问题。诸多学者研究了水泥对乳化沥青混合料的改性作用^[6-8],但乳化沥青的掺用影响贫混凝土性能的研究相对较少,本文通过实验探讨乳化沥青贫混凝土的路用性能及作为沥青路面基层的可行性。

1 原材料与实验方法

1.1 原材料

实验采用海螺32.5级普通硅酸盐水泥,其技术指标见表1,满足道路水泥的缓凝要求。乳化沥青为阳离子慢裂型(BC-1),实测蒸发残留物含量为63%,蒸发残留物25℃针入度为60

(0.01 mm),15℃延度为68 cm,与水泥拌合均匀。集料采用产于镇江的石灰岩,砂为天然河砂,细度模数为2.77,相关技术指标见表2。

表1 水泥技术指标

Table 1 Technical indexes of cement

标准稠度用水量/%	初凝时间/min	终凝时间/min	安定性/mm	3 d抗压强度/MPa	3 d抗折强度/MPa
28.0	205	322	2	16.6	3.7

表2 集料技术指标

Table 2 Technical indexes of aggregate

技术指标	碎石/1~3 cm	碎石/0.5~1 cm	石屑	河砂
粗集料含泥量/%	0.21	0.67	-	-
针片状含量/%	4.22	8.12	-	-
自然堆积密度/(g·cm ⁻³)	1.437	1.400	1.531	1.607
捣实密度/(g·cm ⁻³)	1.696	1.586	1.816	1.730
表观密度/(g·cm ⁻³)	2.731	2.704	2.544	2.593
空隙率/%	37.9	41.3	28.6	33.3
压碎值/%	9.30	-	-	-

收稿日期:2013-02-18

基金项目:盐城科技局产学研联合资助项目(YKA201210)

作者简介:康卫(1973-),男,江苏大丰人,工程师,二级建造师,主要研究方向为道桥工程施工技术。

1.2 配合比设计

参考文献[9]中探讨的填充包裹法,以改进的维勃稠度仪测定 VC 值,确定碾压贫混凝土的配合比(见表 3)。考虑乳化沥青中的含水量,维持 W/C 不变,设计 2%、4%、6% 3 种乳化沥青用量(A/C)。

表 3 贫混凝土配合比
Table 3 Mixture ratio of lean concrete

K_p	K_m	W/C	碎石 1~3 cm/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	碎石 0.5~1 cm/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	石屑/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	河砂/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	水泥/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	VC/s
1.3	1.5	0.42	465	870	150	600	215.0	32

注: K_p 为砂浆富余系数, K_m 为水泥浆富余系数。

1.3 实验方法

混凝土采用强制式搅拌机搅拌,加料顺序为先预拌细集料、水泥、粗集料,再加入水拌合均匀,最后倒入乳化剂拌合均匀。

为模拟施工现场振动压路机的碾压工艺,并与水泥稳定碎石基层材料进行对比,采用 JTG E51-2009 规定的 T0842 方法,利用 LCX-4 型振动压实成型机制备试件,经预拌预压控制试件尺寸为 $\phi 150 \text{ mm} \times (150 \pm 2) \text{ mm}$,当压头四周冒浆即停止振动压实。试件成型 24 h 后脱模,立即放入标准养护室养生,根据 JTG E51-2009 规定的实验方法^[11],养生 7 d 测试无侧限抗压强度、养生 28 d 进行劈裂试验、劈裂回弹模量试验,并利用 TDR-28 型快速冻融机进行 5 次冻融实验。力学实验均在 WEW-1000 型微机控制万能试验机上进行。最后将破坏试件断面取样,运用扫描电镜(SEM)进行乳化沥青水泥胶浆的微观结构分析。

2 工作性能

混凝土拌合后用维勃稠度法测定 VC 值,同时装模成型试件,记录振动压实时间。脱模后即称重,量取试件实际尺寸,计算密度值,相同配比的试件取平均值,测试结果见表 4。

表 4 乳化沥青贫混凝土工作性能
Table 4 Working performances of lean concrete introduced emulsified asphalt

(A/C)/%	VC/s	振实时间/s	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	压实度/%
0	31	69	2.431	98.8
2	36	86	2.421	98.4
4	45	121	2.414	98.7
6	57	137	2.411	99.1

表中数据表明,随乳化沥青用量的增大,维勃稠度测试和振实成型时间均明显延迟,尤其是 6% 乳化沥青掺量的混凝土振实时间延长近 1 倍。由于配合比设计中乳化沥青中的水分计入 W/C,而乳化剂分子指向水分子的一端为极性亲水基团,在拌合后不长的时间内,水泥和集料与乳化沥青抢夺水分尚不强烈。因此,成型初期,乳化沥青掺量越多,其维持的水分越多,相对而言,保证混凝土和易性的水分就越少。由于沥青自身不与水泥反应^[6],在破乳分裂后部分沥青微粒相互黏聚,占据了混凝土内部空间,因沥青密度偏小,使得掺用乳化沥青越多,混凝土密度越低。而按材料密度计算的试件压实度均值表明,乳化沥青掺量变化对试件振动压实度影响不明显,且均达到 98% 以上。

3 力学性能

为考察乳化沥青掺用对贫混凝土强度和抗裂性能的影响,按 JTG E51-2009 规定的龄期和实验方法测试标准养生试件的强度和劈裂回弹模量,结果见图 1 和表 5。随乳化沥青掺量增大,无侧限抗压强度、劈裂抗拉强度和回弹模量均逐渐降低,掺量为 6% 时的降幅分别达 44.6%、50.0% 和 25.6%,其变化的拟合曲线特征尚需批量的正交实验予以验证。测试数据的偏差系数表明,提高乳化沥青掺量会增大混凝土力学性能的离散性,6% 的乳化沥青掺量带来的偏差系数相对较大。

由破碎试件的断面可见,均匀拌入混合料的乳化沥青破乳后能自聚成细小微粒,少量沥青黏聚成膜,部分沥青膜包裹着水泥颗粒和水泥水化产物,阻碍了部分水泥的水化进程,这是乳化沥青掺量增大引起混凝土强度降低的主要原因。

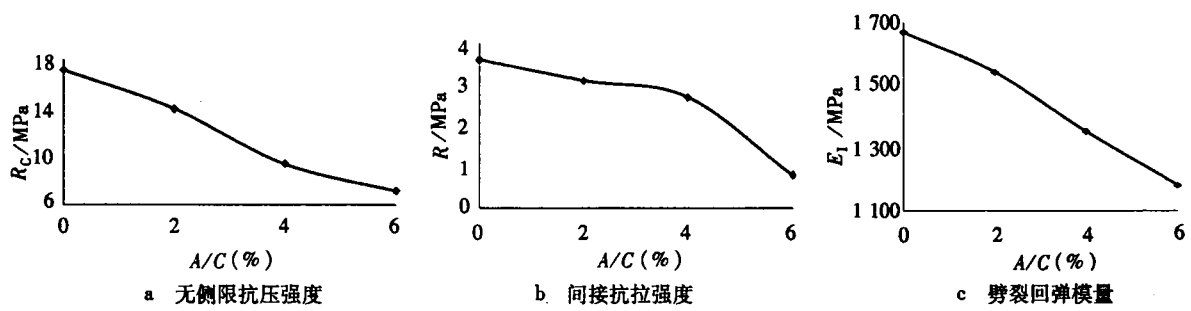


图 1 乳化沥青掺量对贫混凝土力学性能的影响

Fig.1 Effect of emulsified asphalt content on mechanical properties of lean concrete

表 5 乳化沥青贫混凝土力学性能

Table 5 Mechanical properties of lean concrete introduced emulsified asphalt

力学性能指标	试件数量	数据类别	0	2	4	6
无侧限抗压强度	13 个	平均值 R /MPa	17.5	15.2	13.5	10.2
		标准差 S /MPa	0.81	0.95	0.86	0.76
		偏差系数 C_v /%	4.63	6.25	6.37	7.45
		代表值 R_c /MPa	16.2	13.6	12.1	8.9
		平均值 R /MPa	3.67	3.18	2.73	1.86
间接抗拉强度	13 个	标准差 S /MPa	0.21	0.15	0.24	0.12
		偏差系数 C_v /%	5.72	4.72	8.79	6.45
		代表值 R_t /MPa	3.32	2.93	2.34	1.66
		平均值 E /MPa	1 769	1 658	1 543	1 490
		标准差 S /MPa	60.81	70.95	114.86	150.76
劈裂回弹模量	13 个	偏差系数 C_v /%	3.44	4.28	7.44	10.12
		代表值 E_1 /MPa	1 669	1 541	1 354	1 242

观察试件外观,振实成型的上表面因激振力作用,加速了表层的乳化沥青破乳分裂,产生少量局部黏聚的沥青膜;而乳化沥青分散不均匀,以及掺量的增大,可能带来沥青黏聚微粒的增多和增大,由此,加大了贫混凝土强度的离散性。

各个国家对用于道路工程的贫混凝土的强度要求差别较大。澳大利亚和美国加利福尼亚州要求的碾压贫混凝土 7 d 龄期无侧限抗压强度分别为 5 MPa 和 5.4 MPa,有些国家则要求贫混凝土强度大于 10 MPa^[1]。我国目前常用的水泥稳定碎石 7 d 无侧限强度要求为 3.0 MPa ~ 5.0 MPa,

表 5 实验结果表明,6% 乳化沥青掺量的贫混凝土强度满足我国半刚性路面基层设计强度的要求。

4 水稳定性

按照 JTG E51 - 2009 规定的 T0858 冻融试验方法验证乳化沥青贫混凝土的水稳定性。测试 5 次冻融循环后,乳化沥青贫混凝土的抗冻性指标 BRD 和试件的质量变化率 W_n 。见表 6。实验数据表明,随乳化沥青掺量增大,贫混凝土后期强度增幅幅度略有降低,抗冻性指标略有提高,而质量损失与乳化沥青用量无明显关系。

表 6 乳化沥青贫混凝土冻融实验结果

Table 6 Freeze - thaw experimental results of lean concrete introduced emulsified asphalt

乳化沥青掺量	28 d 无侧限 强度/MPa	(7 d 强度/28d 强度)/%	冻融后 强度均值/MPa	标准差 S /MPa	偏差系数 C_v (%)	BRD/%	W_n /%
0	19.3	83.8	14.6	0.71	4.86	75.6	0.2
2	17.6	77.5	15.1	0.57	3.77	85.8	0.4
4	14.3	84.5	11.7	0.83	7.09	81.8	0.1
6	10.4	86.1	9.3	0.71	7.63	89.4	0.2

5 乳化沥青水泥浆体微观结构分析

图2为不同掺量的乳化沥青水泥浆体结构。对比图a和图b,乳化沥青掺量增加,混凝土中微小毛细孔明显增多,有些是未相互黏聚的沥青微粒;图c为沥青包裹水泥水化产物界面,由于水泥

水化反应促进了乳化沥青破乳,水泥水化与沥青自聚相辅相成,水化物与沥青膜相互独立又相互渗透,交织成网状结构。其他学者的研究亦指出,乳化沥青使得混凝土胶浆-集料界面结构由平面转为立体,界面结构与性能得到改善^[6,12]。

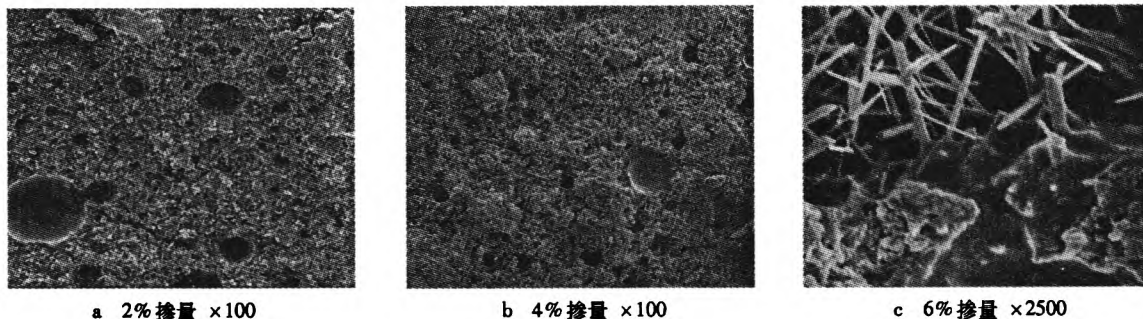


图2 乳化沥青水泥浆体结构

Fig.2 Structure of emulsified asphalt cement paste

6 结语

(1)乳化沥青掺入贫混凝土,降低了混凝土的工作性能,密度略有降低,但对压实度的影响不明显。

(2)随乳化沥青掺量增大,贫混凝土无侧限抗压强度、间接抗拉强度、劈裂回弹模量均明显降低,乳化沥青微粒分散不均匀和局部黏聚成膜是

引起贫混凝土力学性能离散的主要原因。

(3)随乳化沥青掺量的增大,贫混凝土后期强度增长幅度减小,但抗冻性指标略有提高。

(4)水泥水化产物与沥青相互交织,改善了沥青与其它固化颗粒的界面性能。

(5)6%掺量的乳化沥青贫混凝土满足我国对沥青路面半刚性基层强度和回弹模量的要求。

参考文献:

- [1] 孙家伟,郑木莲,王秉纲.路面基层贫混凝土的力学特性研究[J].公路,2005(5):26-31.
- [2] Hassan R. Estimating dynamic loading of pavements from surface profile properties[J]. Road & Transport Research, 2001, 10(3):3-17.
- [3] 徐江萍,金雷,陈国甫.贫混凝土基层材料干燥收缩特性[J].长安大学学报:自然科学版,2003(3):25-27.
- [4] 孙军超.贫混凝土基层加铺沥青层反射裂缝防治措施分析[J].交通世界,2012(15):280-281.
- [5] 王崇涛,郑木莲.贫混凝土基层强度与模量研究[J].混凝土,2007(4):3-5.
- [6] 沙爱民,王振军.水泥乳化沥青混凝土胶浆-集料界面微观结构[J].长安大学学报:自然科学版,2008(7):1-6.
- [7] 杜少文,李立寒,袁坤.水泥乳化沥青混合料中合理CA比的试验研究[J].建筑材料学报,2010(13):807-810.
- [8] 闫小虎.水泥乳化沥青混凝土的配合比设计试验研究[J].混凝土,2012(8):66-73.
- [9] 张亮.基层碾压贫混凝土试验研究[J].公路交通科技:应用技术版,2010(4):84-87.
- [10] 交通部公路科学研究院. JTJ 034-2000.公路路面基层施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2000.
- [11] 交通部公路科学研究院. JTG E51-2009.公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2009.
- [12] 李炜光.水泥乳化沥青混凝土力学性能及微观作用机理研究[J].公路,2013(9):196-199.

Material Research on Emulsified Asphalt Introduced in Rolled Lean Concrete Base Course

KANG Wei

(Hengchang Transportation Construction and Engineering Co., Ltd, Dafeng Jiangsu 224100, China)

Abstract: By observing the working performance of rolled lean concrete introduced by four volumes emulsified asphalt, this study tested the unconfined compressive strength, indirect tensile strength and split resilient modulus by microcomputer controlled universal testing machine. The test carried out five times of freeze - thaw cycle, and observed the microstructure characteristics of emulsified asphalt and cement paste by MES. The results indicated that by increasing the volume of emulsified asphalt, the working performance, the unconfined compressive strength, indirect tensile strength and split resilient modulus are reduced. The mechanics performance of rolled lean concrete discrete because of that asphalt emulsion particles dispersed unevenly and local film cohered. But anti frost resistance index is increased a slight. The hydration products of cement intertwine with asphalt, thus improve the interfacial performance of asphalt and other curing particles. The strength and split resilient modulus of rolled lean concrete introduced by 6% volume emulsified asphalt and meet our requirements for the semi - rigid base asphalt pavement.

Keywords: emulsified asphalt; rolled lean concrete; mechanics performance; water stability; microstructure

(责任编辑:张英健)

启 事

本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)》、“中国期刊网”、“万方数据——数字化期刊群”、《中国科技期刊数据库》和《CEPS 华艺中文电子期刊》,作者著作权使用费在本刊稿酬中一并给付(另有约定者除外)。对此不同意者,请在来稿时说明。