

乳化沥青混合料成型强度评价方法研究

李 江¹, 封晨辉²

(1. 交通部公路科学研究所 北京市 100088; 2. 北京中咨华科交通工程技术有限公司 北京市 100036)

摘 要: 通过大量试验,研究了乳化沥青混合料成型强度的试验方法。采用4种乳化沥青混合料成型强度试验方法,并与基质沥青混合料马歇尔稳定度试验相比较。通过比较和分析,得到最佳的乳化沥青混合料成型强度评价方法:成型再修正马歇尔试验。

关键词: 乳化沥青混合料; 再修正马歇尔试验; 无侧限抗压强度试验

交通部阳离子乳化沥青课题协作组所著《阳离子乳化沥青混凝土路面》中使用修正马歇尔试验方法评价乳化沥青混合料的成型强度。该方法比较简单,但没有关于掺加水泥的乳化沥青混合料试验方法的论述,而现在掺加水泥的乳化沥青混合料使用更广泛。本文通过几种试验方法的比较及结果分析,得出乳化沥青混合料和水泥—乳化沥青混合料成型强度比较好的评价方法与评价指标。

本文所谓成型强度是指乳化沥青混合料施工完成开放交通大约一个月,经过交通荷载的进一步压实、水分蒸发、混合料中水分基本散尽(残留2%左右)、强度基本形成(达到最终强度的95%左右)时的强度。

1 评价方法

1.1 成型马歇尔稳定度试验

1.1.1 普通乳化沥青混合料

按交通部阳离子乳化沥青课题协作组推荐的修正马歇尔试验方法制作试件,60℃水浴30 min后试压。具体试验方法如下。

(1)按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000)中T0702—2000方法制作试件,每组试样采用3~5个试件,试件在110℃烘箱中于试模内养生24 h,脱模后在室内静置24 h,然后在60℃的条件下试压。

(2)每个试件制作时,上下两面各击实50次,并且分两次击实。首先在混合料试件拌制入模时,于试

件上下两面各击实25次,经过规定条件的模内养生后,在养护温度条件下,再于上下两面各补击25次,然后冷却脱模。

试验结果见表1。

1.1.2 水泥—乳化沥青混合料

按作者自己提出的再修正马歇尔试验方法制作试件,养生之后,60℃水浴30 min后试压。

具体试验方法为如下。

(1)一组试样采用3~5个试件。试件在60℃烘箱中于试模内养生47~48 h,冷却后脱模,然后在60℃的条件下试压。

(2)每个试件在制作时,上、下两面各击实75次,并且分为两次击实。首先在混合料试件拌制入模时,于试件上、下两面各击锤35次;试件在规定养生条件下模内养生 t (水泥初凝时间)时间,在养护温度下于上下两面各击实40次,然后于模内养生47~48 h,冷却后脱模。

本试验采用三水平三因素正交试验法,试验安排见表2,试验结果见表3。

1.2 乳化沥青混合料高温烘养再成型马歇尔试验

将拌和好的乳化沥青混合料摊铺在搪瓷盘中,厚度约2 cm;将搪瓷盘放入烘箱中,在110℃条件下烘养4 h;再将混合料烘热至 150 ± 5 ℃;从烘箱中取出混合料搅拌均匀,按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000)中T0709方法成型试件。养生之后在60℃条件下试压,测定其马歇尔稳定度、流值和其他物理指标。试验结果见表4。

表 1 乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度

试件编号	级配	矿粉/％	含水量/％	油石比/％	密度/(g/cm ³)	空隙率/％	饱和度/％	稳定度/(kN)	流值/0.1mm
1—1	AC-16I	6	5.5	3.6	2.39	5.69	69.01	6.0	25
1—2				4.2	2.41	3.75	71.96	6.0	27
1—3				4.8	2.42	3.72	70.09	6.2	30
1—4				5.4	2.41	3.73	71.66	5.8	24
2—1	AC-16II	5	5	3.6	2.42	5.13	61.58	6.0	35
2—2				4.2	2.36	4.03	60.37	6.2	38
2—3				4.8	2.38	4.42	61.62	5.8	35
2—4				5.4	2.40	3.34	63.97	5.5	35
3—1	RL20-I	4	4.5	3.0	2.35	5.00	58.21	3.9	22
3—2				3.6	2.36	4.17	61.61	4.5	29
3—3				4.2	2.38	3.16	60.28	4.1	29
3—4				4.8	2.37	2.53	62.22	3.7	18
4—1	RL20-II	6	5.5	3.6	2.38	7.42	68.35	5.8	29
4—2				4.2	2.39	4.61	69.57	6.5	35
4—3				4.8	2.41	4.32	66.69	5.7	30
4—4				5.4	2.42	4.00	72.14	5.6	30

注：①所有试验乳液均为自行复配乳化剂所乳化的兰炼沥青 90 号，乳化剂为 A_1+B+NH_4Cl ，乳液类型为慢裂；②矿粉百分率为矿粉/矿料总量，水泥用量为水泥/矿料总量，油石比为乳液折算沥青用量，所有试验均如此；③RL20-I、RL-20II 为交通部阳离子乳化沥青课题组推荐级配。

表 2 水泥—乳化沥青混合料正交试验水平

因素	1	2	3
沥青 $A/％$	3.6	4.2	4.8
水泥 $B/％$	1	2	3
水 $C/％$	5	5.5	6

1.3 乳化沥青残留物混合料马歇尔试验

乳化沥青残留物的制备按两种方法进行。

(1)按 JTJ 052-2000 中 T0651-1993 方法，用铝锅盛置乳化沥青放在电炉上加热，直到确认其中的水份已完全蒸发(通常需要 20～30 min)，然后在 $163\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下加热 1 min 制得残留物。

表 3 水泥—乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度正交试验

试件编号	级配	矿粉/％	水泥/％	密度/(g/cm ³)	空隙率/％	饱和度/％	稳定度/kN	流值/0.1mm
1	AC-16I	6	3	2.38	4.14	61.17	9.50	25
2				2.36	4.31	62.69	11.21	24
3				2.36	4.53	69.28	13.18	25
4				2.33	4.77	61.58	10.67	23
5				2.32	3.85	63.19	12.15	24
6				2.32	3.85	64.38	9.67	27
7				2.31	4.49	66.57	11.32	24
8				2.32	4.18	66.94	9.56	28
9				2.32	4.18	66.49	11.44	25

注：水泥为普通硅酸盐水泥 42.5(R)，其初凝时间为 45～60 min，试验当中按 60 min 计。

表 4 高温烘烤再成型马歇尔试验

试件编号	级配	矿粉/ %	含水量/ %	油石比/ %	密度/(g/cm ³)	空隙率/ %	饱和度/ %	稳定度/kN	流值/0.1mm
1	AC-16I	6	5.5	3.6	2.43	4.00	67.60	5.5	28
2				4.2	2.43	3.44	73.72	6.3	32
3				4.8	2.43	2.50	71.43	6.0	32
4				5.4	2.44	2.66	77.22	5.4	25

(2)按 ASTM 规定方法,乳液在烘箱中温度保持 163 ℃±2.8 ℃2 h 制得残留物。

用乳化沥青残留物作为粘结料,按 JTJ052—2000 中 T0709—2000 马歇尔稳定度试验方法制作试件,并测定稳定度、流值和其他物理指标。

试验结果见表 5 和表 6。

表 5 乳化沥青残留物(规范 T0651—1993 法)马歇尔试验

试件编号	级配	矿粉/ %	油石比/ %	密度/(g/cm ³)	空隙率/ %	饱和度/ %	稳定度/kN	流值/0.1mm
1	AC-16I	5	4	2.38	4.56	75	7.2	26
2			4.5	2.42	3.80	78	8.6	38
3			5.0	2.45	4.08	81	8.3	37
4			5.5	2.35	3.53	84	7.8	35
5			6.0	2.37	3.50	83	7.5	25

注:试件正反面各击实 75 次。

表 6 ASTM 法残留物马歇尔试验结果

试件编号	级配	矿粉/ %	油石比/ %	密度/(g/cm ³)	空隙率/ %	饱和度/ %	稳定度/kN	流值/0.1mm
1	AC-16I	5	4	2.39	4.05	77	7.8	28
2			4.5	2.41	3.80	76	8.4	37
3			5.0	2.39	4.10	81	8.5	38
4			5.5	2.37	4.25	83	7.3	33
5			6.0	2.35	4.90	85	7.4	23

注:试件正反面各击实 75 次。

1.4 基质沥青混合料马歇尔试验

沥青为兰炼 90 号,试验结果见表 7。

表 7 基质沥青马歇尔试验结果

试件编号	级配	矿粉/ %	油石比/ %	密度/(g/cm ³)	空隙率/ %	饱和度/ %	稳定度/kN	流值/0.1mm
1	AC-16I	5	4	2.35	4.15	76	8.0	29
2			4.5	2.37	3.90	78	8.80	31
3			5.0	2.40	3.95	81	8.50	29
4			5.5	2.39	4.0	81	8.10	28
5			6.0	2.38	3.80	83	8.00	29

注:试件正反面各击实 75 次。

1.5 乳化沥青混合料成型无侧限抗压强度试验

(1)普通乳化沥青混合料,具体试验方法如下。

按 JTJ052—2000 中 T0713—2000 方法,将拌制好的乳化沥青混合料倒入 100 mm×100 mm 试模中,在压力机上压实成型。试件于模内在 110 ℃条件下养生 24 h 后脱模,室温条件下再静置 24 h,然后在压力机上测定其室温下的无侧限抗压强度。

(2)水泥—乳化沥青混合料,具体试验方法如下。

按 JTJ 052—2000 中 T0713—2000 方法,将拌制好的乳化沥青混合料倒入 100 mm×100 mm 试模

中,在压力机上压实成型。试件于模内在 60 ℃条件下养生 48 h 后脱模冷却至室温,然后在压力机上测定其室温下的无侧限抗压强度。

试验结果见表 8 和表 9。

表 8 乳化沥青混合料成型无侧限抗压强度试验

试件编号	级配	矿粉/%	含水量/%	油石比/%	密度/(g/cm ³)	空隙率/%	饱和度/%	抗压强度/MPa
1	AC-16I	6	5.5	4.8	2.25	8.5	65.21	2.06
2	AC-16II	5	5	4.2	2.23	9.0	61.59	2.08
3	RL20-I	4	4.5	3.6	2.18	9.7	59.38	2.01
4	RL20-II	6	5.5	4.2	2.23	9.2	64.73	2.04

表 9 水泥—乳化沥青混合料成型无侧限抗压强度

试件编号	级配	水泥/%	矿粉/%	含水量/%	油石比/%	密度/(g/cm ³)	空隙率/%	饱和度/%	抗压强度/MPa
1	AC-16I	3	6	6	4.8	2.32	3.8	50.3	3.12
2	AC-16II		5	5.5	4.2	2.31	4.2	47.2	3.07
3	RL20-I		4	5	3.6	2.28	4.8	45.1	3.07
4	RL20-II		6	6	4.2	2.30	3.5	49.2	3.13

2 试验结果分析及几种评价方法比较

(1)由乳化沥青混合料初始马歇尔稳定度试验和乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度试验结果可知:在AC-16I、AC-16II、RL20-I 和RL20-II 等4 种乳化沥青混合料试验中,除RL20-I 强度较低外,其他3 种相差不大;考虑到乳化沥青的特殊性和工程常用性,除不含水泥的乳化沥青混合料成型马歇尔试验外,其他试验只采用AC-16I,从而减少试验量。

由试验过程可知:在一定范围内,随矿粉用量增加,强度增加;随水泥用量的增加,强度增加。因此,试验中矿粉用量取高限(不含水泥的为 6%,含水泥的为 5%),水泥用量取 3%。

(2)由表 1 和表 2 可知:水泥—乳化沥青混合料比普通乳化沥青混合料的强度提高 1.5~2.5 倍,添加水泥是提高乳化沥青混合料强度的有效途径之一。

(3)由表 1 和表 7 比较可得,乳化沥青混合料成型稳定度达到了基质沥青混合料稳定度的 70%~85%。理论上乳化沥青混合料最终将取得与热沥青混合料相同的路用性能,但实际上在沥青乳化的过程中,由于机械力、乳化剂、稳定剂的作用,不可避免地影响基质沥青的性能;在乳化沥青混合料中,也必然地存在水分。这都会使得混合料性能下降,反映在马歇尔稳定度上,就是稳定度下降。

(4)由表 1 与表 4 相比较可知:二种试验方法的稳定度相近,但乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度

试验比乳化沥青混合料高温烘养再成型试验更好地模拟了混合料施工和强度形成过程;表5 和表6 结果表明:乳化沥青残留物混合料稳定度几乎达到了热沥青混合料的水平,这是不合理的。因此,乳化沥青残留物混合料稳定度试验不能反映混合料成型强度;乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度反映了混合料成型后的高温性能,比成型无侧限抗压强度合理。

(5)由表 1 可知,混合料成型稳定度达到 6 kN 左右,达到了交通部阳离子乳化沥青课题组提出的 4 kN 的要求。作者认为,对乳化沥青混合料成型强度提出一个确定值是不合适的,采用乳化沥青混合料强度达到热沥青混合料强度的百分比来评价混合料强度更合理,即:(水泥—)乳化沥青混合料成型强度 M_{Sr} =乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度/基质沥青混合料马歇尔稳定度。 M_{Sr} 不但可以和热沥青混合料建立联系,而且可以间接反映乳化沥青(乳化剂)的性能。

3 结语

(1)矿粉用量是影响混合料强度的重要因素,混合料中必须有一定含量,一般可控制在5%~8%,水泥加矿粉不超过 8%为宜。

(2)普通乳化沥青混合料可求得最佳乳化沥青最佳用量;对表 2 进行方差分析,结果表明水泥、水、乳化沥青对混合料强度都有较大影响,说明水泥—乳化沥青混合料强度是矿粉、水泥、水、乳化沥青的

综合作用结果,不存在最佳乳化沥青用量(指当水泥用量不确定时)。从经济和路用性能两方面考虑,水泥用量一般不超过 3%。

(3)在 4 种级配混合料中,除 RL-20I 混合料强度较低外,其余 3 种强度相差不大。

(4)建议采用乳化沥青混合料成型马歇尔稳定度试验评价乳化沥青混合料成型强度;普通乳化沥青混合料成型强度为 75%(即乳化沥青混合料成型稳定度/热沥青混合料稳定度),水泥—乳化沥青混合料为 1.3~1.5(即水泥—乳化沥青混合料稳定度/热沥青混合料稳定度);规定高限是因水泥—乳化沥青混合料强度不能过高,否则混合料刚度太大,疲劳性能下降。

参考文献:

[1] 弥海晨. 沥青乳化剂及其应用技术研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2000.

[2] 高英. 水泥—乳化沥青混合料性能测试方法研究[J]. 重庆交通学院学报,1999,(6).

[3] 交通部阳离子乳化沥青课题协作组. 阳离子乳化沥青混凝土路面[M]. 北京:人民交通出版社,1997.

[4] Estakhrioand C K, Bution J W. Fest methods for evaluation of cold-applied bituminous patching mixtures. TTR 1590. 8.

[5] JTJ 052—2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[6] 李江,沥青混凝土路面冷态修补技术(乳化沥青混合料)研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2003.

A Study on Evaluation Method of Moulded Strength of Emulsified Asphalt Mixture

LI Jiang¹, FENG Chen-hui²

(1. Research Institute of Highway, Beijing 100088, China; 2. Corporation of Highway Engineering Consulting and Supervision of Hina, Beijing 100101, China)

Abstract: Through lots of experiments, the test methods of the moulded strength of emulsified asphalt mixture are studied in this paper. It uses four test methods to study the moulded strength of emulsified asphalt mixture, and compared with usual Marshall stability test of hot asphalt mixture. After comparison and analysis, the conclusion is got. That the re-corrected Marshall stability test for mould is better to evaluate the formed strength of the emulsified asphalt mixture.

Key words: emulsified asphalt mixture; re-corrected Marshall stability test; unconfined compressive strength test



福建高速公路突破千公里

2004 年 12 月 28 日上午,福建省三(明)福(州)高速公路、漳(州)龙(岩)高速公路全线通车。至此,福建省“一纵两横”高速公路网主骨架基本建成,高速公路通车里程突破 1 000 km,9 个设区市全部贯通高速公路,提前一年实现从省会福州到各设区市“四小时交通经济圈”。

三福高速公路是京福国道主干线福建境段的重要组成部分,全长 260 km;漳龙高速公路是国家重点公路厦昆线的重要组成部分,东接厦漳高速公路,西连龙长高速公路,全长 117 km。

三福、漳龙高速公路的全线通车,必将促进区域集聚辐射效应的发挥,活跃人流、物流、资金流和信息流,吸引发展要素,优化资源配置;必将促进福建作为两岸三地和长江、珠江两大三角洲连接平台优势的发挥,加强经济协作,延伸经济腹地,拓展发展空间;必将推动港口开发建设,加快港口经济发展,有力促进海峡西岸经济区的建设。