

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.01.041

生石灰对冷拌沥青混合料性能的影响研究

刘韬¹,易明²,宋涛³

(1.江西省交通投资集团有限责任公司,江西 南昌 330025;2.江西省高速公路物资有限公司,江西 南昌 330013;
3.江西省交通投资集团有限责任公司宜春管理中心,江西 宜春 336000)

摘要:冷拌沥青混合料初期强度低导致开放时间推后,空隙率大导致水稳定性差等问题,严重阻碍了冷拌环保型施工方式的发展。该文基于生石灰遇水发热促进冷拌料内部水分快速散失的原理,首先对加生石灰的MS-3型稀浆冷拌沥青混合料进行拌和试验和黏聚力试验,探究生石灰对破乳时间和黏聚力的影响,然后通过测试AC-13型冷拌沥青混合料的空隙率和单轴贯入强度验证生石灰对冷拌料初期强度和水稳定性的改善效果。试验结果表明:在冷拌料中加入生石灰后,与水反应放热且生成碱性氢氧化钙使混合料破乳进程加快,早期强度的形成可大大缩短开放交通的时间,同时形成的复合胶凝结构对提升路面的整体强度和水稳定性效果显著。

关键词:冷拌沥青混合料;生石灰;初期强度;单轴贯入强度;水稳定性

中图分类号:U414 文献标志码:A

沥青材料为石油产品的衍生物,其在加热条件下具有流动性和黏结性,因而作为主要的黏结剂在筑路材料中使用,通常的加热温度为160~180℃。随着改性剂研究成果的不断应用,较为成熟的温拌剂技术可使沥青在100℃左右时与集料拌和形成一定强度的混合料,其在一定程度上节约了能耗;乳化剂的产生彻底改变了沥青及沥青混合料加工、拌和、成型时需加热的现状,降低能源消耗的同时避免有害气体的产生,符合新时代背景下生态环保的要求。虽然冷拌乳化沥青混合料在道路建设和养护等施工作业中存在着较多优势,但其早期强度低和抗水损害性能差是阻碍其大面积推广应用的重要因素^[1]。本文基于生石灰遇水生热的原理,在冷拌料中加入生石灰,探索其对混合料早期强度和抗水损害性能的影响效果^[2]。

目前冷拌乳化沥青混合料被应用于稀浆封层、微表处等功能处治施工工艺,同时基于道路循环再生技术,其用于冷再生将是新形势下发展的重中之重^[3]。余定洋等^[4]为提高微表处用乳化沥青混合料的综合路用性能,研制了一种水性环氧树脂乳化沥青混合料,试验发现其湿轮磨耗值降低至少50%,轮辙宽度变形率可达1.1%,冻融劈裂强度比达75%

左右,进一步试验发现其与SBR改性剂复配后微表处低温抗裂性能显著提升;2017年Irrgang等^[5]在微表处用乳化沥青中加入聚乙烯纤维和橡胶粉,发现路面反射裂缝病害显著减少;同年金成等^[6]针对乳化沥青冷再生混合料早期强度较低、强度增长速率缓慢等问题进行了探索,研究指明掺加一定量的水泥后对再生混合料的各项性能均有提升作用,同时对增强作用机理进行了分析;王清等^[7]为了提高乳化沥青混合料的疲劳性能,基于应力控制模式下的间接拉伸疲劳试验,针对不同改性剂开展疲劳性能试验,结果表明乳化沥青混合料在添加SBR改性剂后,疲劳寿命得到明显改善;Wang等^[8]采用ESEM和FT-IR试验对水泥-乳化沥青混合料的微观结构和成分进行分析,旨在研究微波加热对其早期强度的影响,研究结论表明微波加热能促进水泥水化,有利于提高混合料的强度,但长时间的微波加热会导致强度的降低,即合理的微波加热是提高水泥-乳化沥青混合料早期强度的有效技术。

本文基于生石灰遇水反应放出大量热能和反应后形成稳定凝胶结构的原理,在乳化沥青混合料中加入生石灰,探究其对早期强度和抗水损害性能的影响效果,为道路养护施工提供材料基础。

收稿日期:2022-01-26

作者简介:刘韬,男,大学本科,高级工程师。

1 原材料及配合比设计

1.1 原材料

研究使用的乳化沥青为自制的阳离子慢裂快凝乳化沥青,固含量达到62.5%,具体指标如表1所示。各档集料采用石灰岩石料,水泥采用P.O32.5普通硅酸盐水泥,生石灰为磨细的生石灰粉,经检验各原材料技术指标均满足规范要求。

表1 乳化沥青技术指标

试验项目	单位	测定结果	试验方法
破乳速度		慢裂快凝	T0658
电荷类型		阳离子	T0653
筛上剩余量(1.18 mm)	%	0.049	T0652
储存稳定性	%	0.19	T0651
固含量	%	62.5	T0651
针入度(100 g, 25 °C, 5 s)	0.1 mm	61	T0604
软化点	°C	61.7	T0606
延度(5 °C)	cm	53	T0605

1.2 配合比设计

试验分别选用MS-3型和AC-13型级配对添加生石灰的冷拌沥青混合料性能进行研究,其目标级配根据配合比设计结果得到,如图1和表2所示。

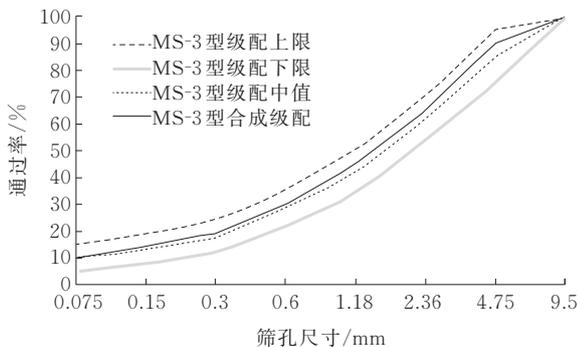


图1 MS-3型稀浆混合料级配曲线

表2 AC-13冷拌沥青混合料级配范围

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%									
类型	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	100	85.0	68.0	50.0	38.0	28.0	20.0	15.0	8.0
下限	100	90.0	68.0	38.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0
中值	100	95.0	76.5	53.0	37.0	26.5	19.0	13.5	10.0	6.0
合成	100	96.0	81.0	64.0	46.0	34.0	24.0	16.0	9.0	4.0

1.3 试样制备

为达到性能对比的目的,在试样制备时改变生

石灰的添加量,同时保证合成级配稳定不变,使生石灰代替部分粒径小于0.075 mm的粉料,保持各档集料、水泥、生石灰的比例不变,生石灰添加量分别为0.1%、2%、3%,水泥用量为2%。根据配合比设计结果,MS-3型稀浆冷拌沥青混合料的最佳乳化沥青用量为11%;AC-13型冷拌沥青混合料的最佳乳化沥青用量为8%。

2 试验方法

2.1 拌和试验

稀浆冷拌沥青混合料拌和试验是将适量集料与水、水泥、相应最佳用量的乳化沥青先后均匀混合,先用力快速搅拌后匀速搅拌至手感有力,记录从开始搅拌到混合料成黏稠状的时间,即为稀浆冷拌沥青混合料的可拌和时间。从施工和易性上不断调整外加水量,调试出最佳外加水量,使混合料的状态不至过于黏稠难以施工和过稀难以保证均匀。

2.2 黏聚力试验

稀浆冷拌沥青混合料的黏聚力试验用于评价施工后开放交通的时间,具体做法为在规范规定的压强下对试件进行加压,记录扭矩扳手的读数,试件养生30 min的读数不应小于1.2 N·m,养生60 min的读数不应小于2.0 N·m。

2.3 空隙率试验

严格参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)中的沥青混合料空隙率的测试方法测定冷拌沥青混合料空隙率,用以间接评价添加生石灰前后冷拌沥青混合料的水稳定性变化情况,试验时注意将不合格试件剔除,取其平均值为试验结果。

2.4 单轴贯入强度试验

单轴贯入试验试件的受力状态与汽车行驶过程中路面结构的受剪情况极为相似,试验过程中对试件施加荷载,试件破坏时的最大荷载强度即为单轴贯入强度,试件在自然通风20 °C条件下养生。

3 结果与讨论

3.1 拌和试验

根据实际施工经验,在温度较低的地区或时间施工时,稀浆冷拌沥青混合料很难满足摊铺1 h后开

放交通的要求。因此,在保证施工性能的前提下,加快摊铺后混合料中乳化沥青的破乳速度是缩短施工后养护封闭交通时间的重要方法,对促进稀浆冷拌沥青混合料的广泛应用意义重大。

稀浆混合料拌和试验的目的是检测稀浆混合料的可拌和时间,用于评价生石灰对冷拌料破乳速度的影响,最佳外掺水量和可拌和时间随生石灰掺量的变化规律如图2所示(乳化沥青用量为11%)。

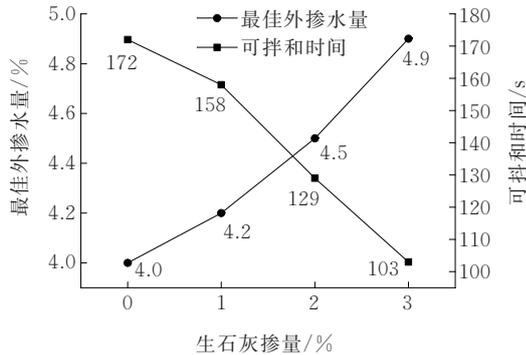


图2 最佳外掺水量和可拌和时间随生石灰掺量的变化规律

由图2可知:在相同乳化沥青用量的条件下,随着生石灰掺量的增加,冷拌沥青混合料的最佳外掺水量不断增加,而可拌和时间不断缩短。这是由于生石灰和小于0.075 mm的粉料相比吸水性更强,遇水发生化学反应放出热量,同时伴随着熟化和硬化的发生,导致拌和试验的需水量不断增加,化学反应产生的碱性氢氧化钙和释放的热量加快了冷拌沥青混合料中自由水的蒸发散失,最终导致可拌和时间不断缩短,在一定程度上加快了乳化沥青的破乳时间。生石灰掺量为3%时可拌和时间为103 s,不能满足规范对于施工性能的相关要求,所以建议生石灰掺量不超过2%。

3.2 黏聚力试验

按照拌和试验确定的最佳外掺水量制备稀浆冷拌沥青混合料,对不同生石灰掺量的试件进行黏聚力试验,施工后开放交通时间可根据黏聚力值和试验后试件状态确定,黏聚力测试结果如图3所示。

由图3可知:稀浆冷拌沥青混合料30 min和60 min的黏聚力随生石灰掺量的增加呈正比例关系,添加1%的生石灰其60 min的黏聚力较0掺量时可增加 $0.5 \text{ N}\cdot\text{m}$,达到 $2.0 \text{ N}\cdot\text{m}$,基本满足1 h通车的施工要求。当掺量为2%时30 min黏聚力为 $1.9 \text{ N}\cdot\text{m}$,基本满足0.5 h通车的要求,60 min黏聚力达到 $2.8 \text{ N}\cdot\text{m}$,较早开放交通后的质量得到有力保证。这个结论从

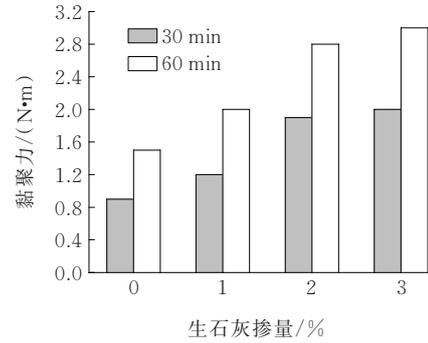


图3 30 min和60 min黏聚力随生石灰掺量的变化规律

性能上验证了生石灰的添加与稀浆冷拌料中的自由水快速发生化学反应,生成的碱性物质较快消耗混合料中自由水的同时产生部分热能,又进一步加快了水分的蒸发,使其更早地形成强度。

3%生石灰掺量时的黏聚力与2%掺量时相差不大,这是由于2%掺量时冷拌料中的自由水经过化学反应消耗和蒸发已基本完全散失,3%掺量的生石灰已达到饱和状态,所以建议生石灰掺量为2%。

3.3 空隙率试验

众所周知,沥青路面的水稳定性与其空隙率密切相关,沥青路面水损害主要是由于水分进入到碾压成型的沥青混合料空隙中,在动水作用力下不断侵蚀沥青与石料的界面,导致沥青膜脱落,最终形成路面水损害现象,甚至一定程度上危害基层以及土基。因此该文选取2%为最佳生石灰掺量,根据空隙率指标评价其对冷拌沥青混合料水稳定性的影响,结果如图4所示。

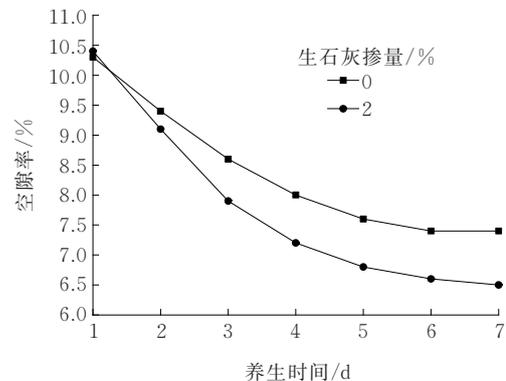


图4 冷拌沥青混合料空隙率随养生时间的变化规律

由图4可知:添加生石灰前后冷拌沥青混合料的空隙率均随着养生时间的延长不断减小,即试件密度不断变大,这是由于试件成型后混合料中的自由水不断蒸发,而水泥和生石灰发生化学和水化反应可以稳固部分水分在试件内部,同时生成的不溶于

水的硅酸盐、钙盐、镁盐等晶体不断填充内部的空隙,增加试件的密实度,水稳定性不断提高。

添加 2% 生石灰后,整个养生期内其空隙率均小于未添加生石灰的情况,首先这是由于生石灰替代了部分小于 0.075 mm 的粉料,与水反应后可同时生成硅酸盐、钙盐、镁盐等晶体填充内部空隙,而未添加生石灰的混合料仅生成硅酸盐晶体填充空隙,同时生石灰熟化过程产生的体积膨胀也会减少内部空隙,增大密实度,提升水稳定性。养生前 2 d,两种混合料的空隙率相差不大,这是因为在养生前期试件未脱模,主要散失的是两端接触面附近的水分,内部水分被阻挡而延后散失,生石灰的作用在初期未能体现。

3.4 单轴贯入强度试验

为了探究生石灰对冷拌沥青混合料整体强度的影响,对不同养生时间的试件进行单轴贯入强度试验,试验结果如图 5 所示。

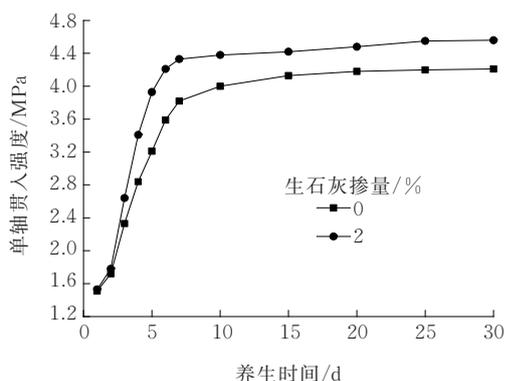


图 5 冷拌沥青混合料随养生时间的变化规律

由图 5 可知:相同养生时间的冷拌沥青混合料,添加 2% 生石灰的单轴贯入强度明显大于未添加的情形。从宏观角度看,这是由于生石灰遇水反应生成的化合物稳固一部分水分在混合料内部,可减少由于水分蒸发散失带来的空隙,同时反应带来的体积膨胀也会增加试件的密实度,从而提升冷拌沥青混合料的单轴贯入强度;从微观角度看,生石灰反应后最终生成了不溶于水的钙盐和镁盐,在混合料内部均匀分布,同时与水泥水化生成的硅酸盐交织在一起,形成复杂的胶凝结构,对混合料起到加筋的作用,单轴贯入强度提高,冷拌沥青混合料整体强度增强。

4 结论

(1) 随着生石灰掺量的增加,冷拌沥青混合料的

最佳外掺水量不断增加,生石灰遇水发生反应并释放热能,导致可拌和时间不断缩短,生石灰在一定程度上加快了乳化沥青的破乳时间。当掺量为 2% 时 30 min 黏聚力为 1.9 N·m,基本满足 0.5 h 通车的要求,而 60 min 黏聚力达到 2.8 N·m,较早开放交通后的质量得到有力保证,建议生石灰掺量为 2%。

(2) 水泥和生石灰发生化学和水化反应可以稳固部分水分在试件内部,同时生成的不溶于水的硅酸盐、钙盐、镁盐等晶体不断填充内部的空隙,石灰熟化带来的体积膨胀也可增加试件的密实度,使水稳定性得到提高。

(3) 添加生石灰后,宏观上可促使冷拌沥青混合料的空隙率显著减小,密实度提高;微观上可形成交织在一起的复杂凝胶结构,对混合料起到加筋的作用,整体强度得到显著提升。

参考文献:

- [1] WANG Z J, SHU X, RUTHERFORD T, et al. Effects of asphalt emulsion on properties of fresh cement emulsified asphalt mortar[J]. Construction and Building Materials, 2015, 75:25-30.
- [2] 徐玲琳,王培铭,张国防,等.石膏种类对硅酸盐-铝酸盐混合水泥强度的影响机理[J].硅酸盐学报,2011,41(11):1499-1506.
- [3] XIAO Jingjing, JIANG Wei, YE Waili, et al. Effect of cement and emulsified asphalt on the performance of cement-emulsified asphalt mixture[J]. Construction and Building Materials, 2019, 220:577-586.
- [4] 余定洋,何兆益,李兴富,等.水性环氧乳化沥青的制备及混合料路用性能研究[J].中外公路,2018,38(2):313-317.
- [5] IRRGANG P E, CHEHOVITS J, GALEHOUSE L. Energy usage and greenhouse gas emissions of pavement preservation processes for asphalt concrete pavements [C]//First International Conference on Poivement Preservation, 2010:27-42.
- [6] 金成,贾小龙,任斌.不同外加材料对乳化沥青冷再生混合料性能的影响[J].公路,2017,62(12):255-258.
- [7] 王清,汪德才,都敬丽.不同改性方式对乳化沥青冷再生混合料疲劳性能的影响[J].筑路机械与施工机械化,2019,36(2):44-48.
- [8] WANG Zhenjun, DAI Nan, WANG Xiaofeng. Laboratory investigation on effects of microwave heating on early strength of cement bitumen emulsion mixture[J]. Construction and Building Materials, 2020, 236:117439.