

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.05.038

水泥混凝土路面填缝料的研发及试验评价

龙丽琴,张东长,王进勇

(招商局重庆交通科研设计院有限公司,重庆市 400067)

摘要:填缝料路用性能不佳是水泥混凝土路面损坏的主要原因之一,该文研发了一种新型填缝料,通过试验对比了填缝料的黏结性、抗剪性和耐久性,并在实体工程中验证了该填缝料的性能。结果表明,该填缝料性能良好,且目前在实际工程中使用5年无明显破坏,具有较高的工程实用价值。

关键词:路面损坏;有机硅;填缝料

中图分类号:U414

文献标志码:A

0 引言

路面水通过接缝下渗是混凝土板产生脱空甚至断裂的主要原因^[1-3]。目前中国大部分地区对水泥混凝土路面接缝的密封大多使用沥青类填缝料^[4]。该类填缝料价格低廉,但性能较差。聚氨酯类填缝料相对于沥青基填缝料在性能方面有了较大的提高,但使用寿命一般只有5年^[5-7]。道路专用硅酮密封胶耐老化性能好,与接缝缝壁黏结能力较强,但价格昂贵,而且弹性恢复率和耐嵌入性较差^[8-9]。本文采用国产原料,开发了一种以有机硅为主料的新型填缝料,并通过试验研究了该填缝料的黏结性、抗剪性与耐久性。

1 填缝料原材料选择

(1) 基础聚合物。采用 α,ω -二羟基聚二甲基硅氧烷作为基础聚合物,它是单组分RTV基础聚合物的典型代表。

(2) 扩链剂。为了使研发的新型填缝料具有良好的伸长率和较低的模量,不仅要使用交联剂,还应添加扩链剂。国外通常是加入硅烷扩链剂,本文采用国产扩链剂。

(3) 交联剂。通过混合硅烷交联剂体系的使用,可以加快硅橡胶的深层硫化速度和交联密度,提高填缝料的耐嵌入性。本文交联剂采用两种硅烷交联剂组成的混合交联剂。

(4) 填料。有机硅橡胶必须经过补强后才可使用^[10]。填料的作用是补强和降低成本。本文选用填料为纳米活性 CaCO_3 。

(5) 促进剂。为了提高填缝料的硫化速度,使用交联剂的同时应使用促进剂^[11]。在RTV-1胶中,由于硫化速率较慢,需添加促进剂来提高硫化速率。本文选取了有机锡类化合物为促进剂。

(6) 活化剂。单组分室温硫化硅橡胶一般表干时间为60 min左右,厚度0.3 mm的单组分室温硫化硅橡胶通常在1 d后才能硫化,该硫化速度无法满足填缝料使用要求。本文采用聚硅酸乙酯作为促进剂。

(7) 增黏剂。为了提高填缝料的黏附性,需加入增黏剂。

(8) 偶联剂。新型有机硅填缝料中加入偶联剂是为了提高其可混性,防止填料结团。本文选用聚硅酸乙酯作为偶联剂。

(9) 操作助剂。在新型填缝料中使用操作助剂主要目的在于降低填缝料的模量,提高其伸长率,改善可灌性。本文选用二甲基硅作为操作助剂。

收稿日期:2023-10-12(修改稿)

基金项目:重庆市科技计划项目(编号:cstc2015shms-ztx30012)

作者简介:龙丽琴,女,硕士,高级工程师.E-mail:150253821@qq.com

2 填缝料的制备

(1) α, ω -二羟基聚二甲基硅氧烷与纳米活性碳酸钙在真空条件下,高温捏合后得到基胶,然后将其密闭冷却。在捏合前,纳米活性碳酸钙要在合适的温度下脱水至含水量小于1%。高温捏合的目的除了混合均匀,同时尽量除净体系中所含有的水分,保证新型填缝料配合体系的储存稳定性。

(2) 待基胶密闭冷却至室温后,将填缝料配合体系中的大部分组分加入基胶,在常温和真空条件下,通过高速搅拌一定时间,使其与基胶混合均匀。

(3) 将填缝料配合体系中的其余组分也加入第二步的混合体系中,继续在常温和真空条件下高速搅拌一定时间,使其充分混合均匀,然后进行包装。

3 新型填缝料性能检测与评价

3.1 黏结拉伸试验

(1) 正常条件下黏结拉伸性能试验

试验分别在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 两个温度下进行。测试 -20°C 温度下的试件时,需预先在 $-18 \sim -22^\circ\text{C}$ 温度下放置4 h。然后通过帘布剥离试验机,试验速度采用 $5 \sim 6 \text{ mm/min}$,直至将试件拉伸破坏。

(2) 浸水后黏结拉伸性能试验

先将试件在 $21 \sim 25^\circ\text{C}$ 的水中浸泡4 d,接着在标准试验条件下养护1 d。拉伸试验在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 温度下进行。以同样的设备、同样的速度拉伸试件。

(3) 冷拉热压后黏结拉伸性能试验

由于缩缝缝宽的变化是由混凝土板伸缩变形引起的,这种伸缩变形主要由两部分组成:干缩变形和冷缩变形。

干缩变形:自由变形时收缩值取 $0.15 \sim 0.2 \text{ mm/m}$,混凝土板长取 5 m ,则缩缝干缩裂缝宽度为 $0.75 \sim 1 \text{ mm}$,取最大干缩变形 1 mm 。

冷缩变形:混凝土板的最大收缩值=板长 \times 施工期与冬季最大温差 $\times \alpha$ 。施工期与冬季最大温差取 60°C , $\alpha = 0.5 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$,经计算得最大收缩值为 1.5 mm 。

缩缝变形值=裂缝干缩宽度+混凝土板的收缩值= 2.5 mm 。

接缝伸长率=混凝土板收缩值/缩缝宽度,最大变化值= $1.5/2.5 \times 100\% = 60\%$ 。

(4) 黏结伸长试验结果

本文首先研究纳米碳酸钙用量对填缝料力学性能的影响,按照上述试验方法进行试验,得到黏结拉伸性能试验结果见表1。

表1 试验结果对比

测试条件	黏结强度/MPa		伸长率/%	
	7 d	28 d	7 d	28 d
正常条件	0.36	0.39	1 363	624
冷处理后	0.34	0.37	1 253	577

由表1可知:7 d黏结强度与28 d黏结强度相差不大,即黏结强度与填缝料的固化交联时间无关。这是由于填缝料的内聚强度只与固化交联有关,当填缝料交联完成以后,内聚强度不再变化。笔者在原有配方的基础上增加一定量的增黏剂,试验检测效果见图1,通过黏结拉伸试验,试件黏结强度和伸长率均有大幅度提升,黏结强度提高了3.25倍。



图1 黏结拉伸试验(加增黏剂)

从表1的试验结果还可以看出:冷处理前后的黏结强度变化不大,说明黏结强度与环境温度无关,但冷处理后填缝料的伸长率略有降低(降低到初始值的80%)。这是因为在低温条件下,新型填缝料分子链的热运动降低, Si-O 键自旋运动的阻力增大,使得填缝料的抗变形能力也随之增加,弹性模量也因此增大。表明当温度降低时,在黏结强度不变的情况下,试件的黏结伸长率将有所下降,但亦能满足路用性能的要求。

(5) 浸水后黏结拉伸试验结果分析

按照上述试验方法进行试验,得到浸水后的黏结拉伸试验结果见表2。

表 2 试件浸水前后的黏结拉伸性能对比

黏结强度/MPa		伸长率/%	
浸水前	浸水后	浸水前	浸水后
0.39	0.38	708	694

由表 2 可知:浸水前后试件的黏结强度、黏结伸长率基本相同,说明填缝料的防水性能良好。

(6) 冷拉热压后黏结拉伸试验结果分析

为了考察增黏剂用量对有机硅填缝料灌入稠度的影响,在其他组分用量不变的情况下,将不同增黏剂用量加入混合体系中,制成不同的填缝料(1[#]~4[#]试件),将其冷拉热压后进行试验检测,结果见表 3。

表 3 黏结拉伸试验结果

试件编号	黏结强度/MPa	伸长率/%	冷拉热压后破坏情况	冷拉热压后黏结强度/MPa	冷拉热压后伸长率/%
1 [#]	0.18	256	未见破坏	0.17	261
2 [#]	0.11	212	未见破坏	0.12	215
3 [#]	0.12	170	未见破坏	0.11	176
4 [#]	0.39	709	未见破坏	0.39	701

从表 3 可以看出:试件在受到冷拉热压的反复作用后,未见任何破坏。然后再进行黏结拉伸试验,黏结强度和黏结伸长率基本没有变化,冷拉热压后未出现黏结和内聚破坏。说明了冷热气候在填缝料弹性范围内的拉伸压缩均不会对新型填缝料的性能造成影响。

3.2 抗剪性能试验

将试件标养 7 d 或 28 d 后,分别检测其剪切性能。试验结果见表 4。

表 4 剪切强度对比试验结果

试件编号	黏结强度/MPa	剪切强度/MPa	剪切变形/mm	破坏形式
A	0.25(7 d)	0.27(7 d)	15(7 d)	黏结面破坏
B	0.11(7 d)	0.41(7 d)	13(7 d)	黏结面破坏
C	0.12(7 d)	0.25(7 d)	13(7 d)	黏结面破坏
D	0.38(7 d)	0.64(7 d)	14(7 d)	黏结面破坏
D	0.39(28 d)	0.67(28 d)	11(28 d)	黏结面破坏

从表 4 可知:① 所有试件的剪切破坏形式均为黏结面破坏,表明黏结面仍然为最薄弱的位置;② 从剪切变形来看,D 组试件固化交联 7 d 的剪切变形比

固化交联 28 d 的大,这是由于固化交联有一个过程,7 d 时填缝料的硫化交联程度较 28 d 的低,在受到剪切应力的作用时,只进行 7 d 交联的填缝料,易发生塑性变形;③ D 组试件的黏结强度和剪切强度均大于其他试件,其原因主要是针对性地加入了增黏剂,大幅提高了黏结强度,同时,剪切强度也随之增强。最重要的是,所有试件的黏结强度均小于其剪切强度,这与填缝料的受力机理相符,在车辆荷载反复频繁的剪切作用下,如果填缝料具有较好的剪切变形能力,那么填缝料在车辆荷载的作用下,不会因为剪力不足而破坏,同时也说明了新型有机硅填缝料的性能完全满足路用要求。

3.3 抗紫外线老化试验

自然光中的紫外线对填缝料的耐久性影响最大。本文采用 UV-II 型非金属材料人工加速老化试验仪进行紫外线辐射试验,试验结果见表 5。

表 5 老化后黏结拉伸试验结果

组编号	黏结强度/MPa	剪切伸长率/%
甲	0.38	898
乙	0.39	895
丙	0.40	727

从表 5 可知:填缝料黏结性能在老化前后的变化较小,表明研发的填缝料抗紫外线老化的性能优良。

4 工程验证

通过试验,采用 D 组试件配方生产的填缝料,用于广东省番禺区内某二级水泥混凝土路面改造工程。

原路面接缝内填缝料基本丧失,填缝料完全丧失黏结和防水功能,缝内填充着泥土和杂物,如图 2 所示。



图 2 原水泥混凝土路面接缝

应用中,首先用清缝机对接缝进行清缝(图3),然后用高压水枪冲洗,再用吹风机对缝内残留水进行清除,最后灌注新型有机硅填缝料,实施效果如图4所示。目前,该路段已通车5年,填缝料无脱落,无损坏,效果良好。



图3 原接缝清缝



图4 新型填缝料施工效果图

5 结论

采用 α, ω -二羟基聚二甲基硅氧烷作为基础聚合物,研发了一种新型的填缝料,探索了不同条件下的黏结拉伸、抗剪和抗紫外线老化性能,并选择了一条二级公路水泥混凝土路面进行工程示范应用,得到以下结论:

(1) 研究的新型填缝料不使用国外进口的硅烷扩链剂,全部使用当前国产原材料,通过先进的配方和生产工艺技术,可生产得到新型有机硅填缝料系

列产品。

(2) 通过黏结拉伸试验,可知新型填缝料的7 d黏结强度与28 d黏结强度相差不大,防水性能优良,能较好地适应冷热气候的变化;抗剪切试验表明其抗剪切能力优良,28 d的抗剪切强度大于7 d的抗剪切强度;抗紫外线老化试验结果表明新型填缝料的黏结性能在老化前后变化较小,说明其抗老化性能优良。

(3) 在示范工程中,研发的新型填缝料至今已历经5年均未发生明显破坏,说明其耐久性良好。

参考文献:

- [1] 赵耀辉.水泥路面早期损坏原因分析及修复[C]//《建筑科技与管理》组委会.2015年7月建筑科技与管理学术交流会论文集.2015.
- [2] 冯永艳,邱学焦,彭斌.水泥混凝土路面早期损坏要点分析[J].公路,2013,58(11):224-226.
- [3] 章洋,何莉,汤青洲,等.基于智能手机的农村公路路面破损检测方法[J].中外公路,2023,43(2):51-57.
- [4] 彭光,许金余,任韦波.聚合物水泥路面填缝材料变形性能研究[J].硅酸盐通报,2017,36(9):2894-2899.
- [5] 张宇.一种甲氧基封端的超支化水泥混凝土路面填缝胶的研究[D].济南:济南大学,2016.
- [6] 庞炜辰,王富玉,杨旭.路面裂缝自动化修补中路径规划研究的进展概述与展望[J].中外公路,2022,42(2):68-72.
- [7] 许林,薄强龙,类彦辉,等.水泥混凝土路面填缝材料的研究水平和现状[J].山东化工,2013,42(2):65-66.
- [8] 马广泽.水泥混凝土路面填缝材料的分类及施工技术分析[J].民营科技,2016(3):157.
- [9] 刘艳,宋建国.浅谈水泥混凝土路面填缝材料[J].建筑与预算,2013(4):55-56.
- [10] LIU X A, ZHANG W F, LIU S W, et al. Fracture behavior of organic silicon rubber at different extension rate[J]. Materials Science Forum, 2011, 687: 571-575.
- [11] 寿崇琦,尚盼,娄嵩.水泥混凝土路面复合型填缝材料的研究[J].中外公路,2009,29(6):224-227.