

改性橡胶水泥砂浆强度的试验研究

季卫娟^{1,3}, 袁 群^{2,3}, 李会霞⁴, 曹宏亮^{2,3}, 冯凌云^{2,3}

(1. 郑州大学, 郑州 450002; 2. 河南省水利科学研究院, 郑州 450003;

3. 河南省水利工程安全技术重点实验室, 郑州 450003; 4. 济源市防汛抗旱指挥部办公室, 河南 济源 459000)

摘要: 分别采用水洗、NaOH 溶液、KH570 溶液和自制 Na_2SiO_3 溶液等方式对橡胶颗粒进行改性, 并通过试验分别研究了不同改性方式对橡胶砂浆强度的影响作用。结果显示, 10% NaOH 溶液的改性效果最优, 抗压强度和劈拉强度较基准橡胶砂浆分别提高了 16.89% 和 46.56%。1 000 倍的电镜观测表明, 经 NaOH 溶液改性后橡胶颗粒表面的洁净度增加, 空隙增多, 与水泥石的咬合度增强, 从微观上阐明了改性橡胶砂浆强度提高的机理。

关键词: 橡胶砂浆; 改性剂; 砂浆强度; 电镜观测; 增强机理

中图分类号: TU 528 文献标志码: A 文章编号: 1672-1683(2014)04-0098-04

Experimental Study on the Strength of Cement Mortar with Modified Rubber

Ji Wei juan^{1,3}, YUAN Qun^{2,3}, LI Hui xia⁴, CAO Hong liang^{2,3}, FENG Ling yun^{2,3}

(1. Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. H é n a n Water Conservancy Science Academy,

Zhengzhou 450003, China; 3. H é n a n Key Laboratory of Hydraulic Engineering Security Technology,

Zhengzhou 450003, China; 4. Jiyuan City Flood Control and Drought Relief Headquarters Office, Jiyuan 459000, China)

Abstract: The rubber was modified with several approaches, including washing, NaOH solution, KH570 solution, and homemade Na_2SiO_3 solution, and the experiments were conducted to investigate the impacts of different modification approaches on the strength of rubberized mortar. The test results showed that 10% NaOH solution has the best modification effects with 16.89% and 46.56% of increasing in the compressive strength and splitting tensile strength, respectively compared to the benchmark rubberized mortar. The observation results using the electron microscope with a magnification of 1000 showed that after the modification with NaOH solution, the cleanliness and pores of the rubber surface increase, and the occlusion degree with cement reinforces, which explained the increasing strength mechanism of the cement mortar with modified rubber from the microscopic scale.

Key words: rubber mortar; modifier; mortar strength; electron microscope observation; increasing mechanism

随着汽车工业的迅猛发展, 废弃橡胶轮胎的数量日益增加^[1], 填埋、焚烧等常规处理方法对环境的污染非常严重, 如何实现其高效环保的处理利用已成为人们关注的热点。已有研究表明^[2-6], 将橡胶轮胎制成的橡胶颗粒掺入混凝土中, 既可以大量回收利用废弃橡胶轮胎, 又能改善混凝土的弹性减震、降噪隔音、韧性、抗冲击性能、抗收缩性能及抗冻性能。因此, 近年来橡胶混凝土的开发应用受到了科研人员的重视。

由于混凝土的亲水性与橡胶颗粒的憎水性使得二者的黏结性能较差^[7-12], 导致橡胶混凝土强度明显降低, 限制了橡胶混凝土的应用。因此, 增强橡胶颗粒与混凝土中水泥石

的黏结强度, 是提高橡胶混凝土强度的关键。为此, 本文利用改性剂 NaOH 溶液、KH570 溶液和自制改性剂 Na_2SiO_3 溶液处理橡胶颗粒, 以改性橡胶颗粒取代部分细骨料配制水泥砂浆, 研究改性橡胶砂浆的抗压及劈拉强度, 结合扫描电镜的观测结果, 分析改性橡胶颗粒对橡胶砂浆强度的影响机理, 为提高橡胶混凝土强度的研究提供技术支持。

1 试验设计

1.1 试验材料

水: 自来水。

水泥: 选用某厂家生产的复合硅酸盐水泥 P·C42.5。

收稿日期: 2014-01-06 修回日期: 2014-02-27 网络出版时间: 2014-06-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.002.html>

基金项目: 水利部公益性行业科研专项(201301027)

作者简介: 季卫娟(1988-), 女, 河南濮阳人, 硕士, 主要从事混凝土结构新材料的开发与应用方面研究。E-mail: 1010391381@qq.com

砂:河沙。细度模数 2.65,最大粒径 5 mm,连续级配,表观密度 2 500 kg/m³。

橡胶颗粒:粒径 1~3 mm,密度 1 119 kg/m³,由河南武陟某一橡胶厂生产。

改性剂:不处理、水洗、5%~30%浓度的 NaOH 溶液、0.5%~3%质量分数的 KH570 溶液、自制 Na₂SiO₃ 溶液。

1.2 橡胶颗粒处理方式

无处理:橡胶颗粒不经过处理,直接使用。

水洗:用水清洗橡胶颗粒 3 遍,去除表面污物,室外晾干备用。

NaOH 溶液处理:分别配制浓度为 5%、10%、15%、20%、25%、30% 的 NaOH 溶液,充分浸泡橡胶颗粒,充分搅拌后密封放置 48 h。然后用清水对处理后的橡胶颗粒进行冲洗,晾干后备用。

KH570 溶液处理:分别取橡胶颗粒质量 0.5%、1%、1.5%、2%、3% 的 KH570 溶液,用 300 g 乙醇溶液稀释后充分浸泡橡胶颗粒,晾晒 30 min 备用。

自制 Na₂SiO₃ 溶液处理:自制 Na₂SiO₃ 溶液经甲苯溶解后加入橡胶颗粒,拌和至表面湿润,再加入适量水泥,拌和至橡胶颗粒表面均被水泥包裹,然后放烘箱 100 ℃ 烘 30 min,最后加进砂浆拌和。

1.3 水泥砂浆的制备及测试方法

基准砂浆即普通砂浆,其水灰比 0.73,灰砂比 0.27;基准橡胶砂浆是以未处理橡胶颗粒等体积取代 6% 的砂制备而成;改性橡胶砂浆是以改性剂处理后的橡胶颗粒等体积取代 6% 的砂制备而成。

制备的试件尺寸为 70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm,标准养护 28 d 后测试其抗压强度和劈拉强度,并用扫描电镜观测改性前后橡胶颗粒表面形态及橡胶砂浆切片中橡胶和水泥石的黏结状况。

2 试验结果及分析

2.1 基准砂浆与基准橡胶砂浆

经测试,基准砂浆的抗压强度为 22.71 MPa,劈拉强度为 1.99 MPa。基准橡胶砂浆的抗压强度为 15.87 MPa,劈拉强度为 1.31 MPa。与基准砂浆相比,基准橡胶砂浆的抗压强度下降 30.12%,劈拉强度下降 34.17%。

2.2 水洗处理橡胶砂浆

经水洗处理后配制的橡胶砂浆抗压强度为 17.08 MPa,劈拉强度为 1.44 MPa,分别比基准橡胶砂浆提高了 7.62% 和 9.92%。

2.3 NaOH 溶液改性橡胶砂浆

与基准橡胶水泥砂浆相比,橡胶颗粒经 NaOH 溶液改性后,抗压强度和劈拉强度均明显提高(5% 浓度时由于试验误差造成强度降低)见图 1、图 2,且存在最优浓度,即 10% 浓度时改性效果最优,抗压强度和劈拉强度分别提高了 16.89% 和 46.56%。

经 NaOH 溶液改性后的橡胶砂浆强度提高的原因是:橡胶颗粒经 NaOH 溶液浸泡、清水冲洗后,颗粒表面的芳烃油、硬脂酸锌等添加剂被溶解,增强了橡胶颗粒与水泥基体的黏

结力。由于掺入水泥砂浆中的橡胶颗粒表面存在 NaOH 溶液残余,在橡胶颗粒与水泥石界面形成了局部强碱环境,虽然能在水泥硬化早期促进水化反应、提高水泥石的早期强度,但也同时可能使橡胶颗粒与水泥界面过早出现裂缝,不利于黏结,而在水泥水化后期,强碱对硬化的水泥石有腐蚀作用,不利于提高橡胶水泥砂浆的强度。总之,NaOH 改性对橡胶水泥砂浆强度的作用比较复杂,造成强度-浓度关系起伏变化,而且 NaOH 浓度并不是越高越好,而是存在一个最佳值。

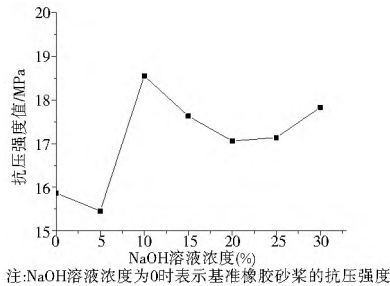


图 1 改性橡胶砂浆抗压强度与 NaOH 溶液浓度的关系

Fig. 1 Relationship between the compressive strength of cement mortar with modified rubber and concentration of NaOH solution

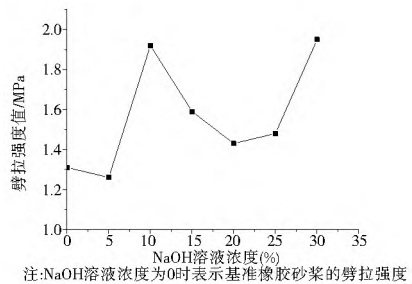


图 2 改性橡胶砂浆劈拉强度与 NaOH 溶液浓度的关系

Fig. 2 Relationship between the splitting tensile strength of cement mortar with modified rubber and concentration of NaOH solution

2.4 KH570 改性橡胶砂浆

改性橡胶砂浆抗压强度与 KH570 溶液质量分数的关系总体呈抛物线型见图 3。当 KH570 溶液质量分数为 1.5% 时,改性橡胶砂浆抗压强度最大,为 16.61 MPa,比基准橡胶砂浆提高 4.67%,改善效果不明显。

KH570 分子式为 R-SiX₃,其中 R 为不能水解亲有机物基团,它可与有机材料化学键接;SiX₃ 为可水解亲无机物基团,可与无机材料化学键接。因此, KH570 能与两种不同性质的材料“偶联”,使橡胶颗粒与水泥基实现牢固键合。

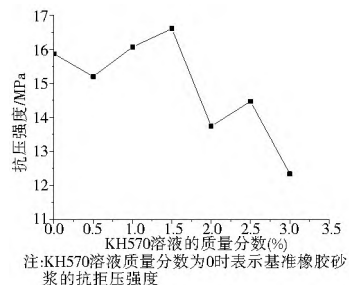


图 3 改性橡胶砂浆抗压强度与 KH570 质量分数的关系

Fig. 3 Relationship between the compressive strength of cement mortar with modified rubber and mass fraction of KH570

2.5 自制 Na_2SiO_3 溶液改性橡胶砂浆

自制 Na_2SiO_3 溶液改性橡胶砂浆的抗压强度值为 17.39 MPa, 劈拉强度为 1.4 MPa, 较基准橡胶砂浆分别提高了 9.58% 和 6.87%。

自制 Na_2SiO_3 溶液有较强的粘合作用, 能把橡胶颗粒和水泥颗粒较好地黏结在一起, 使橡胶颗粒表面紧紧地包裹一层水泥颗粒, 从而提高橡胶颗粒与水泥石的黏结。

3 电镜观测结果分析

从 1 000 倍的电镜 SEM 图中(图 4)可以看出以下结果。

未经任何处理的普通橡胶颗粒: 表面相对平滑, 微孔隙较少, 且有较多杂质附着, 降低了橡胶颗粒与水泥石的黏结性能, 加上橡胶颗粒本身的强度就比砂子的强度低, 因此基准橡胶砂浆的强度明显低于基准砂浆的强度。

经水洗处理的橡胶颗粒: 部分杂质被洗掉, 表面相对洁净很多, 孔隙较未处理时明显增多(图 5), 表面粗糙度增加, 提高了橡胶颗粒与水泥石的黏结性能, 因此水洗改性橡胶砂浆抗压强度和劈拉强度与基准橡胶砂浆相比有所提高。

经 20% 浓度 NaOH 溶液处理后的橡胶颗粒: 由于 NaOH 溶液能够与橡胶中的憎水性原料芳烃油、添加剂硬脂酸锌反应溶解, 使橡胶颗粒表面较水洗的更加洁净、粗糙, 空隙也更多(图 6), 从而增强橡胶颗粒与水泥石的黏结性能, 提高橡胶砂浆的强度。

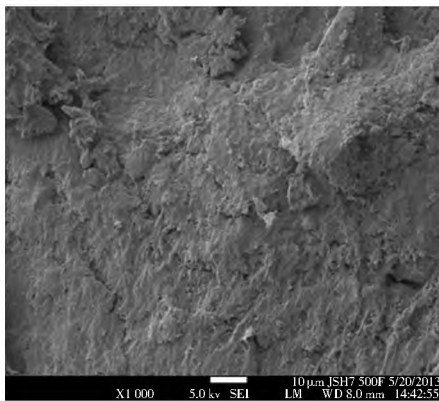


图 4 普通橡胶

Fig. 4 Ordinary rubber

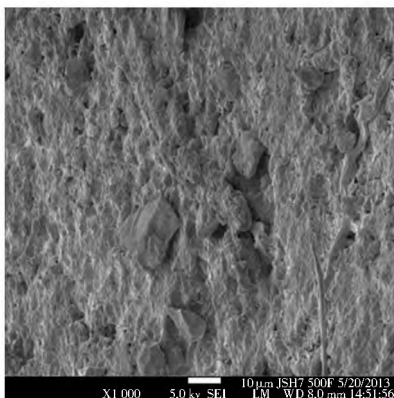


图 5 经水洗的橡胶

Fig. 5 Rubber after washing

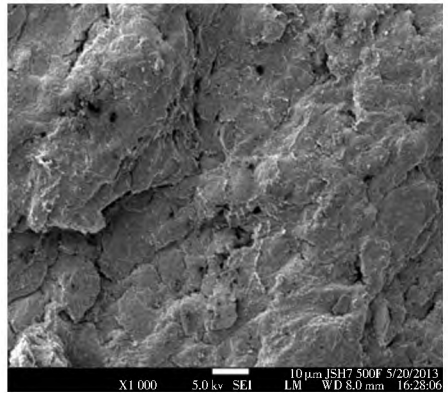


图 6 20% NaOH 溶液处理后的橡胶

Fig. 6 Modified rubber with 20% NaOH solution

从基准橡胶砂浆切片中可看出, 橡胶颗粒与水泥石的界面比较清晰(图 7), 而经 1.5% 质量分数 KH570 溶液和自制 Na_2SiO_3 溶液改性后, 橡胶砂浆切片中水泥石的结晶体与橡胶颗粒相互咬合(图 8、图 9), 黏结状况改善, 因而改性橡胶砂浆的强度要高于基准橡胶砂浆的强度。

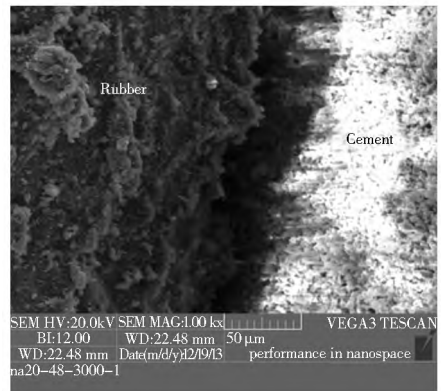


图 7 基准橡胶砂浆

Fig. 7 Benchmark rubber mortar

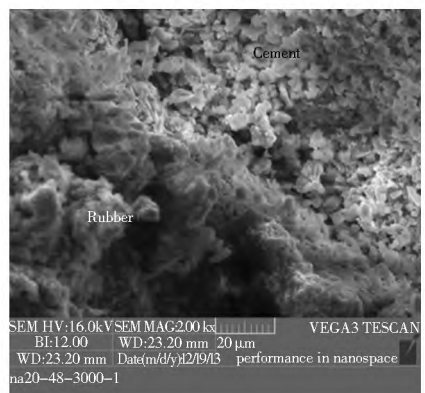


图 8 1.5% KH570 处理后的砂浆

Fig. 8 Modified mortar with 1.5% KH570

5 结论

(1) 采用水洗、NaOH 溶液、KH570 溶液及自制 Na_2SiO_3 溶液处理后的橡胶颗粒配制的橡胶砂浆, 其抗压强度和劈拉强度均较基准橡胶砂浆的有所提高, 其中 10% NaOH 溶液改性效果最优, 抗压强度和劈拉强度分别提高了 16.89% 和

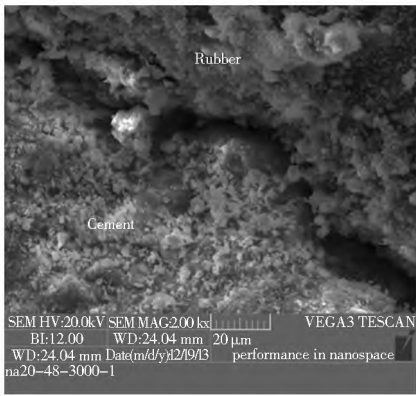


图9 自制 Na_2SiO_3 溶液处理后的砂浆

Fig.9 Modified mortar with homemade Na_2SiO_3 solution

46.56%。

(2) 电镜观测表明, 橡胶颗粒经 NaOH 溶液改性后, 其表面的杂质较少, 孔隙增多, 表面粗糙度明显增加。橡胶砂浆电镜切片显示, 改性橡胶颗粒与水泥石的粘结咬合增强, 有利于改性橡胶砂浆强度的提高。

参考文献(References):

[1] 潘东平, 刘锋, 李丽娟, 等. 橡胶混凝土的应用和研究概况[J]. 橡胶工业, 2007, (54): 182-185. (PAN Dong ping, LIU Feng, LI Liruan, et al. Application and Research Survey of Rubber Concrete[J]. China Rubber Industry, 2007, (54): 182-185. (in Chinese))

[2] 李靖, 王宝民. 掺橡胶水泥混凝土橡胶颗粒界面的处理研究[A]. 中国商品混凝土可持续发展论坛暨第六届全国商品混凝土技术与管理交流大会论文集[C]. 2009, 128-131. (LI Jing, WANG Baomin. Treatment Research of Interface of Rubber Particles Mixed in Cement Concrete[A]. Proceedings of Forum of China Commercial Concrete's Sustainable Development and Conference of the Sixth National Commercial Concrete's Technology and Management[C]. 2009, 128-131. (in Chinese))

[3] 余其俊, 刘岚. 废橡胶粉的改性对砂浆力学性能的影响[J]. 混凝土, 2009, (234): 98-100. (YU Qijun, LIU Lan. Effect of the Modified Waste on Rubber Powder on the Mechanical Properties of Mortar[J]. Concrete, 2009, (234): 98-100. (in Chinese))

[4] 刘小星, 张海波, 管学茂. 表面改性橡胶水泥砂浆的研究[A]. 中国硅酸盐学会水泥分会首届学术年会论文集[C]. 2009. (LIU Xiaoxing, ZHANG Haibo, GUAN Xue mao. Study on

Rubber Powder Surficial Modified Cement Mortar [A]. The First Branch of the Chinese Ceramic Society Cement Conference Proceedings[C]. 2009. (in Chinese)

[5] 郑莉娟, 余其俊, 韦江雄. 废橡胶粉的改性及其对水泥砂浆性能的影响[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 30(1): 53-54. (ZHENG Liruan, YU Qijun, WEI Jiangxiong. Crumb Rubber Modified and its Impact on the Performance of Cement Mortar[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2008, 30(1): 53-54. (in Chinese))

[6] 杨春峰, 杨敏, 叶文超. 改性方式对橡胶混凝土力学性能的影响[J]. 沈阳大学学报, 2012, 24(3): 79-81. (YANG Chunfeng, YANG Min, YE Wen chao. Effect of Modification on the Mechanical Properties of Rubber Concrete[J]. Journal of Shenyang University, 2012, 24(3): 79-81. (in Chinese))

[7] 姜丽, 薛刚, 董素芬, 等. 废旧橡胶颗粒改性对水泥砂浆性能的影响研究[J]. 蒙古科技大学学报, 2013, 32(1): 84-87. (JIANG Li, XUE Gang, DONG Sufen, et al. Research on the Influence on the Performance of Cement Mortar Modified with Waste Rubber Particles[J]. Journal of Mongolia University of Science and Technology, 2013, 32(1): 84-87. (in Chinese))

[8] Fattuhi N I, Clark L A. Cement based Materials Containing Shredded Scrap Truck Tyre Rubber [J]. Construction and Building Materials, 1996, 10(4): 229-236.

[9] Segre N, Jokes I. Use of tire Rubber Particles as Addition to Cement Paste[J]. Cement and Concrete Research, 2000, 30(9): 1421-1425.

[10] 魏亚, 张海波, 田地, 等. 橡胶粉改性砂浆的初步研究[J]. 山东建材, 2008, (4): 52-54. (WEI Ya, ZHANG Haibo, TIAN Di, et al. A Preliminary Study of Mortar with Modified Rubber Powder[J]. Shandong Building Materials, 2008, (4): 52-54. (in Chinese))

[11] 张云莲, 周宏凯, 李启令. 废旧轮胎橡胶改性水泥基材料的试验研究[J]. 混凝土, (223): 68-70. (ZHANG Yunlian, ZHOU Hongkai, LI Qiling. Experimental Study of Waste Tire Rubber Modified Cement Based Materials[J]. Concrete, (223): 68-70. (in Chinese))

[12] 马海峰, 袁江, 韩云阁, 等. 废旧橡胶改性水泥基材料的研究进展[J]. 混凝土与水泥制品, 2012, (3): 71-75. (MA Haifeng, YUAN Jiang, HAN Yunge, et al. Research Progress of Waste Rubber Modified Cement Based Materials[J]. China Concrete and Cement Products, 2012, (3): 71-75. (in Chinese))

(上接第61页)

[33] 高华梅, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等. 不同基质下菹草的生长及其对水体营养盐的吸收[J]. 湖泊科学, 2010, 22(5): 655-659. (GAO Huamei, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al. Growth of Potamogeton Crispus L. and its Influence on the Water Quality under Different Substrate Types[J]. J. Lake Sci. 2010, 22(5): 655-659. (in Chinese))

[34] 金送笛, 李永函, 倪彩虹, 等. 菹草对水中氮、磷的吸收及若干影响因素[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 168-173. (JIN Songdi, LI Yonghan, NI Cairong, et al. Uptake by Potamogeton Crispus of Nitrogen and Phosphorus from Water and Some Affecting Factors[J]. Acta Ecologica Sinica, 1994, 14(2): 168-173. (in Chinese))