

# 废旧料粉对水泥混凝土路用性能影响分析

王璐\* 户迁迁

北京高新市政工程科技有限公司, 北京 100195

**摘要:** 随着交通运输经济的快速发展,使得公路使用频率不断提升,早期以沥青路面建设为主的路面已大量进入维修养护阶段,因此产生的废旧沥青材料再生利用成为了备受关注的问题,迅速产生的废旧轮胎成为了污染环境的新污染源。而我国现阶段道路建设中主要应用水泥混凝土,水泥混凝土成为了用量最大、最广泛的建筑材料之一,而且人们对于混凝土材料的质量要求也越来越高,经研究表明,在水泥混凝土土路面中,废旧的橡胶颗粒可加入可以有效的改善水泥混凝土的变形能力差、韧性小等缺陷。因此,本文主要探讨废旧橡胶颗粒在水泥混凝土路面材料中的应用。

**关键词:** 废旧橡胶颗粒粉料; 水泥混凝土路; 性能影响

## Analysis of The Influence of Waste Material Powder on The Road Performance of Cement Concrete

Lu Wang\*, Qian-Qian Hu

Beijing High-tech Municipal Engineering Technology Co., Ltd., Beijing 100195, China

**Abstract:** With the rapid development of transportation economy, the frequency of highway use is increasing. The early asphalt pavement construction has entered the maintenance stage. Therefore, the recycling of waste asphalt materials has become a hot issue. The waste tire which is produced rapidly has become a new source of environmental pollution. At present, cement concrete is mainly used in road construction. Cement concrete has become one of the most widely used building materials. Moreover, the quality requirements for concrete materials are also getting higher. Studies have shown that in cement concrete pavement, waste rubber particles can be added to effectively improve defects such as poor deformability and low toughness of cement concrete. Therefore, this study mainly discusses the application of waste rubber particles in cement concrete pavement materials.

**Keywords:** Waste rubber particles; cement concrete road; performance impact

### 一、前言

废旧轮胎橡胶颗粒的再利用,在利用废旧资源的项目当中属于一个新的课题,它主要是实现对废旧汽车轮胎的再利用,从而实现资源的节约,并有效促进混凝土性能的改善。因此,废旧轮胎橡胶颗粒的再利用具有非常重要的意义。同时,它也是发展我国的水泥混凝土路面的客观需求。

早期我国用的沥青混凝土,随着油价的变化而变化,呈上涨趋势,而我国的水泥价格却一直属于稳定状态,所以,如果修建水泥混凝土道路,那么就能够节约许多成本,且低于沥青混凝土道路的建设成本。同时,在选用集料、混合料等方面投资也比沥青混凝土路面的少。在相同的条件设计下,沥青混凝土路面的使用寿命差不多小于水泥混凝土路面的1倍<sup>[1]</sup>。

国外相关研究资料表明,水泥混凝土和沥青混凝土路面在经济运营方面,显著优于沥青混凝土路面,而且行驶在水泥混凝土路面的车辆,运营耗油量要节省沥青混凝土路面10%左右<sup>[2]</sup>。因此,大力建设水泥混凝土路面道路,可打破我国目前修建公路时投入高的情况,从而实现资源及能源的有效节约。处理大量的废旧轮胎,把橡胶颗粒大规模的应用到水泥混凝土路面中,还能缓解我国越发严重的“黑污染”问题。

### 二、试验的材料和方法

因为,水泥混凝土加入橡胶颗粒后,其力学性能直接关系到我刚道路建设的前景,因此,对不同橡胶颗粒掺量下水泥混凝土的力学性产生的变化做了以下实验,并进行探讨,为找寻最佳的橡胶颗粒提供有利的证据。

#### (一) 原材料的试验

1. 水泥。
2. 集料:普通的砂石 $2.600\text{g}/\text{cm}^3$ 的密度表现为2.14的细度模数。最大粒径为19mm的碎石,密度表现为 $2.740\text{g}/\text{cm}^3$ 。
3. 橡胶颗粒:平均粒径选择为4mm的粗颗粒橡胶,平均粒径选择为0.6mm的细颗粒橡胶,密度大约控制在约 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。
4. 界面溶剂的处理:自来水,NaOH,硅烷偶联剂<sup>[3]</sup>。

\* 通讯作者: 王璐, 1987年9月,男,汉族,北京人,现任北京高新市政工程科技有限公司检测室主任,工程师,本科。研究方向:无机非金属材料。

5. 实验配合比与方法:

(1) 水泥砂浆抗压强度的大小对橡胶界面的改性进行评价, 以及对混合料性能产生的影响。比例为: 水灰0.5的比例; 砂率1:3; 橡胶为10%等体积, 替代河沙。具体配比见表1。

表1 水泥砂浆配合比

水泥 (kg/m <sup>3</sup> )	砂 (kg/m <sup>3</sup> )	废旧橡胶颗粒粉料 (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )
519	1397	63	237

(2) 选择不同的粗橡胶颗粒掺量 (共8种) 体积, 替代砂石, 并对掺量力学、基质混凝土性能的不同之处进行研究。基质水泥混凝土配比为: 水泥、砂、碎石、水, 比例为1:1.13:2.90:0.43, 不同掺量水泥混凝土配比<sup>[4]</sup>, 如表2。

表2 不同掺量水泥混凝土配比

橡胶掺量/%	水泥 (kg/m <sup>3</sup> )	砂 (kg/m <sup>3</sup> )	石 (kg/m <sup>3</sup> )	橡胶 (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )
0 (基质)	455	514	1321	0	195
10	455	463	1321	19	195
20	455	411	1321	39	195
30	455	360	1321	58	195
40	455	308	1321	78	195
50	455	257	1321	98	195
60	455	205	1321	118	195
70	455	154	1321	138	195
80	455	102	1321	158	195

尺寸为100mm×100mm×100mm立方体的抗压强度试件; 尺寸为100mm×100mm×400mm棱柱体抗折强度试件, 每一组的试件有三个, 试件成型与水泥砂浆成型的方法一样, 试件进行标准养护一周以后, 对抗压、抗折强度分被进行测定<sup>[5]</sup>。

(二) 橡胶界面的处理方法和效果

界面的黏结强度决定了复合材料的整体强度, 胶粉不具有能够化水的能力。所以, 不能够和水泥生成水化产物, 只能起到填充; 胶粉与水泥砂浆进行比较的话, 橡胶的弹性模量没有水泥砂浆高, 因此, 增加了水泥砂浆试件的弱点, 导致抗压强度下降。所以, 对于橡胶表面的处理, 可以提高橡胶和水泥砂浆的黏结性, 从而提高水泥砂浆试件的抗压强度。

1. 处理的方法

本实验有三种处理方法:

(1) 直接用水洗处理橡胶, 然后对橡胶进行过滤、晾干。

(2) 可使用偶联剂浸润进行处理, 把橡胶置放于盆里, 然后滴入偶联剂滴, 一边滴入以便对橡胶进行搅拌, 直到橡胶的表面全部浸润, 再停止, 最后晾干橡胶颗粒。

(3) 氢氧化钠浓度为1%、5%、10%、20%的溶液浸泡处理, 按照定好的百分比配比溶液, 浸泡、搅拌, 处理完橡胶以后, 再进行晾干。处理的过程中会看到, 橡胶颗粒的表面比较润滑, 晾干了以后, 表面会呈现为白色, 氢氧化钠的浓度增加, 颜色也会越来越白<sup>[6]</sup>。

2. 橡胶的表面改性和水泥砂浆产生的影响, 如表3所示。

表3 不同的处理方式平均抗压强度的对比

处理方式	未处理	偶联剂	水处理	NaOH (1%)	NaOH (5%)	NaOH (10%)	NaOH (20%)
细橡胶颗粒的平均强度/MPa	11.0	14.0	12.5	10.7	10.6	8.2	6.3
粗橡胶颗粒的平均强度/MPa	12.3	10.8	13.8	14.5	12.6	12	9.5

(三) 橡胶水泥的力学性能

1. 橡胶水泥的抗压强度

混凝土的基本力学性能指标是抗压强度, 不同橡胶的掺量下的水泥混凝土抗压强度, 见表4。

表4 不同掺量的抗压强度对比

掺量/%	10	20	30	40	50	60	70	80
破坏荷载/kN	278	262	232	238	175	150	137	125
平均强度/MPa	27.8	26.2	23.2	23.8	17.0	15.0	13.7	12.5

2. 选择浓度为1%的氢氧化钠溶液, 橡胶颗粒试件的抗压强度最高

(1) 偶联剂和氢氧化钠的残留, 会影响到水泥砂浆试件抗压强度的高低。

(2) 使用水洗处理方法时, 试件的抗压强度同样也相对较高, 且该方法简便操作、成本比较低, 比较实用于实际的工程中。

(3) 橡胶颗粒的掺入随着增加, 混凝土的抗压、抗折强度均有下降趋势; 但是, 应变被破坏的时候, 应变却是呈现出上升的趋势<sup>[7]</sup>。

因此,可以从以上的试验中可看出,橡胶的表面采用水洗、偶联以及氢氧化钠溶液进行处理,针对4mm粗橡胶颗粒和0.3细橡胶颗粒提出最佳的处理办法。同时,还对不同掺量的橡胶颗粒作为细橡胶颗粒代替一部分的河沙对水泥混凝土抗压、抗折强度的力学性能的影响以及破坏时的应变大小的影响。

经过试验表明,混凝土的抗压和抗折强度随橡胶量的增加,都呈现出下降的趋势,例如其中橡胶颗粒等体积代替河砂70%时,7天抗压强度和抗折强度同时都下降大约50%左右,但是破坏混凝土时的最大应变能力提高到65左右,表现出来橡胶颗粒的变形能力和韧性能力。

### 三、橡胶混凝土的特性

橡胶颗粒与普通混凝土的温度线膨胀系数,较为接近,把橡胶颗粒掺入到混凝土中以后,它能够与钢筋共同协调工作,其主要特性有:橡胶颗粒的表面比较粗糙、可以不透水、具有较好的弹性;黏结性形态与水泥浆体混合后比较好,可以均匀的混凝土内部形成可以伸缩颗粒群体;可降低混凝土的弹性模量,增加变形的能力等优势。

混凝土可以因水化、干燥时,产生收缩和变形,橡胶颗粒把部分的收缩能量吸收后,降低了收缩应力,可使开裂的时间推迟延后。混凝土在弯曲过程当中,橡胶颗粒可以承受一部分的荷载,阻止微裂缝继续扩展,阻挡提前产生的新裂缝,提高变形能力,并且还表现出较为显著的延缓性特征<sup>[8-9]</sup>。

橡胶颗粒具有弹簧一样的性能,可以对混凝土的空隙进行填充,协助混凝土受力,同时,还可以延缓一部分混凝土的分应力,约束着对微缝隙的继续发展,一定程度上还可改善混凝土路面韧性、抗冲击性。

橡胶颗粒具有的弹性能力,它在混凝土内部广泛的分布着,水结成冰的时候,体积可以膨胀,可提供空间;冰融化成水的时候,弹性又可恢复。从而提高了混凝土的抗冻性。

混凝土路面的耐久性能等受到影响,主要是因混凝土内部孔隙的结构所导致,而在混凝土里面掺入橡胶粉,可以改善混凝土的内部孔隙结构等,从而提高了耐久性能。

橡胶颗粒和普通混凝土进行比较,它属于热的不良导体,因此它土具有导热的相对速度比较慢、温度的系数也相对较低、掺量越大,导温的速度就越慢,温度系数就越低等等特点,有利于混凝土路面的隔热,从而在最大程度上减少混凝土路面,因外界的温度导致路面变形、开裂等问题<sup>[10]</sup>。

### 四、橡胶混凝土路面的应用前景

现阶段人们对水泥混凝土路面的强度高低的要求越来越高,从而导致橡胶混凝土的大范围应用和发展受到了限制。因此,如果要使用橡胶混凝土,首先就需要控制好橡胶颗粒的掺量以及改性剂<sup>[11]</sup>。此外,在修剪道路的工程中,使用橡胶颗粒,还可以从其他方面尝试,例如人行道、铁路轨枕等方面,可以根据混凝土的前度登记,选择适量的橡胶颗粒个改性剂,大规模掺入橡胶颗粒使用的实现,会有比较好的应用前景。

### 五、结论

目前,我国在对废旧橡胶颗粒用于水泥混凝土路面中,还处于刚刚起步的阶段,主要研究是对橡胶颗粒的强度、耐久性能等方面,对于宏观、微观性能的研究相对比较少<sup>[12]</sup>。因此,应用橡胶混凝土的首要条件就是,完善并建立理论体系以及研究方法,这才是能够解决橡胶颗粒在水泥土路面应用中,存在的根本问题。它对深入的研究有着十分重要的科学、实际应用的价值。

#### 参考文献:

- [1]司晓炜.公路工程中的橡胶水泥混凝土动态力学性能分析[J].公路工程,2017,42(4):242-245.
- [2]蒋旭,甘崇宁,常霞俊,华涛,蒋英侠.网纹彩涂板纹路影响因素研究[J].涂料工业,2017,47(12):20-24.
- [3]Nursyamsi,William Liang.The analysis of lightweight brick strength pressure with mixture of glass powder and silica fume[J].IOP Conference Series Earth and Environmental Science,2018,126(1):012037.
- [4]姚明来,饶碧玉,刘秦南.粉煤灰对再生骨料混凝土抗压性能影响研究[J].水泥工程,2017,30(3):86-88.
- [5]叶友志.建筑垃圾粉土对水泥砂浆性能影响的研究[J].河北能源职业技术学院学报,2017,17(4):55-56.
- [6]李洪军,丁庆军,赵明宇.CAE混凝土性能研究[J].公路工程,2017,42(1):290-294.
- [7]Ramadass GA, Vedachalam N, Umapathy A, Ramesh R, Balanagajothi V. Finite Element Analysis of the Influence of Ambient Temperature Variations on the Performance of Fiber Optic Gyroscope Sensing Coils[J].Mar Technol Soc J 2017, 51(1):16-22.
- [8]杨平,虞将苗,张保才,张东迎,刘汉,唐峰,赵培全,许冬冬.集料-沥青界面改性剂及改性工艺对沥青混合料路面性能的影响[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2017,41(6):1033-1036.
- [9]司晓炜.公路工程中的橡胶水泥混凝土动态力学性能分析[J].公路工程,2017,42(4):242-245.
- [10]严秋荣,彭齐腾.装配式水泥混凝土路面圆企口应力应变响应[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(11):28-32.
- [11]H.A.Abdel-Gawwad, E.Heikal, H.El-Didamony, F.S.Hashim, Aya.H. Mohammede.Recycling of concrete waste to produce ready-mix alkali activated cement[J]. Ceram. Int. 2018,44(6):7300-7304.
- [12]洪安娥.水泥混凝土路面的试验检测要点[J].黑龙江交通科技,2017,40(6):184-184.