

[文章编号] 1003—4684(2019)05-0118-03

# 钢纤维掺量对橡胶混凝土力学性能影响

彭 焜, 周金枝, 吴维熙

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 在 10% 橡胶掺量的橡胶混凝土中分别添加 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% (体积占比) 的钢纤维, 以此为试样进行复合材料的基本力学性能试验, 包括立方体试块的抗压试验、动弹性模量试验、立方体劈裂抗拉试验以及四点弯曲抗折试验, 探讨钢纤维体积占比和复合材料各方面力学性能之间的关系。通过实验数据分析及破坏形态观察, 发现: 随着钢纤维掺量的提高, 复合材料的抗压强度、弹性模量、劈拉强度、抗折强度均有所提高, 韧性也有所提高。

[关键词] 橡胶混凝土; 钢纤维; 力学性能; 破坏形态

[中图分类号] TU502

[文献标识码] A

上世纪 80 年代国外提出一种新型材料, 这种新型材料是将废弃的轮胎经过打磨后形成不同粒径的橡胶颗粒加入普通混凝土内形成, 可以将废弃轮胎循环再利用, 减少废弃轮胎对环境的污染<sup>[1]</sup>。但是橡胶颗粒与粗骨料的粘结度不够, 导致橡胶混凝土在抗压和抗折强度等方面性能不同程度降低, 影响工程实际应用<sup>[2-3]</sup>。钢纤维对混凝土有阻止裂缝发展、增加韧性等作用<sup>[4]</sup>, 有相关研究表明在橡胶混凝土中加入适量钢纤维, 可以改善橡胶混凝土强度低的缺点, 进一步提高橡胶混凝土的韧性, 让其更好地应用于工程实际<sup>[5]</sup>。

## 1 试验概况

### 1.1 原材料

钢纤维橡胶混凝土是在素混凝土的基础之上掺入钢纤维和橡胶制备而成, 实验材料与素混凝土基本一致, 本次试验采用水泥作为胶凝材料, 碎石作为粗骨料(选取粒径 5~20 mm), 砂作为细骨料(细度模数 2.3~3.0), 不同的是, 本次试验中采用粒径为 5 目(3~4 mm) 的橡胶颗粒以 10% 的体积率替代部分砂作为细骨料, 外掺 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 体积率的钢纤维。在实际操作过程中, 橡胶颗粒掺入的质量, 是通过砂的质量和实测密度计算体积, 而后通过橡胶颗粒实测密度换算而得。钢纤维的尺寸和抗拉强度需符合技术要求, 单根钢纤维丝的抗拉强度应不低于 800 N/mm。添加减水剂保证其流动

性, 用清洁自来水进行拌和。

### 1.2 配合比

配合比计算方法参照 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》, 不含有钢纤维的改性橡胶混凝土(SF0RR10C)配合比如表 1 所示。

表 1 配合比							kg/m <sup>3</sup>
试样编号	水泥	石子	水	砂	橡胶	钢纤维	减水剂
C	450	1150	158	626	0	0	8.1
SF0RR10C	450	1150	158	562.7	27.6	0	8.1
SF0.5RR10C	450	1150	158	562.7	27.6	39	8.1
SF1.0RR10C	450	1150	158	562.7	27.6	78	8.1
SF1.5RR10C	450	1150	158	562.7	27.6	117	8.1
SF2.0RR10C	450	1150	158	562.7	27.6	156	8.1

按照 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 的体积率在橡胶混凝土种添加钢纤维, 掺和质量依次是: 39 kg/m<sup>3</sup>、78 kg/m<sup>3</sup>、117 kg/m<sup>3</sup>、156 kg/m<sup>3</sup>。

### 1.3 试验方法

在试验的过程中遵循 GB/T50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》, 主要试验包括立方体试块的抗压试验、动弹性模量试验、立方体劈裂抗拉试验以及四点弯曲抗折试验。

## 2 结果分析

### 2.1 立方体抗压试验

立方体抗压试验数据如图 1 所示。

在实验时, 通过电脑对荷载进行连续、均匀的控

[收稿日期] 2019—06—10

[第一作者] 彭 焜(1992—), 男, 湖北武汉人, 湖北工业大学硕士研究生, 研究方向为工程力学

[通信作者] 周金枝(1964—), 女, 湖北武汉人, 湖北工业大学教授, 研究方向为工程力学

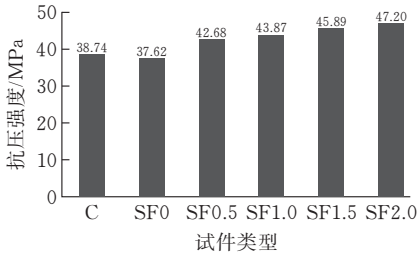


图 1 各配合比抗压强度

制,每秒变化幅度为 0.5 MPa,先不断提高,达到极限水平后再降低 20%,将此时的结果记录下来。实验结果表明,钢纤维掺量为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%时,复合材料的抗压强度依次上升 13.5%、16.6%、22.0%、25.5%;以普通混凝土为标准来看,增长幅度分别达到 10%、13.2%、18.5%、21.8%。

掺入橡胶的混凝土荷载达到最大后会突然降低,无征兆,无剧烈声响;掺入橡胶和钢纤维的混凝土荷载达到最大后会缓慢降低,破坏征兆明显,表现出一定的塑性性能,并未释放出明显的声响。证明掺入钢纤维的复合材料相比橡胶混凝土与素混凝土,韧性有所提高。

2.2 弹性模量试验

弹性模量试验数据如图 2 所示。

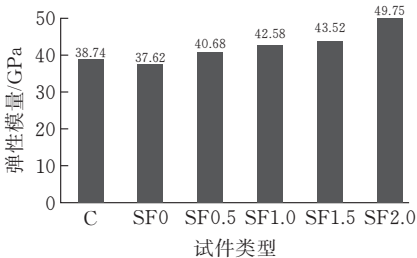


图 2 各配合比弹性模量

试验结果表明:在钢纤维掺量为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%的情况下,复合材料的弹性模量依次提升了 8.1%、13.2%、15.7%、32.2%;对普通混凝土的弹性模量分别提高 5%、9.9%、12.3%、28.4%。

2.3 劈裂抗拉试验

劈裂抗拉试验数据如图 3 所示。

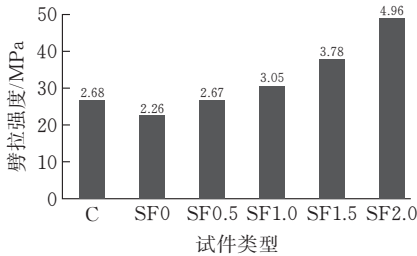


图 3 各配合比劈拉强度

试验结果表明:钢纤维掺量为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%时,对橡胶混凝土的劈拉强度分别提高 18.1%、35%、67.3%、119%;对普通混凝土的劈拉

强度分别提高—0.4%、13.8%、41.0%、85.1%。

拉压比是立方体劈裂抗拉强度和抗压强度的比值,在一定程度上反映出了材料的力学性能,拉压比曲线如图 4 所示。根据相应的离散点组合形成的线性图线性分析得出相应的折压比(Y)与钢纤维参量(X)之间为: $Y = 0.012211X^2 - 0.00243X + 0.0588$ ,拉压比反应着混凝土的脆性性能,拉压比越大,塑性越好。在含有 10%橡胶的混凝土中,不断提高钢纤维掺入量,复合材料的拉压比先是小幅降低,达到一定的谷值后,开始大幅提高。整体来说,钢纤维的掺入能够有效的改善材料的脆性,在钢纤维含量超过 1.0%的情况下,进一步提高其含量,材料的拉压比和韧性都会随之而提高。

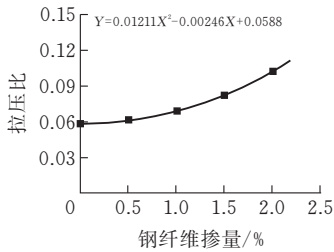


图 4 拉压比曲线

2.4 四点弯曲抗折试验

四点弯曲抗折试验数据如图 5 所示。

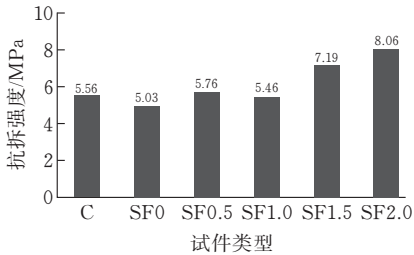


图 5 各配合比四点弯曲抗折强度

实验结果表明:钢纤维掺量分别为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%的钢纤维橡胶混凝土对橡胶混凝土的抗折强度分别提高 14.5%、8.5%、42.9%、60.2%;对普通混凝土的抗折强度分别提高 3.6%、—1.8%、29.3%、45.0%。

在破坏过程中,素混凝土表现出“一裂即断”的脆性破坏,出现裂纹到破坏时间很短,断裂面平整,破坏声响清脆;橡胶混凝土同样表现出“一裂即断”的脆性破坏,但是断裂面粗糙,呈锯齿状,破坏声响低沉;钢纤维橡胶混凝土表现出“裂而不坏”的延性破坏,伴随着钢纤维的增加,裂缝条数增多,从下至上裂缝宽度越来越细,破坏时发生“吱吱”声。由此可见,在某种程度上,钢纤维橡胶混凝土相对于素混凝土和橡胶混凝土的韧性性能有所提高。

折压比指的是混凝土小梁抗折强度和立方体抗压强度的比值,能够在一定程度上反映出材料的力

学性能,尤其是脆性性能,其值越大,代表材料的韧性越好。根据图 6 可以看出,在含有 10%橡胶的混凝土中,不断提高钢纤维掺入量,复合材料的折压比先是小幅降低,达到一定的谷值后,开始大幅提高。根据相应的离散点组合形成的线性图形线性分析得出相应的折压比(Y)与钢纤维参量(X)之间为: $Y=0.13054-0.01397X+0.01629X^2$ ,整体来说,钢纤维的掺入能够有效的改善材料的脆性,在钢纤维含量超过1.0%的情况下,进一步提高其含量,材料的折压比和韧性都会随之而提高。

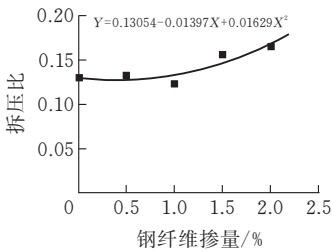


图 6 折压比曲线

3 结论

外掺钢纤维对橡胶混凝土性能有较好的改善,在立方体抗压试验中 RR-10 在钢纤维含量达到 1.0%后呈现出不断降低的趋势,但复合材料的强度都优于素混凝土,强度提升幅度在 2.7%~37.1%之间;钢纤维掺量和复合材料轴压强度的关系不具有显著的规律,但复合材料的这一性能不低于素混凝土;劈拉实验结果表明,RR-15,RR-20 橡胶混凝土劈拉强度和钢纤维掺量之间为正相关关系,当其掺

量为 1.5%时,复合材料的强度超过素混凝土。  
弯拉韧性分析结果表明,橡胶以及钢纤维的掺入,都能够提高基体的韧性。橡胶的混入,有效地缓冲了基体内部裂缝尖端位置的应力,从而在一定程度上抑制裂缝的扩大,改善了材料的韧性;钢纤维的掺入,则是利用桥梁抗拉的机制来阻碍裂缝的扩大,从而改善材料的韧性。不过,两种材料都会和基体形成薄弱粘结面,它的存在会对钢纤维和基体的粘结造成影响,一旦粘结强度低于临界值,钢纤维的体积占比越高,复合材料的韧性越强;反之则有所降低。

[参 考 文 献]

[1] 朱涵.新型弹性混凝土的研究综述[J].天津建设科技,2004(2):35-37.  
[2] Eldin N,Senouci A B. Rubber-tire particles as concrete aggregates[J].Journal of Materials in Civil Engineering,1993,5(4):478-496.  
[3] Khatib Zaher K,Bayomy Fouad M. Rubberized portland cement concrete[J].Journal of Materials in Civil Engineering, August,1999(8):206-213.  
[4] 刘永胜,王肖钧,金挺,等.钢纤维混凝土力学性能和本构关系研究[J].中国科学技术大学学报,2007(7):717-723.  
[5] 朱江,朱志文,林凤兰,等.部分钢纤维的橡胶高强混凝土性能试验研究[J].混凝土,2010(11):92-94.

Effect of Steel Fiber Content on Mechanical Properties of Rubber Concrete

PENG Kun,ZHOU Jinzhi, WU Weixi

(School of Civil Engin.,Architecture and Environment ,Hubei Univ. of Tech.,Wuhan 430068,China )

**Abstract:** In this experiment, steel fibers with volume ratios of 0.5%, 1.0%, 1.5% and 2.0% were added into rubber concrete with 10% rubber content. The basic mechanical properties of steel fiber reinforced rubber concrete were tested, including compression test, dynamic elastic modulus test, cubic splitting tensile test and four-point bending flexural test. The compression and flexural properties of rubber concrete with steel fiber content were studied to examine the relationship between steel fiber and basic mechanical properties of rubber concrete. Through experimental data analysis and failure morphology observation, it can be seen that with the increase of steel fiber content, flexural strength and toughness of rubber concrete are improved.

**Keywords:** rubber concrete; steel fiber; mechanical properties; failure mode

[责任编辑:裴 琴]